

BIBLIOTHÈQUE
DE PÉDAGOGIE ET DE PSYCHOLOGIE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

ALFRED BINET

Docteur ès sciences, Directeur du laboratoire de psychologie
physiologique de la Sorbonne.

BIBLIOTHÈQUE DE PÉDAGOGIE ET DE PSYCHOLOGIE

COURS
DE
PSYCHOLOGIE
EXPÉRIMENTALE

(SENSATIONS ET PERCEPTIONS)

PAR

EDMUND T. SANFORD, PH. D.

Professeur-assistant de Psychologie
à l'Université Clark (Worcester, Massachusetts)

TRADUIT DE L'ANGLAIS

PAR

ALBERT SCHINZ

Revu par M. BOURDON, professeur à la Faculté des lettres
de l'Université de Rennes.

Avec 140 figures dans le texte et une planche

PARIS

LIBRAIRIE C. REINWALD

~~CH~~LEICHER FRÈRES, ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES,

1900

Tous droits réservés.

PRÉFACE

Cette collection d'expériences a passé par plusieurs étapes, et s'est augmentée à chacune de ces étapes, de telle sorte qu'actuellement cette partie sur *les sens* est, à elle seule, bien plus considérable que l'ouvrage complet, tel que l'avait d'abord conçu son auteur ; trop considérable probablement pour être utilisée dans son entier par qui que ce soit et presque trop considérable pour justifier encore ce titre de *Cours*. Je le regrette ; mais j'en prends mon parti en pensant qu'au moins il sera plus facile, pour ceux qui se serviront du livre, de choisir ce dont ils ont besoin dans ces pages qu'en puisant aux sources mêmes où l'auteur a recueilli ses renseignements. Ce qu'un bon cours de laboratoire doit en réalité embrasser n'est pas encore tout à fait clair, et ne peut être déterminé que par l'expérience ; jusqu'à ce que cela ait été fait, une surabondance de choix peut n'être pas tout à fait un désavantage.

Il pourra sembler à ceux qui tourneront ces pages que le livre est plutôt une physiologie des différents sens qu'une psychologie de la sensation et de la perception. Il faut se rappeler cependant que la distinction entre les deux n'est pas dans les expériences

elles-mêmes, mais dans la manière de les considérer. Il appartient donc dans une large mesure à celui-là même qui se servira de ce cours de décider s'il est ou non un cours de psychologie ou de physiologie. En faisant mon choix d'expériences, j'ai tâché de garder une ligne nette de démarcation entre les expériences qui ont une portée psychologique et celles qui n'en ont pas ; et s'il en est de ces dernières qui ont été introduites, et en grand nombre, c'est parce qu'elles fournissent des données pour d'autres expériences, ou sont à d'autres égards utiles au but essentiel de l'ouvrage. J'espère que dans cette position subordonnée elles ne paraîtront pas déplacées.

La plupart des expériences ont un caractère démonstratif, et visent un but plutôt qualitatif que quantitatif, même lorsque, par raison de commodité, on leur a donné une forme quantitative. Les précautions nécessaires pour des résultats quantitatifs n'ont été en conséquence que sommairement indiquées. La disposition des expériences est généralement la plus simple possible, et les appareils considérés sont les moins dispendieux qui puissent donner des résultats satisfaisants. Qu'aucune erreur n'ait été commise, même à ces points de vue, c'est plus que je ne puis espérer. J'ai fait mon choix avec soin, cependant, et j'abandonne mon livre au public avec l'espoir qu'il pourra être utile à la fois à ceux qui ont à faire des cours de psychologie et à ceux qui, un jour prochain, le remplaceront par un meilleur.

Quelques explications sont nécessaires relativement à certaines parties du livre. Les six premiers chapitres

restent, sauf des changements insignifiants, ce qu'ils étaient dans une édition partielle de 1894. La littérature qui leur sert de base ne s'étend dès lors pas au delà de l'automne 1893. Je regrette de ne les avoir pas mis à cet égard au niveau des trois derniers chapitres (fin de 1896), mais cela eût considérablement retardé, sinon tout à fait empêché l'achèvement de l'ouvrage. La littérature qui a paru depuis sur ces sujets — parfois très importante — peut être suivie dans les excellentes bibliographies de la *Psychological Review*, de l'*Année psychologique* et de la *Zeitschrift für Psychologie*.

Les bibliographies mentionnent surtout les livres et les articles qui ont été consultés pour la préparation des expériences. Quelques-uns cependant n'ont été que feuilletés, et un très petit nombre ont été cités de seconde main. L'objet spécial et l'étendue de ces bibliographies ont été indiqués plus amplement dans l'introduction à la première d'entre elles, fin du chapitre 1^{er}

Mon intention a été de reconnaître pleinement, par les références placées à la suite des expériences, mes obligations envers ceux à qui j'ai emprunté ces expériences. Je puis ajouter ici que, au sens d'expériences entièrement nouvelles, il n'y a guère rien d'original dans cet ouvrage. Mon travail a été un travail de sélection et d'adaptation, et, étant donné le caractère du livre, il ne pouvait guère être autre chose. Lorsqu'on a des obligations si grandes et envers tant de personnes, il est difficile de faire un choix de noms à mentionner spécialement. Je tiens à citer cependant

ceux de Helmholtz, Hering, Aubert, Wundt, Stumpf et Goldscheider, et, si ce que je dis des méthodes psychophysiques est comparé avec les pages de Külpe sur le même sujet, on verra que j'ai profité de son pénétrant exposé. Un grand nombre des figures employées ont été nécessairement empruntées aux sources dont les expériences elles-mêmes ont été tirées, et sont comprises sous les mêmes références. L'obligeance de MM. Charles Scribner's Sons et de M. le professeur Joseph Jastrow m'a permis d'employer plusieurs de leurs clichés pour les illusions du chapitre VII; M. Auguste Kirschmann, de l'Université de Toronto, a également mis à ma disposition deux des disques illustrant la Loi de Weber.

D'une façon moins tangible, mais non moins réelle, j'ai été secondé par bon nombre de mes collègues de l'Université Clark et d'ailleurs, et par beaucoup de mes étudiants; je leur en exprime ici ma reconnaissance. Cela est particulièrement le cas pour le président Hall; c'est dans ses cours à l'université de Baltimore et à son séminaire que plusieurs des sujets traités dans ce cours ont été d'abord étudiés; son inspiration et ses encouragements sont pour une grande part dans l'achèvement de mon entreprise.

E. C. S.

Université Clark, décembre 1897.

COURS DE PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE PREMIER

LES SENS CUTANÉS

Les organes des sens de la peau nous donnent, outre les sensations de douleur, de chatouillement, de frisson, etc., celles plus spéciales de contact, de chaud, de froid, et de pression. Toutes celles-ci peuvent être éprouvées passivement lorsque nos membres sont à l'état de repos, ou activement lorsque nos membres sont en mouvement ; auquel cas des sensations spéciales de mouvement sont mêlées à celles qui viennent d'être mentionnées. Nous localisons aussi plus ou moins exactement chaque sensation. L'objet de ce chapitre est d'examiner quelques-unes de ces sensations de la peau¹.

SENSATIONS DE CONTACT

1. *Localisation.*— Touchez-vous à plusieurs endroits avec le même objet, et analysez autant que possible la qualité particulière de la sensation qui vous fait discerner l'en-

¹ Max Dessoir suggère le terme général de *haptique* pour les perceptions du toucher dans l'acception la plus large ; ce terme correspondrait à optique et acoustique. Il divise ensuite la haptique en *sens du contact* (comprenant : *a*, simple contact ; *b*, pression) et *psélaphésie*, de ψηλάφησις, action de toucher, de manier (comprenant : *a*, toucher actif ; *b*, sens musculaire).

droit touché. Cette qualité de la sensation est nommée son « Signe local ».

Lotze (¹), *A*, 328 ss., 405 ss.; *B*, 39 ss.; Stumpf.

2. *Localisation.* — Le sujet ferme les yeux. Vous le touchez avec la pointe d'un crayon sur l'avant-bras. Il doit toucher le même point immédiatement après avec un autre crayon. Mesurez la distance en millimètres. Après un certain nombre d'expériences, calculez la moyenne; notez la direction de l'erreur, si elle est constante. Le sujet doit être autorisé à rectifier la position de son crayon, s'il n'est pas satisfait dès le premier contact.



Fig. 1.

3. *Expérience d'Aristote.* — Croisez le médius sur l'index de façon à porter l'extrémité du médius sur le côté de l'index regardant le pouce. Introduisez entre les deux doigts un pois ou un autre objet de petite dimension. Une sensation plus ou moins distincte de deux objets se produira, surtout si les doigts se meuvent. Certaines personnes trouveront l'illusion plus marquée si le pois est roulé sur la surface de la table par les doigts croisés, ou si l'expérience est faite avec l'annulaire et le petit doigt.

Aristote. Hoppe. James, II, 86-87.

4. *Projection excentrique du contact.* — Fermez les yeux, et frappez avec le bout d'une baguette sur le plancher, ou, mieux encore, sur les murs et le plancher près d'un coin de la salle. Remarquez que l'origine des sensations semble être l'extrémité de la baguette et non pas les doigts ou le

¹ Pour les titres complets des livres cités, voir la bibliographie à la fin du chapitre. Lorsque plusieurs articles d'un auteur sont cités, ils sont distingués par les lettres *A*, *B*, *C*, etc., et les références sont faites en conséquence.

bras. Portez votre attention sur ces membres, cependant, et vous reconnaîtrez l'endroit véritable où se produisent les sensations. Si la baguette est maintenue fermement à son extrémité inférieure, il n'y a qu'une très faible tendance à déplacer mentalement les sensations des doigts et des bras, ou même il n'y en a pas du tout, à moins que la baguette ne soit flexible. Cette projection des contacts n'est qu'un cas particulier de leur localisation, et suit les mêmes règles générales. Voir aussi expérience 41.

Weber, 483 s.; James, II, 31-43, 195-197; Dessoir, 219-232.

5. *Sensations de mouvement sur la peau.* — *a.* Le sujet ferme les yeux. Appuyez doucement la pointe d'un crayon ou la tête d'une épingle sur son avant-bras, et faites-la mouvoir lentement et uniment de haut en bas ou de bas en haut sur le bras. Demandez-lui d'indiquer à quel moment il perçoit pour la première fois la direction du mouvement. Si l'expérience est faite avec soin, le mouvement sera perçu avant la direction.

b. Répétez la même opération plusieurs fois, mesurant en millimètres les distances traversées et calculant la moyenne pour les deux directions séparément. Il se trouvera probablement que les distances de haut en bas seront plus considérables que celles de bas en haut.

c. Partant d'un point fixe sur l'avant-bras, faites mouvoir le crayon tour à tour en haut, en bas, à droite, à gauche sans plan fixe, et demandez au sujet d'indiquer la direction du mouvement, comme auparavant. Comparez les résultats trouvés avec ceux de l'expérience 7.

Hall and Donaldson.

6. *Sensations de double contact.* — *a.* Si deux parties du corps, de même température, sont mises en contact, les deux sensations ne se confondent pas, mais la partie qui est en mouvement sent celle qui ne l'est pas, c'est-à-dire

que les sensations éprouvées par la partie qui se meut sont généralement l'objet d'une plus grande attention, et sont extériorisées. Faites l'expérience avec les bouts des pouces ou des doigts mis en contact. Cette règle générale cependant souffre des exceptions. Touchez l'intérieur de la main droite d'abord avec la saillie charnue du pouce de la main gauche (ce qui produit l'effet conforme à la règle), puis avec la jointure fortement pliée de ce même pouce. En frappant légèrement le front avec le doigt, nous avons la sensation plus marquée au front que dans le doigt, quoique généralement, en plaçant la main sur le front, nous sentirons le front.

b. Si les deux parties en contact ne sont pas à la même température, celle qui diffère le plus de la température normale du corps sera sentie par l'autre. Échauffez la main droite en la tenant fermée pendant une minute ou deux, puis appliquez-la sur le front. La température plus élevée sera perçue par le front, tandis que, au même moment, la main, étant l'organe du toucher le plus développé, percevra la forme du front. Refroidissez votre main droite en la tenant quelques minutes dans l'eau froide, séchez-la, et placez-la sur le dos de votre main gauche. La main droite peut paraître toucher une main gauche froide. Dans ce cas, cela va sans dire, les deux sensations, celle de température et celle de forme, sont attribuées à la main droite. Si la température n'est pas très différente, la direction de l'attention peut déterminer laquelle sentira l'autre.

Weber, 556-559 ; Dessoir, 229.

7. *Les cercles de sensation de Weber.* — *a.* Trouvez la plus petite distance à laquelle les deux pointes de l'esthésiomètre¹ sont senties comme distinctes lorsqu'elles sont

¹ Pour les instruments nécessaires dans les expériences, voir plus loin la liste et les descriptions dans le chapitre consacré aux appareils.

appliquées sur la peau de l'avant-bras. Faites la même expérience sur la partie supérieure du bras, sur le dos de la main, le front, l'extrémité des doigts, et le bout de la langue. Il faut prendre bien garde de placer les deux pointes en même temps sur la peau et d'appuyer également sur les deux. Cf. les mesures de Weber rapportées dans les traités de physiologie et de psychologie. Voir aussi celles de Goldscheider (citées par Ladd, p. 411). Pour des déterminations exactes, servez-vous de la méthode du changement minimal expliquée dans les expériences 24 et 237.

b. Comparez la distance des pointes juste perceptibles comme deux lorsqu'elles sont appliquées sur le bras dans le sens de la longueur avec cette distance lorsqu'elles sont appliquées dans le sens de la largeur. Comparez les résultats de *a* et *b* avec ceux de l'expérience 5, sans oublier que cette expérience de l'esthésiomètre exige la distinction des deux pointes.

c. Donnez aux pointes de votre instrument un écartement légèrement plus petit que celui qui a été trouvé pour la distinction en travers sur l'avant-bras, et, commençant au coude, faites marcher les deux pointes côte à côte le long du bras. Elles paraîtront d'abord une, puis deux, puis elles sembleront aller en s'écartant à mesure que vous descendrez vers la main. — On obtient un résultat à peu près semblable en menant les pointes d'un côté du visage à l'autre, en sorte que l'une passe au-dessus, l'autre au-dessous de la bouche.

d. Insensibilisez la peau avec un pulvérisateur d'éther, et répétez les mêmes expériences sur la sensibilité discriminative.

Weber, 521-530, 536-541; Goldscheider, *B*, 70 ss., 84 ss.

8.—L'espace rempli est comparativement sous-estimé sur la peau. Fixez sur une petite baguette de bois une rangée de cinq épingles séparées par des intervalles d'un demi-

pouce (1^{cm},25), et sur une autre deux épingles à une distance de deux pouces (5^{cm}) l'une de l'autre. Appliquez-les sur le bras comme l'esthésiomètre. L'espace occupé par les cinq épingles semblera moindre que celui qui se trouve entre les deux. James indique un moyen encore plus simple : Faites sur un côté d'une carte de visite une série d'entailles, et sur l'autre côté une seule longue entaille, de manière à laisser deux pointes écartées l'une de l'autre autant que les deux pointes extrêmes du côté opposé mais séparées par un espace vide. Appliquez sur la peau comme précédemment. Cette illusion, quoique très nette pour quelques expérimentateurs, ne paraît pas telle à tous, et certains l'éprouvent difficilement.

James, II, 141, note.

9. — Le toucher actif est beaucoup plus apte à la discrimination que le simple contact. Comparez la sensation éprouvée lorsque vous placez simplement le bout du doigt sur une surface rugueuse avec celle que vous éprouvez lorsque vous mouvez le doigt et que vous palpez la surface.

10. — Les discriminations de temps par le sens du contact sont très délicates. Faites vibrer un diapason ; touchez-le légèrement et, après une seconde environ, ôtez le doigt de manière à ne pas arrêter les vibrations. Les chocs du diapason sur la peau ne se confondent pas en une sensation uniforme, même si les vibrations sont de plusieurs centaines par seconde. On peut s'assurer que le contact ne modifie pas beaucoup la rapidité des vibrations en se servant d'un second diapason qui produit des battements avec le premier. Si on touche avec soin, la rapidité des battements ne changera pas notablement. (Pour les battements, voy. chap. IV.) On peut également sentir la rudesse des vibrations, mais pas aussi fortement, en plaçant la tige du diapason sur la peau. On peut aussi percevoir la rudesse

des pulsations de l'air produites par de grands diapasons en approchant la main de ces diapasons sans la mettre en contact direct avec eux.

Wittich, 335 ss.; Schwaner; Sergi.

11. *Images consécutives du toucher.* — Touchez légèrement la peau du poignet avec la pointe d'une aiguille, et remarquez qu'outre la sensation originale il y a, après un intervalle plus ou moins vide de sensation, une seconde sensation. L'intervalle est court, une seconde ou même moins, et la seconde sensation paraît venir de l'intérieur. La qualité est la même, sauf l'élément de pression de la première. La piqûre de l'aiguille n'est pas indispensable; on peut obtenir cette seconde sensation en se servant d'une tête d'aiguille. Il convient d'éviter de toucher trop fortement, car il en résulte une image consécutive qui remplit l'intervalle. Cette seconde sensation persistante est suivant toute apparence due à une double conduction dans la moelle épinière, et diffère par conséquent des images consécutives des autres sens. Une partie de l'excitation primitive est transmise à l'écorce par les cordons postérieurs de la moelle épinière. Une autre partie va par une voie plus lente à travers la substance grise centrale de la moelle épinière. (Cf. expérience 32.)

Goldscheider, *H*, 168 s.

12. — Une intéressante illusion de longueur, basée sur le temps que dure une sensation tactile, peut être constatée de la façon suivante. Le sujet ferme les yeux. Vous prenez un bout de gros fil, de deux pieds (0^m,60) de long environ, et vous faites un nœud au milieu. Vous placez le nœud entre le pouce et l'index du sujet, en lui demandant de le presser légèrement. Alors vous tirez le fil lentement entre son pouce et son doigt, et lui demandez d'en estimer la longueur. Répétez l'opération, cette fois-ci en tirant rapi-

dement. Le mouvement ne doit pas être trop lent dans le premier cas ni trop rapide dans le second, sans quoi le sujet pourrait se rendre compte de la nature de l'illusion et corriger alors plus ou moins complètement.

Loeb, 121-122.

Pour le contact minimal dans ses relations avec la pression, voir expérience 22 ; dans ses relations avec le chatouillement, voir expérience 31.

SENSATIONS DE TEMPÉRATURE

13. *Points chauds et points froids.* — *a.* Promenez lentement et légèrement une des tiges de cuivre pointues ou même un crayon froid à mine de plomb sur la peau du dos de la main. A certains endroits des sensations distinctes de froid seront perçues, tandis qu'à d'autres vous n'éprouverez aucune sensation de température, ou, du moins, vous n'en éprouverez que de vagues et de diffuses. Chauffez légèrement une des tiges de cuivre sur une flamme de gaz et répétez l'expérience. On aura plus de difficulté à localiser les points chauds que les points froids, attendu que leurs sensations paraissent moins nettes.

b. Sur quelque partie de la peau, marquez les coins d'un carré de 2 centimètres de côté. Cherchez avec soin sur ce carré, en long et en travers, les points chauds et les points froids, en suivant avec la pointe de l'instrument des lignes écartées de 1 millimètre ; marquez sur un carré correspondant de papier quadrillé au millimètre les points chauds et les points froids trouvés ; marquez les points chauds à l'encre rouge et les points froids à l'encre noire. Dans cette expérience on doit rendre les pointes très chaudes ou très froides en les plaçant dans des vases contenant de l'eau chaude ou de l'eau froide ; et on doit les maintenir à une température à peu près constante en changeant fréquem-

ment de tige, l'une restant plongée dans l'eau tandis qu'on opère avec l'autre. Faites l'expérience en plusieurs séances, de manière à éviter la fatigue des points, fatigue qui se produit très facilement. Un dessin obtenu de cette façon ne peut prétendre représenter tous les points, mais il suffira pour montrer la permanence de quelques-uns d'entre eux, et peut-être même pour donner une idée de leur disposition générale. Lorsque la carte est ainsi dressée, choisissez un point sensible au froid et isolé, et appliquez-lui une pointe chaude. Faites l'inverse avec un point chaud.

c. Remarquez la persistance très distincte des sensations après que la pointe a été éloignée, c'est-à-dire les images consécutives de température.

Une question intéressante nous est suggérée par cette localisation des sensations de température en des points distincts : Comment se fait-il que nous éprouvions d'ordinaire ces sensations comme occupant sans discontinuité des surfaces considérables ?

Blix ; Goldscheider, *A, B, E* ; Donaldson.

14. *Excitation mécanique et chimique des points de température*¹ — Les points de température réagissent par leurs sensations propres aux excitations mécaniques et chimiques (et aussi, d'après quelques observateurs, aux excitations électriques) et ne font éprouver aucune douleur lorsqu'ils sont piqués.

a. Choisissez un point froid bien localisé et frappez-le légèrement avec une fine pointe de bois (pas trop tôt après

¹ Des expériences du genre de celles-ci illustrent la loi de l'énergie spécifique des nerfs, loi qui peut être formulée à peu près comme suit : Tout excitant capable d'agir sur un nerf sensoriel provoque la sensation propre à ce nerf lorsque celui-ci est excité normalement, et cette sensation seulement. — Sur l'interprétation à donner des phénomènes ainsi généralisés il y a désaccord. Goldscheider, *I* ; Wundt, 3^e éd., I, 332 ss. ; 4^e éd., I, 323 ; Helmholtz, *Sensations of Tone*, 148 ; *Optik*, 2^e éd., 233 ; 1^{re} éd., 193 ; Ladd, 307, 353.

en avoir déterminé la position, s'il y a eu fatigue en le faisant); ou mieux, demandez à un aide de frapper pour vous. Piquez avec une aiguille un point froid bien localisé. Essayez les mêmes expériences, pour comparer, sur une portion adjacente de la peau.

b. Choisissez un endroit commode, par exemple sur le dos de la main ou sur la tempe, et frottez légèrement la peau avec un crayon de menthol. Bientôt la sensation de froid se produira. Les expériences de Goldscheider avec un thermomètre placé sur la peau montrent que la sensation n'est pas due à un refroidissement réel de la peau. Le menthol hyperesthésie les nerfs du froid (en sorte qu'ils réagissent par leur sensation spécifique au simple contact et donnent une sensation plus intense lorsqu'on y applique un corps froid que ne le font des portions normales adjacentes de la peau); ensuite, cependant, tous les nerfs cutanés sont plus ou moins anesthésiés.

c. L'excitation chimique des nerfs de la chaleur peut être essayée au moyen de CO_2 . Prenez deux vases semblables; placez-les côte à côte et remplissez l'un de CO_2 . Plongez la main dans le vase contenant le gaz, et, à titre de comparaison, dans celui qui contient de l'air. Pour les expériences ultérieures devant démontrer qu'il s'agit bien d'une excitation chimique, voir la bibliographie.

Blix, Goldscheider *A, B, D, F*, et Donaldson; sur *c*, R. Du Bois-Reymond.

15. — La température de la peau, à chaque instant, consiste dans l'équilibre entre ses gains et ses pertes de chaleur. Tout ce qui rompt cet équilibre, produisant gains ou pertes, provoque des sensations de température. C'est une expérience usuelle qu'une pièce de toile, un morceau de bois, un morceau de métal, tous à la même température que l'air qui paraît sans température à la main, causent des sensations différentes de froid lorsqu'on les touche, parce qu'ils augmentent à des degrés différents la perte de

chaleur par leur conductibilité. — Si un sac de papier est placé sur la main tenue en l'air, une sensation de chaleur sera bientôt éprouvée à cause de la diminution de la perte de chaleur.

16. *Le déplacement du « zéro physiologique ».* — *a.* Prenez trois vases, l'un contenant de l'eau à 30° centigrades, le second à 40°, et le troisième à 20°. Mettez un doigt d'une main dans l'eau la plus chaude, et un doigt de l'autre dans la plus froide. D'abord vous éprouverez les sensations ordinaires de température, mais après quelque temps elles disparaîtront plus ou moins complètement à cause de la fatigue des organes de la température correspondants. Maintenant mettez les deux doigts dans l'eau à la température normale. Cette eau paraîtra froide pour le doigt sortant de l'eau chaude, et chaude pour celui qui vient de l'eau froide. Cette expérience a été parfois considérée comme une expérience de contraste successif.

b. Tenez la main pendant une minute dans de l'eau à 12° centigrades, puis placez-la dans de l'eau à 18°. Cette dernière paraîtra d'abord chaude, mais après un moment elle paraîtra froide de nouveau. L'eau à 18° cause d'abord une diminution dans la perte de chaleur ou un léger gain, mais ensuite une perte continue.

Weber; Hering; Goldscheider, *B*, 32 ss.

17. *Effet de l'étendue de la surface excitée.* — L'intensité de la sensation augmente avec l'étendue excitée. Plongez votre index droit (ou la main) dans de l'eau chaude ou froide; remarquez la sensation, et ensuite plongez l'autre index à la même profondeur. L'immersion du second doigt doit être différée jusqu'à ce que la sensation dans le premier doigt ait atteint son complet développement, mais pas jusqu'à ce que le zéro physiologique se soit déplacé. Variez l'expérience en plongeant l'index gauche d'abord, et en plongeant les deux à la fois et ensuite retirant l'un. —

L'expérience première de Weber, qui plongeait d'abord un doigt et puis l'autre main tout entière, donne un résultat frappant; mais elle a le défaut, ainsi que Goldscheider l'observe avec raison, d'ajouter une étendue non seulement plus considérable, mais aussi plus sensible. — Cette expérience ne doit pas être inconsidérément opposée à l'expérience 23.

Weber, 553 ; Goldscheider, *G*, 475-476.

18. *Fatigue des nerfs de la température.* — *a.* Des températures extrêmes fatiguent les organes sensoriels de la chaleur et du froid. Tenez un doigt dans de l'eau à 45° centigrades, et le doigt correspondant de l'autre main dans de l'eau qui ne provoque aucune sensation de température (32° environ). Après 30 secondes, plongez-les successivement dans de l'eau à 10°. Le doigt sortant de l'eau à 32° sentira le froid plus fortement. Tenez un doigt dans de l'eau à 10°, le doigt correspondant de l'autre main dans de l'eau à 32°. Après 30 secondes, plongez-les alternativement dans de l'eau à 45°. Le doigt venant de l'eau à 32° sentira la chaleur plus fortement. Pour que cette expérience soit concluante, il faut donner assez de temps pour que la température du doigt sortant de l'eau froide ou chaude change.

b. La fatigue des organes de la température peut produire un effet en apparence contradictoire avec l'expérience 17. Plongez une main entièrement dans l'eau froide, et maintenez-la sous l'eau pendant un moment. Puis plongez un doigt de l'autre main (ou toute la main) plusieurs fois dans la même eau, en le retirant immédiatement chaque fois. L'eau paraît plus froide au doigt (ou à la main) qui y est seulement rapidement plongé.

Weber, 570 ; Goldscheider *B*, 34 ss.

19. *Images consécutives de température.* — *a.* Appliquez

un morceau de métal froid sur le front ou sur la paume de la main pendant une demi-minute. Lorsque vous l'enlevez, la sensation de froid continue, quoique la température réelle de la peau s'élève. Quelquefois l'on observe des fluctuations de la sensation ainsi persistante. Après contact d'un corps chaud la sensation de chaleur continue de la même façon, quoique la température de la peau s'abaisse. Goldscheider explique cet effet pour le froid en partie par la persistance de la sensation de froid à la façon d'une image consécutive, en partie par une diminution de la sensibilité des nerfs de la chaleur; la même explication vaut *mutatis mutandis* pour la chaleur.

b. Des images consécutives intermittentes, réapparaissant après un intervalle plus ou moins vide de sensation, ont été observées, surtout après excitations répétées. Chauffez une clef jusqu'à ce qu'elle produise presque une sensation douloureuse, touchez quelque partie de la peau, par exemple le poignet, trois ou quatre fois à intervalles d'une demi-seconde environ; l'image consécutive de la chaleur apparaîtra plusieurs secondes après. Essayez la même chose pour le froid, mais employez une clef qui soit à la température de l'air.

Cf. expérience 13 *c*, et aussi les images consécutives de l'ouïe et de la vue, chapitres iv et v, et remarquez que toutes les images consécutives de température sont positives, c'est-à-dire semblables à la sensation originelle.

Goldscheider, *B*, 11, 34 ss., 38; sur *b*, Dessoir, 300.

20. *Finesse de la faculté discriminative du sens de la température.* — *a.* Cherchez la plus petite différence de température perceptible entre deux vases pleins d'eau à environ 30° centigrades, à environ 0°, et à environ 55°. On trouvera probablement la plus petite différence dans la première série d'expériences, si les différences ne sont pas en général trop minimes pour pouvoir être mesurées avec les thermomètres dont on disposera. Employez la même

main pour ces expériences, en la plongeant toujours à la même profondeur. Il vaut mieux plonger la main à plusieurs reprises que de la maintenir dans l'eau.

b. Les différentes parties de la surface du corps diffèrent beaucoup quant à leur sensibilité à la température. Les surfaces muqueuses sont tout à fait obtuses. En buvant une tasse de café chaud, plongez votre lèvre supérieure dans le liquide, en sorte qu'il touche la peau au-dessus de la partie rouge de la lèvre, ou plongez-y le doigt; le café semblera brûlant. Plongez la main dans de l'eau à 5-10° centigrades. La sensation de froid sera la plus forte d'abord sur le dos de la main où la peau est mince, mais un moment après elle deviendra plus forte dans la paume de la main, où elle continuera à être plus forte et pourra même finalement se rapprocher de la douleur.

c. La ligne médiane du corps est moins sensible à la température que les parties situées à droite et à gauche de cette ligne. Touchez le milieu du front, ou le bout du nez, avec un morceau de métal chaud ou froid, puis touchez différents endroits à droite et à gauche de ces points.

Fechner; Weber, 552 ss.; Goldscheider, B, 49 ss.

SENSATIONS DE PRESSION

21. *Points de pression.* — Taillez en pointe douce, mais très fine, un morceau de liège (en forme de pyramide à base carrée; par exemple que la pyramide mesure un quart de pouce (6^{mm}) de côté à sa base, et qu'elle ait même hauteur), fixez-le au bout d'une plume ou d'un autre manche commode, ou servez-vous d'une allumette taillée en pointe fine, ou même d'une aiguille. Choisissez un endroit sur l'avant-bras, et cherchez les points de pression à peu près comme vous avez cherché les points sensibles au chaud et au froid; mais cette fois-ci placez le morceau de liège aussi légèrement que possible sur un point après l'autre

de la peau au lieu de le faire avancer le long d'une ligne sans qu'il quitte la peau. Deux sortes de sensations seront éprouvées ; en certains points une sensation nette de contact avec une pointe aiguë, en d'autres aucune sensation ou une sensation vague et indéfinie. Les premiers sont les points de pression. Goldscheider décrit leurs sensations, lorsque le contact est léger, comme : « délicates », « vives », « quelque peu chatouillantes... comme quand on meut un poil » ; lorsque la pression est plus forte, c'est « comme si, à l'endroit de la pression, il y avait dans la peau une résistance s'exerçant contre la pression » ; « c'est comme s'il y avait là un grain dur qu'on enfoncerait dans la peau ».

Les points de la première sorte seraient plus sensibles à de légers changements de pression, et, quoique avec une pression suffisante les deux espèces de points provoquent de la douleur, leurs sensations conservent leur caractère particulier. Ils sont plus rapprochés que les points de température et plus difficiles à localiser. Le fait que nos plus fréquentes sensations de pression proviennent d'excitations de surfaces et non d'excitations de points isolés est peut-être la raison pour laquelle il nous est difficile d'abord de reconnaître le caractère de la pression dans ces sensations.

Goldscheider, *B*, 76 ss.

22. *Pression minimale ou simple contact.* — Cherchez des poids qui soient juste perceptibles sur le côté antérieur de l'avant-bras et à l'extrémité des doigts. Essayez aussi, si vous voulez, les tempes, le front et les paupières. En plaçant les poids, prenez garde qu'ils soient déposés doucement sur la surface de la peau, qu'ils touchent également en tous les points, et que leur présence ne soit pas trahie par un mouvement qu'ils feraient après avoir touché la peau. On peut arriver à ce résultat en se servant d'un porte-plume ou d'une petite tige quelconque

passée par l'anneau du poids pour mettre ce dernier en place. Comparez la sensibilité relative trouvée par cette méthode avec celle que donne le compas de Weber (expérience 7) pour les mêmes parties; souvenez-vous que celle-ci exige discrimination et non simple perception. Voir aussi expériences 29 et 31.

Aubert et Kammler; Bloch.

23. *Rapport du poids apparent avec l'étendue de la surface excitée.* — Expérimentez avec deux poids égaux mais de grandeur différente placés sur la main appuyée de telle sorte que toute intervention du sens musculaire soit exclue. Le plus petit paraît décidément plus lourd.

Toutefois l'expérience sous cette forme a peu de valeur, et on pourrait effacer ce qui précède. Pour qu'elle puisse être comparable à des cas évidemment semblables (17 et 143 b), il faut que le poids par unité de surface soit le même. S'il en est ainsi, le résultat sera probablement renversé. Il faut avoir soin de choisir pour l'expérience un endroit où la surface tout entière du plus grand poids puisse toucher la peau.

24. *Sensibilité discriminative pour les pressions.* — Si vous disposez d'une balance de pression, faites les expériences avec cet appareil. Sinon, demandez au sujet de fermer les yeux et de placer sa main, la paume en haut, sur un appui, de telle façon que son bras soit dans une position commode; la main doit être horizontale; par exemple mettez-la sur une serviette pliée et placée sur une table basse ou sur une chaise. (Une position commode pour le sujet est de première importance dans toutes les expériences de psychologie.) La méthode à employer ici est celle « de la différence juste perceptible » ou du « changement minimal ». On peut l'appliquer comme suit : Placez sur la paume de la main du sujet un morceau de papier

buvard épais et moelleux juste assez grand pour empêcher le poids de toucher la peau. Mettez le poids de 100 grammes, qui sera le poids constant, sur le papier, et laissez-le assez longtemps pour que le sujet puisse avoir une perception nette de son poids. Alors enlevez-le et immédiatement remplacez-le par un poids de 110 grammes que vous laisserez aussi longtemps que le premier. Si le sujet perçoit clairement une différence, essayez avec 109, 108, etc., faisant alterner le poids constant et le poids qui doit lui être comparé, jusqu'à ce que vous trouviez le poids que le sujet peut juste encore distinguer du poids constant. Si 110 grammes n'offrent pas une différence de poids assez considérable pour cette distinction, essayez 111, 112 au lieu de 109, 108. De temps en temps, faites suivre le poids constant d'un autre poids de 100 grammes pour éviter les illusions de la part du sujet. Après avoir déterminé la plus petite différence perceptible pour un poids supérieur au poids constant, faites les mêmes recherches pour un poids inférieur. Faites un grand nombre de déterminations de la plus petite différence perceptible au-dessus et au-dessous de 100 grammes, tantôt vous rapprochant, tantôt vous éloignant du poids constant. Notez les différences entre les poids ainsi trouvés et le poids constant et calculez la moyenne. Le rapport de cette moyenne au poids constant sera une mesure de la sensibilité discriminative requise. Si, par exemple, le rapport pour un sujet est 7 : 100 et pour un autre 14 : 100, le premier a une sensibilité pour les différences de pression deux fois plus délicate que le second. Dans la moitié des épreuves, au-dessus et au-dessous de 100 grammes, le poids constant doit être placé sur la main d'abord, et dans la moitié le poids à comparer doit être au contraire placé le premier. Il importe aussi de répartir les déterminations des différences au-dessus et au-dessous de 100 grammes de telle façon que l'exercice et la fatigue les affectent à peu près également. Le but doit toujours être de maintenir toutes les conditions de

l'expérience aussi constantes que possible et cela surtout pour les poids variables. Ayez soin, lorsque vous placez les poids, de faire en sorte que le sujet ne puisse pas percevoir de différences dans la force des chocs; évitez aussi de fournir des indications par des poids de différente température ou par le bruit fait en choisissant les poids.

Il est facile de voir que cette méthode a certains désavantages. D'abord elle laisse au sentiment du sujet de décider quelle est la différence juste perceptible, or ce sentiment est sujet à changer d'un individu à l'autre, et chez le même individu d'un moment à l'autre. En se servant de cette méthode le sujet doit connaître la direction du changement qu'il aura à percevoir, et ainsi il se trouve quelque peu exposé à l'influence de l'attention expectante. Enfin, lorsqu'on a trouvé des poids qui soient juste discernés du poids fixe, il se peut qu'ils soient un peu plus grands que ce que le sujet pourrait juste discerner, c'est-à-dire que celui-ci a pu, pour être sûr de son fait, avoir exigé une différence quelque peu plus considérable qu'il n'eût été absolument nécessaire. L'on peut obvier dans une certaine mesure à ces difficultés par une application plus rigoureuse de la méthode.

Ainsi en faisant les expériences pour la détermination des plus petites différences perceptibles au-dessus et au-dessous du poids fixe, il faut prendre d'abord des poids qui ne diffèrent pas du poids constant d'une quantité perceptible, puis il faut augmenter ou diminuer lentement jusqu'à ce que la différence devienne juste perceptible. C'est l'égalité subjective plutôt que l'égalité objective qui doit être prise en considération, si les deux se trouvent en désaccord, ce qui arrive parfois. Il faut ajouter deux autres expériences aux précédentes, pour trouver maintenant les plus petites différences imperceptibles au-dessus et au-dessous du poids constant. L'expérimentateur choisira un poids sensiblement plus lourd que le poids constant et diminuera ce poids jusqu'à ce qu'il ne puisse juste plus être distingué

du poids constant; de même il prendra un poids sensiblement plus léger que le poids constant et puis l'augmentera jusqu'à ce qu'il paraisse égal au poids constant. La moyenne des quatre expériences, de la plus petite différence juste perceptible et de la plus petite différence juste imperceptible est alors adoptée pour le rapport. Si l'on demande une grande exactitude, il faut employer la méthode sous cette forme complète. Pour plus de détails sur la méthode du changement minimal, voir expérience 237.

Weber, 543-549; Wundt, 3^e éd., I, 343 ss., 350; 4^e éd., I, 336 s., 341 ss.

25. *Température et pression.* — Les corps froids et les corps chauds semblent plus lourds que les corps de poids égal qui sont à la température normale.

a. Pour le froid, prenez deux pièces de cinq francs, chauffez l'une jusqu'à ce qu'elle ne paraisse plus froide; refroidissez l'autre jusqu'à 10° centigrades. Placez-les alternativement sur la paume de la main, pendant que la main repose sur une table ou sur quelque autre appui de manière à exclure le sens musculaire. La pièce froide paraîtra beaucoup plus lourde, peut-être aussi lourde que deux pièces à la température normale. La même expérience peut être essayée sur le front, la tête appuyée.

b. Pour la chaleur, prenez deux cylindres de bois de poids égal; amenez l'un à une température élevée en le plaçant debout dans un vase en métal flottant dans un bain d'eau chaude. Placez alternativement les cylindres debout sur le dos de la main (appuyée) entre les os métacarpiens du pouce et de l'index. Le chaud paraîtra plus lourd.

Weber, 512, 551; Szabadfoeldi; Funke, 320; Dessoir, 304-306.

26. — La pression également distribuée sur une surface considérable est moins fortement sentie que la pression sur

une surface limitée par une autre qui n'est pas pressée. Plongez la main jusqu'au poignet dans de l'eau (ou, mieux encore, dans du mercure) à la température normale, et remarquez que la sensation de pression est la plus forte dans un cercle entourant le poignet à la surface de l'eau; peut-être plus forte à la partie interne du poignet qu'à la partie externe. L'effet de cercle est incontestable si l'on meut la main dans l'eau de bas en haut et de haut en bas.

27. *La pression n'est pas perçue également bien par toutes les parties du corps.* — Cela peut être vérifié au moyen de poids appliqués à peu près de la même façon que dans l'expérience 24; c'est ainsi que faisait Weber. Une expérience plus simple est la suivante : Trouvez le pouls au poignet; tâchez-le avec les extrémités des doigts, le dos des doigts, le côté de la main, l'autre poignet, la lèvre, et le bout de la langue. Essayez de même de percevoir le pouls de la tempe avec les extrémités des doigts, le côté de la main et l'avant-bras. Remarquez que, lorsqu'il est senti par une autre personne, l'expérimentateur est incapable de le sentir subjectivement.

Goltz.

28. *Finesse du sens de la pression active.* — La finesse de la faculté de sentir l'inégalité d'une surface peut être quelque peu constatée ainsi : placez un cheveu sur une plaque de verre ou sur toute autre surface dure et polie, et sur ce cheveu placez 10 ou 15 feuilles de papier. La place du cheveu peut être facilement reconnue en passant les extrémités des doigts en avant et en arrière sur le papier.

29. *Les poils comme organes de toucher.* — Les plus fins poils font éprouver une sensation nette de toucher anticipé, lorsqu'ils sont mus, et probablement ceci rend compte d'une partie au moins des différences que nous avons vues exister entre l'avant-bras et le bout des doigts

dans l'expérience 22. Touchez quelques poils isolés et remarquez la sensation.

Blaschko.

30. — Certains auteurs ont distingué une *sensation de traction ou de pression négative*, mais elle a été rarement l'objet d'expériences. On peut observer cette sensation lorsqu'on manie des substances visqueuses, lorsqu'une partie de la peau est appliquée sur l'orifice d'un vase clos et qu'on fait le vide dans le vase, ou en général toutes les fois que la peau est soulevée d'au-dessus des parties sous-jacentes d'un membre. On peut étudier la sensation quant à sa qualité propre en passant un fil à travers un petit morceau de taffetas d'Angleterre, faisant un nœud du côté gommé, et collant le taffetas sur la peau. Une traction exercée sur le fil produira la sensation.

Hall and Matora, 93 ss. ; Bloch.

SENSATIONS GÉNÉRALES, CHATOUILLEMENT ET DOULEUR

Ces sujets, quoique certainement d'un très grand intérêt psychologique, ont été relativement peu étudiés avec soin jusqu'ici, et ont fait l'objet de peu d'expériences. Il ne s'agit pas exclusivement ici de sensations de la peau, mais la peau offre le champ le plus commode pour l'étude des deux phénomènes que nous devons examiner ici, à savoir le chatouillement et la douleur. Pour l'un et l'autre il faut remarquer le caractère subjectif de la sensation. Nos yeux et nos oreilles nous renseignent sur des choses colorées et sonores, mais le chatouillement et la douleur nous font savoir que *nous* sommes chatouillés ou blessés par quelque chose.

31 *Le chatouillement*. — Il y a deux sortes de chatouillements faciles à distinguer, l'un qui a son siège profondé-

ment dans la région des côtes, qui paraît plus développé chez les enfants et répond à des excitations assez fortes ; l'autre superficiel, réparti sur une surface beaucoup plus grande et répondant à de légères excitations seulement. C'est ce dernier chatouillement que nous considérons ici.

a. Touchez très légèrement les différentes parties de la face, surtout autour des yeux, les bords des lèvres et l'ouverture des oreilles avec l'extrémité d'un bouchon de papier et remarquez les sensations de chatouillement. Remarquez la disproportion évidente entre l'excitation et la sensation qui en est l'effet, l'irradiation étendue et vague, et la longue image consécutive.

b. Touchez les mêmes parties aussi légèrement que possible avec l'extrémité d'un porte-plume (ou du doigt), puis avec le même instrument en exerçant en même temps une pression modérée. Remarquez la différence des effets, remarquez aussi que la tendance à frotter une surface chatouillée est une tendance à faire intervenir une excitation plus forte pour écarter les effets de l'excitation moindre. Remarquez enfin que, lorsque l'on éprouve le besoin d'éternuer, l'éternuement peut être entièrement empêché en pressant fermement ou en frottant les côtés du nez ou les parties adjacentes du visage.

c. Le chatouillement est selon toute apparence un phénomène de sommation. Touchez légèrement le bout de la langue avec l'une des branches d'un diapason au repos et remarquez l'image consécutive qui, cependant, n'a rien du chatouillement. Puis faites vibrer le diapason et touchez en l'extrémité de la langue. Comparez les effets.

d. La sensibilité au chatouillement de parties adjacentes du corps présente des différences tout à fait marquées. Faites vibrer le diapason et appliquez-le légèrement à l'extrémité, aux côtés et au milieu de la partie supérieure et de la partie inférieure de la langue.

32. *La douleur.* — *a. Conduction lente.* Otez votre

bottine et, avec une baguette légère, frappez vivement la plante du pied ou un cor. La douleur sera perçue sensiblement plus tard que la première sensation de contact, séparée de celle-ci peut-être par un intervalle presque dépourvu de sensation. Ce retard est probablement dû à la même cause que l'image consécutive de l'expérience 11.

b. *Douleurs de température.* Un certain degré de chaleur au-dessus de la température du sang est plus capable de causer de la douleur qu'un degré égal au-dessous. Comparez les effets si vous plongez la main dans de l'eau à 40° centigrades et à 60°. Prenez une quantité considérable d'eau et n'y laissez pas la main trop longtemps, car sa sensibilité à la douleur aussi bien qu'à la température est diminuée par la fatigue.

Des expériences sur la douleur peuvent aussi être faites avec des excitants électriques et des pressions. Celles-ci conviennent spécialement pour déterminer la sensibilité relative de différents sujets. Les premières peuvent être faites facilement avec l'appareil à chariot de Du Bois-Reymond, en appliquant les électrodes à la surface qu'on veut étudier puis poussant graduellement la bobine secondaire vers la première jusqu'au moment où l'excitation devient douloureuse. Pour les appareils voir plus loin le chapitre sur les appareils.

Weber, 569 ss.; Dessoir, Beaunis, Lombroso, Mantegazza, Preyer, 89.

BIBLIOGRAPHIE

Dans cette bibliographie et celles qui sont jointes aux chapitres suivants, le but n'a pas été d'offrir une liste complète, mais plutôt d'indiquer un certain nombre des ouvrages les plus importants par lesquels l'étudiant puisse commencer, s'il le désire, l'étude des sources originales. Pour la même raison, la liste ne contient pas exclusivement des ouvrages où les expériences du chapitre précédent soient discutées, mais quelques autres références importantes ont été ajoutées. Si

quelqu'un désire augmenter la liste, il peut le faire aisément, en se servant des revues publiées par les divers périodiques philosophiques et psychologiques et de la bibliographie classifiée relative à la psychologie et la physiologie des organes des sens, publiée annuellement dans la *Zeitschrift für Psychologie*, et commençant avec la littérature de 1889. Pour la littérature antérieure, on peut consulter les riches citations du *Lehrbuch der Psychologie* de Volkmann. Beaucoup de littérature psychologique paraît actuellement dans les revues physiologiques. Le *Centralblatt für Physiologie* contient des revues et une bibliographie annuelle de physiologie générale, avec des sections consacrées à la physiologie des sens et à la psychologie physiologique; il en est ainsi depuis la fondation de ce périodique en 1887. Le *Handbuch der Physiologie* de Hermann donne beaucoup de renvois à la littérature, et chaque section importante des *Éléments de Physiologie humaine* de Beaunis est suivie d'une bibliographie. Les *Jahresberichte über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie* de Schwalbe et Hoffmann donnent des bibliographies et sommaires de la littérature depuis 1872. L'*Index medicus*, actuellement à son quinzième volume, offre un tableau de toute la littérature médicale courante depuis 1879. En connexion avec cette publication, mentionnons l'énorme *Index Catalogue of the Library of the Surgeon-General's Office, United States Army*, dont 13 grands volumes ont été jusqu'à présent publiés (septembre 1893), allant de A à *Sutugin*. La brochure descriptive du *Harvard Psychological Laboratory* contient aussi, dans un appendice de 10 pages, une liste ordonnée de littérature psychologique.

ARISTOTE. — *Περὶ Ἐνοπιῶν*, c. 2, Bekker, 460. Traduit aussi en allemand par Johannes Müller, comme appendice à son ouvrage *Ueber die phantastischen Gesichterscheinungen*. Coblenz, 1826.

AUBERT und KAMMLER. — *Moleschott's Untersuchungen*, V, 1859, 145.

BEAUNIS. — Les sensations internes. Paris, 1889.

BLASCHKO. — Zur Lehre von den Druckempfindungen. Verhandl. d. Berliner physiol. Gesellsch., Sitz. 27 März 1885. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1885, 349.

BLIX. — Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die spezifische Energie der Hautnerven. *Zeitschrift für Biologie*, XX, 1884, 141-156.

BLOCH. — Recherches expérimentales sur les sensations de traction et de pression cutanées. *Archives de Physiologie*, sér. 5, III, 1891, 322-333.

BRONSON. — The Sensation of Itching. *Medical Record*, XXXVIII, 1890, n° 1041, Oct. 18, 423-429.

DESSOIR. — Ueber den Hautsinn. *Du Bois-Reymond's Arch.*, 1892, 175-339. Voir le compte rendu de ce travail par Goldscheider. *Zeitschrift für Psychologie*, V, 1893, 117-122.

DONALDSON. — On the Temperature Sense. *Mind*, X, 1885, 399-416.

DU BOIS-REYMOND (RENÉ). — Ueber chemische Reizung des Tempera-

tursimes. Verhandlungen der Berliner physiol. Gesellsch., Sitz. 11 Nov. 1892. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1893, 187-190.

FECHNER. — Elemente der Psychophysik, I, 201-211 (Temperature).

FUNKE. — Der Tastsinn und die Gemeingefühle. *Hermann's Handbuch der Physiologie*, vol. III, 2^e partie, 289-414.

GOLDSCHIEDER. — A. Ueber Wärme-, Kälte-, und Druckpunkte. Verhandl. der Berliner physiol. Gesellsch., Sitz. 13 März 1885. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1885, 340-345.

B. Neue Thatsachen über die Hautsinnesnerven. *Ibid.*, 1885, Supplement-Band, 1-110, 5 planches.

C. Zur Dualität des Temperatursinnes. *Pflüger's Archiv*, XXXIX, 1886, 96-120 (sur les expériences de Herzen).

D. Ueber die spezifische Wirkung des Menthols auf die Temperatur-Nerven. Verh. der Berliner physiol. Gesellsch., 9 April 1886. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1886, 555.

E. Histologische Untersuchungen über die Endigungsweise der Hautsinnesnerven beim Menschen. *Ibid.*, 1886, Supplement-Band, 191-231.

F. Die Einwirkung der Kohlensäure auf die sensiblen Nerven der Haut. Verh. d. Berliner physiol. Gesellsch., 4 Nov. 1887. *Ibid.*, 1887, 575-580.

G. Ueber die Topographie des Temperatursinns. Verh. d. Berliner physiol. Gesellsch., Sitz. 1 Juli 1887. *Ibid.*, 1887, 473-476.

H. Ueber die Summation von Hautreizen. Verhandlungen der physiol. Gesellsch. zu Berlin, Sitz. 31 Oct. 1890. *Ibid.*, 1891, 164-169.

I. Die Lehre von den spezifischen Energieen der Sinnesnerven. Berlin, 1884. Brochure de 40 pages, contenant une littérature complète ¹

GÖLTZ. — Ein neues Verfahren die Schärfe des Drucksinns der Haut zu prüfen. *Centralblatt für med. Wiss.*, 1863, n^o 18, 273-276.

HALL and DONALDSON. — Motor sensations of the Skin. *Mind*, X, 1885, 557-572.

HALL and MOTORA. — Dermal sensitiveness to gradual Pressure changes. *American Journal of Psychology*, I, 1887, 72-98.

HERING. — Der Temperatursinn. *Hermann's Handbuch der Physiologie*, vol. III, 2, 415-439.

HERZEN. — Ueber die Spaltung des Temperatursinnes in zwei gesonderte Sinne. *Pflüger's Archiv*, XXXVIII, 1886, 93-103.

HOPPE. — Das Aristotelische Räthsel der mit gekreuzten Fingerspitzen gefühlten Kugel. *Wiener med. Presse*, 1888; n^{os} 22, 23, 785, 827.

JAMES. — Principles of Psychology. New-York, 1890.

LADD. — Elements of Physiological Psychology. New-York, 1887.

LOEB. — Untersuchungen über den Fühlraum der Hand. *Pflüger's Archiv*, XLI, 1887, 107-127.

LOMBROSO. — Algometria elettrica nel uomo sano e alienato. Milano, 1867.

¹ Goldscheider a réuni et publié à Leipzig en 1898, en 2 volumes, ses recherches sur les sensations cutanées et le sens musculaire. L'ouvrage a pour titre *Gesammelte Abhandlungen* (n. du trad.).

(Lombroso und Ottolenghi) Die Sinne der Verbrecher. *Zeitschrift für Psychologie*, II, 1891, 337 ss.

LOTZE. — A. Medicinische Psychologie. Leipzig, 1852.

B. Grundzüge der Psychologie. Leipzig, 1881.

MANTEGAZZA. — La Physiologie de la douleur. Paris, 1888.

PREYER. — Ueber den Farben und Temperatur-Sinn mit besonderer Rücksicht auf Farbenblindheit. *Pflüger's Archiv*, XXV, 1881, surtout p. 75-92.

QUINCKE. — Ueber Mitempfindungen und verwandte Vorgänge. *Zeitschr. für klin. Medicin*, XVII, 1890.

SCHWANER. — Die Prüfung der Hautsensibilität vermittelt Stimabeln bei Gesunden und Kranken. Inaug. Diss., Marburg, 1890, 37. (Compte rendu avec table de sensibilité. *Zeitschrift für Psychologie*, II, 1891, 398.)

SERGI. — Su alcuni caratteri del senso tattile. *Rivista di Filosofia scientifica*, 1891 (reproduit dans *Zeitschrift für Psychologie*, III, 1892, 175-184).

STUMPF. — Zum Begriff der Lokalzeichen. *Zeitschr. für Psychologie*, IV, 1892, 70-73.

SZABADFOELDI. — *Moleschott's Untersuchungen*, IX, 1865, 631.

VIERORDT. — Physiologie des Menschen. Tübingen, 1877, 340 ss.

WEBER. — Der Tastsinn und das Gemeingefühl. *Wagner's Handwörterbuch der Physiologie*, III, 2, 484-588.

VON WITTICH. — Bemerkungen zu Preyers Abhandlung über die Grenzen des Empfindungsvermögens und Willens. *Pflüger's Archiv*, II, 1869, 329-350.

WUNDT. — Grundzüge der physiologischen Psychologie, 3^e Aufl., Leipzig, 1887, I, 391 ss.; II, 5 ss.; 4^e Aufl., Leipzig, 1893, I, 410 ss.

Pour d'autres références bibliographiques, voir surtout les citations des auteurs suivants. Sur le toucher: Dessoir et Goldscheider. Sur la température: Dessoir, Donaldson, Goldscheider. Sur la douleur en général, voir Bain, *Mind*, sér. 2, I, 1892, 161. Marshall., *Ibid.*, Ser. 1, XIV, 1889, 511; XVI, 1891, 327, 470; Sér. 2, I, 1892, 358, 453; *Philosophical Review*, I, 1892, 625; Nichols, *Ibid.*, I, 1892, 403, 518.

CHAPITRE II

SENS CINESTHÉTIQUES ET STATIQUES

Ce groupe de sens nous fournit des données pour la perception des positions et des mouvements de nos membres et de notre corps considéré dans son ensemble; il joue un rôle prépondérant dans la perception de l'espace. Il renferme quelques sens dont l'existence ou l'action est discutée (sens d'innervation¹ et sens musculaire) et d'autres qui n'ont été généralement reconnus comme sens indépendants que récemment (sens articulaire et sens tendineux). Tous ont entre eux des relations étroites; de même aussi avec le sens de la pression et du contact; certains

¹ Le terme de « sens d'innervation » ne doit pas être pris d'une manière trop stricte comme signifiant un sens tout à fait indépendant de décharge motrice, ainsi que cela est arrivé souvent. Wundt dit dans la 4^e édition de sa *Psychologie physiologique*, I, p. 425 : « Diverses observations font considérer comme probable que les éléments centraux des sensations qui accompagnent les mouvements volontaires ont leur origine dans les représentations par la mémoire de mouvements précédemment exécutés, lesquelles en partie commencent, en partie accompagnent chaque mouvement volontaire. Puisque les représentations présentent qualitativement le même contenu sensoriel que les perceptions originelles, ces sensations centrales d'effort et de mouvement (*Kraft und Bewegungsempfindungen*) se fondront complètement dans les conditions normales avec les sensations périphériques de même espèce; cependant, elles produiront un effet indépendant si pour une raison quelconque les sensations périphériques sont supprimées. Il serait à désirer, en conséquence, que l'on renonçât à ce terme de « sensations d'innervation » pour les sensations en question; il peut en effet conduire à l'idée fautive qu'il s'agit de sensations, qui, en et pour elles-mêmes, indépendamment des éléments périphériques des sensations d'effort et de mouvement, accompagnent l'innervation motrice. Cette hypothèse, qui autrefois a été généralement associée à la notion de « sensations d'innervation » est très improbable ». Cf. aussi p. 431, et 3^e éd., I, p. 405 ss.

ne sont guère dissociés que dans le cas de maladie. Ce chapitre se borne nécessairement au côté expérimental du sujet et aux expériences les plus simples. Beaucoup des plus importants parmi les problèmes psychologiques impliquent les sensations motrices de l'œil, dont quelques-unes sont considérées au chapitre VII.

SENS MUSCULAIRE (*Kraftsinn.*)

On ne peut pas, à l'heure qu'il est, dire d'une façon positive s'il y a des sensations spécifiques des muscles, distinctes de celles provenant d'autres parties du membre en mouvement; mais, même s'il en existe, le rôle qu'elles jouent dans nos perceptions ordinaires de mouvement est probablement de faible importance. L'expression « sens musculaire », toutefois, a été employée pour désigner le groupe entier des sensations motrices, et elle est retenue ici à ce titre.

33. *Poids soulevés.* — *a.* Des poids soulevés lentement paraissent plus lourds que les mêmes poids soulevés rapidement. Soulevez le même poids deux fois, d'abord de la façon la plus naturelle et la plus commode, et puis très lentement, en commençant par faire un effort beaucoup moindre que celui qui est nécessaire et augmentant cet effort graduellement jusqu'à ce que le poids s'élève.

b. Soulevez un poids pas trop lourd avec une main, et, en même temps, serrez fortement l'autre en fermant le poing. Le poids semblera plus léger que sans cet effort simultané.

c. Répétez l'expérience 23, en soulevant activement les poids pour les comparer au lieu d'opérer par le moyen de la pression.

34. *Sensibilité discriminative pour les poids soulevés.* —

a. Trouvez, d'après la méthode employée dans l'expérience 24, quelle est la différence juste perceptible au-dessus et au-dessous d'un poids constant de 100 grammes, lorsque vous soulevez les poids au lieu de les laisser simplement presser sur la peau. Dans cette expérience soulevez successivement les poids avec la même main. Les poids doivent être placés près l'un de l'autre de manière qu'on puisse les atteindre commodément, et il faut prendre soin que les deux soient soulevés avec la même vitesse et à la même hauteur. Le sujet soulèvera un poids puis l'autre, et décidera après avoir soulevé chacun une fois. Dans la moitié des expériences le poids constant sera placé à gauche du poids qu'on doit lui comparer et sera soulevé d'abord; dans l'autre moitié il sera à droite et soulevé le second.

b. Répétez l'expérience en demandant au sujet de soulever le poids constant avec une main, et le poids qui doit lui être comparé avec l'autre, la même main servant pour le même poids pendant chaque série d'expériences (c'est-à-dire pendant la détermination de la différence juste perceptible au-dessus et au-dessous du poids constant); mais combinez un certain nombre de séries avec le poids constant dans la main droite et un nombre égal d'autres où il sera dans la main gauche. Trouvez aussi d'après les chiffres obtenus les rapports lorsque le poids constant est dans la main droite et lorsqu'il est dans la main gauche; cela en vue de l'expérience 35. Comparez les rapports obtenus ici avec ceux obtenus dans l'expérience 24.

Dans ces expériences le sens de la pression pourrait être supposé coopérer; mais, lorsqu'il est exclu ou que son action est relativement réduite, la sensibilité pour les différences de poids soulevés n'est pas diminuée. La méthode de Weber pour exclure le sens de la pression consistait à envelopper les poids dans des morceaux de toile et à soulever ceux-ci par les quatre coins à la fois. La

pression sur ces coins peut être modifiée à volonté, indépendamment du poids de l'objet soulevé.

Weber, 546-547; Müller und Schumann; James, II, 189 ss., 486 ss.; Beaunis; Wundt; Fullerton and Cattell.

35. *Adaptation de la décharge motrice.* — Après avoir exécuté la seconde partie de l'expérience 34, comparez le poids constant avec un poids beaucoup plus considérable, par exemple 2 kilogrammes. Opérez avec beaucoup de soin. Faites la comparaison trente fois, laissant un plus long temps entre les comparaisons particulières qu'entre les soulèvements des deux poids à comparer. Puis brusquement revenez aux petits poids en prenant le poids constant avec la même main que précédemment, et le poids à comparer avec celle qui tenait le poids de 2 kilogrammes. Non seulement le poids qu'on avait tout à l'heure perçu comme juste plus lourd paraîtra maintenant considérablement plus léger que le poids constant, mais il en sera de même pour des poids encore plus lourds. Pour cette dernière comparaison, il ne faut faire que peu d'expériences, pas plus de trois ou quatre. Si on en veut davantage, il faut entre deux s'exercer de nouveau une dizaine de fois à comparer le poids constant et le poids de 2 kilogrammes⁴. Par l'exercice les centres nerveux qui mettent en mouvement les muscles qui soulèvent les 2 kilogrammes s'accoutument à une décharge plus forte que celle qui est nécessaire pour soulever les poids légers, et ils ne se réadaptent pas tout de suite, mais fournissent une décharge trop forte. Le poids maintenant est soulevé

Cette expérience telle qu'elle est décrite dépend des résultats obtenus dans l'expérience 34 *b*, mais celle-ci n'est pas nécessaire. Il est plus simple et meilleur de pourvoir le sujet de poids égaux, un dans chaque main, et de lui demander, après qu'il les aura alternativement soulevés, d'indiquer lequel lui paraît le plus léger. Celui-ci alors peut être pris comme poids constant, et l'autre comme poids à lui comparer; à celui-ci on substitue ensuite le poids de 2 kilogrammes et l'expérience continue comme il est expliqué dans le texte.

avec une plus grande rapidité que le poids constant, et est en conséquence déclaré plus léger (Müller et Schumann), ou bien l'équilibre entre les extenseurs et les fléchisseurs réalisé pour soulever le poids plus lourd ne convient pas pour le poids plus léger, et le second est déclaré plus léger à cause de l'effort des extenseurs nécessaire pour rétablir la balance (Delabarre). Cette expérience paraît concluante contre l'hypothèse d'un sens d'innervation bien développé et indépendant : en effet, s'il existait quelque sensation de décharge nerveuse, nous devrions nous rendre compte par elle, lorsque nous passons d'un poids très lourd à un poids léger, que la décharge est disproportionnée; or cela n'arrive pas.

Müller und Schumann; mais Cf. aussi Fullerton and Cattell, 131, et Delabarre.

SENS D'INNERVATION

36. *Mouvements simultanés.* — La preuve la plus fréquemment avancée pour établir l'existence d'un sens spécial d'innervation est clinique et dès lors hors du cadre de ce cours. On a invoqué des expériences du genre de la suivante, mais leur interprétation a été discutée.

a. Placez-vous debout devant un tableau noir, les yeux fermés, et après avoir enlevé votre habit s'il empêche le libre mouvement des bras. Tracez en vous servant des deux mains en même temps une feuille conventionnelle, semblable aux figures ci-jointes, en allant toujours de *a* à *b*. En traçant essayez de faire les lobes de la feuille de grandeur égale, comme figure 2; tracez chacun à main levée avec un seul mouvement simultané des deux bras, c'est-à-dire tracez chacun avec une seule impulsion de la volonté dirigée également des deux côtés; ce

dernier point est important. Dessinez d'abord deux feuilles, en commençant avec les mains à hauteur des épaules; le résultat sera à peu près ce que représente la figure 2

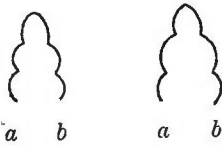


Fig. 2.

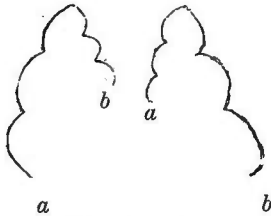


Fig. 2 bis.

Dessinez ensuite deux autres feuilles, avec l'une de vos mains environ un pied plus haut que précédemment, et l'autre environ un pied plus bas; le résultat sera comme figure 2 bis.

b. Amenez les mains de nouveau dans la position initiale, et dessinez deux feuilles ayant leurs pointes à droite et à gauche. Les feuilles seront symétriques. Ensuite commencez une des mains se trouvant environ un pied plus loin du plan médian du corps que précédemment et l'autre dans ce plan, mais toutes deux étant au même niveau. Dessinez comme auparavant; vous obtiendrez des feuilles asymétriques. Répétez un certain nombre de fois, élevant ou étendant tantôt un bras, tantôt l'autre. En général vous trouverez que malgré l'intention que vous avez de faire des mouvements égaux des mains, les mouvements de plus grande extension dans le bras étendu et de plus grande flexion dans le bras fléchi seront trop courts, et ceux en sens contraire dans chaque cas trop longs. L'argument qu'on fonde sur cette expérience est le suivant : Nous croyons que nos mains exécutent des mouvements égaux, lorsque tel n'est pas le cas, parce que nous avons conscience de vouloir des mouvements égaux, et n'avons aucune conscience, ou qu'une conscience imparfaite des mouvements réellement exécutés. Si nous percevions le mouvement de nos membres par les sensations de la peau, des articulations et des muscles qui accompagnent leurs mouvements (comme ceux qui ne croient pas à un sens d'innervation le pensent), nous devrions connaître l'amplitude du mouvement exécuté chaque fois par

nos mains, et ne pas tomber dans l'illusion que nous constatons dans ces expériences ¹ Cf. expérience 44 d.

Loeb, B, 15 ss.

37 *Illusion de mouvement dans un membre immobile.* — Placez la main, la paume en bas, sur le bord d'une table ou d'un livre épais, de manière que trois doigts, le médius, l'annulaire et le petit doigt soient appuyés et tenus étendus tandis que le pouce et l'index sont libres. Pliez fortement l'index aux deux articulations internes, et maintenez-le dans cette position avec l'autre main. Le bout du doigt est encore mobile, comme on peut s'en assurer en le touchant, mais il est anatomiquement impossible de le mouvoir volontairement. Lorsque cependant on fait l'effort de le mouvoir (les yeux étant fermés) il y a une sensation de mouvement, quoique aucun mouvement réel ne soit possible. On a déduit de cela l'existence d'un sens interne de mouvement (**sens d'innervation**). **En opérant** sur un autre sujet, vous pouvez tenir le doigt du sujet et lui demander d'exécuter avec le doigt correspondant de la main libre un mouvement égal à celui qu'il s'imagine exécuter avec la main qui est maintenue immobile. Observez cependant que les tendons du poignet se meuvent, et qu'il y a de légers mouvements ailleurs dans la main.

Sternberg; James, II, 105, 515, note; Goldscheider, A, 317.

38. *Expérience de Ferrier.* — Des expériences comme la suivante prouvent que la sensation d'effort est en grande partie, sinon entièrement, d'origine périphérique plutôt que d'origine centrale. Tenez le doigt comme si vous vouliez tirer la détente d'un pistolet. Pensez fortement à plier le doigt, mais ne le pliez pas; une sensation incontestable d'effort se produit. Répétez l'expérience, et remarquez

¹ L'explication précédente en faveur de sensations d'innervation a le caractère d'une citation et ne représente pas l'opinion de l'auteur.

que le souffle est involontairement retenu, et qu'il y a tension dans d'autres muscles que ceux qui feraient mouvoir le doigt. Répétez l'expérience une troisième fois, en ayant soin de respirer régulièrement et de maintenir les autres muscles dans un état de passivité. Peu ou point de sensation d'effort n'accompagnera maintenant la flexion du doigt par la pensée.

Ferrier, 382 ss. (éd. anglaise).

Sur le sens d'innervation en général, voir, outre les auteurs déjà mentionnés : Wundt, 3^e éd., I, 397 ss., 4^e éd., I, 423 ss.; James, II, 486 ss.; Goldscheider, A, 206 ss.

SENSATIONS DE MOUVEMENT, SENSATIONS ARTICULAIRES

39. *Mouvement passif au coude.* — Le sujet place son avant-bras à plat sur la planche à bras de l'appareil (le

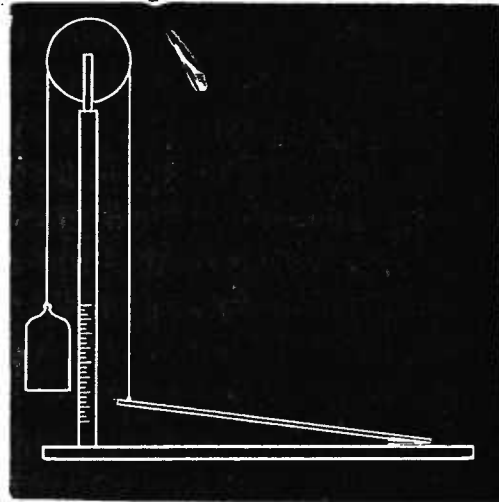


Fig. 3.

coude doit être aussi sur la planche) et ferme les yeux. L'expérimentateur alors fait monter ou descendre lentement le côté libre de la planche, en tirant en bas ou en soulevant le contrepoids, et le sujet doit indiquer le moment où pour la première fois il a la sensation que son bras se

meut. Notez le mouvement angulaire nécessaire pour produire la plus petite sensation perceptible. Remarquez que le mouvement paraît être localisé surtout dans la main. Il est extrêmement important de ne pas confondre la sensation de mouvement avec celle de pression augmentée ou de secousse. On trouvera que la vitesse du mouvement est un facteur important, et elle doit être maintenue aussi constante que possible. Les résultats trouvés avec cette méthode sont grossiers ; pour des méthodes plus exactes voir Goldscheider, A.

40. *Mouvement actif de la dernière articulation du doigt.* — Les sensations articulaires des doigts sont moins délicates que celles du coude, mais conviennent mieux pour la démonstration de la flexion active. Fixez un bout de paille avec du taffetas d'Angleterre ou de toute autre manière sur l'ongle du médus, et coupez cette paille de manière que son extrémité dépasse de 115 millimètres l'articulation du doigt. Avec ce rayon, 2 millimètres correspondent à peu près à un angle d'un degré. Placez la main sur un livre épais, la dernière articulation du doigt dépassant le bord du livre. Dressez une échelle millimétrique à angle droit avec la paille. Fermez les yeux et faites la plus petite flexion possible du doigt à la dernière articulation, ayant à côté de vous un aide qui en notera l'amplitude sur l'échelle. Avec beaucoup d'attention on arrivera peut-être dans les mouvements actifs et passifs à localiser la sensation dans l'articulation, mais il faut des expériences plus exactes pour établir clairement son caractère et son lieu d'origine.

Goldscheider, A.

41. *Localisation des mouvements.* — a. Des mouvements sur la peau peuvent être interprétés soit comme le mouvement d'un objet à la surface de la peau, soit comme

celui de la peau à la surface de l'objet. Cela est le point de départ d'illusions. Qu'un aide fasse passer doucement la pointe d'un crayon sur le poignet ou sur le bout des doigts de l'observateur assis les yeux fermés. On remarquera une tendance à interpréter la sensation comme un mouvement du poignet ou des doigts. La main et le bras doivent être libres, de sorte que l'illusion ne puisse être corrigée par la présence d'autres sensations du toucher.

b. Fermez les yeux, puis passez le poignet ou le doigt sur une pointe de crayon immobile. Dans ce cas la pointe aussi semble être en mouvement dans une direction opposée à celle du mouvement de la main.

c. Lorsque le mouvement peut être interprété comme appartenant indifféremment à l'un ou l'autre de deux membres, on peut l'attribuer au plus mobile des deux, ou à tous les deux. Appuyez le doigt légèrement sur le front; alors, tout en vous efforçant de le maintenir dans la même position, faites mouvoir votre tête de côté et d'autre. Il y a une forte tendance à attribuer le mouvement au doigt et au bras. Tenez rapprochés les trois derniers doigts de la main, écartez-en et rapprochez-en successivement l'index. Tous paraîtront se mouvoir, mais les trois derniers dans une direction opposée à celle de l'index.

d. L'expérience 4 est une expérience de localisation des mouvements aussi bien que des contacts. Si la baguette est maniée de façon à décrire la surface d'un cône, nous avons conscience du chemin décrit par le bout de la baguette comme de celui de la main qui la tient.

Cf. expérience 39 où le mouvement de tout l'avant-bras et de la main est attribué surtout à cette dernière.

Vierordt; sur *c*, Goldscheider, *A*, 181 ss.

42. — Une étendue interrompue peut paraître plus courte à un membre en mouvement qu'une étendue continue. Faites au moyen d'une épingle trois trous dans un mor-

ceau de carton, laissant entre eux des intervalles de un pouce et demi ($3^{\text{cm}}, 75$). Remplissez un de ces intervalles de nouveaux trous distants d'un quart de pouce (6^{mm}). Retournez le morceau de carton, fermez les yeux et faites passer l'extrémité du doigt le long des petites éminences provenant des trous d'épingle. L'illusion semble plus marquée lorsque le doigt passe d'abord sur la moitié interrompue de la ligne. Examinez la carte visuellement, et remarquez que l'illusion visuelle est juste en sens opposé. Comme dans l'expérience semblable sur le toucher (expérience 8), les effets ne paraissent pas être également nets pour tous les observateurs.

James, II, 250.

SENSATIONS DE RÉSISTANCE

43. *Illusion de résistance.* — a. Tenez, à bras tendu, un poids lourd au bout d'une corde, de sorte qu'il se trouve à quelques pouces au-dessus du sol, ou plutôt, demandez à un aide de vous mettre la corde dans la main de manière que la longueur de la corde ne puisse pas être connue d'avance. Abaissez le poids assez rapidement jusqu'à ce qu'il repose sur le sol ou sur quelque autre appui. Lorsqu'il frappera le sol, vous percevrez une sensation d'arrêt, à peu près comme si la main était tout à coup soutenue par une tige légère. L'illusion est encore plus marquée lorsque la corde, au lieu d'être tenue dans la main, est fixée à une petite tige tenue par le sujet. On peut éviter le trouble produit par le bruit du poids en faisant tomber le poids sur un coussin ou dans une caisse de sable. L'illusion est due à l'effort inattendu causé aux muscles qui abaissent le bras par la tension de ceux qui ont soutenu le poids. Cette sensation d'arrêt est probablement une sensation articulaire. Pour la distinguer des

sensations motrices des articulations, Goldscheider l'a appelée une « sensation articulaire de pression ».

b. Lorsque l'on continue à abaisser la tige après que la sensation d'arrêt a été ressentie, on peut remarquer encore une certaine difficulté de mouvement, comme si la tige traversait un milieu résistant. Goldscheider distingue cette sensation de celle de *a*, estimant que nous avons ici la vraie sensation de mouvement difficile (et aussi de poids et de lourdeur) et l'attribuant aux tendons.

c. Remarquez quelque chose de semblable à *b* lorsque vous versez rapidement une certaine quantité de mercure d'un vase dans un autre.

Il est évident que des illusions comme les précédentes parlent contre l'existence d'un sens d'innervation dans l'acception ordinaire de ce terme.

Goldscheider, *A*, 164 ss., 172 ss., *D*; sur *b*, *A*, 188; Mach, *A*, 70 ss.

ASYMÉTRIES BILATÉRALES DE POSITION

ET DE MOUVEMENT

44. *Mouvements supposés symétriques des bras.* — Dans toutes les expériences de ce groupe le sujet doit rester ignorant de la nature et de la grandeur de ses erreurs jusqu'à ce que tout soit terminé.

a. Tenez un bouchon ordinaire entre le pouce, l'index et le médius de chaque main. Fermez les yeux et rapprochez les deux bouchons à bout de bras, dans le plan médian du corps et à la hauteur du visage; un aide notera la grandeur approximative et la direction de l'erreur. Les bouchons doivent être rapprochés assez doucement, de manière à ne pas trahir au sujet le caractère de l'erreur, mais les mouvements des bras par lesquels ils sont amenés presque en contact doivent être libres et francs. L'erreur se montrera probablement constante quant à la direction

jusqu'à ce que le sujet apprenne à la corriger. Essayez de rapprocher les bouchons au-dessus de la tête, et aussi dans des positions asymétriques.

b. Que le sujet s'assoie devant une table en ayant devant lui une règle d'un mètre. Fixez une épingle au milieu de la règle; amenez l'épingle dans le plan médian du sujet, et placez la règle parallèlement à son plan frontal. Demandez au sujet de placer ses index des deux côtés de l'épingle, et, les yeux fermés, d'essayer de leur faire parcourir des distances égales en les faisant glisser simultanément le long de la règle. Notez les résultats en millimètres; pour cela, il peut être avantageux de marquer d'un trait de plume le milieu de l'ongle des deux index. On remarquera souvent un constant excédent soit pour l'une soit pour l'autre main. Il est important que le sujet n'ouvre pas les yeux avant d'avoir éloigné ses doigts de la règle; il lui sera difficile en effet de ne pas essayer de corriger son erreur, s'il en connaît la nature. Les bouts des doigts doivent reposer légèrement sur la règle, et les mouvements partir de l'épaule par une seule impulsion; s'ils sont trop lents et que le sujet surveille ses sensations de position, les erreurs seront petites et incertaines. La main gauche, dit-on, fait généralement la plus grande excursion chez les droitiers qui ne sont pas des artisans.

c. Répétez les mêmes expériences en faisant faire les mouvements des mains successivement au lieu de simultanément. La différence constante entre les deux mains ne se manifesterait probablement pas.

d. Que le sujet prenne pour point de départ de sa main droite un point situé 20 centimètres à droite du plan médian, et comme point de départ de sa main gauche un point situé 20 centimètres à gauche du même plan. Qu'il essaye à droite et à gauche de ces points de parcourir des distances égales en mouvant les deux mains en même temps et dans la même direction. Les distances parcourues en se rapprochant du plan médian seront trop grandes,

celles parcourues en s'éloignant seront trop courtes. Dans toutes ces expériences faites les yeux fermés, nous paraissions enclins à juger de la distance plutôt d'après l'intention que nous avons de faire des mouvements égaux et la continuation des sensations motrices pendant des temps égaux que d'après les sensations périphériques réelles ¹.

Les jugements de symétrie de position et de mouvement reposent sur des combinaisons très complexes des sensations de la peau et des sensations de mouvement qui ont déjà fait plus haut l'objet d'expériences. Par suite de cette complexité les expériences de ce groupe se trouveront donner des résultats assez variables selon les sujets, et chez le même sujet selon le temps où l'on opérera.

Hall and Hartwell; Loeb; Delabarre; Bloch.

PERCEPTION DE LA POSITION DU CORPS TOUT ENTIER

45. *Perception de la direction.* — Dans cette expérience il est très désirable que le sujet ignore autant que possible le but de l'expérience. Faites-le se placer debout le dos contre un mur. Choisissez un point sur le mur d'en face à peu près à la hauteur de ses épaules, invitez-le à regarder ce point, puis priez-le, après qu'il aura fermé les yeux, d'indiquer aussi exactement que possible où se trouve ce point au moyen d'une baguette qu'il tiendra symétriquement des deux mains. Demandez-lui aussi de tenir la baguette verticale et horizontale dans le plan médian; et aussi horizontalement parallèle au plan frontal. Il fera tout cela probablement avec beaucoup d'exactitude; ou si, comme il arrive parfois, quelque « équation

¹ L'expérience échoue souvent quand le sujet est assis; on obtiendrait peut-être de meilleurs résultats si le sujet se tenait debout.

personnelle » se manifeste, son erreur sera constante.

a. Que le sujet répète l'expérience, cette fois la tête tournée autant que possible à gauche, les yeux fermés, et en s'efforçant de tenir ses épaules droites. Même expérience, la tête tournée à droite. Dans les deux cas on remarquera une erreur, le sujet visant trop loin dans la direction opposée à celle du mouvement de la tête. Le sujet pourra tenir la baguette verticalement ou horizontalement sans erreur. Demandez au sujet de tenir la baguette dans ce qu'il pense être la position horizontale, dans le plan médian lorsque sa tête est rejetée fortement en arrière ; puis lorsqu'elle est penchée fortement en avant. Des illusions du même genre que celles ci-dessus, affectant des directions dans le plan du mouvement de la tête, se produiront. Demandez au sujet de tenir la baguette dans ce qu'il croit être la position horizontale parallèle au plan frontal, lorsque sa tête est inclinée vers la droite ; de même lorsque sa tête est inclinée vers la gauche. Des illusions semblables à celles des expériences précédentes se manifesteront. Dans tous ces cas, la perception d'une des directions principales est seule affectée ; pour les deux autres il y a peu ou point d'erreurs.

b. Répétez la première partie de l'expérience *a* ; mais au lieu que le sujet désigne de loin l'objet choisi, demandez-lui de marcher vers lui, en tenant les épaules droites, les yeux fermés et la tête tournée d'un côté. Il marchera en se dirigeant de plus en plus du côté opposé à celui vers lequel sa tête est tournée.

c. L'illusion est due, au moins dans le cas où la tête tourne autour d'un axe vertical, à la position des yeux ; les yeux tournent plus que la tête dans la direction où on tourne cette dernière ; cela peut être aisément observé sur une autre personne. Nous jugeons de la position de la tête d'après celle des yeux, et jugeant la rotation plus forte qu'elle n'est, nous visons trop loin dans une direction contraire en essayant de viser l'objet choisi (Delage). Les

illusions peuvent être produites par le mouvement des yeux seuls. Tenant la tête droite, et ayant soin de ne pas la mouvoir lorsque vous mouvez les yeux, tournez les yeux fermés autant que vous pouvez à droite ou à gauche, et puis essayez d'indiquer quelque point déterminé. Une erreur semblable à celle de a sera observée. Si on tourne les yeux en haut ou en bas, le résultat est douteux. Au lieu de fermer les yeux, on peut les maintenir ouverts si l'on tient un écran opaque devant le visage. Répétez a , en tournant les yeux autant que possible dans la direction opposée à celle de la rotation de la tête. L'erreur première disparaîtra probablement, ou changera de signe.

Breuer suggère une autre explication pour cette illusion, à savoir que dans ces rotations extrêmes des yeux, leur position réelle ne correspond pas à la position qu'on a voulu leur donner, mais reste en deçà. Or nous jugeons de la direction d'après la position voulue, et par conséquent nous commettons des erreurs en pointant. Pour l'illusion avec d'autres positions de la tête, et même pour celle-ci, l'explication qu'il préfère est encore différente, et est en partie basée sur l'expérience suivante.

d. Fermez les yeux, et touchez le bout du nez ou le front avec une épingle ou un crayon pendant que la tête se trouve dans la position ordinaire, et après quelque temps essayez de toucher le même point de nouveau. L'erreur sera, s'il y en a une, très petite. Touchez de nouveau dans la position normale, puis tournez la tête à droite ou à gauche, ou inclinez-la vers l'épaule, ou en avant ou en arrière. Après l'avoir maintenue dans la position que vous aurez choisie pendant une demi-minute, essayez de nouveau de toucher le point. De grossières erreurs seront commises jusqu'à ce qu'elles soient corrigées par l'exercice. L'erreur est une erreur de sous-estimation, et elle produirait à elle seule un résultat directement opposé à celui trouvé par Delage. Cependant Breuer introduit un autre facteur. Son explication pour le cas des positions inclinées de la

tête est à peu près la suivante : grâce aux otolithes, nous avons une perception exacte du degré d'inclinaison de la tête, en même temps que nous avons la perception fautive dont nous venons de parler. La seule manière de concilier ces perceptions contradictoires consiste à modifier notre appréciation de la verticale, et naturellement aussi de l'horizontale. Quant aux mouvements de rotation autour d'un axe vertical, les canaux semi-circulaires (voir expériences 47-49) nous renseigneraient sur le degré exact de la rotation, et les illusions résulteraient dans ce cas d'une même combinaison du vrai et du faux.

Ce groupe d'expériences, sauf peut-être la dernière, est susceptible de considérables variations individuelles, lorsqu'on les fait dans les conditions ordinaires du travail dans un laboratoire ; mais en prenant des précautions suffisantes, surtout pour la position des yeux lorsqu'on les tournera à droite ou à gauche, on pourra arriver à des résultats satisfaisants.

Aubert (Delage), 17 ss. ; Loeb, *B*, 20 s., 31 s. ; Breuer, 270 ss.

46. *Positions verticale et horizontale du corps.* — Ins-

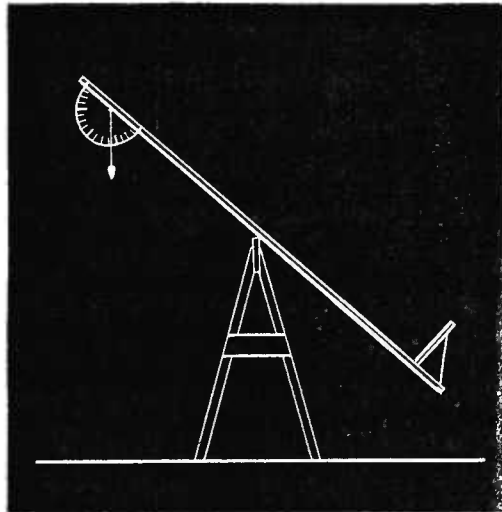


Fig. 4.

talez le sujet convenablement sur la planche-basculé et

faites-lui fermer les yeux. Placez d'abord la planche verticale (la tête en haut). Demandez au sujet d'indiquer la position dans laquelle il se trouve. Il dira probablement qu'il est légèrement penché en avant. En réalité, il l'est si ses talons touchent la planche. Tournez-le lentement en arrière et demandez-lui de dire quand il se croit vertical (la tête en haut), quand il se croit incliné en arrière de 45° par rapport à la verticale, de 60° , de 90° , de 180° . On remarquera deux classes d'illusions : les angles de moins de 40° paraîtront probablement trop petits, ceux de 40° à 60° seront estimés correctement ; ceux de plus de 60° paraîtront trop grands. Le sujet déclarera qu'il est dans la position verticale, la tête en bas, lorsqu'il s'en trouvera encore éloigné de 30° à 60° . On peut permettre un coussin si le sujet le désire.

Les illusions dépendent en grande partie de la distribution de la pression à la plante des pieds et sur d'autres surfaces du corps, et de la direction de la pression des viscères mobiles et du sang.

Aubert (Delage), 40 ss. ; Breuer, 370 s.

SENSATIONS DE ROTATION

47. *Perception de rotations uniformes.* — Que le sujet s'assoie sur la table rotative les yeux fermés, bandés s'il est besoin. Faites tourner la table lentement et uniformément dans l'une ou l'autre direction. Le sujet reconnaîtra immédiatement la direction du mouvement et approximativement l'amplitude de la rotation, si la vitesse est de 2° par seconde ou même moindre. Après rotation continuée avec une vitesse régulière, la sensation devient beaucoup moins exacte, ou fait complètement défaut. Ce fait a été généralisé par Mach qui a formulé la loi suivante : On perçoit seulement le changement de vitesse, et point la rotation continue. Après quelques pauses et de courts

mouvements dans une direction puis dans l'autre, le sujet peut être entièrement perdu, et peut énoncer un jugement tout à fait erroné sur la direction du mouvement, si ce dernier est lent.

48. *Illusion de rotation en sens contraire.* — Le sujet prend place sur la table comme auparavant. Faites-le tourner un peu plus vite pendant un demi-tour, et puis arrêtez subitement. Il éprouvera une sensation nette de rotation en sens inverse. Répétez, et lorsque l'illusion de rotation commence, faites ouvrir les yeux : elle cesse aussitôt. Faites fermer les yeux de nouveau, et, si l'illusion était forte, elle se fait sentir de nouveau.

49. *Siège des organes de la perception de la rotation.* —
a. Répétez la première partie de l'expérience 48, laissant le sujet donner l'ordre d'arrêter. Au même instant demandez-lui d'incliner la tête soudainement en arrière ou en avant, ou vers l'une ou l'autre des deux épaules. L'axe de rotation du corps paraîtra changer dans la direction opposée à celle de l'inclinaison de la tête ; c'est-à-dire que si la tête est inclinée à droite, l'axe semblera s'incliner à gauche. Le sujet a la sensation que son corps tourne sur la surface d'un cône dans la direction contraire à celle de la rotation primitive. C'est de la tête que dépend l'axe apparent de rotation. La même illusion se produit si la tête est penchée pendant la rotation réelle et redressée au moment de l'arrêt. Si l'on tourne la tête à droite ou à gauche, aucune illusion ne se manifeste, parce que cela ne modifie pas l'axe de rotation de la tête. L'illusion est très désagréablement forte lorsque la rotation est rapide et que le sujet change la position de la tête pendant qu'il tourne.

b. Priez le sujet de se coucher sur le côté, et faites-le tourner assez rapidement jusqu'à ce que la sensation de rotation devienne faible ou s'évanouisse. Alors demandez-

lui de se mettre subitement sur le dos ou sur l'autre côté. Quand il se met sur le dos, il a la sensation d'une rotation autour d'un autre axe, et la direction sentie est exacte, tandis que la rotation autour de l'axe précédent est ressentie comme une illusion en sens inverse. La perception résultante combine les deux. Si le sujet se tourne complètement, la direction du mouvement est complètement renversée, et la sensation et l'illusion combinées produisent des effets d'une puissance correspondante.

Le changement de l'axe apparent de rotation avec le changement de position de la tête indique la tête comme le siège de l'organe de ces sensations. Pour les expériences qui font croire que les canaux semi-circulaires sont cet organe, et pour les arguments pour et contre, voir la littérature citée par Aubert, Ayres et autres.

Sur les trois dernières expériences voir Aubert (Delage), 49 ss. ; Brown ; Mach ; Wundt, 3^e éd., I, 241 s. ; II, 24, 139.

50. — Une autre illusion de rotation (vertige de Purkinje) est due à des mouvements involontaires des yeux. Que le sujet tourne rapidement sur ses talons, les yeux ouverts, jusqu'à ce qu'il commence à éprouver du vertige. D'abord les objets qui l'entourent paraissent en repos, puis tourner dans la direction opposée. Dites-lui maintenant de s'arrêter et de regarder un mur uni pendant que vous observerez attentivement ses yeux, en choisissant quelque tache ou point nettement marqués comme point d'observation. Pour le sujet, les objets environnants paraîtront continuer à tourner dans la même direction qu'auparavant, c'est-à-dire dans une direction contraire à sa rotation de tout à l'heure ; quant à l'expérimentateur il verra les yeux du sujet exécuter de lents mouvements dans une direction (celle dans laquelle celui-ci se mouvait) alternant avec de rapides mouvements en sens contraire. Le sujet lui-même pourra peut-être percevoir un mouvement irrégulier correspondant des taches du mur qu'il regarde. Il

peut facilement constater les mouvements de ses propres yeux s'il a regardé fixement pendant vingt ou trente secondes une flamme ou une bande de papier blanc vivement éclairée avant de commencer sa rotation; l'image consécutive (voir chapitre v) ainsi produite reste fixe sur la rétine, et ses mouvements apparents trahissent les mouvements de l'œil. Si les yeux sont fermés après la rotation, l'image paraîtra se mouvoir dans une seule direction, et assez lentement. L'illusion tient à ce que le sujet n'a pas conscience des mouvements lents de ses yeux. Il est probable que ces mouvements des yeux et les sensations d'effort pour rétablir l'équilibre dans d'autres parties du corps sont causés d'une façon réflexe par le trouble occasionné dans les canaux semi-circulaires.

Il convient de remarquer que cette illusion est exactement l'inverse de celle qu'on a éprouvée les yeux fermés dans l'expérience 48. Là le sujet a la sensation d'une rotation de son propre corps en sens opposé à celle qui lui a été antérieurement imprimée. Si on l'a fait tourner d'abord dans la direction des aiguilles d'une montre, il croit, lorsqu'on l'arrête, tourner dans la direction opposée à celle des aiguilles. Si ces mouvements se communiquaient pour lui aux objets environnants, ceux-ci sembleraient, durant la rotation, se mouvoir en sens opposé aux aiguilles, et, après l'arrêt, dans le même sens que les aiguilles. Dans l'expérience de Purkinje le mouvement des objets n'est pas ainsi renversé.

Ceux qui font ces expériences de rotation feront bien l'être prudents; car les effets désagréables s'en font sentir parfois pendant plusieurs heures.

Aubert (Delage), 52, 100 ss.; Mach. Aubert reproduit le travail de Purkinje sur le vertige en appendice à sa traduction de Delage.

SENSATIONS DE MOUVEMENT PROGRESSIF

51. — Les mouvements progressifs, non accompagnés de rotation, nous donnent probablement des combinaisons de sensations de différentes origines. En principe, pour les mouvements progressifs comme pour les rotations, on peut dire que nous percevons les changements de vitesse du mouvement, et non le mouvement uniforme; tant que le mouvement demeure uniforme nous pouvons, par un effort d'imagination, supposer que nous nous mouvons dans l'une ou l'autre direction ou que nous sommes au repos, sauf s'il y a trépidation. Des instruments pour l'étude de ces phénomènes seront les trains de chemins de fer et les ascenseurs. Pour appareils spéciaux de laboratoire, voir Mach.

Aubert (Delage), 75 ss.; Mach; Brown; Breuer, 283.

BIBLIOGRAPHIE

AUBERT. — Physiologische Studien über die Orientirung. Tübingen, 1888, 122. C'est une traduction du travail de Delage ci-dessous, avec notes nombreuses et appendice contenant la note de Purkinje, de 1825 : Ueber den Schwindel. Voir la critique faite par Breuer, 270 ss.

AYRES. — A. A contribution to the Morphology of the Vertebrate Ear, with a Reconsideration of its Functions. *Journal of Morphology*, VI, nos 1 et 2, May 1892. Ayres donne une bibliographie de près de 300 titres, beaucoup relatifs à la psychophysiologie des canaux semi-circulaires, mais pas une liste complète.

B. The Ear of Man : Its Past, Present and Future. Wood's Holl Biological Lectures, 1890. Résumé de A.

BASTIAN. — The Muscular Sense ; Its Nature and Cortical Localisation. *Brain*, X, 1887-1888, 1-89. Discussion du travail par Ferrier, Sully et autres, 89-137.

BEAUNIS. — Les sensations internes. Paris, 1889.

BLOCH. — Expériences sur les sensations musculaires. *Revue scientifique*, XLV, n° 10, 1890, 294-301.

BREUER. — Ueber die Function der Otolithenapparate. *Pflüger's Archiv*, XLVIII, 1890-91, 195-304.

BROWN. — A. On the sense of Rotation and the Anatomy and Physiology of the Semicircular Canals of the Internal Ear. *Journal of Anatomy and Physiology*, VIII, 1874, 327. Reproduit par Mach, A, 100.

B. On Sensations of Motion. *Nature*, XL, 1889, 449.

CHARPENTIER. — Analyse expérimentale de quelques éléments de la sensation de poids. *Archives de Physiologie*, Sér. 5, III, 1891, 122-135.

DELABARRE. — Ueber Bewegungsempfindungen. Inaug. Diss. Freiburg, 1891, 111. L'auteur a publié une partie du même travail dans le *Mind*, sér. 2, 1892, 379-396.

DELAGE. — Études expérimentales sur les illusions statiques et dynamiques de direction pour servir à déterminer les fonctions des canaux demi-circulaires de l'oreille interne. *Archives de Zool. Expér.*, n° 4, 1886, 535-624 (avec index). Traduit par Aubert (voir ci-dessus). Voir aussi un résumé de ce travail dans *Comptes rendus*, CIII, 1886, 749.

EWALD. — Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des Nervus octavus. Wiesbaden, 1892 (Bibliographie très abondante).

FERRIER. — Functions of the Brain. London, 1886.

FULLERTON and CATTELL. — On the Perception of Small Differences. *Publications of the University of Pennsylvania, Philosophical Series*, n° 2. Philadelphia, 1892.

FUNKE. — Der Tastsinn und die Gemeingefühle. *Hermann's Handbuch der Physiologie*, III, 2, 289-414.

GOLDSCHIEDER. — A. Untersuchungen über den Muskelsinn. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1889, 369 ss. et 540. Aussi Supplement-Band, 1889, 141 ss.

B. Ueber den Muskelsinn und die Theorie der Ataxie. *Zeitschrift für klin. Med.*, XV, 1888-89.

C. Ueber die Grenzen der Wahrnehmung passiver Bewegungen. *Centralblatt für Physiologie*, I, 1887, 223-225.

D. Ueber paradoxe Widerstandsempfindung. *Ibid.*, III, 1889, 90-91.

HALL and HARTWELL. — Bilateral Asymmetry of Function. *Mind*, IX, 1884, 93-109.

JAMES. — Principles of Psychology. New-York, 1890.

KREIDL. — Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinthes auf Grund von Versuchen an Taubstummen. *Pflüger's Archiv*, LI, 1891-92, 119-150.

LOEB. — A. Untersuchungen über den Fühlraum der Hand; Erste Mittheilung, Gleiche Fühlstrecken. *Pflüger's Archiv*, XLI, 1887, 107-127.

B. Untersuchungen über die Orientirung im Fühlraum der Hand und im Blickraum. *Ibid.*, XLVI, 1890, 1-46.

MACH. — A. Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig, 1875, 128 (Bibliographie de 31 titres).

B. Analyse der Empfindungen. Jena, 1886, 69 ss.

MÜLLER und SCHUMANN. — Ueber die psychologischen Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte. *Pflüger's Archiv*, XLV, 1889, 37-112.

MÜNSTERBERG. — Die Willenshandlung. Freiburg, 1888.

SCHAEFER. — Die Erklärung der Bewegungsempfindungen durch den Muskelsinn. Inaug. Diss. Jena, 1889. Aussi un article de titre analogue : *Pflüger's Archiv*, XLI, 1887, 566-640.

STERNBERG. — Zur Lehre von den Vorstellungen über die Lage unserer Glieder. *Pflüger's Archiv*, XXXVII, 1885, 1 (Bibliographie de 52 titres).

VIERORDT. — Die Bewegungsempfindung. *Zeitschrift für Biologie*, XII, 1876, 226-240. Voir aussi Vierordt's *Physiologie*, 5^{te} Aufl., 329 ss.

WALLER. — The Sense of Effort. *Brain*, XIV, 1891, 179-249, 433-436, surtout 229 ss. Cette étude est accompagnée d'une bibliographie de 50 titres. A peu près la même portion du travail signalée ici comme d'importance spéciale se trouve sous le titre suivant : Experiments on Weight-discrimination, Proceedings of the Physiological Society, Session of Jan. 30, 1892. *Journal of Physiology*, XIII, May 1892.

WEBER. — Ouvrage cité dans la bibliographie du chapitre I.

WLASSAK. — Die statischen Funktionen des Ohrlabyrinthes und ihre Beziehungen zu den Raumempfindungen. *Vierteljahrschr. für wiss. Philosophie*, XVI, 1892, 385-403, XVII, 1893, 15-29.

WUNDT. — Ouvrage cité dans la bibliographie du chapitre I, 3^e éd., 397 ss., II, 21 ss. ; 4^e éd., I, 419 ss.

CHAPITRE III

SENSATIONS DU GOUT ET DE L'ODORAT

Ces sensations sont d'importance secondaire en psychologie et ont été en conséquence l'objet d'un nombre restreint d'investigations. Quant à leur qualité subjective, elles paraissent tenir le milieu entre les sensations générales mentionnées à la fin du chapitre 1, et les sensations plus élevées de l'ouïe et de la vue.

SENSATIONS DU GOUT

52. *Sensations du goût et sensations de l'odorat.* — Dans beaucoup de cas ce qui est communément appelé goût est en réalité une combinaison du goût avec l'odorat et avec les diverses formes du toucher. Essayez, en tenant les narines fermées, de distinguer par le goût seul de petites quantités d'eau et une solution faible d'essence de girofle dans l'eau. Une distinction qu'on fait aisément avec les narines ouvertes est difficile ou impossible avec les narines closes. La solution ne doit pas être avalée, car dans ce cas elle peut pénétrer dans la région olfactive par l'arrière du nez.

53. *Distribution des organes du goût.* — a. Vous servant des solutions faibles, et opérant sur vous-même au moyen d'un miroir ou sur une autre personne, trouvez aussi exactement que possible sur quelles parties de la

langue les sensations les plus fortes sont produites par chacune. Faites des essais sur l'extrémité, les côtés, le dos et le milieu de la langue, appliquant les solutions avec un pinceau de poil de chameau, et rinçant la bouche aussi souvent qu'il sera nécessaire. Essayez aussi la voûte et le voile du palais.

b. Séchez la langue avec un mouchoir, et faites l'épreuve pour chaque papille fongiforme avec les solutions plus concentrées; appliquez-les avec de fins pinceaux de poil de chameau. Il sera possible d'avoir des sensations de goût pour chaque papille isolée, quoique peut-être pas les quatre pour chaque papille. Rincez la bouche lorsque c'est nécessaire. Faites l'épreuve sur la surface de la langue entre les papilles et remarquez qu'il ne se produit aucune sensation de goût.

a. Rittmeyer; *b.* Oehrwall.

54. *Sensations de saveur minimales.* — *a.* Trouvez quelle est la plus grande dilution des solutions faibles dans laquelle les saveurs caractéristiques peuvent encore être reconnues. La même quantité, par exemple une demi-cuiller à thé, doit être prise à chaque fois, et il y aura avantage à l'avaler. Rincez la bouche à fond quand ce sera nécessaire. Bailey et Nichols ont trouvé les proportions moyennes suivantes pour des sujets mâles : quinine, 1 : 390 000; sucre, 1 : 199; sel, 1 : 2 240; acide sulfurique (qu'ils ont employé au lieu d'acide tartrique), 1 : 2 080.

b. L'intensité de la sensation et la plus grande dilution encore sapide dépendent du nombre des organes du goût excités. Prenez une certaine quantité de l'une des solutions dont la saveur a été trouvée juste perceptible, ajoutez une égale quantité d'eau, et prenez plein la bouche de ce mélange. Le goût spécifique sera perçu, peut-être plus fortement qu'avant.

a. Bailey and Nichols, *A*; Lombroso und Ottolenghi; Camerer, *A.* *b.* Camerer, *B.*

55. *Sensibilité discriminative pour les saveurs.* — Pour une détermination approximative, faites l'épreuve avec des solutions de sucre ; prenez d'abord une petite quantité de la solution constante à 20 p. 100, puis une égale quantité (l'égalité est importante) de l'une des solutions plus faibles, ou d'abord une des solutions plus faibles, puis la solution constante, jusqu'à ce que vous trouviez une solution juste discernable de la solution constante. Procédez à cette détermination plusieurs fois. L'excès de sucre dans la solution constante comparée à la solution qui peut juste en être distinguée, mis en rapport avec le pour cent total de sucre contenu dans la solution constante, donne la mesure de la sensibilité. Quelques expérimentateurs peuvent distinguer la solution à 18 p. 100 de la solution à 20 p. 100 ; leur sensibilité serait donc exprimée par le rapport 2 : 20.

Keppler.

56. *Excitation électrique.* — Servez-vous d'un courant continu, fourni par un élément Grenet par exemple, et de deux petites électrodes en zinc, l'une appliquée à la surface interne de la lèvre inférieure et l'autre sur la langue, et remarquez le goût acide au pôle positif et alcalin au pôle négatif.

Von Vintschgau, 181 ss. ; Ohrwall ; Hermann.

SENSATIONS DE L'ODORAT

57. *Odeurs minimales.* — La finesse de l'odorat peut être éprouvée avec des solutions diluées de substances odorantes ou avec l'olfactomètre.

a. *Epreuve avec solutions.* — Versez de petites quantités des solutions d'essence de girofle dans de petites bouteilles à large goulot ; remplissez-les toutes jusqu'à la même hauteur environ. Marquez-les toutes de façon

imperceptible pour le sujet. Placez les bouteilles sur une table à un pied de distance, à un endroit où l'air circule modérément, dans l'ordre de concentration de leurs solutions, en commençant avec de l'eau pure, et en suivant avec la solution la plus faible, et ainsi de suite. Demandez au sujet de sentir les bouteilles successivement sans les soulever, en commençant par l'eau, et d'indiquer celle où il perçoit d'abord une odeur caractérisée. Si les solutions restent pendant quelque temps dans un endroit où elles puissent s'évaporer, il sera bon d'en préparer de fraîches avant d'entreprendre une nouvelle expérience. D'autres précautions n'ont pas besoin d'être mentionnées, telles que d'employer des bouteilles pareilles, d'avoir soin en les remplissant qu'il ne reste pas un peu de la solution attaché près du goulot de la bouteille.

b. *Epreuve avec l'olfactomètre.* — Faites l'épreuve séparément pour les deux narines. Poussez le tube à odeur jusqu'à ce que son extrémité soit de niveau avec celle du tube de verre; introduisez la partie courbée de ce dernier dans la narine et graduellement augmentez la surface exposée du tube à odeur jusqu'à ce que son odeur soit juste perceptible. Notez en millimètres la longueur exposée.

a. Bailey and Nichols, *B*; Lombroso und Ottolenghi; Savelieff;
b. Zwaardemaker, *A* et *C*.

58. *Sensibilité discriminative pour les odeurs.* — Servez-vous du double olfactomètre en tirant les deux tubes à odeur assez pour donner une odeur nette, mais pas trop forte, en les tirant par exemple de 3 centimètres, et trouvez de combien il faut tirer l'un ou l'autre (ou le rentrer), pour produire une sensation qui paraisse juste plus forte que celle de l'autre (ou plus faible). Il faut faire l'expérience séparément pour les deux narines (il y a souvent une différence de sensibilité entre elles, due à un obstacle méca-

nique ou à quelque autre cause); à moins que, pour une raison ou pour une autre, l'on ne désire faire une expérience bilatérale. Faites les épreuves un certain nombre de fois, sentant, dans une moitié des expériences, l'odeur faible avant la forte, et dans l'autre moitié, la forte avant la faible, mais prenez soin d'éviter la fatigue.

59. *Fatigue de l'odorat.*—*a.* Tenez un morceau de camphre devant le nez, et sentez-le continûment, aspirant par le nez et expirant par la bouche, pendant cinq ou dix minutes. Vous remarquerez une diminution très marquée dans l'intensité de la sensation d'odeur, qui même peut-être disparaîtra entièrement.

b. Il est important, cependant, de remarquer que la fatigue pour une substance n'émousse pas la sensibilité pour toutes les autres substances, quoiqu'elle l'émousse pour quelques-unes. Sentez un peu d'essence de girofle et de cire jaune, puis respirez du camphre jusqu'à ce que la fatigue survienne comme en *a*, et de nouveau sentez l'essence de girofle et la cire. L'odeur de la cire sera probablement plus faible, celle de l'essence de girofle n'aura pas changé.

Aronsohn.

60. *Combinaison d'odeurs.*—Expérimentez avec l'olfactomètre sur l'une des narines de la façon suivante : Tenez contre le bout du tube à odeur en caoutchouc un autre tube à odeur en cire (en partie recouvert à l'intérieur par un tube de verre de même dimension que celui qui se trouve dans l'olfactomètre), de telle façon que l'air doive passer au travers des deux pour arriver au nez. Puis graduellement accroissez la longueur du tube de caoutchouc exposée jusqu'à ce que l'odeur de la cire ne soit plus perçue. Si l'expérience est faite avec soin, on pourra trouver un point où les odeurs se contre-balanceront à peu près. Si le caoutchouc dépasse ce point, son odeur l'emportera sur celle de

la cire; s'il reste en deçà, son odeur sera éclipsée par celle de la cire. Un mélange des odeurs dans lequel toutes les deux puissent être discernées est difficile à trouver. Il faut naturellement prendre soin d'éviter la fatigue.

Zwaardemaker a trouvé de même que deux odeurs peuvent réciproquement s'annihiler, en se servant du double olfactomètre et en faisant agir sur les deux narines des odeurs différentes.

Zwaardemaker, B.

BIBLIOGRAPHIE

ARONSOHN. — Experimentelle Untersuchungen zur Physiologie des Geruchs. *Du Bois Reymond's Archiv*, 1886, 321-357.

BAILEY and NICHOLS. — A. The Delicacy of the Sense of Taste. *Nature*, XXXVII, 1887-88, 537. Aussi *Science*, 1888, 145.

B. The Sense of Smell. *Nature*, XXXV, 1886-87, 74.

CAMERER. — A. Die Grenzen der Schmeckbarkeit von Chlornatrium in wässriger Lösung. *Pflüger's Archiv*, II, 1869, 322.

B. Die Methode der richtigen und falschen Fälle angewendet auf den Geschmacksinn. *Zeitschrift für Biologie*, XXI, 570.

CORIN. — Action des acides sur le goût. *Archives de Biologie*, VIII, 1888, fasc. 1, 121-138.

GOLDSCHIEDER und SCHMIDT. — Bemerkungen über den Geschmacksinn. *Centralblatt für Physiologie*, IV, 1890, 10-12.

HAYCRAFT. — The Nature of the Objective Cause of Sensation; Taste. *Brain*, X, 1887, 145-163; Smell. *Ibid.*, XI, 1888-89, 166-178.

HERMANN. — Beiträge zur Kenntniss des elektrischen Geschmacks, nach Versuchen von Laserstein. *Pflüger's Archiv*, XLIX, 1891, 519-538.

HOWELL and KASTLE. — Note on the Specific Energy of the Nerves of Taste. *Studies from the Biological Laboratory*, Johns Hopkins University, IV, n° 1.

KEPPLER. — Das Unterscheidungsvermögen des Geschmacksinnes für Konzentrationsdifferenzen der schmeckbaren Körper. *Pflüger's Archiv*, II, 1869, 449.

LOMBROSO und OTTOLENGHI. — Die Sinne der Verbrecher. *Zeitschrift für Psychologie*, II, 1891, 342-348.

OHRWALL. — Untersuchungen über den Geschmacksinn. *Scandinav. Archiv f. Physiol.*, II, 1890, 1-69; voir aussi un résumé par l'auteur dans *Zeitschrift f. Psychol.*, I, 1890, 141.

PASSY. — Sur les minimums perceptibles de quelques odeurs. *Comptes rendus*, CXIV, 1892, 306.

RAMSEY. — On Smell. *Nature*, XXVI, 1882, 187.

RITTMAYER. — Geschmacksprüfungen. Inaug. Diss. Göttingen, 1885.

SAVELIEFF. — Untersuchung des Geruchsinnes zu klinischen Zwecken. *Neurologisches Centralblatt*, XII, 1893, 340-345.

SHORE. — A Contribution to our Knowledge of Taste Sensations. *Journal of Physiology*, 1892, 191-217.

VON VINTSCHGAU. — Physiologie des Geschmacksinns und des Geruchsinns. *Hermann's Handbuch der Physiologie*, III, 2, 143-286. Pour un compte rendu général de la physiologie et de la psychologie du goût et de l'odorat jusqu'en 1880, et pour références à la littérature antérieure à cette date, voir cet ouvrage.

WUNDT. — Ouvrage cité dans la bibliographie du chap. 1, 3^e édit., I, 411 ss.; 4^e édit., 438 ss.

ZWAARDEMAKER. — A. Die Bestimmung der Geruchsschärfe. *Berliner klin. Wochenschrift*, XXV, 1888, n^o 47, 950 (résumé de ce travail: *British Med. Journal*, 1888, II, 1295); et aussi *Lancet*, London, 1889, I, 1300.

B. Compensation von Gerüchen mittelst des Doppelriechmessers. *Fortschritte der Medicin*, VII, 1889, 721 ss.

C. Sur la norme de l'acuité olfactive (olfactie). *Archives néerlandaises*, XXV, 131-148.

D. La mesure des sensations olfactives et l'olfactomètre. *Revue scientifique*, 1889, II, 810-812. Extrait des *Archives néerlandaises*.

CHAPITRE IV

LES SENSATIONS DE L'OUÏE

Dans ces expériences on présuppose quelque connaissance de la physique du son — à peu près ce qui serait enseigné dans un cours élémentaire de physique. Il convient d'avoir aussi quelque connaissance de la notation musicale, mais guère plus étendue que celle que chacun en a. Aucun talent musical spécial n'est requis, sauf dans les expériences 70 et 93 *b*. L'auteur pense aussi que la plupart de ceux qui se disent « non-musiciens », quelque exactement qu'ils puissent se juger comme exécutants, sont profondément dans l'erreur en ce qui concerne leur aptitude à distinguer les sons musicaux. La plus grande difficulté dans quelques-unes de ces expériences consistera dans l'intervention continuelle de sons étrangers, et peut-être même quelques-unes devront-elles être essayées pendant la nuit.

LES SONS EN GÉNÉRAL

61. *Sons minimaux*. — *a*. Expérimentez dans une grande salle, aussi à l'abri de tout bruit que possible. Le sujet s'assied, un côté tourné vers l'expérimentateur, les yeux fermés, et l'oreille du côté opposé bouchée avec du coton. L'expérimentateur cherche la plus grande distance à laquelle le sujet peut encore entendre le tic-tac d'une montre tenue à la hauteur de son oreille et sur le prolongement

de la droite joignant les deux oreilles. On obtient un résultat suffisamment exact en tirant une ligne à la craie sur le plancher, marquant sur cette ligne les mètres et fractions de mètre, et estimant à l'œil le point de la ligne directement situé au-dessous de la montre. Essayez plusieurs fois pour chaque oreille, d'une part en approchant la montre de l'oreille, d'autre part en l'en éloignant. L'expérimentateur doit de temps en temps couvrir la montre avec la main pour voir si le sujet entend réellement ou non, ou s'il est victime d'une illusion. Pour une ouïe normale, la distance peut varier de 2^m,5 à 4^m,5, et peut même atteindre jusqu'à 9^m.

b. Le sujet remarquera dans l'expérience précédente les intermittences très marquées du son à la limite de perceptibilité. Pendant quelques secondes le son sera nettement perçu; quelques secondes après il cessera, tout aussi nettement, de l'être.

c. On est porté à sous-estimer les sons faibles. Placez un diapason en vibration sur la tête et laissez le son s'éteindre presque complètement; puis enlevez-le. Le passage au silence complet semblera souvent plus grand que l'intensité apparente du son ne le comporterait.

Sur *a*, von Bezold, *A*; sur *b*, Urbantschitsch, *A*; Lange; Münsterberg, *A*; sur *c*, Stumpf, I, 388, qui cite Fechner.

62. *Sensibilité discriminative pour l'intensité des sons.* — Des expériences exactes sur ce sujet sont difficiles à faire à cause de la très grande difficulté qu'il y a à déterminer objectivement l'intensité des sons employés. On peut cependant faire une détermination approximative au moyen du pendule acoustique. (Voir le chapitre sur les appareils.) Choisissez un son moyen comme point de départ, et par la méthode de la différence juste perceptible expliquée dans l'expérience 24, trouvez un son qui puisse juste en être discerné. La sensibilité discriminative est beaucoup plus délicate, semble-t-il, lorsqu'il s'agit non

de percevoir une différence, mais de localiser un son à droite ou à gauche du plan médian. Cf. expérience 101 et Rayleigh.

Wundt, 3^e éd., I, 364 ss. ; 4^e éd., I, 360 ss. ; Stumpf, I, 345 ss.

63. *Fatigue auditive.* — *a.* Demandez à un aide de frapper une fois sur le plancher avec un marteau, ou dans ses mains. Avec les oreilles ouvertes on entend un seul son, ou tout au plus un son suivi d'échos fugitifs. Mais si on garde les oreilles bouchées avec les doigts pendant une demi-seconde environ ou plus après le coup (on peut facilement déterminer le temps en comptant rapidement), les échos faibles seront perçus, les oreilles une fois libres, comme un nouveau coup. Dans le premier cas la fatigue provenant du son initial rend l'oreille insensible pour les échos plus faibles, quoiqu'on puisse les percevoir en écoutant attentivement; dans le second cas ils sont perçus plus fortement parce que les oreilles bouchées n'ont pas été fatiguées. Le son produit quand on débouche simplement les oreilles, sans qu'aucun bruit objectif ait été produit, sera moins fort si l'on n'a pas introduit le doigt dans l'oreille, mais pressé le *tragus* sur l'ouverture.

b. Faites vibrer un diapason, appuyez la tige de l'instrument fortement sur l'apophyse mastoïde ou sur le sommet de la tête; tenez-le dans la même position jusqu'à ce que le son ne soit plus perçu. Alors brusquement enlevez le diapason, et après une ou deux secondes replacez-le au même endroit, en ayant soin de ne pas appuyer plus fortement qu'auparavant. Le son sera de nouveau perçu faiblement. L'expérience peut ne pas réussir d'abord, mais quelques nouveaux essais ne manqueront pas de donner un résultat satisfaisant.

c. Introduisez dans les ouvertures des oreilles les extrémités d'un tube de caoutchouc. Faites vibrer un diapason et placez-le sur le tube en un point tel que le son ait la même intensité pour les deux oreilles. Le son paraîtra probable-

ment alors venir d'un point situé dans la tête à mi-chemin entre les deux oreilles ou du moins d'un point situé à égale distance de l'une et de l'autre. Après quelques secondes faites vibrer de nouveau le diapason, pincez le tube d'un côté, par exemple à gauche, de manière à empêcher le son d'arriver à l'oreille de ce côté; placez le diapason au même point que tout à l'heure sur le tube, et laissez-l'y jusqu'à ce que le son soit devenu assez faible. Alors cessez de pincer le tube et remarquez que le son est maintenant plus fort à gauche qu'à droite et paraît provenir de gauche. Essayez l'expérience en sens inverse, c'est-à-dire en pincant le tube à droite.

Cf. les expériences ultérieures sur l'analyse des sons composés par la méthode de la fatigue; expérience 89 c.

Stumpf, I, 360-363. Sur *a*, Mach; sur *b*, Corradi; sur *c*, Urbantschitsch, *B*.

64. *Inertie de l'appareil auditif*. — *a*. L'existence d'une inertie de l'appareil auditif tendant à en empêcher le fonctionnement peut être démontrée de la manière suivante. Introduisez les extrémités d'un tube de caoutchouc dans les oreilles, et placez sur le milieu du tube un diapason grave, donnant un son aussi faible que possible. Remarquez que le son n'atteint son maximum d'intensité qu'après un intervalle appréciable de temps; lorsque le son du diapason est juste perceptible, cela peut n'arriver qu'après une seconde ou deux. Il faut prendre garde de ne pas augmenter la pression du diapason sur le tube une fois qu'il a été mis en place; cela produirait un renforcement objectif du son. Laissez s'écouler un intervalle de plusieurs secondes entre les expériences, de façon que l'appareil auditif ait le temps de revenir à un état de repos complet. Pour réussir, il est nécessaire d'avoir un diapason qui puisse continuer de vibrer faiblement pendant quelques secondes, et d'être absolument à l'abri de tout bruit propre à détourner l'attention.

b. L'existence d'une inertie de l'appareil auditif tendant à le maintenir en activité (images consécutives positives de l'ouïe) peut être démontrée de la façon suivante. Fixez sur la partie antérieure d'un assez fort pendule un petit diapason, de telle sorte qu'il se projette en avant à angle droit avec la tige du pendule et que les branches du diapason soient placées verticalement l'une au-dessus de l'autre. Sur les trois branches d'un tube en Y fixez trois bouts de tube de caoutchouc étroit (à peu près un quart de pouce [6^{mm}] de diamètre à l'intérieur). Ceux fixés sur les deux branches supérieures de l'Y doivent être de même longueur; celui de la branche inférieure peut être d'une longueur quelconque. Introduisez l'extrémité libre de ce dernier tube dans l'oreille, et tenez les extrémités des deux autres écartées d'environ un demi-pouce (13^{mm}), l'ouverture en haut, de telle façon que l'extrémité du diapason, lorsque le pendule oscille, passe à peu de distance au-dessus d'eux. Faites vibrer le diapason avec un petit marteau de caoutchouc lorsque le pendule est en mouvement, et remarquez le son produit par le diapason au moment où il passe près des extrémités du tube. Si vous entendez un seul son continu, écartez un peu les tubes; si le son est double, rapprochez-les; et ainsi, en les écartant et les rapprochant, cherchez l'endroit où ils doivent se trouver pour que les sons se confondent juste en un seul. La sensation produite par la première excitation de l'ouïe dure pendant tout l'intervalle de temps qui la sépare de la seconde, et les deux sensations se confondent. Faites passer le pendule lentement au-dessus de l'extrémité de l'un des tubes et puis de l'autre, pinçant en même temps le tube au-dessus duquel le diapason résonne, pour vous convaincre que le son n'est pas entendu au même moment par les deux tubes. Il est possible de calculer approximativement, d'après la rapidité du mouvement du pendule et la distance qui sépare les tubes, la longueur du temps pendant lequel la sensation persiste.

c. Il est parfois possible d'obtenir des images consécutives de plus longue durée, et même des images récurrentes. Essayez avec un diapason en vibration tenu devant l'oreille pendant quelques secondes. Arrêtez les vibrations en le touchant, mais sans l'éloigner de l'oreille. L'image consécutive n'est pas très facile à percevoir; à son plus bas degré elle paraît être la transformation de légers bruits extérieurs en quelque chose qui ressemble qualitativement au son entendu, ou peut-être une sélection de certains de ces bruits. L'intervalle ordinaire entre l'excitation et l'image consécutive est inférieur à quinze secondes. Le nombre de retours de l'image consécutive diffère selon les sujets. Pour Stumpf ils paraissent se produire de préférence dans l'oreille qui n'a pas été excitée.

Stumpf, I, 211 ss., 278; Urbantschitsch, C. Pour des méthodes de démonstration permettant de mesurer plus exactement la persistance du son, voir Urbantschitsch, C, et Mayer, A.

65. *Bruit*. — Existe-t-il ou non une sensation spécifique de bruit, différente de celle d'une quantité de sons courts, dissonants, et changeant irrégulièrement, c'est là une question encore discutée. Si l'on prête quelque attention aux bruits qui se font entendre constamment, et surtout à leur hauteur, on se convaincra facilement que l'élément son est présent. Le fait est frappant si l'on se sert de résonateurs (Cf. notes sur les appareils pour les sons simultanés); ceux-ci en effet isolent et prolongent quelque peu les sons auxquels ils correspondent; mais ces instruments ne sont pas indispensables. D'autre part, en prêtant attention à des sons musicaux, on découvrira souvent l'existence de bruits qui les accompagnent.

Wundt, 3^e éd., I, 420; 4^e éd., I, 447 s.; Stumpf, II, 497-515; Brücke; Exner; Mach, B, 117.

66. *Silence*. — Lorsque les circonstances permettraient de supposer l'absence de sons extérieurs, remarquez qu'il

en existe cependant toujours beaucoup, distincts quoique faiblement perçus. Remarquez aussi la hauteur et le caractère changeant des sons subjectifs susceptibles d'être entendus. Cette quantité de faibles sensations internes et externes est pour nous ce qui se rapproche le plus de la sensation de silence absolu.

Preyer, *A*, 67-72 ; Stumpf, *I*, 380 ss.

SONS ISOLÉS ET SONS SUCCESSIFS

67. *Sons les plus élevés.* — Au moyen des instruments à cet effet dont vous disposez, trouvez le son le plus aigu qui soit perceptible ; c'est-à-dire, si vous employez les cylindres, trouvez le plus court cylindre qui, frappé avec le marteau, vous donne encore un tintement ; si vous vous servez du sifflet, trouvez jusqu'où le piston peut être enfoncé sans qu'un son indépendant du bruit causé par la poussée de l'air cesse d'être entendu. Si on fait l'expérience avec plusieurs personnes à la fois, il pourra arriver que quelques-unes entendront encore le son alors qu'il ne sera plus perçu par les autres.

Mêmes références que pour l'expérience 68.

68. *Sons les plus graves.* — Si des diapasons graves ou d'autres instruments vibrants sont à votre disposition, trouvez quelle est la succession la plus lente de vibrations qui puisse encore être perçue comme son. Dans quelques laboratoires de physiologie, on trouve des diapasons ou interrupteurs électriques qui se meuvent à raison de 25 vibrations par seconde. Des sons graves peuvent être perçus venant de ces instruments, quoiqu'ils aient beaucoup de sons accessoires. Ces derniers peuvent être en partie étouffés en touchant les branches au milieu de leur longueur avec le doigt, et en partie évités en mettant l'oreille non pas près de l'extrémité libre de l'instrument, mais

près d'un point plus rapproché de la tige. La détermination de la limite inférieure des hauteurs perceptibles est difficile et incertaine à cause de la grande difficulté qu'éprouvent les observateurs, même ceux qui ont une oreille exercée, à distinguer ces sons très graves des octaves immédiatement supérieures. Le caractère général de ces sons graves peut être démontré assez nettement sur la contre-octave (ut_{-1} — ut_1) d'un orgue d'église, si on peut en visiter un et si on manque de diapasons.

Von Bezold, *B*; Wundt, 3^e éd., I, 423; 4^e éd., I, 450; Preyer *A*, et *D*; Stumpf, I, 263, II, 551.

69. *Quelques caractères des sons hauts et bas.* — *a.* Les sons hauts sont plus doux que les sons bas. Ceci s'observe pour presque tous les sons employés en musique, et particulièrement pour ceux des instruments à anches. La rudesse des sons bas est due en grande partie à l'effet de leurs sons partiels battant les uns avec les autres (voir les expériences 86 ss. et 79 ss.) et même avec les sons fondamentaux; les sons élevés, qui ont moins de sons partiels perceptibles, éprouvent moins cet effet. Jouez sur un instrument quelconque depuis la note la plus basse jusqu'à la plus élevée, ou chantez la gamme ascendante. La différence de rudesse se constate aussi avec les sons simples, mais seulement pour des notes plus graves; et même là elle est moins marquée.

b. En dépit du fait généralement admis que les sons élevés produisent une sensation plus intense que les sons bas de même énergie physique, les sons élevés sont plus facilement supprimés par des sons bas plus forts, que *vice versa*. Placez une pendule ordinaire à une distance de quelques pieds, et tenez une montre près de l'oreille. Lorsque la montre est près de l'oreille, tous les tic-tac sont perçus. En l'éloignant graduellement, on peut trouver une position pour laquelle le tic-tac de la montre qui coïncide avec celui de la pendule est supprimé. Lorsque les deux

font un nombre égal de tic-tac par seconde, et que l'une gagne un peu sur l'autre, il y a dès périodes où l'on n'entend pas la montre, et, alternant avec elles, des périodes où tous les tic-tac de la montre sont entendus. Si la montre bat plus vite que la pendule et si les deux marchent à la même vitesse, un seul tic-tac se perdra à intervalles réguliers. Lorsque la pendule est éloignée, tous les tic-tac de la montre sont aisément perceptibles à la distance considérée. L'on peut observer le phénomène lorsqu'on place la montre du côté de la tête opposé à la pendule. Pour démontrer la faiblesse des sons élevés lorsqu'il s'agit de supprimer les sons bas, faites vibrer à la fois un grand et un petit diapason sur leurs caisses de résonance, par exemple ut_2 et ut_4 , la_4 ou si_4 , le premier très faiblement et le second aussi fort que possible. Le premier sera entendu même lorsqu'on approchera le second tout près de l'oreille. En rapport avec cela, comparez la difficulté qu'il y a à analyser les sons composés dans les expériences 86 et ss.; comparez aussi 83 *b* et 84.

c. Quelques sons élevés sont particulièrement renforcés par la résonance du canal extérieur de l'oreille. Ils sont situés généralement entre ut^6 et ut^7 et donnent aux sons de cette octave une force considérable et un caractère perçant. On peut aisément les démontrer au moyen d'un petit sifflet à piston. Cherchez en enfonçant plus ou moins le piston le point où le son est le plus perçant. Introduisez dans les oreilles des petits bouts de tube de caoutchouc d'un demi-pouce (13^{mm}) de long (dont l'effet sera de modifier la résonance du canal et de le faire correspondre à un son plus bas) et faites fonctionner de nouveau le sifflet. Le caractère perçant aura disparu et le son paraîtra décidément plus faible. Enlevez les bouts de tube et sifflez comme avant; le son reprend son caractère et son intensité primitifs.

d. Aux pures sensations de son s'associent intimement certaines sensations d'une nature spatiale. Comparez à cet

égard les sensations produites par les sons observés ci-dessus en *c*; ou, mieux encore, celles de l'expérience 67 avec celles de l'expérience 68 ou avec celles produites par d'autres sons graves quelconques. Jouez la gamme à travers toute l'échelle d'un instrument quelconque, en portant votre attention sur cette particularité.

e. Dans certaines conditions, les sons bas paraissent avoir leur source dans la tête, les sons élevés hors de la tête. Bouchez les oreilles avec les doigts, et demandez à un aide de faire vibrer un diapason grave (par exemple de 50 vibrations par seconde) et de placer la tige sur le sommet de votre tête; remarquez d'où le son paraît venir. Faites la même expérience avec un diapason aigu.

f Le caractère émotionnel des sons change avec leur hauteur. Rappelez-vous les termes en usage : profond, bas, éclatant, pénétrant, aigu. Jouez la gamme, et jugez de la convenance de ces termes pour désigner les nuances de sentiment qui accompagnent les sons graves, moyens et aigus; distinguez celles qui ont rapport à la hauteur de celles qui sont énumérées dans l'expérience 90 et qui ont rapport au timbre.

Stumpf, I, 202-220, II, 56-59, 227; et aussi Mach, *B*, 120 ss. Sur *b*, Mayer, *B*; sur *c* et *f*, Helmholtz, 116, 179 et 69 ss.; sur *d*, James, II, 134 ss.; sur *e*, Kessel.

70. *Reconnaissance de la hauteur absolue.* — *a.* Cette expérience ne donne de résultats exacts qu'avec les personnes qui ont un talent musical prononcé; on peut cependant l'essayer avec quiconque connaît les noms des notes. Donnez diverses notes en des régions différentes de l'échelle d'un instrument et demandez au sujet de dire les noms de ces notes. Inscrivez la note jouée et la réponse du sujet. Celui-ci doit être assis, le dos tourné vers l'expérimentateur, ou doit fermer les yeux.

b. Différences de hauteur entre les perceptions des deux oreilles. — Le même son, perçu d'abord avec une oreille,

puis avec l'autre, paraît à beaucoup d'observateurs, même à des musiciens de profession, quelque peu différent en hauteur. Prenez deux tubes étroits en caoutchouc de même diamètre (un quart de pouce [6^{mm}] par exemple) et de même longueur (deux pieds [60^{cm}]); mettez l'extrémité de l'un dans l'oreille droite, celle de l'autre dans l'oreille gauche, et ramenez les deux extrémités libres près l'une de l'autre sur la table. Demandez alors à un aide de faire vibrer un diapason et de le présenter alternativement devant les deux extrémités des tubes. La différence entre les deux oreilles varie plus ou moins, dit-on, selon les jours, et diffère selon la hauteur des notes perçues. Des différences de cette sorte peuvent être observées par des personnes non musiciennes.

Stumpf, I, 305-313, et aussi II, index, *Höhenurtheile*, pour des expériences sur des musiciens exercés; von Kries, B; sur b, Stumpf, II, 319 s.

71. *Différence de hauteur juste perceptible.* — Faites l'expérience suivante avec les diapasons désaccordés. Faisant vibrer et ^{en}tenant successivement (jamais simultanément) ces diapasons sur une bouteille de résonance, demandez au sujet de désigner celui d'entre eux qui lui paraît donner un son juste différent de celui du diapason normal. Si tous lui paraissent présenter des différences plus grandes que la différence juste perceptible, dites-lui de placer les poids curseurs sur celui qui, tout en étant plus aigu que le diapason normal, en diffère le moins, et de diminuer graduellement la différence en rapprochant les curseurs des extrémités du diapason jusqu'à ce que les deux diapasons, entendus successivement, soient juste différents. L'expérimentateur peut alors déterminer approximativement l'erreur du sujet en nombre de vibrations par seconde, en comptant le nombre de battements produits par les diapasons vibrant simultanément. Si ce nombre est inférieur à deux ou supérieur à six par seconde,

il sera préférable de déterminer d'abord la différence de hauteur par rapport à un autre diapason, de manière à éviter d'avoir à compter trop rapidement ou trop lentement; de là on arrivera à la différence qui existe par rapport au diapason normal. Répétez l'expérience plusieurs fois, faisant vibrer d'abord tantôt le diapason normal, tantôt celui qui doit lui être comparé, et calculez la moyenne des résultats. Evitez la fatigue. Cette expérience ne sera pas assez délicate pour examiner ceux qui seront doués d'une fine oreille musicale.

Preyer, *A*, 26 ss., *D*, 64; Stumpf, *I*, 296-305; Luft.

72. *Différences de hauteur qui sont juste reconnaissables comme plus hautes ou plus basses.* — Il est plus facile de reconnaître une différence en général que de dire sa direction. Répétez l'expérience 71, mais demandez cette fois au sujet de trouver et d'arranger un diapason qui soit juste plus aigu ou plus grave que le diapason normal.

Preyer, *A*, 28, 36. Pour expériences sur des sujets ignorant au plus haut degré la musique, voir Stumpf, *I*, 313-335.

73. *Nombre de vibrations nécessaires pour produire une sensation de hauteur.* — Arrangez un appareil pour faire des bulles de savon avec un mélange d'air et d'hydrogène. Faites des bulles de différentes grosseurs et faites-les éclater en les touchant avec une allumette soit lorsqu'elles sont en l'air, soit (si des précautions suffisantes sont prises pour empêcher l'inflammation des gaz mélangés dans le vase et toute résonance dans le tube) lorsqu'elles sont encore attachées au tube. L'explosion de ces bulles est supposée produire une seule onde sonore. La hauteur des sons produits ne peut être exactement reconnue, mais le sujet déclare nettement le son des grandes bulles plus grave que celui des petites bulles.

Brücke; Cross et Maltby; Herroun and Yeo.

74. *La hauteur apparente des sons est affectée par leur qualité.* — Les sons d'un caractère sourd et doux paraissent plus graves que ceux qui sont plus éclatants et plus incisifs. Demandez au sujet de trouver sur un instrument à cordes ou à anches le son qui correspond à celui que vous produisez en soufflant dans le goulot d'une bouteille de moyenne grandeur. Il indiquera généralement d'abord une note trop basse, du moins s'il n'a pas d'éducation musicale spéciale. Les sons doivent être produits successivement, non simultanément, pendant l'expérience. Ensuite on peut les produire en même temps, et déterminer approximativement le son de la bouteille en cherchant avec quel son de l'instrument il donne le moins de battements (Cf. expérience 79). Il faut se rappeler, cependant, que l'on pourra obtenir aussi des battements avec des sons plus bas et plus hauts d'une octave que celui qui est le plus rapproché de la vraie hauteur du son de la bouteille.

Stumpf, I, 227-247, et surtout 235-245.

75. *Reconnaissance des intervalles musicaux.* — Faites jouer un air familier, d'abord dans l'octave d' ut_2 , et puis deux octaves plus haut dans le même ton ou dans un ton différent. Même ceux qui n'ont aucune éducation musicale reconnaîtront aisément que l'air (c'est-à-dire la succession des intervalles musicaux suivant des rapports rythmiques fixes) est le même dans les deux cas ; et chaque faute ou différence sera remarquée aussi facilement que si l'air avait été répété à la même hauteur que d'abord. Toutefois ceux qui ne sont pas musiciens reconnaissent souvent plutôt le rythme que les intervalles ; essayez une répétition de l'air en changeant quelques-uns des intervalles, mais en conservant le rythme primitif. La faculté de reconnaître les intervalles est beaucoup plus développée chez les personnes qui ont pratiqué la musique, mais quiconque est capable de siffler un air à une hauteur et de le répéter d'une façon

reconnaissable à une autre possède certainement les rudiments de la faculté de reconnaître les intervalles.

Pour des méthodes exactes pour éprouver l'exactitude de la faculté de reconnaître les intervalles, voyez Preyer, *A*, 38-64; et Schischmánov, et les références indiquées par ces auteurs.

76. *Distances en hauteur*. — Outre les relations d'intervalles entre les sons, et éclipsées par elles pour les musiciens, il existe certaines relations de différence ou de distinction ou de distance en hauteur, qui ne dépendent pas des rapports entre les nombres des vibrations. Des intervalles équi-musicaux (c'est-à-dire des intervalles entre des sons dont les nombres de vibrations sont dans un rapport fixe, comme $ut_1 ré^1$ et $ut_4 ré_4$) ne correspondent pas à d'égales distances en hauteur. Jouez l'intervalle de demi-ton ut ut *dièse* tout au travers de l'échelle de votre instrument, en commençant en bas et montant. Remarquez la distinction et la différence croissantes entre les sons à mesure que l'intervalle est donné à de plus grandes hauteurs. Pour les sons extrêmement élevés il y a probablement de nouveau une diminution de la différence. La différence est la plus frappante si l'on prend des intervalles plus petits que ceux généralement employés, par exemple des quarts ou des huitièmes de ton. Sur l'harmonique (voy. chapitre sur les appareils) frappez successivement ut *dièse* et $ré$ dans les quatre octaves les plus basses, en commençant par la plus basse. Sur cet instrument ut *dièse* est associé à un $ré$ qui est plus bas d'un comma ou d'environ un neuvième de ton que le $ré$ ordinaire de la gamme.

Stumpf, *I*, 247-253; Lorenz, et la discussion entre Wundt, Stumpf et Engel; Helmholtz, 264-265; Münsterberg, *C*.

77. — L'effet d'un son donné dans une mélodie dépend en partie de la succession de sons dans laquelle il se trouve. Faites jouer un air simple, dans lequel le même son reparaît dans des successions différentes de notes, et remarquez la différence d'effet dans les différents cas; ou bien jouez

simplement la gamme ascendante et la gamme descendante.

Mach, *B*, 130-131.

78. — Des sons qui varient d'une façon irrégulière quant au temps et à la hauteur sont désagréables. Faites l'essai avec un sifflet à piston.

SONS SIMULTANÉS

79. *Battements*. — Lorsque des sons différents en hauteur sont produits en même temps, ils interfèrent et l'on a une sensation alternativement plus et moins intense. Cette variation régulière d'intensité est appelée *battement*. Les expériences 71 et 74, où l'on a tiré parti incidemment du phénomène des battements, sont une introduction suffisante à ce sujet.

a. La rapidité des battements dépend de la différence entre les nombres de vibrations par seconde des sons produisant ensemble les battements. Préparez des sifflets avec deux bouteilles de même dimension et soufflez dans les deux en même temps. Vous entendrez probablement de lents battements. Sinon, versez un peu d'eau dans une des bouteilles (élevant ainsi le son) et soufflez comme tout à l'heure. Continuez à ajouter de l'eau par petites quantités, jusqu'à ce que les battements se perdent dans la rudesse du son. Soufflez de temps en temps dans les bouteilles séparément, pour observer la différence croissante de hauteur. On peut démontrer les mêmes faits avec deux sifflets à piston, s'ils sont d'abord réglés pour l'unisson et si ensuite le piston de l'un ou de l'autre est lentement enfoncé ou retiré.

b. Des sons qui sont distants d'un peu plus ou d'un peu moins d'une octave peuvent donner des battements. Essayez avec une paire de diapasons donnant l'octave, fixés sur des caisses de résonance ou tenus au-dessus de bouteilles de résonance; le son de l'un sera abaissé légèrement en char-

geant les branches d'un peu de cire ou de tube de caoutchouc. Dans ce cas les sons donnant des battements sont le son du diapason le plus bas et le son différentiel (voy. expérience 82). Répétez l'expérience sur un instrument à anches. Dans ce cas on peut percevoir des battements entre le son le plus élevé et le premier harmonique du plus grave (voy. expérience 86).

c. La différence entre les nombres de vibrations par seconde pour laquelle la rudesse des battements rapides disparaît, comme aussi celle qui produit la rudesse la plus grande, dépend de la hauteur des sons produisant les battements. Produisez les paires de sons suivantes qui présentent à peu près la même différence quant au nombre de vibrations par seconde, à savoir 33; et remarquez que la rudesse des battements diminue et finalement disparaît entièrement lorsque vous arrivez vers la quatrième paire; *si₂ do₄, ut₃ ré₃, mi₂ sol₂, ut₂ mi₂, -sol₁ ut₂, ut₁ sol₁*. Les diapasons *la₃* et *ut₄* fournissent un exemple de disparition de la rudesse, correspondant à 80-88 battements par seconde.

Helmholtz, 159-173; Stumpf, II, 449-497; et surtout 461 à 465; Mayer, A; Cross and Goodwin.

80. — Les battements servent à révéler la présence de sons très faibles, d'abord pour la raison que l'excitation totale est en fait plus forte dans la phase d'intensité accrue, et ensuite parce que des excitations intermittentes produisent elles-mêmes plus d'effet que des excitations continues.

a. Faites vibrer une paire de diapasons capables de produire des battements; tenez l'un à une distance de l'oreille telle que le son soit très faible ou qu'il ne soit pas entendu du tout. Puis approchez l'autre diapason graduellement de l'oreille, et remarquez des battements incontestables.

b. Faites vibrer un diapason et tenez-le à quelque distance, ayant soin qu'il soit disposé parallèlement au plan de votre oreille, et non obliquement. Tournez le diapason dans

un sens et dans l'autre autour de son grand axe, et remarquez la plus grande netteté du son, qui est due dans ce cas simplement à son intermittence.

81. — Les battements sont généralement attribués au son auquel on prête attention ; en l'absence d'autres causes déterminantes, au son le plus fort, au son le plus bas, ou à la masse entière d'un son composé qu'on n'analyse pas (voy. introduction à l'expérience 86).

a. Placez sur la table, à environ un pied de distance l'une de l'autre, deux bouteilles de résonance convenablement accordées. Faites vibrer deux diapasons produisant des battements, et tenez-les au-dessus des bouteilles. Pendant que les deux produisent des sons d'intensité à peu près égale, il est facile, par la simple direction de l'attention, de faire passer les battements de l'un à l'autre.

b. Faites tourner l'un des diapasons un huitième de tour autour de son grand axe, ce qui affaiblira le son ; remarquez alors que les battements paraissent venir de l'autre diapason. En tournant d'abord l'un des diapasons et puis l'autre, on peut de nouveau changer la localisation des battements à volonté. Si l'on a à sa disposition des diapasons montés sur des caisses de résonance, on peut s'en servir et affaiblir le son de l'un en couvrant l'ouverture de sa caisse avec un morceau de carton.

c. Chauffez le diapason ut_3 d'une façon quelconque (il suffira pour cela de le tenir dans la main). Cela l'abaissera un peu. Faites-le vibrer ainsi que le diapason ut_4 et appuyez les deux tiges en même temps sur la table, ou mieux sur la caisse du sonomètre. Remarquez que les battements semblent venir du diapason ut_3 , à moins que le son n'en soit très faible.

d. Accordez une corde du sonomètre, de manière que son troisième son partiel (ou l'harmonique correspondant) donne de lents battements avec le diapason ut_4 . (Sur les sons partiels et harmoniques voir expériences 86 à 89.)

Faites vibrer le diapason et tenez-le au-dessus d'une bouteille de résonance, ou appuyez sa tige sur la table à une distance de la corde égale à la longueur du bras. Alors mettez en mouvement la corde et dirigez votre attention sur le son qu'elle rend; les battements sembleront affecter le son composé tout entier de la corde. Mais cela n'arrivera pas si l'on analyse le son de la corde, ou si l'on dirige son attention sur le diapason. On peut essayer la même chose sur le piano en prenant parmi les diapasons désaccordés *ut*₄ un diapason qui produise des battements lents avec l'*ut*₄ du piano. Frappez la touche *fa*₂ et maintenez-la abaissée; faites vibrer le diapason, et observez les battements comme auparavant (Cf. expérience 69 a).

Stumpf, II, 489-497.

82. *Sons résultants; sons différentiels*¹ — Lorsque deux sons sont produits avec force en même temps, ils engendrent par leur combinaison d'autres sons, l'un d'une hauteur représentée par la différence entre les nombres de vibrations des deux sons originaux, l'autre d'une hauteur correspondant à leur somme. L'existence des sons additionnels a été contestée, et ils sont difficiles à percevoir. Mais les sons différentiels sont faciles à percevoir, du moins lorsqu'ils sont beaucoup plus bas que les sons générateurs, lorsque ces derniers sont forts et soutenus, et lorsqu'ils forment un intervalle consonant, quoique ce troisième point ne soit pas indispensable. Un son différentiel intense peut lui-même jouer le rôle de son générateur et produire encore un autre son différentiel — un son différentiel du second ordre — et ainsi de suite, quoique les sons différentiels d'ordres supérieurs soient difficiles à percevoir même pour

¹ König distingue entre « sons différentiels » et « sons de battements ». Les deux cependant ont généralement la même hauteur, et le terme le plus ancien a été retenu ici; strictement parlant, toutefois, les « sons différentiels » dont il s'agira dans ces expériences sont des « sons de battements ».

des observateurs exercés. Les sons différentiels sont difficiles à percevoir sur le piano et autres instruments à cordes semblables à cause de la rapide décroissance de la force des sons générateurs. Les sons différentiels sont quelquefois appelés sons de Tartini, du nom de celui qui les a le premier observés.

a. Répétez l'expérience 79 *a*, en continuant à verser de l'eau dans une des bouteilles jusqu'à ce que le son différentiel apparaisse. D'abord la rudesse des battements et le son différentiel peuvent être entendus tous les deux à la fois. Faites la même expérience avec les sifflets à piston, d'abord les mettant à l'unisson, et puis enfonçant lentement ou retirant le piston de l'un d'eux en soufflant assez fort. Les battements seront presque immédiatement remplacés par un son grave différentiel qu'on pourra entendre s'élever à travers plusieurs octaves avant qu'il cesse de pouvoir être distingué des sons générateurs. Les doubles sifflets avertisseurs des bicyclistes donnent un son différentiel très caractérisé auquel ils doivent en fait leur profondeur et leur air de sifflets de locomotive.

b. Les sons différentiels sont forts sur les instruments à anches. Appuyez sur les touches blanches contiguës d'un harmonium ou de l'harmonique deux par deux, en commençant à ut_2 et montant pendant deux octaves. Si vous éprouvez quelque difficulté à entendre le son différentiel, produisez le son supérieur d'une façon intermittente, et cherchez à percevoir le son différentiel au moment où vous pressez sur la touche.

c. Faites entendre ut_4 et $ré_4$, ce qui doit donner ut_1 comme son différentiel ($594 - 528 = 66$). Faites entendre aussi $ré_4$ et mi_4 , ce qui doit donner la même chose ($660 - 594 = 66$). Si, cependant, l'instrument est inexactement accordé, comme c'est intentionnellement le cas dans l'accord tempéré des instruments à touches, ces sons différentiels seront quelque peu différents et on pourra les entendre battre l'un avec l'autre lorsque ut_4 , $ré_4$, et mi_4 seront produits en

même temps. Remarquez que ces battements ne sont pas perceptibles lorsque les sons sont produits par paires. Sur l'harmonique cette différence peut être constatée si on bémolise un des sons en n'abaissant qu'un peu la touche qui lui correspond. Le même phénomène peut être démontré au moyen de trois sifflets à piston qu'on fait fonctionner en même temps, en réglant avec un peu de soin les pistons.

d. Dans le cas des instruments à anches, les sons différentiels doivent probablement une partie de leur intensité aux vibrations de l'air dans la caisse à air. Lorsqu'une personne fait fonctionner les deux sifflets, quelque chose d'analogue peut se passer. Pour que l'expérience soit bien faite, ayez deux aides, qui fassent fonctionner les sifflets, ou bien observez les sons différentiels en vous servant de diapasons.

e. La localisation des sons différentiels. — La localisation de ces sons est quelquefois influencée par celle des sons générateurs ; mais dans des circonstances favorables, ils paraissent avoir leur origine dans les oreilles ou même dans la tête. Tel est d'une manière frappante le cas pour celui qui souffle et pour ceux qui écoutent, avec les sons différentiels produits au moyen des sifflets à piston (Cf. expérience 69 *e*).

Helmholtz, 152-159 ; Stumpf, II, 243-257 ; König ; Preyer, *C et D* ; Hermann.

83. *Fusion des sons.* — Le degré de fusion des sons diffère avec leurs intervalles. D'après Stumpf, cette fusion est la plus complète avec l'octave, elle l'est moins avec la quinte, moins encore avec la quarte ; elle est faible avec les tierces et les sixtes, et moindre encore avec les intervalles restants.

a. Essayez sur un instrument le degré auquel se fondent les sons formant ces intervalles et aussi ceux qui forment des intervalles plus grands que l'octave : double octave, douzième, etc.

b. La fusion, lorsqu'il s'agit de l'octave, est si complète dans certaines circonstances favorables que la distinction des sons échappe à l'analyse d'oreilles exercées. Prenez deux diapasons, l'un d'une octave plus élevé que l'autre, fixés sur des caisses ou tenus au-dessus de bouteilles de résonance. Faites vibrer d'abord le plus élevé, puis le plus bas. Pendant quelque temps le son propre du diapason le plus élevé sera perçu, puis peu à peu ce son se perdra complètement dans le son du diapason le plus bas ; un sujet fermant les yeux sera incapable de dire si oui ou non le premier diapason vibre encore (Cf. expérience 69 *b*). Faites cesser les vibrations du second diapason, ou éloignez-le de sa bouteille de résonance et remarquez que l'autre vibre encore. Remarquez le changement de timbre (Cf. expérience 90) qui se produit lorsque l'on arrête le diapason élevé — quelque chose comme le changement de la voyelle *o* en voyellé *ou*.

Sur *a*, Stumpf, II, 127-218, surtout 135-142; pour ses expériences sur sujets non musiciens, confirmant ses degrés de fusion, 142-173. Sur *b*, Stumpf, II, 352-358, et Helmholtz, 60-61.

84. *Analyse de groupes de sons simultanés.* — La possibilité d'analyser facilement dépend d'un certain nombre de conditions, dont les suivantes :

a. L'analyse est plus facile pour des sons très distants les uns des autres. Comparez la facilité à reconnaître le son du diapason ut_4 , lorsque ut_3 et ut_4 résonnent ensemble, avec celle qu'il y a à reconnaître ut_5 résonnant avec ut_3 . Comparez aussi sous le même rapport ut_3 et la_3 avec ut_3 et la_4 .

b. L'analyse est facilitée par l'intensité du son à distinguer. Répétez l'expérience 83 *b* en donnant le son ut_3 faiblement et le son ut_4 fortement. Il ne sera guère difficile de maintenir ce dernier distinct.

c. L'analyse est plus facile lorsque les sons ont entre eux des intervalles tels qu'il y a peu de tendance à la fusion. Comparez la facilité à analyser ut_3 ut_4 et ut_3 la_3 ou la_3 ut_4 . Remarquez aussi que l'addition de $ré_4$ (octave de $ré_3$, quinte

de sol_3 , quarte au-dessous de sol_4) à l'accord $sol_2 ré_3 sol_3 sol_4$, produit un changement moins frappant que l'addition de si_3 (tierce majeure de sol_3 , sixte mineure au-dessous de sol_4) au même accord.

d. L'analyse est plus facile lorsque l'accord est soutenu que lorsqu'il est bref. Répétez l'expérience précédente, faisant les accords très brefs, et remarquez que la différence résultant de l'addition soit de $ré_4$ soit de si_3 , est moins marquée (Cf. aussi l'expérience 100).

Stumpf, II, 318-361 ; et aussi ses expériences, 362-382.

85. *Le son le plus bas d'un accord détermine la hauteur apparente de l'ensemble.* — a. Répétez l'expérience 83 b, et remarquez que, lorsque le diapason ut_3 est arrêté, le son semble sauter une octave plus haut (c'est-à-dire il prend la hauteur de ut_4 qui résonne encore); tandis que, si l'on éloigne le diapason ut_4 , la qualité du son change, mais non sa hauteur.

b. Faites entendre l'accord $ut_1 ut_4 mi_4 sol_4$ ou $sol_1 mi_3 sol_3 ut_4$ et comparez l'effet produit sur la hauteur de l'ensemble en supprimant ut_1 ou sol_1 ou en supprimant l'un quelconque des trois sons élevés, ou ces trois sons à la fois. Voyez aussi la fonction du son partiel le plus bas d'un son composé pour déterminer la hauteur, signalée ci-dessous.

Stumpf, II, 383-392.

86. *Sons composés.* — Presque tous les sons perçus, et en fait tous ceux dont on se sert en musique, sont, non des sons simples, mais des sons composés. Le son donné par la corde ut_1 d'un piano est composé au moins de $ut_1 ut_2 sol_2 ut_3 mi_3$ et sol_3 , et généralement d'autres sons encore. Le son le plus grave du groupe détermine la hauteur qu'on attribue au tout : on l'appelle le *son fondamental* et les autres sons sont les *sons concomitants*. Dans un autre système de désignations, on appelle tous les sons compo-

sants *sous partiels*; le son fondamental est alors le *premier son partiel*, celui qui le suit immédiatement est le *second son partiel*, et ainsi de suite. Le *premier* son concomitant est ainsi le *second* son partiel, le *second* son concomitant est le *troisième* son partiel, et, d'une manière générale, le même son reçoit comme son partiel un numéro d'ordre plus élevé d'une unité que comme son concomitant. Les nombres de vibrations des sons partiels d'un son composé sont généralement égaux à une fois, deux fois, trois fois, quatre fois le nombre des vibrations du son fondamental, et ainsi de suite. Dans quelques cas cependant (cloches, diapasons, par exemple), un ou plus des sons partiels peuvent avoir un nombre de vibrations qui ne soit pas représenté dans cette série, et qui soit discordant avec le son fondamental. Dans ce qui suit, c'est la série régulière des sons partiels (*harmoniques*) qui est considérée, sauf indication contraire.

Harmoniques. — Si l'on a des résonnateurs à sa disposition, la démonstration des harmoniques sera facile. Produisez sur un instrument à cordes ou à anches les sons pour lesquels les résonnateurs sont accordés, et remarquez que ceux-ci résonnent avec force pour ces sons, et moins fortement ou pas du tout pour d'autres sons de hauteur voisine. Produisez ensuite le son correspondant au plus grand résonnateur (ou un son d'une octave plus bas) et essayez les résonnateurs les uns après les autres. Remarquez que d'autres résonnent aussi (à leur propre hauteur), trahissant ainsi la présence des sons pour lesquels ils sont accordés, et par conséquent la nature composée du son examiné. Lesquels des résonnateurs répondront? Cela dépendra de l'instrument employé; les instruments à anches donnent une série longue et parfaite, le piano et les cordes tendues donnent une série parfaite généralement jusqu'au neuvième ou dixième harmonique, et les tuyaux d'orgue fermés une courte série. Si l'on éprouve quelque difficulté à reconnaître quand le résonnateur résonne, il sera utile de l'approcher de l'oreille de façon intermittente, en fai-

sant alterner par exemple deux secondes d'application à l'oreille avec deux secondes d'éloignement.

87. *Harmoniques : Analyse par moyens indirects.* — a. *Par vibration sympathique.* Ceci réussit surtout avec le piano. Pressez la touche ut_2 et maintenez-la abaissée de manière à laisser la corde libre pour vibrer; puis frappez fortement la touche ut_1 et après une ou deux secondes, lâchez-la. Vous constaterez alors que la corde ut_2 est en vibration. Répétez en essayant ut_2 dièse ou si_2 au lieu de ut_2 , il n'y aura pas de vibration. Répétez l'expérience en substituant sol_2 , ut_3 , mi_3 , sol_3 ou ut_4 ; toutes répondront, mais à un degré toujours moindre. D'autres cordes entre ut_1 et ut_4 peuvent être essayées, mais ne vibreront que très faiblement, si même elles vibrent.

b. *Par battements.* Ceci réussira le mieux avec un instrument à anches, par exemple un harmonium ou l'harmonique. En n'abaissant que légèrement les touches de l'instrument, toutes les notes peuvent être rendues un peu plus basses que leur hauteur normale et ainsi se trouver dans les conditions pour battre avec tout autre son ayant cette hauteur. Produisez à cette hauteur diminuée les harmoniques de ut_1 successivement, pendant que ut_1 résonne, et remarquez les battements lents qui en résultent. A titre de vérification, produisez d'autres sons qui ne soient pas des harmoniques de ut_1 et remarquez que les battements, s'il en existe, sont beaucoup plus rapides.

88. *Harmoniques : Analyse directe sans instruments spéciaux.* — Les indications suivantes se rapportent au sonomètre, mais s'appliqueront facilement à un instrument à cordes quelconque où les cordes peuvent être mises à découvert. Il est plus facile d'entendre un harmonique quelconque dans le son composé, lorsque l'harmonique est entendu d'abord isolément, et puis immédiatement en combinaison avec le reste. Sur des cordes on fait ceci aisément

en produisant les harmoniques. Ebranlez la corde près d'une de ses extrémités (par exemple à un septième de la longueur de la corde à partir de l'extrémité) et immédiatement touchez-la au milieu avec le doigt ou un pinceau en poil de chameau. Le son fondamental cessera et son octave (le second harmonique) continuera à se faire entendre. Avec celui-ci résonneront aussi d'autres harmoniques pairs, mais moins fortement. Pincez la corde comme tout à l'heure et touchez-la à un tiers de sa longueur; le troisième harmonique résonnera maintenant avec le plus de force, le sixième, le neuvième, etc., plus faiblement. Ainsi en ébranlant la corde et puis la touchant à la moitié, au tiers, au quart, au cinquième, au sixième, au septième, au huitième, au neuvième et au dixième de sa longueur à partir de l'extrémité, la série des sons correspondant au 2^e, 3^e, 4^e, 5^e, 6^e, 7^e, 8^e, 9^e et 10^e harmonique peuvent être entendus, chacun dans une large mesure isolément. Pour avoir les harmoniques les plus élevés, il sera préférable d'ébranler la corde plus près de l'extrémité qu'un septième, et dans aucun cas on ne doit l'ébranler au point où on la touchera après (Cf. expérience 90 *b*).

Pour entendre les harmoniques dans le son composé, procédez de la façon suivante. Faites entendre l'harmonique considéré, puis, continuant à fixer votre attention sur lui, arrêtez la corde et ébranlez-la de nouveau en la laissant cette fois vibrer librement. Le son entendu tout à l'heure sera perçu maintenant résonnant avec le reste comme son partiel. Lorsque l'harmonique a été ainsi distingué, vérifiez l'analyse en touchant de nouveau la corde et lui faisant rendre isolément l'harmonique. Essayez de même pour les harmoniques qui vont jusqu'au dixième; d'abord pour les 3^e, 5^e, 7^e, puis pour les 6^e, 4^e, et pour le 2^e, qui est le plus difficile de tous. L'analyse est, dit-on, plus facile la nuit que le jour (pas seulement à cause du silence plus complet) et lorsqu'on se sert d'une seule oreille; on dit aussi que certaines posi-

tions de la tête favorisent la perception de certains harmoniques.

89. *Harmoniques : Analyse directe sans instruments.* — Certaines parties d'un son composé sont parfois si distinctes par leur dissonance, leur intensité ou leur hauteur, qu'elles ressortent avec une évidence frappante.

a. Frappez un diapason sur une surface dure, et remarquez les harmoniques intenses, tintants, dissonants. Ils s'effacent devant le son propre du diapason et sont le plus nettement perçus lorsque le diapason n'est pas tenu près de l'oreille.

b. Lorsqu'on laisse le son d'une corde s'éteindre naturellement, différents harmoniques se font successivement remarquer. Essayez avec une corde de piano grave, en maintenant la touche abaissée pendant que le son s'éteint, ou avec le sonomètre. Quelque chose de semblable se passe, quoique d'une façon moins marquée, lorsqu'un son grave produit par un instrument à anches s'éteint à peu peu quand on laisse l'air entrer lentement dans le soufflet.

c. Lorsqu'un son est produit d'une façon continue pendant quelque temps sur un instrument à anches, une des touches étant maintenue abaissée, différents harmoniques se font successivement remarquer, par suite soit de fatigue variable soit de distractions de l'attention.

Helmholtz, 36-65; Stumpf, II, 231-243; voir aussi l'index au mot *Obertöne*; Mach, *A*, 58; *B*, 127.

90. *Timbre.* — Les différences particulières de qualité des sons (distinctes de celles de hauteur et d'intensité), qui sont connues sous le nom de différences de timbre (*Klangfarbe*) sont dues en grande partie à des différences dans le nombre, la hauteur et l'intensité des harmoniques présents. Comparez à cet égard les sons sourds des bouteilles, ou les sons des diapasons tenus sur des bouteilles de résonance, et les sons plus éclatants d'un instrument à

anches ou à cordes ; les premiers sont presque des sons simples, tandis que les seconds ont des harmoniques intenses et nombreux.

a. Remarquez la différence de qualité entre le son rendu par un diapason tenu près de l'oreille, et celui que rend le même diapason lorsque la tige est appuyée sur la table. Dans la seconde position les harmoniques sont relativement plus forts.

b. Remarquez les différences de qualité dans le son produit par une corde selon qu'on la pince au milieu, au tiers et au septième environ de sa longueur. Lorsqu'on la pince au milieu, un grand nombre d'harmoniques impairs se font entendre, les harmoniques pairs sont soit absents soit très faibles, et le son est creux et nasillard ; lorsqu'on la pince au tiers, les troisième, sixième et neuvième harmoniques manquent et le son est creux, quoique à un degré moindre que tout à l'heure ; lorsqu'on la pince au septième, tous les harmoniques jusqu'au septième sont présents. Pour leurs intensités théoriques, cf. Helmholtz, 79.

c. Essayez aussi d'ébranler la corde très près de l'une de ses extrémités, avec l'ongle et en la frappant avec un corps dur tel que le dos d'une lame de couteau ; tout cela fait ressortir fortement les harmoniques élevés et discordants entre eux, et produit un timbre cuivré.

Helmholtz, 65-119 ; Stumpf, II, 514-549.

91. — Dans les accords successifs la masse entière du son paraît se mouvoir dans la même direction que la partie qui change le plus. Faites entendre successivement les accords $mi_3 sol_3 dièse si_3 mi_4, la_2 la_3 ut_4 dièse mi_4,$ ou $la_2 ut_3 mi_3 ut_4, la_2 ut_3 fa_3 ut_4.$ Si l'on dirige son attention sur la basse dans le premier exemple et sur le contralto dans le second, la masse entière du son paraîtra descendre dans le premier cas et monter dans le second. Si l'on maintient son attention fixée sur la partie soprano, l'illu-

sion n'apparaîtra pas; de même si l'observateur examine d'une façon critique ses sensations. Cf. aussi expérience 81 *d*, où des battements d'un harmonique sont attribués au son composé tout entier.

Mach, *B*, 126-127; Stumpf, II, 393-395.

92. — Les sons simultanés interfèrent quelque peu entre eux quant à leur intensité.



Fig. 5.

a. Jouez les groupes de notes portant les numéros 1, 2 et 3, et remarquez la légère augmentation dans l'intensité apparente des notes restantes à mesure que vous supprimez l'une après l'autre, en changeant 1 en 1 *a*, 2 en 2 *a*, etc. Sur le piano il sera bon de jouer ces notes une octave ou deux plus bas qu'elles ne sont écrites.



Fig. 6.

b. Jouez les notes marquées 4, et remarquez que l'augmentation de force semble affecter la note (la plus haute ou la plus basse) sur laquelle vous dirigez particulièrement l'attention, produisant dans un cas l'effet de 4 *a*, dans l'autre celui de 4 *b*.

Mach, *B*, 126; Stumpf, II, 418-423.

93. *Intervalles consonants et dissonants.* — a. Les intervalles consonants dans l'étendue de l'octave sont l'unisson, l'octave, la quinte, la quarte, la sixte majeure, la tierce majeure, la tierce mineure et la sixte mineure. On trouvera qu'ils diminuent en douceur à peu près dans l'ordre donné.

Etudiez-les en commençant par l'octave et à ut_2 , comme suit : $ut_2 ut_3$, $ut_2 sol_2$, $ut_2 fa_2$, $ut_2 la_2$, $ut_2 mi_2$, $ut_2 mi_2$ bémol, $ut_2 la_2$ bémol. Etudiez aussi les quatre derniers dans l'octave de ut_4 ou ut_5 , et remarquez qu'ils sont moins rudes que dans l'octave ut_2 . Tout autre intervalle dans l'étendue de l'octave est dissonant. Essayez $ut_2 ut_2$ dièse, $ut_2 ré_2$, $ut_2 si_2$, $ut_2 si_2$ bémol, $ut_2 fa_2$ dièse. La rudesse est due aux battements des harmoniques et en général est plus grande lorsque ceux-ci sont bas dans l'échelle des harmoniques et sont forts, et lorsqu'ils sont distants de moins d'un demi-ton. Calculez pour les sons de quelques-uns des intervalles la série des harmoniques jusqu'au huitième. En général l'extension d'un intervalle dans la seconde octave (en prenant le son le plus élevé d'une octave plus haut ou le moins élevé d'une octave plus bas) ne change rien au fait de la consonance ou de la dissonance, quoique cela puisse modifier la rudesse relative de l'intervalle.

b. Ceux qui, grâce à une éducation musicale, sont à même de porter un jugement sur les questions de consonance et de dissonance pensent que l'on peut percevoir des dissonances entre des sons simples dans des conditions qui excluent les battements, et que la consonance est quelque chose de plus que l'écoulement doux de sons non troublé par des battements. L'expérience est facile à faire. Tenez deux diapasons donnant l'intervalle qu'il s'agit d'examiner l'un devant une oreille, l'autre devant l'autre, et, s'il y a des battements, éloignez les diapasons assez dans chaque direction pour que ces battements cessent d'être perceptibles. Toutefois, ceux-là seulement qui ont

une oreille exercée peuvent se prononcer sur le résultat.

Helmholtz, 179-197; Stumpf, II, 470, 460; Wundt, 3^e éd., I, 439; II, 47 ss; Mach, B, 129-130; Preyer, D, 44 ss.

94. *Accords consonants et dissonants.* — Pour former un accord consonant, tous les intervalles entre les sons doivent aussi être consonants. Les seuls accords de trois sons qui remplissent cette condition dans l'étendue de l'octave sont représentés par les suivants : en majeur, *ut mi sol, ut fa la, ut mi bémol la bémol*; en mineur, *ut mi bémol sol, ut fa la bémol, ut mi la*. Essayez ces accords et, pour comparer, tout autre accord de trois sons ayant *ut* comme son le plus bas.

Helmholtz, 211 ss.; Wundt, 3^e éd., II, 61, 63 ss.

95. *Accords majeurs et mineurs.* — Comparez les accords *ut₄ mi₄ sol₄* et *ut₄ mi₄ bémol sol₄*. La différence évidente d'effet dépend, en partie du moins, du fait que dans l'accord

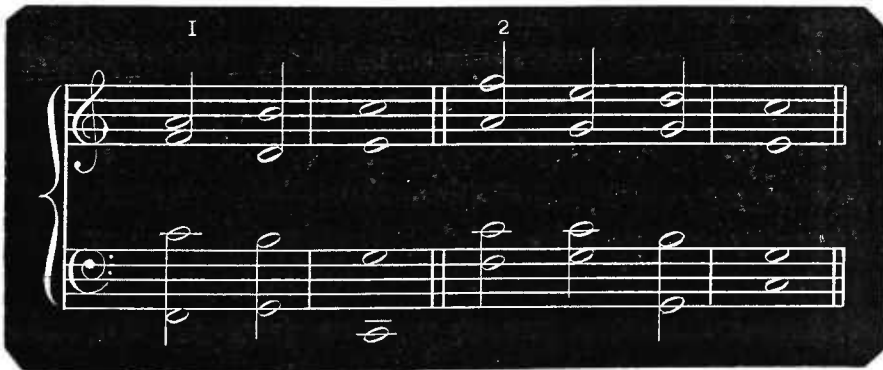


Fig. 7.

majeur les sons différentiels du premier ordre sont des octaves inférieures de *ut₄* lui-même, tandis que dans l'accord mineur tel n'est le cas pour aucun des sons différentiels, et, si l'un d'eux était pris dans la même octave que l'accord, il serait très dissonant. Pour l'accord majeur,

lorsqu'il est pris dans l'octave ut_4 , les sons différentiels sont ut_3 et ut_4 , pour l'accord mineur ut_4 mi_4 *bémol* le son différentiel est la_4 *bémol*. Etudiez sur un instrument à anches les sons différentiels produits par ut_4 mi_4 , mi_4 sol_4 , ut_4 mi_4 *bémol*, mi_4 *bémol* sol_4 , d'abord séparément; et puis, tandis que vous maintenez les sons ut_4 et sol_4 , donnez mi_4 et mi_4 *bémol* alternativement.

Helmholtz, 215-217; Stumpf, II, 335, 376 ss.; Wundt, 3^e éd., II, 61 ss., 67 ss.

96. *Cadences*. — La musique moderne demande la mise en relief de la tonique et de l'accord où la tonique tient la place principale au commencement d'un morceau de musique et à la fin. Le sentiment de la convenance de cette conclusion, et en particulier de la succession des accords dans les cadences ci-dessus (fig. 7), frappera sans doute même une oreille non musicale.

Helmholtz, 293.

97. — Les rapports absolus de temps en musique influent beaucoup sur l'effet émotionnel produit. Faites jouer un morceau connu avec sa vitesse normale, puis très lentement et très rapidement.

AUDITION BINAURICULAIRE ET LOCALISATION DES SONS

98. *Sons à l'unisson perçus par les deux oreilles*. — a. Faites vibrer à l'unisson une paire de diapasons qui résonneront avec la même force et pendant le même temps et tenez chacun devant une oreille à trois ou quatre pouces de distance; un seul son, assez vaguement localisé, sera entendu. A mesure que vous rapprochez les diapasons, leur son paraît se diriger par degrés vers le plan médian; et lorsqu'ils sont très près et vibrent très fortement, le son peut paraître se produire dans la tête. Ramenez les

diapasons à leur position première et puis rapprochez ou éloignez un peu l'un d'eux, et remarquez que le son se dirige du côté du diapason le plus rapproché. Lorsque la différence d'éloignement devient considérable, ce dernier diapason est seul entendu.

b. Placez les diapasons dans la dernière position mentionnée, c'est-à-dire l'un près et l'autre loin (ou mieux, placez un diapason sur un tube de caoutchouc dont une extrémité aura été introduite dans l'oreille, et tenez l'autre diapason devant l'autre oreille), et puis avec le diapason libre ou avec le plus éloigné faites de lents mouvements rythmiques vers l'oreille ou loin de l'oreille, ou bien faites faire au diapason un mouvement lent de rotation autour de son grand axe, en écoutant en même temps l'autre diapason. Des variations alternantes dans l'intensité du son de ce diapason, correspondant au rapprochement et à l'éloignement de l'autre, qui paraît n'être pas entendu, pourront être observées.

c. Répétez *b* et remarquez que lorsque les changements d'intensité sont considérables, il y a un changement simultané de localisation du son, qui paraît se rapprocher du plan médian lorsque l'intensité croît et s'en écarter lorsqu'elle décroît. Ces changements de lieu sont toutefois moins marqués que les changements d'intensité, et ceux qui accompagnent de légers changements d'intensité échappent généralement à l'observation.

Schaefer, B; Thompson; Urbantschitsch, B.

99. *Battements perçus par les deux oreilles.* — *a.* Opérez comme dans l'expérience 98 *a* avec des diapasons donnant trois ou quatre battements par seconde.

b. Essayez avec une paire de diapasons donnant de très lents battements (un par deux ou trois secondes). Remarquez un déplacement du son d'une oreille à l'autre, correspondant à la vitesse des battements.

c. Essayez enfin avec une paire de diapasons produisant des battements rapides (vingt ou trente par seconde), et remarquez que les battements sont perçus dans les deux oreilles.

Schaefer, *A, B et C*; Thompson; Cross and Goodwin.

100. La différence de localisation vient en aide lorsqu'il s'agit d'analyser les sons simultanés. Comparez la facilité avec laquelle deux diapasons différant d'une octave sont distingués l'un de l'autre, lorsqu'ils sont tenus des deux côtés de la tête, avec la difficulté d'analyse constatée dans l'expérience 83 *b*.

Stumpf, II, 336, 363.

101. *Appréciation de la direction d'où vient le son.* — Elle dépend d'une façon générale de l'intensité relative des sons qui parviennent aux deux oreilles, mais il y a de bonnes raisons de croire que d'autres facteurs interviennent et que des estimations assez correctes soit quant à la distance, soit quant à la direction, peuvent parfois être obtenues par le moyen des sensations d'une seule oreille.

a. Priez le sujet de s'asseoir, les yeux fermés. Faites claquer le parleur télégraphique en différents endroits à un pied ou deux de distance de sa tête, en prenant bien soin que rien ne puisse trahir l'endroit, et demandez-lui d'indiquer la direction d'où vient le son. Essayez des points dans le plan médian et en dehors de ce plan. Remarquez que le sujet se trompe rarement ou jamais lorsqu'il s'agit de la droite ou de la gauche, mais commet souvent de grossières erreurs lorsqu'il s'agit d'autres directions. Des tendances à localiser constamment dans certaines directions ne sont point rares.

b. Demandez au sujet d'appliquer ses mains sur les côtés de la tête, comme une seconde paires d'oreilles, concaves en arrière, et voyez ce que devient son estimation de la direction du son.

c. Cherchez de combien approximativement le parleur doit être déplacé verticalement à partir des points suivants, pour que le changement de position soit juste perceptible : au niveau des oreilles, dans le plan médian, deux pieds en avant ; vis-à-vis d'une oreille, même distance ; dans le plan médian, derrière la tête, même distance. Trouvez le déplacement horizontal juste perceptible aux mêmes points. Une manière commode de mesurer ces distances est de fixer un mètre à un support, de le placer sur la ligne le long de laquelle il s'agit de faire des mesures, et de tenir le signal sur les divisions du mètre. Faites claquer une fois au point de départ, puis en un point peu éloigné dans la direction à étudier ; puis de nouveau au point de départ, de sorte que le sujet puisse en garder un souvenir net, et puis en un point un peu plus éloigné que tout à l'heure ; et ainsi de suite jusqu'à ce que le sujet perçoive juste une différence. Répétez, en faisant alterner des claquements au point de départ et à une distance supérieure à la distance trouvée, et en diminuant peu à peu la première jusqu'à ce que le sujet ne puisse plus distinguer les directions. Faites une série d'expériences dans chaque sens, et calculez la moyenne.

d. Les sons simples continus sont très difficiles à localiser. Placez un diapason fixé sur sa caisse de résonance à quelque distance en avant du sujet (assis les yeux fermés), et un autre de même hauteur à la même distance derrière le sujet. Avec l'aide de quelqu'un faites vibrer les deux diapasons, puis après un moment interrompez les vibrations de l'un et bouchez l'ouverture de sa caisse de résonance. Demandez au sujet lequel des diapasons a cessé de se faire entendre. Les erreurs seront très fréquentes. Comparez à cela son aptitude à discerner si quelqu'un parle devant ou derrière lui.

Sur *a*, Preyer, *B* ; von Kries, *A* ; sur *c*, Münsterberg, *B* ; sur *d*, Rayleigh.

102. *Localisation des sons à l'intérieur du crâne.* — *a.* Les sons ayant leur source en dehors de la tête ne sont pas localisés dans la tête lorsqu'on les perçoit avec une oreille. Tenez près de l'oreille un diapason résonnant fortement, ou placez-le sur un tube de caoutchouc dont l'une des extrémités a été introduite dans l'ouverture de l'oreille, et remarquez que le son, s'il est fort, peut être localisé dans l'oreille, mais ne va pas plus avant. Introduisez l'autre extrémité du tube dans l'autre oreille, et répétez. Le son, s'il est fort, paraîtra venir de l'intérieur de la tête. Eloigner et ramener le diapason plusieurs fois servira à donner de la précision à la localisation.

b. Répétez l'expérience, mais servez-vous d'un diapason résonnant aussi faiblement que possible (par exemple mis en vibration en soufflant vigoureusement dessus) et remarquez que lorsqu'une seule oreille reçoit le son, il n'est pas aussi nettement localisé dans l'oreille, et que lorsque les deux le reçoivent, il n'est pas aussi nettement dans la tête qu'auparavant; peut-être même dans ce dernier cas paraîtra-t-il avoir sa source en dehors. Cf. aussi expérience 103 *b.* Les expériences *a* et *b* peuvent aussi être faites avec des sons produisant des battements. Voir aussi expérience 69 *e.*

Schaefer, B.

103. *Localisation des sons de diapasons appuyés sur la tête.* — *a.* Faites vibrer un diapason de grandes dimensions et résonnant avec force, et appuyez sa tige sur le sommet de la tête. Le son paraîtra venir de l'intérieur de la tête, surtout de la partie postérieure. Pendant que le diapason est dans cette position, bouchez une oreille avec le doigt sans presser trop fortement; le son paraîtra immédiatement se concentrer dans l'oreille bouchée. Demandez à un aide de tenir le diapason et bouchez les oreilles alternativement. Quelque chose de pareil se passe lorsqu'on chante une note grave; bouchez d'abord une oreille puis les deux,

remarquez que le son passe du gosier à l'oreille, et finalement au milieu de la tête.

b. Priez un aide de tenir le diapason, et bouchez les deux oreilles. Remarquez que lorsque le diapason est pressé contre la tête de manière à rendre le son intense, la localisation intracrânienne est exacte, mais que lorsque la pression est légère et le son faible, la localisation tend à devenir extracrânienne.

c. Appuyez le diapason sur d'autres endroits que le sommet de la tête. Remarquez que lorsqu'il s'agit des régions occipitales et pariétales, le son paraît être dans l'oreille du côté opposé, quoique en bouchant l'oreille comme en *a* on puisse le ramener du même côté que le diapason.

d. Prenez entre les dents comme un mors un long crayon, appuyez la tige d'un diapason en vibration verticalement dessus près de l'une des extrémités, et bouchez l'oreille du côté opposé : le son sera localisé dans l'oreille bouchée. Penchez alors graduellement le diapason en arrière vers une position horizontale, en le maintenant en contact avec le crayon, jusqu'à ce que son extrémité soit en face de l'oreille ouverte. Le son passera de l'oreille bouchée à l'oreille ouverte.

Sur *a* et *b*, Schaefer, *B* et *C*; sur *c*, Thompson.

BIBLIOGRAPHIE

BRÜCKE. — Ueber die Wahrnehmung der Geräusche. *Wien. Sitzb 3^e Abth.*, XC, 1884, 199-230.

VON BEZOLD. — A. Schuluntersuchungen über das kindliche Gehörorgan. *Zeitschr. f. Ohrenheilkunde*, XIV, 1884-85, et XV, 1885-86; traduction anglaise dans les *Archives of Otology*, XIV. Ce travail donne les résultats de nombreuses expériences sur des écoliers de Munich non seulement avec la montre, mais aussi avec l'acoumètre de Politzer et par le moyen de la parole chuchotée.

B. Einige weitere Mitteilungen über die kontinuierliche Tonreihe, insbesondere über die physiologische obere und untere Tongrenze. *Ibid.*,

XXIII, 1892, 254-267; traduction anglaise. *Archives of Otolaryngology*, 1893, 216-225.

CORRADI. — Zur Prüfung der Schallperception durch die Knochen. *Archiv für Ohrenheilkunde*, XXX, 1890, 175-182. Compte rendu avec extraits dans *Zeitschrift für Psychologie*, II, 1891, 124.

CHARPENTIER. — Recherches sur l'intensité comparative des sons d'après leur tonalité. *Archives de physiologie normale et pathologique*, 1890, n° 3, 496-507.

CROSS and GOODWIN. — Some considerations regarding Helmholtz's Theory of Consonance. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 1891-92, 1-12.

CROSS and MALBY. — On the Least number of Vibrations Necessary to Determine Pitch. *Ibid.*, 222-235.

DOCQ. — Recherches physico-physiologiques sur la fonction collective des deux organes de l'appareil auditif. *Mémoires couronnés de l'Académie royale de Belgique*, XXXIV, 1870.

EXNER. — Zur Lehre von den Gehörsempfindungen. *Pflüger's Archiv*, XIII, 1876, 228-253.

HELMHOLTZ. — Sensations of Tone, English translation by Ellis 2d Ed., London, 1885. C'est l'ouvrage classique sur la matière. Le titre original est : « Die Lehre von den Tonempfindungen » ; 1^{re} éd., 1863.

HENSEN. — Physiologie des Gehörs. *Hermann's Handbuch der Physiologie*, III, 2, 1-137.

HERMANN. — Zur Theorie der Combinationstöne. *Pflüger's Archiv*, XLIX, 1891, 499-518.

HERROUN and YEO. — Note on the Audibility of single Sound Waves and the Number of Vibrations necessary to produce a Tone. *Proc. Royal Society*, L, n° 305, 1892, 318-323.

JAMES. — Principles of Psychology. New-York, 1890.

KESSEL. — Ueber die vordere Tenotomie. *Archiv für Ohrenheilkunde*, XXXI, 1891, 131-143. Compte rendu dans *Zeitschrift für Psychologie*, 1891, 398.

KÖNIG. — Quelques expériences d'acoustique. Paris, 1882.

VON KRIES. — A. Ueber das Erkennen der Schallrichtung. *Zeitschrift für Psychologie*, I, 1890, 235-251, 488.

B. Ueber das absolute Gehör. *Ibid.*, III, 1892, 257-279.

LANGE. — Beiträge zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit und der activen Apperception. *Wundt's Philosophische Studien*, IV, 1888, 390, 422.

LORENZ. — Untersuchungen über die Auffassung von Tondistanzen. *Wundt's Philosophische Studien*, IV, 1890, 26-103.

LUFT. — Ueber die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen. *Wundt's Philos. Studien*, IV, 1888, 511-540.

MACH. — Ouvrages cités avec les mêmes lettres dans la bibliographie du chap. II.

MAYER. — A. Researches in Acoustics. *Amer. Journ. Science*, 3d Ser., VIII, 1874, 241-255; IX, 1875, 267-269. Aussi *Phil. Mag.*, 4th Ser., XLIX, Jan.-June 1875, 352.

B. Researches in Acoustics, n° VIII, *Amer. Journ. Science*, 3d Ser., XII, 1876, 329-336. Aussi *Phil. Mag.*, Ser. 5, II, July-Dec. 1876, 500-507.

MÜNSTERBERG. — A. Schwankungen der Aufmerksamkeit. *Beiträge zur experimentellen Psychologie*, Heft 2, 1889, 69-124.

B. Raumsinn des Ohres. *Ibid.*, 182-234.

C. Vergleichen von Tondistanzen. *Ibid.*, Heft 4, 1892, 147-177.

PREYER. — A. Ueber die Grenzen der Tonwahrnehmung. Sammlung physiologischer Abhandlungen, I, Jena, 1877, 1-72.

B. Die Wahrnehmung der Schallrichtung mittelst der Bogengänge. *Pflüger's Archiv*, XL, 1887, 586-622.

C. Ueber Combinationstöne. *Wiedemann's Annalen*, XXXVIII, 1889, 131-136.

D. Akustische Untersuchungen. Sammlung physiologischer Abhandlungen, II, Jena, 1882, 175-244,

RAYLEIGH. — Our Perception of the Direction of a Source of Sound. *Nature*, XIV, 1876, 32. Voir aussi Acoustical Observations, *Phil. Mag.*, Ser. 5, III, Jan.-June 1877, 456-458.

RUTHERFORD. — A Lecture on the Sense of Hearing, delivered before the British Association at Birmingham on Sept. 6, 1886. *Lancet*, 1887, I, 2-6.

SCHAEFER. — A. Ueber die Wahrnehmung und Lokalisation von Schwebungen und Differenztönen. *Zeitschrift für Psychologie*, I, 1890, 81-98.

B. Zur interaurealen Lokalisation diotischer Wahrnehmungen. *Ibid.*, I, 1890, 300-309.

C. Ein Versuch über die intrakranielle Leitung leisester Töne von Ohr zu Ohr. *Ibid.*, II, 1891, 111-114. Voir aussi la discussion de Schaefer, Scripture et Wundt, *Ibid.*, IV, 348; V, 397; et *Wundt's Philosophische Studien*, VII, 630; VIII, 638, 641.

SCHISCHMANOW. — Untersuchungen über die Empfindlichkeit des Intervallsinnes. *Wundt's Philos. Studien*, V, 1889, 558-600.

STUMPF. — Tonpsychologie. Leipzig, 1883 et 1890. Cet ouvrage est de beaucoup le plus complet qui ait paru sur la psychologie du son. Les deux volumes publiés (l'ouvrage doit être complet en quatre) traitent de la psychologie des sons successifs et simultanés.

THOMPSON, SYLVANUS P. — A. On Binaural Audition. *Phil. Mag.*, Ser. 5, IV, July-Dec. 1877, 274-276; VI, July-Dec. 1878, 383-391; XII, July-Dec., 1881, 351-355.

B. On the Function of the Two Ears in the Perception of Space. *Ibid.*, XIII, Jan.-June 1822, 406-416.

URBANTSCHITSCH. — A. Ueber eine Eigentümlichkeit der Schallempfindungen geringster Intensität. *Centralblatt f. d. med. Wiss.*, 1875, 625-628.

B. Zur Lehre von der Schallempfindung. *Pflüger's Archiv*, XXIV, 1881, 574-595.

C. Ueber das An- und Abklingen acustischer Empfindungen. *Ibid.*, XXV, 1881, 323-342.

WUNDT. — Ouvrage cité dans la bibliographie du chap. 1, 3^e éd., I, 415 ss., II, 42 ss ; 4^e éd., I, 443 ss.

Sur la physique et la physiologie du son, on peut ajouter aux précédentes les références suivantes : Tyndall, *On Sound* ; Blaserna, *Theory of Sound in its Relations to Music* ; Zahn, *Sound and Music* ; et Taylor, *Sound and Music*. Ce dernier ouvrage est très simple et peu technique ; c'est peut-être le meilleur pour ceux qui abordent le sujet pour la première fois.

Pour la discussion entre Stumpf et Wundt sur les distances entre les hauteurs, voir : Stumpf, *Zeitschrift für Psychologie*, I, 1890, 419 ; II, 1891, 266, 426, 438 ; Engel, *Ibid.*, II, 1891, 361 ; Wundt, *Philos. Studien*, VI, 1890-91, 605 ; VII, 1891, 298, 633 ; et aussi Münsterberg, *C* ci-dessus.

CHAPITRE V

LE MÉCANISME DE L'ŒIL ET LA VISION EN GÉNÉRAL

Le mécanisme de l'œil réalise deux choses : la projection d'une image nette sur la rétine, et le mouvement rapide de l'œil de manière à amener successivement les différentes parties de l'image dans la position la plus favorable pour la vision. Ce chapitre est consacré à l'étude de ces mécanismes et d'autres phénomènes physiologiques importants pour la psychologie de la vision.

L'IMAGE RÉTINIENNE ET L'ACCOMMODATION

104. *L'image rétinienne.* — On la voit aisément dans l'œil dépourvu de pigment d'un lapin albinos.

a. Chloroformez le lapin, enlevez l'œil, et montez-le dans l'argile pour le manier plus commodément. Le montage se fait comme suit : faites un anneau épais d'argile avec un diamètre intérieur un peu plus grand que celui de la cornée de l'œil du lapin ; placez l'œil, la cornée en bas, dans l'anneau ; mettez dessus un second anneau semblable pour maintenir l'œil en place et réunissez les bords des anneaux. L'œil peut être maintenant manié aisément et tourné dans toutes les directions. Tournez la cornée vers la fenêtre et observez d'en arrière l'image renversée sur la rétine. Amenez votre main dans le champ de l'œil et mouvez-la de droite et de gauche ; remarquez que l'image d'objets éloignés est

plus distincte que celle de la main. L'œil mort est accommodé pour la vision éloignée. Si vous avez sous la main des lentilles convexes et concaves (des lentilles de lunettes suffiront) placez-les devant l'œil, et remarquez que l'effet sur l'image rétinienne est semblable à celui qui est perçu subjectivement lorsqu'elles sont tenues devant l'œil même de l'observateur, pourvu que celui-ci soit normal.

Retournez l'œil, le côté de la rétine vers la fenêtre, et observez les fibres radiées et circulaires de l'iris. — L'œil doit être frais, car s'il a été enlevé depuis longtemps il perd sa transparence.

105. *Accommodation*. — La netteté de l'image rétinienne dépend de l'ajustement du cristallin, lequel doit être disposé de manière à concentrer sur la rétine la lumière provenant de l'objet regardé. Le cristallin doit être plus épais et plus arrondi pour des objets rapprochés, plus mince et plus aplati pour de plus éloignés. Ces adaptations de l'œil sont connues sous le nom d'*accommodation*. Les changements de netteté de l'image rétinienne sont faciles à observer subjectivement. Tenez une épingle ou un autre petit objet à six ou huit pouces des yeux. Fermez un œil, et regardez l'épingle avec l'autre. Le contour de l'épingle est net, mais celui des objets placés au fond de la chambre derrière l'épingle est diffus. Portez votre regard sur ces objets, le contour de l'épingle deviendra vague. Remarquez le sentiment de plus grand effort, lorsque vous fixez l'objet le plus rapproché. L'expérience est un peu plus frappante lorsque l'objet rapproché est un morceau de gaze ou de toile métallique, et l'objet éloigné une page imprimée tenue à une distance telle qu'elle puisse juste être lue.

Sur cette expérience et les deux suivantes, voir Helmholtz, *A*, 112-118, Fr. 119-126 (90-96).

106. *Expérience de Scheiner*. — *a*. Percez une carte de deux petits trous séparés par une distance moindre que

le diamètre de la pupille, par exemple, un seizième de pouce (1^{mm},5). Fixez deux épingles sur des bouchons et placez-les respectivement à 8 et à 20 pouces de l'œil sur la ligne visuelle; fermez un œil, et, tenant la carte près de l'autre avec les trous en ligne horizontale, regardez l'épingle la plus proche; l'épingle éloignée apparaîtra double. Regardez de nouveau l'épingle la plus proche, et, pendant que vous faites cela, couvrez l'un des trous avec une autre carte; l'une des images de l'épingle éloignée disparaîtra, la gauche si c'est le trou gauche que vous couvrez, et la droite si c'est le droit. Regardez l'épingle éloignée ou un point situé plus loin encore, c'est la plus rapprochée qui apparaîtra double. Couvrez de nouveau l'un des trous; cette fois-ci, si c'est le gauche qui est couvert c'est l'image de droite qui disparaît, et *vice versa*.

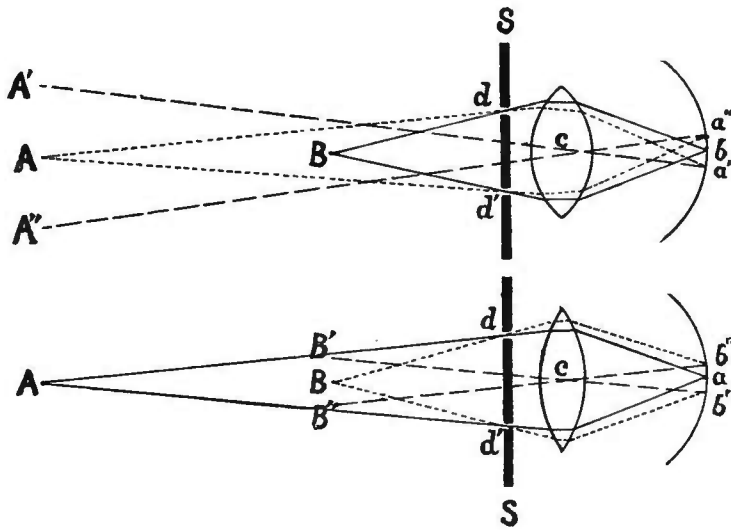


Fig. 8.

L'examen des figures ci-dessus fera comprendre ces faits. La figure supérieure montre la marche des rayons lumineux lorsque l'œil est accommodé pour l'épingle rapprochée; la figure inférieure, lorsque l'œil est accommodé pour la plus éloignée. A et B représentent les épingles; S et S l'écran percé; d et d' les trous de l'écran; c et c

le cristallin; $a' b a''$ et $b' a b''$ les rétines; $A' A'' B'$ et B'' les positions des doubles images. Les lignes pleines représentent la marche des rayons provenant de l'épingle pour laquelle l'œil est accommodé; les lignes formées de traits courts, la marche des rayons provenant de l'autre épingle; les lignes formées de traits longs, les *lignes de direction*, c'est-à-dire approximativement les lignes qui donnent la direction suivant laquelle les images apparaissent à l'observateur. Dans la figure supérieure les rayons venant de B ont leur foyer sur la rétine en b , tandis que ceux qui viennent de A , étant moins divergents, ont leur foyer plus près du cristallin, se coupent et rencontrent la rétine en a' et a'' , et, puisque chaque trou de l'écran produit une image, font apparaître l'épingle double. Les deux images sont reportées en dehors de l'œil, comme toutes les images rétiniennes, suivant les lignes de direction (lesquelles se coupent un peu en avant de la surface postérieure du cristallin, au *point de croisement des lignes de direction*), l'image rétinienne droite correspondant au trou gauche de l'écran, et *vice versa*. Si maintenant le trou droit (d) de l'écran est couvert, l'image rétinienne gauche, c'est-à-dire l'image double droite, disparaît. Le cas où l'accommodation a lieu pour l'épingle éloignée se comprendra par l'examen de la figure inférieure, en considérant les lignes formées de traits courts ou de traits longs. Il sera également facile de se rendre compte pourquoi les mouvements de la carte, pendant qu'on regarde à travers un seul trou, produisent des mouvements apparents de l'épingle pour laquelle l'œil n'est pas accommodé, et pourquoi dans un cas l'image se meut dans le sens de la carte et dans l'autre en sens contraire.

b. Piquez les épingles dans les bouchons de manière qu'elles soient horizontales, et examinez-les en tenant la carte de telle façon que les trous soient verticalement l'un au-dessus de l'autre.

c. Disposez les trous ainsi et remarquez que l'image

triple de l'épingle la plus rapprochée (lorsque vous fixez la plus éloignée) présente la figure renversée

L'expérience de Scheiner peut être facilement imitée au moyen d'une lentille convexe quelconque et d'un écran percé de dimension convenable.

107. *Amplitude de l'accommodation.* — *a.* Cherchez le point le plus rapproché pour lequel une épingle vue comme dans l'expérience de Scheiner peut être vue simple. Ce point est le *punctum proximum* de l'accommodation. Pour les myopes, on peut trouver aussi un *punctum remotum*, au delà duquel de doubles images réapparaissent.

b. Trouvez à quelle distance l'une de l'autre, sur la ligne visuelle, deux épingles peuvent se trouver et néanmoins être vues simples au même moment. Essayez en plaçant la plus rapprochée à 20 centimètres, à 50 centimètres, à 2 mètres. Cette portion de la ligne visuelle, pour les points de laquelle le même degré d'accommodation suffit, est appelée *ligne d'accommodation*. La longueur de cette ligne croît rapidement à mesure que croît la distance de l'objet à l'œil.

Helmholtz, *A*, 114, 119, Fr. 122 (93), 128 (97).

108. *Mécanisme de l'accommodation.* — Le changement qui se produit dans le cristallin pendant l'accommodation consiste principalement en un accroissement de convexité de sa surface antérieure. Le fait peut être observé de la façon suivante :

a. Priez le sujet de choisir un point de fixation éloigné et un autre rapproché, situés exactement sur la même ligne visuelle; qu'il ferme un œil et fixe avec l'autre le point éloigné. L'observateur se placera de manière à voir de profil l'œil du sujet, dont il apercevra à peu près la moitié de la pupille. Que le sujet fixe successivement, sur demande, l'objet éloigné puis l'objet rapproché, et *vice versa*, en ayant

soin d'éviter tout mouvement latéral de l'œil. L'observateur remarquera, lorsque l'œil sera accommodé pour le point rapproché, qu'une plus grande partie de la pupille sera visible et que la partie de l'iris la plus éloignée semblera plus étroite. Ce changement est dû à l'accroissement de convexité de la partie antérieure du cristallin. Si le changement était dû à un mouvement accidentel de l'œil du côté de l'observateur, le bord extérieur de l'iris apparaîtrait plus large et non plus étroit. Remarquez aussi que le diamètre de la pupille change avec l'accommodation.

b. Images de Purkinje. — Le changement de courbure du cristallin peut aussi être constaté au moyen des images réfléchies par ses surfaces antérieure et postérieure, et par la surface antérieure de la cornée. Opérez dans une chambre obscure. Que le sujet choisisse comme auparavant deux points de fixation, l'un rapproché, l'autre éloigné. L'observateur approchera une bougie de l'œil du sujet, au niveau de l'œil et un peu de côté, et placera son propre œil symétriquement par rapport à la bougie, de l'autre côté de la ligne visuelle du sujet. Un examen attentif et quelques légers déplacements de la bougie et de l'observateur feront apercevoir trois images réfléchies de la flamme : l'une sur le côté de la pupille le plus voisin de la lumière, facilement reconnaissable, brillante et droite, réfléchi par la surface de la cornée; une seconde plus rapprochée du centre de la pupille et qui paraîtra la plus en arrière des trois, droite comme la première, mais très indistincte (plus semblable à un nuage lumineux qu'à une image), réfléchi par la surface antérieure du cristallin; et une troisième, simple point de lumière, près du côté de la pupille le plus éloigné de la flamme, renversée et réfléchi par la surface postérieure du cristallin. Lorsque l'observateur aura trouvé ces trois images, le sujet fixera alternativement le point rapproché et le point éloigné choisis par lui. Lorsqu'il fixera le point rapproché, l'image du milieu diminuera de grandeur, avancera et se dirigera vers l'image cornéenne;

lorsqu'il fixera le point éloigné, cette même image augmentera de grandeur, reculera et s'éloignera de l'image cornéenne. La figure ci-jointe, d'après Aubert, montre le

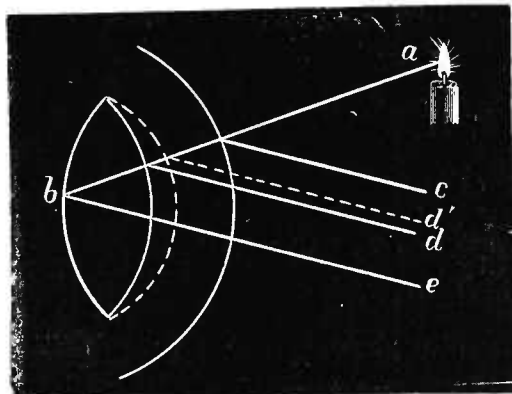


Fig. 9.

mouvement de l'image du milieu ; les lignes pleines indiquent les positions de la cornée et du cristallin, et la marche des rayons lumineux lorsque l'œil est accommodé pour le point éloigné ; les lignes pointillées indiquent la surface antérieure du cristallin et la direction du rayon réfléchi par sa surface lorsque l'œil est accommodé pour le point rapproché. Trois images semblables à celles en question peuvent être observées au moyen d'un verre de montre et d'une lentille biconvexe disposés l'un par rapport à l'autre comme la cornée et le cristallin ¹

Helmholtz, *A*, 131-141, et surtout 131-134, Fr. 142-154 (104-112), et surtout 142-146 (104-107); Aubert, *A*, 444; Tscherning.

109. *Défauts dioptriques de l'œil.* — Parmi ces défauts, deux seulement seront considérés ici : l'*astigmatisme* et l'*aberration chromatique*. Le premier est un défaut dans la

¹ En se servant d'un verre grossissant, on peut apercevoir une seconde image cornéenne faible très près de la première, lorsque la lumière frappe très obliquement la cornée. Lorsqu'on la compte, comme Tscherning, cela fait quatre images de Purkinje, celles des surfaces antérieure et postérieure du cristallin devenant les troisième et quatrième, au lieu des seconde et troisième, dans l'énumération.

forme ou la disposition des surfaces réfringentes, qui les empêche de concentrer la lumière parallèle en un point. Si la courbure du cristallin par exemple (ou de la cornée) est plus grande dans le méridien vertical que dans l'horizontal, de la lumière parallèle contenue dans le premier aura son foyer plus près du cristallin que celle contenue dans le second. Cela rend l'œil astigmatique incapable de voir toutes les parties d'une figure plane avec la même netteté au même moment. L'*aberration chromatique* dépend des différents degrés de réfraction que des rayons de différentes couleurs subissent en traversant le cristallin ; ceux de courte longueur d'onde (violet et bleu) sont le plus réfractés, ceux de grande longueur d'onde (rouge et orangé) le sont le moins, et les autres se rangent entre ces deux extrêmes. Le foyer des rayons violets parallèles est donc plus près du cristallin que celui des rayons rouges. Par conséquent, pour que la même accommodation puisse servir pour faire percevoir un objet rouge et un objet violet en même temps et avec une parfaite netteté, il faut que la lumière rouge soit moins divergente que la violette ; en d'autres termes, l'objet rouge doit être un peu plus éloigné que le violet.

a. *Astigmatisme*. — Faites un fin trou d'épingle dans une carte ; tenez celle-ci à bout de bras devant un fond vivement éclairé, et accordez l'œil pour un point plus rapproché, ou bien mettez des verres convexes. Le point formé par le trou apparaîtra non sous la forme d'un petit cercle de lumière, comme ce serait le cas si le cristallin et la cornée avaient une forme parfaite, mais comme une étoile plus ou moins irrégulière ou comme une figure ayant la forme d'une fleur dans laquelle des parties de plusieurs images du trou pourront être distinguées. Accordez pour un point situé très loin au delà de la carte, et remarquez le changement qui se produit dans la figure.

Ces irrégularités (phénomènes d'*astigmatisme irrégulier*) disparaissent, cependant, avec une accommodation exacte,

mais il s'en présente alors d'une autre sorte (*astigmatisme régulier*). Fermez un œil et fixez avec l'autre le centre de la figure radiée ci-dessous. Remarquez quelles lignes apparaissent les plus noires et les plus nettes. Essayez en accroissant ou diminuant la distance. Essayez aussi avec l'autre œil.

Quelque chose d'analogue peut être observé dans la figure composée de cercles concentriques ; de même encore,

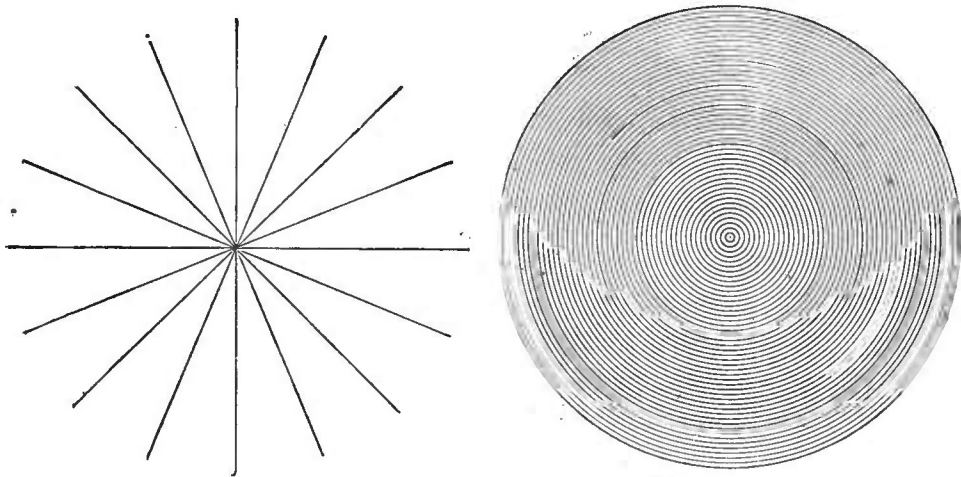


Fig. 10 et 11.

au moyen de cette figure, on constatera l'astigmatisme irrégulier en modifiant l'accommodation ou en augmentant ou diminuant la distance de la figure. Remarquez spécialement l'apparence radiée et la déformation des cercles intérieurs lorsque l'œil est accommodé pour une distance plus grande que celle de la figure. Sur cette dernière particularité, voir von Bezold.

b. *Aberration chromatique*. — Pliez un fin fil de platine en un cercle d'un demi-pouce de diamètre, et chauffez-le à blanc sur la flamme d'un bec Bunsen. Regardez ce cercle à travers un trou d'épingle percé dans une carte noire tenue à une distance telle que le cercle atteigne presque le bord du champ du trou d'épingle. Accommodez pour le centre du cercle, et remarquez que le bord extérieur du

cercle apparaît rouge brillant et le bord intérieur bleu ou violet. Mettez à la place de la carte un morceau de verre bleu et accommodez d'abord pour le verre, puis pour un point situé à quelque distance au delà du cercle. Dans le premier cas les bords extérieur et intérieur du cercle (sauf dans la mesure où l'astigmatisme interfère) seront tous les deux bleus ; dans le second cas ils seront rouges. Le verre bleu ordinaire laisse passer la lumière rouge et la lumière bleue.

Regardez le bord du châssis de la fenêtre près de la vitre, et placez une carte devant l'œil de manière qu'à peu près la moitié de la pupille soit couverte ; si la carte a été approchée de l'œil dans le sens du châssis de la vitre, le châssis sera bordé de jaune ; si elle a été approchée dans le sens opposé, il sera bordé de bleu. Dans la vision ordinaire, ces franges n'apparaissent pas, parce que les couleurs se recouvrent les unes les autres et produisent un mélange pratiquement incolore.

Expérience de Von Bezold. — Regardez les lignes parallèles de la figure de gauche dans l'expérience 118 avec accommodation imparfaite, par exemple au travers de lunettes convexes, et observez les couleurs d'aberration. Si une série de cercles concentriques épais (séparés par des espaces égaux et commençant par un point central noir d'un diamètre égal à l'épaisseur des lignes) est employée au lieu de la série de lignes droites, il sera possible, en changeant la distance de ces cercles à l'œil, de trouver une position pour laquelle les couleurs d'aberration empiéteront de telle façon les unes sur les autres que les parties sombres et les parties claires sembleront avoir changé entre elles de place, et que le point central sera clair au lieu de noir. La spirale de l'expérience 128 présentera un peu le même effet, mais le point central noir est trop grand pour que l'effet soit complet.

Les différences dues à l'astigmatisme et les couleurs

d'aberration peuvent parfois influencer sur la perception de la distance.

Sur *a*, Helmholtz, *A*, 169 ss., Fr. 187, 138 ss. Sur *b*, Helmholtz, *A*, 156-164, Fr. 172-179 (126-131); von Bezold; Tumlriz.

PHÉNOMÈNES ENTOPTIQUES

110. *Particules flottantes dans les milieux de l'œil et à sa surface; muscæ volitantes.* — Fixez une lentille de court foyer à quelque distance d'une flamme brillante de gaz ou de bougie. Placez au foyer de la lentille une carte percée d'un très petit trou; amenez l'œil tout près du trou et regardez vers la lumière. L'œil doit être à une distance suffisante du trou pour qu'on ne voie pas le bord de la lentille. Les rayons lumineux qui alors arrivent à l'œil sont fortement divergents, et le cristallin ne peut les faire converger en un foyer sur la rétine; il les réfracte seulement à un degré tel qu'ils traversent l'œil à peu près parallèlement, et sont ainsi dans de bonnes conditions pour projeter sur la rétine des ombres nettes des objets qui se trouvent sur ou dans l'œil.

a. La lentille apparaîtra pleine de lumière, et dans cette lumière on verra une variété d'ombres et de taches, isolées ou formant des traînées, qui seront la projection des ombres ci-dessus mentionnées. Les figures aperçues dans ce champ lumineux varieront d'une personne à l'autre, et même d'un œil à l'autre, mais dans presque tous les yeux on en trouvera qui se meuvent, et d'autres qui restent immobiles ou qui ne se meuvent qu'avec l'œil. Quelques-unes des figures qui se meuvent proviennent de particules et de gouttelettes graisseuses qui se trouvent sur la surface de l'œil; elles paraissent se mouvoir de haut en bas, et sont modifiées par le clignement. Remarquez, par exemple, les bandes horizontales qui suivent un lent mouvement ascen-

dant et descendant de la paupière supérieure. Les phénomènes de ce genre, dont la cause n'est pas réellement dans l'œil mais en dehors de celui-ci, ont été appelés *pseudentoptiques* par Laqueur. D'autres, les *muscæ volitantes* (*mouches volantes*), sont fréquemment aperçus sans appareils spéciaux; ils se montrent sous la forme de fils irréguliers brillants, de traînées de perles, de groupes de points, ou de petits cercles isolés avec centres lumineux. Ils semblent se mouvoir de haut en bas dans le champ visuel, mais en réalité ils se meuvent de bas en haut dans l'humeur vitrée où ils se trouvent. Des figures permanentes, les unes sont dues à des irrégularités de structure ou à des corpuscules du cristallin et de sa capsule (taches avec centres sombres ou lumineux, lignes irrégulières brillantes, lignes sombres radiées correspondant probablement à la structure radiée du cristallin); d'autres, d'un caractère relativement permanent, peuvent, dit-on, être produites sur la cornée par frottement ou pression prolongés exercés sur le globe de l'œil.

b. Le cercle de lumière dans lequel on voit ces figures représente la pupille, et le fond sombre qui l'entoure est l'ombre de l'iris. Remarquez le changement de grandeur du cercle lorsque vous accommodez pour différentes distances (Cf. expérience 108), ou lorsque l'autre œil est exposé à la lumière ou privé de lumière. Le changement commence au bout d'une demi-seconde environ. Il montre la connexion étroite des mécanismes des deux iris, et illustre d'une façon typique la manière dont les deux yeux coopèrent comme parties d'un seul organe visuel.

Quelques-unes de ces observations entoptiques peuvent être faites simplement avec une carte percée, ou en regardant directement une grande étendue d'un ciel clair, sans aucun appareil.

Helmholtz, *A*, 184-192, et Planche I qui montre l'aspect de plusieurs de ces objets entoptiques, Fr. 204-214 (149-156) et Planche V, et aussi 548-558 (419-427); Laqueur.

441. *Vaisseaux sanguins de la rétine; images de Purkinje.* — *a.* Concentrez une lumière intense (de préférence dans une chambre obscure) ou même la lumière directe du soleil, au moyen d'une lentille biconvexe de court foyer, sur la sclérotique, dans le coin extérieur de l'œil du sujet, en lui demandant de tourner l'œil vers le nez et en lui donnant un fond sombre à regarder. Faites la tache de lumière sur la sclérotique aussi petite et aussi nette que possible, et donnez à la lentille un léger mouvement de va-et-vient ou circulaire. Au bout de quelque temps, le sujet verra dans le champ visuel, que la lumière rendra jaune rougeâtre, la figure rameuse et sombre des ombres des vaisseaux de la rétine. Remarquez que le point directement fixé est entouré partiellement, mais non traversé, par les vaisseaux. C'est là que se trouve la tache jaune (*macula lutea*), la région de la rétine où la vision est la plus nette. Le centre d'où les vaisseaux rayonnent se trouve au point d'entrée du nerf optique. Dans cette expérience la lumière rayonne dans toutes les directions à l'intérieur de l'œil, à partir du point éclairé de la sclérotique.

b. On obtient une image analogue en mouvant une bougie près de l'œil, en dessous et un peu latéralement. Le mouvement doit être un peu rapide, et pas très étendu, — un ou deux pouces peut-être. Dans cette expérience on aperçoit quelque peu la région de la tache jaune. Cette fois la lumière entre par la pupille, forme une image sur une partie de la rétine un peu éloignée du centre, et cette image rétinienne est elle-même la source de lumière par laquelle les ombres des vaisseaux sont projetées.

c. Au travers d'un trou d'épingle pratiqué dans une carte tenue aussi près de l'œil que possible regardez le ciel ou quelque autre surface éclairée ou une large flamme de gaz. Imprimez à la carte un mouvement circulaire assez rapide; vous verrez facilement les vaisseaux fins de la région de la tache jaune et parmi eux vous apercevrez aussi un point coloré ou légèrement teinté (il se voit le mieux, peut-être, à

la lumière du gaz), représentant la *macula*, et au centre un point foncé (représentant la *fovea*, le point de la vision la plus nette), qui paraît avoir un mouvement rotatoire lorsque le mouvement de la carte est circulaire. Si la carte est mue horizontalement, les vaisseaux verticaux seuls apparaissent; si elle est mue verticalement, les vaisseaux horizontaux sont seuls aperçus. Remarquez aussi l'apparence granulée de la *macula*; les granulations, a-t-on supposé, représentent les cônes visuels de cette région. Les vaisseaux rétiniens fins peuvent aussi être aperçus quand on regarde le champ vide d'un microscope, en mouvant l'œil rapidement.

Dans tous les cas il est important que les ombres soient maintenues en mouvement; si elles s'arrêtent, elles disparaissent. L'explication est en partie physiologique (les parties de la rétine sur lesquelles les ombres se portent gagnent bientôt assez en sensibilité pour compenser la moins grande quantité de lumière reçue) et en partie psychologique (des objets qui se meuvent éveillent en général l'attention spontanée, et ceux dont les images demeurent immobiles sur la rétine sont particulièrement sujets à être négligés).

Une fois qu'on s'est familiarisé avec ces images des vaisseaux, il est souvent possible d'en voir des traces sans aucun appareil. Des parties de ces images avec quelque trace de la tache jaune peuvent parfois être aperçues pendant un instant sous l'aspect de figures sombres sur les murs ou plafonds éclairés d'une lumière diffuse, ou sous l'aspect de figures lumineuses dans le champ sombre des yeux clos, lorsqu'on ouvre et ferme les yeux après avoir jeté un coup d'œil sur la fenêtre en s'éveillant le matin, ou sous l'aspect de figures bleues lorsqu'on regarde la neige et qu'on cligne les yeux par un clair matin d'hiver.

112. *Circulation rétinienne.* — Regardez fixement à travers deux ou trois épaisseurs de verre bleu le ciel clair ou un nuage vivement éclairé; et remarquez les points brillants se mouvant rapidement de-ci et de-là, comme des abeilles dans un essaim ou des flocons de neige un jour de vent. Une observation attentive fera constater aussi que les points brillants sont suivis par d'autres foncés. Choisissez une tache sur la vitre pour immobiliser les yeux, et remarquez que, tandis que les mouvements des points paraissent irréguliers, ils refont de temps en temps les mêmes parcours. Lorsque quelques-uns de ces parcours auront été soigneusement déterminés pour un œil, répétez l'expérience qui sert à montrer les vaisseaux fins de la rétine (expérience 111, c) et remarquez que l'on en trouve qui correspondent aux parcours que semblent suivre les points. Ces points volants peuvent être aperçus sans le verre en fixant fermement une surface brillante uniformément éclairée; et parfois on remarquera dans leurs mouvements une accélération rythmique correspondant au pouls. Helmholtz explique le phénomène par une obstruction momentanée de fins vaisseaux capillaires produite par de volumineux corpuscules du sang. Les lignes brillantes (parcours apparents des points brillants) sont en réalité les tubes capillaires relativement vides en avant des corpuscules; ceux-ci après un instant sont chassés en avant par d'autres qui se pressent derrière et qui à leur tour produisent l'ombre qui suit les points brillants.

Helmholtz, *A*, 198 s., Fr. 221 (337), 555 (425); Rood.

113. *La tache aveugle. Expérience de Mariotte.* — Le point où le nerf optique pénètre dans l'œil est dépourvu d'organes visuels terminaux et ne répond pas à l'excitation de la lumière. Cette insensibilité se démontre facilement au moyen des figures ci-dessous.

a. Fermez l'œil gauche, et fixant de l'œil droit l'astérisque

supérieur de la figure, approchez cette dernière ou éloignez-la de l'œil jusqu'à ce que vous trouviez une position pour laquelle l'ovale noir disparaisse. Pour la tache aveugle de l'œil gauche, retournez la figure et fermez l'œil droit.

★



★

Fig. 12.

L'existence de la tache aveugle peut être démontrée en même temps pour les deux yeux avec la figure suivante. L'expérimentateur doit fixer l'astérisque pendant qu'il tient une carte dans le plan médian de la tête, afin d'empêcher chacun des yeux de voir la partie de la figure que voit l'autre.



★



Fig. 13.

b. Pour dessiner la projection de la tache aveugle, disposez un appui-tête vis-à-vis d'une feuille de papier blanc placée verticalement à 15 ou 18 pouces de distance. Faites une marque sur le papier à titre de point de fixation. Fixez à l'extrémité d'une baguette légère un carré de papier noir d'environ 2 millimètres de côté, ou noircissez l'extrémité de la baguette avec de l'encre. Mettez la tête en position, fermez un œil et fixez le point avec l'autre. Faites mouvoir lentement la baguette de manière à amener le petit carré noir sur la partie du papier correspondant à la tache aveugle, et marquez sur le papier les endroits où le carré disparaît ou réapparaît. Répétez en différents points jusqu'à ce que le contour de la projection de la tache aveugle soit complet.

Si l'opération est faite avec soin, le dessin montrera probablement aussi les points de départ des gros vaisseaux qui entrent dans l'œil avec le nerf.

Helmholtz, *A*, 250-254, Fr. 284-289 (210-214).

114. Le remplissement de la tache aveugle présente un intérêt psychologique considérable. L'esprit supplée ce qui manque dans la sensation, et en le faisant il est influencé à la fois par les sensations éprouvées par les parties de la rétine qui entourent la tache aveugle et par l'expérience antérieure. Dans la vision binoculaire ordinaire la tache aveugle d'un œil correspond à une région sensible de l'autre; grâce à ce fait et aux mouvements des yeux la lacune se trouve amplement comblée. La tache, en outre, est tellement en dehors du champ de la vision nette que son existence n'est généralement pas remarquée, même dans la vision monoculaire.

a. Lorsque l'image de l'ovale en *a* dans l'expérience précédente tombe entièrement sur la tache aveugle, le papier paraît uniformément blanc, parce que les parties adjacentes de la rétine sont excitées par du blanc. Mais lorsque la figure est tenue un peu plus près, de sorte que le bord de l'ovale noir soit visible, le remplissement est en partie noir et en partie blanc.

b. L'effet de l'expérience se manifeste lorsqu'on remplace l'ovale par une figure telle que la suivante, ou par toute autre dans laquelle les barres se détachent bien l'une de l'autre et du fond.

Lorsque l'image du milieu de cette figure tombera sur la tache aveugle, une des barres paraîtra couper l'autre complètement. Les barres qui se coupent complètement sont tellement plus fréquentes dans l'expérience ordinaire que celles qui se coupent comme dans la figure, que les sensations des parties adjacentes de la tache aveugle sont interprétées dans ce sens. L'habileté à observer dans la vision

indirecte paraît empêcher quelque peu ce processus de remplissement, probablement en aidant à distinguer plus exactement le caractère des sensations éprouvées. Helmholtz

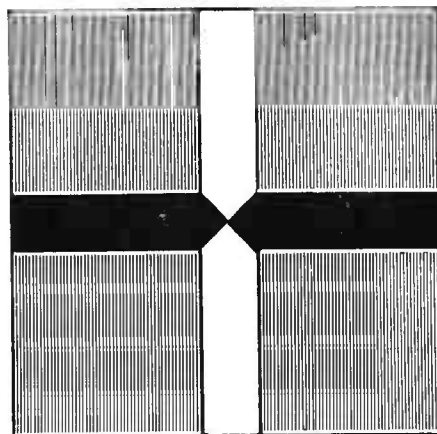


Fig. 14.

et Aubert trouvent l'un et l'autre qu'ils sont incapables de déterminer comment les parties de la figure qui tombent sur la tache aveugle sont interprétées.

Helmholtz, *A*, Fr. 734-745 (574-583); Aubert, *A*, 595.

115. *La tache jaune, la macula lutea.* — La projection de la tache jaune dans le champ visuel peut être rendue visible de plusieurs façons. Deux ont déjà été mentionnées dans l'expérience 111 ; en voici d'autres : fermez les yeux pendant quelques secondes, et puis regardez au travers d'une bouteille plate contenant une solution d'alun de chrome vers une surface brillamment éclairée ou vers le ciel bleu. Dans la solution vert-bleu vous apercevrez une tache rose qui correspond à la tache jaune. La lumière qui traverse la solution d'alun de chrome est surtout un mélange de rouge, de vert et de bleu. Le pigment de la tache jaune absorbe une partie du bleu et du vert et transmet le reste, ce qui donne un mélange rose, aux organes visuels qui sont derrière lui. Le même phénomène peut être brillamment

démontré avec des feuilles de gélatine violettes ou pourpres.

Helmholtz, *A*, Fr. 548-551 (419-421); Maxwell; Sachs; Hering, *C*.

116. *Eclairage intermittent*. — La région de la tache jaune peut être vue en même temps que beaucoup d'autres figures et dessins curieux, lorsque l'éclairage d'un seul œil est rendu intermittent en faisant mouvoir rapidement de-ci et de-là devant lui les doigts écartés. On peut voir quelque chose lorsque, les yeux ouverts, on fixe une surface uniformément éclairée; mais on voit davantage lorsque les yeux sont fermés et tournés vers un ciel brillant ou vers le soleil lui-même. Les figures diffèrent probablement suivant les yeux; quelques-unes sont belles et d'un dessin complexe. Parfois, lorsqu'on les fixe longtemps, ces figures font place plus ou moins complètement à un flot général de fines particules rappelant les points volants de l'expérience 112, mais plus petites et d'un cours moins régulier. Vierordt attribuait le phénomène à la circulation du sang dans les vaisseaux de la rétine; Helmholtz incline à croire qu'il s'agit des fines particules de la lymphe plutôt que des corpuscules du sang. Des phénomènes semblables peuvent être observés avec des disques blancs et noirs lorsqu'on leur imprime un mouvement de rotation moins rapide que celui qu'il faut pour produire un mélange uniforme du noir et du blanc.

Helmholtz, *A*, 532 s., Fr. 502 (381) s.; Exner, *F*.

117. *Acuité visuelle, minimum visible*. — *a*. Placez la figure composée de lignes parallèles de l'expérience 118 de manière qu'elle soit bien éclairée, et éloignez-vous jusqu'à ce que les lignes cessent juste de pouvoir être distinguées. Si les yeux de l'expérimentateur ne sont pas normaux, il se servira de lunettes qui lui permettront de voir nettement à la distance requise. Mesurez la distance comprise

entre l'œil et la figure, et calculez l'angle dont le sommet se trouve au point de croisement des lignes de direction (environ 7 millimètres en arrière de la cornée et 15 millimètres en avant de la rétine) et qui a pour base la distance qui sépare le milieu de l'une des lignes de la figure du milieu de la suivante : dans cette figure 1^{mm},6. Cet angle mesure la plus petite étendue perceptible lorsqu'il y a discrimination; la plus petite étendue lumineuse qui puisse encore impressionner la rétine est beaucoup plus petite, comme le prouve la visibilité des étoiles.

b. Le pouvoir de discrimination de la rétine diminue rapidement, dans toutes les directions, à partir de la *fovea*, — plus rapidement en haut et en bas que dans la direction horizontale. Disposez un appui-tête et un plan perpendiculaire comme dans l'expérience 113 *b* (ou, si vous avez à votre disposition un périmètre, servez-vous-en). Fixez au bout de la baguette dont vous vous êtes servi dans cette expérience une carte sur laquelle vous aurez marqué deux points noirs de 2 millimètres de diamètre, dont les centres seront à 4 millimètres l'un de l'autre. Faites avancer la carte horizontalement vers le point de fixation, en commençant au delà de la position à partir de laquelle les deux points peuvent être distingués, et avançant jusqu'au moment où vous pouvez juste les distinguer. Mesurez la distance à partir du point de fixation et répétez plusieurs fois à droite et à gauche du point de fixation, en tenant la carte de façon à ce que les deux points noirs soient dans chaque cas à égale distance de ce point. Essayez la même chose pour le méridien vertical.

Helmholtz, *A*, 255-264, Fr. 291-301 (215-223); Uthoff. Sur *a*, Aubert, *A*, 579-585; sur *b*, 585-591. Sur *b*, voir aussi Exner, *D*, 242 ss.

118. *Expérience de Bergmann.* — Placez la figure de gauche de manière qu'elle soit bien éclairée, et regardez-la à la distance d'un mètre et demi ou deux mètres. Remarquez l'apparence sinueuse et en chapelet des lignes. Cela est dû, pense Helmholtz, à l'arrangement en mosaïque des cônes

visuels. Les cônes qui sont touchés par l'image de l'une des lignes blanches sont excités dans la mesure où ils sont atteints. Ceux qui sont fortement excités fournissent la sensation de la ligne blanche avec ses irrégularités ; ceux qui sont peu excités se joignent à ceux qui ne sont aucunement touchés pour donner l'image de la ligne noire et de ses irré-

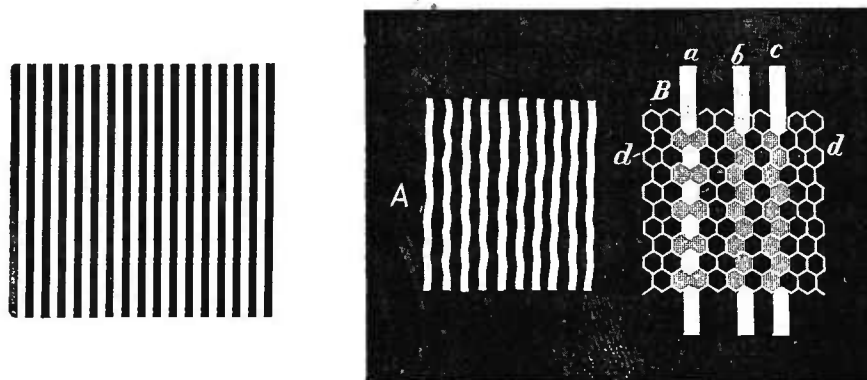


Fig. 15 et 16.

gularités. Le phénomène est représenté schématiquement dans la figure de droite. Von Fleischl, d'autre part, a fait des expériences pour montrer que l'aspect sinueux et perlé des lignes n'est pas en rapport avec la mosaïque rétinienne, mais plutôt avec des mouvements des yeux qui entraînent avec eux le point de fixation de part et d'autre des lignes. Son explication ne va pas plus loin.

Helmholtz, *A*, 257-258, Fr. 293-294 (217-218); von Fleischl.

119. *Excitation mécanique de la rétine.* — *a. Phosphènes.* Tournez l'œil ouvert ou fermé aussi loin que possible vers le nez et pressez sur la paupière à l'angle externe avec le doigt ou l'extrémité d'un porte-plume. Sur le côté opposé du champ visuel, vous apercevrez un cercle plus ou moins complet de lumière entouré d'une bordure sombre étroite, entourée elle-même d'un anneau lumineux étroit. Remarquez la couleur de la lumière ainsi vue. Obtenez des phosphènes en pressant en d'autres points du globe de l'œil.

b. Appuyez modérément sur l'œil avec un objet de grande dimension, par exemple avec l'angle du poignet lorsque la main est courbée en arrière, et continuez de presser pendant une minute ou deux. Vous apercevrez des figures tremblotantes particulières et des effets de couleurs étranges. Helmholtz compare les premières au picotement d'un membre engourdi.

c. Placez-vous devant une fenêtre, fermez les yeux et tournez-les vivement de côté et d'autre. Lorsqu'ils atteignent la position extrême soit à droite soit à gauche, remarquez directement devant le visage une tache bleue soudaine entourée d'une bordure jaune. On pourra observer aussi une seconde tache plus faible, et plus éloignée du centre dans la direction du mouvement. La première tache est due à une excitation mécanique d'une région de la rétine située sur le bord de la tache aveugle et provient de l'œil qui se tourne en dedans. La seconde tache vient de la région correspondante de l'autre œil.

Helmholtz, *A*, 235-239, Fr. 266-270 (196-200), 744 (583) s.

120. *Lumière propre de la rétine. Chaos de lumière. Poussière lumineuse.* — *a.* Fermez les yeux et couvrez-les de manière à exclure toute lumière, en ayant soin de ne pas les comprimer; ou bien expérimentez dans une chambre tout à fait obscure. Donnez le temps aux effets persistants de la lumière objective de disparaître, puis surveillez l'apparition des nuages mouvants de lumière rétinienne. La cause de la lumière rétinienne n'est pas très bien connue, mais on suppose qu'il s'agit d'une action chimique du sang sur la partie nerveuse de l'appareil visuel. Aubert estime que sa clarté est environ la moitié de celle d'une feuille de papier éclairée par la planète Vénus lorsque celle-ci est dans tout son éclat.

b. Lorsque vous êtes éveillé pendant la nuit dans une chambre qui est presque entièrement obscure (par exemple,

dans laquelle on ne peut distinguer la forme de la fenêtre ni des grandes pièces de l'ameublement) remarquez que la couleur blanche de votre vêtement peut être perçue faiblement lorsque vous mouvez votre bras, mais non lorsque vous le laissez immobile. Dans ce dernier cas, la très faible lumière que le vêtement réfléchit n'est pas suffisante pour permettre de le distinguer des nuages de la lumière idio-rétinienne.

Helmholtz, *A*, 242-243, Fr. 274-275 (202-203). Sur *b*, Helmholtz, *B*.

121. *Excitation électrique de l'appareil visuel.* — Humectez complètement avec de l'eau salée les électrodes et les parties de la peau auxquelles vous allez les appliquer. Placez l'une des électrodes sur le front (ou sur le bord de la table et appuyez le front dessus), l'autre sur la nuque; ou, si le courant est assez fort, tenez-la dans la main ou placez-la sur la table en mettant la main dessus. Chaque fois que vous ouvrirez ou fermerez le circuit, vous verrez une lueur brillante, que les yeux soient fermés ou qu'ils soient ouverts. Les effets d'un courant continu peuvent être observés si l'on a les yeux fermés et couverts. Dans ce cas il est bon d'appliquer l'électrode lentement et avec soin de manière à éviter autant que possible la lueur causée par la fermeture subite du circuit. Lorsque l'électrode positive sera sur le front, la négative sur la nuque, une lumière violette pâle passagère s'étendra sur tout le champ visuel, en formant un point brillant à son centre. Des traces de la tache aveugle seront parfois aussi aperçues. La lumière violette disparaît bientôt, et, lorsqu'on ouvre le circuit, le champ visuel s'obscurcit notablement, et la tache aveugle apparaît momentanément sous la forme d'un disque brillant. Lorsque l'électrode négative est sur le front et la positive sur la nuque, les phénomènes sont généralement renversés, l'obscurcissement apparaissant quand on ferme le circuit, la lumière violette quand on l'ouvre. Helmholtz résume ces expériences et d'autres dans la loi suivante :

« Un courant électrique constant qui traverse la rétine en allant des cônes aux cellules ganglionnaires produit la sensation d'obscurité ; un courant en sens inverse produit la sensation de clarté » (*Phys. Opt.*, 2^e éd., p. 247). Le fait que la tache aveugle apparaît comme un disque d'une couleur autre que celle du reste du champ visuel semble dû à ce que les parties sensibles de la rétine qui l'entourent immédiatement sont en quelque mesure protégées du courant électrique, et comme de coutume leur état est attribué à la tache aveugle elle-même. L'expérience n'est pas absolument agréable, étant donné la sensation que le courant produit dans la tête, la saveur électrique dans la bouche et la rougeur de la peau qui se manifeste au-dessous des électrodes.

Helmholtz, *A*, 243-248, Fr. 275-281 (203-207), 744 (583).

FATIGUE RÉTINIENNE ET ADAPTATION

122. *Fatigue rétinienne.* — Regardez fixement en tenant les yeux parfaitement immobiles un point sur un tapis bariolé ou sur le papier d'un mur, et remarquez l'effet uniformisant de la fatigue. Les différences de couleur et de dessin disparaissent peu à peu, et tout le champ visuel devient un nuage presque uniforme. Les parties de la rétine qui sont fortement excitées sont abaissées au niveau général, celles qui sont peu excitées s'élèvent à ce niveau. Chaque clignement ou mouvement léger des yeux provoque une illumination générale du champ visuel et repose la vision. L'expérience est particulièrement facile à faire lorsqu'on regarde une surface uniforme sur laquelle se trouvent des ombres légères.

Helmholtz, *A*, 508, 555 ss., Fr. 478 (362), 527 (402) ss. ; Fick, *B*, 222 ; Treitel ; Hering, *C*. Voir aussi sur ce sujet la discussion entre A. E. Fick et Hering.

123. *Adaptation de l'œil.* — *a.* L'adaptation de l'œil à l'intensité de la lumière est effectuée partie par un changement de grandeur de la pupille, et partie par des changements qui se produisent dans la rétine elle-même. Le premier phénomène est d'observation courante, et l'association qui existe entre les deux yeux sous ce rapport a été signalée dans l'expérience 110 *b*. Les effets résultant du passage d'une chambre obscure dans une chambre éclairée, et *vice versa*, et l'amélioration progressive de la vision lorsqu'on prolonge le séjour dans l'une ou dans l'autre, sont aussi familiers à chacun.

b. Il n'a cependant pas été aussi généralement remarqué que l'adaptation à une lumière très faible est beaucoup plus favorable à la perception d'une lumière incolore qu'à celle d'une lumière colorée. C'est ce qu'on peut facilement observer dans une chambre obscure, au moyen de lueurs isolées produites par un tube de Geissler assez faible. Avant qu'on ait fait l'obscurité et pendant quelques instants après, les couleurs de la lumière sont facilement perçues. Mais, au bout de quelque temps, elles disparaissent presque ou complètement, paraissant se perdre dans l'éclat accru de la lumière blanche. Il est important qu'il y ait entre les étincelles un intervalle suffisant pour permettre aux effets de l'une de disparaître entièrement avant qu'une autre soit produite. Si la salle n'est pas complètement obscure, la tête de l'observateur et le tube doivent être couverts avec soin d'une étoffe opaque pour permettre l'adaptation complète.

Aubert, *A*, 483 ss., *B*, 25 ss.; Charpentier, *A*, 154 ss.; Treitel; Hering, *C*. Sur *b*, Hillebrand.

IMAGES CONSÉCUTIVES

Images accidentelles ou consécutives. — Les images consécutives dans lesquelles les relations de lumière et d'ombre

de l'objet original sont conservées sont appelées *images consécutives positives*. Celles dans lesquelles ces relations sont renversées (comme dans une image photographique négative) sont appelées *images consécutives négatives*. Les images consécutives positives sont de couleurs variées, mais les plus importantes à signaler ici sont celles qui sont de la couleur même de l'objet, et celles qui sont de la couleur complémentaire. Les images consécutives négatives, pour autant qu'on l'a observé jusqu'ici, sont toujours de couleur complémentaire. Toutes les images consécutives, et particulièrement les positives, peuvent le mieux être observées le matin, lorsque les yeux sont bien reposés.

124. *Images consécutives négatives*. — *a.* Regardez fixement pendant une minute un point fixe de la fenêtre, puis un écran blanc ou un mur uniformément éclairé et sans dessins; les parties sombres de la fenêtre apparaîtront maintenant brillantes, et *vice versa*.

b. Obtenez une image consécutive durable, puis regardez un coin de la chambre ou une chaise ou quelque autre objet dont la surface ne soit pas plane; observez comment l'image semble s'adapter à la surface sur laquelle elle est projetée. Après un peu d'exercice, on pourra aussi à volonté voir l'image flotter dans l'air, au lieu de la voir fixée sur le fond.

c. Regardez fixement un objet vivement coloré ou des morceaux de papier de couleur, puis l'écran; remarquez que les couleurs des images consécutives sont approximativement complémentaires des couleurs des objets qui les produisent.

d. *Images consécutives négatives sur un fond légèrement teinté de la couleur excitatrice*. — Fixez sur l'appareil rotatif un disque blanc sur lequel on aura peint une étoile rouge à six rayons. Faites tourner le disque rapidement, placez-vous de manière que vos yeux soient à 8 ou 10 pouces du disque, et après une demi-minute reculez-vous subite-

ment à 30 ou 40 pouces. Dès que la tête aura été reculée, la couleur complémentaire entourera le disque de tous les côtés, tandis que le rouge se contractera. Lorsqu'on approchera de nouveau la tête, le rouge s'étendra et le vert-bleu disparaîtra. La cause de l'irruption du bleu dans le premier cas est la contraction de l'image rétinienne, laquelle, naturellement, diminue de grandeur lorsqu'on recule la tête, et est ainsi amenée sur des parties de la rétine qui ont été fortement excitées. Lorsque la tête s'approche du disque, l'image rétinienne s'agrandit, et sa partie extérieure vient occuper une région reposée de la rétine¹

Les images consécutives négatives sont parfois très persistantes, et pour cette raison sont celles qui sont le plus fréquemment remarquées dans l'expérience ordinaire. Elles sont des phénomènes de fatigue rétinienne (Helmholtz), ou de restauration rétinienne (Hering).

125. *Images consécutives positives.* — Ces images ne sont pas difficiles à voir, si, après une courte excitation, l'œil est mis à l'abri de l'action de la lumière. Ainsi lorsque le gaz est tout à coup éteint dans une chambre obscure, l'image positive de la flamme et du bec est perçue très facilement.

a. Regardez un instant (un tiers de seconde) la fenêtre, puis fermez les yeux et couvrez-les. Remarquez que l'image consécutive est semblable à la fenêtre quant à la distribution de la lumière et de l'ombre, des vitres claires et des barreaux sombres, et d'abord semblable aussi quant à la couleur. Après quelque exercice il est de même possible de voir, pendant une petite fraction de seconde, l'image consécutive positive de presque tout objet brillant en tournant subitement les yeux de l'objet vers quelque autre partie du

¹ Pour une expérience encore plus simple, voir *Mind*, Sér. 2, II, 1893, 485, note.

champ visuel, surtout si ce dernier est sombre. L'image consécutive positive dure peu et est moins facilement remarquée que la négative. Elle a généralement été considérée comme un phénomène d'inertie rétinienne, un prolongement de l'excitation rétinienne primitive, et un tel prolongement existe sans aucun doute. Charpentier et Hess, cependant, dans des expériences avec excitation très brève, ont découvert une image négative fugitive s'interposant entre l'impression primitive et l'image consécutive positive ordinaire observée en cas d'excitation prolongée. La série complète serait alors : 1° prolongation de l'excitation primitive; 2° première image négative; 3° image consécutive positive ordinaire; 4° image consécutive négative ordinaire.

b. Images consécutives positives colorées. — Regardez pendant un instant une flamme de gaz au travers d'un verre rouge, puis fermez et couvrez les yeux, et remarquez l'image consécutive rouge; répétez l'expérience, en continuant à fixer la flamme pendant une demi-minute: l'image consécutive sera brillante comme avant, mais de la couleur complémentaire.

c. Images consécutives sur fonds sombres et sur fonds clairs. — Obtenez une image consécutive modérément intense de la fenêtre, et projetez-la alternativement sur une feuille de papier blanc et sur le champ sombre des yeux fermés et couverts; elle sera négative sur le fond blanc, et positive sur l'autre. Quelques observateurs constatent une réapparition périodique d'images consécutives positives, ou une alternance d'images positives et négatives, sur le même fond.

d. Succession de couleurs. — Obtenez une bonne image consécutive de la fenêtre, et observez, les yeux fermés et couverts, le jeu des couleurs à mesure que l'image s'évanouit. Essayez plusieurs fois, et remarquez que l'ordre de succession est constant. Selon Hering, ce jeu de couleurs

n'aurait pas lieu si l'excitant primitif était tout à fait incolore.

Sur les expériences 124 et 125 consultez : Helmholtz, *A*, 480 ss., 501 ss., Fr. 446 (338); 471-500 (357-380); Wundt, *A*, 3^e éd., I, 472-476, 4^e éd., I, 512 ss.; Hess; Charpentier, *B*. Voir aussi les références données au chapitre VI pour le contraste successif.

126. *Effet des mouvements des yeux sur les images consécutives.* — Obtenez une image consécutive modérément intense de la fenêtre; regardez le mur et imprimez aux yeux un mouvement actif et constant. L'image sera aperçue avec difficulté pendant que les yeux seront en mouvement, mais elle apparaîtra bientôt lorsqu'ils cesseront de se mouvoir. En général, toute excitation visuelle qui se meut avec l'œil, produit moins d'effet qu'une autre qui ne se meut pas.

Exner, *A*.

127. *Le siège de l'image consécutive.* — Une image consécutive due à l'excitation d'un seul œil peut dans certaines conditions favorables paraître être vue par l'autre. De ce fait on a inféré que le siège des images consécutives est central, et non périphérique; c'est-à-dire qu'il serait dans les centres visuels cérébraux, soit supérieurs soit inférieurs, et non dans la rétine. L'expérience suivante montre cependant que l'image consécutive est perçue réellement avec l'œil excité d'abord, et rend ainsi l'hypothèse d'un siège central inutile.

a. Regardez fixement et longtemps un morceau de papier rouge sur fond blanc, en vous servant seulement d'un œil, par exemple du droit, et gardant l'autre fermé. Lorsqu'une image consécutive intense aura été obtenue, éloignez le papier, fermez l'œil droit, ouvrez le gauche, et de nouveau regardez fermement un point fixe sur le fond blanc; après un moment le champ s'obscurcira, et l'image consécutive réapparaîtra. Si le papier rouge ne produit pas une image suffisamment persistante, substi-

tuez-lui une flamme de gaz ou quelque autre objet brillant.

b. Que nous ayons affaire réellement à l'œil primitivement excité (son champ obscur actuel supprimant le champ clair de l'autre œil) c'est ce qui ressort d'expériences comme les suivantes : obtenez une image consécutive comme tout à l'heure, puis ouvrez les deux yeux et placez un morceau de carton alternativement devant chaque œil. Lorsqu'il est devant l'œil gauche l'image devient plutôt plus brillante ; devant l'œil droit, elle s'obscurcit ou disparaît. L'image est ainsi affectée surtout par ce qui affecte l'œil droit.

c. Obtenez de nouveau l'image consécutive, et fermez et couvrez les deux yeux ; remarquez la couleur de l'image consécutive lorsqu'elle est projetée sur le champ obscur ; puis ouvrez l'œil gauche, laissant le droit fermé et couvert. L'image consécutive sera vue non pas avec la couleur qu'elle a lorsque l'œil droit est ouvert et qu'elle est projetée sur le champ clair, mais avec la couleur qu'elle a sur le champ sombre de l'œil fermé.

Ces expériences prouvent que les images consécutives appartiennent à la moitié excitée de l'appareil visuel, mais elles ne montrent pas si les images appartiennent à la rétine de cette moitié ou aux centres nerveux qui sont en connexion avec elle. D'autres considérations, comme par exemple le fait que l'image suit tous les mouvements de l'œil, même ceux qui sont d'ordinaire inconscients, qu'elle est affectée par des pressions exercées sur le globe de l'œil et par des courants électriques envoyés à travers l'œil, enfin les expériences directes d'Exner sur l'excitation de la rétine et du nerf optique, parlent en faveur du siège rétinien, que l'opinion courante est pratiquement unanime à admettre. Quelques observateurs cependant ont réussi à obtenir une image consécutive binoculaire d'un caractère quelque peu différent ; voir la section sur la vision binoculaire, chapitre VI.

128. *Images consécutives de mouvement.* — Ces images consécutives peuvent s'obtenir de presque tout objet se mouvant de façon continue. Elles sont souvent désagréablement frappantes après qu'on a regardé l'eau du haut du pont d'un navire ou le paysage par la fenêtre d'un wagon. Les expériences ci-dessous fournissent quelques exemples de l'une des méthodes employées dans les laboratoires pour les produire.

a. Fixez sur l'appareil rotatif un disque portant un grand nombre de secteurs égaux blancs et noirs. Imprimez-lui une rotation lente et regardez-le fixement. La vitesse ne doit pas être assez grande pour brouiller beaucoup les contours des secteurs. Après quelques instants de fixation ferme, arrêtez subitement le disque et remarquez son lent mouvement apparent en arrière.

b. Fixez sur l'appareil un disque comme celui qui est représenté dans la figure ci-jointe, et obtenez une image



Fig. 17.

consécutives comme avant, en fixant le centre. Arrêtez subitement le disque, ou bien portez vos regards sur une page d'impression ou sur le visage d'un assistant et remarquez l'apparente contraction ou dilatation, en sens

inverse du mouvement qui a précédé, de la spirale. Des illusions d'augmentation ou de diminution de distance accompagnent quelquefois celles de mouvement avec ce disque. Répétez l'expérience, mais cette fois, au lieu de regarder quelque objet, fermez les yeux et tournez-les vers le ciel ou vers une autre source de lumière brillante. Le mouvement apparent sera observé de nouveau dans le champ rouge-jaune.

c. Tenez sur la moitié du disque en rotation un morceau de carton, fixez le centre du disque, et obtenez l'image consécutive. Remarquez que l'image consécutive est limitée à la région de la rétine excitée.

d. Obtenez une image consécutive monoculaire de la spirale, avec l'œil droit par exemple. Puis fermez l'œil droit et ouvrez le gauche; l'image consécutive du mouvement sera projetée comme celle de la couleur dans l'expérience 127.

e. Tenez juste au-dessus du disque de la spirale un disque plus grand en carton, présentant une fente radiale d'un pouce ou deux de large. Lorsque la spirale tourne, on voit une mince bande dans laquelle le mouvement a lieu dans une seule direction. Obtenez une image consécutive intense et observez-la les yeux fermés comme en *b* ci-dessus. Il sera quelquefois possible, du moins pendant un instant, de constater une illusion inverse de la précédente; la partie de l'image correspondant à la fente paraîtra demeurer immobile, tandis que les parties adjacentes se mouvront; ou bien les deux paraîtront se mouvoir, mais dans des directions opposées. Cette expérience paraît plus facile à réussir avec l'antirrhéoscope, où le champ en mouvement est plus étendu. Avec cet instrument, l'effet mentionné peut être observé dans l'image consécutive ordinaire.

Lorsqu'une image consécutive intense est projetée sur une série de lignes droites à angle droit avec la direction du mouvement, quelques observateurs ont vu ces lignes

plus ou moins déformées par l'effet de la rotation (Budde les a vues ainsi influencées lorsqu'elles ne traversaient pas la partie en mouvement du champ, mais y pénétraient seulement); d'autres ont trouvé que les lignes n'étaient nullement modifiées. Il semble probable que la largeur et la netteté des lignes ont contribué à produire cette différence de résultats.

Exner, qui croit au siège rétinien des images consécutives de couleur, incline à attribuer un siège plus central à celles de mouvement. A son avis, des expériences comme celles qui précèdent indiquent aussi que notre connaissance de tels mouvements est une *sensation*, et non une *perception*.

Les images consécutives de mouvement ont été expliquées par des mouvements réels, quoique inconscients, des yeux, comme les mouvements apparents des objets dans le vertige. L'explication est certainement inexacte; car en *b* il faudrait, semble-t-il, que les yeux se mussent dans toutes les directions à la fois, et *c* montre que l'effet est limité à une portion du champ, ce qui serait impossible si cet effet était dû à des mouvements réels des yeux. Le même point a été démontré par Dvorák au moyen d'un disque à trois spirales concentriques, l'extérieure et l'intérieure étant tracées dans le même sens, tandis que celle du milieu avait été tracée en sens opposé. Dans quelle mesure quelque représentation psychique de mouvements des yeux coopère-t-elle à l'illusion, c'est ce qu'il serait difficile de dire.

Helmholtz, *A*, Fr. 766-769 (603-605); Bowditch and Hall; Mach, *A*, 59-61 (voir aussi 61-65 pour une autre espèce encore d'image consécutive), et *B*, 65-67; Exner, *B* et *C*, 440 ss.; Dvorák; Budde; von Fleischl; Heuse; Zehfuss.

MOUVEMENTS DES YEUX

L'œil est un organe de mouvement aussi bien qu'un organe visuel: et ses fonctions motrices sont d'une grande

importance pour la psychologie, surtout pour la théorie de la perception visuelle de l'espace. Les expériences de l'œil en mouvement ont une influence de contrôle sur ses perceptions même quand il est au repos, ainsi que certaines des expériences du chapitre VII le montreront.

Tous les mouvements de l'œil peuvent être conçus comme des mouvements de rotation de plus ou moins grande étendue autour d'un ou plus des trois axes suivants : un *axe sagittal*, coïncidant à peu près avec la ligne visuelle ; un *axe frontal*, s'étendant horizontalement de droite à gauche ; et un *axe vertical*. Théoriquement ces trois axes se coupent à angle droit au *centre de rotation* de l'œil. On prend comme repère pour mesurer les mouvements des yeux la position (approximativement) que les yeux occupent lorsque la tête et le corps sont droits et que les yeux sont dirigés en avant vers un horizon éloigné. On la connaît sous le nom de *position primaire* des yeux (ou des lignes visuelles) ; toute autre est une *position secondaire*. Le point que fixent les yeux lorsqu'ils sont dans la position primaire est le *point de fixation primaire* (ou *point principal de regard*). Le *champ visuel* est l'étendue que peut voir l'œil au repos. Le *champ de fixation* est l'étendue à l'intérieur de laquelle le point de fixation peut se mouvoir sans mouvements de la tête. Dans les expériences qui suivent, le mot *torsion* est réservé pour les mouvements autour de l'axe sagittal.

129. *Mouvements réflexes de l'œil*. — D'importance première est la tendance réflexe constante de l'œil à se mouvoir de manière à amener toute image brillante qui se fait sur la partie périphérique de la rétine ou toute image sur laquelle l'attention se dirige dans la région de la vision la plus nette. On trouvera un grand nombre de preuves de cette tendance dans les phénomènes ordinaires de la vision. A titre d'expérience, essayez d'examiner attentivement une *musca volitans* ou une image consécutive négative qui se

trouve juste à côté de la ligne visuelle. Le mouvement apparent de l'objet donne la mesure de l'énergie du réflexe.

130. *Mouvements associés des yeux.* — Les deux yeux forment un seul appareil visuel ; et même lorsqu'un œil est fermé il suit dans une large mesure les mouvements de celui qui est ouvert. Les mouvements de bas en haut ou de haut en bas dans la vision normale sont toujours accomplis simultanément par les deux yeux.

a. Fermez un œil, et, appuyant légèrement le bout du doigt sur la paupière, sentez les mouvements de cet œil pendant que l'autre parcourt le champ de fixation.

b. Obtenez une image consécutive monoculaire, comme dans l'expérience 127, et lorsqu'elle paraît visible à l'œil ouvert, remarquez qu'elle accompagne le point de fixation de cet œil lorsqu'il se meut dans le champ de fixation d'un point à un autre.

Aubert, *A*, 651 ss.; Hering, *A*, 519 ss.

131. *Mouvements des yeux lorsque les lignes visuelles sont parallèles.* — Les mouvements considérés ici sont quelque peu simplifiés, afin de rendre l'exposition plus facile.

a. *Loi de Donders ; loi de l'orientation constante* (Helmholtz) ; *loi de position semblable avec direction semblable* (Hering). — Il est évident que lorsque l'œil fixe quelque point du champ visuel, par exemple un point situé dix degrés au-dessus et quinze degrés à droite de la position primaire, sa position n'est pas encore déterminée par rapport à son axe sagittal, mais qu'il pourrait prendre, du moins on peut le concevoir, un nombre infini de positions en tournant de quantités diverses autour de cet axe. Il pourrait aussi, s'il n'était pas entièrement libre dans sa rotation, tourner tantôt d'un angle, tantôt d'un autre, suivant la direction dans laquelle la ligne visuelle se serait mue pour arriver à la position dans laquelle elle se trouverait actuel-

lement. En réalité, cependant, il ne prend pas un nombre infini de positions, mais une et seulement une, n'importe par quels mouvements la ligne visuelle soit arrivée au point considéré. C'est là la *loi de Donders* et le fait qu'elle exprime est important pour la perception sûre et facile des directions dans le champ de fixation, et pour décider si oui ou non des objets ont changé de place dans le champ lorsque l'œil lui-même s'est mu. L'exactitude de cette loi est facile à démontrer.

Faites dans une feuille de carton noir deux fentes d'un huitième de pouce (3^{mm}) de large et de quatre ou cinq pouces (10 à 13^{cm}) de long, se coupant à angle droit. Placez le carton devant la fenêtre ou devant une autre surface très éclairée. Disposez un appui-tête à une distance considérable, et, lorsque la tête est en position, obtenez une image consécutive intense de la croix, en fixant son centre. Alors, sans bouger la tête, tournez les yeux vers différents points du mur et du plafond. L'image éprouvera diverses déformations à cause des différentes surfaces sur lesquelles elle sera projetée, mais, chaque fois que l'œil reviendra au même point, l'image reprendra la même position. Si le mur n'offre pas de dessins qui puissent servir à établir le fait, demandez à un aide d'y marquer la position de l'image. L'image consécutive est, cela va sans dire, fixe sur la rétine et ne peut se mouvoir qu'autant que l'œil se meut.

b. *Loi de Listing*. — Cette loi va plus loin que la loi de Donders, et affirme que non seulement la position est fixe, mais que, dans les mouvements à partir de la position primaire, il n'y a aucune rotation autour de l'axe sagittal. En d'autres termes, la position finale est celle que prendrait l'œil s'il se mouvait de sa position primaire à la position en question, en tournant autour d'un axe fixe qui serait, au centre de rotation, perpendiculaire à la fois à la position primaire et à la nouvelle position de la ligne visuelle. Pour démontrer cela, il faut un peu plus d'attention que pour la dernière expérience.

L'observateur se placera à 25 ou 30 pieds d'un grand pan de mur, avec un bon appui pour la tête comme auparavant. Les lignes visuelles, naturellement, ne sont pas à cette distance absolument parallèles, mais la différence peut être négligée. Sur le mur tendez des ficelles foncées, disposées comme sur la figure ci-jointe. La croix située à l'angle infé-

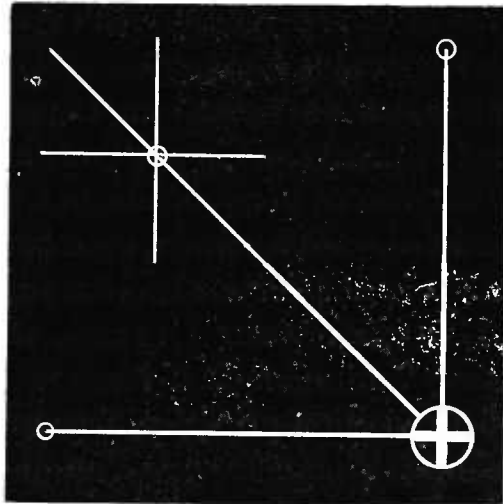


Fig. 18.

rieur de droite doit être approximativement dans la position primaire pour l'observateur. Les longues ficelles verticale et horizontale doivent avoir 12 ou 15 pieds de long, la ficelle inclinée 18 ou 20. L'angle que cette dernière fait avec les autres n'a pas d'importance, tant qu'il n'est pas trop petit. Des points de fixation en carton noir, ou en quelque autre substance bien visible, seront placés aux endroits indiqués par de petits cercles. La croix peut être faite en collant des bandes de papier vivement coloré larges d'un demi-pouce (12^{mm}) et longues d'un pied (30^{cm}) sur un disque de carton blanc, ou, mieux encore, elle peut être formée par la ligne de jonction de quatre secteurs colorés, deux rouges et deux bleus par exemple. Le disque, en tous cas, doit être arrangé de manière qu'il puisse tourner autour de son centre et que l'un de ses diamètres puisse être disposé de façon à coïnci-

der avec la ficelle oblique. Lorsque tout sera arrangé, faites les expériences suivantes :

Détermination exacte de la position primaire. Pour la plupart des observateurs, celle-ci est située un peu au-dessous de la position horizontale. Demandez à l'observateur de fixer le centre du disque jusqu'à ce qu'il ait obtenu une vive et nette image consécutive, puis de diriger les yeux, en ayant soin de conserver la tête immobile, vers les points de fixation placés sur les ficelles horizontale et verticale. Si les lignes correspondantes de l'image consécutive coïncident avec les ficelles, la tête est dans la position cherchée. Sinon, la tête doit être tournée un peu à droite ou à gauche, si l'erreur se rapporte à la bande verticale, et en haut ou en bas si elle se rapporte à la bande horizontale. La position primaire diffère un peu d'un observateur à l'autre, et même chez le même observateur d'un moment à l'autre.

Ayant trouvé la position primaire, demandez à un aide de tourner le disque de manière que l'un de ses diamètres coïncide avec la ficelle oblique. Obtenez une image consécutive nette, et regardez le point de fixation placé sur cette ficelle. De nouveau la barre de la croix coïncidera exactement avec la ficelle, montrant ainsi qu'aucune rotation de l'œil autour de la ligne visuelle n'a eu lieu. La même chose se vérifierait pour toute autre direction du mouvement à partir de la position primaire, pourvu que le mouvement n'eût pas une amplitude extrême. Il existe donc une série de lignes, rayonnant à partir du point de fixation primaire, le long desquelles l'œil peut se mouvoir de manière à amener toutes les parties de la même ligne successivement sur la même partie de la rétine. L'étude directe d'une telle ligne et la comparaison de ses différentes parties sont aisées.

Remettez le disque dans sa position première, inclinez la tête en avant ou en arrière, ou bien tournez-la à droite ou à gauche avant d'obtenir l'image consécutive (amenant ainsi l'œil dans une position secondaire) et répétez les expé-

riences qui viennent d'être faites. Remarquez que les bandes ne coïncident plus maintenant avec les ficelles, ce qui montre que les yeux ont éprouvé une certaine torsion. Une torsion pareille se manifeste pour toutes les positions secondaires (sauf si les points de fixation, au départ et à l'arrivée, se trouvent sur une ligne droite passant par le point de fixation primaire), mais elle n'est pas considérable pour les mouvements ordinaires des yeux, et les mouvements extrêmes sont généralement évités grâce à des mouvements simultanés de la tête.

Avec la croix du disque disposée verticalement, comme dans la figure, obtenez une image consécutive et puis fixez la marque placée sur la ficelle oblique. Au lieu d'être rectangulaire comme avant, la croix de l'image consécutive apparaît maintenant un peu déformée, comme un X incliné. L'image consécutive reste, naturellement, rectangulaire sur la rétine. La déformation de l'image sur le mur est le résultat de l'interprétation maintenant fournie par l'esprit. La croix formée avec de courtes ficelles au même point, l'observateur le sait, est rectangulaire ; si l'image consécutive de la croix du disque ne coïncide pas avec elle, la seule manière d'expliquer le fait, c'est d'admettre que l'image consécutive n'est pas réellement rectangulaire. Des croix obliques ainsi placées ont, dans l'expérience antérieure, si souvent produit des images rétinienne rectangulaires que cette interprétation est immédiate, et semble absolument affaire de sensation.

Cf. Helmholtz, *A*, Fr. 601-609 (462-469), 621 (479) ss., 702 (548) ss. ; Aubert, *A*, 653 ss. ; Wundt, *A*, 3^e éd., II, 94 ss. ; Hering, *B*, 248 ss. ; Le Conte, 164-177.

132. *Mouvements réels des yeux. Loi de Wundt-Lamansky.* — Les mouvements rapides des yeux, lorsque le mouvement est libre et qu'ils ne suivent pas des lignes fortement marquées dans le champ de fixation, ne se font pas exactement suivant la loi de Listing, quoique celle-ci donne

correctement les positions finalement atteintes. L'axe autour duquel l'œil tourne n'est pas toujours constant, et le parcours du point de fixation, lorsqu'il se meut dans le champ de fixation, n'est par conséquent pas toujours droit. On observe cela facilement de la manière suivante : Dans une chambre obscure abaissez la flamme du gaz jusqu'à ce qu'elle soit très petite ; alors, vous en servant comme d'un point de départ éloigné dans la position primaire, passez soudainement de ce point à d'autres points de fixation situés autour de lui, dans différentes directions, et remarquez la forme des longues images consécutives positives qui résultent du mouvement de l'image de la flamme sur la rétine. Elles auront probablement la forme des rayons de la figure de gauche ci-dessous, les images verticales et les horizontales étant à peu près droites, et les obliques étant courbes.

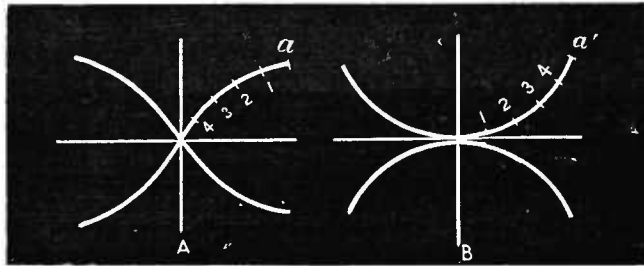


Fig. 19.

Ces images, cependant, n'indiquent pas immédiatement la marche du point de fixation. La partie la plus récente de l'image consécutive est celle qui est le plus près de la lumière, la plus ancienne celle qui est le plus près du point de fixation, en *a* dans la figure. Si les points de la courbe de l'image consécutive sont interprétés par rapport à leur ordre de succession (considérons par exemple la courbe oblique située à droite et en haut), on trouve que l'œil s'est d'abord déplacé assez rapidement vers la droite, mais assez lentement vers le haut, tandis qu'à la fin il a tourné assez lentement vers la droite et rapidement vers le haut. Construisant une courbe d'après cette interprétation

nous obtiendrons celle de la figure B, qui indique la marche vraie du point de fixation. On obtiendra de la même manière les autres lignes.

On dit que pour quelques yeux les images consécutives, quoique courbes, ne coïncident pas avec celles qui sont représentées en A.

Wundt, *B*, 139 ss., 201-202; Hering, *A*, 450-451; Lamansky.

133. *Mouvements convergents des yeux.* — Les lois de l'expérience 131 ne sont pas valables pour les mouvements convergents des yeux. Lorsque les lignes visuelles convergent dans la position primaire, les deux yeux tournent en dehors autour de l'axe sagittal; lorsque les lignes visuelles s'élèvent, la convergence restant la même, la torsion en dehors augmente; lorsqu'elles s'abaissent, la torsion diminue et finalement devient nulle. Tracez sur un morceau de carton une série de lignes verticales parallèles équidistantes, à un ou deux pouces (25 à 50^{mm}) l'une de l'autre, et longues de huit ou dix pouces (20 à 25^{cm}); celles de la moitié gauche seront noires, celles de la moitié droite rouges. Tirez au travers des deux séries, à mi-hauteur, une ligne horizontale noire dans la série noire et rouge dans la rouge. Fixez le carton sur un support vertical, et disposez un appui-tête en face. La ligne horizontale de la figure doit être au niveau des yeux.

a. Si l'observateur est incapable de modifier volontairement sa convergence, il doit fixer un bout de fil de métal verticalement entre ses yeux et la figure de manière à pouvoir le rapprocher ou l'éloigner des yeux. S'il peut la modifier volontairement, le fil est inutile. Placez la tête en position et faites converger les yeux, en faisant attention à la figure. Vous remarquerez que les lignes rouges et les lignes noires ne sont pas tout à fait parallèles (ou ne coïncident pas parfaitement) et qu'elles le sont de moins en moins à mesure que la convergence augmente. Les lignes rouges (vues par l'œil gauche) paraissent pen-

cher un peu à droite, et les lignes noires (vues par l'œil droit) un peu à gauche. Lorsque la convergence est forte, les lignes horizontales elles-mêmes révèlent la torsion. Cette inclinaison apparente des lignes n'est pas, comme dans le cas des images consécutives, un signe que l'œil correspondant a tourné dans le même sens, mais qu'il a tourné en sens opposé.

b. Répétez l'expérience avec la tête fortement inclinée en avant (ce qui équivaut à élever les yeux) et avec la tête fortement penchée en arrière (ce qui équivaut à abaisser les yeux), en ayant soin de maintenir le même degré de convergence. Dans le premier cas l'inclinaison apparente des lignes augmente, dans le second elle décroît jusqu'à zéro, ou même elle change de sens.

Helmholtz, *A*, Fr. 609-610 (469-470); Le Conte, 477-491; Hering, *A*, 496 ss.; Aubert, *A*, 658 ss.

134. *Mouvements involontaires des yeux.* — Mettez un petit morceau de papier rouge sur un grand morceau de papier bleu. Fixez un point sur le bord du papier rouge. Après quelques secondes de fixation soutenue, la couleur près de la ligne de séparation paraîtra s'aviver tantôt dans le rouge, tantôt dans le bleu, trahissant ainsi les petits mouvements involontaires des yeux. A moins que la tête ne soit maintenue immobile dans cette expérience, ses propres mouvements involontaires peuvent compliquer les résultats.

Helmholtz, *A*, 539, Fr. 544 (389).

BIBLIOGRAPHIE

AUBERT. — *A. Grundzüge der physiologischen Optik.* Leipzig, 1876. Cet ouvrage, quoique pouvant être obtenu à part, forme une partie du second volume du *Handbuch der gesammten Augenheilkunde* de von Graefe et Saemisch. Il contient dans ses 300 pages une grande

quantité de matière exposée avec beaucoup de brièveté et de clarté, et est à tous égards excellent.

B. *Physiologie der Netzhaut*. Breslau, 1865.

VON BEZOLD. — Ueber Zerstreungsbilder auf der Netzhaut. *V. Graefe's Archiv*, XIV, 1868, II, 1-29.

BOWDITCH and HALL. — Optical Illusions of Motion. *Journal of Physiology*, III, 1881-82, 297-307.

BUDDE. — Ueber metakinetische Scheinbewegungen und über die Wahrnehmung der Bewegung. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1884, 127-152.

CHARPENTIER. — A. La lumière et les couleurs. Paris, 1888.

B. Réaction oscillatoire de la rétine sous l'influence des excitations lumineuses. *Archives de Physiologie*, Sér. 5, IV, 1892, 541-553, 629-639. Points essentiels du travail : *Comptes rendus*, CXIII, 1891, 147-150. 217-219. Voir aussi *Nature*, XLVIII, 1893, 380.

DELABARRE. — On the Seat of Optical After-Images. *American Journal of Psychology*, II, 1888-89, 326-328.

DVORAK. — Versuche über die Nachbilder von Reizveränderungen, *Sitz.-ber. d. k. Akademie d. Wiss. in Wien, math.-nat. Classe*, LXI, 1870, Abth. II, 257-262.

EXNER. — A. Das Verschwinden der Nachbilder bei Augenbewegungen. *Zeitschrift für Psychologie*, I, 1890, 47-51.

B. Einige Beobachtungen über Bewegungsnachbilder. *Centralblatt für Physiologie*, I, 1887, n° 6, 135-140.

C. Ueber optische Bewegungsempfindungen. *Biologisches Centralblatt*, VIII, 1888, n° 14, 437-448.

D. Ueber die Funktionsweise der Netzhautperipherie und den Sitz der Nachbilder. *V. Graefe's Archiv*, XXXII, 1886, I, 233-252.

E. Ueber den Sitz der Nachbilder im Centralnervensystem. *Rep. d. Physik*, XX, Protokoll d. chem. phys. Gesellsch. in Wien, 18 März 1884.

F. Ueber einige neue subjective Gesichterscheinungen. *Pflüger's Archiv*, I, 1868, 375-394.

FICK A. — A. Dioptrik und Nebenapparate des Auges. *Hermann's. Handbuch der Physiologie*, III, I, 3-138.

B. Die Lehre von der Lichtempfindung. *Ibid.*, 139-234.

FICK A. E. et GÜRBER. — Ueber Erholung der Netzhaut. *V. Graefe's Archiv*, XXXVI, 1890, II, 245-301. Voir aussi la critique de Hering, la réponse de Fick, celle de Hering et la seconde réponse de Fick. *Ibid.*, XXXVII et XXXVIII.

VON FLEISCHL. — Physiologisch-optische Notizen (2^e Mittheilung) *Sitz.-ber. d. k. Akademie d. Wiss. in Wien, math.-nat. Classe*, LXXXVI, 1882, Abth. III, 8-25.

HELMHOLTZ. — A. *Handbuch der physiologischen Optik*, 2^e Aufl., Hamburg et Leipzig, 1896.

Les références qui suivent les expériences sont données, quand cela a été possible, d'après la 2^e édition allemande et d'après la traduction française de la première édition (*Optique physiologique*, Paris, 1867;

traduction par Javal et Klein). Les chiffres entre parenthèses qui suivent ceux de la traduction sont les pages de la première édition allemande, empruntées à la double pagination de la traduction française. Ayant été ainsi cités de seconde main, ces chiffres peuvent être erronés parfois d'une page ou deux, mais il a paru préférable de courir ce risque que de les omettre purement et simplement. Il est à peine nécessaire d'ajouter que cet ouvrage est le chef-d'œuvre de l'optique physiologique et psychologique.

B. Die Störung der Wahrnehmung kleinster Helligkeitsunterschiede durch das Eigenlicht der Netzhaut. *Zeitschrift für Psychologie*, I, 1890, 5-17.

HERING. — A. Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges. Hermann's. *Handbuch der Physiologie*, III, Th. 1, 343-601.

B. Beiträge zur Physiologie. Leipzig, 1861-1864.

C. Ueber den Einfluss der *Macula lutea* auf spectrale Farbengleichungen. *Pflüger's Archiv*, LIV, 1893, 277-318.

HESS. — Untersuchungen über die nach kurz dauernder Reizung des Sehorgans auftretenden Nachbilder. *Pflüger's Archiv*, XLIX, 1891, 190-208.

HEUSE. — Zwei kleinere Mittheilungen aus dem Gebiete der physiologischen Optik. V *Graefe's Archiv*, XXXIV, 1888, II, 127-134.

HILLEBRAND. — Ueber die specifische Helligkeit der Farben (mit Vorbemerkungen von E. Hering). *Sitz.-ber. d. k. Akademie d. Wiss. in Wien, math.-nat. Classe*, XCVIII, 1889, Abth. III, 70-120.

LAMANSKY. — Bestimmung der Winkelgeschwindigkeit der Blickbewegung, respective Augenbewegung. *Pflüger's Archiv*, II, 1869, 418-422.

LAQUEUR. — Ueber pseudoptische Gesichtswahrnehmungen. V. *Graefe's Archiv*, XXXVI, 1890, I, 62-82. (Contient des références historiques.)

LE CONTE. — Sight. New-York, 1881.

MACH. — A et B; ouvrages cités avec les mêmes lettres dans la bibliographie du chapitre II.

MAXWELL. — On Color-vision at Different Points of the Retina. *Report of the British Association*, 1870; ou Maxwell's. *Scientific Papers*, Cambridge, 1890, vol. II, 230.

ROOD. — On a probable means of rendering visible the Circulation in the Eye. *Amer. Journal of Science*, 2d Ser., XXX, 1860, 264. Additional observations on the Circulation in the Eye. *Ibid.*, 385.

SACHS. — Ueber die specifische Lichtabsorption des gelben Fleckes der Netzhaut. *Pflüger's Archiv*, L, 1891, 574-586.

SCHWARZ. — Ueber die Wirkung des constanten Stroms auf das normale Auge. *Archiv f. Psychiatrie*, XXI, 1890, 588-617.

TREITEL. — Ueber das Verhalten der normalen Adaptation. V. *Graefe's Archiv*, XXXIII, 1887, II, 73-112.

TSCHERNING. — Beiträge zur Dioptrik des Auges. *Zeitschrift für Psychologie*, III, 1892, 429-492.

TUMLIRZ. — Ueber ein einfaches Verfahren, die Farbenzerstreuung des Auges direkt zu sehen. *Pflüger's Archiv*, XL, 1887, 394.

UHTHOFF. — Ueber die kleinsten wahrnehmbaren Gesichtswinkel in den verschiedenen Teilen des Spektrums. *Zeitschrift f. Psychologie*, I, 1890, 155-160 (Contient des renseignements bibliographiques sur le *minimum visibile*).

WOLF. — Ueber die Farbenzerstreuung im Auge. *Wiedemann's Annalen*, XXXIII, 1888, 548-554.

WUNDT. — A. Ouvrage cité dans la bibliographie du chapitre I.

B. Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. Leipzig, 1862.

ZEHFUSS. — Ueber Bewegungsnachbilder. *Wiedemann's Annalen*, IX, 1880, 672-676.

Les ouvrages d'Helmholtz et d'Aubert mentionnés ci-dessus contiennent des bibliographies complètes pour la littérature antérieure de tous les sujets considérés dans ce chapitre et les deux suivants.

CHAPITRE VI

SENSATIONS DE LUMIÈRE ET DE COULEUR

L'objet des expériences suivantes n'est pas de résoudre le conflit entre les différentes théories des couleurs aujourd'hui en présence, mais plutôt de présenter les principaux faits expérimentaux que toute théorie doit prendre en considération ¹ Des exposés autorisés de théories peuvent être trouvés dans les ouvrages suivants : *Théorie de Young-Helmholtz* : Helmholtz, *A*, 344-350, Fr. 380-387, 424-425, 484 (290-294, 320-321, 367); *B*, 249-256; *Théorie de Hering* : Hering, *A*, 70-141; *M*, 76-79. Hering n'a pas encore formulé d'une façon générale sa théorie telle qu'elle se présente dans ses développements les plus récents, et ses vues actuelles sont éparpillées sous une forme plus ou moins fragmentaire dans ses nombreux articles spéciaux. Les théories de Helmholtz et de Hering sont les plus en vue des théories courantes, et on trouvera sur elles, en particulier sur la première, des renseignements dans les traités de physiologie en général et dans quelques ouvrages sur la couleur dans les arts. Il y a un nombre considérable d'autres théories; voir, pour quelques-unes d'entre elles, von Kries; Wundt, *A* et *B*; Donders, *A* et *B*; Christine Ladd Franklin, *A* et *B*; Ebbinghaus, *A*.

La plupart des théories des couleurs essayent de réduire la multiplicité des sensations ordinaires de couleur, en les

¹ Pour une exposition concise de ces faits, voir Wundt, *B*, 3^e éd., I, 487, 501; 4^e éd., I, 529; et Christine Ladd Franklin, *A*.

considérant comme des composés d'un petit nombre de sensations simples ou primaires. Le nombre des couleurs primaires est différent dans les différentes théories; le rouge, le vert et le violet (ou le bleu) sont choisis par les partisans de la théorie de Young-Helmholtz; le rouge, le vert, le jaune et le bleu par Hering, Mach et d'autres; tandis que Wundt se refuse à admettre que certaines couleurs soient plus fondamentales pour la sensation que les autres. Lorsqu'il y a eu un choix, on s'est généralement laissé guider par des considérations de physique, ou par les résultats de l'analyse introspective des sensations; mais des efforts ont été faits récemment pour résoudre le problème par le moyen d'une étude attentive de la cécité pour les couleurs, et par des calculs basés sur des expériences soigneusement faites. Sur le premier point, voir la littérature concernant la cécité pour les couleurs, ci-dessous; sur le second, voir Helmholtz, *A*, 456 ss., *D*, et König und Dieterici, *A*. Le blanc est, indiscutablement, une sensation; Helmholtz et Hering sont d'accord pour considérer le noir également comme tel; mais Fick et quelques autres sont d'opinion différente, regardant le noir plutôt comme une absence de sensation.

Une sensation de couleur donnée peut être modifiée de trois façons: quant au *ton*, quant à la *saturation*, et quant à l'*intensité*. On observe des changements de *ton* lorsque l'on passe de l'une des couleurs du spectre à l'autre. Les changements de *saturation* sont produits par l'addition ou la soustraction de blanc; lorsqu'on ajoute beaucoup de lumière blanche, la couleur est peu saturée. Les changements d'*intensité* sont des changements dans l'éclat de la couleur. Les changements de saturation et d'intensité, s'ils sont excessifs, entraînent quelque changement de ton aussi. La théorie de Hering n'admet aucun changement d'*intensité* des sensations de lumière et de couleur en aucun sens ordinaire du mot. Les couleurs que d'autres déclarent de peu d'intensité sont considérées par Hering et son école

comme mélangées dans une forte proportion de noir; de même celles de grande intensité sont mélangées de beaucoup de blanc. Dans la théorie de Hering les changements possibles se réduisent donc à deux : changement de ton et changement de saturation, ce dernier comprenant l'addition de blanc et celle de noir (Hillebrand; Hering, *A*, 51 ss.). Dans ce groupe d'expériences, on a jugé que le mieux était d'adopter la terminologie la plus connue, quoique la manière de voir de Hering mérite d'être prise en considération.

LUMIÈRE ET COULEUR EN GÉNÉRAL

135. *Cécité pour les couleurs (daltonisme, achromatopsie); méthode de Holmgren.* — *a.* Disposez les laines sur une toile blanche dans un bon jour. Choisissez un vert pâle (c'est-à-dire un vert faiblement saturé) qui ne tire ni sur le bleu ni sur le jaune; mettez-le à part et demandez au sujet de choisir et de placer à côté du vôtre tous les autres écheveaux de même couleur, sans se borner cependant aux nuances identiques, mais en admettant aussi des nuances quelque peu foncées et claires, pourvu que la différence reste une différence d'éclat et ne devienne pas une différence de ton. Ne lui dites pas de choisir « les verts », ne lui demandez pas non plus d'employer ni de comprendre aucun nom de couleur; demandez-lui simplement d'opérer un classement. S'il commet des erreurs en plaçant auprès du vert des écheveaux gris, brun clair, saumon ou couleur paille¹, c'est qu'il est atteint de cécité pour les couleurs; s'il hésite à propos des couleurs fausses et classe avec beaucoup de peine, sa vision des couleurs est probablement défectueuse, quoique à un degré moindre.

¹ Il est difficile d'indiquer les teintes de façon exacte en mots. L'expérimentateur doit consulter les cartes colorées qui se trouvent dans les ouvrages de Jeffries mentionnés dans la bibliographie, et dans Rayleigh, *B*.

b. Si le sujet fait des erreurs, examinez-le encore pour découvrir s'il est aveugle pour le rouge ou pour le vert, en lui demandant de choisir les couleurs, y compris les teintes foncées et claires, qui ressemblent à un écheveau pourpre (magenta). S'il est aveugle pour le rouge, il se trompera en choisissant des bleus ou des violets ou les deux; s'il est aveugle pour le vert, il choisira des verts ou des gris ou les deux, et s'il choisit des bleus et des violets, ce seront les teintes les plus brillantes. S'il ne fait aucune erreur dans ce cas, après en avoir fait dans l'expérience précédente, sa cécité est incomplète. La cécité pour le violet est rare. Voir aussi l'expérience 141 *b.*

On ne doit pas s'attendre à pouvoir employer avec une sûreté parfaite même une aussi simple méthode, sans l'avoir bien étudiée et pratiquée. Helmholtz, Hering, König, Kirschmann et d'autres indiquent des méthodes exactes pour déterminer les couleurs particulières qui manquent dans la vision des aveugles pour les couleurs.

Sur la cécité pour les couleurs et les méthodes pour la déterminer, voir Helmholtz, *A*, 357-372, 456-462, Fr. 388-399 (294-300 847-848); Holmgren; Jeffries, *A* et *B*; Rayleigh, *A* et *B*; Hering, *H*, *N*, *I*; Hess, *B*; Abney, *A*; Abney and Festing; König, *B* et *C*; Brodhun, *A* et *B*; König und Brodhun; König und Dieterici, *A*; Schuster; Preyer; Donders, *C*; Kirschmann, *A*; Pole.

136. *Vision avec les parties périphériques de la rétine : perception de la lumière.* — Une lumière très faible paraît souvent plus brillante lorsque son image se fait non sur la *fovea*, mais à quelques degrés de cette région. Si l'on n'observe pas d'augmentation dans l'éclat, du moins est-il difficile de noter aucune diminution, à moins que l'image ne soit très éloignée de la *fovea*. L'expérience est surtout aisée de nuit, avec des étoiles faiblement lumineuses. Dans le laboratoire elle peut se faire avec la boîte obscure. Sur la paroi postérieure de la boîte fixez en ligne horizontale trois morceaux de papier blanc de même grandeur, à des distances telles que l'œil se meuve de 10 degrés

pour aller de celui du milieu à chacun des deux autres. Faites un trou d'épingle au-dessus et au-dessous du papier du milieu, à environ un pouce du papier, et couvrez à l'extérieur de la boîte les trous avec du papier jusqu'à ce qu'ils ne deviennent visibles qu'après que l'œil se sera pendant quelques instants adapté. Ces points lumineux servent à fixer l'œil. L'œil ne doit pas, cependant, être directement fixé sur eux, mais sur un point intermédiaire. Réduisez l'éclairage de la boîte à un minimum (par exemple à la quantité de lumière qui pénétrerait par un trou d'épingle recouvert d'un ou plusieurs morceaux de porcelaine ou d'une ou plusieurs cartes translucides), enveloppez la tête avec l'extrémité de la boîte dans une toile opaque, et laissez les yeux s'adapter à l'obscurité, en cherchant de temps à autre à apercevoir le reflet des papiers au fond de la boîte. Une adaptation complète demande un long temps, mais 15 minutes seront suffisantes ici. Peu à peu, si l'éclairage a l'intensité qu'il faut, les papiers deviendront faiblement visibles. Si l'œil se tourne directement vers l'un d'eux, celui-ci disparaît souvent dans la lumière rétinienne tandis que les autres deviennent plus brillants. Fixez chacun successivement et comparez son éclat avec celui des autres; fixez aussi d'autres points du champ de manière à amener les images sur différents quadrants de la rétine. Fermez les yeux de temps en temps pour renouveler l'adaptation, et évitez les observations lorsque la lumière rétinienne est fortement concentrée au centre du champ.

Sur les résultats d'expériences comme celle-ci, et sur l'explication du phénomène observé, les expérimentateurs diffèrent quelque peu; mais voyez Helmholtz, *A*, 268; Aubert, *A*, 495, *B*, 89 ss.; A. E. Fick, *B*; Kirschmann, *B*; Treitel, et la littérature citée par eux.

137. *Vision avec les parties périphériques de la rétine : perception des couleurs.* — La distribution de la sensibilité de la rétine pour la couleur n'est pas la même que pour la

lumière. Au centre même le pigment de la tache jaune fait quelque peu obstacle à la perception correcte des couleurs mélangées (voir expérience 115). Dans une zone qui entoure immédiatement la tache toutes les couleurs sont reconnues. Autour de celle-ci on trouve une seconde zone dans laquelle le bleu et le jaune seuls sont distingués, et enfin à l'extrême limite même le bleu et le jaune ne sont plus discernés, toutes les couleurs apparaissent noires, blanches ou grises. Les zones ne sont pas nettement tranchées, mais se fondent l'une dans l'autre, leurs limites dépendant de l'intensité et de l'étendue des couleurs considérées. La détermination des limites des zones de sensibilité porte le nom de *périmétrie* ou de *campimétrie*.

a. Avec les appareils dont vous disposez trouvez jusqu'à quelle distance angulaire à partir du point fixé, sur les méridiens verticaux et horizontaux de l'œil, les quatre couleurs principales, le rouge, le jaune, le vert et le bleu peuvent être reconnues; essayez aussi avec le blanc. Tenez l'œil fermement dirigé vers la marque de fixation de l'instrument, et demandez à un aide de faire glisser la couleur (par exemple un carré de papier coloré de 5^{mm} de côté collé près de l'extrémité d'une bande de carton noir d'un pouce [25^{mm}] de largeur) lentement de dehors en dedans dans le champ visuel. Il sera bon de mouvoir le papier lentement de-ci et de-là à angle droit avec le méridien sur lequel on expérimente afin d'éviter la fatigue rétinienne. Prenez note du point auquel la couleur commence à pouvoir être reconnue avec certitude. Répétez plusieurs fois, et calculez la moyenne. La grandeur de la surface colorée présentée doit être la même pour les différentes couleurs, et le fond (de préférence noir) sur lequel sont vues les couleurs doit rester le même dans toutes les expériences.

b. Répétez les épreuves avec des carrés de papier coloré de 20^{mm} de côté, et remarquez qu'on reconnaît plus tôt la couleur.

c. Essayez d'amener lentement dans le champ visuel (de

préférence en partant du côté du nez) des morceaux de papier de couleurs diverses, spécialement violet, pourpre, orangé, jaune verdâtre, et bleu verdâtre; ou, mieux encore, tenez le morceau de papier un peu du côté du nez et tournez l'œil lentement vers lui, en partant d'un point qui en soit très éloigné. Si le papier est tenu devant un fond portant une ligne que l'œil puisse suivre en s'approchant du papier, cette ligne aidera l'œil à approcher graduellement; l'appareil employé dans l'expérience 113 *b* peut facilement être adapté à ce but. Remarquez que sur les parties extérieures de la rétine ces couleurs reçoivent d'abord leurs éléments jaunes ou bleus, et qu'elles ne reçoivent que plus tard leurs éléments rouges ou verts. Si le choix des couleurs est suffisamment grand, on peut trouver un certain rouge (se rapprochant du rouge pourpre) et un certain vert (se rapprochant du bleu), qui, comme le pur bleu et le pur jaune, changent seulement de saturation et pas du tout de ton en s'approchant du centre du champ visuel. Ces quatre couleurs sont les *Urfarben* ou couleurs primaires de Hering.

Helmholtz, *A*, 372-374, Fr. 399-400; Hess, *A*; Hering, *G, L*; A. Fick, *A, B*, 206 ss.; A. E. Fick, *B*. 479 ss.; Aubert, *A*, 539-546, *B*, 116 ss.; Kirschmann, *C*.

138. *Changements de ton.* — Dans le spectre, un changement de longueur d'onde, s'il n'est pas trop faible, s'accompagne d'un changement dans le ton de la couleur. Le changement est le plus rapide dans les régions du vert-jaune et du vert-bleu du spectre, il est moins rapide vers les extrémités, et tout à fait aux extrémités il n'y a plus que des changements d'éclat. Avec le spectroscopie et à la lumière naturelle trouvez les raies caractéristiques *D, E, F, G* et *H* de Fraunhofer. La raie *D* se trouve dans le jaune d'or, *F* dans le bleu verdâtre et *H* à l'extrémité du violet. Entre *D* et *F* la longueur d'onde varie de 589,2 à 486,1 $\mu\mu$ (de $5,092 \times 10^{14}$ à $6,172 \times 10^{14}$ vibrations par seconde)

et la couleur passe du jaune au vert puis au bleu, tandis que de *F* à *H*, avec un changement à peu près proportionnel de la longueur d'onde, qui varie de 486,1 à 393,3 $\mu\mu$ (de $6,172 \times 10^{14}$ à $7,628 \times 10^{14}$ vibrations par seconde) la couleur passe seulement du bleu verdâtre au violet. Observez la région qui s'étend depuis la raie *G* jusqu'à l'extrémité du spectre où le ton de la couleur change peu, et remarquez une région où le ton reste également uniforme à l'extrémité rouge du spectre. Remarquez aussi la tendance de la suite des couleurs spectrales à revenir sur elle-même, tendance qui se manifeste par la ressemblance du violet et du rouge.

Helmholtz, *A*, 289, 320, Fr, 319 (237) : Wundt, 3^e éd., I, 449 s.; 4^e éd., I, 485 s.; A. Fick, *B*; Aubert, *A*, 530 s. Sur les changements de ton juste perceptibles, voir B. O. Peirce Jr., König und Dietrich, *B*, Brodhun, *A*, et la littérature citée par eux.

139. *Changements de saturation.* — On les observe facilement au moyen de l'appareil rotatif. Produisez une suite de mélanges de rouge et de blanc, en commençant par une proportion de blanc qui altère juste le rouge, et augmentez la proportion jusqu'à ce qu'il ne reste aucune sensation de rouge. D'abord employez un petit disque rouge appliqué sur les autres disques plus grands et auquel vous comparerez les mélanges. Vers la fin de l'expérience remplacez-le par un blanc. Remarquez les changements de ton qui se produisent, surtout lorsqu'il y a peu de couleur. Essayez également avec les autres couleurs principales. Selon Rood, qui expérimentait ainsi avec des disques, le vert-jaune et le violet ne changent pas; les résultats de Helmholtz avec des couleurs spectrales sont quelque peu différents.

Des changements de saturation peuvent aussi être obtenus en ajoutant un gris quelconque au lieu de blanc. Toute la série des mélanges peut être montrée sur un seul disque comme celui de l'expérience 141, en peignant l'étoile sur

un fond blanc ou gris, ou en collant une étoile de papier coloré sur ce fond. Avec le blanc, toutefois, les rayons de l'étoile devront avoir la forme d'une feuille; sans cela la couleur disparaîtra trop rapidement vers la périphérie.

Helmholtz, *A*, 332, 470-471, Fr. 369 (281); Aubert, *A*, 531-532; Rood, *A*, 39-40, 194-201; Nichols, *A*.

140. *Changements d'intensité : noir et blanc.* — Le noir et le blanc sont les extrêmes d'intensité dans la série des gris. Mais le noir et le blanc dont on parle ordinairement sont considérablement éloignés de ces extrêmes.

a. Comparez un morceau de velours noir ou de carton noir avec un noir encore plus foncé, en le tenant devant l'ouverture de la boîte obscure. Comparez aussi du papier blanc ordinaire à la lumière diffuse avec le même papier éclairé directement par la lumière du soleil, ou avec un nuage blanc vivement éclairé.

b. Différences juste perceptibles avec des intensités moyennes. — Préparez un disque comme celui de la figure

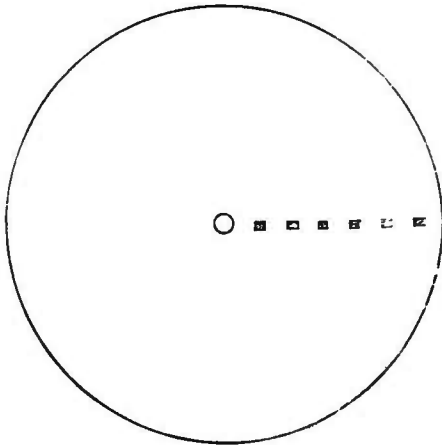


Fig. 20.

ci-contre en traçant le long d'un des rayons d'un disque blanc une série de courtes lignes noires de même épaisseur. Cette épaisseur sera d'à peu près un degré sur le bord du disque. Comme l'épaisseur des lignes est partout la même, elles occuperont un angle relativement plus grand à mesure qu'elles seront plus près du centre. Si on imprime au

disque un mouvement rapide, chaque ligne produira une couronne gris pâle, les couronnes rapprochées du bord étant très pâles et les couronnes rapprochées du centre l'étant moins. Trouvez la couronne la plus pâle

qui puisse être perçue, et calculez les proportions de noir et de blanc qu'elle contient¹. Le rapport du noir au blanc mesure approximativement la diminution d'intensité juste perceptible au-dessous de l'intensité générale du disque. Les résultats de Helmholtz et d'Aubert sont : Helmholtz, 1 : 117 à 1 : 167 ; Aubert, 1 : 102 à 1 : 186, les différences provenant de l'intensité de l'éclairage général du disque. Il est utile de laisser errer un peu les yeux, mais les mouvements trop rapides, qui tendent à détruire l'uniformité du gris des couronnes, doivent être évités. Il est absolument essentiel que la rotation soit très rapide et sans trépidation, assez rapide pour que, avec des mouvements modérés des yeux, l'uniformité du gris des couronnes persiste. Si l'on ne peut obtenir un mouvement très rapide, on remplacera la ligne noire unique par deux d'une épaisseur proportionnellement moindre tracées sur des côtés opposés du disque, ou par quatre tracées à 90° l'une de l'autre.

c. Avec ces couronnes très pâles on peut observer des disparitions et des réapparitions analogues à celles qu'on a remarquées pour les sons juste perceptibles dans l'expérience 61 *b*. L'observation se fait très bien, selon Pace, avec un disque ayant les dimensions suivantes : diamètre, 20 centimètres ; largeur de la ligne radiale, 5 millimètres ; longueur des petites lignes, 5 millimètres ; espaces entre les petites lignes, 8 millimètres ; distance du centre à la première petite ligne, 17 millimètres.

Helmholtz, *A*, 384-393, Fr. 411-419 (310-316) ; Aubert, *A*, 487-492 ; sur *c*, Pace. Pour des références sur la différence d'intensité juste perceptible avec des intensités constantes différentes, voir le chapitre ci-dessous sur la loi de Weber.

¹ La formule pour la quantité de noir, en supposant que la ligne radiale soit absolument noire, et en prenant quelque point arbitraire, par exemple le milieu, est naturellement $\frac{b}{2\pi r}$, où *b* représente l'épaisseur de la ligne, et *r* la distance du point choisi au centre du disque. Le noir des lignes n'est pas un noir absolu, même lorsqu'on se sert de la peinture noire la plus noire. Les différences dans la sensation sont en conséquence plus petites que celles qu'indique le calcul.

141. *Changements d'intensité : couleurs.* — À leur maximum d'intensité toutes les couleurs tendent vers le blanc ou vers un blanc jaunâtre. Le rouge cependant ne dépasse guère le jaune; le vert devient d'abord jaune, puis blanc, tandis que le bleu et le violet passent facilement au blanc. À leur minimum d'intensité toutes les couleurs paraissent grises ou noires.

a. L'intensité maxima peut être observée avec les couleurs spectrales, quoiqu'elles ne soient pas entièrement homogènes, produites par un prisme placé devant la lumière du soleil de manière à projeter un spectre étendu sur le mur. Tenez une carte, percée d'un trou d'épingle, devant l'œil, et amenez l'œil successivement devant les différentes couleurs, en regardant le prisme. Quelque chose de pareil peut être observé en regardant à travers des morceaux de verre de couleur le disque du soleil apparaissant derrière un nuage (auquel cas les parties du nuage vues sur les côtés du verre fournissent un moyen de comparaison), ou l'image du soleil réfléchi par une plaque de verre non argenté, ou en concentrant sur du papier blanc la lumière transmise par un verre coloré au moyen d'une lentille convexe.

b. L'intensité minima des couleurs spectrales peut être observée au moyen d'un spectroscope. Disposez l'instrument de manière que les principales raies de Fraunhofer soient visibles, puis placez, comme source de lumière, à une petite distance de la fente de l'instrument, un écran recouvert de papier gris foncé ou de velours noir. Quoiqu'il ne reste aucune couleur, on peut apercevoir un peu de lumière — à son maximum d'intensité dans la région auparavant occupée par le vert. L'observateur doit envelopper sa tête et l'oculaire de l'instrument dans une étoffe opaque, et laisser à l'œil le temps de s'adapter. Ce spectre incolore représente probablement ce que perçoit un œil atteint d'achromatopsie totale.

Von Bezold, qui a le premier fait cette expérience, a

observé, lorsque l'intensité diminue peu à peu, la disparition des jaunes et des bleus précédant la période finale où toute couleur cesse. König doute que le rouge perde jamais tout à fait sa couleur.

Avec les pigments un moyen facile consiste à coller des carrés égaux de papiers colorés sur un morceau de carton,



Fig. 21.

puis à placer le tout dans la boîte obscure, et à diminuer graduellement la lumière, ou bien, en commençant avec le minimum de lumière, à augmenter l'éclairage peu à peu. Essayez avec du carton blanc et du carton noir comme fond. Pour la démonstration on peut employer un disque comme celui de la figure ci-jointe (dans laquelle la partie ombrée remplace la couleur du disque et la partie noire le noir), et montrer à la fois toute la série des intensités¹

Helmholtz, *A*, 402-444; A. Fick, *B*, 200-202; Aubert, *A*, 532-536; Rood, *A*, 181-194; C. S. Peirce. Sur *a*, Helmholtz, *A*, 284-285, 465-466, Fr. 315 (234); Brodhun, *B*. Sur *b*, Helmholtz, *A*, 469, 471-472; Von Bezold, *A*; Ebert; Abney and Festing; König, *A*, 354 ss., où on trouvera d'autres indications.

Pour des mesures de la différence d'intensité juste perceptible avec les différentes couleurs, voir Helmholtz, *A*, 402-415; Aubert, *A*, 531; A. Fick, *A*, 177; et les références citées par eux.

¹ Comme le noir du disque est en réalité un gris très foncé, et produirait en conséquence un changement de saturation, l'expérience n'est pas absolument rigoureuse; elle est cependant suffisante pour montrer l'effet général de

142. *Phénomène de Purkinje*. — Choisissez dans un endroit modérément éclairé un morceau de papier rouge et un morceau de papier bleu qui soient à peu près d'égale intensité et d'égale saturation, portez-les tous les deux en plein soleil et observez lequel paraît le plus brillant; portez-les tous les deux dans une chambre peu éclairée ou placez-les dans la boîte obscure et comparez-les de nouveau. Si vous n'avez pas de chambre ni de boîte obscure à votre disposition, regardez-les à travers un fin trou d'épingle pratiqué dans une carte, ou même avec les yeux presque fermés.

Helmholtz, *A*, 428-430, 443-444, Fr. 420-425 (317-321); Hillebrand; König, *A*; Charpentier, *A*, 227 ss., 335 ss.; Rood, *A*, 189 ss.

143. *Étendue du champ coloré*. — Lorsque l'étendue de la région rétinienne excitée est très petite, les surfaces colorées apparaissent incolores avec les éclairages ordinaires. Lorsqu'elle est un peu plus grande, elles peuvent apparaître colorées, mais elles n'apparaissent pas nécessairement dans leur couleur vraie. Le fond sur lequel elles se détachent a aussi son importance.

a. Sur des morceaux de carton blanc et de carton noir, collez des petits carrés de différentes sortes de papier coloré, une série de 5 millimètres de côté, une de 2 millimètres, et une de 1 millimètre. Eloignez-vous de ces carrés et remarquez la disparition des couleurs. Observez aussi les changements de ton.

b. Des impressions rétiniennes nombreuses, même lorsqu'elles ne sont pas contiguës, se renforcent mutuellement quant à la couleur. Le fait se constate aisément dans le champ visuel indirect. Dans un morceau de carton noir de deux pouces (5^{cm}) de côté, percez seize trous disposés en forme de carré (quatre rangées de quatre trous). Les

l'obscurissement. Si l'on veut un noir pratiquement parfait, on l'obtiendra, selon Rood, en faisant tourner l'étoile colorée devant une ouverture donnant sur une chambre obscure ou devant une boîte obscure de dimensions suffisantes.

trous auront un huitième (3^{mm}) ou trois seizièmes ($4^{\text{mm}}, 7$) de pouce de diamètre, et seront séparés par des espaces de même longueur. Collez derrière le carré un morceau de papier rouge qui couvre tous les trous, faisant ainsi de ces derniers seize petits cercles rouges. Préparez aussi un autre morceau de carton noir de telle forme qu'il puisse être placé sur le carré et couvrir tous les trous sauf un à l'un des coins ; il doit aussi pouvoir être facilement enlevé si besoin est.

Avec l'appareil employé dans l'expérience 137, trouvez le point sur la moitié nasale de l'horizon rétinien où le petit cercle rouge isolé cesse juste de pouvoir être perçu dans sa couleur véritable. En faisant cette détermination, on tiendra le carré de telle manière que la diagonale à laquelle le cercle découvert appartient soit horizontale. Lorsque le point est trouvé, découvrez les quinze autres cercles (tous plus éloignés vers la périphérie) et remarquez que la couleur du groupe peut être distinctement perçue. Il faut en cherchant la limite en deçà de laquelle le cercle coloré est reconnu éviter la fatigue.

Sur *a*, Helmholtz, *A*, 374-375, Fr. 339-400 (300); Aubert, *A*, 536-539; Hering, *R*, 18. Sur *b*, A. E. Fick, *A* et *B* (surtout 451-452).

144. *Durée de l'éclairage. Couleurs de Fechner.* — L'inertie rétinienne est différente pour les différentes couleurs. Dans les expériences sur les images consécutives (expérience 125 *d*), on a observé que l'image consécutive d'une surface blanche s'effaçait en passant par une succession de couleurs; une succession de couleurs paraît aussi résulter de la perception très courte d'une surface blanche. On peut constater le fait sur presque n'importe quel disque noir et blanc tournant lentement: ceux employés dans les expériences 128 *b* et 145 *c* montrent bien les couleurs, et celui de l'expérience 145 *a* montre quelque chose de la dépendance qui existe entre certaines couleurs et certaines vitesses. Faites tourner l'un quelconque de

ces disques avec moins de rapidité qu'il n'en faut pour obtenir un gris uniforme, et, maintenant l'œil fermement fixé sur quelque point de sa surface, remarquez les bords des parties blanches du disque qui approchent et ceux qui s'éloignent. Les couleurs peuvent ne pas apparaître immédiatement, mais on les obtient facilement en fixant attentivement.

On peut obtenir de très frappants et très beaux effets en substituant au disque noir et blanc un disque noir dans lequel on a découpé des secteurs étroits. Ce disque ainsi percé est mis en mouvement devant un fond vivement éclairé, par exemple devant une feuille de carton blanc placée en plein soleil, devant un nuage brillant, ou devant le ciel clair, et l'œil est tenu très près du disque.

Helmholtz, *A*, 530-533; Fr. 500-504 (380-383); Fechner, *A*; Brücke; Exner; Aubert, *A*, 560; Rood, *A*, 92 ss., *B*; Nichols, *B*; Charpentier, *B* et *C*.

145. *Vitesse de rotation nécessaire pour la fusion complète du noir et du blanc.* — Toute fusion de couleurs par rotation dépend du phénomène des images consécutives positives (expérience 125). Une impression produite sur la rétine ne s'efface pas immédiatement, mais continue quelque temps après que l'excitation a disparu. Si les excitations se suivent rapidement, les impressions se fusionnent, et le résultat est le même que si les excitants avaient été mélangés avant d'atteindre la rétine. Une détermination grossière de la rapidité requise pour que la fusion soit complète peut être faite avec l'appareil rotatif et un métronome.

a. Placez l'appareil rotatif dans une position telle que le disque (semblable à celui de la figure ci-jointe) ne soit éclairé que par la lumière diffuse du jour. Tournez la roue motrice lentement, et comptez combien de tours du disque correspondent à un tour de la roue. Faites marcher le métronome, et tournez la roue en mesure avec ses batte-

ments, en faisant un tour pour un, deux ou quatre battements. Remarquez lequel des cercles (s'il y en a un qui le soit) est juste d'un gris uniforme. Si aucun ne fusionne juste, modifiez un peu la vitesse du métronome,

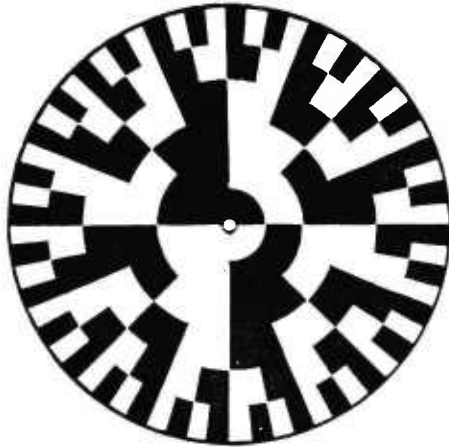


Fig. 22.

et répétez l'expérience jusqu'à ce que vous obteniez un cercle uniforme. De la vitesse du métronome, du nombre des tours de la roue, et du nombre des secteurs blancs du cercle juste fusionné, déduisez le nombre d'excitations nécessaires par seconde. L'expérience est plus facile lorsque deux personnes travaillent ensemble, l'une s'appliquant à faire tourner régulièrement la roue, et l'autre observant le disque. La courroie de transmission de l'appareil doit être assez serrée pour ne pas glisser, et le métronome doit être maintenu remonté. On vérifiera aussi sa graduation en comptant avec une montre. L'observateur doit, naturellement, éviter les mouvements des yeux, qui détruisent l'uniformité du gris.

b. Refaites la même détermination avec le disque en plein soleil; puis dans une chambre où vous aurez fait partiellement l'obscurité, ou au crépuscule.

Helmholtz, *A*, 488 ss., Fr. 453 (344) ss.; Aubert, *A*, 517; A. Fick, *B*, 211-222; Nichols, *B*; Bellarminow et la littérature citée par lui.

146. *La loi de Talbot-Plateau.* — Cette loi peut être

formulée comme suit : Une fois que la vitesse de rotation est suffisante pour produire une sensation uniforme, la couleur et l'intensité de l'une quelconque des couronnes concentriques du disque sont les mêmes que si toute la lumière réfléchiée par elle était également distribuée sur sa surface, et toute augmentation ultérieure de la vitesse reste sans effet sur elles. Faites tourner le disque de l'expérience 145 *a* et augmentez la rapidité jusqu'à ce que la couronne intérieure soit d'un gris uniforme. Lorsque ce point est atteint, le retour des impressions est 32 fois plus rapide dans la couronne extérieure que dans la couronne intérieure, et cependant on ne constate aucune différence de nuance. Pour montrer que le gris est réellement de la même intensité que celui qui résulterait d'une distribution uniforme de la lumière réfléchiée par toute la surface de la couronne, préparez un disque présentant beaucoup de secteurs égaux blancs et noirs — 32 ou plus de chaque espèce. Placez le disque sur l'appareil rotatif, et regardez-le pendant qu'il est immobile au travers d'une lentille biconvexe de court foyer (par exemple 1 pouce), tenue à une distance de l'œil et du disque telle qu'il ne se forme aucune image distincte, mais que le champ de la lentille apparaisse d'un gris uniforme. Mettez maintenant le disque en rotation rapide, et remarquez que le gris demeure le même.

Le résultat de ces expériences serait le même si l'on substituait d'autres couleurs au noir et au blanc.

Helmholtz, *A*, 482-485., Fr. 446-450 (333-341); Aubert, *A*, 515-516; Talbot; Plateau.

147. *Expérience de Brücke*. — Lorsque la vitesse de rotation n'est pas suffisante pour produire une fusion complète, l'intensité du disque est influencée par la vitesse. Faites tourner le disque employé dans l'expérience 145 *a* assez rapidement pour fusionner le blanc et le noir de la couronne intérieure, puis laissez-le arriver au repos peu à peu. A mesure que le mouvement se ralentit, on observe

dans une couronne après l'autre, en commençant par la couronne intérieure, et juste au moment où elle cesse de présenter une teinte uniforme, un accroissement notable d'intensité. Les secteurs blancs peuvent alors produire tout leur effet sur la rétine avant qu'ils ne soient remplacés et effacés par les secteurs noirs. Les secteurs noirs s'obscurcissent aussi lorsqu'on fixe l'attention sur eux. Lorsque l'attention est indifférente, il semble qu'on juge de l'intensité d'un objet tel que ce disque d'après celle de ses parties les plus brillantes.

Helmholtz, *A*, Fr. 455-456; Exner; Aubert, *A*, 510.

MÉLANGE DES COULEURS

148. *Couleurs mélangées.* — Des expériences sur ce sujet ne peuvent être considérées comme entièrement satisfaisantes que si elles sont faites avec des couleurs spectrales pures (homogènes). Les papiers colorés avec lesquels les expériences suivantes sont faites ne présentent nullement des couleurs homogènes, comme on peut facilement s'en convaincre en regardant des fragments sur un fond noir à travers un prisme. Ils produisent cependant les mêmes effets de mélange que des couleurs spectrales de même ton, de même intensité et de même saturation; et la facilité avec laquelle on peut les mélanger au moyen de l'appareil rotatif les recommande pour des expériences préliminaires et à titre d'illustrations.

Trois couleurs choisies convenablement suffisent à produire par leurs mélanges toutes les couleurs intermédiaires (quoique dans la plupart des cas à un degré de saturation moindre) si on y ajoute du pourpre et du blanc (c'est-à-dire du gris). Les couleurs généralement choisies sont le rouge, le vert et le bleu ou le violet. Le vert ne peut être obtenu par mélange de couleurs qui elles-mêmes ne lui ressem-

blent pas ; c'est-à-dire qu'il peut être obtenu par mélange de vert-jaune et de vert-bleu, mais non de jaune et de bleu, et d'ailleurs la saturation n'est nullement complète.

Les faits principaux du mélange des couleurs, de même que la manière de les représenter par un diagramme à deux dimensions, furent découverts par Newton ; parfois on les désigne du nom général de *Loi de Newton*. Pour les manières de construire de tels diagrammes, voir, entre autres, Helmholtz, *A*, 334 ss. ; Aubert, *A*, 524 ss. et Rood, *A*, 218 ss., 224 ss.

a. Obtenez un mélange jaune avec du rouge et du vert sur l'appareil rotatif. Le jaune ainsi produit sera sombre, et, comme épreuve de sa nuance, on le comparera à un mélange de jaune et de noir, produit avec des disques de plus petite dimension fixés sur les premiers. De même obtenez par un mélange de vert et de violet un bleu semblable à un mélange de bleu et de noir (ou de bleu, de noir et de blanc).

b. Avec du rouge et du violet ou du bleu, produisez différents pourpres intermédiaires entre le violet et le rouge.

c. Avec du rouge, du vert et du violet, obtenez un gris pareil à un mélange de noir et de blanc produit sur le petit disque. Dans un cas comme celui-ci il est très probable que le gris apparaît parce que les couleurs combinées fournissent ensemble toutes les longueurs d'onde à peu près dans les proportions où elles se trouvent dans la lumière blanche ordinaire. Avec le rouge, le vert et le violet homogènes du spectre, le cas serait naturellement différent. Pour éviter les images consécutives importunes, le soin des disques sera laissé à un aide, ou bien l'observateur portera des lunettes noires, qu'il n'ôtera que quand les disques auront toute leur vitesse.

Si les disques colorés employés dans ces expériences ne sont pas opaques, il faudra en superposer plusieurs.

Pour les démonstrations on pourra mélanger deux cou-

leurs dans des proportions différentes sur un seul disque avec étoile (voir expérience 141), en peignant l'étoile d'une couleur et le fond du disque d'une autre (ou en collant des papiers colorés au lieu de peindre); mais dans les deux cas quelques expériences d'essai seront nécessaires pour déterminer la forme convenable à donner aux rayons de l'étoile.

Helmholtz, *A*, 311-316, 320-322, 325-333, 375, 376-473, 485, *Fr.* 359-365, 367-369, 450 (272-277, 279-281, 341); Aubert, *A*, 521-524; Hering, *M*; Maxwell, *A* et *B*; Rood, *A*, 124 ss.

149. *Couleurs complémentaires.* — La combinaison de rouge, de vert et de violet mentionnée dans la dernière expérience n'est pas la seule combinaison qui donne du blanc ou du gris. Pour chaque couleur il existe une autre couleur, une couleur complémentaire, qui, mélangée avec elle, donne une combinaison incolore. Quelques-unes de ces paires sont : rouge et vert-bleu, jaune et bleu-indigo, vert et pourpre, bleu et orangé, violet et vert-jaune.

a. Essayez plusieurs de ces paires sur l'appareil rotatif, en comparant le gris résultant à un mélange de noir et de blanc sur le petit disque. On trouvera probablement dans quelques cas qu'aucune proportion des papiers colorés dont on disposera ne donnera un gris pur. Dans ces cas un peu de la couleur complémentaire de celle qui persistera dans le gris devra être ajoutée. Supposons que le rouge et le vert-bleu, combinés, donnent un gris teinté de brun (c'est-à-dire un orangé foncé); une certaine quantité de bleu devra être ajoutée pour compenser le brun. Par exemple, avec certains papiers 180° de vert-bleu + 36° de bleu-indigo + 144° de rouge donnent le même gris que 90° de blanc + 270° de noir. Pour voir la véritable couleur complémentaire du rouge employé, il est alors nécessaire de préparer un disque portant du vert et de l'indigo dans les proportions de 180 et 36; c'est-à-dire 300° de vert-bleu, et 60° d'indigo. De même le complément du vert-bleu employé est un rouge plus bleu que celui du papier rouge, et on peut

le voir séparément en mélangeant 288° de rouge avec 72° d'indigo. Il est très important ici, et dans tous les cas où l'on doit constater un blanc ou un gris résultants, d'avoir quelque blanc ou quelque gris purs dans le champ visuel, pour prévenir les erreurs lorsqu'on se trouve en présence de teintes très faibles de couleur.

La critique faite à propos de l'expérience 148 *c* s'applique ici avec autant de force. Pour être concluante, l'expérience doit être faite avec des couleurs beaucoup plus simples que celles des papiers colorés.

b. Les images consécutives négatives, lorsqu'elles sont projetées sur une surface blanche, apparaissent avec des couleurs approximativement complémentaires de celles qui leur ont donné naissance. Comparez les couleurs complémentaires obtenues par cette méthode avec celles qu'on obtient au moyen de l'appareil rotatif.

Helmholtz, *A*, 316-319, Fr. 365-367 (277-278); Aubert, *A*, 521-524; König und Dieterici, *A*, 284 ss.; Rood, *A*, 161 ss.

150. *Autres méthodes pour mélanger les lumières colorées.*

— *a. Méthode de Lambert. Mélange par réflexion.* C'est la méthode la plus simple. Les couleurs à mélanger sont

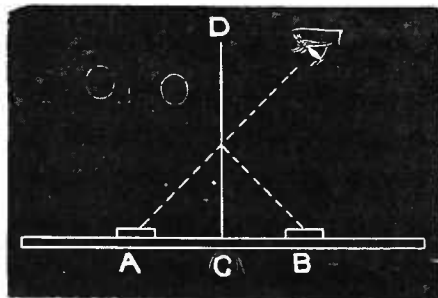


Fig. 23.

placées sur un fond noir (par exemple une surface unie de velours noir) de part et d'autre d'une plaque de verre verticale. L'œil est placé dans une position telle que l'image réfléchie de la couleur qui se trouve d'un côté du verre se

superpose à la couleur qui se trouve de l'autre côté et qui est vue à travers le verre. Le verre doit naturellement être de bonne qualité et net. On peut faire varier l'intensité relative des couleurs en changeant leur distance par rapport au verre. Amener les couleurs près du verre, ou élever l'œil, renforce la lumière réfléchie et affaiblit la lumière transmise. Des bandes de papier coloré ayant leurs extrémités placées tout près du verre montreront, pourvu que la lumière soit égale, un mélange uniforme des couleurs à travers une série considérable d'intensités, une couleur prédominant à une extrémité de l'image résultante et l'autre à l'autre extrémité.

En substituant un morceau de verre sur fond noir à l'une des couleurs, et puis plaçant l'appareil de telle façon qu'une partie du ciel clair puisse être réfléchi par le verre, on pourra mélanger le bleu ciel avec son complément, ou avec toute autre couleur.

Pour mélanger deux couleurs en proportions égales, dis-

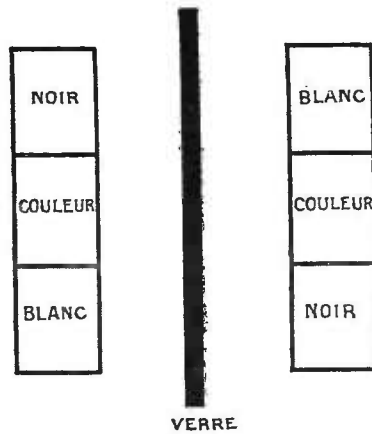


Fig. 24.

posez-les avec du blanc et du noir, comme dans la figure ci-dessus. Réglez la position du verre (ou de l'œil) de manière que les gris produits aux extrémités par les blancs et les noirs soient exactement pareils; les couleurs seront alors mélangées en proportions égales. — La disposition

indiquée donne d'assez bons résultats lorsque le fond est blanc. S'il est noir, il faudra remplacer les surfaces blanches par des grises.

b. *Mélange par double réfraction.* Des étendues colorées placées côte à côte apparaissent mélangées lorsqu'on les regarde au travers d'un prisme biréfringent. Le prisme double les deux champs, et produit une superposition partielle. Dans la partie commune les couleurs sont mélangées, et chaque couleur a dans le mélange à peu près la moitié de son éclat naturel.

c. *Mélange de couleurs spectrales.* De beaux mélanges peuvent être obtenus avec un prisme et les figures 1, 2, 3 de la planche ; ou, mieux encore, avec des figures de la même forme, mais blanches sur fond noir. Puisqu'un prisme réfracte des lumières différentes à des degrés différents, il produit une quantité d'images d'un objet brillant qui se recouvrent partiellement et qui apparaissent à l'œil sous l'aspect de franges colorées (Regardez, à travers un prisme tenu horizontalement, un carré de papier blanc d'un pouce de côté [2^{cm},5] sur un fond noir). On peut se rendre compte de la superposition de ces images par la figure suivante, dans laquelle les lignes horizontales représentent les images, et les lettres majuscules les couleurs des lumières qui les produisent.

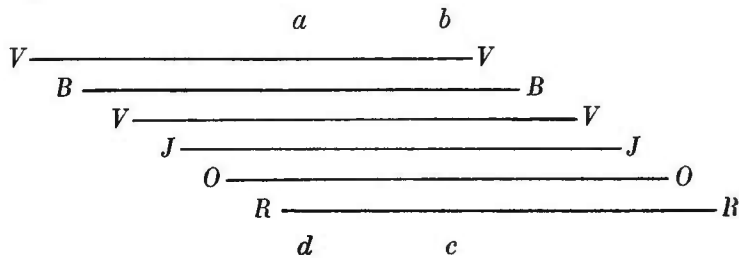


Fig. 25.

Dans la région *a b c d* toutes les images se recouvrent et l'on voit le blanc du papier. Mais à gauche de *a* les différentes espèces de lumière disparaissent graduellement, en commençant par le rouge. Les couleurs successives du

bleu verdâtre au violet résultent du mélange de ce qui reste. De l'autre côté une disparition pareille des couleurs donne la série qui va du jaune verdâtre au rouge. Dans la figure 1 de la planche les spectres qu'on verrait sur les bords supérieur et inférieur du carré de papier blanc d'un pouce de côté sont amenés côte à côte ; d'un côté on a du rouge, de l'orangé et du jaune, et de l'autre du bleu verdâtre, du bleu et du violet. Les couleurs qui sont côte à côte sont des paires complémentaires comme ton, comme intensité et comme saturation ; car le bleu verdâtre est le blanc du papier moins le rouge, et le bleu est le même blanc moins le vert, l'orangé et le jaune, et ainsi de suite ; et si on superpose exactement les deux spectres, comme on peut le faire en se servant de la méthode de *b* ci-dessus, ils donneront exactement le blanc qui les a produits.

Si on regarde une très étroite bande de blanc sur fond noir à travers un prisme, les images se recouvrent moins et une autre couleur apparaît, à savoir le vert, comme on peut le voir dans la figure 2 sur la bande blanche étroite qui est entre les bandes noires. Si, d'autre part, on considère une bande noire étroite sur fond blanc, les spectres des surfaces blanches situées en dessus et en dessous se recouvrent partiellement, et donnent une autre série de mélanges. Si la figure est d'abord tenue près du prisme, et puis graduellement éloignée, on pourra facilement suivre la marche et le mélange des spectres. Outre le jaune verdâtre à une extrémité et le bleu verdâtre à l'autre, on observe un pourpre brillant, complémentaire du vert qui est à côté de lui, et un blanc qui se trouve entre le pourpre et le jaune verdâtre. Ce blanc est produit par le mélange du bleu d'un spectre avec le jaune-orangé complémentaire de l'autre.

La figure 3 présente un certain nombre de mélanges de couleurs avec différentes proportions des éléments constituants. Dans les spectres obtenus avec le triangle blanc on trouve des mélanges de chaque couleur du spectre vue sur

la bande blanche étroite de la figure 2 avec chaque autre couleur qu'on observe au même endroit. Sur le triangle noir les spectres obtenus avec les bords blancs supérieur et inférieur offrent des mélanges semblables à ceux de la bande noire étroite de la figure 2. La figure doit être placée à une distance telle qu'une petite partie des triangles blanc et noir soit encore visible.

Helmholtz, *A*, 350-357, 485, 491-493, Fr. 402-407, 450, 458-461 (303-306, 341, 347-349); Aubert, *A*, 521-524; Maxwell, *A*; Rood, *A*, 108 ss., 124 ss.; Hering, *O*; von Bezold, *B*, 17 ss. Sur *a* et *c*, Benson. Sur des méthodes plus parfaites pour mélanger les couleurs spectrales, voir surtout le premier ouvrage de Helmholtz.

CONTRASTE

L'effet d'une couleur sur une autre, lorsqu'elle n'est pas mélangée avec elle, mais qu'elle est présentée à l'œil successivement ou simultanément dans un champ adjacent, est connu sous le nom de contraste. On distingue le *contraste successif* et le *contraste simultané*. La couleur qui est modifiée, ou que l'on fait apparaître sur une surface incolore, est appelée *couleur induite*; la couleur qui cause la modification est appelée *couleur inductrice*. Le contraste successif est en grande partie affaire d'images consécutives négatives, et de projection de ces images sur différents fonds, et il est universellement considéré comme un phénomène physiologique. Le contraste simultané, au contraire, a été regardé par Helmholtz et ses partisans comme un phénomène psychologique, comme une sorte de faux jugement. Les recherches de ces dernières années, cependant, surtout celles de Hering, ont démontré que le contraste simultané lui-même, dans la plupart des cas et même probablement dans tous, est physiologique, qu'il est un phénomène de la rétine (et de ses connexions centrales) et non une fausse inférence.

151. *Contraste successif*. — *a*. Préparez une série de champs des principales couleurs, y compris le blanc, le noir et le gris ; donnez-leur comme dimensions 3×5 pouces ($7^{\text{cm}},5 \times 12^{\text{cm}},5$), préparez aussi quelques petits carrés des mêmes couleurs, ayant par exemple 1^{cm} de côté. Placez un des petits carrés sur le champ noir, obtenez une image consécutive négative nette et projetez-la d'abord sur le champ blanc et puis sur les autres. Remarquez que la couleur de l'image consécutive est celle du champ sur lequel elle est projetée, moins la couleur qui l'a produite ; par exemple, l'image consécutive du rouge projetée sur le violet paraît bleue, et sur l'orangé paraît jaune. Ou, pour exprimer la même chose en d'autres termes, la couleur de la région occupée par l'image est un mélange de la couleur de l'image consécutive avec la couleur du fond sur lequel elle est projetée. Ainsi une image consécutive vert-bleu projetée sur le violet donne du bleu, et projetée sur l'orangé donne du jaune. Remarquez que lorsque l'image est projetée sur un champ de la couleur inductrice, elle fait paraître la région sur laquelle elle tombe terne et effacée ; mais quand elle est projetée sur un champ de couleur complémentaire, elle fait paraître l'endroit où elle tombe plus brillant et plus saturé. En fait, c'est seulement en fatiguant d'abord l'œil pour une couleur et regardant ensuite son complément qu'on peut produire les sensations de couleur les plus saturées. En général, les couleurs qui sont complémentaires, ou à peu près, sont favorisées par le contraste ; celles qui se ressemblent davantage se portent préjudice l'une à l'autre.

b. On peut observer ces mêmes effets, d'une façon même plus brillante, en mettant le petit carré de couleur directement sur la grande surface colorée, le fixant pendant quelques secondes et puis le faisant subitement disparaître en soufflant dessus. Voir aussi l'expérience 134.

c. Cet effet de contraste peut être assez fort pour surmonter une couleur objective modérément vive. Placez un petit morceau de papier orangé opaque au milieu d'un car-

reau de verre rouge, et regardez le ciel clair ou un nuage brillant au travers du verre. L'intensité du vert-bleu induit sera assez grande pour faire que l'orangé paraisse bleu. Voir aussi l'expérience 124 d.

Helmholtz, *A*, 537-542, Fr. 510-515 (388-392); Hess, *C*; Rood, *A*, 235 ss.

152. *Contrastes mixtes*. — Lorsque des précautions spéciales ne sont pas prises pour exclure le contraste successif, tous les deux, le contraste successif et le contraste simultané, coopèrent à l'effet général. Quelques-uns des phénomènes produits sont frappants et d'une grande beauté.

a. *Ombres colorées*. Disposez deux lumières de manière qu'elles produisent deux ombres d'un crayon ou d'une petite tige sur une surface blanche. La lumière du jour peut tenir lieu d'une d'elles, si elle n'est pas trop intense, mais il ne faut pas oublier qu'à moins que la lumière vienne d'un ciel couvert, elle sera bleue. Introduisez différents verres de couleur l'un après l'autre devant l'une des lumières, et remarquez la belle couleur complémentaire qui apparaît immédiatement dans l'ombre appartenant à cette lumière. L'intensité des deux lumières doit être réglée de telle façon que les ombres soient à peu près également sombres lorsque le verre de couleur se trouve devant l'une des lumières. Voir aussi expérience 155.

b. *Contrastes par réflexion. Expérience de Ragona Scina*. Placez sur les surfaces horizontale et verticale de l'instrument des cartes blanches portant des figures noires ¹

¹ Une tache noire quelconque suffira. Pour cette expérience des figures composées de séries de cercles noirs concentriques épais, des lignes d'un quart de pouce d'épaisseur, séparées par des cercles blancs d'une épaisseur triple, donnent un excellent résultat. Les diamètres doivent être choisis de telle sorte qu'un cercle noir sur la figure horizontale corresponde à un cercle blanc sur la figure verticale et *vice versa*, et paraisse reposer au milieu du blanc lorsque les figures sont combinées de la façon décrite ci-dessus. Une paire de figures composées de barres parallèles noires d'un quart de pouce (6^{mm}) d'épaisseur, séparées par des espaces d'un quart de pouce et placées de telle sorte dans l'instrument qu'elles représentent, lorsqu'elles sont combinées, un échiquier, sont utiles pour maintenir dans le champ un noir véritable auquel les couleurs modifiées puissent être comparées.

Les figures étant en place, tenez entre les deux à 45° un carreau de verre coloré, par exemple de verre vert, et remarquez que le noir de la figure horizontale paraît teinté de la couleur complémentaire, c'est-à-dire de pourpre. Cette couleur de contraste peut souvent être renforcée en changeant légèrement l'inclinaison du verre, ou en modifiant l'éclaircissement relatif des figures au moyen d'un écran incolore interposé entre l'une ou l'autre d'entre elles et la source de lumière, ou en déplaçant l'appareil tout entier. On comprendra facilement cette expérience en considérant la

figure ci-jointe. La plaque de verre est représentée par C D, la partie noire de la figure verticale par la projection en A, celle de la figure horizontale par la projection en B. La lumière que reçoit l'œil de la partie blanche de la figure horizontale est colorée en vert par le verre; celle qu'il reçoit de la partie blanche de la figure verticale est réfléchiée par la surface

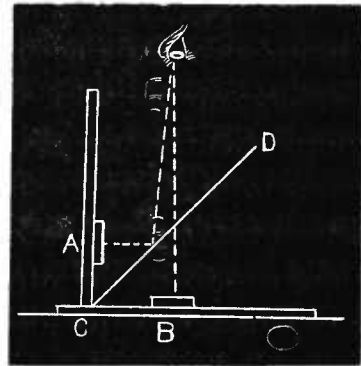


Fig. 26.

supérieure de la plaque de verre et est par conséquent incolore ¹. Le mélange des deux donne un champ légèrement vert. Pour plus de simplicité, nous pouvons supposer qu'aucune lumière ne vient des parties noires de la figure. Alors, dans la partie du champ légèrement vert qui correspond au noir de la figure verticale, l'élément blanc manquera et le vert apparaîtra non affaibli; dans la partie correspondant au noir de la figure horizontale, c'est l'élément vert qui fera défaut et l'on devrait y apercevoir du blanc pâle (c'est-à-dire du gris). Tel n'est pas le cas cependant, à cause de la couleur de contraste induite. En fait, les parties noires ne sont pas absolument noires; la

¹ En réalité, une petite quantité est réfléchiée aussi par la surface inférieure du verre, et fournit un peu de vert.

petite quantité de lumière qu'elles émettent tend, d'une part, à rendre l'image verte (image du noir de la figure verticale) un peu blanche, et, d'autre part, à contre-balancer le contraste dans l'image pourpre en ajoutant à cette image un peu de vert. Essayez l'expérience avec des verres d'autres couleurs.

Une autre forme de l'expérience du contraste par réflexion est la suivante. Placez un miroir de manière que le ciel ou une surface blanche quelconque y soit vue réfléchi. Mettez sur sa surface une plaque de verre coloré (vert par exemple) et tenez un peu au-dessus une bande étroite de carton noir ou un crayon. Vous verrez deux images : l'une d'un vert vif, l'autre d'un pourpre complémentaire. L'image verte est due à la réflexion à la surface du verre coloré, comme on peut s'en assurer en constatant que lorsque la bande de carton touche la surface, l'image verte la touche aussi. L'image pourpre est due à la réflexion à la surface postérieure du miroir. Il est facile de démontrer, en substituant une bande grise à la noire, que le contraste peut supprimer une couleur objective plus faible réellement présente.

c. *Expérience de Meyer.* Mettez sur une grande étendue colorée un petit morceau de papier gris ou même noir (par exemple de 1 centimètre de large sur 2 centimètres de long), et couvrez le tout avec un morceau de papier blanc demi-transparent de même dimension que le champ coloré. La couleur de contraste apparaîtra sur le papier gris. Si l'on emploie du fin papier de soie, il faudra peut-être plus d'une épaisseur pour obtenir le meilleur résultat. Des nattes de papier, tissé dans un sens de papier gris et dans l'autre de papier coloré, montrent ce contraste admirablement. On peut facilement en confectionner avec les matériaux d'un « jardin d'enfants. »

¹ Pour explication plus complète avec figure, voir *American Journal of Psychology*, V, 1892-93, 407, et von Bezold, 154 s.

d. *Contrastes mixtes avec l'appareil rotatif.* Des disques faits sur le modèle de la figure de gauche montrent

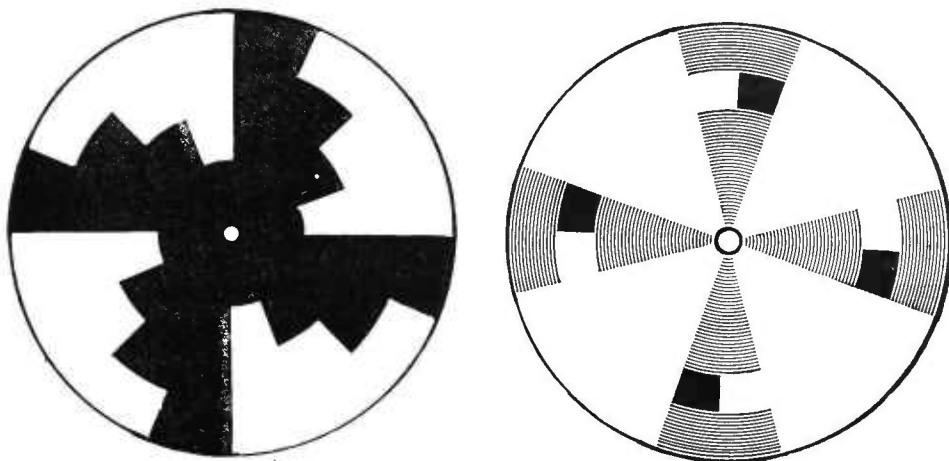


Fig. 27 et 28.

de beaux contrastes de gris. Le même résultat peut être aussi obtenu en plaçant un certain nombre de petites feuilles de papier de soie les unes sur les autres de manière qu'elles se recouvrent partiellement et donnent ainsi une région où il n'y a qu'une épaisseur, une région contiguë où il y en a deux, une troisième région voisine de la précédente où il y en a trois, et ainsi de suite. Lorsqu'on tient le tout devant la lumière, on voit facilement les contrastes des parties contiguës.

On montre très bien les couleurs de contraste avec des disques tels que celui de la figure de droite ci-dessus ; les parties ombrées représentent la couleur, les parties noires le noir, et les blanches le blanc. Il faut fixer avec quelque soin les proportions de la couleur au blanc et au noir, mais en général l'intensité du gris doit être à peu près la même que celle de la couleur. Lorsque la couleur de contraste a été obtenue d'une façon satisfaisante, approchez-en un morceau de carton blanc (par exemple de 3×5 pouces [$7^{\text{cm}},5 \times 12^{\text{cm}},5$]), et tenez-le par rapport à la source de lumière de telle façon qu'il apparaisse à peu près aussi brillant que la couronne de contraste. Tenez le

carton de manière que son ombre ne tombe pas sur le disque, ou du moins ne soit pas aperçue. Remarquez que la couleur de contraste se retire des bords. Helmholtz et les partisans de l'explication psychologique du contraste insistent beaucoup sur les expériences de ce genre. — Le carton blanc supprime une partie de la couleur inductrice, ce qui peut expliquer l'effet, auquel cas l'expérience serait sans importance pour la théorie du contraste.

On peut montrer à la fois des contrastes avec deux couleurs en donnant à la partie intérieure des secteurs colorés une couleur, et à la partie extérieure une autre couleur. On peut disposer un disque momentanément pour montrer les effets de contraste en plaçant sur l'appareil rotatif d'abord un grand disque coloré (par exemple de 20 centimètres de diamètre), puis de petits disques combinés noirs et blancs (par exemple de 12 centimètres de diamètre) et enfin un disque coloré encore plus petit (par exemple de 10 centimètres de diamètre).

Helmholtz, *A*, 542 ss., Fr. 515-546 (392-417); Hering, *E*; Aubert, 496 ss., 546 ss.; von Bezold, 144-171; Rood, 241-272; Mayer.

Pour certaines expériences, voir: sur *a* (2^e partie), von Bezold, *B*, 153-154; sur *b* (2^e partie), Dove; sur *c*, Meyer.

Pour des déterminations quantitatives des contrastes gris, voir Ebbinghaus, *B*; Lehmann; et Kirschmann, *D*.

153. *Quelques-unes des conditions qui influent sur le contraste.* — *a*. Les contrastes sont plus marqués lorsque les couleurs sont près l'une de l'autre. Placez un morceau de papier blanc sur une surface noire, par exemple sur un morceau de velours noir, et remarquez que le papier est plus blanc et le velours plus noir près des bords du papier qu'ailleurs, nonobstant les libres mouvements des yeux. Ce contraste a reçu le nom de « contraste marginal » (*Randcontrast*).

Placez deux bandes de papier coloré côte à côte (par exemple deux bandes rouge et jaune, ou verte et bleue, de 1 centimètre de large sur 4 de long) sur un morceau de

papier gris de la grandeur d'une feuille de papier à lettres. Au-dessous, à droite et à gauche, aussi loin l'une de l'autre que le papier le permettra, placez deux autres bandes de même grandeur et de même couleur, la rouge du côté de la rouge de la première paire, et la jaune du côté de la jaune. Remarquez l'effet de la différence de distance sur les paires contrastantes. Un contraste de cette nature atteint son maximum lorsqu'une couleur entoure complètement l'autre.

b. Effet de la grandeur. Lorsque l'étendue de la couleur inductrice est considérable et celle de la couleur induite petite, le contraste est visible surtout sur la dernière; lorsque les deux étendues sont à peu près égales, comme en *a* ci-dessus, l'effet est réciproque. Essayez avec de grands et de petits morceaux de papier placés sur un champ coloré.

*c. Des bords et des lignes de démarcation séparant les étendues contrastantes tendent à diminuer l'effet en excluant le contraste marginal, et (attendu que le regard tend à suivre plutôt qu'à couper des lignes fortement marquées), en empêchant les mouvements des yeux qui produiraient un contraste successif. Répétez l'expérience 152 *c* en vous servant de deux bandes de papier gris de 5 millimètres de large sur 2 centimètres de long, et en substituant un morceau de papier à lettres modérément transparent au papier de soie. Après avoir constaté la couleur de contraste, tracez à l'encre en suivant le contour de l'une des bandes une ligne fine sur le papier qui recouvre cette bande, et remarquez que la couleur disparaît entièrement ou à peu près. Un disque comme celui de l'expérience 152 *d*, lorsqu'il est pourvu d'une seconde couronne de contraste, marquée sur ses deux bords d'une forte ligne noire, montre un affaiblissement de la couleur induite sur cette couronne.*

Cette expérience et d'autres du même genre jouent un rôle important dans l'explication psychologique du contraste simultané en tant qu'opposée à l'explication physio-

logique; voir Helmholtz, *A*, 543 ss., 559 s., Fr. 533 s., 539, 542 (406 s., 411, 414). Une pareille bordure noire, il est vrai, rendra également invisible une couleur objective faible.

d. Saturation. Les effets de contraste sont généralement très frappants avec des couleurs peu saturées. Comparez l'effet lorsque vous augmentez, diminuez, ou éteignez la lumière non colorée dans les expériences des ombres colorées. Il est nécessaire, toutefois, de veiller à ce que de la lumière réfléchie par les murs et les objets environnants ne complique pas l'expérience.

Comparez l'intensité des contrastes dans l'expérience de Meyer (expérience 152 *c*) avant et après l'application du papier de soie. Remarquez aussi le rôle joué par la lumière blanche mélangée à la lumière colorée dans les expériences ci-dessus de contraste par réflexion. Essayez l'effet qu'on obtient en introduisant du blanc ou du noir ou les deux dans les grands et les petits disques disposés comme il est dit à la fin de l'expérience 152. Des contrastes très marqués peuvent cependant être constatés avec des couleurs saturées lorsque les conditions nécessaires sont remplies.

e. Les couleurs induites sur des champs gris sont plus marquées lorsque le gris a à peu près la même intensité que la couleur inductrice. Répétez l'expérience de Meyer en vous servant de papier blanc au lieu de gris ou de noir. Avec le système des trois disques, essayez l'effet qu'on obtient en faisant le disque du milieu complètement blanc et complètement noir. Rood trouve que des gris légèrement plus foncés que la couleur inductrice sont avantageux lorsque la couleur inductrice est rouge, orangée ou jaune, et des gris légèrement plus clairs lorsque la couleur inductrice est verte, bleue, violette ou pourpre.

Sur les conditions en général du contraste, voir Helmholtz, *A*, 540-541, Fr. 513-514 (390-391); Kirschmann, *D*. Dans Hering, *E*, on trouve aussi beaucoup de renseignements relatifs à l'influence de diverses conditions. Sur *b*, Exner, *B*. Sur *c*, Helmholtz, *A*, 546-547, Fr. 539-542 (411-414). Sur *d*, Helmholtz, *A*, Fr. 523-524 (399-400). Sur *e*, Rood, *A*, 261.

154. *Le halo de Hering.* — On constate souvent des phénomènes de contraste dans les images consécutives négatives. Celui qu'on observe dans les images consécutives d'objets blancs sur fond noir a été invoqué par Hering comme argument contre l'explication psychologique du contraste. Quelques-unes des expériences les plus simples sont les suivantes ; pour le développement de ces expériences, voir Hering, A.

a. Posez un carré de papier blanc d'un demi-pouce (12^{mm}) de côté sur une grande feuille de carton noir (ou mieux de velours noir) et marquez un point au centre. Fixez fermement le point pendant quinze à trente secondes ou plus, puis fermez les yeux et couvrez-les. Vous verrez alors, en négligeant les effets accessoires de couleur, l'image consécutive sombre du papier entourée d'un halo de lumière, dont l'intensité sera maxima près du papier et ira diminuant graduellement vers la périphérie. On considère le phénomène, dans la théorie psychologique, comme dû au contraste du fond avec le noir profond de l'image consécutive du carré.

b. Placez deux carrés blancs côte à côte, à deux ou trois millimètres de distance, sur le fond sombre, et entre les deux un tout petit fragment de papier comme point de fixation. Obtenez les images consécutives comme tout à l'heure. Les halos des deux carrés coïncident dans l'espace étroit qui est entre eux, et donnent une bande beaucoup plus brillante dans l'image consécutive. Dans des circonstances favorables cette bande brillante peut demeurer visible, tandis que les images consécutives des carrés eux-mêmes sont momentanément invisibles. Dans ces deux expériences il vaut mieux employer les deux yeux qu'un seul. L'explication du halo comme affaire de faux jugement n'est pas facile, surtout dans le dernier cas.

Hering, A.

155. *Contraste simultané avec des ombres colorées.* — Les effets du contraste simultané se perdent presque toujours dans les effets plus puissants du contraste successif. La première condition, dès lors, d'une expérience sur le premier, c'est d'exclure le second. Ce n'est pas difficile pour les ombres colorées.

a. Placez un morceau de papier blanc de bonne dimension sur une table, de manière qu'il puisse être éclairé à la fois par une fenêtre (si le ciel est couvert) et par une flamme de gaz. Mettez dessus un petit bloc de bois ou un autre objet (d'environ 5 centimètres de largeur sur 10 de hauteur); quelque chose de noir est ce qui vaut le mieux. Allumez le gaz et observez les deux ombres, l'une projetée par la lumière de la fenêtre, l'autre par le gaz. La première paraîtra jaunâtre, la seconde nettement bleue¹. Réglez la distance et la position de bloc par rapport à la lumière en sorte que les ombres paraissent à peu près aussi foncées l'une que l'autre, et que l'ombre bleue soit aussi nettement délimitée que possible, et pour cela il est bon que l'ombre soit projetée par le bord plutôt que par la partie large de la flamme. La couleur de l'ombre jaunâtre est objective et due à la couleur jaune de la flamme du gaz; celle de l'ombre bleue est due au contraste, mais en grande partie, jusqu'à présent, au contraste successif. Marquez un point au centre de l'ombre bleue, pour servir de point de fixation, et un autre sur le bord. Disposez un tube en papier (de préférence noirci à l'intérieur) de manière qu'il puisse faci-

¹ Cette expérience réussit le mieux lorsque la lumière du jour est faible comme, par exemple, au moment qui précède celui où l'on allume les lumières le soir. Si l'expérience est faite en plein jour, la lumière doit être diminuée au moyen de rideaux ou autrement: si elle est faite la nuit, il faut deux lumières, l'une correspondant à la lumière naturelle, l'autre au gaz, et celle-ci doit traverser un verre coloré. Si on se sert d'un verre jaune, les couleurs seront les mêmes que celles de l'expérience ci-dessus, la flamme libre tenant la place de la lumière du jour. Si le ciel est clair, sa lumière est elle-même bleue, et compliquerait quelque peu l'expérience. On peut cependant la faire passer à travers un verre coloré ou de la gélatine colorée, mais il faut alors tenir compte de la couleur orangée de la lumière du gaz.

lement être déplacé d'un point à l'autre. Interceptez la lumière du gaz en tenant une carte entre le bec et le bloc ; disposez le tube de manière que le point marqué au milieu de l'ombre puisse être fixé sans qu'on voie rien du champ extérieur à l'ombre. Attendez jusqu'à ce que tout le bleu ait disparu de l'ombre, et puis, toujours en regardant dans le tube, enlevez la carte. Le champ n'éprouve aucun changement et reste, comme auparavant, d'un gris incolore. La couleur bleue de tout à l'heure était donc subjective et due au contraste avec l'étendue jaune éclairée sur laquelle elle se trouvait.

b. Interceptez de nouveau la lumière du gaz, et disposez le tube de manière à pouvoir fixer le point qui se trouve sur le bord de l'ombre. Ayant bien soin de ne pas bouger l'œil, retirez la carte. La partie du champ du tube remplie par l'ombre apparaîtra bleuâtre, le reste apparaîtra jaune rougeâtre. Après quelque temps de fixation ferme, interceptez encore une fois la lumière du gaz, et remarquez le renversement instantané des couleurs. L'ombre maintenant apparaît jaune rougeâtre, et le reste du champ bleu. La couleur de l'ombre, avant et après la dernière interposition de la carte, est due au contraste simultané, dans le premier cas avec la lumière jaune rougeâtre, dans le second avec son image consécutive.

Helmholtz et ses partisans expliquent tous les cas de contraste simultané en les considérant comme des erreurs du jugement ; dans le cas de l'ombre colorée, par exemple, nous prenons le jaune du champ éclairé par la lumière du gaz pour du blanc, et par conséquent nous trouvons l'ombre, qui est en réalité grise, bleuâtre. Dans le cas de cette expérience spéciale, Hering et Delabarre ont montré que cette explication psychologique est inutile et qu'une explication physiologique suffit entièrement, et Hering a fait la même démonstration pour d'autres formes de l'expérience.

Sur le contraste simultané en général, voir Helmholtz, *A*, 542 ss., Fr. 515-547 (392-418) ; Hering, *A* et *E*. Sur les ombres colorées, voir

Helmholtz, *A*, 551-553, Fr. 517-519 (394-396); Hering, *E*; Delabarre, Sur la théorie de Helmholtz, voir Helmholtz, *A*, 543 ss., Fr. 516., 533-538 (392, 407-411); Hering, *E*; Rood, *A*, 252 ss.; von Bezold, *B*, 146 ss.

Pour l'étude quantitative du contraste simultané dans différentes conditions, voir Kirschmann, *D*.

156. *Contraste simultané. Méthode binoculaire de Hering.*

— *a*. Mettez un verre rouge dans le châssis droit de l'appareil binoculaire à mélanger les couleurs, un bleu dans le châssis gauche. Regardez fixement à travers les verres colorés la balle de liège qui est au-dessous, en plaçant les yeux près des verres et le nez entre ces derniers. Disposez les écrans latéraux de manière que le fond blanc au-dessous apparaisse d'un violet léger uniforme par suite du mélange binoculaire du rouge et du bleu (voir expérience 167). La bande étroite de papier noir sur le blanc est vue double, l'image de droite paraissant bleuâtre, et celle de gauche jaunâtre.

b. La possibilité du contraste successif, cependant, n'est pas encore exclue. Placez une feuille de papier noir sur tout le champ blanc et sa bande noire; reposez les yeux; et finalement, lorsque tout est prêt, et que les yeux sont de nouveau fixés sur la balle, tirez rapidement le papier noir en maintenant les yeux immobiles. Les couleurs de contraste sont vues immédiatement, avant qu'aucun mouvement des yeux qui puisse provoquer un contraste successif ait eu lieu.

Hering prétend que cette expérience est concluante contre l'explication psychologique du contraste simultané, à moins qu'un jugement inconscient ne se produise séparément pour chaque œil; car ce qui est aperçu est un champ d'un violet faible, et la couleur de contraste par rapport à ce champ devrait être un jaune verdâtre, et les deux images de la bande devraient être semblables; or, en fait, les images apparaissent de couleurs différentes, dont aucune n'est la couleur requise.

Hering, *J*.

157. *Induction d'une couleur semblable.* — Un effet inverse des effets ordinaires de contraste se manifeste parfois, la couleur inductrice réapparaissant dans le champ induit.

a. Placez côte à côte une grande feuille de papier noir et une feuille de même dimension de papier blanc. Faites une marque comme point de fixation au milieu de leur ligne de jonction, et fixez-la très fermement pendant une demi-minute. Au bout de quelques secondes le blanc paraîtra décidément s'assombrir et le noir s'éclaircir, l'effet devenant plus marqué à mesure que la fixation se prolongera. Voir aussi expérience 122.

b. On constate souvent qu'un fond coloré s'assombrit ou s'éclaircit lorsqu'on pose dessus une figure noire ou blanche. C'est là un moyen d'obtenir des nuances et des teintes souvent employé dans la décoration polychrome. Observez l'effet dans la figure 4 de la planche. La même chose peut être observée à l'occasion dans les fabriques de plaids, et se voit d'une façon très satisfaisante dans les nattes des jardins d'enfants faites de papiers colorés et gris disposés en échiquier. Si on emploie une série de gris gradués de telle façon que les bandes passent régulièrement du noir d'un côté au blanc de l'autre, la formation correspondante de nuances sur le papier coloré est frappante.

Sur *a*, Helmholtz, *A*, 554 ss., Fr. 527 ss. (401 ss.) ; Hering, *A*, 36 ss.
 Sur *b*, voir Bezold, *B*, 182-183 et planche V. Pour ce qui est peut-être un phénomène de même nature, voir Brücke, 424 ss. ; Helmholtz, *A*, 549, Fr. 520 (396) ; Aubert, *A*, 549 s.

158. *Influence de l'expérience dans les perceptions visuelles.* — Tandis que dans les expériences précédentes une explication physiologique des faits paraît suffisante, une action psychique, même d'après Hering, intervient cependant pour une part considérable dans la perception. Dans ce qui suit, l'expérience coopère à l'effet.

a. Placez sur l'appareil rotatif une étoile à courts rayons,

de carton blanc, ou même un simple carré; lorsque la rotation est assez rapide, l'étoile apparaît comme un cercle blanc central, entouré d'une couronne plus ou moins transparente. A ce moment amenez derrière une large bande de carton noir un peu plus longue que le diamètre de l'étoile considéré d'une extrémité à l'autre des pointes. A mesure que le bord du carton avance, on peut le voir non seulement derrière la couronne transparente, mais aussi, semble-t-il, derrière le cercle central opaque, et les parties de ce dernier qui se trouvent devant le carton noir paraissent assombries par sa présence. La même illusion se produit lorsqu'on fait avancer un carton blanc derrière une étoile noire, seulement l'effet est ici de rendre plus clair le cercle au lieu de l'assombrir. L'illusion cesse graduellement lorsque le carton est tenu immobile, mais on peut l'observer jusqu'à un certain point lorsque l'étoile est au repos, ou même sur un carré de carton tenu à la main pendant qu'on en fait mouvoir un autre de-ci et de-là derrière. Dans tous les cas, le dernier carton doit être souvent retiré entièrement, en sorte que son bord puisse être nettement perçu.

b. Couvrez doucement un morceau de carton noir avec du papier de soie, et remarquez qu'il paraît d'abord plus noir (parce que la couleur en est bien connue) qu'il n'est réellement, comme on s'en assurera ensuite en le comparant à d'autres gris.

c. En mélangeant des couleurs par réflexion (expérience 150 *a*) remarquez la tendance à voir une couleur à travers l'autre au lieu de percevoir le mélange des deux. Cette tendance peut être si forte d'abord qu'elle empêche, jusqu'à un certain degré, le succès de l'expérience. Voir aussi expérience 164.

Helmholtz, *A*, 312, 323 s., Fr. 360 (273); Kirschmann, *E*. Sur la difficulté d'apprécier de petites différences dans la couleur de surfaces qui présentent d'autres petites différences, voir Hering, *E*.

QUELQUES PHÉNOMÈNES QU'ON OBSERVE
SUR LES DISQUES ROTATIFS

159. *Le phénomène de Münsterberg-Jastrow.* — *a.* Donnez à un disque noir et blanc, par exemple à celui de l'expérience 145 *a*, une rotation assez rapide pour produire un gris uniforme ; faites passer devant rapidement une mince baguette de bois ou un gros fil de métal, et remarquez la multitude d'images et comme d'ombres de la baguette qui apparaissent sur le disque. Le nombre des images est maximum à l'endroit du disque qui offre les changements les plus fréquents du blanc au noir.

b. Remplacez ce disque par un autre portant deux couleurs ou davantage. Remarquez la répétition du phénomène, et que les couleurs des images sont les couleurs (autrement tout à fait fusionnées) que porte le disque. L'explication du phénomène n'est pas parfaitement claire, mais les changements soudains du fond sur lequel apparaît la baguette paraissent avoir un effet analogue à celui d'un disque stroboscopique ou d'un éclairage intermittent, et ainsi montrent la baguette au repos dans ses positions successives.

Jastrow.

160. *Oscillation rétinienne.* — Préparez un disque de carton noir, de 25 à 30 centimètres de diamètre, et collez dessus un secteur blanc de 90° d'étendue. Faites tourner lentement (un tour par seconde), fixez le milieu du disque et remarquez que le bord du noir est toujours suivi d'un secteur sombre étroit dans le blanc. Si les conditions sont favorables, on peut en apercevoir plus d'un. La rétine, après avoir été d'abord excitée par le blanc, réagit sans doute dans la direction du noir (voir expérience 125), puis revient au blanc, et ainsi de suite.

Charpentier, *B.*

161. *Perception du papillotage avec différentes parties de la rétine.* — Placez sur l'appareil rotatif un disque noir et blanc dans lequel les secteurs sont complets du centre à la périphérie ; ceux de l'expérience 145 ne feront pas l'affaire ici. Faites tourner le disque à une vitesse qui donne un vif papillotage, fixez le centre et augmentez lentement la vitesse. En procédant avec soin on trouvera une vitesse pour laquelle les secteurs seront fusionnés pour les parties centrales de la rétine, mais papilloteront encore pour la périphérie. Essayez aussi de regarder un des bords du disque pendant que vous faites attention au centre ou au bord opposé. Ceci s'accorde avec le principe général que les images consécutives périphériques durent moins que celles du centre de la rétine. Il faut éviter un éclairage trop brillant, car avec une lumière intense la différence entre le centre et la périphérie est moindre, ou même renversée.

Bellarminow. Sur les disques rotatifs et leurs phénomènes en général, voir Helmholtz, *A*, 480-501, Fr. 445-474 (337-357).

PHÉNOMÈNES BINOCULAIRES DE LUMIÈRE ET DE COULEUR ¹

162. — En général les deux yeux coopèrent pour produire un résultat visuel unique, mais l'union des impressions reçues par les deux rétines est influencée par un certain nombre de circonstances.

a. Si l'excitation pour un œil est considérablement plus forte que pour l'autre, la sensation dans le dernier est dans la plupart des cas totalement supprimée. Fermez un

¹. Les expériences qui suivent peuvent toutes être faites avec le stéréoscope, mais par l'exercice l'expérimentateur arrivera à combiner les figures avec les yeux libres, soit en croisant les lignes visuelles (en fixant un point plus rapproché que la figure), soit en les rendant parallèles ou à peu près (en fixant un point plus éloigné que la figure). L'expérimentateur doit s'efforcer d'acquiescer cette faculté. Il est important dans ces expériences que les yeux soient à peu près d'égale force, et si la vision de l'œil le plus faible ne peut être améliorée par le moyen de lentilles, celle de l'autre doit être diminuée quelque peu par l'interposition d'un nombre suffisant de plaques de verre ordinaire.

œil et regardez une feuille de papier blanc avec l'autre, en permettant à l'œil ouvert de se mouvoir librement. Il n'y a aucune tendance du champ obscur de l'œil fermé à s'affirmer.

b. Si, cependant, l'effet de l'excitation dans l'œil ouvert est quelque peu affaibli par une fixation constante, cette tendance se manifeste et le champ entier de l'œil ouvert, excepté une petite étendue autour du point fixé, peut être supprimé de temps en temps par le champ sombre de l'œil fermé. Un léger mouvement rétablira toutefois instantanément le premier champ. Voir aussi expérience 127.

c. Un champ qui contient des objets ou des contours nettement marqués l'emportera généralement sur un autre qui n'en contient pas. Essayez de combiner les lettres ci-dessous de telle façon que les B soient superposés. Dans cette figure le champ blanc de l'un des yeux, qui correspond à A ou à C dans l'autre œil, ne l'emportera généralement pas sur la lettre.

A B B C

Helmholtz, *A*, Fr. 964 ss. (767 ss) ; Hering, *P*, 380-385 ; Aubert, *A*, 550-553 ; Wundt, *A*, 3^e éd., II, 183 ss. ; 4^e éd., 209 ss.

163. *Expérience paradoxale de Fechner.* — Tenez tout près d'un œil un verre sombre, tel qu'on en emploie pour protéger les yeux, ou un morceau de verre ordinaire légèrement noirci de fumée, ou même une carte noire percée d'un trou d'épingle assez grand, et laissez l'autre œil libre. Il est facile de voir que le champ binoculaire est obscurci par l'interposition du verre noirci. Si cependant on ferme l'œil qui est derrière le verre, ou si on supprime entièrement la lumière qui lui arrive en tenant une carte noire devant le verre, le champ paraît décidément plus clair ; c'est-à-dire qu'en supprimant une partie de l'excitation reçue par l'ap-

pareil visuel tout entier, on a provoqué un accroissement d'intensité dans la sensation. L'expérience ne réussit pas avec des verres très foncés ni avec des verres très clairs. Plusieurs explications ont été données du phénomène, mais celle d'Aubert (selon que les sensations des deux rétines se fusionnent en produisant une sorte d'effet moyen lorsque la différence n'est pas trop considérable, tandis que l'une supprime l'autre entièrement lorsque la différence est très grande) paraît la plus satisfaisante.

Fechner, *B*, 416 ss. ; Helmholtz, *A*, Fr. 993-994 (790-791) ; Hering, *Q*, 314 s. ; Aubert, *A*, 499-503.

164. *Antagonisme des champs visuels.* — Lorsque les deux rétines sont excitées en même temps séparément par des lumières intenses de couleurs différentes, ou que leurs champs présentent quelque autre incongruence, c'est-à-dire ne peuvent donner lieu à une interprétation unique, il en résulte une instabilité particulière et une alternance irrégulière des couleurs sur une partie ou sur toute l'étendue des champs visuels combinés. Cette lutte apparente des champs est connue sous le nom d'*antagonisme des champs visuels*. Tenez devant un œil un morceau de verre bleu, devant l'autre un morceau de verre rouge, et regardez vers le ciel ou un mur uniforme vivement éclairé. La lutte des couleurs commencera immédiatement. On peut observer la même chose avec un stéréoscope en remplaçant les photographies doubles ordinaires par des champs colorés, ou même sans aucun appareil, en fermant les deux yeux et les dirigeant vers le ciel clair, et en couvrant l'un d'eux avec la main. Une certaine durée de l'expérience tend généralement à faire cesser le conflit. L'antagonisme a été expliqué par des fluctuations de l'attention, et quelques observateurs trouvent qu'il peut être plus ou moins dirigé par l'attention (Helmholtz). Fechner discute la théorie de l'attention, et la trouve insuffisante. Von Bezold pense que l'antagonisme est associé à des changements d'accommodation qui suivent

l'attention. Hering et d'autres considèrent les changements comme d'origine purement physiologique. Voir aussi expérience 165 *b*.

Helmholtz, *A*, Fr. 964 ss. (767 ss.), 974 ss. (775 ss.); Hering, *P*, 380-385, *Q*, 308 ss.; Aubert, *A*, 550 ss.; Wundt, *A*, 3^e éd., II, 185 ss.; 4^e éd., II, 211 ss.; Chauveau, *C*.

165. *Prédominance et antagonisme des contours*. — Par contours on entend ici les lignes de séparation de deux champs limitrophes présentant l'un une couleur et l'autre une autre.

a. Combinez dans le stéréoscope les deux barres ci-dessous et remarquez que ce sont les contours qui suppriment les parties pleines du noir et du blanc. Cette figure donne aussi d'excellents résultats lorsqu'on substitue des couleurs au noir et au blanc ¹.

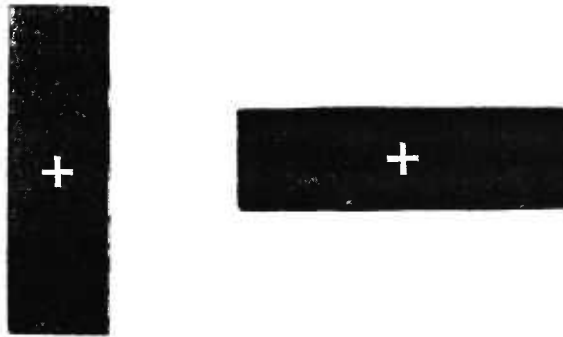


Fig. 28.

Remarquez une prédominance des contours de la croix dans la figure de gauche ci-dessus, ou, mieux encore, dans un dessin agrandi de cette figure.

b. Remarquez l'antagonisme des contours dans les paires de figures de la figure 29.

c. Les deux dernières paires de figures sont bonnes

¹. Les figures telles qu'elles sont placées dans le texte sont trop rapprochées pour la combinaison dans un stéréoscope ordinaire ; on peut cependant les combiner facilement avec les yeux libres. Pour s'en servir dans le stéréoscope, il faudra les dessiner à nouveau avec la distance convenable.

pour étudier le rôle joué par l'attention dans l'antagonisme. Tandis qu'il est douteux que le simple fait de diriger l'attention sur un champ ou sur l'autre puisse le faire prédominer, il semble cependant possible par l'application indirecte de l'attention de produire cette prédominance. Si on applique son attention à l'*examen* des lignes et des petits carrés de la

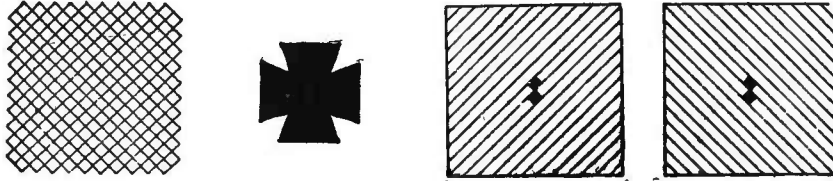


Fig. 29.

figure de gauche, ou si on compte une des séries de lignes de la figure de droite, leur lutte avec la croix ou avec l'autre série de lignes paraîtra quelque peu facilitée.

d. Une page imprimée est grandement favorisée. Prenez une figure où une page imprimée soit mise en conflit avec un champ composé de grosses lignes croisées. Les lignes céderont devant les lettres, du moins à l'endroit que le lecteur regardera au moment considéré. Deux pages imprimées, par contre, se mélangent désespérément; et, quand on ne se sert que d'une seule, il est difficile de dire quelle part de sa supériorité est due à son pouvoir plus grand de retenir l'attention, et quelle part au fait qu'elle est un ensemble de contours. Une partie de l'influence des contours est due probablement au renforcement mutuel du noir et du blanc par le contraste; mais une partie aussi peut être due à une forte tendance des yeux (et de l'attention), observable dans d'autres cas encore, à suivre les lignes et en particulier les contours.

Helmholtz, *A*, Fr. 964 ss. (767 ss.); Hering, *P*, 380-385, *Q*, 314; Wundt, *A*, 3^e éd., II, 183 ss.; 4^e éd., II, 209 ss.

166. *Lustre. Luisant.* — Lorsque l'un des champs rivaux est blanc et l'autre coloré (surtout lorsque l'un est blanc

et l'autre noir), il se produit, outre l'antagonisme, une curieuse illusion de luisant ou de poli, connue sous le nom de lustre binoculaire.

a. Regardez dans le stéréoscope une figure faite comme celle qui est ci-jointe, et remarquez le luisant, pareil

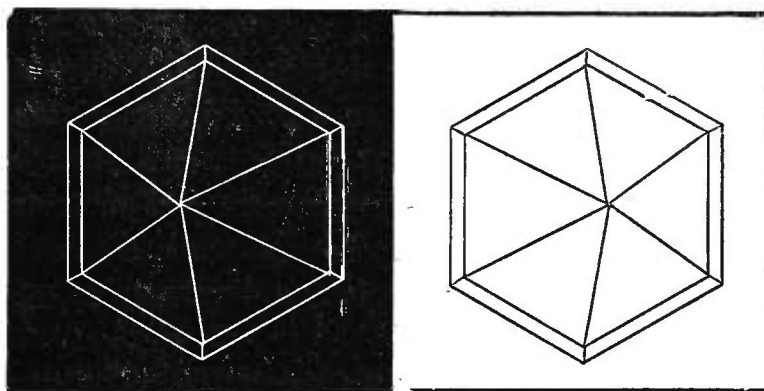


Fig. 30.

à celui du graphite, de la pyramide¹. L'explication paraît être que les surfaces polies, qui, regardées sous certains angles, réfléchissent assez de lumière pour paraître blanches, tandis que sous d'autres elles apparaissent dans leur véritable couleur, ont souvent dans l'expérience antérieure donné naissance à de semblables différences entre les sensations des deux yeux, et de la différence actuelle on infère que l'objet vu dans le stéréoscope est luisant.

b. Une espèce de lustre monoculaire (ou de transparence) peut être observé lorsqu'on combine du noir et du blanc ou des couleurs par le moyen de l'appareil à mélanger les couleurs par réflexion, surtout si l'on modifie l'inclinaison du verre de manière qu'une des couleurs paraisse réfléchi à la surface de l'autre, ou vue à travers et derrière elle. L'expérience réussit bien lorsque des objets réels se réfléchissent à la surface du verre, le pouvoir réflecteur de

¹. Les figures du texte sont trop rapprochées pour pouvoir être combinées dans un stéréoscope ordinaire.

ce dernier paraissant s'être transmis à la surface horizontale du côté opposé.

Helmholtz, *A*, Fr. 983 ss. (782 ss.); Hering, *P*, 576-577; Aubert, *A*, 550 ss.; Wundt, *A*, 3^e éd., II, 177 ss.; 183 ss., 4^e éd., II, 204 ss., 209 ss.

167. *Mélange binoculaire des couleurs.* — L'effet obtenu en présentant simultanément des couleurs différentes aux deux yeux n'est pas toujours un effet d'antagonisme ou de lustre. Si les couleurs ne sont pas trop brillantes et trop saturées, et si les champs ne présentent pas de tache ni de marque qui assure à l'un la prédominance, il peut se produire un véritable, quoique quelque peu instable, mélange des couleurs.

a. Placez un verre rouge et un verre bleu d'égale transparence dans l'appareil binoculaire à mélanger les couleurs, et disposez les écrans latéraux de façon à ce que la quantité convenable de lumière blanche soit mélangée avec celle qui vient d'en bas. Le mélange sera vu alors sur le champ blanc d'en bas. Essayez aussi avec d'autres combinaisons de verres. Les mélanges obtenus ainsi ne ressemblent pas toujours aux mélanges monoculaires étudiés plus haut, et quelques observateurs ont beaucoup de peine à les obtenir de façon satisfaisante. Une fixation longue et constante, qui empêche l'antagonisme, favorise le mélange binoculaire des couleurs.

b. Le même effet peut être obtenu facilement avec un stéréoscope, dont on a enlevé la cloison médiane. Essayez avec des surfaces égales recouvertes de couleurs ternes et peu saturées. Hering recommande deux carrés rouges et deux carrés bleus, placés à égale distance sur une ligne horizontale, les deux rouges d'un côté, les deux bleus de l'autre. Lorsque la paire médiane est combinée stéréoscopiquement, on a une couleur de mélange, tandis qu'à côté on peut voir et comparer les couleurs non mélangées. Il suggère aussi l'emploi de lentilles pour empêcher la for-

mation sur la rétine d'images nettes des contours, ce qui ferait obstacle au mélange. Les couleurs complémentaires, dit-on, sont plus difficiles à mélanger que celles qui sont plus rapprochées dans l'échelle des couleurs. De même pour les couleurs présentant une grande différence d'intensité; voir expérience 163.

Helmholtz, *A*, Fr. 976 ss. (776 ss.); Hering, *P*, 591-600; von Bezold, *C*; Chauveau, *A*; Aubert, *A*, 550 ss.; Wundt, *A*, 3^e éd., II. 183 ss.; 4^e éd., 209 ss.

168. *Contraste binoculaire. L'expérience de la fenêtre latérale.* — Placez-vous de manière que la lumière de la fenêtre tombe latéralement sur un œil, et pas du tout sur l'autre. Mettez dans une position commode pour l'observation une bande de papier blanc sur une surface noire. Le papier, lorsque vous le regardez avec les deux yeux, paraît parfaitement incolore. En regardant maintenant un point plus rapproché que la bande de papier (par exemple le doigt tenu devant le visage) vous verrez des images doubles de la bande. Les deux images différeront en intensité et seront légèrement teintées de couleurs complémentaires. L'image appartenant à l'œil le plus rapproché de la fenêtre (qui peut être reconnue à ce fait qu'elle disparaît lorsqu'on ferme l'œil) apparaîtra teintée légèrement de bleu ou de vert-bleu, l'autre très légèrement de rouge ou de jaune. La lumière qui pénètre dans l'œil à travers la sclérotique est teintée de jaune rougeâtre, et rend l'œil moins sensible pour cette couleur; le blanc de la bande de papier apparaît en conséquence bleuâtre. Il paraît plus foncé en partie pour une raison semblable, et peut être aussi, comme Fechner le suggère, parce qu'il se trouve sur un champ qui pour l'œil en question est généralement brillant. La couleur rougeâtre de l'image de l'autre œil s'explique par le contraste avec la première, mais cette couleur de contraste a-t-elle une cause psychique, ou bien est-elle due à l'action de l'impression qui se fait dans le premier œil sur

le second, comme il y a quelque raison de le penser, c'est ce que l'on ignore. Son éclat plus grand est probablement dû à ce que l'œil auquel elle appartient est plus reposé, et au contraste avec son champ moins brillant. On remarque souvent la même chose lorsqu'on lit avec la lampe placée latéralement ou même lorsqu'un œil a été fermé pendant un instant pendant que l'autre était ouvert. Les images doubles ne sont nullement essentielles ; le simple clignement alternatif montrera des différences caractérisées dans l'état des deux yeux.

Fechner, *B*, 511 ss.; Brücke, 420 ss.; Hering, *P*, 600-601 ; Helmholtz, *A*, Fr. 987 ss. (785 ss.); Chauveau, *B*; Titchener; Wundt, *A*, 3^e éd., II, 183 ss.; 4^e éd., II, 209 ss.

169. *Images consécutives binoculaires.* — Posez un morceau de papier orangé sur un fond sombre, et procurez-vous deux cartes blanches. Tenez l'une des cartes près de l'œil gauche, mais un peu latéralement de manière à ne pas cacher le morceau de papier. Tenez l'autre à 8 ou 10 pouces (20 à 25 centimètres) de l'œil droit, de façon à cacher le papier. Regardez le papier pendant quelques secondes avec l'œil gauche, puis amenez la carte devant cet œil. Une image consécutive positive pâle, délayée, de couleur orangée, apparaîtra sur la carte devant l'œil droit. L'image n'est nullement facile à observer. On suppose qu'elle appartient à la moitié de l'appareil visuel correspondant à l'œil droit, peut-être à la partie centrale, c'est-à-dire cérébrale.

Ebbinghaus, *C*; Chauveau, *B*; Titchener.

BIBLIOGRAPHIE

ABNEY. — *A*. On the Examination for Colour of Cases of Tobacco Scotoma and of Abnormal Colour Blindness. *Proc. Roy. Soc.*, XLIX, 1891, 491-508.

B. On the Limit of Visibility of the different Rays of the Spectrum. *Ibid.*, XLIX, 1891, 509-518.

C. The Sensitiveness of the Eye to Light and Colour. *Nature*, XLVII, 892-93, 538-542.

ABNEY and FESTING. — Colour Photometry, III. *Phil. Trans.*, CLXXXIII, 1892, A, 534-565.

ALBERT. — Ueber die Aenderung des Farbentones von Spectralfarben und Pigmenten bei Abnehmen der Lichtstärke. *Wiedemann's Annalen*, XVI, 1882, 129-160.

AUBERT. — A et B. Ouvrages cités avec les mêmes lettres dans la bibliographie du chap. v.

BELLARMINOW. — Ueber intermittirende Netzhautreizung. *Von Graefe's Archiv*, XXXV, 1889, 1, 25-49.

BENSON. — Manual of the Science of Colour. London, 1871.

VON BEZOLD. — A. Ueber das Gesetz der Farbenmischung und die physiologischen Grundfarben. *Poggendorff's Annalen*, CL, 1873, 71-93, 221-247.

B. The Theory of Color in its Relation to Art and Art Industry Boston, 1876.

C. Ueber binoculare Farbenmischung. *Poggendorff's Annalen*, Jubelband [1874], 585-590. Cite la littérature antérieure.

BRODHUN. — A. Ueber die Empfindlichkeit des grünblinden und des normalen Auges gegen Farbenänderung im Spektrum. *Zeitschrift für Psychologie*, III, 1892, 97-107.

B. Die Gültigkeit des Newton'schen Farbenmischungsgesetzes bei dem sog. grünblinden Farbensystem. *Ibid.*, V, 1893, 323-334. Cite la littérature.

BRUCKE. — Untersuchungen über subjective Farben. *Poggendorff's Annalen*, LXXXIV, 1851, 418-447.

CHARPENTIER. — A et B. Ouvrages cités avec les mêmes lettres dans la bibliographie du chap. v.

C. Sur le retard dans la perception des divers rayons spectraux. *Comptes rendus*, CXIV, 1892, 1423-1426.

CHAUVEAU. — A. Sur la fusion des sensations chromatiques perçues isolément par chacun des deux yeux. *Comptes rendus*, CXIII, 1891 358-362.

B. Sur les sensations chromatiques excitées dans l'un des deux yeux par la lumière colorée qui éclaire la rétine de l'autre œil. *Ibid.*, 394-398.

C. Sur la théorie de l'antagonisme des champs visuels. *Ibid.*, 439-442.

CHEVREUL. — The Principles of Harmony and Contrast of Colours, London, 1859.

DELABARRE. — Colored Shadows. *American Journal of Psychology*, II, 1888-89, 636-643.

DONDERS. — A. Ueber Farbensysteme. *Von Graefe's Archiv*, XXVII, 1881, 1, 155-223.

B. Noch einmal die Farbensysteme. *Ibid.*, XXX, 1884, I, 15-90.

C. Farbengleichungen. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1884, 518-552.

DOVE. — Versuche über subjective Complementarfarben. *Poggendorff's Annalen*, XLV, 1838, 158-162.

EBBINGHAUS. — A. Theorie des Farbensehens. *Zeitschrift für Psychologie*, V, 1893, 145-238. Exposé complet. Résumé au congrès de psychologie de Londres, en 1892, *Proceedings*, 101-103.

B. Die Gesetzmässigkeit des Helligkeitscontrastes. *Sitz.-Ber. der Akademie zu Berlin*, 1 Dec. 1887.

C. Ueber Nachbilder im binocularen Sehen und die binocularen Farbenercheinungen überhaupt. *Pflüger's Archiv*, XLVI, 1890, 498-508.

EBERT. — Ueber den Einfluss der Schwellenwerthe der Lichtempfindungen auf den Charakter der Spectra. *Wiedemann's Annalen*, XXXIII, 1888, 136-155.

EXNER. — A. Bemerkungen über intermittirende Netzhautreizung. *Pflüger's Archiv*, III, 1870, 214-240.

B. Ueber eine neue Urtheilstäuschung im Gebiete des Gesichtsinnes. *Ibid.*, XXXVII, 1885, 520-522 (reproduit aussi dans *Biol. Centralblatt*, VI); XL, 1887, 323-330.

FECHNER. — A. Ueber eine Scheibe zur Erzeugung subjectiver Farben. *Poggendorff's Annalen*, XLV, 1838, 227-232.

B. Ueber einige Verhältnisse des binocularen Sehens. *Abh. d. k. sächs. Ges. d. Wiss.*, VII, 1860, 339-564.

FICK A. — A. Zur Theorie des Farbensinnes bei indirektem Sehen. *Pflüger's Archiv*, XLVII, 1890, 274-285.

B. Ouvrage cité avec la même lettre, chap. v.

FICK A. E. — A. Eine Notiz über Farbenempfindung. *Pflüger's Archiv*, XVII, 1878, 152-153.

B. Studien über Licht und Farbenempfindung. *Ibid.*, XLIII, 1888, 441-501.

FRANKLIN Christine Ladd. — A. Eine neue Theorie der Lichtempfindung. *Zeitschrift für Psychologie*, IV, 1892, 211-221. Des extraits de ce travail se trouvent dans *Proc. Congr. Exper. Psych.*, London, 1892; *Johns Hopkins University Circulars*, XII, n° 106, June, 1893, 108-110; *Science*, XXII, July 14, 1893, 18-19.

B. On Theories of Light Sensation. *Mind*, Ser. 2, 1893, 473-489.

HELMHOLTZ. — A. Ouvrage cité, avec la même lettre, chap. v.

B. Popular Scientific Lectures. First Series. New-York, 1885.

C. Versuch einer erweiterten Anwendung des Fechnerschen Gesetzes im Farbensystem. *Zeitschrift für Psychologie*, II, 1892, 1-30.

D. Versuch das psychophysische Gesetz auf die Farbenunterschiede trichromatischer Augen anzuwenden. *Ibid.*, III, 1891, 1-20.

E. Kürzeste Linien im Farbensystem. *Ibid.*, 108-122. Extrait des *Sitz.-Ber. der Akademie zu Berlin*, 17 Dec. 1891.

HERING¹ — A. Zur Lehre vom Lichtsinne. Wien, 1878. Réimpres-

¹. L'œuvre de Hering sur la couleur n'a pas encore été réunie en un tout. Il a paru bon, en conséquence, d'insérer ici, outre les titres de travaux

sion de six communications à l'Académie de Vienne, 1872-74. Pour un résumé étendu de ce travail, fait par le Dr William Pole, voir *Nature*, XX, 1879, 611-613, 637-639; XXI, 1879-80, 14-17.

B. Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben. Prag, 1880. Réimprimé de *Lotos*, neue Folge, I, 1880.

C. Ueber individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes. *Lotos*, neue Folge, VI, 1885.

D. Beleuchtung eines Angriffes auf die Theorie der Gegenfarben. *Pflüger's Archiv*, XLI, 1887, 29-46.

E. Ueber die Theorie des simultanen Contrastes von Helmholtz. *Ibid.*, XL, 1886-87, 172-191 (Die farbigen Schatten); XLI, 1887, 1-29 (Der Contrastversuch von H. Meyer und die Versuche am Farbenkreisel); 358-367 (Der Spiegelcontrastversuch); XLIII, 188, 1-21 (Die subjective « Trennung des Lichtes in zwei complementäre Portionen »).

F. Ueber die von v. Kries wider die Theorie der Gegenfarben erhobenen Einwände. *Ibid.*, XLII, 1888, 488-506; XLIII, 1888, 264-288, 329-346.

G. Ueber die Hypothesen zur Erklärung der peripheren Farbenblindheit. *V. Graefe's Archiv*, XXXV, 1889, IV, 63-83; XXXVI, 1890, I, 264.

H. Zur Diagnostik der Farbenblindheit. *Ibid.*, XXXVI, 1890, I, 217-233.

I. Die Untersuchung einseitiger Störungen des Farbensinnes mittels binocularer Farbgleichungen. *Ibid.*, XXXVI, 1890, III, 1-23.

J. Beitrag zur Lehre vom Simultancontrast. *Zeitschrift für Psychologie*, I, 1890, 18-28.

K. Eine Methode zur Beobachtung des Simultancontrastes. *Pflüger's Archiv*, XLVII, 1890, 236-242.

L. Prüfung der sogenannten Farbendreiecke mit Hilfe des Farbensinns excentrischer Netzhautstellen. *Ibid.*, XLVII, 1890, 417-438.

M. Ueber Newton's Gesetz der Farbenmischung. Prag, 1887. Réimprimé de *Lotos*, VII, 1887.

N. Untersuchung eines total Farbenblinden. *Pflüger's Archiv*, XLIX, 1891, 563-608.

O. Eine Vorrichtung zur Farbenmischung, zur Diagnose der Farbenblindheit und zur Untersuchung der Contrasterscheinungen. *Pflüger's Archiv*, XLII, 1888, 119-144.

P. Ouvrage cité avec la lettre A dans la bibliographie du chap. v.

Q. Ouvrage cité avec la lettre B dans la bibliographie du chap. v.

R. Ueber Holmgren's vermeintlichen Nachweis der Elementarempfindungen des Gesichtssinns. *Pflüger's Archiv*, XL, 1887, 1-20.

S. Kritik einer Abhandlung von Donders. *Lotos*, neue Folge, II, Prag, 1882.

se rapportant directement aux expériences du chapitre VI, ceux des autres articles sur la lumière et la couleur qui se sont trouvés à notre disposition.

T. Ueber Sigmund Exner's neue Urtheilstäuschung auf dem Gebiete des Gesichtssinnes. *Pflüger's Archiv*, XXXIX, 1886, 159-170.

U. Ueber den Begriff « Urtheilstäuschung » in der physiologischen Optik und über die Wahrnehmung simultaner und successiver Helligkeitsunterschiede. *Ibid.*, XLI, 1887, 91-106.

Hess. — A. Ueber den Farbensinn bei indirektem Sehen. *V Graefe's Archiv*. XXXV, 1889, IV, 1-62.

B. Untersuchung eines Falles von halbseitiger Farbensinnstörung am linken Auge. *Ibid.*, XXXVI, 1890, III, 24-36.

C. Ueber die Tonänderungen der Spektralfarben durch Ermüdung der Netzhaut mit homogenem Lichte. *Ibid.*, XXXVI, 1890, I, 1-32.

HILLEBRAND. — Ouvrage cité, chap. v.

HOLMGREN. — Color-blindness in its Relation to Accidents by Rail and Sea. Translation by M. L. Duncan. *Smithsonian Report*, 1877, 131-195.

JASTROW. — A. Novel Optical Illusion. *American Journal of Psychology*, IV, 1891-92, 201-208.

JEFFRIES. — A. Color-blindness, its Dangers and its Detection. Boston, 1879. Cet ouvrage renferme une bibliographie de dix-sept pages sur la cécité pour les couleurs et les questions connexes.

B. Color-blindness. Article du *Reference Handbook of the Medical Sciences*. New-York, 1886, II, 241.

KIRSCHMANN. — A. Beiträge zur Kenntniss der Farbenblindheit. *Wundt's Philos. Studien*, VIII, 1892-93, 173-230, 407-430.

B. Ueber die Helligkeitsempfindung im indirecten Sehen. *Ibid.*, V, 1889, 447-497.

C. Die Farbenempfindung im indirecten Sehen, Erste Mittheilung. *Ibid.*, VIII, 1892-93, 592-614.

D. Ueber die quantitativen Verhältnisse des simultanen Helligkeits- und Farben-Contrastes. *Ibid.*, VI, 1890, 417-491.

E. Some Effects of Contrast. *Amer. Journal of Psychol.*, IV, 1892, 542-557.

KÖNIG. — A. Ueber den Helligkeitwert der Spektralfarben bei verschiedener absoluter Intensität. *Beiträge zur Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane* (Helmholtz Festgruss). Hamburg et Leipzig, 1891, 311-388.

B. The Modern Development of Thomas Young's Theory of Colour Vision. *Report of British Association, Birmingham Meeting*, 1886, 431-439.

C. Zur Kenntniss dichromatischer Farbensysteme. *Wiedemann's Annalen*, XXII, 1884, 567-578.

KÖNIG und DIETERICI. — A. Die Grundempfindungen in normalen und anomalen Farbensystemen und ihre Intensitätsverteilung im Spektrum. *Zeitschrift für Psychologie*, IV, 1892, 241-347.

B. Ueber die Empfindlichkeit des normalen Auges für Wellenlängenunterschiede des Lichtes. *Wiedemann's Annalen*, XXII, 1884, 579-589.

VON KRIES. — Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1882, Supplement-Band, 1-178. Résumé et discussion consciencieux de tout le sujet.

LEHMANN. — Ueber die Anwendung der Methode der mittleren Abstufungen auf den Lichtsinn; die quantitative Bestimmung des Lichtcontrastes. *Wundt's Philos. Studien*, III, 1886, 516-528.

MAXWELL. — A. On the Theory of Compound Colours, and the Relation of the Colours of the Spectrum. *Phil. Trans.*, CL, 1860, 57-84.

B. On Colour Vision. *Proc. Royal Institution of Great Britain*, VI. Ces deux travaux se trouvent aussi dans Maxwell's *Scientific Papers*. Cambridge, 1890, I, 440-440 ; II, 267-280.

MAYER. — Studies of the phenomena of Simultaneous Contrast-Color; and on a Photometer for measuring the intensities of Lights of different colors. *American Journal of Science*, Ser. 3, XLVI, 1893, 1-22 ; aussi *Phil. Mag.*, Ser. 5, XXXVI, 1893, 153-175.

MEYER. — Ueber Contrast-oder Complementarfarben. *Poggendorff's Annalen*, XCV, 1855, 170-171 ; aussi *Phil. Mag.*, Ser. 4, IX, Jan.-June, 1855, 547,

NICHOLS. — On the Sensitiveness of the Eye to Colors of a Low Degree of Saturation. *American Journal of Science*, Ser. 3, XXX, 1885, 37-41.

B. Duration of Color Impressions upon the Retina. *American Journal of Science*, Ser. 3, XXVIII, 1884, 243-252.

PAGE. — Zur Frage der Schwankungen der Aufmerksamkeit nach Versuchen mit der Masson'schen Scheibe. *Wundt's Philos. Studien*, VIII, 1892-93, 388-402.

PEIRCE B. O. Jr. — On the Sensitiveness of the Eye to Slight Differences of Color. *Amer. Journal of Science*, Ser. 3, XXVI, 1883, 299-302.

PEIRCE C. S. — Note on the Sensation of Color. *Amer. Journal of Science*, Ser. 3, XIII, 1877, 247-251.

PLATEAU. — Betrachtungen über ein von Hrn. Talbot vorgeschlagenes photometrisches Princip. *Poggendorff's Annalen*, XXXV, 1835, 457-468.

POLE. — Further Data on Colour-Blindness. *Phil. Mag.*, Ser. 5, XXXIV, 1892, 100-114, 439-443 ; XXXV, 1893, 52-62 ; XXXVI, 1893, 188-195.

PREYER. — Ouvrage cité chap. I.

RAYLEIGH. — A. Experiments on Colour. *Nature*, XXV, 1881-82, 64-66.

B. Rayleigh and others : Report of the [Royal Society's] Committee on Colour-Vision. *Proc. Roy. Soc.*, LI, n° 311, July 19, 1892, 281-396.

ROOD. — A. Student's Textbook of Color. New-York, 1881.

B. On a new Theory of Light, proposed by John Smith, M. A. *Amer. Journal of Science*, Ser. 2, XXX, 1860, 182-186.

SCHUSTER. — Experiments with Lord Rayleigh's Colour Box. *Proc. Roy. Soc.*, XLVIII, 1890, 140-149.

TALBOT. — Experiments on Light. *Phil. Mag.*, Ser. 3, v, July-Dec, 1834, 321-334, spécialement 327-334.

TITCHENER. — Ueber binoculare Wirkungen monocularer Reize. *Wundt's Philos. Studien*, VIII, 1892-93, 231-310. Cite la littérature.

WUNDT. — A. Ouvrage cité avec la même lettre, chap. v.

B. Die Empfindung des Lichts und der Farben. *Wundt's Philos. Studien*, IV, 1888, 311-389.

Pour plus amples renseignements bibliographiques, voir les ouvrages de Helmholtz et d'Aubert et le suivant de Plateau : Bibliographie analytique des principaux phénomènes subjectifs de la vision, depuis les temps anciens jusqu'à la fin du xviii^e siècle, suivie d'une bibliographie simple pour la partie écoulée du siècle actuel. *Mém. cour. de l'Acad. R. de Belgique*; Bruxelles, 1876-77.

CHAPITRE VII

PERCEPTION VISUELLE DE L'ESPACE ET DU MOUVEMENT

La question de la perception visuelle de l'espace est l'une des plus anciennes et des plus activement discutées dans toute la psychologie physiologique. Un exposé complet de cette question implique des arguments tirés de la chirurgie, de la pathologie et d'autres sources qui sont hors d'atteinte pour un laboratoire ; et même alors il est difficile, sinon impossible, d'établir une théorie d'une façon certaine et à l'encontre de toutes les autres. A part la question des sensations primitives il y a cependant un certain degré d'accord, et ce sont les faits admis par tous que ce chapitre a pour but de grouper. La discussion des questions dernières peut être suivie dans les ouvrages de Helmholtz, Hering, Stumpf, James, Wundt et autres. Pour les faits en général, voir Helmholtz, Hering, Aubert, Wundt, James et Le Conte ; pour certains faits particuliers, voir les références spéciales données ci-dessous. Le sujet est traité aussi dans les traités de physiologie classiques, dans *Les cinq sens* de Bernstein, dans *La physiologie des sens* de Mc Kendrick et Snodgrass, et dans d'autres livres de même espèce.

La perception ordinaire de l'espace repose sur les sensations rétinienne et cinesthésiques des deux yeux, et dans chaque acte de vision normal une petite partie de ces sensations ou toutes peuvent jouer un rôle. Pour raison de simplicité cependant il est nécessaire de les séparer et de

s'occuper des unes, puis des autres. Les questions seront traitées dans l'ordre suivant : perception monoculaire de l'espace (comprenant les cas où les deux yeux sont employés, mais sans que les conditions de la perception en soient modifiées essentiellement); illusions géométriques; figures ambiguës; perception binoculaire de l'espace; perception visuelle du mouvement; symétrie visuelle.

PERCEPTION MONOCULAIRE DE L'ESPACE

170. *Localisation externe des perceptions visuelles.* — La localisation externe des perceptions visuelles résulte probablement de leur coordination avec les perceptions d'autres sens, en particulier avec celles du toucher et du sens cinesthétique, mais la question est trop complexe pour des expériences directes. Il est facile, cependant, d'étudier le rapport de l'image rétinienne aux objets extérieurs qui la produisent. Considérée physiquement, l'image est renversée (Cf. l'expérience sur l'œil du lapin, expérience 104, et celles sur les images des vaisseaux de Purkinje et sur les phosphènes, expériences 111 et 119) : on peut le montrer aussi par l'expérience suivante avec les ombres rétinienne; mais dans tous les cas il faut bien se rappeler que les phénomènes rétiniens ne sont jamais perçus comme tels, et surtout que les sensations rétiniennes ne sont pas d'abord localisées dans l'œil et projetées plus tard au dehors.

a. Ombres rétiniennes ; expérience de Le Cat. Tenez une épingle, la tête en haut, aussi près que possible de la pupille, et, un pouce ou deux en avant de l'épingle, une carte percée d'un trou d'épingle. Amenez l'épingle exactement en ligne avec le trou : vous apercevrez alors dans le cercle de diffusion représentant le trou une image renversée et sombre de la tête d'épingle, quelque chose comme ce qu'on voit dans la figure ci-jointe. Les rayons de lumière venant

du trou sont trop divergents pour que leur foyer puisse se faire sur la rétine, mais ils entrent dans l'œil dans une condition favorable pour projeter une ombre. L'ombre sur la rétine est droite, comme l'épingle qui la produit, mais est perçue renversée. Observez en même temps l'image encore plus confuse, droite, de l'épingle, à travers laquelle vous voyez les autres objets. Celle-ci n'est pas une ombre, c'est une image (en réalité un mélange confus de cercles de diffusion) formée de la façon ordinaire par la lumière réfléchiée par la surface de l'épingle. Lorsqu'on emploie plusieurs trous d'épingle (par exemple trois aux sommets d'un triangle d'un huitième de pouce [3^{mm}] de haut), on aperçoit autant d'ombres.

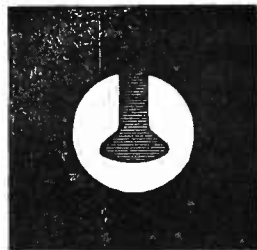


Fig. 31.

On peut facilement se rendre compte de la projection de l'ombre au moyen d'une bougie et d'une lentille biconvexe. Placez la lentille à un pied ou deux de la bougie, et tenez une carte de l'autre côté de la lentille, trop près pour permettre la formation d'une image; alors amenez un doigt ou un crayon tout près devant la lentille du côté de la lumière, et remarquez l'ombre droite sur la carte.

b. Les images consécutives et d'autres phénomènes rétiens prennent souvent la forme des surfaces sur lesquelles ils sont projetés. Il a été fait à ce sujet une expérience dans l'expérience 124 *b*, et un autre exemple a été celui de la déformation de l'image consécutive de la croix dans l'expérience 131 *b*. Si la surface est compliquée et l'image subjective intense, cette adaptation tend à ne pas se produire, et l'image paraît flotter devant la surface. Obtenez une image consécutive monoculaire d'une fente étroite pratiquée dans les volets, ou d'une tige d'acier poli exposée à la lumière du soleil, et projetez-la sur un coin de la pièce. L'image consécutive, surtout lorsqu'elle a un peu pâli, peut être ame-

née à tomber en partie sur un mur, et en partie sur un autre, et ainsi à paraître pliée et déformée.

Sur la projection monoculaire en général, Helmholtz, *A*, 758 ss. ; Fr. 780 ss. (613 ss.); Aubert, *A*, 600 ss., 619 s. ; Hering, *A*, 572 ss. Sur *a*, Le Conte, *B*; Wallenberg: Laqueur. Sur *b*, Thiéry, 315 s., Scharwin and Novizki.

171. *Perception monoculaire des directions à partir de l'œil.* — La perception de la direction est ordinairement binoculaire, et le centre auquel les directions sont rapportées se trouve entre les deux yeux, même lorsque l'un des deux est fermé (voir expérience 207). La perception binoculaire doit cependant reposer sur une perception de la direction relative des points du champ monoculaire, et c'est celle-ci qui va être considérée dans les quelques expériences suivantes.

Deux points lumineux paraissent avoir la même direction lorsque l'un est exactement couvert par l'autre ; ou, pour exprimer le fait en termes rétinien, lorsque l'image de celui pour lequel l'œil est accommodé se trouve au centre du cercle de diffusion de celui pour lequel l'œil n'est pas accommodé ; ou bien, si les deux apparaissent sous forme de cercles de diffusion, lorsque les centres de ces cercles coïncident. Les lignes droites passant par des points ainsi placés sont nommées *lignes de visée*. Lorsqu'elles sont prolongées du côté de l'œil, elles se rencontrent au centre de la pupille, ou plutôt au centre de l'image de la pupille formée par la cornée, à environ 0,6 millimètre en avant de la position vraie de la pupille, et à environ 3 millimètres du sommet de la cornée ¹ La ligne de visée qui coïncide avec la ligne visuelle est la *ligne de visée principale*.

¹ Ces lignes (*Visirlinien, Sighting Lines*) pourraient sans inconvénient être appelées « lignes de direction » si ce nom n'avait pas été donné déjà à une autre série de droites, savoir à celles qui vont des points des objets extérieurs aux points correspondants de l'image rétinienne. Celles-ci ont été mentionnées dans les expériences 106 et 117 ; et elles donnent, avec quelques restrictions, les directions suivant lesquelles les objets apparaissent lorsque l'œil est exactement accommodé pour eux. Leur point d'in-

La parallaxe de la vision indirecte. — On trouve la position du point commun des lignes de visée en raisonnant d'après la structure optique de l'œil. Il serait long de faire une détermination empirique absolue, mais il est facile de montrer que le point est considérablement en avant du centre de rotation de l'œil (environ 10,6 millimètres). La différence entre l'angle visuel d'un point quelconque (c'est-à-dire l'angle formé par la ligne de visée passant par ce point et la ligne de visée principale) et son angle de rotation (c'est-à-dire l'angle dont l'œil doit tourner pour fixer ce point) constitue la *parallaxe de la vision indirecte*.

Placez une bougie à une distance d'un pied ou un pied et demi de l'œil. Regardez la flamme avec un seul œil, mais tenez près de l'œil un crayon ou une bande étroite de carton. Aussi longtemps que l'œil regarde droit en avant, la flamme est entièrement cachée par le crayon. Mais, lorsqu'on tourne l'œil fortement à droite ou à gauche, la flamme apparaît immédiatement du côté vers lequel l'œil s'est tourné. Ces différences dans la direction apparente seront considérables si l'un des points est rapproché et si les mouvements de l'œil sont étendus, mais faibles si les deux points sont éloignés ou les mouvements peu étendus. Des déplacements de même nature sont causés par les changements d'accommodation. Kirschmann considère ces changements

tersection est à environ 7 millimètres du sommet de la cornée. Elles sont importantes à considérer pour l'optique physiologique, mais pour la psychologie de la perception de la direction elles sont moins importantes que les lignes de visée, quoique pour des points éloignés et pour des points voisins du point de fixation la différence entre les deux séries de lignes soit minime. Lorsqu'il s'agit de points éloignés du point de fixation, pour des raisons exposées plus bas (ex. 172), ni les unes ni les autres ne donnent exactement la direction suivant laquelle les objets sont vus.

Kirschmann (p. 474 ss.) a appelé l'attention sur une erreur à laquelle sont facilement conduits les esprits inattentifs par l'expression « point de croisement des lignes de visée » et qui consiste à croire que ces lignes, lorsqu'elles sont prolongées jusqu'à la rétine, donnent la position des centres des cercles de diffusion. Un nom qui conviendrait mieux pour le point en question serait *point commun des lignes de visée*. Pour des figures correctement dessinées à cet égard, voir Kirschmann, fig. 4-6.

comme un élément important dans la perception monoculaire de la profondeur.

L'explication de la parallaxe sera facile si l'on considère les figures suivantes, où p représenté le crayon,

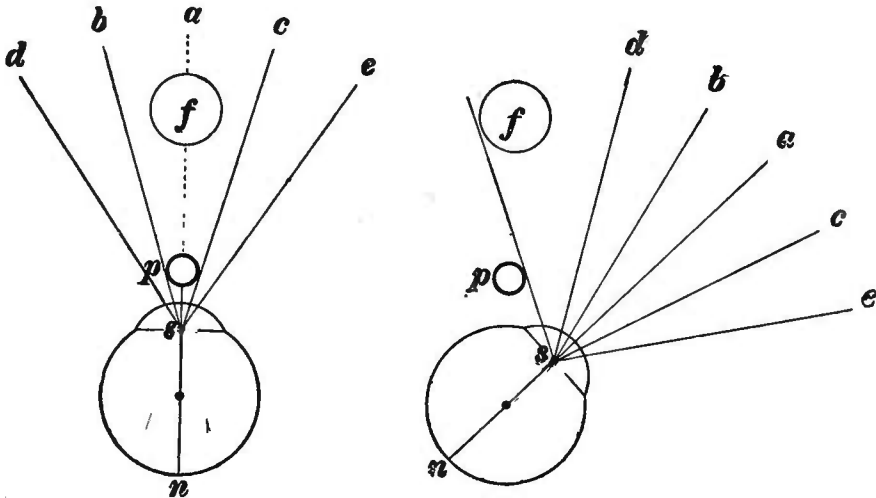


Fig. 32.

f la flamme, s le point commun des lignes de visée, et le point sur sn le centre de rotation. Les lignes qui partent de s sont des lignes de visée, sa est la ligne de visée principale, qui pratiquement coïncide avec la ligne visuelle.

Helmholtz, *A*, 680, 727 ss.; Fr. 692 (539), 745 ss. (583 ss.);
Aubert, *A*, 461; Kirschmann.

172. *Directions relatives dans le champ visuel monoculaire*¹ — a. *Lignes qui paraissent droites dans la vision indirecte.* Placez une grande feuille de papier sur la table, et marquez au milieu un point de fixation. A deux ou trois pouces à droite ou à gauche du point de fixation, placez un bouton ou un morceau de papier noir, et un pied plus loin et plus près, d'autres boutons ou morceaux de papier. Puis, vous penchant sur la table de manière à amener l'œil au-dessus du point de fixation, essayez de placer les trois

¹ Pour la direction de la verticale apparente, dont il pourrait aussi être traité ici, voir expérience 209 b.

boutons en ligne droite, parallèlement au plan médian, en maintenant l'œil fermement dirigé vers le point de fixation. Un examen des boutons, après qu'ils auront été placés, montrera que celui du milieu est trop près de la marque de fixation, c'est-à-dire qu'en voulant faire une ligne droite on fait une ligne courbe à convexité tournée vers le point de fixation. Essayez aussi en plaçant les boutons sur une ligne perpendiculaire au plan médian, ou inclinée par rapport à ce plan.

Si des lignes à convexité tournée vers le point de fixation paraissent droites, les lignes qui seront réellement droites paraîtront concaves. Tracez une paire de lignes parallèles, distantes de trois ou quatre pouces et longues de deux ou trois pieds, sur une grande feuille de papier. Placez un point de fixation à mi-longueur et au milieu entre les deux lignes; fixez le papier contre le mur, ou étendez-le sur la table, et observez comme plus haut. Essayez avec les lignes verticales, horizontales et obliques. Dans un champ visuel sphérique, les lignes parallèles de cette expérience seraient représentées par de grands cercles. La paire horizontale, par exemple, aurait ses pôles aux extrémités droite et gauche de l'axe horizontal du champ sphérique, et les plans passant par les deux cercles formeraient en haut et en bas des angles égaux avec le plan de l'horizon¹.

Il est clair que les changements de direction qui font paraître courbes des lignes droites ne peuvent se produire sans engendrer en même temps des erreurs légères de distance. Les distances les plus courtes pour la perception sont les courbes qui paraissent droites.

b. *Nature des lignes qui paraissent droites dans la vision indirecte.* Il serait évidemment possible, en développant la

¹ Il ne faudrait pas supposer que le champ visuel naif soit hémisphérique. Il n'est d'une façon définie ni hémisphérique, ni rien autre chose, excepté dans la mesure où il résulte des conditions et des habitudes de la vision. On le considère ici soit comme une demi-sphère soit comme un plan, suivant les convenances de l'exposition.

méthode employée en *a*, de faire une étude quelque peu exacte de la nature de ces lignes, mais leur nature générale peut être trouvée d'une autre façon. Dans le champ de fixation hémisphérique, ces lignes sont des cercles, les *cercles de direction* de Helmholtz. La figure suivante montre la projection sur un champ plan d'un système de ces cercles

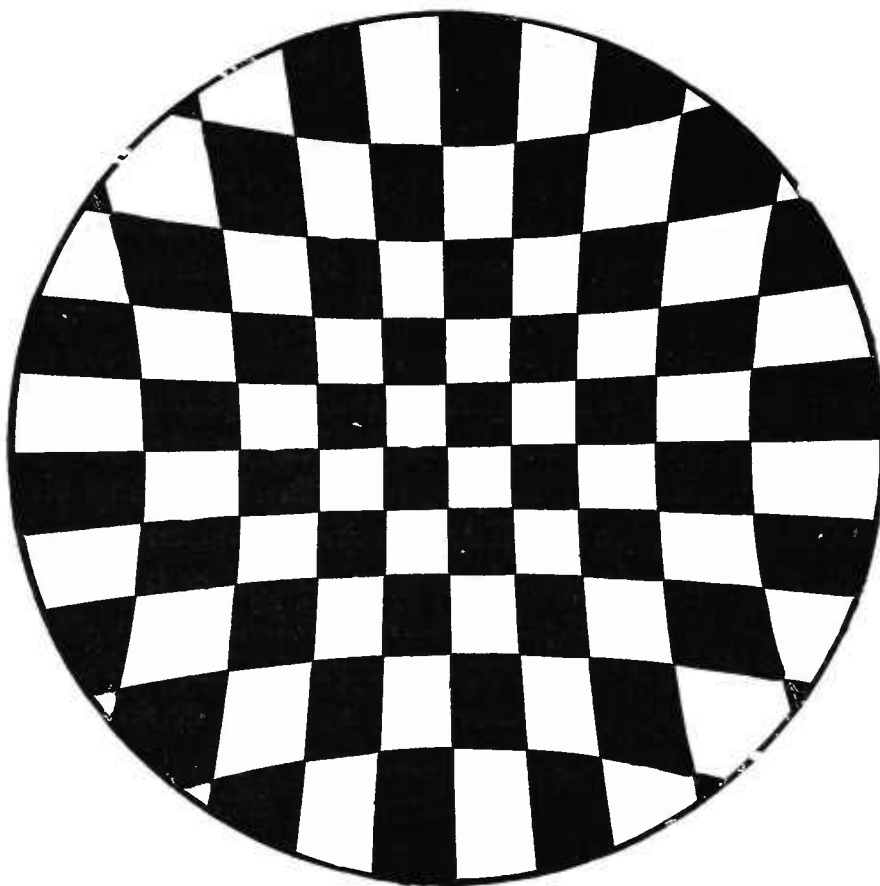


Fig. 33.

de direction. Pour se servir de la figure il faudra l'agrandir cinq ou six fois. Elle doit être regardée avec un seul œil placé en face de son centre et à une distance proportionnelle à la longueur de la courte ligne qui se trouve au-dessous. Pour fixer cette distance, il est bon de couper une tige de longueur telle que quand l'œil se trouve à la

distance requise la tige va exactement du bord externe de l'orbite à la figure. Lorsque la tête se trouve dans la bonne position, et que l'œil fixe le milieu de la figure, les lignes de la figure paraissent approximativement droites et parallèles. Essayez avec la figure dans la position qu'elle a ci-dessous, et aussi en la tournant de manière à rendre les lignes principales obliques. Il faut être très attentif à éviter les mouvements des yeux, car une nouvelle interprétation s'en suivrait et l'échiquier paraîtrait concave au lieu de plan. On peut éviter cet inconvénient en fixant le centre de la figure jusqu'à ce qu'une image consécutive nette et intense soit produite et en observant alors cette image les yeux fermés.

Après avoir constaté l'effet général, l'observateur répétera l'observation en commençant à une distance plus grande que tout à l'heure et à laquelle la courbure des lignes sera facilement perçue, et puis en s'approchant lentement jusqu'au point où les lignes sembleront droites et les carrés égaux, et enfin plus près encore jusqu'à ce que les lignes paraissent s'incurver dans l'autre sens. Essayez la distance à laquelle les lignes paraissent droites avec la tige mentionnée plus haut; elle correspondra en général approximativement à la distance pour laquelle la figure a été calculée.

Ainsi l'on voit que les projections des cercles de direction sont les lignes qui paraissent droites dans la vision indirecte. Ces cercles de direction sont les lignes le long desquelles l'œil¹ (lorsqu'il se meut selon la loi de Listing) peut porter une courte image consécutive sans qu'elle quitte la ligne. Elles ressemblent à cet égard, pour l'œil en mouvement, à des lignes droites, et l'expérience montre que, même lorsque l'œil est immobile, ses perceptions dépendent

¹ La correspondance n'est pas parfaite, et il y a de plus peut-être des différences individuelles selon que les yeux suivent plus ou moins exactement la loi de Listing. Helmholtz trouve la courbure des verticales extrêmes du côté temporal un peu trop grande, et Küster, travaillant avec une méthode légèrement différente, semble l'avoir trouvée trop grande pour toutes les courbes (cité par Hering, *A*, 370, note).

de celles qu'il a eues lorsqu'il se mouvait. (Sur la loi de Listing et les cercles de direction, voir expérience 131 *b* et appendice I.)

c. Illusions de forme dans la vision indirecte. Les distances radiales, comme on peut l'inférer de la figure de *b*, sont plus nettement sous-estimées que les distances parallèles au bord du champ. Des disques de carton ou des cercles, lorsqu'on les éloigne un peu du point de fixation, paraissent rétrécis. Essayez avec un disque de six pouces (15^{cm}) tenu à bout de bras, ou un cercle d'un pouce (2^{cm},5) sur du carton (ou le grand cercle de la dernière figure de l'expérience 197 *a*). Il y a inconvénient à trop éloigner l'objet du point de fixation; essayez pour les quatre principaux méridiens de la rétine, à des distances qui ne soient pas plus grandes que le diamètre du disque ou du cercle.

Le champ visuel tout entier paraît lui-même plus étroit qu'il n'est réellement; il couvre en fait une étendue d'environ 180°, et cependant, dans des circonstances favorables, comme lorsqu'on regarde le champ obscur des yeux fermés, ou le ciel en l'absence de tout point de repère, il ne semble pas embrasser beaucoup plus de 90°.

Helmholtz, *A*, 692 ss., Fr. 706 ss. (551 ss.); Wundt, *A*, 4^e édit., II, 128 ss.; Hering, *A*, 369 ss., 536 ss.

173. Directions dans le champ monoculaire de fixation¹.

— L'observation que les perceptions de l'œil au repos sont modifiées par celles de l'œil en mouvement est encore confirmée par la ressemblance d'autres phénomènes du champ de fixation et du champ visuel.

Lignes droites regardées pendant que les yeux sont dans des positions secondaires. Expérimentez avec un seul œil et une longue règle tenue horizontalement devant un pan de mur uni ou devant un autre fond uniforme. Tenez le côté

¹ Le champ de fixation (ou champ de regard) est l'étendue qui peut être vue directement lorsque l'œil est libre de se mouvoir; en d'autres termes, c'est le champ que peut parcourir le point de fixation.

plat de la règle du côté du visage et à environ un pied (30^{cm}) de distance de lui. Essayez d'abord avec la règle à 8 ou 10 pouces (20 ou 25^{cm}) au-dessus de la position primaire de la ligne visuelle (Cf. p. 129) en laissant l'œil se mouvoir librement dans un sens et dans l'autre le long du bord de la règle, et remarquez que ce bord paraît concave par en bas. Essayez avec la règle abaissée et placée un peu plus loin au-dessous de la position primaire, et observez la courbure en sens contraire. Essayez aussi avec la règle verticale et placée à droite et à gauche. Il y aura peu d'avantage à donner à la règle des positions extrêmes. La courbure qu'on observe n'est pas très grande; il sera facile de prouver qu'elle est due à l'appareil visuel et non à la règle en retournant la règle, ce qui renverserait la direction d'une courbure réelle de la règle, mais non celle de la courbure dépendant de l'œil. En transportant la règle d'au-dessus au-dessous de la position primaire de l'œil, on renverse au contraire la direction de la courbure due à l'œil, mais non une courbure réelle de la règle. Comparez les résultats trouvés ici avec ceux de l'expérience 172 *a*.

La cause de l'illusion est la torsion des yeux lorsqu'ils se meuvent d'un point à un autre dans des positions secondaires (Cf. expérience 131 *b* et appendice I). Lorsque le regard est maintenu fixé sur l'extrémité de la règle, ou lorsqu'il se déplace lentement, la règle peut paraître légèrement inclinée, au lieu de courbée.

Helmholtz, *A*, 686, Fr. 699 (545); Hering, *A*, 536.

174. *L'image rétinienne et la perception de la grandeur. Exactitude de la discrimination.* — La perception de la grandeur se complique généralement de celle de la profondeur; mais lorsque les objets sont à la même profondeur, leur grandeur relative dépend de la grandeur de leurs images rétiniennes, si l'œil reste immobile, de celle-ci et

de la grandeur des angles dont l'œil doit tourner pour les parcourir s'il est en mouvement¹.

a. Exactitude de la comparaison les yeux étant immobiles. Faites l'expérience avec la barre de Galton et le cryptéon comme suit. Marquez sur le milieu du carton mobile de l'instrument un petit point pour servir de point de fixation, et faites une marque sur la planche pour vous aider à placer la barre de telle façon que son fil diviseur soit chaque fois exactement derrière le point marqué sur le carton mobile. Disposez la barre de Galton de manière que son fil diviseur soit au milieu. Placez-la dans le kryptéon, et couvrez-la avec le carton mobile. Priez le sujet de fixer le point qui se trouve sur le carton, et, lorsqu'il est tout à fait prêt, d'abaisser rapidement le carton, et, en maintenant les yeux immobiles, de décider si les deux parties de la barre sont égales. Si elles lui semblent inégales, une erreur constante dans son jugement est probable, et il faut disposer l'appareil de manière à compenser cette erreur. Si les parties semblent égales, notez le jugement, enlevez la barre, et modifiez légèrement la disposition précédente. Remplacez la barre comme auparavant avec le fil diviseur derrière la marque de fixation, et demandez un nouveau jugement. Répétez l'expérience, en augmentant graduellement le déplacement jusqu'à ce que le sujet soit juste capable de percevoir une différence entre les deux parties

¹ On trouve la grandeur de l'image rétinienne, comme il a été expliqué expérience 117, en menant des droites des points extrêmes de l'objet au point de croisement des lignes de direction, et les prolongeant jusqu'à la rétine. L'angle formé par ces lignes est souvent appelé *l'angle visuel*. Cette construction, toutefois, n'est exacte que si l'œil est exactement accommodé. Lorsque les yeux ne sont pas accommodés, il faut prendre les lignes de visée pour déterminer l'angle visuel, au lieu des lignes de direction. Et lorsqu'on perçoit les objets en promenant l'œil sur eux d'une extrémité à l'autre, les lignes qui donnent le véritable angle visuel sont évidemment celles qui vont des extrémités de l'objet au centre de rotation de l'œil. Ces différentes sortes d'angles visuels ne diffèrent que légèrement entre eux, et, en fait, sont tous purement artificiels. La perception immédiate ne sait rien des angles visuels ni des images rétinienne, elle ne connaît que les choses vues.

de la barre. Notez la différence de longueur qu'il a fallu, et continuez l'expérience, mais en commençant cette fois-ci avec les parties très nettement inégales et vous rapprochant peu à peu de l'égalité.

On doit faire un certain nombre de déterminations en déplaçant le fil vers la droite et vers la gauche, en se rapprochant de l'égalité et en s'en éloignant — un nombre égal pour chaque cas — et faire la moyenne de toutes. Le rapport de la différence juste perceptible à la longueur de l'une des parties de la barre est la mesure du degré d'exactitude de la discrimination. En calculant les moyennes séparément pour les cas dans lesquels le fil est déplacé vers la droite, ou vers la gauche, on obtiendra l'erreur constante, s'il y en a une. Il pourrait paraître utile d'appuyer la tête du sujet, afin de maintenir constante la distance entre ses yeux et la barre ; mais il y a des raisons de croire ce détail relativement peu important (v. Kries, p. 187) et en tous cas il n'est pas nécessaire pour des déterminations sommaires.

Il faut prendre garde, cependant, que la distance ne soit pas telle que l'une des extrémités de la barre tombe dans la partie du champ correspondant à la tache aveugle. Les mouvements des yeux d'une extrémité à l'autre de la barre doivent être évités, et, avec quelque attention de la part du sujet, ils le seront sans grande difficulté.

Naturellement, toutes les déterminations où il y a eu des mouvements des yeux doivent être signalées et il ne doit pas en être tenu compte. Si l'on désire une exclusion plus complète des mouvements des yeux, on l'obtiendra en plaçant la barre dans une boîte obscure, et en employant l'éclairage instantané.

b. Exactitude de la comparaison avec mouvements des yeux. Répétez l'expérience dans les mêmes conditions qu'en *a*, excepté que, après que la barre aura été découverte, le sujet aura le droit de mouvoir ses yeux librement

en en comparant les parties. Comparez les résultats trouvés en *a* et en *b*.

Wundt, *A*, 4^e éd., II, 132 ss.; Helmholtz, *A*, 682 ss., Fr. 695 ss. (541 ss.); Münsterberg; et la littérature citée par eux. Pour des mesures analogues sur des carrés, voir Warren et Shaw (240); pour des mesures sur des cercles, et pour l'effet de la couleur sur la grandeur, voir Quantz. Pour des expériences sur l'exactitude avec laquelle des étendus peuvent être comparés lorsque leurs distances par rapport à l'œil, et en conséquence leurs images rétiniennes, sont inégales, voir Fechner, II, 311 s.; Martius; et v. Kries, 187 ss.

175. *L'image rétinienne et la perception de la grandeur : vision ordinaire.* — En l'absence d'autres circonstances déterminantes, de grandes images rétiniennes sont considérées comme appartenant à de grands objets, et de petites images comme appartenant à de petits objets. Les cas indéterminés sont extrêmement rares.

a. Les objets connus sont généralement perçus comme de grandeur constante, indépendamment de la grandeur de leurs images rétiniennes. Tenez la main à 8 pouces du visage et remarquez sa grandeur; puis mettez-la à 16 pouces, et remarquez que sa grandeur apparente demeure la même, bien que son image rétinienne n'ait maintenant que la moitié de sa longueur de tout à l'heure, et que le quart de sa surface. Mettez-la à 24 pouces, et la grandeur apparente reste toujours la même. Cette constance se retrouve lorsqu'on estime la hauteur des personnes, des animaux domestiques, et en général des objets familiers, et les peintres en tirent parti fréquemment en introduisant dans leurs tableaux des figures d'hommes et d'autres objets familiers pour suggérer indirectement la grandeur des objets auprès desquels ils les placent¹ Voir aussi l'expérience

¹ Un clocher ou un arbre peuvent d'une façon analogue servir de mesure pour le disque du soleil ou de la lune se levant ou se couchant derrière eux, et faire que ce disque paraisse plus grand que lorsque cette comparaison est impossible. Ce n'est cependant pas là le seul élément de l'illusion. La forme surbaissée du ciel — elle-même le résultat de plusieurs causes — coopère aussi à faire paraître le soleil ou la lune à l'horizon plus éloi-

124 *d*, où un changement dans la grandeur de l'image rétinienne produit un changement dans la couleur, mais non dans la grandeur apparente de l'objet.

b. Lorsque les objets sont également familiers, un rôle important est joué par l'attention pour déterminer lequel sera pris pour mesure de l'autre. C'est ce qui se constate aisément avec deux doigts tenus l'un à 8 pouces, l'autre à 24. Si vous fixez fortement le plus éloigné, celui qui est le plus près paraît plus grand qu'à l'ordinaire; et si vous fixez le plus proche, c'est le plus éloigné qui paraît plus petit.

c. Une autre expérience qui montre la même indépendance à l'égard de l'image rétinienne est citée par Helmholtz, d'après l'*Optique* de Smith. Placez au foyer d'une lentille convexe un pain à cacheter, une lettre imprimée, ou quelque autre petit objet, et regardez-le en vous plaçant à différentes distances de la lentille. A mesure que la distance augmente, l'objet paraît s'agrandir, jusqu'à ce qu'il remplisse la lentille entièrement. Le fait est, cependant, que son image demeure approximativement constante en grandeur (parce que les rayons qui en viennent sont rendus parallèles par la lentille) tandis que l'image de la lentille elle-même et de tous les autres objets qui se trouvent dans le champ visuel décroît en grandeur.

Hering, *B*, 14 s.; Rivers; Helmholtz, *A*, 839, Fr. 871 (689).

176. *L'image rétinienne et les perceptions de la grandeur et de la distance*. — Une circonstance qui très souvent détermine la dimension apparente d'un objet est sa distance apparente; ou, plus généralement, la grandeur et la distance se déterminent réciproquement. Si la distance apparente est constante, la grandeur apparente de l'objet

gnés, et en conséquence plus grands. On peut suivre la question dans Helmholtz, Aubert, Wundt, Filehne, et dans une discussion entre Lechallas et autres dans la *Revue philosophique*, juillet 1888-février 1889.

change directement comme la grandeur de l'image rétinienne ; tandis que, si la grandeur apparente est constante, la distance apparente change en raison inverse de la grandeur de l'image. Ce sont là des faits d'observation courante. Dans le laboratoire on peut les démontrer de la manière suivante :

Regardez une partie d'une page imprimée à travers un verre grossissant ordinaire, en tenant le verre près de la page de manière qu'une grande partie de celle-ci apparaisse en dehors de la lentille. L'image rétinienne de la partie vue à travers la lentille est agrandie, mais les parties de la page vues en dehors de la lentille déterminent la distance du tout, de sorte que les lettres paraissent agrandies. Au contraire, lorsqu'on se sert d'une lorgnette ou d'un télescope pour regarder un objet éloigné, l'œil est placé si près de l'oculaire que presque tout le champ visuel, sauf ce qui est vu dans l'instrument, est supprimé. Le résultat est donc que les objets paraissent rapprochés, et peu ou point agrandis. L'effet n'est pas moins net lorsqu'on rapetisse les images rétiniennes en se servant d'une lentille biconcave dans le premier cas, et en regardant par le gros bout de la lorgnette dans le second.

Hillebrand, *B*, 121 s.

Perception de la position et du mouvement des lignes de fixation. L'importance des mouvements des yeux dans la perception de l'espace ressort clairement d'expériences antérieures et ressortira encore plus bas de plusieurs des illusions géométriques ; mais la manière dont ils opèrent n'est rien moins que claire. On a généralement admis qu'ils donnent naissance à des sensations cinesthétiques de quelque espèce, et que c'est grâce à celles-ci que les changements de position des yeux sont perçus. Cela, cependant, est douteux, car l'expérience directe montre que la perception des positions des yeux, lorsque les sensations réti-

niennes sont exclues, est très défectueuse (Cf. Hering, *B*, 30 ss.). Le fait a déjà été remarqué dans le cas des mouvements des yeux produits par le vertige (expérience 50), et d'autres cas sont mentionnés plus bas. Quelle est l'explication vraie? les mouvements des yeux agissent-ils seulement par les changements qu'ils causent dans les impressions rétiniennes, ou par quelque moyen plus direct? c'est ce qui reste encore à trouver.

La perception de la position des yeux ou des lignes de fixation peut être *absolue* ou *relative*. Il est évident que la perception de la position absolue ne peut être que la coordination de cette perception avec celles d'un ou plusieurs autres sens, et le terme est employé ici avec cette signification seulement. La perception de la position relative sera la coordination avec d'autres perceptions du même sens. La direction relative dans le champ de fixation, par exemple, se mesure à partir de la position primaire des lignes de fixation, laquelle est pratiquement celle que prennent ces lignes lorsque la tête est droite et que les yeux sont fixés sur l'horizon.

177. *Mouvements normaux et forcés des yeux.* — Lorsque la ligne visuelle est déplacée volontairement, les objets vus paraissent immobiles, et l'œil, si on dirige sur lui l'attention, paraît en mouvement. Mais lorsque le déplacement est involontaire, comme lorsque les yeux sont forcés de se mouvoir par la pression des doigts, ou par des causes internes, comme dans le vertige ou l'envie de dormir, les objets paraissent se mouvoir. Fermez un œil, prenez entre le pouce et l'index un pli de la peau au bord extérieur de l'orbite de l'autre œil, et tirez-le doucement en dehors. L'œil lui-même est ainsi tiré doucement dans la même direction. Les objets dans le champ visuel paraissent se mouvoir un peu en sens opposé. Obtenez une image consécutive nette de la fenêtre dans un œil, fermez et couvrez le même œil, et répétez la traction de la

peau de ce côté. L'image consécutive ne paraîtra pas bouger¹

Un tel résultat paraît prouver que des sensations provenant d'un changement dans l'état des muscles de l'œil ou de toute autre modification externe que subit l'œil ne contribuent à aucune des perceptions délicates d'espace.

Helmholtz, *A*, G 743, Fr. 763 s. (600).

178. *Fixation dans l'obscurité complète.* — Il est difficile, sinon impossible, de maintenir les yeux dans une position donnée sans l'assistance des sensations rétiniennes. Disposez la boîte obscure pour la vision binoculaire, et placez à l'arrière une coulisse avec un seul trou. Fixez sur le trou un morceau de carton noir, de manière à exclure toute lumière. Faites dans la carte un petit trou d'épingle, qui apparaîtra, lorsqu'on le verra d'en face, comme un petit point de lumière. Procurez-vous aussi un autre morceau de carton noir, qui pourra être employé de temps en temps pour couvrir le trou et supprimer sa lumière. Placez les yeux en position et fixez le trou d'épingle pendant une ou deux secondes; puis supprimez sa lumière et essayez de maintenir la fixation. Après dix ou vingt secondes faites réapparaître le point, et remarquez si sa position est celle que vous attendiez. Généralement tel n'est pas le cas. Si les sensations cinesthétiques des yeux étaient délicates, de telles erreurs ne devraient pas se produire. Pour d'autres exemples de mouvements inconscients des yeux, voir plus loin les expériences sur les illusions de mouvement.

Hillebrand, *B*, 150; Helmholtz, *A*, 737 s., Fr. 779 s. (613).

179. *Fausse localisation des images consécutives.* — *a.* Si l'on fixe pendant quelques secondes une petite flamme de

¹ Il est probable qu'en imprimant ainsi à l'œil un mouvement assez étendu on produirait quelque mouvement apparent de l'image consécutive; tel est, du moins, le cas lorsque les yeux se meuvent involontairement dans le vertige.

gaz ou un autre petit objet brillant dans une chambre obscure, et qu'ensuite, tenant la tête immobile, on regarde rapidement d'un autre côté, on observera une longue traînée d'images consécutives positives reliant la flamme au nouveau point de fixation. Cette expérience a déjà été utilisée dans l'expérience 132 comme un moyen d'étudier les mouvements des yeux. Il arrive parfois cependant — surtout lorsque la tête se meut avec les yeux et que le mouvement est soudain — que l'image consécutive n'est pas localisée correctement, mais qu'elle est rapportée au côté de la flamme opposé à celui où se trouve le nouveau point de fixation. Elle semble souvent jaillir en quelque sorte de la flamme. Si le mouvement a eu lieu vers en haut, l'image consécutive semble se trouver au-dessous de la flamme; s'il a lieu vers en bas elle semble se trouver au-dessus, et de même pour les autres directions. Comme le dit Mach, l'image apparaît avec les signes locaux qui appartiennent à l'ancienne et non à la nouvelle position des yeux. On observe aussi des erreurs de localisation moins considérables, dans lesquelles la traînée consécutive est en partie du même côté de la flamme que le mouvement, et en partie de l'autre; des effets analogues se présentent lorsque le regard se dirige vers la flamme en partant de quelque autre point de fixation.

Les explications proposées du phénomène ne semblent pas entièrement satisfaisantes, mais le facteur essentiel est probablement la perception défectueuse des mouvements réels des yeux.

b. Retard de l'œil lorsque la tête se tourne. Fixez une flamme ou un autre objet brillant pendant une seconde ou moins; puis fermez les yeux, et tournez rapidement la tête de 30 ou 40° à droite ou à gauche, en haut ou en bas. L'image consécutive (souvent positive) apparaîtra dans la direction primitive de l'objet. Répétez la fixation, en la prolongeant cette fois pendant vingt secondes. L'image consécutive (négative) paraîtra tourner avec la tête. On

observera quelquefois aussi des positions intermédiaires. Münsterberg et Campbell relatent que beaucoup de personnes n'arrivent pas à obtenir ce résultat.

Sur *a*, Mach, *A* ; Lipps, *A*. Sur *b*, Münsterberg and Campbell.

180. *Localisation dans le champ de fixation indirect.* —
a. Employez le campimètre et disposez l'appui-tête à environ 20 centimètres du plan vertical. Faites une marque de fixation nette devant l'œil, et une autre à une distance de 15 à 18 centimètres à droite ou à gauche. Priez le sujet de placer ses deux mains dans des positions symétriques près du plan médian, — par exemple de chaque côté du pied de l'appui—et de fermer les yeux. A un signal, priez-le d'ouvrir les yeux, d'observer soigneusement la distance qu'il y a entre la marque latérale et la marque médiane, de fermer les yeux de nouveau, et d'essayer de toucher la marque latérale par un mouvement assez rapide de la main qui se trouve du même côté. Notez l'étendue et le sens de l'erreur, et répétez l'expérience, en ayant bien soin toujours que le sujet ne déplace pas la tête, et qu'il garde les yeux fermés, sauf au moment où il observe la distance des marques ; cela afin qu'il demeure ignorant de l'étendue de son erreur. Essayez plusieurs fois de chaque côté. Le sujet surestimera généralement.

b. Répétez l'expérience, en tournant cette fois-ci la tête avec les yeux, au lieu de tourner seulement les yeux, et en maintenant la tête tournée pendant que vous touchez, les yeux naturellement restant clos comme auparavant. Essayez aussi, la tête droite, de toucher la marque médiane. Dans les deux cas, l'erreur sera petite ou nulle, ce qui prouve qu'elle tient à l'œil (muscles de l'œil) et non au bras. Loeb trouve une erreur semblable en touchant des points situés à la périphérie du champ visuel, c'est-à-dire des points vus indirectement sans mouvements des yeux.

L'explication de Loeb est que les muscles de l'œil réagissent de moins en moins, et exigent une innervation de

plus en plus considérable pour un mouvement déterminé à mesure qu'ils sont plus contractés. On juge de la position des yeux (et de celle de la marque de fixation) par « l'impulsion volitionnelle » requise, et par conséquent on la surestime. Pour une tendance semblable à surestimer la position de l'œil, voir Hering, *A*, 444. Cf aussi expérience 38.

Sur *a* et *b*, Loeb, *B*, 21 ss. Sur *b*, Bowditch and Southard (résultats quantitatifs en touchant dans des conditions variées); Exner, 322.

181. *Coordination de la vue et du toucher.* — Dans la vision ordinaire, les localisations visuelle et tactile des objets coïncident parfaitement pour la vision directe. Il est facile cependant de provoquer une dislocation, et éventuellement une réadaptation.

Posez sur la table, à une distance convenable, un bouton ou un autre petit objet. Observez le bouton pendant une ou deux secondes à travers un prisme de 10 à 20°, puis fermez l'œil et essayez de toucher le bouton par un mouvement rapide de la main. On trouvera que la main s'est portée du côté vers lequel le prisme a déplacé le champ. Quelques essais avec l'œil ouvert rendront l'observateur capable de toucher le bouton exactement. Continuez l'expérience, cependant, pendant quelques instants. Puis enlevez le prisme, observez le bouton les yeux libres, fermez-les, et essayez de nouveau de toucher le bouton par un mouvement rapide de la main. Il se produira de nouveau une erreur, mais de sens contraire, ce qui prouvera qu'une nouvelle coordination de l'espace visuel et de l'espace tactile s'est formée.

Helmholtz, *A*, 745; Fr. 765 s. (601 s.).

182. *Perception de la profondeur par le moyen de l'accommodation.* — On s'est demandé si l'effort musculaire direct d'accommodation a quelque effet, indépendamment

des modifications de l'image rétinienne qui en résultent ou des tendances associées à la convergence binoculaire des lignes visuelles. Le problème tout entier, en ce qui concerne les jugements dépendant soit de l'accommodation normale soit de l'accommodation qu'exige l'aberration chromatique, est encore *sub judice*, et ne sera pas discuté ici ¹.

Que des changements dans l'accommodation causent des changements dans la grandeur et la distance apparentes, c'est là cependant un fait connu depuis longtemps. Si, pendant qu'on fait attention à un objet éloigné, par exemple à une maison ou à un arbre, on accommode rapidement pour un point rapproché, l'objet éloigné paraît se retirer et diminuer de grandeur. Si l'observateur n'est pas capable d'accommoder volontairement, il peut aisément faire l'expérience en se plaçant près de la fenêtre et choisissant un point sur la vitre comme point rapproché de fixation. Aubert trouve que le résultat n'est pas le même s'il s'agit d'objets dont la grandeur est inconnue. Ceux-ci éprouvent un rapetissement et sont localisés très près. L'accommodation pour un point rapproché, pendant qu'on regarde à travers un trou d'épingle percé dans une carte qu'on tient tout près de l'œil, donne le même résultat un peu plus facilement, mais augmenté peut-être par d'autres conditions. Si on éloigne la carte de l'œil, la diminution de grandeur va s'accroissant encore. Aubert trouve qu'il se produit un changement de la distance apparente à la suite des efforts d'accommodation même lorsqu'il ne résulte de ces efforts aucun changement réel d'accommodation.

Helmholtz, *A*, 119; Fr. 127 (97); Aubert, *A*, 601-602, 627; Stevens, *B*, 346 s.; Kirschmann, 452; Rivers.

183. Perception de la profondeur par le moyen des

¹ Des expériences ont été faites sur ce sujet par Wundt (*A*, 4^e éd., II, 107; *B*, 105 ss.), par Hillebrand, Dixon, Rouse, Arrer et Bourdon. Pour l'influence de l'aberration chromatique voir Thompson, *A*; mais ses résultats sont difficiles à vérifier.

objets interposés. — *a.* Quelques-uns des moyens monoculaires de juger de la distance s'observent mieux dans les perceptions courantes que dans des expériences spéciales; celui dont il est ici question est du nombre. Les figures suivantes cependant montrent quelque chose du phéno-

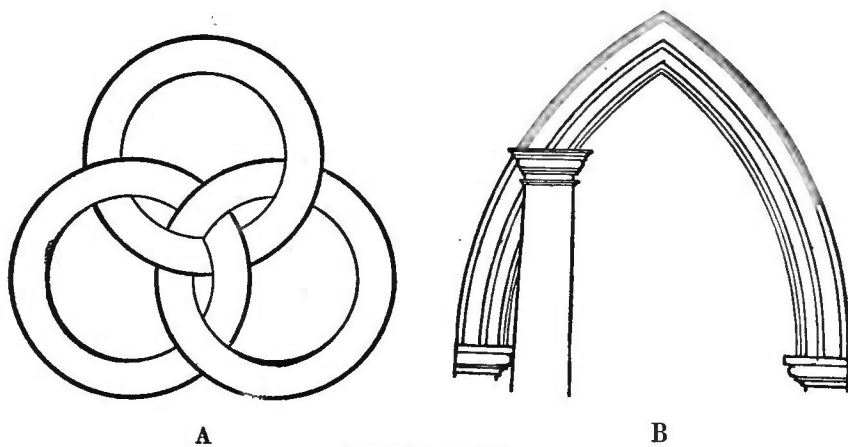


Fig. 34 et 35.

mène. Nous sommes plus portés à regarder les anneaux en A comme complets et entrelacés que comme brisés et soigneusement assemblés. Dans la seconde figure l'effet est encore plus prononcé, parce qu'il est encore plus difficile de concevoir l'arc comme dans le même plan que la colonne, et s'adaptant exactement à son contour irrégulier.

La multitude des objets interposés entre l'œil et l'horizon, en même temps que leur grandeur et leur distance connues, contribuent sans doute aussi à faire paraître surbaissée la voûte céleste.

b. La plupart des personnes ont beaucoup de peine à voir l'image produite par un miroir concave en avant de la surface du miroir, bien que le plus souvent elle soit réellement située ainsi. L'interposition apparente d'objets se combine avec la localisation habituelle des images produites par les miroirs derrière la surface des miroirs pour déterminer la fausse localisation. L'expérience peut se faire de la manière suivante : au-devant d'un miroir

concave, à une distance un peu moindre que le double de sa distance focale, est placée une figure comme celle ci-dessous, découpée dans du carton et noircie sur les deux

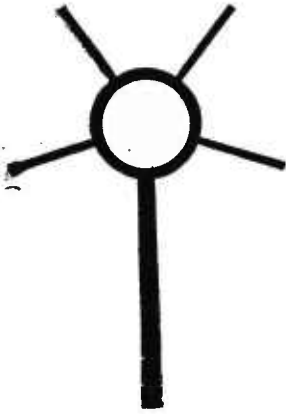


Fig 36.

côtés, ou même un anneau ordinaire à cornue, de petite dimension. L'observateur se place plus loin encore du miroir, sur la ligne qui passe par son centre et le centre de l'anneau, et, si les positions sont bien réglées, il voit, flottant dans l'air, à quelques pouces en avant de la figure réelle, une image agrandie et renversée de celle-ci, aussi longtemps du moins qu'il observe avec les deux yeux. Mais, dès qu'il regarde avec un seul œil, l'image va se

placer sur la surface du miroir, ou au delà. Les rayons de la figure, les taches du miroir, qui sont vues nettement au travers de l'image, et le cadre du miroir, qui coupe les bords de l'image, tout conspire à faire que l'image soit perçue derrière au lieu de devant. Si l'observateur a quelque difficulté à obtenir la localisation binoculaire, un léger mouvement de la tête de côté et d'autre, qui fait que l'image se déplace relativement au miroir et à la figure, pourra la lui faciliter.

Une expérience semblable peut être faite avec une lentille convexe convenablement disposée.

Helmholtz, *A*, 768 s., Fr. 793 (624 s.); Sully, 80 s.

184. *Perception du relief par le moyen des ombres.* —
a. L'effet des ombres se démontre très bien au moyen d'un masque peint de même couleur à l'intérieur et à l'extérieur. Placez le masque, le côté creux tourné vers l'observateur, dans une position telle que la lumière tombe dessus en plein et qu'il ne se produise à l'intérieur aucune ombre; priez l'observateur de le regarder avec un seul œil

d'une distance de 6 ou 7 mètres. Il lui sera difficile ou même impossible de voir le masque concave, d'après son expérience habituelle il le verra probablement en relief. Mais, si vous changez la position du masque de telle façon que la lumière l'atteigne obliquement, les ombres trahissent immédiatement la concavité, et il n'y a plus de difficulté, si ce n'est peut-être pour le nez qui est tout entier dans l'ombre.

Des médaillons avec des têtes en bas-relief, lorsqu'ils sont également éclairés de tous les côtés, peuvent avec un peu d'effort être vus soit convexes, soit concaves, — camée ou intaille. Un éclairage inégal et des ombres obliques rendent la chose plus difficile. Une feuille de papier pliée comme un livre entr'ouvert, et placée verticalement, produit à peu près le même effet, surtout si l'extrémité inférieure est cachée de sorte que le contact de la feuille avec la table ne puisse être vu. (Cf. fig. N, expériences 202 et 203.)

b. Expérience de Waller. Dans l'expérience suivante des bords sombres ressemblant à des ombres conduisent à une illusion d'élévation ou de dépression. Coupez un morceau de carton de 8 pouces (20^{cm}) de long sur 4 (10^{cm}) de large; couvrez-en la moitié uniment avec du papier rouge, et l'autre moitié avec du bleu. Sur le papier rouge collez plusieurs bandes de bleu, et sur le bleu plusieurs bandes de rouge; ces bandes auront un quart de pouce (6^{mm}) de large sur deux pouces (5^{cm}) de long; ou, mieux, mettez sur le carton des anneaux concentriques des couleurs spécifiées, en laissant entre eux des espaces au moins aussi larges que les anneaux. Les anneaux gommés des jardins d'enfants feront très bien l'affaire. Placez la figure ainsi composée dans une position telle qu'elle soit fortement éclairée de la droite, et regardez-la d'une distance de deux ou trois mètres avec un seul œil, en couvrant la moitié de la pupille avec un morceau de carton noir, ou mieux à travers un trou carré de 2 millimètres environ de

côté percé dans le carton, en déplaçant le carton du côté du nez ou de la tempe pour imiter un déplacement semblable de la pupille.

Si la moitié temporale de la pupille droite est couverte, les anneaux rouges paraîtront se détacher légèrement de leur fond; les bleus paraîtront un peu enfoncés dans le leur. Si c'est la moitié nasale de la pupille qui est couverte, ce sont les rouges qui paraîtront enfoncés et les bleus en relief. La même chose sera vraie pour l'œil gauche si l'on intervertit les termes nasal et temporal. Remarquez dans chaque cas la distribution apparente de la lumière et de l'ombre. En changeant la direction de l'éclairage on renverse parfois le phénomène. L'expérience peut être un peu plus facile lorsque l'observateur regarde à travers un morceau de verre bleu (ou de gélatine violette ou pourpre) tenu près de l'œil. Le but du verre bleu est simplement de rendre plus purs le bleu et le rouge employés dans la figure. Le bord du carton qui couvre la pupille peut être avantageusement noirci, et de légers mouvements du carton pourront aussi être utiles.

L'illusion dépend de l'interprétation des ombres et des lumières apparentes. Celles-ci résultent de l'aberration chromatique, qu'on rend beaucoup plus apparente que dans l'œil normal en couvrant à moitié la pupille. On comprendra la chose en considérant les figures qui suivent. En expliquant ces figures on suppose que les couleurs en question sont parfaitement pures, et que l'œil droit est employé pour l'expérience avec la moitié temporale de la pupille couverte.

Il est impossible d'accommoder en même temps pour le rouge et le bleu; si les rayons rouges ont leur foyer sur la rétine, les rayons bleus ont le leur en avant de celle-ci; si les rayons bleus ont leur foyer sur la rétine, les rayons rouges ont le leur derrière. Dans les figures ci-jointes L représente la ligne de séparation entre une étendue rouge et une étendue bleue; dans la figure A, l'œil

est accommodé pour le rouge ; dans la figure B, pour le bleu. Dans la figure A, le bord du rouge dans l'image rétinienne est en l , le bord du bleu en a , qui, sur la ligne de direction aL' , correspond au point extérieur L' situé à gauche

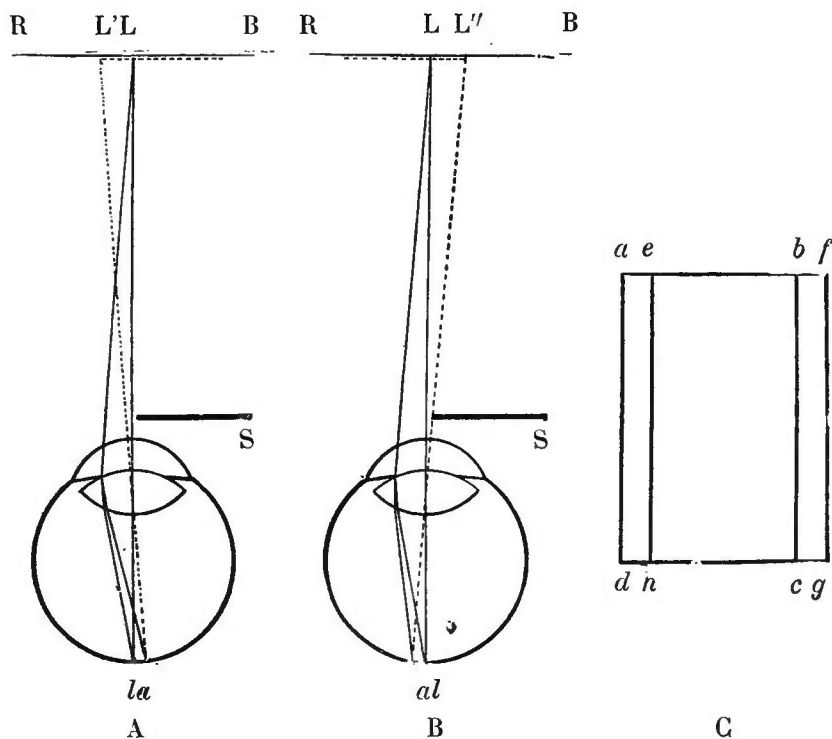


Fig. 37.

de (L), ce qui produit un empiétement réciproque du bleu sur le rouge et du rouge sur le bleu, puisque le bord du rouge est perçu dans sa vraie position en L . De même, dans la figure B, l'accommodation pour le bleu produit la localisation du bord du rouge en L'' , c'est-à-dire un déplacement vers la droite. Toute accommodation intermédiaire causerait à la fois un déplacement du rouge et du bleu en sens opposé. Dans la figure C, on voit un autre résultat de tels déplacements. Supposez que $abcd$ représente une bande rouge sur un fond bleu. Lorsqu'on regarde cette combinaison, la moitié temporale de la pupille droite étant couverte, il y a de part et d'autre déplacement des couleurs et la bande $abcd$ apparaît dans la position $efgh$. Le résultat

est une sommation des couleurs dans la région *bfge*, et l'absence de toute couleur (obscurité) sur la surface *achd*. La région de sommation est considérée comme éclairée, la région d'obscurité comme une ombre — effet qui se trouverait exactement réalisé, si dans un champ éclairé obliquement de droite il existait une légère élévation ¹. On peut expliquer d'une manière identique les cas de figures bleues sur un fond rouge, de perception avec la moitié nasale de la pupille couverte, et de perception avec l'œil gauche.

Sur *a*, Helmholtz, *A*, 772; Fr. 797 s. (628); Bowditch; Oppel, *B*.
Sur *b*, Einthoven; Brewster.

185. *La perception du relief en tant qu'influencée par d'autres perceptions et par des idées.* — Placez sur la table une courte bande de papier déchirée grossièrement à l'une de ses extrémités. Regardez le papier avec un œil à travers une lentille convexe de court foyer, d'une distance de 2 ou 3 pieds, de telle façon que la ligne visuelle fasse un angle de 45° environ avec la surface de la table. La lentille présentera une image renversée de la bande. Cette image, si elle était exactement perçue, devrait paraître verticale ou à peu près; elle paraîtra cependant presque horizontale, et l'extrémité qui est en réalité la plus éloignée paraîtra la plus rapprochée. Il sera avantageux que l'image du papier remplisse à peu près la lentille. Répétez l'expérience, cette fois en plantant une épingle verticalement dans le papier. Cela favorisera une perception plus exacte de la position de l'image. La fausse localisation du papier dépend de

¹ Einthoven, qui a soigneusement étudié ce phénomène avec une disposition de l'expérience à peu près identique, considère la direction de l'éclairage comme de peu d'importance. Avec la disposition employée ici, elle m'a semblé assez importante, quoique pas absolument déterminante. L'illusion est une illusion d'interprétation perceptive, où il faut s'attendre à des différences individuelles. Le point essentiel cependant reste, dans chaque cas, celui-ci, que des ombres illusoire provoquent une interprétation plastique de la figure.

l'idée préconçue que la partie de la surface de la table, vue à travers la lentille, appartient toujours au reste de la surface vu en dehors de la lentille et connu par la vue et par le toucher. En conséquence le papier doit sembler tourné bout pour bout. Avec l'aide de l'épingle, il prend une position verticale, et l'extrémité qui est réellement la plus-rapprochée est aussi vue ainsi.

Lorsque des figures à relief peu accentué sont regardées ainsi, elles paraissent aussi horizontales si peu ou rien de ce qui les entoure n'est vu en même temps, et souvent les dépressions s'y changent en élévations ou *vice versa*. Si elles prennent la position verticale leur relief est vu correctement. Les changements dépendent en partie de l'objet considéré, les médaillons passant facilement de l'intaille au camée, mais pas aussi facilement du camée à l'intaille. Les ombres jouent ici un rôle très important, et leur effet se manifeste clairement lorsque de telles figures sont regardées à la lumière artificielle. Cf. expérience 203.

Helmholtz, *A*, 773, Fr. 798 (628); Brewster, *B*.

186. *La perception de la forme et de la distance dans les images renversées et avec la tête renversée.*

a. Forme et distance dans les images renversées. Les images produisent un effet très différent lorsqu'on les regarde retournées. Essayez avec une série convenable de gravures représentant des portraits et des paysages. L'effet du renversement se manifeste de façon frappante dans les livres d'images « topsy-turvy », très répandus il y a quelques années¹, et on peut le constater dans une certaine mesure même avec des portraits familiers. Dans les paysages renversés, outre l'étrangeté générale et une forte tendance

¹ Dans ces livres étaient représentées des images, qui, selon qu'on les regardait droites ou renversées, donnaient des objets différents. Ainsi l'on voyait dans la position normale d'une page des jeunes filles à l'allure très correcte, et, en renversant la page, un nombre égal de types d'affreux vagabonds. (Tr.)

à prendre le ciel pour de l'eau, et *vice versa*, on constate souvent une perception imparfaite de la distance, qui donne lieu, lorsqu'on redresse l'image, à un recul apparent des objets du fond. Ceci est dû, dans l'opinion de Filehne, à la très grande habitude que nous avons d'effets de perspective se manifestant sur le sol et au-dessous de la ligne d'horizon ¹ Dans l'image renversée, les lignes qui d'ordinaire convergent par en haut convergent par en bas et ne suggèrent qu'imparfaitement leur signification usuelle. Margaret Washburn trouve que dans beaucoup de cas l'effet est inverse, le fond paraissant à une plus grande distance dans la position renversée, et suggère comme explication une estimation différente de la grandeur dans la partie supérieure et dans la partie inférieure du champ, semblable à celle qui se produit pour les illusions géométriques de l'expérience 196 ci-dessous.

b. Distance avec la tête renversée. Lorsqu'on considère un paysage la tête en bas, en regardant par-dessous le bras ou entre les jambes, l'aspect des choses se modifie considérablement; les mouvements des personnes et des animaux paraissent étranges, les couleurs sont souvent plus brillantes, et il se produit des illusions quant à la distance.

Essayez l'expérience, en tâchant d'avoir les yeux à la même hauteur au-dessus du sol dans la position renversée et dans la position droite. Si on ne prend pas cette précaution, on constatera une augmentation de distance dans la position renversée et une diminution dans la position droite, qui ne seront pas dues directement au renversement de la tête.

Les changements apparents dans la couleur résultent d'un changement dans l'interprétation. Dans la position droite les couleurs sont regardées comme signes d'objets

¹ Filehne se sert du même principe pour expliquer la forme surbaissée du ciel et l'agrandissement de la lune à l'horizon.

présentant certaines qualités et situés à certaines distances. Dans la position renversée la perception de ce dernier élément est moins parfaite, et les couleurs sont vues d'une façon plus indépendante.

La nature de l'illusion de distance a été trouvée différente par différents observateurs. Helmholtz et d'autres voient les objets éloignés plus éloignés, la tête droite. James les voit plus près. Les expériences de Washburn avec des gravures rendent probable qu'il intervient parfois plus d'un facteur, et que le résultat avec différents paysages peut être différent¹ Mes propres expériences me font croire qu'avec des étendues complexes, comme une vue des toits et des maisons d'une ville, que l'on débrouille mal la tête renversée, la position normale donne la plus grande distance; tandis qu'avec une étendue simple et relativement uniforme le contraire peut être le cas.

Sur *a*, Mach, *A*, 50; Filehne, 300 s.; Hering, *A*, 571. Sur *b*, Helmholtz, *A*, 607, 871 ss., Fr. 568 s., 913, 915 (433, 723, 725); Rood; James, II, 213; Margaret Washburn; Filehne, 297 ss.; Thiéry, 102.

ILLUSIONS GÉOMÉTRIQUES

A côté des illusions que nous venons de considérer, on en a trouvé un grand nombre qui affectent la perception des figures planes. Dans quelques-unes l'effet de la perspective ou la tendance à interpréter les lignes comme représentant des figures à trois dimensions est évidente; dans d'autres on constate l'influence de l'expérience la plus fréquente ou des mouvements des yeux. Il est probable que beaucoup, même de celles qui paraissent les plus simples, sont la résultante de plusieurs tendances simul-

¹ James ne dit pas que lui ni ceux qui faisaient les observations avec lui aient pris soin de maintenir les yeux à la même hauteur au-dessus du sol dans les deux cas. Si cette précaution n'a pas été prise, on peut s'expliquer ainsi la différence des résultats.

tanées ; on peut dès lors s'attendre à de considérables différences individuelles quant au degré de ces illusions. Il ne peut s'agir ici de traiter complètement la question ; les brefs commentaires des figures auront pour but simplement d'indiquer les opinions qui ont été soutenues et non de les exposer ou de les critiquer. Le lecteur fera bien de tourner les figures dans différents sens et de les regarder de différents côtés, de manière à séparer les illusions qui dépendent de la position de celles qui n'en dépendent pas. En général, les illusions sont accrues lorsqu'on rend obliques dans le champ les lignes affectées. Pour une étude très exacte et très attentive, les figures devront être isolées l'une de l'autre et de l'influence de toutes lignes étrangères, et par exemple dessinées séparément sur des feuilles de papier de bonne dimension. Parfois la grandeur des figures a une importance, certaines illusions étant plus frappantes avec de grandes figures, d'autres avec de petites. Les figures du texte ne doivent pas être considérées comme des modèles à cet égard. Beaucoup d'illusions sont considérablement renforcées, lorsque les figures sont dessinées sur verre ou faites de fils de métal, surtout lorsque leurs parties sont mobiles, et que le degré ou l'endroit de l'illusion peuvent être changés sous les yeux de l'observateur. Beaucoup des figures de la *Pseudoptique* de Bradley ont cet avantage ¹.

Sur les illusions géométriques en général, voir Wundt, *A*, 4^e éd., II, 137-156 ; Helmholtz, *A*, 705 ss., Fr. 720 ss. (592 ss.) ; Hoppe, *A*, Lipps, et Thiéry.

¹ Il a souvent semblé à l'auteur que beaucoup d'illusions se manifestaient plus nettement dans de grossiers dessins faits au tableau ou sur le papier, même lorsque les inexactitudes inévitables de ces dessins allaient contre l'illusion, que dans les figures plus rigoureuses des livres. Si tel est le fait, il pourrait tenir en partie à quelque chose de semblable à ce qui vient d'être mentionné — le changement de la figure en train d'être construite, — et en partie à la participation plus grande de l'aperception dans ces figures grossières.

Pour les illusions dépendant de l'irradiation, voir chap. VIII.

187. *La tendance de l'œil à suivre les lignes et les contours.* — La chose la plus importante dans la vision ordinaire est une perception nette de la forme, et les lignes et les contours sont suivis parce qu'ils sont la base de cette perception. Les lignes que suit l'œil (les *lignes de fixation* de Wundt) sont vues plus nettement que celles qu'il ne suit pas, et les lignes qui ont à peu près la même direction que celles qu'il suit sont favorisées par rapport à celles qui ont d'autres directions. Il est facile de voir que cette habitude des yeux doit jouer un grand rôle dans les illusions géométriques. Cette tendance cependant reste soumise à la volonté, et pour cette raison elle est plus difficile à démontrer par expérimentation que par observation accidentelle. Quiconque observera sa propre vision en présence d'objets à lignes fortement marquées trouvera facilement des traces de cette habitude. En se représentant des figures géométriques (par exemple un hexagone de 18 pouces [45^{cm}] de côté) on constatera encore souvent quelque chose de la même tendance.

a. Que l'observateur examine la figure ci-dessous pendant un instant, puis qu'il dise comment ses yeux se sont mus en la regardant.

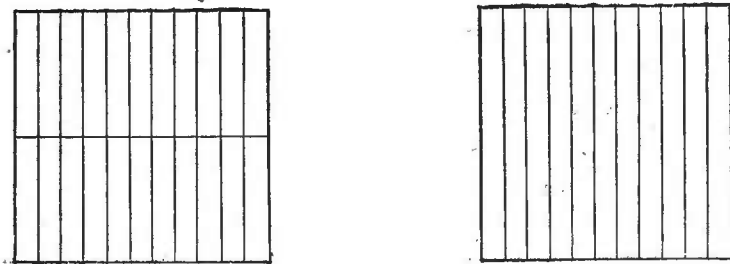


Fig. 38.

Il constatera probablement une tendance à suivre la ligne médiane de la figure de gauche et les lignes verticales de la figure de droite.

b. Collez sur un morceau de carton de 8 pouces $1/8$ (20^{cm}, 3) de long sur 4 (10^{cm}) de large deux carrés de papier rouge de 4 pouces (10^{cm}) de côté de façon à couvrir tout le carton

excepté une bande blanche de 1/8 de pouce (3^{mm}) de large entre les deux. Couvrez le tout avec une feuille de papier demi-transparent comme pour l'expérience de Meyer (expérience 152 c) et examinez la bande blanche pour voir les effets de contraste. Après avoir observé pendant quelques secondes, placez soudainement en travers du milieu de la figure un morceau de fil de fer de 6 ou 8 pouces (15 ou 20^{cm}) de long, à angle droit avec la bande blanche. Si l'expérience réussit, la bande blanche présentera instantanément une forte accentuation de la couleur complémentaire. Avant l'introduction du fil de fer, l'œil est surtout occupé à suivre de bas en haut et de haut en bas la bande blanche, et les effets de contraste se bornent à ceux de contraste simultané. Lorsque le fil de fer arrive, l'œil se dirige vers lui une ou deux fois et le parcourt dans un sens et dans l'autre, et ainsi se manifestent sur la bande blanche les effets plus puissants du contraste successif¹.

Thiéry, 112 ; Waller.

188. *Figures perspectives*. — La tendance à voir les choses en relief est si invétérée qu'une légère indication de perspective suffit pour produire des différences de distance apparente et par conséquent de grandeur apparente.

a. *Figure de von Bezold*. La figure suivante, empruntée à von Bezold, démontre suffisamment la tendance en question.

Il est intéressant d'observer que l'agrandissement des figures les plus éloignées n'est pas aussi considérable que le voudrait la distance représentée, c'est-à-dire que l'interprétation perspective ne produit pas pleinement son effet. Un bon exemple de cette figure se trouve dans la *Pseudoptique* de Bradley. Elle a aussi été employée dans des annonces.

¹ Cette expérience a été faite d'abord par Waller (*Journal of Physiology*, XII, 4, p. XLIV), mais il l'emploie dans un but différent.

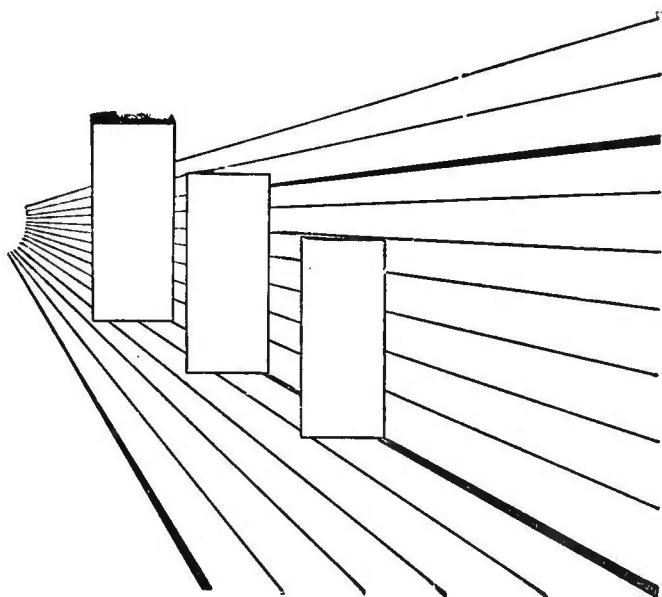


Fig. 39.

b. Dans des circonstances favorables l'illusion perspective peut causer une déformation apparente d'un angle réellement droit.

Tel est le cas avec la croix inférieure sur la gauche du cube, et avec la croix supérieure sur la droite. Les angles des croix cessent de paraître droits lorsque l'impression perspective est forte, et *vice versa*. On peut observer le même effet en projetant l'image consécutive d'une croix rectangulaire sur le dessin d'un cube. Cf. la déformation de l'image consécutive rectangulaire dans l'expérience 131 *b.*

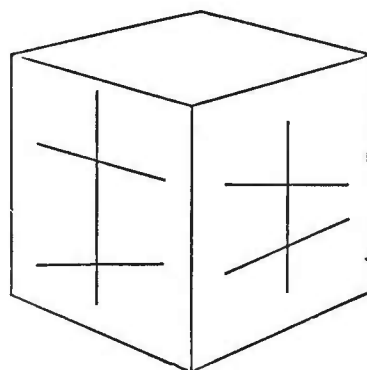


Fig. 40.

Sur *a*, von Bezold, *B*; sur *b*, James, II, 254; Thiéry, 317.

189. *Interprétation perspective de figures planes.* — Certains arrangements de lignes tendent, sur une suggestion très légère, ou même sans cela, à provoquer une interpré-

tation stéréoscopique. Le fait peut se produire avec les lignes obliques de figures dessinées sur du papier, mais il est plus facile à observer avec des modèles en fil de fer ou des figures dessinées sur verre, où il y a moins d'indications favorisant une interprétation plane, et avec vision monoculaire qu'avec vision binoculaire.

Préparez des modèles ou des figures sur verre semblables aux figures ci-dessous ; placez-les dans une position telle qu'elles puissent être observées devant le ciel ou quelque autre fond uniforme, et regardez avec un seul œil.

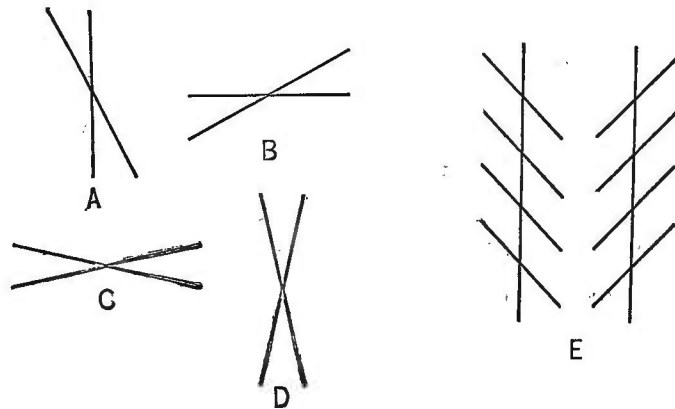


Fig. 41.

La tendance à une interprétation perspective est plus forte pour A et B que pour C et D. En A et B ce sont les lignes obliques, et point les lignes verticales et horizontales, qui sont affectées, du moins à un degré appréciable. E n'est qu'une répétition de A, mais l'interprétation perspective des lignes courtes implique aussi une légère inclinaison des verticales. Les figures sont presque toutes susceptibles de deux interprétations perspectives ; en A, par exemple, l'extrémité inférieure de la ligne oblique peut paraître plus rapprochée que la verticale ou plus éloignée (Cf. les figures ambiguës des expériences 201 à 203).

Cette tendance à percevoir les angles obliques comme des représentations perspectives d'angles droits se rattache peut-être à la tendance à surestimer les petits angles

et à sous-estimer les grands, tendance bien connue de ceux qui se sont occupés des illusions géométriques (Cf. expérience 190).

Hering, *A*, 579 s., *B*, 79. s. ; Mach, *A*, 96 ss.

190. *Illusions dans la perception des angles.* — Les petits angles sont relativement surestimés et les grands angles sous-estimés¹.

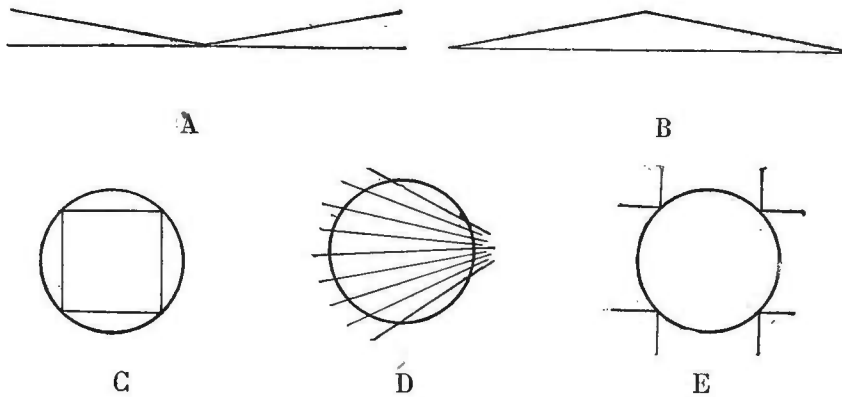


Fig. 42.

En A et B de légères déformations se remarquent pour les lignes horizontales. En C le cercle s'aplatit aux angles du carré, et les côtés du carré se courbent en dedans. En D la déformation est manifeste, mais probablement n'est pas due seulement aux petits angles (Cf. expériences 192 et 195). E paraît d'abord contredire le principe de la surestimation des petits angles, car l'effet est de même genre qu'en C, alors qu'on pourrait s'attendre à un effet inverse. Mais Thiéry a probablement raison en disant (366 ss.) que les mouvements des yeux, point important à considérer, sont différents dans les deux cas. En C le mouvement de l'œil paraît suivre la corde ou l'arc — dans les deux cas l'œil rencontre des lignes qui font un petit angle avec celle le

¹ Jastrow (*A*, 382) pense que tous les angles sont sous-estimés, les aigus comme les obtus, mais les obtus beaucoup plus que les aigus, de sorte que, lorsque les deux se présentent en même temps, comme cela arrive généralement, l'effet équivaut à une surestimation des petits.

long de laquelle il se meut. Mais en E, lorsque l'œil se meut le long d'une des lignes courtes et vers le cercle, il tend à continuer le long de l'arc qui exige le changement de direction le moins considérable, c'est-à-dire avec lequel il fait un angle obtus. Si tel est le cas, l'illusion est celle des angles obtus, et non des angles aigus, et le résultat s'accorde avec le principe.

Le cas général de la surestimation des petits angles est rattaché par Wundt aux mouvements des yeux en tant qu'influencés par des lignes adjacentes. En A, par exemple, pendant que l'œil suit la ligne horizontale en se dirigeant vers son intersection avec les lignes obliques, il éprouve pour ainsi dire une attraction croissante vers la ligne oblique la plus rapprochée, et de cet effet provient la fausse conception de sa route. Pour expliquer les trois premières figures, Helmholtz cite son principe, « suivant lequel des angles aigus, étant de petites grandeurs nettement limitées, nous semblent en général relativement trop grands, lorsque nous les comparons avec des angles obtus ou droits non divisés » ; mais il croit que ce principe le cède en importance aux mouvements des yeux, si même il ne dépend pas lui-même de ces mouvements. — A, 708 ss., Fr. 724 ss. (566 ss.). L'explication de cette illusion par la tendance à voir les angles obliques comme des angles droits en perspective a déjà été mentionnée.

Thiéry, 360 ss. ; Wundt, A, 4^e éd., II, 145 ss. ; Helmholtz, A, 707 ss., Fr. 722 ss. (564 ss.) ; Hering, A, 372 s. ; Mach, A, 98 ; Delbœuf, A ; Dresslar.

191. *Figure de Zöllner*. — a. Dans cette figure bien connue, les lignes verticales, quoique réellement parallèles, paraissent converger alternativement par en haut et par en bas. Elles peuvent présenter aussi, faiblement, la tendance à quitter le plan du papier qu'on remarque parfois dans les longues lignes de E, expérience 189, dont cette figure n'est qu'un développement. Les lignes courtes pré-

sentent aussi l'illusion de Poggendorff (expérience 193).

b. L'illusion croît considérablement lorsque les yeux se meuvent en travers de la figure à angle droit avec les

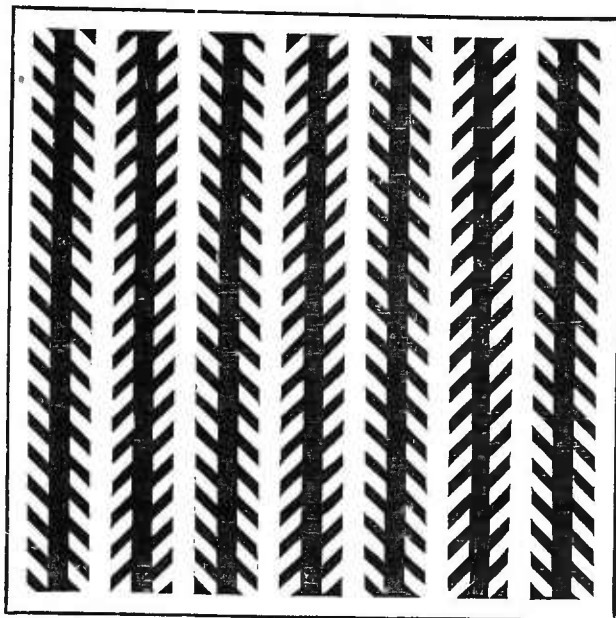


Fig. 43.

longues lignes; elle diminue ou disparaît lorsqu'ils se meuvent dans la direction des longues lignes. Le moyen le plus facile d'assurer le mouvement précis des yeux suivant ces directions consiste à fixer la tête d'une épingle qu'on fait mouvoir dans un sens ou dans l'autre au travers de la figure, ou à mouvoir la figure elle-même derrière la tête d'épingle que l'on fixe. Une vitesse modérée du mouvement, qu'on trouvera facilement par tâtonnement, donne les meilleurs résultats. Il est très important de fixer continuellement la tête d'épingle. L'auteur trouve qu'il est utile de placer la figure assez près de l'œil, c'est-à-dire à moins de 6 ou 8 pouces (15 ou 20^{cm}). Remarquez dans le cas du mouvement transversal, outre le mouvement apparent de fuite des longues lignes vers le haut et vers le bas (qui sera considéré dans la section sur la perception visuelle du mouvement), leur inclinaison par rapport au plan du papier.

c. Quelques autres particularités ayant trait au degré de l'illusion ont été observées. La plupart sont en rapport évident avec les changements dans le mouvement des yeux en traversant la figure. *Position de la figure* : Si on fait tourner la figure dans un plan parallèle au plan frontal du visage, l'illusion est maxima lorsque les longues lignes font un angle d'environ 45° avec la verticale. Elle est moins marquée lorsque ces lignes sont verticales, et moins encore lorsqu'elles sont horizontales. Si on fait tourner la figure en arrière du plan précédent, autour d'un axe parallèle à la ligne joignant les centres des yeux, l'illusion diminuera lorsque les longues lignes auront été verticales au départ, et elle croîtra lorsqu'elles auront été horizontales. *La grandeur et la distance de la figure* paraissent affecter le degré de l'illusion (Kundt, t21, 148 ss.). *Transversales* : L'illusion est ordinairement plus forte lorsque les transversales font un angle d'environ 30° avec les longues lignes, mais elle peut atteindre son maximum pour un angle plus petit lorsque les transversales sont longues (Heymans). On dit aussi qu'elle croît avec le nombre des transversales, jusqu'à un certain nombre, mais qu'ensuite elle décroît. On a trouvé que *la vision monoculaire* est plus favorable que la vision binoculaire, et le mouvement des yeux que la fixation constante. Sur plusieurs de ces points et sur d'autres encore Zöllner, Kundt, Thiéry et Heymans ont fait des expériences quantitatives.

Les explications de la figure de Zöllner sont nombreuses. Elle appartient évidemment au type des petits angles, et les explications qu'on donne pour les autres figures de cette classe lui sont aussi appliquées. Helmholtz associe avec la surestimation des petits angles les mouvements frappants en haut et en bas des longues lignes, qui ont été remarqués dans l'expérience *b* ci-dessus. Des mouvements semblables d'objets réels donnent naissance à une illusion encore plus forte de la même espèce (Cf. expérience 225). Helmholtz montre aussi comment le tout peut être rattaché au prin-

cipe général du contraste, ici au contraste de direction. Une autre explication, proposée d'abord par Volkman¹, et appuyée par les observations d'autres, a dans ces derniers temps été plus amplement développée par Thiéry. Elle consiste, en peu de mots, à admettre que, même quand on l'observe superficiellement, on voit la figure en perspective, — non pas consciemment mais en fait. Les courtes lignes obliques représentent des plans vus en perspective, chaque paire de plans formant une crête analogue à un toit, et chaque crête s'inclinant en avant ou en arrière suivant le cas ; la paire de gauche, par exemple, forme une crête qui s'incline en avant, le second plan et le troisième en forment une qui s'incline en arrière, le troisième et le quatrième une qui s'incline en avant, et ainsi de suite. Les longues lignes sont projetées sur ces surfaces inclinées, et sont en conséquence considérées comme des lignes convergentes ou divergentes, quoique leurs images rétinienne demeurent parallèles, exactement comme seraient considérées des images rétinienne parallèles produites par des lignes réellement convergentes ou divergentes reposant sur des surfaces en pente². Heymans rapproche la figure de l'illusion de Mellinghoff et Loeb (expérience 497 *d*), et trouve qu'on a raison d'essayer de la classer parmi les cas de contraste ; mais il réserve l'hypothèse qu'elle se rattacherait en dernière analyse à des mouvements des yeux vivement imaginés.

d. Variantes de la figure de Zöllner. Les figures de Pisco et de Hering sont surtout intéressantes historiquement. La figure en échiquier, au contraire, est importante

¹ *Physiologische Untersuchungen im Gebiete der Optik*, Leipzig, 1863, p. 163, cité par Hering, *A*, 580.

² Thiéry reconnaît pleinement et même insiste sur le fait qu'aucune inclinaison pareille des plans n'est perçue par l'observateur tant qu'on ne lui en a pas suggéré l'idée. Mais il n'est pas plus nécessaire que le facteur perspectif soit conscient, pour qu'il puisse influencer sur la forme finale de la perception, qu'il ne l'est que les sons partiels d'une note jouée sur un violon soient consciemment discernés pour qu'elle puisse être distinguée d'une note de même hauteur jouée sur une flûte. Cf Thiéry, 121 ss.

pour la théorie de l'illusion, car elle la manifeste sans

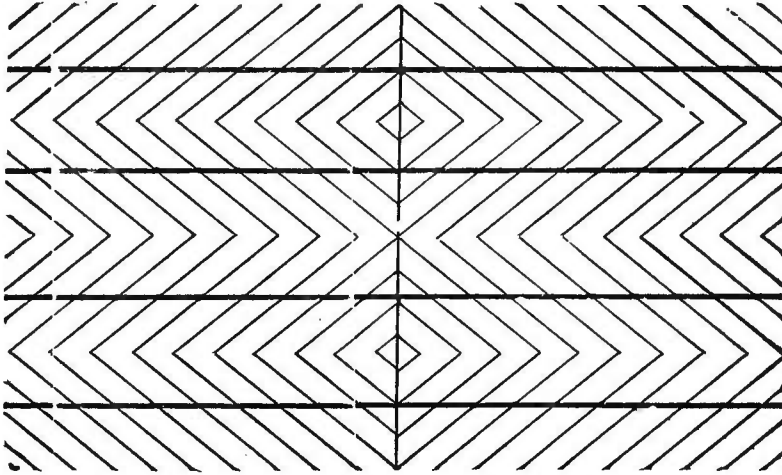
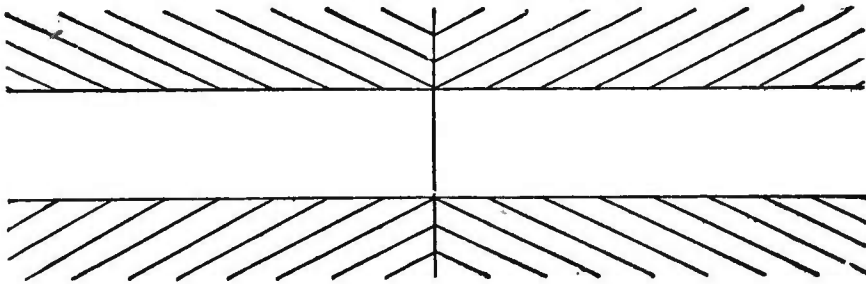
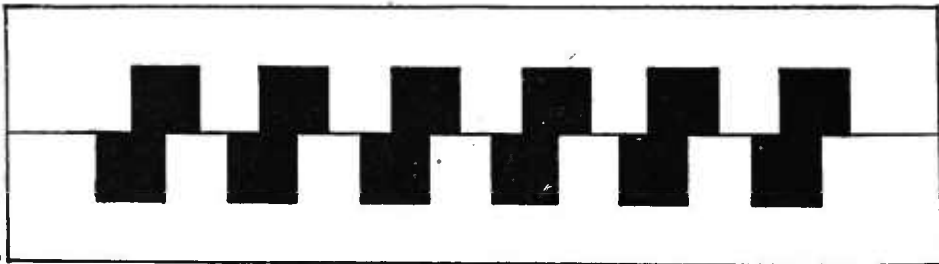


Figure de Pisco.



Une des variantes de la figure de Zöllner¹



La figure en échiquier.

Fig. 44.

l'aide des courtes lignes obliques ordinaires. Pour la dis-

¹ Emprunté, avec autorisation, des *Elements of Physiological Psychology* de Ladd (Droits réservés, 1887, Scribner's Sons).

cussion de cette dernière figure et d'autres figures qui sont dans le même cas, voir Heymans, *B*.

Helmholtz, *A*, 708 ss., Fr. 723 ss. (565 ss.), Hering, *A*, 373, 579, *B*, 75 s., 78 ss.; Aubert, *A*, 630 s.; Mach, *A*, 98; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 144 ss.; Zöllner, *A*, et *B*; Lipps, *B*, 267 ss.; Heymans, *B*.; Jastrow, *A*; Thiéry, 312 ss., et la littérature citée par eux.

192. *Figures basées sur des lignes convergentes*¹. — *a*. En

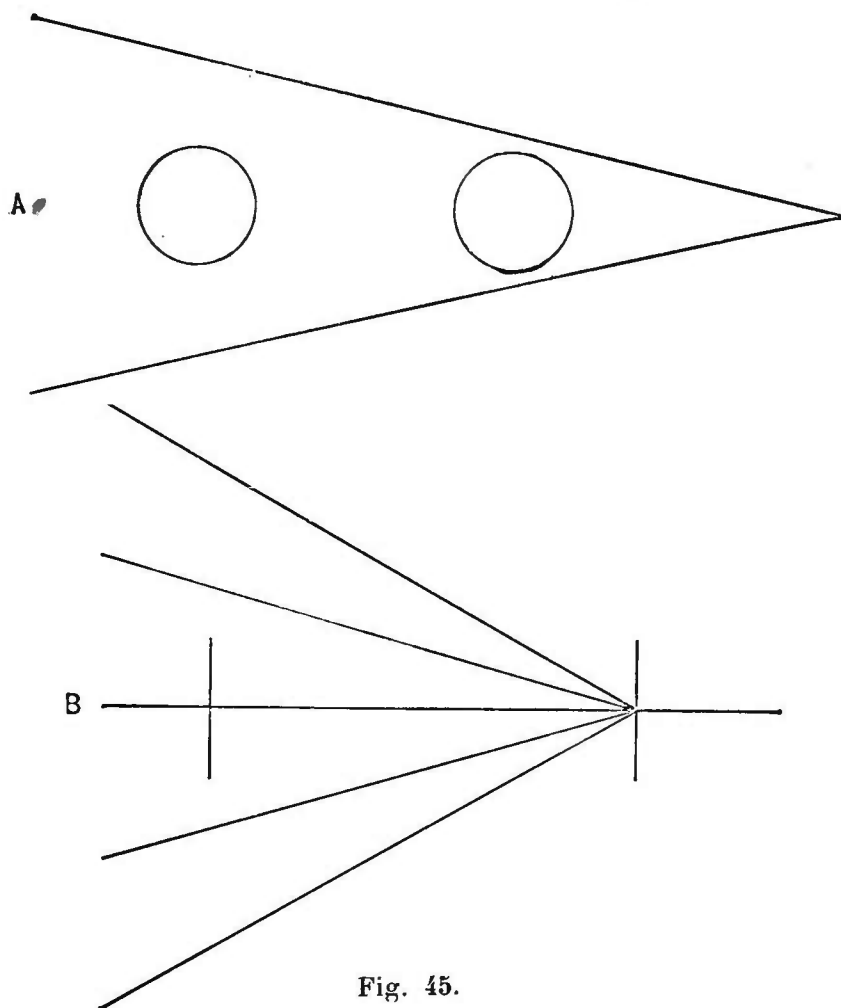


Fig. 45.

¹ Dans beaucoup de ces figures, bien qu'il n'y ait que peu ou pas de tendance consciente à une interprétation perspective, les lignes ressemblent à celles de dessins perspectifs et les illusions sont de même nature. Dans quelle mesure l'illusion dans un cas quelconque est-elle due à une suggestion perspective, c'est ce qu'on ne peut dire actuellement. Dans les figures de *b* il est difficile de découvrir un effet perspectif; dans celles de *a* et de *c* un tel effet paraît se produire. Si l'on voulait un nom spécial pour de telles figures, on pourrait les appeler *figures perspectiformes*.

A, les cercles sont de même grandeur, mais celui qui se trouve près du sommet de l'angle paraît un peu plus grand. Lorsque la figure est faite sur verre, la différence apparente de grandeur peut entraîner une différence apparente de distance, le cercle le plus éloigné du sommet de l'angle paraissant plus loin que l'autre. En B, les courtes verticales sont d'égale longueur, mais celle de gauche semble légèrement plus courte. Pour l'auteur, cette illusion est assez faible et fugitive. De tels effets sont fréquents avec des lignes convergentes. Pour des expériences quantitatives sur cette illusion, voir Thiéry, 607 ss.

b. *Trapezoïdes*. Dans les trapézoïdes le côté court est surestimé et le long sous-estimé. En C, le long côté de la



Fig. 46.

figure de gauche et le côté court de la figure de droite sont égaux; mais ce dernier semble un peu plus long. Ceci est vrai aussi d'espaces égaux marqués sur les côtés long et court (voir F ci-dessous), mais ce dernier effet peut en partie tenir à une autre influence (Cf. expérience 197).

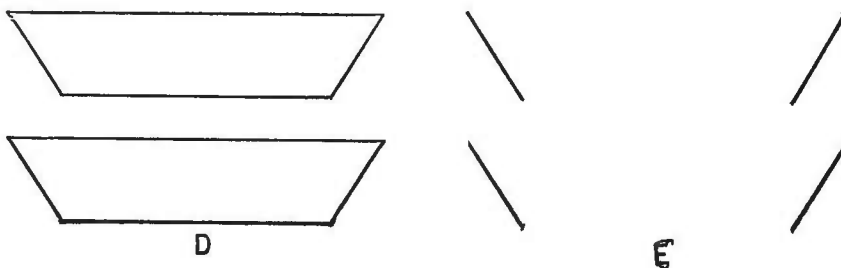


Fig. 47.

Un effet semblable se produit pour les figures situées en dehors du trapézoïde près du côté long ou du court. En D par exemple, les trapézoïdes sont exactement pareils; mais celui du haut (se trouvant placé près du long côté de

l'autre) paraît un peu plus petit que celui du bas (placé près du côté court de celui du haut). En E, la même chose est vraie des distances vides entre les extrémités des lignes. Cette figure constitue aussi une transition possible à la figure de Zöllner; il ne manque en effet que les verticales parallèles.

La figure G est disposée de manière à ajouter l'illusion affectant les côtés des trapézoïdes à celle qui dépend de leur

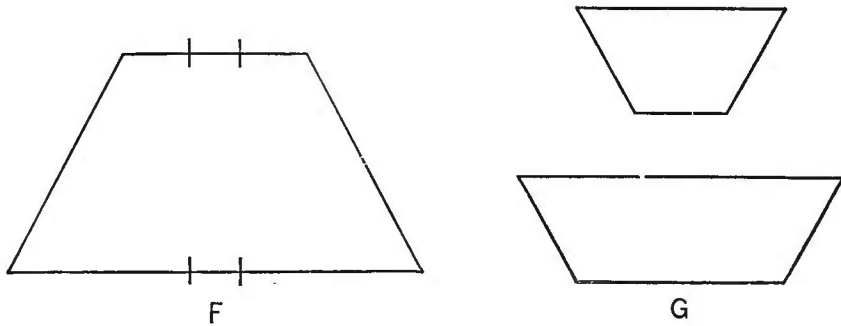


Fig. 48.

position. Le petit côté de la figure d'en bas et le long côté de celle d'en haut sont exactement de la même longueur. Pour des études quantitatives de ces figures voir Thiéry, 605, s. 67 ss.

Un examen de ces figures montre leur relation étroite avec la figure de Müller-Lyer de l'expérience 194.

c. Dans les deux figures représentées¹ ici la suggestion perspective est parfois très forte, les points de convergence paraissant se trouver loin en arrière. Cette suggestion, selon Thiéry, affecte aussi les parallèles, fait paraître quelques parties de celles-ci plus éloignées que d'autres, et ainsi conduit à surestimer la distance qui sépare ces parties. Il est évident, toutefois, que les figures peuvent être rangées dans le groupe des figures à petits angles, et que la cause de l'illusion qui se produit pour ces angles peut aussi

¹ La première est empruntée, avec autorisation, des *Elements of Physiological Psychology* de Ladd (Droits réservés, 1887, Charles Scribner's Sons).

dans une large mesure être celle des déformations que l'on

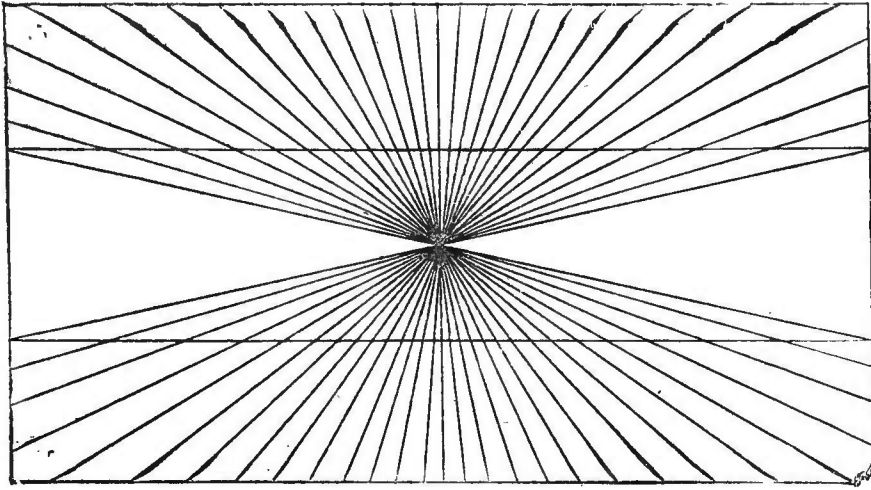


Figure de Hering.

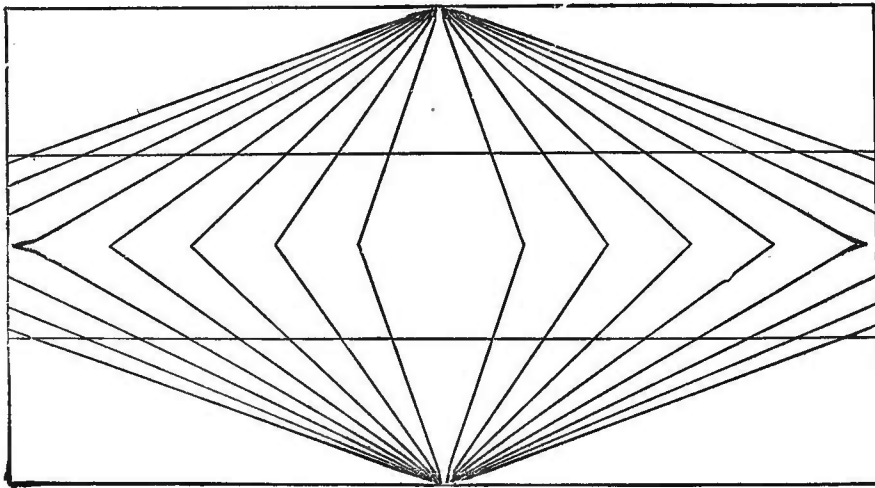


Figure de Wundt.

Fig. 49.

constate ici. Cf. aussi la figure de Müller-Lyer, expérience 194 *a*.

Sur *a*, Holtz; Thiéry, 607 ss. Sur *b*, Müller-Lyer, *A*, 269 s.; Thiéry, 605 s., 67 ss. Sur *c*, Hering, *B*, 74; Thiéry, 74 s.

193. *Illusion de Poggendorff*. — Dans la figure typique pour cette illusion, en A ci-dessous, la ligne de gauche est la continuation réelle de la ligne inférieure de droite et non

de la ligne supérieure, comme cela semble être le cas. On renforce l'illusion en éloignant la figure, c'est-à-dire en réduisant la dimension de son image rétinienne. On l'affaiblit ou on la supprime entièrement en tournant la figure de telle sorte que les lignes obliques soient verticales ou horizontales. La longueur des lignes obliques, l'angle qu'elles forment avec les parallèles, et la distance qui sépare les parallèles, sont autant de conditions importantes. Pour des études quantitatives, voir Thiéry, 357 ss. et Burmester. En B, les trois lignes obliques sont des parties d'une même

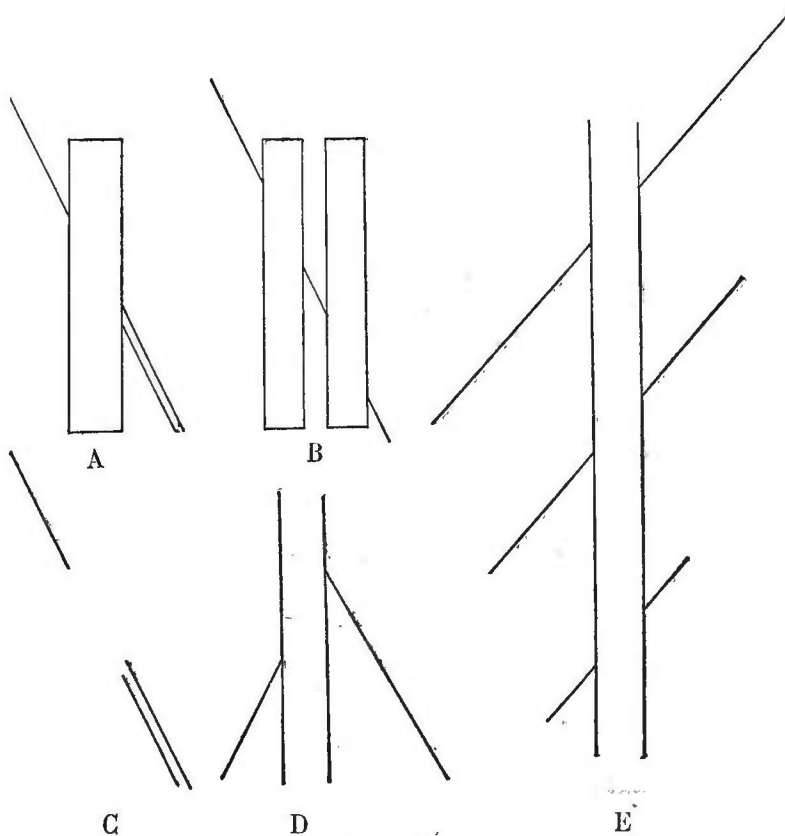


Fig. 50.

ligne droite, mais ne le paraissent pas¹. C est une figure proposée par Wundt pour montrer que la présence du rectangle n'est pas nécessaire. L'illusion en C est faible, et

¹ Les figures A et B sont empruntées, avec autorisation, des *Elements of Physiological Psychology*, de Ladd (Droits réservés. 1887, Charles Scribner's Sons).

probablement varie avec les observateurs; Burmester l'a trouvée de sens entièrement contraire (pages 358, 390 s.). On peut même se demander si l'illusion appartient ici réellement au type de Poggendorff et n'est pas plutôt un cas de la figure de Mellinghoff-Loeb, expérience 197 *d*. En D, la ligne oblique de gauche, si elle était prolongée, passerait au point d'intersection des deux lignes de droite, mais paraît être trop bas. En E, on voit croître l'illusion à mesure que décroît la longueur des lignes obliques.

La figure de Poggendorff, selon Wundt, implique plusieurs illusions. La figure est surestimée suivant la direction de ses lignes principales (verticales), et ici la surestimation habituelle des verticales joue un rôle. Lorsqu'on supprime ce dernier facteur en tournant la figure, l'illusion qui reste doit être expliquée en partie par une surestimation suivant la direction des lignes principales, et en partie par une surestimation des petits angles. Helmholtz suppose que l'irradiation intervient aussi. Thiéry rattache l'illusion à la tendance à voir en perspective les lignes inclinées, tendance déjà remarquée dans l'expérience 189.

Helmholtz, *A*, 707 s., Fr. 722 s. (564 s.); Hering, *A*, 372; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 148; Delbœuf, *C*; Dresslar.

194. *La figure de Müller-Lyer*. — C'est là de beaucoup la plus importante et la plus discutée des figures récemment découvertes.

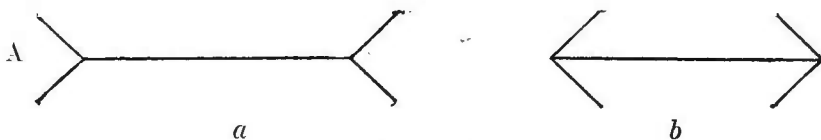


Fig. 51.

a. La forme ordinaire de la figure est donnée en A. Les lignes horizontales sont exactement de la même longueur, mais ne paraissent pas telles. Ces figures sont en rapport étroit avec celles de l'expérience 192 *b*. Les deux figures *a* et *b* peuvent être considérées comme composées chacune

de deux trapézoïdes ayant un côté commun (la ligne centrale) et un côté supprimé. En *a* les petits côtés sont communs et les longs sont supprimés; en *b* c'est l'inverse. On peut même les faire dériver, quoique d'une façon un peu arbitraire, des figures de l'expérience 192 *c*; on peut faire sortir *a* de la figure de Hering en transformant le point de convergence en une ligne horizontale et réduisant les lignes convergentes à quatre; et *b* de la figure de Wundt en prenant quatre lignes associées quelconques formant un losange, et suppléant l'horizontale. Müller-Lyer lui-même rattache la figure à l'illusion qui affecte la longueur apparente des côtés des angles et qui est signalée dans l'expérience 199 *d*.

b. Un certain nombre de variantes de la figure de Müller-Lyer sont réunies ci-dessous.

Les formes diverses groupées en A ont pour but de montrer que l'illusion persiste lorsque les lignes centrales sont supprimées; lorsque les lignes obliques ne touchent pas réellement les lignes centrales; et, à quelque degré du moins, lorsqu'on n'emploie aucune ligne oblique. B est un groupe de figures géométriques, dont la 1^{re}, la 2^e, la 4^e et la 5^e contiennent une partie des lignes de la figure type. La moitié supérieure de l'hexagone, par exemple, peut être considérée comme *a* de la figure type avec les lignes obliques supérieures supprimées, et la moitié supérieure de la figure suivante comme *b* de la figure type traité de la même façon. Le rectangle central a été ajouté pour permettre des comparaisons. Dans toutes les figures les lignes horizontales en haut et en bas sont égales. Si les lignes horizontales centrales sont considérées comme représentant les lignes centrales de la figure type, la première et la cinquième figures deviennent des exemples de *b*, et la seconde et la quatrième de *a*. C montre que l'illusion persiste quand on substitue des lignes courbes aux lignes droites obliques de la figure type. Les figures de D à G montrent l'effet des modifications de la figure type elle-même. En D, les hori-

zontales sont égales, mais l'allongement excessif des lignes

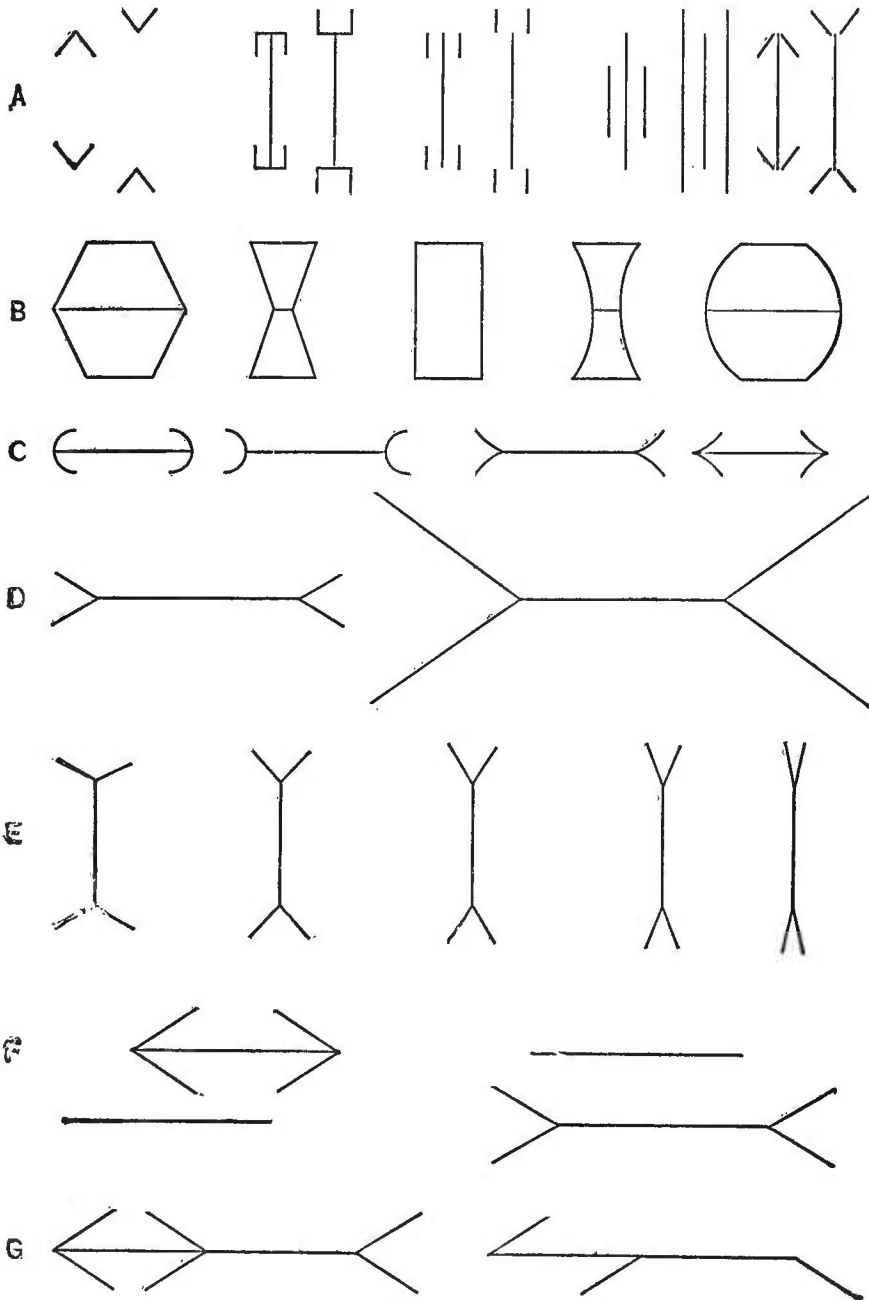


Fig. 52.

obliques a affaibli l'illusion, à cause, selon Müller-Lyer, d'un fort effet de contraste; cf. expérience 197. En E les figures sont semblables, excepté quant à l'angle formé par

les lignes obliques. Les angles des obliques sont approximativement de 120° , 90° , 60° , 30° et 15° . En F, toutes les horizontales sont égales, et les figures montrent le raccourcissement et l'allongement ordinaires par rapport aux lignes témoins qui se trouvent à côté d'elles. Si toutefois on considère le degré de l'illusion dans les deux cas, on trouve qu'elle est plus grande dans le second cas, c'est-à-dire en *a* de la figure type. G montre, dans la figure de droite, un affaiblissement de l'illusion, dû à la suppression de la moitié des lignes obliques. Des études quantitatives ont été faites par Müller-Lyer, Auerbach, Heymans, Binet, van Biervliet et Thiéry (73 ss.).

Explications de la figure de Müller-Lyer. Beaucoup d'explications de cette figure ont été proposées. Müller-Lyer lui-même considère la surestimation dans un cas, et la sous-estimation dans l'autre, comme des effets des surfaces comprises entre les lignes obliques tracées au-dessus et au-dessous de l'horizontale. En *a* de la figure type ces surfaces sont plus longues que la ligne et la font paraître plus longue; en *b* elles sont plus courtes et font paraître la ligne aussi plus courte¹. Dans la quatrième figure de A, les parallèles ajoutées prennent leur place. Auerbach soutient en substance la même opinion, et celle de Jastrow n'est pas très différente.

Thiéry considère cette figure comme un développement du trapézoïde, l'illusion étant renforcée par redoublement en haut et en bas. L'illusion serait alors une illusion du genre perspectiforme, et la différence apparente dans la longueur des lignes reposerait finalement sur la différence

¹ Si cette explication est vraie, nous sommes évidemment en présence, non d'un effet de contraste, mais de son contraire, c'est-à-dire d'un effet adjuvant, exercé par une grandeur perceptive sur une autre. Les illusions de cette sorte sont appelées par Müller-Lyer « illusions de confluence ». Dans d'autres circonstances, comme dans l'expérience 197, il considère qu'il y a réellement contraste. En D ci-dessus, les tendances à la confluence et au contraste sont toutes deux présentes. Dans la figure aux obliques courtes, elles coopèrent; dans la figure aux obliques longues, elles se combattent. (Müller-Lyer, *B*, 11 ss., *C*, 423 s.)

des distances auxquelles on les rapporte (inconsciemment). Thiéry invoque comme raison de la différence quant au facteur distance les manières différentes dont les yeux traversent les deux figures.

Quelques-unes des autres explications peuvent être mentionnées encore plus brièvement. Delbœuf et Wundt ont prétendu que l'œil, en se mouvant le long des lignes centrales, tend à suivre les lignes courtes lorsqu'elles sont dirigées en dehors, et à s'arrêter à l'extrémité de la ligne centrale lorsqu'elles sont dirigées en dedans. Heymans soutient aussi une théorie de mouvements des yeux, mais de forme quelque peu différente. En discutant ces illusions géométriques et d'autres, Lipps emploie un grand nombre d'expressions esthétiques, comme « vivacité », « activité interne », « tendance à monter », paraissant ainsi attribuer l'illusion à des « forces » inhérentes aux figures. Son opinion, cependant, est plutôt que l'illusion dépend de la signification des figures considérées comme choses perçues. Les mouvements des yeux ont une influence, mais l'idée qu'on se fait des figures les dirige. Cf. Lipps, *B*, 284 ss. Brunot pense que ces figures ressemblent à celles de l'expérience 199 *c*, et que nous estimons la distance non pas à partir de l'intersection des lignes courtes, mais du centre d'un groupe de lignes courtes au centre de l'autre, comme si chaque paire formait un triangle avec un côté imaginaire. L'observateur exercé constatera très probablement plusieurs de ces tendances, en étudiant lui-même la figure, et les diverses explications, en fait, ne s'excluent pas complètement l'une l'autre.

Müller-Lyer, *A*, *B* et *C*; Jastrow, *A*, 396; Brentano; Delbœuf, *C*; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 149 s.; Brunot; Auerbach; Heymans, *A*; Binet; Thiéry, 67 ss.; van Biervliet.

* 195. *Illusions produites par une étendue divisée.* — Des espaces divisés paraissent généralement plus grands que des espaces vides. Dans les deux premières figures ci-

dessous, les étendues divisées paraissent plus grandes que les étendues vides. En E cependant, où l'espace divisé n'a qu'un seul point au milieu, le principe souffre une excep-

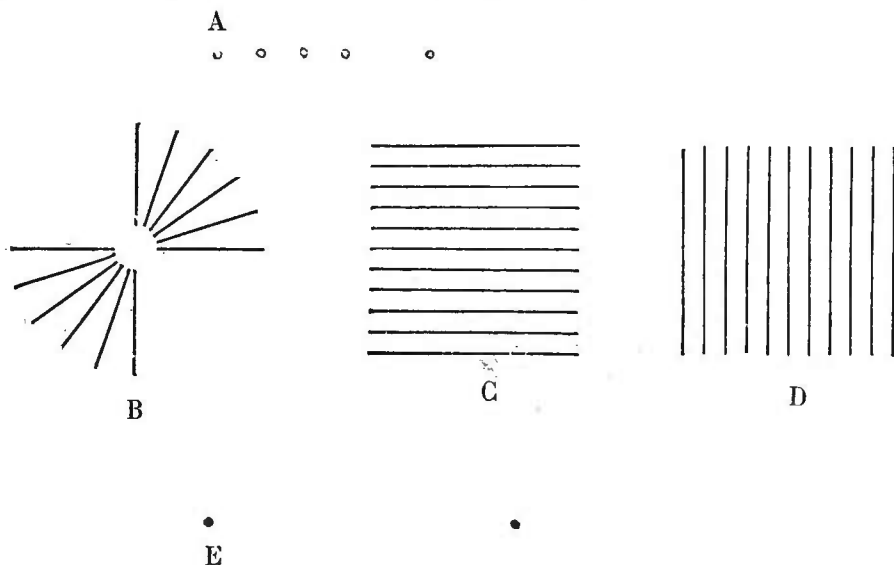


Fig. 53.

tion. B doit être regardé avec les deux yeux, attendu que l'observation monoculaire introduit une illusion qui affecte la perception de la verticale. C et D sont égaux et sont des carrés¹

L'explication de Wundt suppose une différence dans les mouvements des yeux. Lorsque l'œil parcourt des espaces divisés, son mouvement est rendu plus difficile par les

¹ L'illusion qu'on constate dans ces carrés contredit la pratique des couturières qui recommandent les bandes verticales comme un moyen d'augmenter la taille apparente. L'explication de cette contradiction paraît être qu'on se sert des yeux différemment dans les deux cas. En comparant les carrés sous le rapport de la hauteur ou de la largeur, l'œil est forcé de couper les lignes de l'un ou de l'autre, et l'illusion de l'espace divisé se trouve ainsi introduite. En regardant une toilette, au contraire l'œil suit les lignes les plus apparentes et ne tend pas à les couper. Dans une toilette qui a des bandes verticales, c'est donc la longueur des lignes verticales qui est le principal élément de la perception. Il est probable que dans un vêtement ayant un petit nombre de bandes transversales fortement marquées l'œil tend à se mouvoir transversalement plutôt que verticalement, et que la largeur de la personne est plus considérée que sa hauteur. Si cependant les bandes transversales sont très nombreuses, l'œil peut suivre les contours généraux de la figure au lieu des bandes isolées, et une sur-estimation de la hauteur peut de nouveau résulter de la division.

courtes étapes qu'il tend à faire successivement, tandis qu'il franchit avec une aisance relative les espaces vides. Le fait qu'une seule interruption au milieu d'un espace a un effet opposé s'expliquerait par une tendance de l'œil, lorsqu'on marque le milieu d'une étendue, à embrasser à la fois sans mouvement toute l'étendue, en fixant le milieu. Pour d'autres explications voir Helmholtz, *A*, 704 s., 720 s. (562 s.), et Loeb, *C*. Pour des études quantitatives voir Kundt, 128 ss.; Aubert, *B*, 264 ss.; Messer; Knox and Watanabe.

Hering, *B*, 65, ss.; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 142 s., et la littérature qui vient d'être citée.

196. *Illusions dans la perception des distances, dépendant de leur direction dans le champ visuel.* — *a.* Les distances verticales tendent à être surestimées par compa-

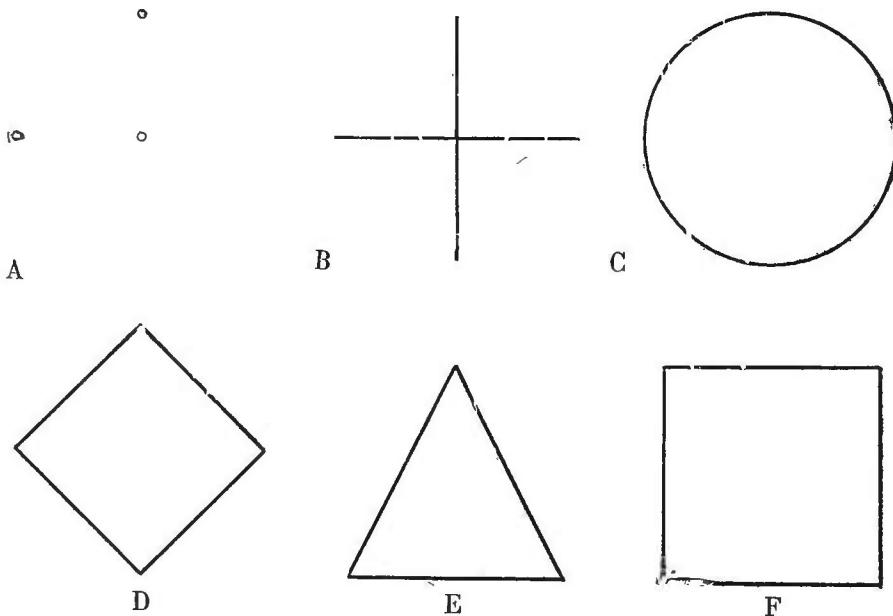


Fig. 54.

raison avec les distances horizontales. Marquez à l'œil sur une feuille de papier placée verticalement devant le visage des distances égales, en haut, en bas, à droite et à gauche d'un point central, comme en A dans la figure. Répétez

plusieurs fois l'expérience, et mesurez les distances. L'illusion, paraît-il, est plus marquée avec des figures de grande dimension.

Dans toutes les figures ci-dessus, les distances verticales et horizontales sont égales, et dans tous les cas, excepté pour le cercle, les verticales tendent à paraître trop grandes ¹

En D, la surestimation de la hauteur entraîne une sous-estimation des angles supérieur et inférieur, et une surestimation des deux autres. En E, la base et la hauteur sont égales, quoique cette dernière paraisse plus grande. La même illusion fait que les triangles équilatéraux paraissent simplement isocèles. Thiéry trouve dans ce dernier cas (p. 116 s.) que l'effet ne dépend absolument pas de la verticale, mais qu'un côté quelconque pris comme base paraît trop court. L'illusion est moindre en B, et fait entièrement défaut pour le cercle, parce que, suivant Wundt, dans le cas de ces figures familières la perception est influencée par la connaissance des rapports géométriques des parties; parce que, suivant Thiéry, la tendance à une interprétation perspective qui fait croire la partie supérieure plus éloignée est moins développée (voir *c* ci-dessous). Une différence semblable, quoique légère, se constate quelquefois entre les distances horizontales à droite et à gauche, lorsque des expériences attentives sont faites avec un seul œil. Pour des études quantitatives d'illusions de cette espèce, voir Kundt, R. Fischer, Münsterberg, et la littérature citée par eux.

b. Les distances dans la partie supérieure du champ sont surestimées si on les compare avec celles de la partie

¹ Une illusion semblable accompagne la perception de beaucoup d'objets éloignés. Des photographies avec des collines dans le fond sont souvent déconcertantes, parce que les collines y paraissent beaucoup plus basses que dans la réalité. On peut faire une expérience intéressante en demandant à plusieurs personnes de dessiner une esquisse d'un paysage semblable, puis en comparant avec une photographie prise du même endroit. Cf. Helmholtz, *A*, 706 s., Fr. 722 (564).

inférieure. On peut constater l'illusion ainsi : Près du haut d'une bande de papier de 12 ou 15 pouces (30 ou 38^{cm}) de long et de 5 ou 6 pouces (12 ou 15^{cm}) de large, tirez une ligne horizontale d'environ deux pouces (5^{cm}) de long. Prenez cette ligne comme modèle, et tirez un demi-pouce (12^{mm}) au-dessous une seconde ligne qui vous paraisse de même longueur que la première. Puis couvrez la première ligne, et prenant la seconde comme modèle, tirez-en une troisième, et ainsi de suite jusqu'à ce que la bande soit pleine. Puis découvrez le tout et mesurez la première ligne et la dernière. Wundt rapproche cela des S et des 8, qui paraissent un peu plus petits en haut qu'en bas lorsqu'ils sont dans la position normale, mais sensiblement plus grands en haut, lorsqu'on les renverse : — § 8. Pour des observations semblables sur d'autres lettres, voir Thiéry, p. 97 ss.

c. La surestimation des distances dans la partie supérieure du champ paraît résulter d'une disposition inconsciente à croire plus éloignés les objets qui sont dans cette partie du champ. Nous voyons habituellement les figures des tapis, celles des nappes, et les figures semblables qui se répètent et qui sont situées dans des plans parallèles au plancher de grandeur constante, sans avoir égard à leur distance. L'existence de cette disposition ressort de l'expérience suivante : préparez un cadre carré d'un pied (30^{cm}) ou davantage de côté, et tendez au travers une série de 6 ou 8 fils parallèles à un pouce (25^{mm}) l'un de l'autre. Tenez le cadre parallèlement au visage devant un fond uniforme, puis inclinez-le lentement en arrière jusqu'à ce que les fils commencent à paraître converger en haut. Notez l'angle d'inclinaison, et puis, revenant à la position verticale, penchez le cadre du côté du visage jusqu'à ce que les fils semblent converger en bas. On constatera généralement que l'angle est plus petit dans le second cas, à moins qu'on n'ait fait un effort spécial pour découvrir la convergence.

Pour toutes les illusions de *a* et de *b* Wundt trouve une explication dans les différences d'effort nécessaire pour tourner l'œil dans différentes directions. Les muscles droits supérieurs et inférieurs sont plus faibles que les muscles droits externes et internes. L'explication de Thiéry repose aussi sur les mouvements des yeux, mais d'une façon différente. L'abaissement du plan visuel s'accompagne d'un accroissement de la convergence, accroissement qui s'associe à la vision d'objets rapprochés. Nous sommes disposés dès lors à considérer la partie inférieure d'une figure comme plus proche que la partie supérieure. Il y a aussi une tendance du regard à parcourir ces figures de bas en haut, ce qui porte encore à considérer les parties inférieures comme plus rapprochées que les parties supérieures. Lipps regarde la surestimation de la hauteur du carré comme une disposition inconsciente à percevoir en raccourci, disposition acquise par l'habitude de carrés situés dans des plans inclinés par rapport au plan visuel; et l'explication de Hering pour les résultats de l'expérience *c* est la même.

Kundt; Münsterberg, 164 s., 175 ss.; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 137 ss.;
Hering, *B*, 353 s.; Helmholtz, *A*, 684, 702, Fr. 697, 716 (543, 559);
Thiéry, 93 ss.; Lipps, *B*, 221.

197. *Illusions de contraste*. — *a*. Dans des figures comme celles du premier et du second groupes ci-dessous, l'espace, l'angle, la ligne ou le cercle médians paraissent plus petits lorsqu'ils sont entre de grandes étendues que lorsqu'ils sont entre de petites.

Les figures du premier groupe sont dues à Müller-Lyer, les cercles à Ebbinghaus. Il faut probablement rapprocher de ces derniers la figure suivante, imaginée et étudiée quantitativement par Baldwin. La barre est exactement à mi-chemin entre les deux cercles, mais paraît un peu plus près du plus grand.

Müller-Lyer paraît penser que l'observateur compare

les étendues en question avec l'espace qui les entoure

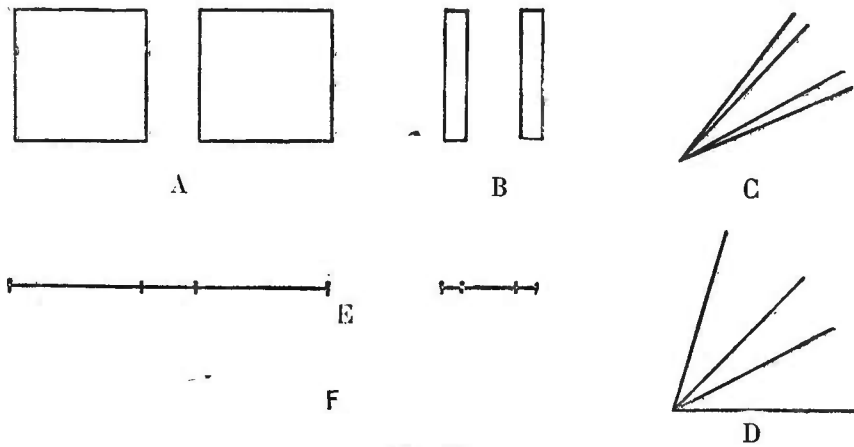


Fig. 55.

aussi bien qu'entre elles. Thiéry cite de Classen la règle générale que « plus la forme mathématique d'un objet nous apparaît grande, longue, haute, large, plus nous

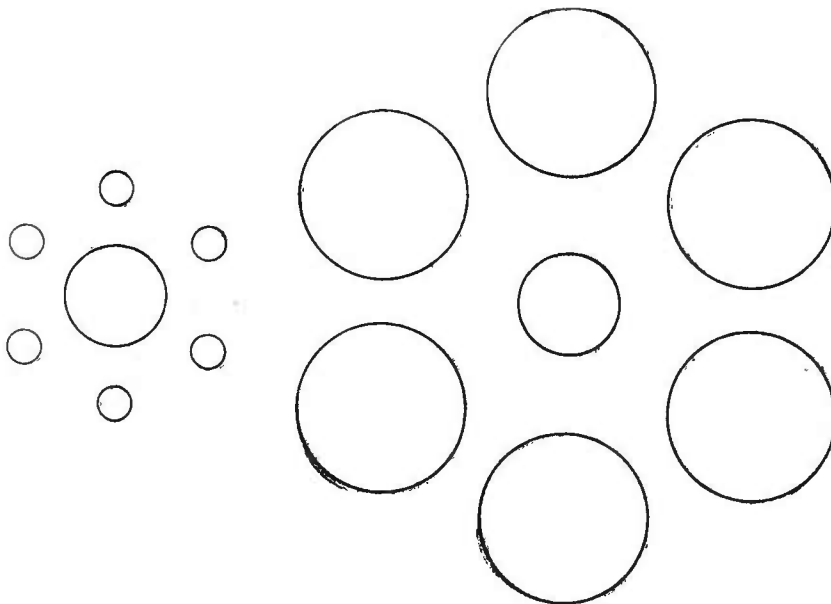


Fig. 56.

avons de raisons de le regarder comme rapproché; plus cette forme nous apparaît petite, courte, basse, étroite, plus nous nous le représentons loin »; et il prétend que les figures du groupe de grande étendue sont interprétées

comme elles le seraient si elles étaient moins éloignées que le groupe de petite étendue, d'où résulte la différence

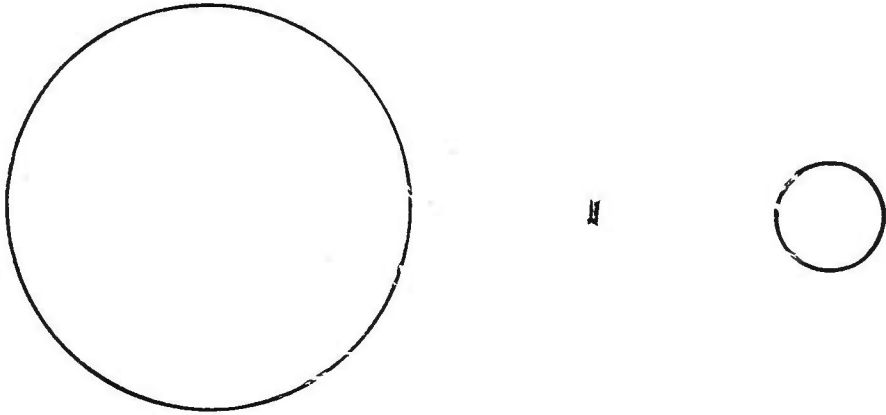


Fig. 57.

apparente entre les parties des figures qui sont réellement égales.

b. De même, les côtés et les bases des parallélogrammes

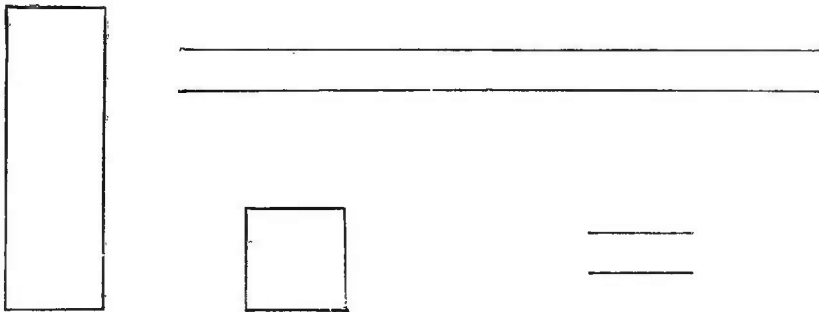


Fig. 58.

paraissent contraster, la figure allongée paraissant plus étroite que la figure courte ; et même de simples lignes parallèles paraissent plus rapprochées l'une de l'autre ou plus écartées selon qu'elles sont plus longues ou plus courtes. Dans ce cas, qui est celui qu'il considère spécialement, Wundt explique l'illusion par une tendance forte à suivre des yeux les longues parallèles, ce qui conduit à sous-estimer la figure dans le sens vertical.

c. Contraste de courbure. Dans les figures suivantes de Lipps et Höfler, des lignes courbes font que des lignes

droites adjacentes paraissent courbes dans le sens opposé.

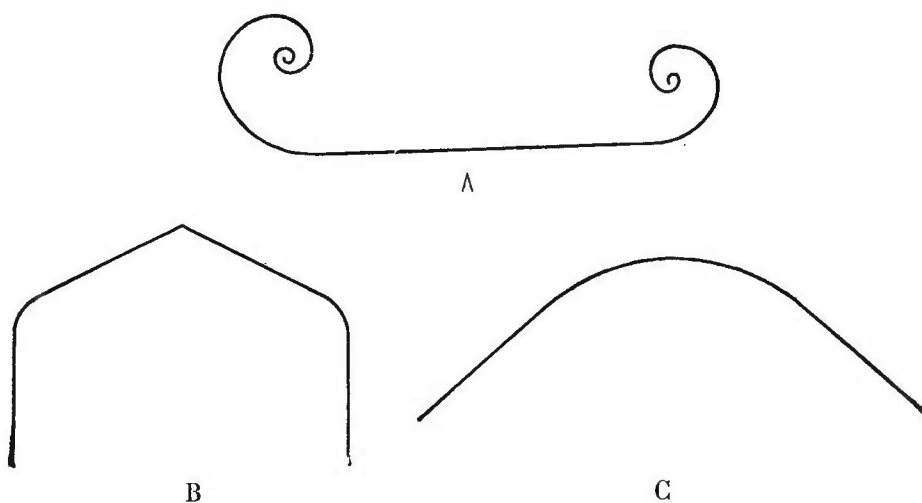


Fig. 59.

En A, il y a une légère courbure apparente de la ligne droite reliant les spirales. En B, les lignes sur une longueur d'un demi-pouce de chaque côté du sommet sont réellement droites, mais paraissent légèrement convexes vers le bas. En C, le dernier demi-pouce de chaque côté est droit, mais paraît légèrement courbe dans le même sens qu'en B.

d. L'illusion de Mellinshoff et Loeb. En A, la ligne inférieure de la paire de droite et la ligne supérieure de celle de gauche sont des parties de la même ligne droite; mais l'adjonction des parallèles fait que la première semble un peu trop basse, et la seconde un peu trop haute. L'illusion, paraît-il diminue lorsqu'on écarte l'attention des parallèles ajoutées. Loeb donne à l'expérience une forme



Fig. 60.

active en faisant placer des bandes de carton à peu près comme dans cette figure, mais la tête est immobilisée, et les bandes sont placées d'un côté du plan médian. Il

donne aussi des résultats quantitatifs en nombres ronds. Heymans (*B*, 120 ss.) donne des résultats quantitatifs pour la position médiane. B est la figure de Mellinghoff (Wundt, *A*, 4^e éd., II, 146). Les points sont en réalité au niveau de la ligne inférieure, mais paraissent un peu trop haut, surtout lorsqu'on tient la figure de manière à rendre les lignes obliques. Loeb rapporte l'illusion au contraste spatial; Wundt (en discutant la figure de Mellinghoff) la rapporte à l'effet des parallèles ajoutées sur le mouvement des yeux traversant la figure. Il paraît possible, cependant, que ces opinions ne s'excluent pas l'une l'autre.

Müller-Lyer, *A*, *B* et *C*; Thiéry, 83 ss.; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 146 s.; Baldwin; Aubert, *A*, 629; Lipps, *B*, 300; Höfler; Loeb, *C*.

198. *Illusions de contour*.—Lorsqu'un côté d'une figure quadrilatère est supprimé, la figure paraît trop longue dans la direction de la ligne manquante, et trop courte dans l'autre direction. Dans la figure ci-dessous les carrés à trois côtés paraissent trop longs dans la direction horizontale, et trop courts dans la direction verticale. C'est le contraire pour l'espace qui les sépare, qui est aussi un carré de même dimension.

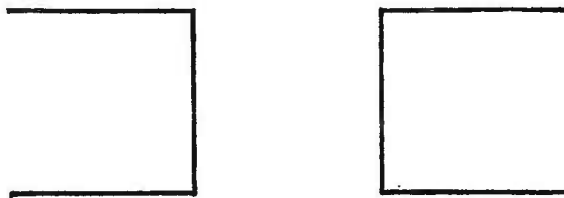


Fig. 61.

L'explication donnée par Müller-Lyer pour cette illusion est double. Les carrés ouverts paraissent trop longs dans la direction du côté manquant, parce qu'on inclut une certaine partie de l'espace libre dans l'estimation (illusion de confluence); et, comme le parallélogramme de l'expérience 197, ils paraissaient trop petits dans l'autre direction parce qu'ils paraissent trop longs dans la première.

Lorsque la circonférence d'un cercle est interrompue, les arcs restants paraissent présenter des courbures trop faibles pour appartenir à un cercle de ce rayon; de même un demi-cercle paraît être un arc d'un cercle plus grand et embrasser moins de 180° . Si on le ferme en traçant le diamètre, il paraît plus petit.

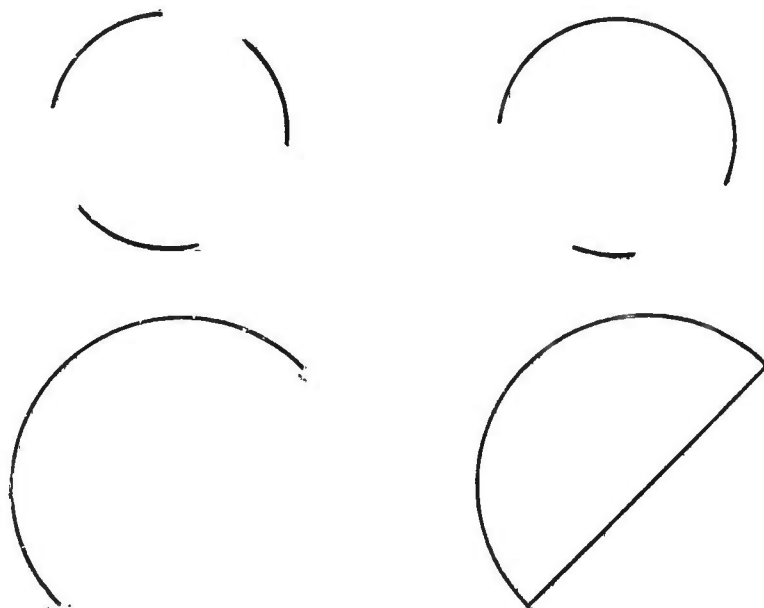


Fig. 62.

Müller-Lyer rapproche cette illusion de sa figure type par l'intermédiaire de la figure ci-dessous, la différence principale étant que la ligne centrale est ici courbe au lieu de droite.

Les lignes courtes droites tendent à raccourcir et à recourber l'un des arcs, et à allonger et à aplatir l'autre.



Fig. 63.

Si on substitue de courts arcs de même rayon que les arcs centraux aux lignes courtes droites, et si ensuite on

les fait tourner jusqu'à ce qu'ils forment la continuation des arcs centraux, ils produiront encore le même effet. De là résulterait le principe général que chaque portion d'un arc influe sur la forme de chaque autre portion, dans le sens d'une contraction pour le cercle complet et les grands arcs, et dans celui d'une expansion pour les arcs de moins de 180° . Il est évident pour l'observation courante que le diamètre d'un cercle paraît plus court que le côté d'un carré d'égale largeur.



Fig. 64.

Wundt pense que les petits arcs paraissent aplatis parce que le mouvement de l'œil en les suivant n'est pas très différent de celui qu'il faudrait pour suivre une ligne droite.

Muller-Lyer, *A* et *C*; Wundt, 4^e éd., II, 149, 152; Lipps, *B*, 233 s., 290.

199. *Illusions géométriques diverses.* — Sous ce titre sont rassemblées un certain nombre d'illusions, dont une partie peuvent s'expliquer plus ou moins aisément comme des variétés de formes déjà considérées, tandis que d'autres ne peuvent s'expliquer que difficilement de cette façon, et d'autres enfin dépendent de causes évidemment différentes.

a. Segments de couronnes. — En A et B, le segment supérieur paraît plus petit, quoique tous les segments soient exactement de même grandeur. L'illusion est plus frappante encore lorsque les segments sont découpés dans du carton, et peuvent être déplacés et réellement superposés.

Cette illusion est probablement un cas spécial de l'illusion des trapézoïdes (expérience 192 *b*), et, comme celle-ci, est parente de la figure de Zöllner, à laquelle on arrive par les

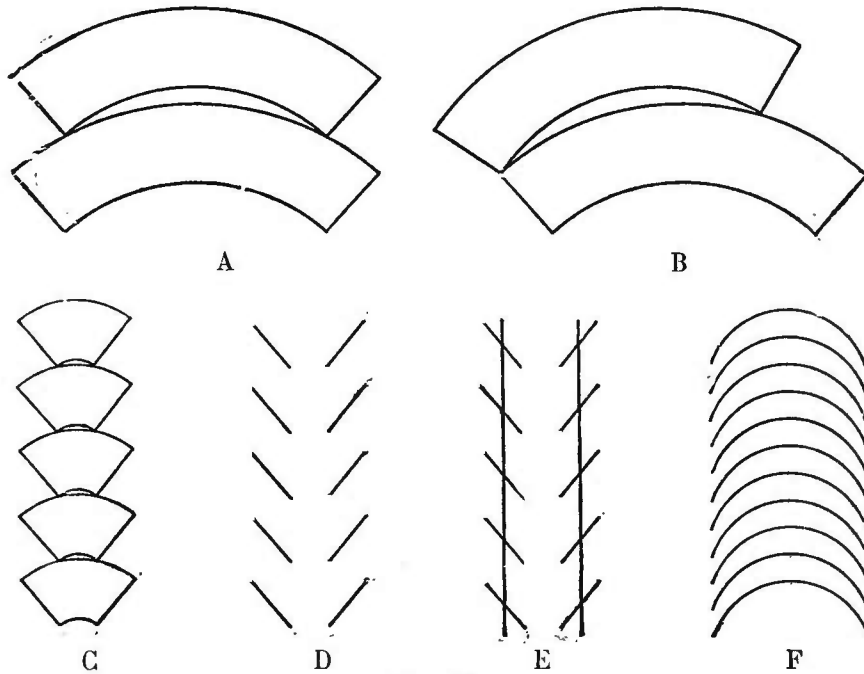


Fig. 65.

transitions C, D et E. Wundt n'accepte pas l'explication basée sur la parenté avec la figure de Zöllner ; il prétend que si tel était le cas l'effet devrait être inverse, c'est-à-dire que le segment supérieur devrait paraître le plus grand et il en donne comme preuve F où les courbes supérieures paraissent un peu plus grandes ; mais, évidemment, il n'a considéré que les courbes, et n'a pas tenu compte des lignes droites qui se trouvent aux extrémités des segments. Sa propre explication, qui considère les mouvements des yeux comme cause première, insiste beaucoup sur l'idée de rapporter les segments à un même centre.

b. Cercles concentriques. Le cercle intérieur de la figure de gauche et le cercle extérieur de la figure de droite ont exactement même grandeur, mais le dernier paraît plus petit.

Dans l'opinion de Delbœuf, à qui est due cette figure,

l'illusion dépend de l'obstacle qu'apportent les cercles extérieurs à la mesure du diamètre par l'œil. Dans la figure de droite, le cercle intérieur retient l'œil pour ainsi dire,

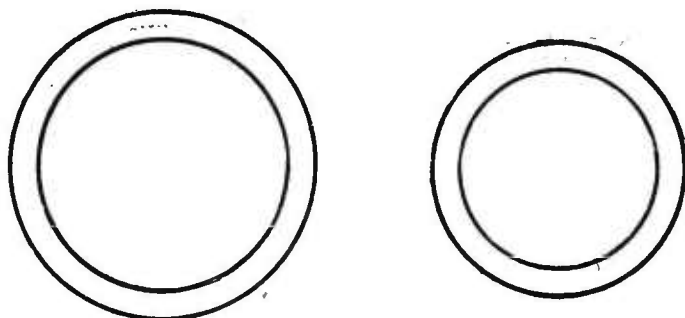


Fig. 66.

et, dans l'autre, l'œil est attiré en dehors par le cercle extérieur. L'explication de Wundt est ici, comme pour les lignes parallèles de l'expérience 197 *b*, que, dans les directions opposées à la tendance principale du mouvement, les distances sont sous-estimées. Les yeux tendent à suivre les circonférences parallèles; il en résulte une sous-estimation de la distance qui les sépare, ce qui fait paraître la plus grande trop petite, et la plus petite trop grande. Si on s'oppose à cette tendance en fixant une marque au centre, Wundt trouve que l'illusion disparaît comme dans le cas de l'espace divisé par un seul point central dans l'expérience 195. Thiéry propose une explication par la perspective, et Loeb tente d'en fonder une sur des différences d'accommodation.



Fig. 67.

c. Figures des haltères. Dans cette figure, qui est aussi de Delbœuf, la distance entre les côtés adjacents de la paire gauche de cercles est la même qu'entre les côtés extrêmes de la paire droite, quoique la seconde paraisse

beaucoup moindre. On a donné à l'illusion une forme active (Hopkins) en plaçant en ligne côte à côte trois pièces de monnaie semblables, et puis demandant d'éloigner la pièce du milieu à angle droit jusqu'à ce que la distance entre son bord et celui de l'une ou l'autre des autres pièces soit égale à la distance des bords extrêmes des deux autres. C'est ce qui a été fait exactement dans la figure de droite ci-dessous, et pour la plupart des observateurs la distance paraîtra trop grande. On remarquera aussi que l'espace libre entre les cercles adjacents, dans la figure de droite, paraît plus grand que le cercle du milieu, dans la figure de gauche.

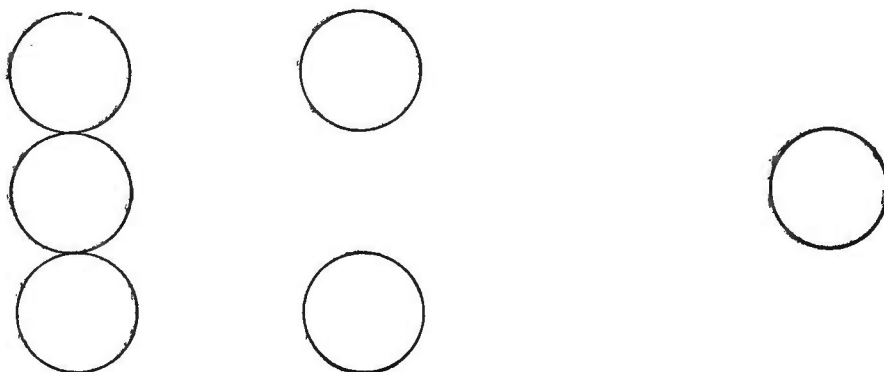


Fig. 68.

L'illusion appartient au type de la figure de Müller-Lyer ; et l'explication de Delbœuf est ici comme dans le cas des cercles concentriques que dans l'une des figures l'œil est entraîné au delà de la ligne centrale, tandis que dans l'autre il ne va pas assez loin.

d. Illusions affectant les côtés des angles. En A, les côtés obliques des deux angles sont d'égale longueur, mais celui de l'angle obtus paraît plus long. En B, cependant, quoique les côtés obliques soient de nouveau égaux, celui du petit angle paraît plus long. A est dû à Müller-Lyer, qui voudrait expliquer l'illusion par le même principe que sa figure type, dont les figures actuelles peuvent être considérées comme des parties. B a été imaginé par Láska à

titre de contre-argument. La réponse de Müller-Lyer est que la nature de la figure est telle qu'elle suggère l'effet d'une autre ligne « imaginaire », à savoir de celle qui re-

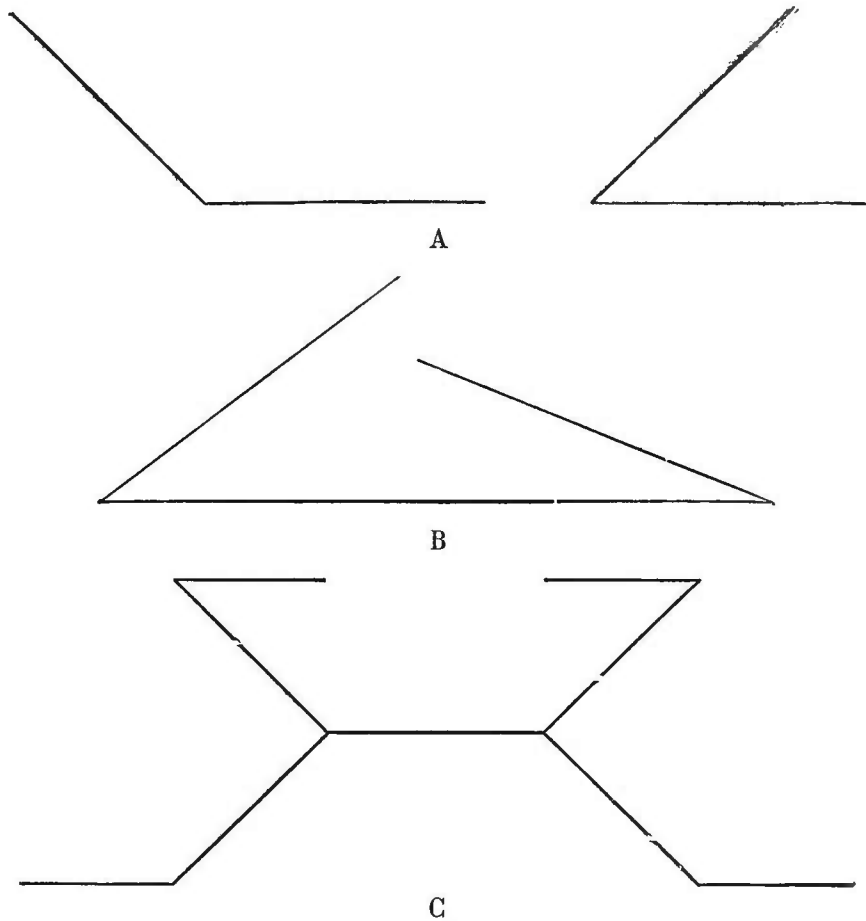


Fig. 69.

lierait les extrémités libres des lignes obliques. Cette ligne formerait un angle obtus avec la ligne oblique de droite, un angle aigu avec celle de gauche, et par conséquent elle tendrait à allonger la première et à raccourcir la seconde, ce qui renverserait l'illusion. C est une figure que Lipps a invoquée contre l'explication que Brentano donne de la figure type de Müller-Lyer, et elle est intéressante à plusieurs égards. Toutes les lignes, excepté celles qui se terminent librement, sont d'égale longueur ; les quatre qui se terminent librement, quoique plus courtes que les

autres, sont égales entre elles ; les angles que forment entre elles les lignes obliques sont droits. Toutes les lignes adjacentes à des angles obtus paraissent trop longues, celles qui sont adjacentes aux angles aigus paraissent trop courtes, et la ligne horizontale centrale paraît plus longue que l'espace égal compris entre les extrémités tournées en dedans de la paire supérieure de lignes courtes.

e. Dans cette figure, de Lipps, les cinq lignes centrales sont égales et parallèles, mais celles qui se terminent par

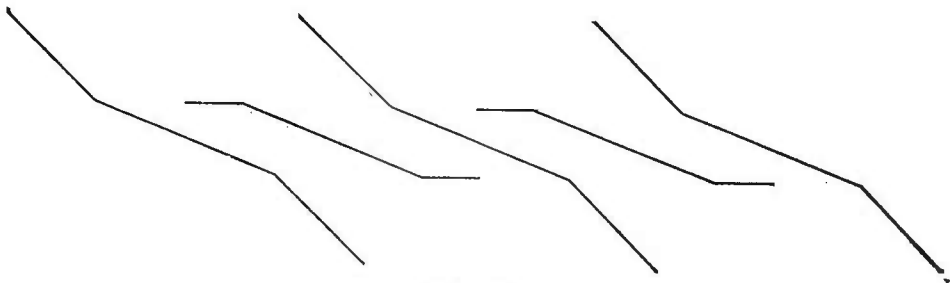


Fig. 70.

de courtes lignes horizontales paraissent plus longues et plus près de l'horizontalité que les autres. Lipps invoque cette figure contre l'universalité du principe de la sous-estimation des angles obtus ; mais, pour l'auteur, le manque de parallélisme serait dû plutôt à une tendance à juger de la direction d'après l'inclinaison des groupes de lignes considérés comme des tous, au lieu d'en juger d'après les



Fig. 71.

lignes particulières à comparer. La différence de longueur des lignes paraîtrait se rattacher à l'effet de contraste signalé dans l'expérience 194 *b*, figure D.

f. Dans la figure de gauche ci-dessus, quoique les deux

lignes soient égales, la verticale paraît plus longue, comme dans les figures de l'expérience 196. Dans la figure de droite, cependant, la verticale paraît plus courte, sans doute à cause de la division unique de sa longueur, comme dans la figure E de l'expérience 195.

g. Effet des lignes saillantes. La figure de gauche est simplement la figure de Poggendorff dans la position hori-

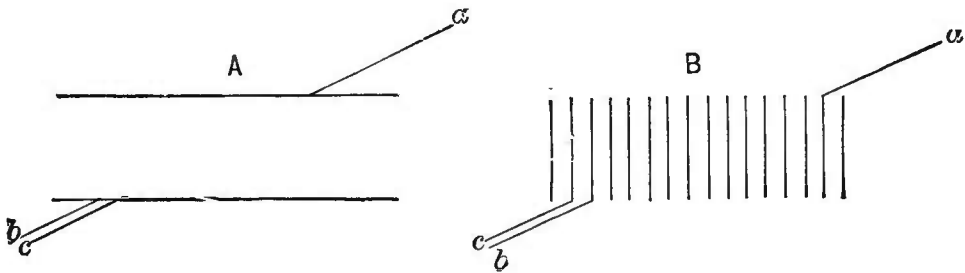


Fig. 72.

zontale, et l'illusion garde son caractère ordinaire. Mais, dans la figure de droite, non seulement l'illusion a été détruite, mais elle a été réellement renversée, par le fait qu'on a remplacé la paire unique de parallèles horizontales par les nombreuses parallèles verticales ¹.

Wundt est disposé à rattacher ce changement à l'élargissement de la figure consécutif à la division de l'étendue (cf. expérience 195); mais Jastrow et Thiéry, avec plus de raison, le rattachent au fait que les angles de la figure de droite sont obtus. Les horizontales sont indiquées, il est vrai, par les extrémités des verticales, mais leur effet est moindre que celui des verticales réellement présentes.

h. Le triangle divisé. La ligne de division horizontale du triangle, quoique placée exactement au milieu de la hauteur de la figure, paraît trop haut, illusion que, comme le fait remarquer Thiéry, les fondeurs de caractères d'imprimerie ont prise en considération dans l'A. L'illusion persiste, encore plus marquée peut être, lorsque les horizon-

¹ Ces figures sont empruntées, avec autorisation, des *Elements of Physiological Psychology* de Ladd (Droits réservés, 1887, Charles Scribner'Sons).

tales sont remplacées par des arcs concentriques. Pour des

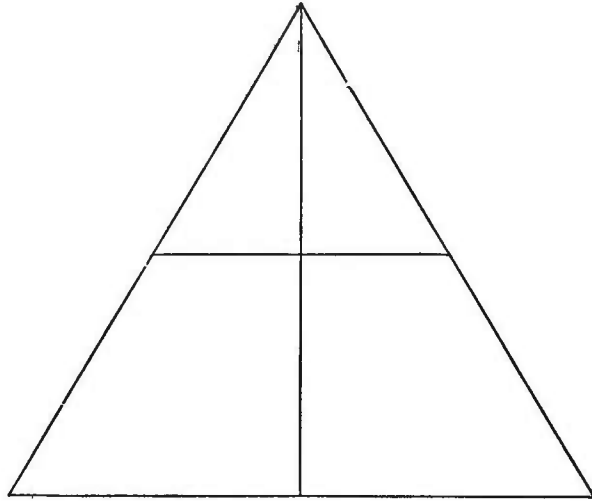


Fig. 73.

résultats quantitatifs relativement à la division du triangle, voir Thiéry, 94 s.

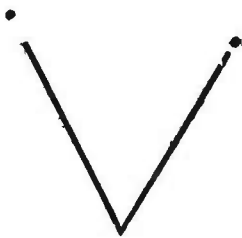


Fig. 74.

i. Figure de Láska. — Les côtés de l'angle dans cette figure sont égaux, mais les points placés à des distances inégales de leurs extrémités les rendent en apparence inégaux. Láska ne propose aucune explication de cette illusion. Thiéry

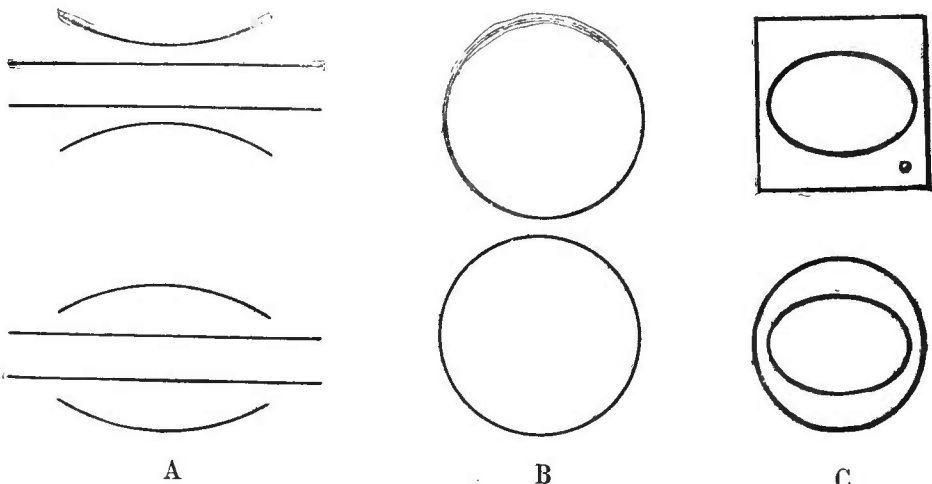


Fig. 75.

et Müller-Lyer la considèrent comme un cas parti-

culier des illusions de contraste (expérience 197 ci-dessus).

j. Figures adjacentes. — En A (fig. 76), les courbes adjacentes causent une légère courbure apparente, en sens opposé, des parallèles droites. Cette figure pourrait donc être considérée comme un exemple des illusions de contraste. En B, les cercles s'aplatissent l'un l'autre. L'ellipse inscrite déforme le carré dans la direction de son grand axe, mais le cercle dans la direction de son petit axe.

k. Il y a une certaine tendance à voir les lignes qui sont à peu près dans le plan visuel et qui sont dirigées vers

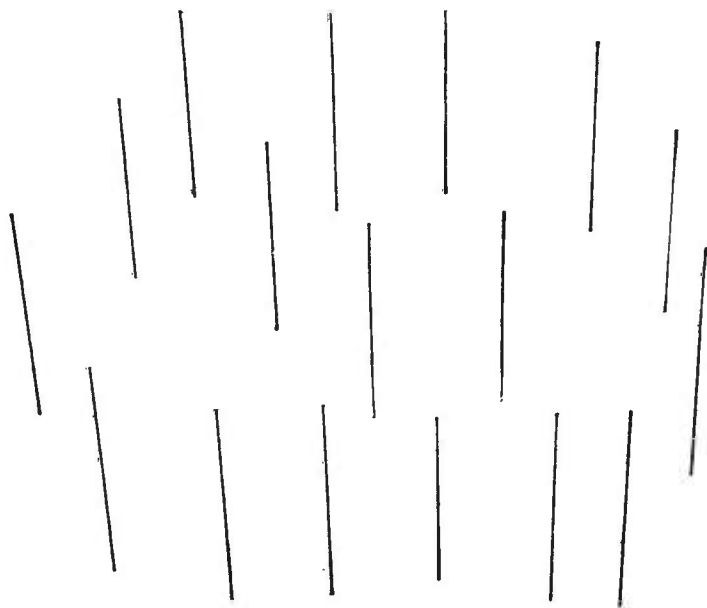


Fig. 76.

l'œil comme de courtes lignes verticales situées dans des plans à peu près perpendiculaires au plan visuel. Dans la figure ci-dessus, les lignes sont toutes dirigées vers un point situé 8 ou 10 pouces (20 ou 25^{cm}) plus bas que la partie inférieure de la figure. Lorsque l'œil se trouve en ce point, on peut, avec un peu d'effort, voir les lignes comme de courtes lignes à peu près perpendiculaires à la surface de la page.

l. Dans les colonnes parallèles ci-dessous, on remarque une autre illusion bien connue :

Dans ces deux colonnes, les caractères sont exactement de la même dimension. Mais de ce côté les lignes sont serrées, et les caractères paraissent plus petits que de l'autre. Selon Wundt, c'est parce que l'œil parcourt le même nombre de lettres sur un moindre espace.

Ici les lignes sont séparées par de plus grands espaces. N'est-il pas possible que l'effet soit dû à la plus grande quantité de blanc de ce côté, et de noir de l'autre ?

Sur *a*, Müller-Lyer, *A*; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 151 s.; Thiéry, 603 s. Sur *b*, Delbœuf, *B* et *C*; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 146 s.; Thiéry, 108 s. Sur *c*, Delbœuf, *C*; Thiéry, 110 ss. Sur *d*, Müller-Lyer, *A* et *B*; Laska; Lipps, *A*. Sur *e*, Lipps, *A*. Sur *f*, Pseudoptique de Bradley. Sur *g*, Wundt, *A*, 4^e éd., II, 149; Jastrow, *A*; Thiéry, 369 s. Sur *h*, Thiéry, 94 ss.; Bowditch. Sur *i*, Laska; Thiéry, 84 s. Sur *j*, Wundt, *A*, 4^e éd., II, 150 s.; Lipps, *B*, 253, 296 ss. Sur *k*, Chistine Ladd Franklin. Sur *l*, Wundt, *A*, 4^e éd., II, 150.

200. *Les illusions géométriques avec les yeux immobiles.*
— Plusieurs des illusions considérées ci-dessus s'affaiblissent lorsqu'on exclut les mouvements des yeux. C'est ce qu'on peut faire en fixant, un peu mieux encore en obtenant les images consécutives des figures, et de la façon la plus satisfaisante par l'éclairage instantané. Essayez l'effet de la fixation ferme sur les figures de l'expérience 191. On peut essayer la méthode des images consécutives avec la figure de Zöllner (première figure de l'expérience 191) qui peut, telle qu'elle est, fournir une image consécutive nette, et avec n'importe laquelle des autres figures en la découpant en fentes étroites dans du carton, et regardant ensuite ces fentes devant un fond brillant. La méthode de l'éclairage instantané peut être essayée sur une quelconque des figures avec la boîte obscure et un obturateur photographique.

Le fait que beaucoup de ces illusions persistent à un certain degré lorsque les mouvements des yeux sont exclus ne prouve pas nécessairement qu'aucune d'entre elles ait une origine non motrice. Comme on l'a déjà vu dans les expériences 172 et 173, on garde le souvenir des

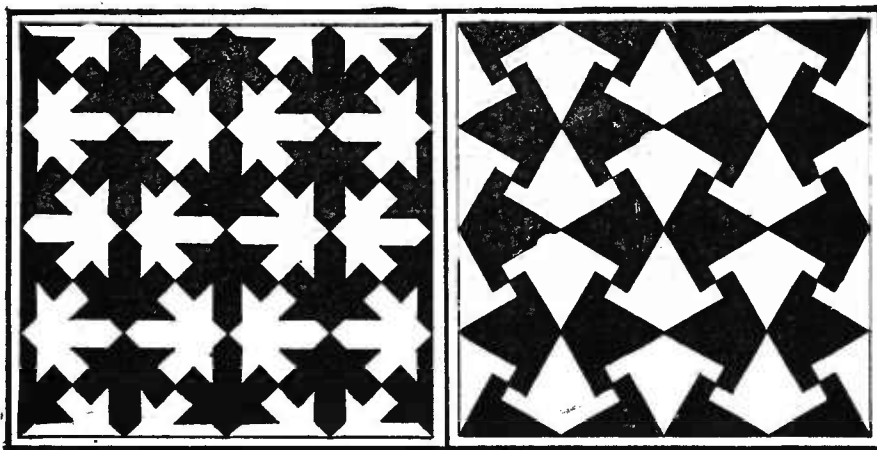
perceptions de l'œil en mouvement, et on l'applique aux perceptions de l'œil immobile.

Helmholtz, *A*, 709 ss.; Fr. 725 ss. (566 ss.); Wundt, *A*, 4^e éd., II, 139; Thiéry, 328 ss.

FIGURES AMBIGUËS

Dans les illusions géométriques, la cause immédiate de l'illusion paraît se trouver dans quelque particularité des figures elles-mêmes. Dans les figures ambiguës, au contraire, les changements de perception ou d'interprétation paraissent dépendre plus immédiatement de changements dans les conditions centrales ou aperceptives.

201. *Figures planes*. — En A et B, les figures noires et les figures blanches sont exactement semblables, sauf pour



A

Fig. 77.

B

la position, et n'importe lesquelles peuvent être considérées comme fond par rapport aux autres. Le changement de fond est accompagné d'un changement d'attitude mentale, dépendant en partie de ce premier changement, et en partie du nouvel axe de symétrie des figures subordonnées, —

horizontal en A, et vertical en B, si le fond est noir; et *vice versa*, si le fond est blanc. Quelque chose de semblable se présente en C, qui peut faire l'effet d'une étoile

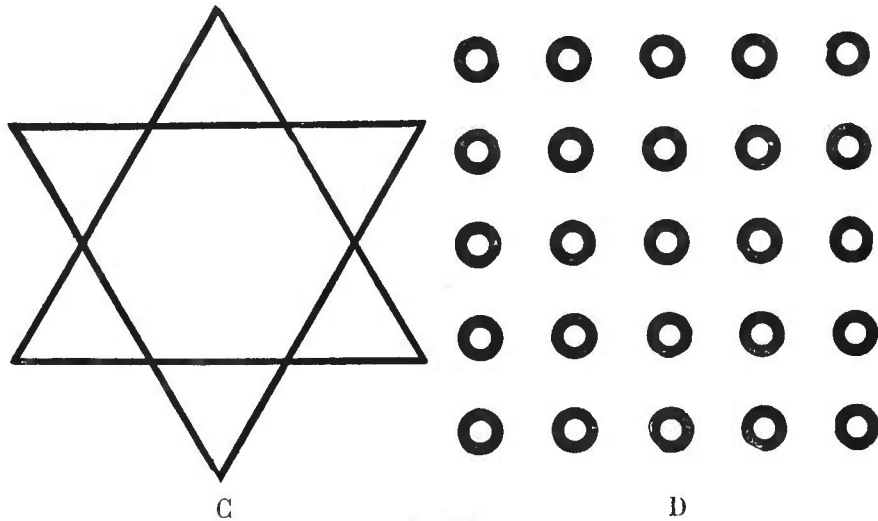


Fig. 78.

formée de lignes qui se croisent, de deux triangles superposés, ou d'un hexagone avec six petits triangles adjacents. En D, les 25 cercles du carré peuvent être groupés de beaucoup de manières : un seul carré ; cinq lignes verticales ou horizontales ; deux carrés concentriques et un cercle central ; une croix à bras égaux embrassant quatre carrés de quatre cercles chacun, etc. Un peu d'observation subjective montrera probablement que le changement d'attitude mentale conduit immédiatement à un changement dans les mouvements des yeux, qui n'est souvent qu'indiqué, et grâce auquel on suit les nouveaux dessins.

202. *Figures à perspective ambiguë.* — Dans les figures ci-dessous c'est l'interprétation des rapports de position des différentes parties de la figure qui change. E représente un livre à demi ouvert, et peut être vu concave ou convexe, la première perception étant probablement celle qui d'ordinaire précède. F est un gobelet vu d'en haut ou d'en

bas ; parfois aussi il peut apparaître recourbé, de sorte que le haut et le bas semblent tournés en même temps vers l'observateur. En G, les lignes courbes peuvent être considérées comme concaves à droite et convexes à gauche, et *vice versa*. H est une pyramide triangulaire, dont le plus long côté est soit le plus proche, soit le plus éloigné de l'observateur. Cette figure comporte encore deux autres interprétations : on peut la considérer comme une pyramide quadrangulaire qu'on regarde d'en haut, ou comme une pyramide quadrangulaire creuse vue d'en dessous : les diagonales de la figure apparaissent alors inclinées vers le papier d'un côté ou de l'autre du sommet. I est la figure connue sous le nom de « cube de Necker ». Remarquez le changement de position de la diagonale suivant que le cube prend une position ou l'autre. Remarquez aussi que le côté le plus éloigné est toujours un peu trop grand. L'inexactitude de perspective d'où ce dernier effet provient (les deux carrés sont de même dimension) favorise une double interprétation de la figure. Lorsque la perspective est correcte, l'inversion est plus difficile. (Pour la manière dont cette figure apparaît à l'éclairage instantané, voir Aubert, A, 618). J représente un groupe de cubes en perspective qui apparaissent comme étant au nombre de trois dans la rangée inférieure, de deux au milieu, et d'un en haut ; ou de deux en bas, de trois au milieu et de deux en haut. Cette figure est évidemment une répétition du cube de Necker. K représente deux plans qui se coupent, avec la ligne d'intersection à peu près perpendiculaire ou à peu près parallèle au papier. L est la figure en escalier de Schröder. Elle apparaît généralement d'abord comme le dessus des marches d'un escalier ; avec quelque effort cependant, on peut la voir comme le dessous, ou comme un pan de mur qui surplombe. Wundt dit que si l'œil suit les lignes obliques de la figure dans la direction *ba*, c'est la première perception qui tend à se produire ; tandis que c'est la seconde, s'il les suit dans la direction *ab*. La figure est

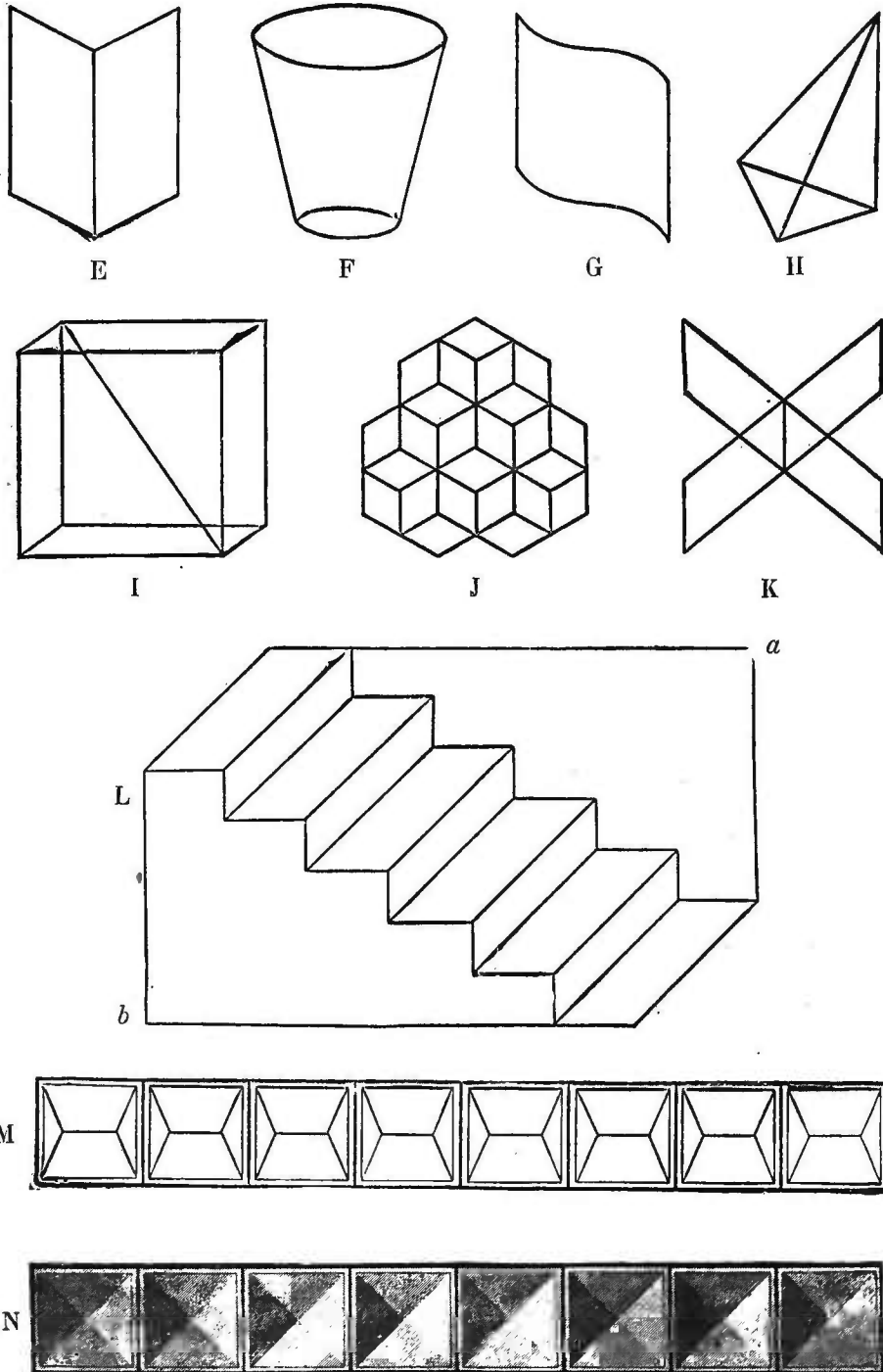


Fig. 79.

évidemment une répétition de E. M représente une partie

d'une frise étroite sculptée. Les petites figures qui la composent apparaissent soit en creux, soit en relief. Avec quelque difficulté on peut voir une partie en creux, et le reste en relief; mais le résultat est instable, probablement parce que nous sommes moins habitués à un mélange de figures dans des décors de cette espèce qu'à la répétition de la même figure. N est semblable à M, sauf l'effet de lumière et d'ombre. Des changements dans la position de la figure par rapport à la source de lumière entraînent en général un changement de convexité en concavité, ou *vice versa*. Cf. aussi les figures stéréoscopiques ci-dessous, dont beaucoup sont susceptibles d'une double interprétation lorsqu'on les regarde avec un œil.

Toutes ces figures perspectives comportent évidemment une interprétation intermédiaire qui consiste à les voir planes, quoiqu'il soit parfois difficile de les voir ainsi, après qu'on s'est exercé aux interprétations perspectives. Quelques-uns des changements de forme sont d'abord un peu difficiles à obtenir pour quelques observateurs, mais une fois obtenus ils se retrouvent plus facilement. Il est parfois avantageux de renverser la figure. Loeb dit qu'en approchant la figure de l'œil et l'éloignant tour à tour on provoque des changements de perspective, et Mach trouve que ces changements sont amenés par de lents mouvements verticaux. La figure de Schröder change, lorsqu'on conçoit nettement le plan *a* comme plus rapproché que le plan *b*. Il est probable que ces méthodes produisent des changements dans l'accommodation, ou dans la façon dont les yeux suivent les contours de la figure. Jusqu'à quel point ces changements périphériques peuvent-ils être efficaces par eux-mêmes, ou jusqu'à quel point le peuvent être les changements aperceptifs sans changements périphériques, c'est ce qu'on ne peut dire actuellement.

Remarquez que dans toutes les figures le passage d'une interprétation à l'autre s'accompagne invariablement d'autres changements plus ou moins considérables dans la position

et les dimensions des lignes, des angles et des surfaces des figures. En E par exemple, lorsque la figure est convexe (la ligne médiane plus près de l'observateur que le reste), toutes les lignes verticales tendent, si elles tendent à quelque chose, à s'avancer vers l'observateur ; lorsque la figure est concave, elles tendent à s'éloigner, et sont plus longues. La longueur relative des lignes obliques du haut et du bas peut paraître aussi changer légèrement. Il est intéressant de remarquer, avec Mach, que parmi l'infinité des figures possibles qui pourraient donner ces figures comme projections géométriques, un très petit nombre seulement de très définies se manifestent dans la perception ¹

Helmholtz, *A*, 770 ss.; Fr. 795 ss. (626 ss.); Wundt, *A*, 4^e éd., II, 199 s.; Mach, *A*, 94 ss., *B*, 405 ss., *C*; James, II, 253 ss.; Lange; Loeb; Hoppe, *A* et *B*; Brewster; Sully, 95 ss.; Beaunis, II, 569; Thiéry, 318 ss., 77, 79; Wheatstone, *A*, 381 s.

203. *Figures ambiguës à trois dimensions.* — Une inversion semblable à celles de l'expérience 202 peut être constatée avec des objets réels quand les conditions sont favorables. Une expérience simple peut être faite avec une carte de visite pliée au milieu, de manière à embrasser un angle d'environ 120°, ce qui donne une figure ressemblant à E ci-dessus. Placez la carte, le pli vertical, sur une table où la lumière arrive parallèlement à l'un des côtés, évitant ainsi en partie les ombres transversales, et regardez d'une distance de deux mètres environ avec un seul œil. La carte, comme E, peut paraître soit concave, soit convexe. Remarquez dans ce cas, comme dans l'expérience 202, le changement de dimension et de position qui se produit lorsque la figure passe de convexe à concave. Remarquez aussi que lorsqu'il y a illusion (la carte paraissant convexe lorsqu'elle est en réalité concave, ou *vice versa*) les parties dans l'ombre semblent d'un gris plus foncé, et les parties éclairées d'un blanc plus brillant que lorsque le tout est vu correctement. L'auteur trouve l'expérience un peu plus facile lorsque la carte repose sur une table un peu basse et qu'il observe

debout, la carte ayant alors la surface de la table comme fond uniforme.

De très beaux effets sont produits par les figures en creux ou en bosse à relief peu accentué. Dans ces cas, la nature de l'objet représenté exerce, dit-on, une influence ; les lettres, les chiffres, et les figures géométriques sont facilement perçus en bosse ou en creux, mais les objets naturels, les formes humaines et animales, et surtout les visages, tandis qu'ils passent facilement de concave à convexe, passent difficilement ou pas du tout de convexe à concave. Comparez, par exemple, la facilité qu'il y a à voir convexe le masque concave de l'expérience 184 *a* avec la difficulté qu'on éprouve à voir concave un masque convexe ¹

PERCEPTION BINOCULAIRE DE L'ESPACE

La perception du relief, ou de la troisième dimension des objets, gagne beaucoup en délicatesse lorsqu'on regarde avec les deux yeux. Cela tient, comme on le montrera dans les expériences ci-dessous, à la différence des aspects perçus par les deux yeux, et cette différence, à son tour, tient à la distance qui sépare les yeux. Il est clair que la différence d'aspect sera considérable pour des objets rapprochés, et très faible pour des objets éloignés. Pour des distances plus grandes que 250 mètres, on trouve par le calcul qu'elle est pratiquement nulle, et pour des distances beaucoup moindres elle doit avoir peu d'influence.

204. *La distance interoculaire.* — Pour déterminer cette distance, choisissez un point de fixation éloigné, par exemple à l'horizon, fixez ce point, et tenez à bout de bras, devant le visage, un compas à pointes fines écartées d'un

¹ La plupart des auteurs énumérés après l'expérience 202 discutent aussi ces cas.

pouce et demi (4^{cm}). Ces pointes apparaîtront légèrement confuses et doubles, comme une paire de V juxtaposés — VV. Tout en continuant de fixer le point éloigné, ouvrez graduellement les branches du compas jusqu'à ce que les pointes intérieures des V se touchent juste, et que le tout forme un W. Notez la distance des pointes et répétez la détermination en commençant cette fois avec les pointes écartées de trois pouces (8^{cm}), et diminuant graduellement la distance jusqu'à ce qu'il se produise juste un W. Faites un nombre égal de déterminations dans chaque sens, et calculez la moyenne. Si la fixation a été maintenue avec soin, la distance trouvée est la distance interoculaire. Le Conte recommande l'emploi de lunettes légèrement convexes, pour éviter la confusion des images. Vérifiez la détermination en faisant dans une carte deux fins trous d'épingle séparés par la distance interoculaire trouvée. Tenez-la aussi près des yeux que possible, en amenant un des trous devant chaque œil. Si la détermination est correcte, les deux trous se confondront en un seul, lorsque vous dirigerez de nouveau les yeux vers le point de fixation éloigné. Il faut prendre soin de ne pas plier la carte pendant l'expérience, ce qui changerait la distance des trous. La distance moyenne est, d'après Stevens, un peu inférieure à 64 millimètres.

Le Conte, *A*, 230.

203. *Le champ visuel binoculaire et le champ de fixation binoculaire.* — La partie de l'espace visuel à l'intérieur de laquelle la vision binoculaire est possible à un instant donné est relativement petite et celle à l'intérieur de laquelle le point de fixation binoculaire peut se mouvoir est encore plus petite.

a. Le champ visuel binoculaire. Pour dessiner ce champ, disposez l'appui-tête du campimètre dans une position telle que les lignes visuelles tombent perpendiculairement, dans leur position primaire, sur le plan vertical de l'instrument, et que les yeux en soient éloignés d'environ 10 centimètres.

Fixez une feuille de papier sur le plan, et marquez un point de fixation pour chaque œil, exactement en face de chacun d'eux. Fermez un œil, fixez l'autre sur sa marque, et, sans bouger l'œil ni la tête, marquez la projection des contours du sourcil et du nez tels qu'ils sont vus en vision indirecte. On trouvera qu'il est bon de conduire la pointe du crayon d'en dehors en dedans du champ, et de déterminer des points distants d'un demi-pouce (12^{mm}) ou plus. Répétez la détermination avec l'autre œil. Vous obtiendrez ainsi une esquisse grossière du champ cherché.

b. Le champ de fixation binoculaire. Lorsque les yeux sont employés séparément, chacun peut être amené à fixer pratiquement tout le champ visuel binoculaire; mais la partie comprenant les points qui peuvent être fixés en même temps par les deux yeux — le champ de fixation binoculaire — est un peu moins étendue. Le rétrécissement est le plus marqué pour les points éloignés qui se trouvent dans la partie inférieure du champ, à cause de la tendance des yeux à converger lorsque les lignes de fixation s'abaissent.

Fixez un clocher ou une cheminée éloignés, et, pendant que vous maintenez la fixation, rejetez la tête en arrière jusqu'à ce que les lignes de fixation forment un angle aussi aigu que possible avec le visage. L'objet fixé apparaîtra double, et en fermant l'un ou l'autre œil on verra que les images sont celles qui se produisent lorsque les yeux convergent vers un point plus rapproché que l'objet fixé. Cf. expérience 208. Un moyen encore plus facile, indiqué par Hering, consiste à tenir un miroir près du corps, à un angle tel qu'on y voie l'image d'un objet éloigné à peu près verticalement au-dessous des yeux. Si on essaie de la fixer on obtient le même résultat que tout à l'heure. Il est important d'immobiliser la tête afin de l'empêcher de s'incliner en avant pour donner aux yeux une position plus commode.

206. *Impossibilité de distinguer les champs combinés.* — Il est souvent à peu près ou tout à fait impossible pour un observateur dont les yeux sont normaux de dire quel œil est affecté lorsqu'un changement se produit dans l'un des champs superposés. Essayez avec deux tubes d'égal diamètre, un pour chaque œil, en regardant le ciel ou un autre fond uniforme. Disposez les tubes de façon que les cercles de lumière se combinent en une seule image binoculaire. Lorsqu'ils sont exactement combinés, demandez à un assistant d'amener la pointe d'un crayon devant l'un d'eux. Il sera impossible, sans fermer un œil, de dire dans quel champ elle a pénétré. Si les yeux ne sont pas pareils, s'ils diffèrent par exemple sous le rapport de l'accommodation ou du degré ou du sens de l'astigmatisme, il y aura moyen de faire la distinction. Helmholtz trouve dans certains cas une différenciation plus ou moins inconsciente des champs lorsque les besoins et les habitudes de la vision la favorisent, et un grand nombre des sujets examinés, de façon différente, par Schön, pouvaient dire quel était l'œil l'éclairé. Cf aussi l'expérience 218, et la note qui y est jointe.

Rogers, C; Helmholtz, A, 893 s.; Fr. 938 s. (743 s.); Schön, B, 83 s., C, 61 ss.

207. *Direction binoculaire.* — Chaque œil reçoit ses impressions pour lui-même et par rapport à sa propre position; mais dans la vision ordinaire, du moins pour les points voisins du point de fixation, les impressions des deux yeux se confondent, et les objets sont perçus comme s'ils étaient vus par un œil unique placé à mi-chemin entre les deux autres, — *l'œil de cyclope* de Hering¹ C'est par rapport à cet œil médian que la direction binoculaire est perçue. La droite qui joint le centre de la région de la vision la plus

¹ Schön cite des expériences qui prouveraient que la direction des objets situés à droite et à gauche du point de fixation est rapportée à l'œil qui se trouve du même côté qu'eux de la tête. D'après les expériences de Loeb (B), cependant, la question ne me semble pas encore résolue. Cf. expérience 180.

nette dans cet œil imaginaire et le point fixé constitue la *ligne de fixation binoculaire*.

Faites un trou d'épingle au milieu d'une grande feuille de papier. Tenez le papier aussi près que possible des yeux, et, commençant avec le trou d'épingle à l'extrême droite du champ visuel, faites passer lentement le papier devant le visage. Le trou paraîtra atteindre le plan médian et passer à l'extrême gauche, et sera suivi au bout d'un instant par un second trou qui répétera le même parcours. Les impressions des yeux sont séparément rapportées l'une après l'autre à l'œil de cyclope. Pour d'autres expériences simples sur ce point voir Helmholtz, Hering, et Wundt aux endroits indiqués ci-dessous.

Rogers, *A*, 325 ss., *C*; Helmholtz, *A*, 756 s., 894 s.; Fr. 777 s., 939 s. (611 s., 744 s.); Hering, *A*, 386 ss., 540, *B*, 28 ss., 39 ss.; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 175; Le Conte, *A*, 223 ss.

208. *Images simples et images doubles*. — Tenez deux doigts levés, l'un à environ un pied, l'autre à environ deux pieds des yeux. Fixez le plus rapproché, il sera vu simple, et le plus éloigné apparaîtra double. Fixez le plus éloigné, et il sera vu simple, tandis que le plus rapproché paraîtra double. Fixez de nouveau le plus proche, et fermez un œil. Celle des images du plus éloigné qui se trouve du même côté que l'œil fermé disparaîtra. Fixez le doigt le plus éloigné et répétez l'expérience. Celle des images du doigt le plus proche qui se trouve du côté opposé à celui de l'œil fermé disparaîtra.

Les images doubles dans le premier cas sont appelées *images directes*; dans le second, *images croisées*. Les images directes, dans le cas actuel, appartiennent aux moitiés nasales des rétines, et les images croisées aux moitiés temporales, comme on peut le voir aisément d'après la figure A, dans laquelle L et R représentent les yeux gauche et droit, *b* le point de fixation, *a* un point plus éloigné, et *c* un point plus rapproché; *a'*, *b'* et *c'* indiquent les endroits où se font sur les rétines les images des points *a*, *b* et *c*.

Cette distribution rétinienne particulière n'est pas cepen-

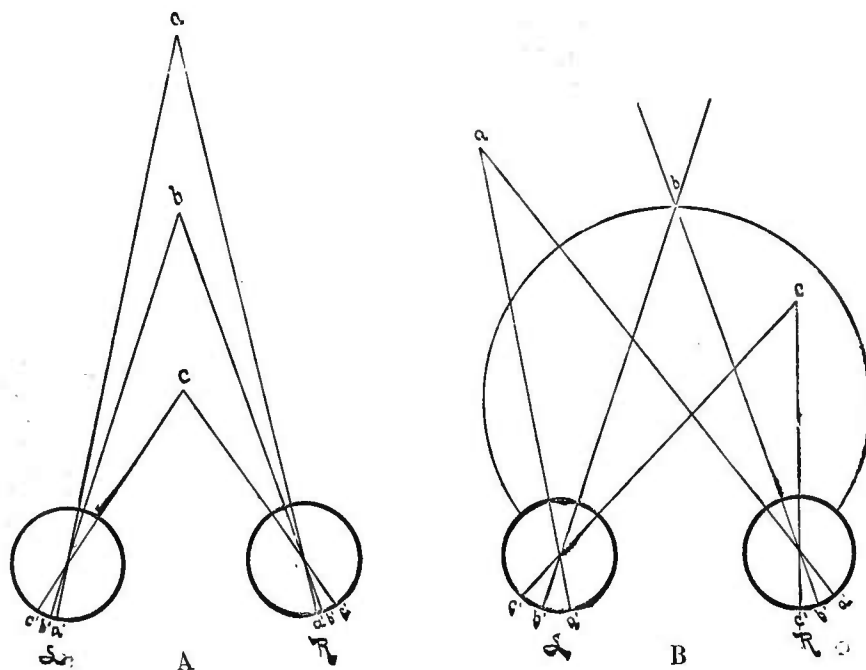


Fig. 80.

nant nécessairement caractéristique; car des images peuvent être directes ou croisées, et cependant appartenir à la moitié nasale d'un œil et à la moitié temporale de l'autre, comme on le voit pour les points *a* et *c* de la figure B (d'après Hering). On peut dire en gros que tout point situé en dedans d'un cercle passant par le point de fixation et les centres optiques des deux yeux sera vu en images croisées, et tout point situé en dehors en images directes. La nature de ce cercle est étudiée plus amplement dans l'expérience 210, et dans l'appendice II.

b. Les images doubles, lorsqu'elles se trouvent toutes deux du même côté par rapport au point de fixation, ne sont pas également bien perçues. Celle qui appartient à l'œil qui se trouve du même côté est plus distincte, et souvent est considérée comme un objet réel, tandis que l'autre paraît être une illusion.

Fixez les yeux sur un objet éloigné, et tenez verticale-

ment un peu à droite de la ligne droite de fixation, et à environ six pouces de l'œil, une bande de papier d'un centimètre de large et de six ou huit centimètres de long, en la disposant de manière que les deux images se projettent sur un fond uniforme. L'image la plus rapprochée du point de fixation sera vue sans difficulté; l'autre pourra à peine être discernée, et souvent disparaîtra entièrement dans sa lutte avec la partie du fond vue par la partie correspondante de l'œil droit. Dans ce cas les images sont croisées, et l'image nette appartient à la moitié nasale de l'œil droit.

Répétez l'expérience, en fixant cette fois la pointe d'un crayon que vous tiendrez à environ six pouces (15^{cm}) des yeux, et placez la bande de papier 15 ou 20° à droite, et six ou huit pouces plus loin que le crayon. Dans ce cas c'est l'image la plus rapprochée du point de fixation qui est faible ou qui disparaît. L'image nette appartient, comme tout à l'heure, à la moitié nasale de l'œil droit.

Répétez l'une ou l'autre des deux expériences précédentes, et observez laquelle des images semble réelle et tenue entre les doigts. Un léger accroissement de la pression des doigts augmentera probablement la netteté de la sensation en question.

En général, ce sont les images nasales qui l'emportent; et il en est ainsi, dit-on, soit que les images soient séparées comme dans les expériences actuelles, soit qu'elles soient combinées en une image unique vue indirectement. Voir expérience 218, note. Pour d'autres conditions influant sur la perception des images doubles, voir expérience 220.

Helmholtz, *A*, 841 ss.; Fr. 877 ss. (695 ss.); Wundt, *A*, 4^e éd., II, 178; Hering, *A*, 397, 424 s.; Le Conte, *A*, 92 ss.; Schön, *A*, *B* et *C*.

209. *Points correspondants*. — Les phénomènes de la vision simple et de la vision double soulèvent la question de la position relative des points rétinien en activité dans les deux cas. La terminologie assez détaillée de Wundt aidera

à rendre ces matières claires. Il distingue cinq sortes de points (4^e éd., II, 173 s) : 1. *les points identiques* sont les points qui coïncideraient exactement si les rétines étaient superposées ; on pourrait les appeler points correspondants géométriques ou anatomiques ; 2. *les points correspondants* sont les points dont l'excitation produit normalement la vision simple ; 3. *les points associés* (*Deckpunkte*) sont ceux dont l'excitation dans un cas donné produit la vision simple ; 4. *les points disparates* sont les points non identiques ; 5. *les points dissociés* (*Doppelpunkte*) sont les points dont l'excitation, dans un cas donné, donne naissance à des images doubles. Les points dissociés s'opposent ainsi aux points associés de la même façon que les points disparates aux points identiques. Pour parfaire la liste on pourrait encore distinguer des *points non-correspondants*. Les points correspondants et les points associés coïncident pratiquement dans la plupart des cas avec les points identiques, et les points dissociés avec les points disparates.

Les points correspondants ne doivent pas être considérés comme anatomiquement fixes, mais plutôt comme des points physiologiques pouvant coopérer dans une certaine mesure avec d'autres points voisins. L'opinion de Panum, qui les considère comme des « cercles de sensation » rétiniens, dont les centres, lorsqu'ils sont simultanément excités, *doivent* produire la vision simple, et dont les zones périphériques *peuvent* dans des circonstances favorables produire le même résultat, est conforme aux faits. Lorsqu'il s'agit d'une détermination exacte, l'expérience doit être disposée de manière à restreindre autant que possible la coopération. Cf expérience 220.

a. Les points correspondants sont en général semblablement placés dans les deux yeux. On peut le démontrer approximativement ainsi : préparez deux figures exactement pareilles séparées de centre à centre par la distance interoculaire et dessinez l'une en rouge, l'autre

en noir, pour faire obstacle à la fusion; ces figures représenteront une série de cercles concentriques recouverts par une croix rectangulaire. Combinez ces deux figures binoculairement avec le haploscope, ou de toute autre façon, en fixant les centres des figures, et remarquez qu'elles coïncident entièrement, ou ne présentent que de très faibles déviations.

Pour des méthodes exactes de détermination des points correspondants, voir Helmholtz, *A*, 244 ss.; Fr. 880 ss. (699 ss.); Hering, *A*, 355 ss.

b. De légères différences dans l'arrangement des points correspondants se rencontrent dans beaucoup d'yeux. La plus importante est celle qui affecte la position du méridien de la verticale apparente, qui non seulement varie d'un sujet à l'autre, mais est susceptible de variations chez le même sujet à de courts intervalles.

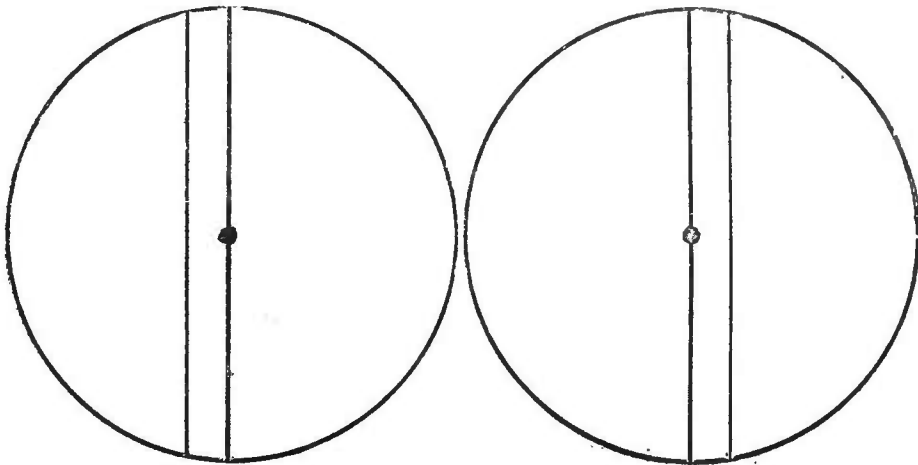


Fig. 81.

Disposez le haploscope pour la vision parallèle, et fixez sur la planche deux cercles de carton de telle façon qu'ils puissent tourner autour de leurs centres. Les diamètres ne doivent pas excéder la distance interoculaire, et les centres doivent être séparés horizontalement par exactement cette distance. Les lignes sur leur surface doivent être disposées comme dans la figure ci-dessus.

Disposez l'un des disques de manière que ses lignes soient verticales ; puis combinez les lignes centrales des deux disques binoculairement, et faites tourner le second disque jusqu'à ce que les lignes extérieures dans l'image résultante paraissent exactement parallèles, en ayant soin que le plan visuel soit à peu près dans la position primaire. Lorsque vous examinerez ensuite la position des disques, vous constaterez généralement que les lignes convergent légèrement en bas. Essayez aussi en plaçant les lignes de l'un des disques horizontalement et en disposant celles de l'autre à angle droit dans l'image combinée.

c. Les impressions sur des points correspondants sont généralement inséparables. Regardez fixement avec les deux yeux une petite flamme de gaz ou quelque autre objet brillant jusqu'à ce que vous obteniez une image consécutive. Puis, tenant une page imprimée devant le visage, faites converger les lignes de fixation sur un point situé devant ou derrière elle, ou bien, avec le bout du doigt, écartez doucement l'un des yeux de sa position normale. Les images des lettres se dédoubleront, mais l'image consécutive restera simple. Les images consécutives des deux yeux se trouvent, naturellement, en des points correspondants, et leur position rétinienne n'est pas affectée par les mouvements des yeux, tandis que celle de tous les autres objets est modifiée¹.

Sur *a*, Helmholtz, *A*, 844 ss.; Fr. 880 ss. (698 ss.); Hering, *A*, 355 ss.; Aubert, *A*, 605 ss. Sur *b*, Helmholtz, *A*, 687 s., 850 ss.; Fr. 700 s., 889 ss. (546 s., 703 ss.); Hering, *A*, 358, 368 s.; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 140 ss.; Aubert, *A*, 608. Sur *c*, Hering, *A*, 433; Schön, *B*, 51 ss.

On se demande encore si les sensations des points correspondants peuvent jamais être séparées. Wheatstone et d'autres ont affirmé que, dans certaines conditions favorables, elles peuvent l'être et donner naissance à des images doubles, de même que celles de points non correspondants peuvent être combinées et produire la vision simple. Hering et d'autres ont soutenu le contraire, et imaginé des expériences devant montrer que « l'expérience de Wheatstone » est fautive. A l'appui d'un certain genre du moins de vision double avec des points correspondants, voir

210. *L'horoptère.* — L'avant-dernière expérience montre que le point de fixation est vu simple. Outre ce point, et en même temps que lui, certaines autres parties du champ visuel peuvent être vues simples. La somme de toutes ces parties est appelée *l'horoptère*. L'horoptère varie avec le point de fixation, parce que les positions des yeux sont différentes. Voir les expériences sur les mouvements des yeux (p. 129 et suiv.). Une détermination exacte de toutes les formes qu'il peut avoir constitue un problème très difficile, mais on peut sans beaucoup de peine faire une ou deux déterminations grossières pour des cas particuliers.

a. Fixez deux petits morceaux de liège sur les pointes d'un compas ouvert de deux ou trois pouces (5 ou 7^{cm}). Tenez l'un immobile, et servez-vous-en comme de point de fixation, tandis que vous ferez mouvoir l'autre en cercle autour de lui, dans les trois plans principaux du champ visuel (le *plan médian*; le *plan visuel*, c'est-à-dire le plan qui passe par les lignes de fixation; et un *plan vertical* passant par le point de fixation et perpendiculaire aux deux autres). Notez la position de la pointe qui se meut lorsque des images doubles de cette pointe ne peuvent plus être discernées. Tandis qu'il ne sera pas facile de déterminer nettement ces positions, on déterminera aisément certaines régions à l'intérieur desquelles les images doubles ne pourront pas être aperçues séparément. L'une de celles-ci sera une large bande s'étendant au-dessus et au-dessous du point de fixation, et une autre s'étendant à droite et à gauche de ce point. L'horoptère se trouve dans ces régions.

b. Il est facile de déterminer avec une certaine exactitude la position de la partie de l'horoptère qui se trouve au-

Wheatstone, *A*, 384 s.; Helmholtz, *A*, 885 ss.: Fr. 930 ss. (736 ss.); Wundt, *A*, 4^e éd., II, 194 ss. Contre cette thèse, voir Hering, *A*, 434 ss.; Aubert, *A*, 609; Schön, *B*, 56 ss., 75 s.

dessus et au-dessous du point de fixation. Suspendez un léger poids par un fil noir à un barreau de la fenêtre. Prenez derrière le fil sur la vitre un point situé à une hauteur telle qu'en le fixant l'œil se trouvera à peu près dans le plan primaire. Fixez le point d'une distance de six ou huit pouces (15 ou 20^{cm}), et remarquez que les images doubles du fil ne sont pas parallèles, mais qu'elles forment un V étroit ouvert en haut. Eloignez l'extrémité inférieure du fil de la fenêtre, tout en continuant de fixer le point, jusqu'à ce que les images soient parallèles. Une ligne droite passant par le point de fixation parallèlement à ces images est la portion de l'horoptère cherchée.

c. On peut obtenir une notion un peu plus nette de la partie de l'horoptère située à droite et à gauche du point de fixation par l'expérience suivante. Tenez le châssis muni de fils parallèles préparé pour l'expérience 196 c perpendiculairement au plan visuel dans sa position primaire, et à six pouces (15^{cm}) ou moins de la face; fixez le fil du milieu et remarquez que les fils paraissent placés sur une surface cylindrique légèrement convexe du côté de votre visage¹. La courbure apparente est due au fait que les images rétinienne des fils latéraux tombent sur des points disparates, quoique cependant assez voisins pour produire la vision simple.

Si les fils, situés réellement dans un plan, paraissent se trouver sur une surface convexe, il est clair qu'une rangée de fils placés sur une surface au même degré concave, c'est-à-dire disposés de façon à donner des images rétinienne qui tombent sur des points exactement correspondants paraîtraient situés dans un plan² Hering invoque ce fait à l'appui de son principe, que les points situés dans

¹ Les fils peuvent aussi paraître légèrement incurvés, avec concavité tournée vers le point de fixation pour les raisons indiquées dans l'expérience 172.

² La courbe théorique suivant laquelle la surface concave couperait le plan visuel est une portion d'un cercle passant par le point de fixation et les centres optiques des yeux, le « cercle de Müller ».

l'horoptère sont vus réellement sur la *surface de vision simple*¹.

Lorsqu'on éloigne de nouveau le châssis, les fils se replacent dans un plan. Cet effet pourrait toutefois dépendre de la présence du châssis. Pour éviter cette difficulté, on peut faire l'expérience avec de longs fils regardés au travers d'un tube de manière à intercepter la vue des extrémités des fils. Observés ainsi à distance, les fils paraissent situés dans un plan (Helmholtz) ou même sur une surface concave (Hillebrand). Pour des résultats quantitatifs, voir Helmholtz.

Pour d'autres méthodes simples de détermination empirique de l'horoptère, voir Schön, *B*, et Christine Ladd Franklin. Pour une étude géométrique de ces cas et d'autres, voir Appendice II.

Helmholtz, *A*, 801 ss., 860 ss.; Fr. 828 ss., 901 ss. (654 ss., 713 ss.); Hering, *A*, 373 ss., 401; Wundt, 4^e éd., II, 189 ss.; Le Conte, *A*, 192 ss., *C*, 105; Hillebrand, *A*.

211. *Localisation des images simples et des images doubles.* — La direction suivant laquelle ces images apparaissent a déjà été considérée dans l'expérience 207; pour la détermination de leur distance apparente, un quelconque ou tous les signes de la distance visuelle peuvent intervenir.

¹ La surface de vision simple, la *Kernfläche* de Hering, est un plan transversal, ou une surface légèrement concave, passant par le point apparent de fixation (*Kernpunkt*). C'est là qu'apparaissent tous les objets dont les images rétinienne tombent sur des points exactement correspondants, ou sur des points qui ne sont que verticalement disparates. Derrière se trouve la région des images doubles directes et devant celle des images doubles croisées. Devant ou derrière apparaissent donc tous les objets dont les images rétinienne tombent sur des points disparates, même lorsque la disparation n'est pas assez grande pour produire des images doubles perceptibles. On pourrait brièvement la définir la surface où paraît se trouver l'horoptère empirique. Pour les positions ordinaires des yeux, elle est placée symétriquement par rapport au plan médian et est perpendiculaire au plan visuel ou ne s'incline que légèrement par rapport à lui en s'éloignant par en haut. Mais, pour des positions extrêmes des yeux, sa position se modifie. (Hering, *A*, 401, 413 ss.)

a. Images simples au point de fixation. En l'absence d'autres critères, les images simples sont localisées à la distance du point de fixation apparent. Employez le haploscope disposé pour la vision croisée, et une figure simple quelconque où les deux dessins soient identiques. L'image combinée paraît plus petite que les figures originales, et est suspendue dans l'ouverture de l'écran transversal. L'augmentation et la diminution de la distance de la figure s'accompagnent de mouvements semblables de l'image résultante qui se trouve au point de croisement des lignes visuelles, c'est-à-dire au point apparent de fixation.

Enlevez la figure du haploscope, et combinez les dessins avec les yeux libres et les lignes visuelles croisées, ou bien continuez à vous servir du haploscope après avoir enlevé l'écran transversal. Remarquez que toutes les figures sont maintenant d'à peu près ou exactement la même dimension, quoique plus petites que la paire originale, et qu'elles sont dans le même plan. La distance du plan est quelque peu incertaine, mais paraît plus grande que celle du point de croisement des lignes de fixation. La connaissance de la distance réelle de la figure par des critères monoculaires ou autres l'emporte en partie sur l'effet de la convergence. L'effet de celle-ci n'est pas absolument nul, cependant, et il se manifeste par la diminution de la grandeur des cercles. Cf. expérience 217 *a*.

On peut aussi faire une expérience semblable en combinant les figures d'une surface répétant uniformément un même dessin, par exemple d'une tenture ou d'un mur en briques non peint. A mesure que l'on combine les figures successives par un effort de plus en plus grand de convergence, un mur fantôme s'approche; mais la localisation au point de croisement des lignes de fixation paraît plutôt plus nette à l'auteur lorsqu'on laisse décroître la convergence degré par degré que lorsqu'on la fait croître. Pour une étude spéciale d'autres phénomènes accompagnant la

combinaison de ces surfaces à dessins réguliers, voir Le Conte, C.

Les combinaisons avec lignes visuelles parallèles devraient, selon ce principe, donner des images résultantes localisées à une distance infinie, ou plus exactement à la limite de la distance pour laquelle on peut se servir du critère binoculaire ; mais on n'obtient guère cet effet avec les figures ordinaires. La figure transparente recommandée dans l'expérience 212 *b* réussit en partie, lorsqu'on lui imprime un mouvement modérément rapide en l'approchant et l'éloignant du visage devant le ciel. Il n'est pas difficile, cependant, d'obtenir la localisation au delà du plan réel des figures combinées. Tenez devant les yeux, à 6 ou 8 pouces (15 ou 20^{cm}) de distance, une chaise de canne à mailles ouvertes, et combinez les octogones des mailles en faisant converger les yeux vers un point plus éloigné.

Pour la localisation lorsque les lignes visuelles sont divergentes, voir expérience 219 *a*. Pour le cas d'images simples offrant un relief binoculaire, voir expérience 212.

b. Images doubles. Chacune des images de la paire d'images est sujette à être localisée selon les critères monoculaires habituels, et aussi selon certains critères binoculaires. Cf. expérience 218 *a*. Leur localisation, en ce qui concerne la distance, surtout lorsqu'elles sont vues avec les yeux immobiles, est quelquefois très incertaine, et peut même être modifiée volontairement. La tendance, dans de telles conditions, est de les localiser à environ la distance du point de fixation apparent. Essayez avec deux fils à coudre ou deux fils métalliques (non tenus dans les mains) devant un fond uniforme en les disposant de telle façon que les points d'attache soient invisibles. Pour des expériences exactes voir Schön.

Leur direction et leur distance approximative, toutes autres choses égales, peuvent être déterminées schématiquement, d'après la règle suivante basée sur le principe de la direction binoculaire étudié dans l'expérience 207 : Pour

obtenir la position d'une paire quelconque d'images doubles, tracez des figures montrant la position de l'objet qui leur donne naissance par rapport à chacun des yeux séparément

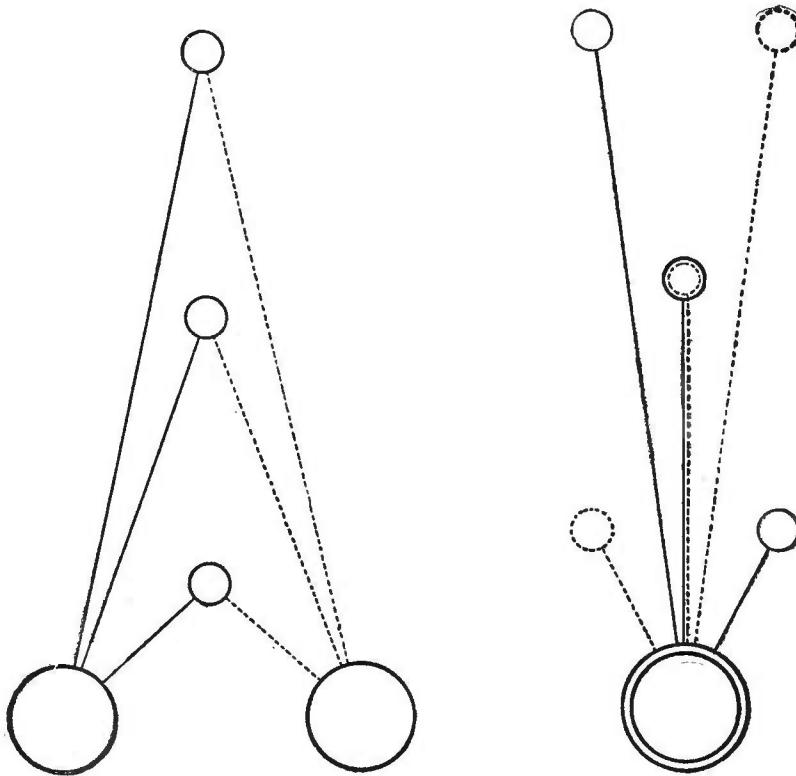


Fig. 82.

rément et puis combinez les deux en faisant coïncider leurs lignes de fixation. La figure ci-jointe, dans laquelle le petit cercle du milieu est pris comme point de fixation, rendra claire la méthode. Pour plus ample développement, voir Hering, *B*, et Le Conte, *A*.

Brewster, *A*, 90 ss.; Helmholtz, *A*, 795 ss., 868 s., 890, 894 s., Fr. 823 ss., 909 s., 935, 940 (649 ss., 720 s., 740, 744 s.); Hering, *A*, 426 ss., 431 ss., 531 s., *B*, 43, 167 ss.; Aubert, *A*, 613 ss.; Wundt, *A*, 4^e éd., II., 178, 183; Le Conte, *A*, 112 ss., 213 ss., Schön, *B*, 100 s., *C*, 50 ss.; Hyslop, *B*.

212. *Perception binoculaire du relief* — Elle repose sur l'union perceptive des images légèrement différentes qui se forment dans les deux yeux. Les parties de ces images qui tombent à un moment quelconque sur des paires de

points correspondants sont localisées sur la « surface de vision simple »; celles qui tombent sur des points disparates, bien qu'elles puissent être vues simples, sont localisées devant ou derrière cette surface; devant, si la disparation est telle que, accentuée, elle provoquerait des images doubles croisées; derrière, si elle est telle qu'elle provoquerait des images directes; ou, pour dire la même chose par rapport aux mouvements des yeux, on verra plus près les parties de l'objet pour l'exacte fixation desquelles il faudrait un accroissement de convergence, et plus loin les parties pour lesquelles il faudrait une diminution de convergence.

a. Essayez avec des figures comme celles ci-dessous, combinées binoculairement avec le stéréoscope, le haploscope, ou les yeux libres. Dans la première, les cercles de droite et de gauche sont exactement semblables. Dans les autres, ils sont différents de manière à faire paraître la seconde figure convexe et la troisième concave — en supposant que la combinaison soit faite avec lignes de fixation parallèles, ou à peu près, — ou la seconde concave et la troisième convexe, si les lignes de fixation se croisent en avant de la figure.

L'effet de dessins identiques peut facilement être observé avec le stéréoscope de Wheatstone, en retournant l'une des figures, pourvu que les figures soient tracées au milieu des cartons. Les n^{os} 1 et 24 des figures de Martius-Matzdorff montrent la même chose d'une manière excellente avec le stéréoscope ordinaire.

b. Combinaison avec les yeux libres. L'expérimentateur trouvera avantageux d'acquérir la faculté de fusionner de telles figures binoculaires avec les yeux libres. Les premiers essais de fusion avec lignes visuelles parallèles doivent être faits avec des figures dans lesquelles les parties correspondantes ne soient au maximum pas plus éloignées que les centres des yeux; dans les images stéréoscopiques ordinaires la distance est trop grande. Le

meilleur moyen pour commencer est d'employer une figure sur verre, qui peut être facilement préparée de la

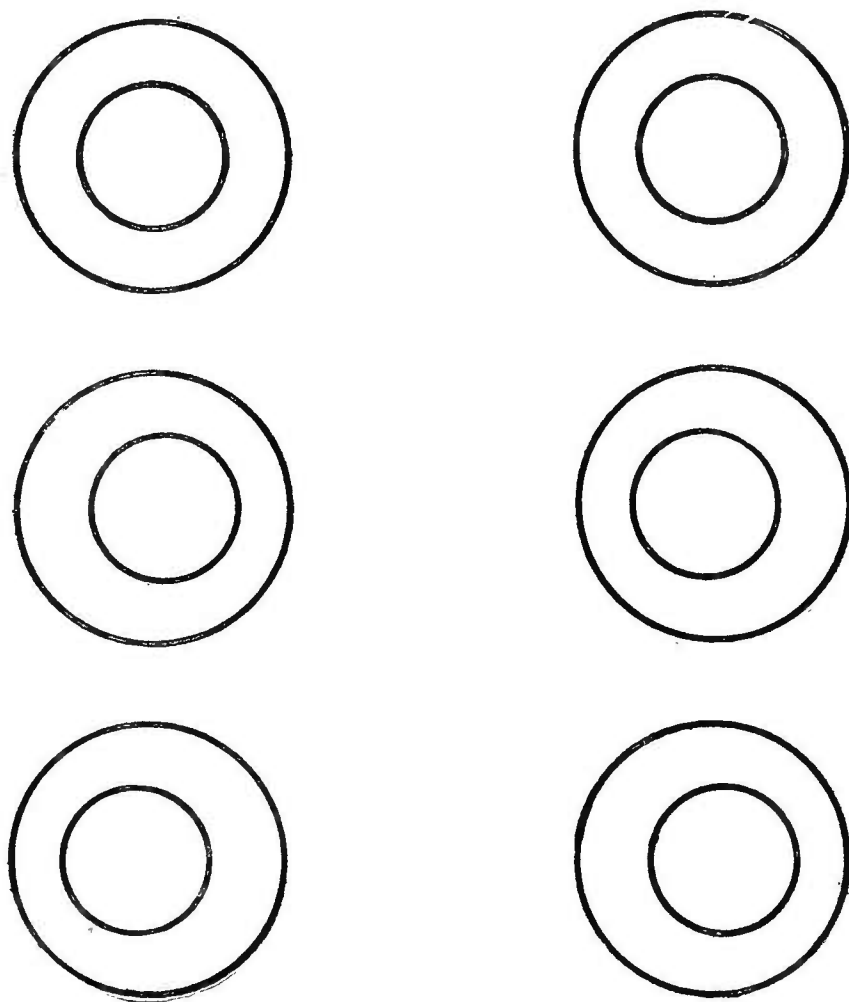


Fig. 83.

manière suivante¹. Sur un morceau de verre de grandeur convenable, collez deux petits points en papier, dont les centres soient à la distance interoculaire. Autour de ceux-ci, mais avec leurs centres d'environ deux millimètres plus rapprochés, collez deux anneaux étroits de papier, et autour de ceux-ci de nouveau deux anneaux plus grands, dont

¹ L'auteur doit l'idée de cette expérience au texte explicatif accompagnant les figures de Martius-Matzdorff.

les centres coïncident avec ceux des points¹ La figure qui en résultera ressemblera à la seconde des figures ci-dessus. Tenez la plaque de verre à bout de bras, et, regardant à travers, fixez quelque objet très éloigné. Les deux figures se combineront immédiatement, et le petit anneau se placera en avant de l'autre. En essayant avec des figures ordinaires, amenez la carte devant le front, laissez les yeux prendre une position commode, puis éloignez lentement la figure. On aide la combinaison avec lignes de fixation parallèles en tenant la figure dans une position telle que les yeux doivent regarder en haut pour la voir, la direction parallèle des lignes de fixation étant généralement associée à leur élévation. Quatre figures peuvent être vues d'abord, dont deux, celles du milieu, peuvent être rapprochées l'une de l'autre et fusionnées si on s'y prend avec soin.

Pour fusionner les figures en vision croisée, tenez la figure à une distance convenable et amenez entre elle et le visage, dans le plan médian, la pointe d'un crayon ou quelque autre petit objet. Fixez la pointe du crayon, et observez les images comme tout à l'heure. Si vous êtes tombé juste sur la bonne distance, vous verrez trois images seulement; si vous en voyez quatre, éloignez et avancez le crayon jusqu'à ce que les deux images du milieu soient fusionnées.

Une difficulté, en employant les yeux libres, vient de l'association habituelle qui existe entre l'accommodation pour la vision éloignée et le parallélisme des lignes de fixation, et entre l'accommodation pour la vision rapprochée et la convergence; mais l'exercice donnera aux yeux la faculté de dissocier plus ou moins complètement ces fonctions.

Pour la littérature, voir un exposé général quelconque de la vision binoculaire.

¹ Pour ces points et ces anneaux, rien n'est plus commode que ceux qui sont préparés pour les jardins d'enfants — les « points et les anneaux de papier gommés de M^{me} Hailmann ».

213. *Augmentation du critère binoculaire; le téléstéréoscope.* — Le téléstéréoscope est un instrument destiné à augmenter la différence entre les images d'objets réels qui se forment dans les deux yeux, et par conséquent l'influence du facteur binoculaire dans la perception de leur relief. On en comprendra facilement le principe par la figure ci-dessous, dans laquelle les lignes fortes représentent des miroirs et les lignes fines la marche des rayons de lumière.

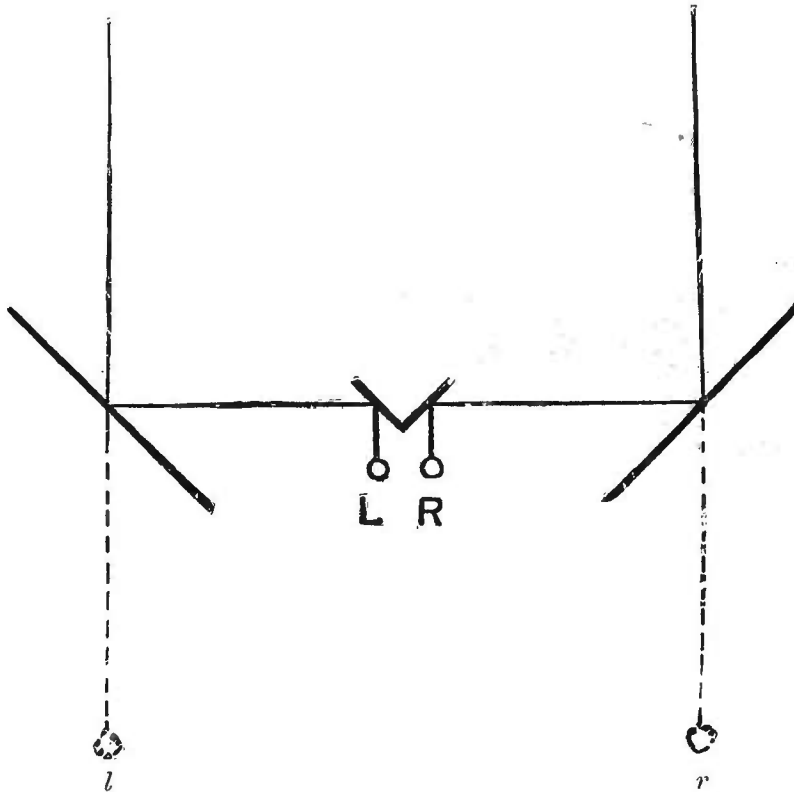


Fig. 84.

Les rayons réfléchis par les grands miroirs sont de nouveau réfléchis par les petits miroirs, et ainsi atteignent les yeux en L et R. L'œil droit voit donc les objets comme s'il se trouvait en r , et le gauche comme s'il se trouvait en l . Par raison pratique on a fait la distance interoculaire égale à lr .

Faites du stéréoscope de Wheatstone un téléstéréoscope en faisant tourner les porte-figures, et les amenant aux

extrémités de leur parcours. Placez-le devant une fenêtre ouverte donnant sur un paysage qui offre beaucoup de détails, ou même à l'extrémité d'une grande chambre — quoique dans ce cas il puisse être bon de diminuer quelque peu la distance des miroirs. Réglez l'instrument jusqu'à ce que vous obteniez une vue nette et facile à fusionner du paysage. Le résultat sera un accroissement marqué du relief binoculaire des objets perçus. L'effet est souvent celui d'un petit modèle, où, naturellement, il y aurait pour les yeux normaux la même faculté de voir une partie des deux côtés des maisons et des arbres plus considérable que de coutume, combinée avec les mêmes petites images rétinienne¹

Il peut être très difficile, si l'instrument est grossièrement construit, d'amener les images fournies par les grands miroirs exactement à la même hauteur ; mais on y réussira en s'y prenant avec précaution. La position finale doit être telle qu'elle ne provoque pas d'efforts exagérés des yeux. Comme dans beaucoup d'autres expériences binoculaires, l'effet probablement s'accroîtra lorsqu'on promènera les yeux d'un objet à l'autre, et qu'on fera attention aux distances.

Helmholtz, *A*, 793 s., 831 ; Fr. 821 s., 861 (647 s., 681).

214. *Renversement du critère binoculaire ; le pseudoscope.* — L'effet du pseudoscope sur un objet équivaut à interchanger les images reçues par les yeux, de sorte que l'image appartenant à l'œil droit ressemble à l'image ordinaire de l'œil gauche, et *vice versa*. Le résultat, lorsqu'on observe les conditions requises, est un renversement ou une inversion du relief binoculaire de l'objet. L'instrument consiste en deux prismes à réflexion totale, dont les

¹ La différence entre les images binoculaires n'est toutefois pas le seul facteur ; car un simple accroissement de convergence, sans augmentation de la distance interoculaire, produit un effet très semblable, comme on peut s'en assurer en observant le paysage avec un prisme de 10 à 20° qu'on tient devant un œil (l'arête du côté du nez), tandis que l'autre œil reste libre.

faces réfléchissantes sont placées verticalement, et un peu inclinées vers le plan médian.

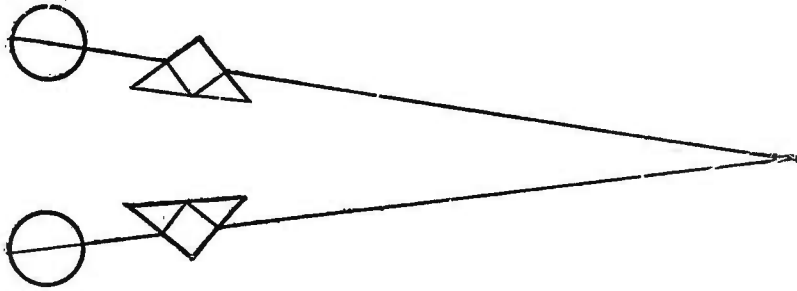


Fig. 85.

L'œil droit voit le côté droit de l'objet réfléchi dans le prisme droit, et ainsi renversé. L'œil gauche voit le côté gauche de l'objet également réfléchi et renversé. Les points de l'objet qui normalement requièrent un accroissement de convergence en requièrent maintenant moins, et *vice versa*. Lorsqu'on se sert de l'instrument, on doit le régler en faisant varier la distance des prismes et leur inclinaison par rapport au plan médian jusqu'à ce que les images fusionnent facilement et environ avec le degré de convergence requis pour la vision normale de l'objet.

L'effet pseudoscopique paraît tout à fait capricieux, certains objets apparaissant tout de suite avec relief renversé, d'autres se refusant au changement. Il se manifeste surtout avec des modèles géométriques simples en fils métalliques et d'autres formes qui sont également familières dans les deux reliefs (par exemple les médaillons de l'expérience 203) et pour lesquelles les critères monoculaires sont faibles ou font défaut. Dans d'autres cas, le renversement est difficile, ou seulement partiel. Essayez avec des formes simples en fil métallique, puis avec de plus compliquées, telles que des boîtes, des bouteilles, des vases, et finalement avec le visage humain, — un petit buste ou le visage d'un aide. Dans tous les cas, il faut prendre soin d'éviter l'intervention de critères monoculaires.

Tous les phénomènes pseudoscopiques les plus importants peuvent être obtenus avec des figures stéréoscopiques, lorsque celles destinées à l'œil droit sont vues avec l'œil gauche. Les formes géométriques ordinaires renversent immédiatement leur relief lorsqu'on les combine alternativement en vision directe et en vision croisée, avec les yeux libres ou le haploscope. Les résultats sont incomplets et douteux lorsqu'on essaie avec des figures plus compliquées, surtout s'il y a des ombres et si la perspective est forte. Avec des photographies stéréoscopiques, les échecs sont fréquents. Essayez avec n'importe quelle série convenable de photographies stéréoscopiques.

Wheatstone, *B*, 10 ss. ; Brewster, *A*, 208 ss. ; Helmholtz, *A*, 791 ss. ; Fr. 819 ss. (646 ss.) ; Aubert, *A*, 625 ; Le Conte, *A*, 129 s. ; Stevens, *A*, 447.

215. *Estimation de la profondeur avec les deux yeux.* — L'estimation absolue de la profondeur ne peut être facilement l'objet d'expériences, à cause de la difficulté d'exclure des estimations relatives de différentes sortes¹ Lorsque celles-ci sont exclues, les jugements sont extrêmement incertains, comme on le verra à l'expérience 217. Pour l'estimation de la distance d'objets inconnus dans ces conditions, voir Wundt, *B*, et Rouse.

L'appréciation de la profondeur relative peut être facilement l'objet d'expériences, et présente une exactitude surprenante. Dans la figure suivante, la différence d'espacement des lettres ne frappe pas, lorsqu'on les considère de la façon ordinaire. Mais lorsqu'on combine les deux figures binoculairement, on observe des différences de niveau considérables.

Le même fait se produit pour des figures quelconques qui présentent de légères différences dans la position relative de leurs parties. En fait, les différences nécessaires

¹ Cf les remarques concernant l'estimation absolue de la position des lignes de fixation, expérience 176.

pour produire une impression de relief sont si faibles qu'il est extrêmement difficile de tracer deux figures, par exemple deux carrés ou deux hexagones qui, binoculairement combinés, paraissent sans relief. Les numéros 34 et 35 de la

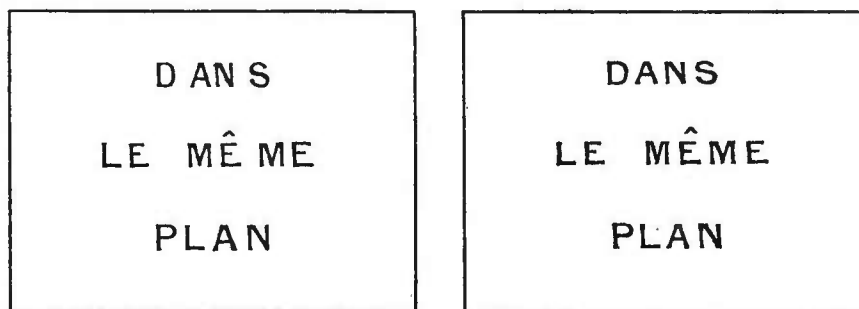


Fig. 86.

série de Martius-Matzdorff sont excellents pour démontrer cet effet. Pour des déterminations quantitatives de l'exactitude de l'estimation binoculaire de la distance relative, voir Helmholtz, *A*, 790 ; Fr. 817 s. (644 s.) ; et Wundt, *A*, 4^e édit., 135, et *B*.

Helmholtz, *A*, 788 ss., 795 ss. ; Fr. 814 ss., 823 ss., (642 ss., 649 ss.) ;
Hering, *A*, 413 ss., 551.

216. *Conflit de la localisation binoculaire et de la localisation monoculaire.*

a. A une petite distance devant un fond uniforme tendez un fil verticalement avec un morceau de plomb. Regardez le fil d'une distance de 8 ou 10 pouces (20 ou 25^{cm}), en tenant un morceau de carton de presque cette longueur dans le plan médian de façon à cacher pour l'œil droit tous les objets qui sont à gauche du fil, et pour l'œil gauche tous les objets qui sont à droite. Fixez le fil fermement pendant un court espace de temps, puis essayez de le toucher avec un crayon ou avec une aiguille que vous approcherez de côté, perpendiculairement au plan médian. Le crayon naturellement ne sera vu que par un œil, jusqu'à ce qu'il soit près du fil. Continuant de fixer fermement le

fil, amenez le crayon à environ deux ou trois pouces (5 ou 7^{cm}) du fil, puis par un mouvement rapide essayez de toucher celui-ci. Le crayon passera derrière. C'est là la forme de l'expérience indiquée par Helmholtz, qui dit, de plus, que l'erreur est petite si la tête est mise en position pendant que les yeux sont fermés et si on essaie de toucher immédiatement après avoir ouvert les yeux, mais qu'elle augmente avec une fixation prolongée, peut-être par suite de fatigue des muscles des yeux.

En répétant cette expérience, l'auteur a trouvé l'illusion entièrement renversée par un très léger changement des conditions. Si la fixation du fil n'est pas maintenue continuellement, et si on fixe et essaie directement de placer à la distance apparente du fil le crayon lui-même (monoculairement, cela va sans dire, excepté dans la mesure où l'autre œil converge sympathiquement), le crayon passe en deçà et non au delà du fil.

b. On peut aussi au moyen de figures constater des différences entre la localisation monoculaire et la localisation binoculaire. Dessinez en traits forts deux cercles dont les centres soient à 4 ou 5 pouces (10 ou 12^{cm}) de distance. Combinez-les en vision croisée, et tenez une plume à l'intersection des lignes de fixation. Si maintenant vous faites aller rapidement la plume par le point d'intersection en deçà et au delà de ce point, vous la verrez tantôt en deçà, tantôt au delà du cercle central, comme on pouvait s'y attendre; mais si vous la rapprochez de la figure et la maintenez là, ou si vous la faites d'abord avancer en partant d'un point situé au delà du point d'intersection, le cercle central pourra vous paraître situé dans le plan de la figure ou près de ce plan, ou du moins au delà de la plume, quoique les images doubles de celles-ci soient directes. La localisation de la plume en deçà du cercle dépend probablement du fait qu'on connaît la distance de la main qui la tient, de l'effort plus grand d'accommodation nécessaire pour la voir nettement (l'accommodation se fait pour la

distance même des figures si leurs lignes sont vues nettes), et de l'empiétement des images de la plume sur le cercle, lorsque le fait se produit. Ces influences s'unissent pour faire localiser plus près et à peu près correctement la plume. Il est à peine nécessaire de signaler le peu d'importance que de telles expériences permettent d'attribuer à la convergence des lignes de fixation considérée comme critère visuel. Cf. aussi expérience 217 *a*.

On remarque des différences de localisation à peu près semblables lorsqu'on fusionne binoculairement les cercles de la figure ci-dessous. La fusion donne trois cercles empiétant l'un sur l'autre. Les cercles latéraux peuvent paraître situés soit devant, soit derrière le cercle central, ou bien les trois cercles peuvent sembler situés dans des plans différents.

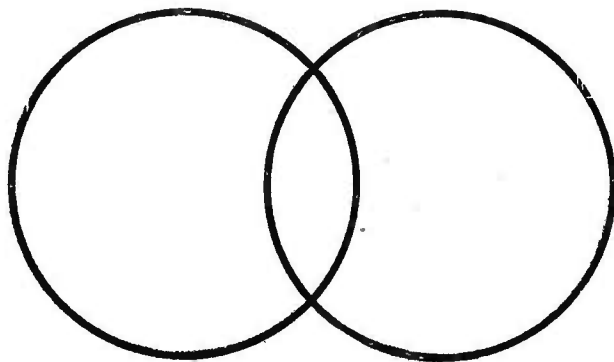


Fig. 87.

c. Différents observateurs compétents déclarent que les objets, surtout les objets éloignés, semblent se rapetisser lorsqu'on les regarde avec un seul œil. Essayez l'expérience, en couvrant l'un ou l'autre œil avec un morceau de carton¹.

¹ L'auteur n'a pas obtenu un résultat uniforme avec cette expérience, peut-être parce qu'il a négligé quelque condition non spécifiée par ceux qui l'ont rapportée, ou peut-être à cause de quelque différence entre ses deux yeux. Lorsqu'il la réussit, le rapetissement ne se produit pas immédiatement, mais une seconde ou deux après l'interposition du carton. Le rapetissement, lorsqu'il a lieu, paraît s'associer à une localisation plus rapprochée de l'objet; mais quelquefois il se produit une localisation inverse, et les objets semblent plus éloignés.

d. Il n'est nullement facile d'obtenir séparément soit une vision binoculaire, soit une vision monoculaire. L'expérience suivante montre la coopération du second œil dans des circonstances qui pourraient paraître d'abord monoculaires. Procurez-vous un tableau qui représente une étendue considérable en profondeur, empêchez un œil de voir, en tenant une carte à un pouce environ devant, fixez un point du tout premier plan, par exemple le bord du tableau, et éloignez la carte. Le changement d'aspect sera peu marqué. Couvrez l'œil de nouveau, choisissez un point de l'extrême arrière-plan, et faites-vous une idée nette de son éloignement en comparant sa distance avec celle d'objets du premier plan. Finalement, fixez le point choisi, et enlevez la carte. Des images doubles du point seront vues pendant un instant, montrant que les yeux ont pris un degré de convergence qui correspond à une distance plus grande que celle du plan du tableau.

Helmholtz, *A*, 796; Fr. 824 (650); Hyslop, *A* et *B*; James, II, 143; Aubert, *A*, 620.

217. *Changements dans la convergence et dans la grandeur des images rétiniennes.*

a. Changements dans la convergence, avec images rétiniennes constantes. Cette question a déjà été en partie traitée dans l'expérience 211 *a*, mais la méthode employée ici a certains avantages. Disposez le stéréoscope de Wheatstone de manière que la fusion des figures ait lieu sans efforts des yeux. Puis éloignez lentement de l'observateur les deux bras de l'instrument en même temps, en continuant la fusion. Il faudra une convergence croissante, et la grandeur apparente de l'image résultante diminuera, quoique la distance des figures aux yeux, et par conséquent la grandeur de leurs images rétiniennes, demeure constante. En ramenant les bras à leur position première, on constatera un agrandissement apparent de l'image. On peut essayer grossièrement la même expérience

en coupant en deux une figure binoculaire ordinaire, en tenant les deux moitiés à bout de bras, en les combinant en vision croisée, et en écartant graduellement les figures, tandis qu'on maintient la combinaison. L'image résultante se rapetisse nettement, à mesure qu'on éloigne l'une de l'autre les figures, et s'agrandit à mesure qu'on les rapproche. En étudiant l'image résultante dans l'un ou l'autre cas on pourra constater que sa position finale est plus près ou plus loin, mais pendant le mouvement c'est le changement de grandeur qui frappe le plus. Le critère de la convergence a, pendant le mouvement, peu d'influence sur la distance perçue, qui est déterminée d'autre façon; mais le changement de convergence agit pour modifier la grandeur apparente. Dans les deux cas l'accommodation, si les images restent nettes, demeure constante; et son influence, si elle existe, contribue à maintenir constante la distance apparente.

On peut aussi obtenir des images rétinienne de grandeur constante, sous la forme d'images consécutives, et modifier alors le degré de convergence des yeux fermés sans agir directement sur l'accommodation. Essayez avec l'image consécutive d'une flamme de gaz, obtenue d'une distance de 8 ou 10 pouces (20 ou 25^{cm}). La convergence produira souvent à la fois un rapetissement et une localisation à une distance moindre. C'est là ce que l'auteur constate, mais Scharwin et Novizki rapportent un résultat différent obtenu dans des circonstances qui paraissent pour tous les points essentiels avoir été les mêmes.

b. Effets du changement de grandeur des images rétinienne sans changement de convergence. Disposez l'instrument comme pour *a* ci-dessus. Puis rapprochez ou éloignez des miroirs les deux figures en même temps. Il en résultera une augmentation ou une diminution de la distance apparente de l'image résultante, quoique le degré de convergence soit resté le même. La différence de grandeur de l'image rétinienne peut être reconnue comme telle; mais

le changement de distance paraît être l'interprétation la plus naturelle, probablement parce qu'on sait qu'il y a mouvement simultanément des figures. L'état de la convergence paraît n'exercer aucune influence, et le résultat est exactement le même que celui qu'on observe lorsqu'on fait l'expérience avec un seul œil. Dans ce cas l'accommodation change en même temps que la distance des dessins.

On peut essayer la même expérience avec le haploscope disposé pour la vision parallèle, ou avec le stéréoscope ordinaire en rapprochant ou éloignant simplement les portefigures des yeux.

Wheatstone, *B*, 2 ss.; Helmholtz, *A*, 795; Fr. 823 (649); Hillebrand, *A*, 42; Rogers, *A*, 93 ss.; Stevens, *B*, 292 ss.; Judd.

218. *Mouvement des yeux dans la perception du relief.*

— Quelques-uns des premiers expérimentateurs dans ce domaine ont supposé que la fixation successive des différentes parties d'un objet était nécessaire pour la perception binoculaire de son relief, ou, en d'autres termes, que des mouvements des yeux, grâce auquel les parties fussent successivement vues simples, étaient essentiels. De tels mouvements sont probablement d'un grand secours, mais ils ne sont nullement nécessaires.

a. Expérience de Hering avec une balle qui tombe. — Disposez un tube de carton assez large pour permettre la vision binoculaire, et d'environ un pied (30^{cm}) de long, de manière qu'il soit dirigé vers un fond blanc éloigné d'environ deux mètres. A une petite distance de l'extrémité du tube placez un grand écran percé d'une fente horizontale étroite, par exemple 5 millimètres de large et 150 millimètres de long. A un mètre environ de l'écran suspendez un fil à plomb fait avec un fil de soie et un morceau de plomb, de façon à ce que ses extrémités ne puissent être vues par la fente. Priez l'observateur de regarder par le tube et de fixer le fil. Puis priez l'expérimentateur de laisser tomber une petite balle ou un gros grain de plomb d'une hauteur

modérée, un peu en avant ou en arrière, et un peu latéralement par rapport au fil. Lorsque l'objet passera au niveau de la fente, l'observateur l'apercevra pendant un instant; et il pourra facilement dire ce qui a eu lieu, à moins que la distance de la ligne de chute n'ait été très voisine de celle du fil. La grosseur de la balle employée ne doit pas être connue de l'observateur, et il est bon de la faire varier d'une épreuve à l'autre. Il est nécessaire aussi que la main ou une étoffe épaisse la reçoive en bas de sa chute, pour empêcher qu'on ne juge d'après le bruit produit. Faites aussi quelques expériences avec vision monoculaire, à titre de comparaison et de contrôle. L'observateur doit dans ce cas se tromper à peu près aussi souvent que répondre juste, à un moment où les distances du fil à la balle sont encore telles que l'estimation binoculaire est à peu près toujours correcte.

b. Placez le fil à un pied du tube, et augmentez la distance en avant ou en arrière à laquelle la balle tombe, jusqu'à ce que des images doubles de cette dernière puissent être perçues. Remarquez qu'on reconnaît qu'elles-mêmes sont devant ou derrière le fil. Comme il est un peu difficile de voir les images doubles dans ces circonstances, la balle doit tomber aussi près que possible de la ligne du fil, de manière que les images apparaissent de part et d'autre du fil.

c. *L'éclairage instantané fournit une méthode dont les applications sont plus variées.* Disposez la boîte obscure pour l'éclairage instantané. Préparez plusieurs figures stéréoscopiques faites spécialement pour la boîte obscure, en les dessinant en traits forts sur du carton opaque, et en ne faisant pas la distance entre les points symétriques des figures associées plus grande que la distance interoculaire. Au milieu faites de fins trous d'aiguille. Mettez une des paires de figures en place sur la paroi postérieure de la boîte; priez l'observateur de fusionner les deux trous d'aiguille soit par vision croisée, soit par vision directe, et

éclairer les figures. Si la lumière est suffisante et si le relief du dessin est net, le rapport des parties sera reconnu immédiatement. Si un seul éclairage ne suffit pas, répétez, mais à des intervalles de quelques secondes ¹

On peut varier ces expériences en éclairant instantanément des objets réels au lieu de figures, ou plus simplement encore en faisant passer des étincelles par un tube de Geissler placé en perspective, ou en observant le trajet irrégulier de longues étincelles d'induction.

Une autre méthode pour démontrer la perception binoculaire du relief sans mouvements des yeux a été employée par Rogers et d'autres expérimentateurs. Elle repose sur la combinaison d'images consécutives produites successivement dans les deux yeux, mais elle est d'un emploi assez difficile.

Helmholtz, *A*, 889 ss.; Fr. 934 ss. (739 ss.); Hering, *A*, 407 s., 427; Rogers, *B*; Stevens, *B*; Le Conte, *A*, 148 ss.; Greef; Du Bois-Reymond; Aubert, *A*, 617.

219. *Mouvements non habituels des yeux pour produire la fusion binoculaire.* — Parmi les mouvements possibles des yeux un petit nombre seulement sont soumis au contrôle direct de la volonté, mais on peut les produire presque tous indirectement et à un faible degré en les rendant momentanément nécessaires pour la vision simple.

a. Mouvements divergents. On peut provoquer de faibles mouvements divergents en rapprochant graduellement les bras du stéréoscope de Wheatstone de l'observateur et

¹ Pour que le relief puisse être perçu immédiatement et correctement, il faut évidemment que les impressions reçues par les deux yeux ne soient jamais interchangées; que, comme dit Le Conte, chaque œil « connaisse sa propre image ». La comparaison générale des champs monoculaires révèle peu de chose qui puisse empêcher les images de s'interchanger (Cf. expérience 206), mais les observations pénétrantes de Schön ont démontré que les sensations produites en des points correspondants diffèrent sous le rapport de la netteté, de l'intensité, de la couleur, de l'aptitude à persister dans le cas d'antagonisme, et à d'autres égards encore; et c'est sur ces différences probablement que repose la certitude de l'interprétation binoculaire correcte.

dépassant le point qui correspond à la vision parallèle, pendant que l'observateur maintient la fusion des figures.

Le même effet peut être obtenu avec une figure comme celle qui est reproduite ci-contre en réduction, l'observateur fusionnant d'abord les figures dont

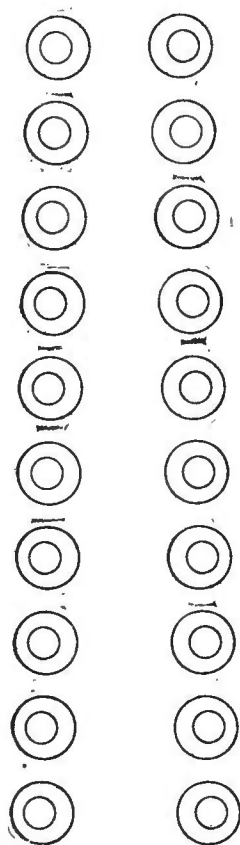


Fig. 88.

la distance est égale ou inférieure à sa distance interoculaire, puis passant lentement, degré par degré, à celles dont la distance dépasse de plus en plus la précédente. Les centres de chaque paire de petits cercles sont à la même distance que les centres des grands cercles de la figure immédiatement inférieure; par conséquent, lorsque la petite base du premier tronc de cône est vue simple, la grande base du second est vue simple aussi, et ainsi de suite. Peut-être la notion d'une plus grande distance, qui se produit lorsqu'on passe des grands cercles aux petits, est-elle d'un certain secours, mais une figure dans laquelle les cercles sont concentriques, donne d'à peu près aussi bons, ou d'aussi bons résultats. Remarquez aussi que la divergence ne modifie en rien la localisation

médiane en avant de l'image résultante, et qu'elle change peu sa distance apparente.

b. Mouvements asymétriques. Il est facile de forcer un œil à tourner en haut pendant que l'autre reste immobile, en imprimant un mouvement correspondant à l'une des figures dans le stéréoscope de Wheatstone ou le haploscope; ou de le forcer à tourner en dedans et en haut, tandis que l'autre se meut en dedans et en bas, en faisant tourner une figure stéréoscopique ordinaire dans son plan, pendant qu'on la fusionne avec les yeux libres. Dans tous les cas le mouvement doit être très lent; et si la fusion

tend à cesser, il faut laisser un peu de temps pour qu'elle se rétablisse, ou revenir à un point où elle est plus facile.

Quelque chose de semblable peut être réalisé avec un prisme de petit angle qu'on tient d'abord devant l'œil, l'arête du côté du nez, puis qu'on fait tourner lentement autour de la ligne visuelle.

c. Rotation de l'œil autour de la ligne visuelle. On peut la produire en faisant tourner graduellement l'une des figures d'une paire stéréoscopique ou les deux autour de leurs centres, pendant la fusion. Il est bon de se servir d'une figure géométrique assez complexe; et il faut juger de la réussite d'après les lignes horizontales, et non d'après les verticales, attendu que ces dernières peuvent rester simples sans rotation de l'œil.

Helmholtz, *A*, 631 ss., 799 s., Fr. 615 ss., 827 s. (474 ss., 653 s.);
Hering, *A*, 504 ss.; Le Conte, *A*, 252 ss.; Stevens, *A, B*, 290 ss.

220. *Conditions qui favorisent ou qui empêchent la vue d'images doubles.* — L'une de ces conditions a déjà été mentionnée incidemment dans l'expérience 209 *a*; quelques autres sont réunies ici. La faculté de distinguer les images doubles semble différer considérablement d'une personne à l'autre, et les indications spéciales données ici peuvent pour cette raison ne pas convenir pour certains observateurs; mais les modifications à y apporter seront évidentes.

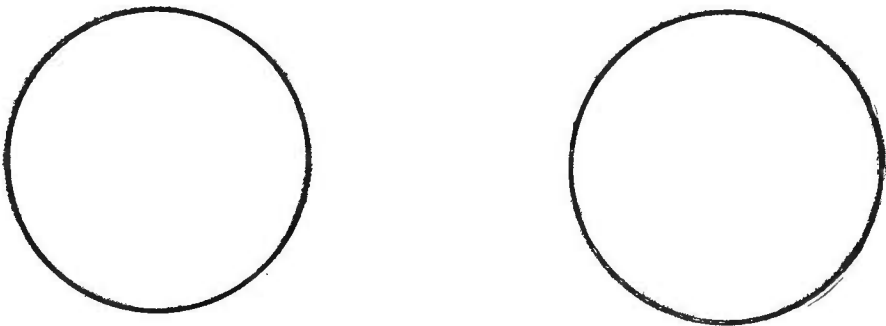


Fig. 89.

a. Des figures semblables de grandeur légèrement diffé-

rente peuvent fusionner sans images doubles. Essayez avec la figure ci-dessus, dans laquelle le cercle de droite est d'un millimètre plus grand comme diamètre que celui de gauche, ou avec la figure n° 13 de Martius-Matzdorff.

On peut aussi faire l'expérience en éloignant graduellement (ou rapprochant) un des dessins du miroir dans le stéréoscope de Wheatstone. Wheatstone fait remarquer que la fusion d'images d'inégale grandeur est un fait normal dans la vision d'objets situés à l'extrême droite et à l'extrême gauche du champ de fixation binoculaire.

b. Les images dédoublées verticalement sont plus faciles à distinguer que les images dédoublées horizontalement. Essayez avec la figure ci-dessous (d'après Wundt). Le second cercle à partir du centre et le cercle extérieur sont égaux dans les deux figures, le premier et le troisième sont inégaux. Ces derniers fusionnent sur les côtés, mais présentent des images doubles en haut et en bas.

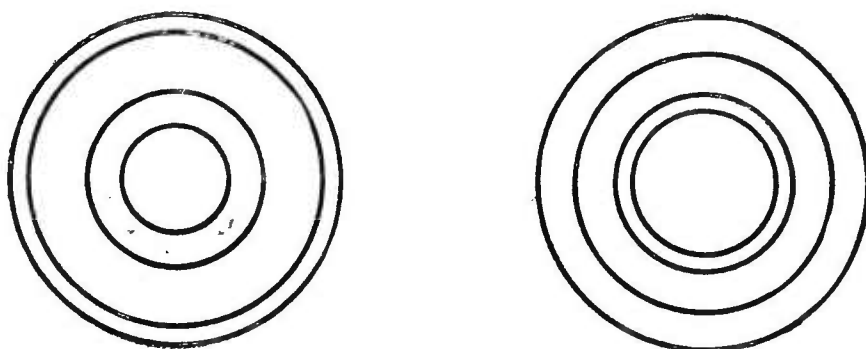


Fig. 90.

c. De légères différences entre les figures à fusionner, si ces différences ne sont pas facilement susceptibles d'interprétation spatiale, peuvent empêcher la fusion, et favoriser les images doubles. Essayez avec les figures ci-dessous.

Si l'on couvre une partie de l'une des lignes droites dans l'une des figures de la première paire, l'effet est analogue à celui du point dans la seconde, et de la barre transversale dans la troisième.

d. Le mouvement des yeux, qui amène l'une après l'autre les parties des figures sur des points rétinien correspondants, tend à rendre moins nettes les images doubles ; une fixation ferme tend à les faire ressortir, surtout lorsque l'antagonisme rétinien a commencé. Essayez avec la première des figures ci-dessus. Pour cette raison la présence dans les figures de lignes qui incitent l'œil à se mouvoir (lignes de fixation de Wundt) est souvent un obstacle à l'apparition d'images doubles. Cf. un effet semblable des mouvements des yeux sur les images consécutives, expérience 126.

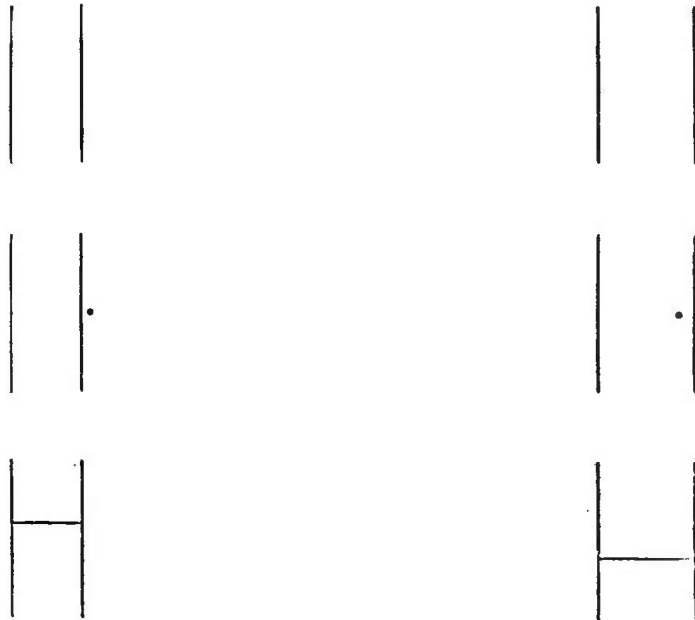


Fig. 91.

e. Si la fixation n'est pas maintenue avec soin, les images doubles peuvent passer inaperçues même près du point de fixation. Fusionnez les croix dans la figure ci-dessus, et remarquez que les lignes verticales de droite forment une ligne plus ou moins exactement continue dans l'image résultante. Observez, de plus, que de légers efforts pour augmenter ou diminuer la convergence, efforts qui peuvent même se produire spontanément, ont pour effet de faire se déplacer ces lignes un peu l'une par rapport à

l'autre, tandis que la croix centrale continue de rester simple.

Helmholtz, *A.*, 874 ss., Fr., 916 ss. (725 ss.); Hering, *A.*, 432 s.;
Wheatstone, *A.*, 385 s.; Rogers, *A.*, (XX) 331 ss. (XXI) 85 ss.,
181; Wundt, 4^e éd., II., 192 ss.

221. *Stéréoscopie; autres exemples.* — Les cas suivants ne diffèrent en aucun point essentiel de ceux qui ont déjà été considérés dans l'expérience 212. Ils ont un certain

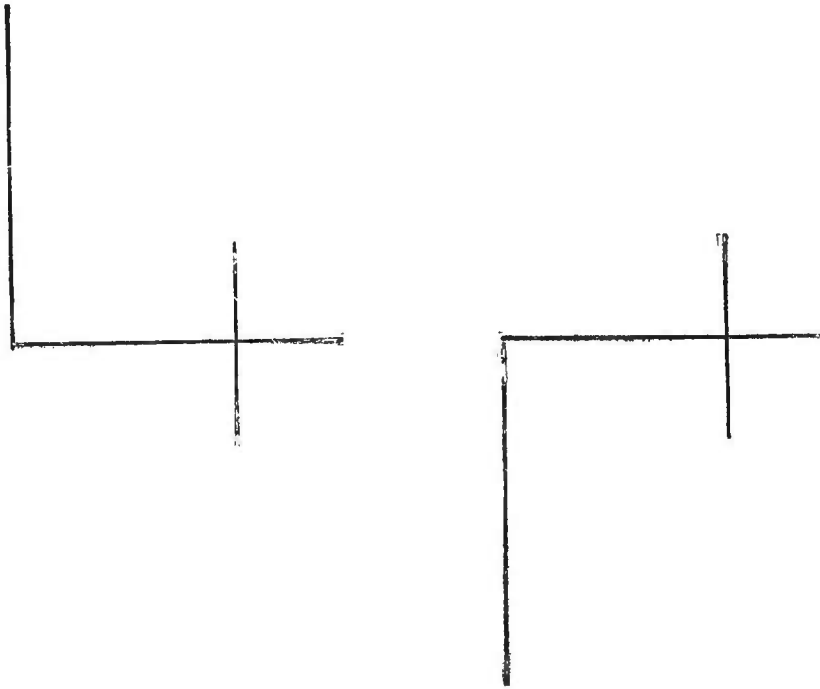


Fig. 92.

intérêt cependant, en ce qu'ils présentent les mêmes principes dans des circonstances diverses.

a. Stéréoscopie avec figures en mouvement. — Sur un disque préparé pour l'appareil rotatif tracez deux cercles épais disposés comme en A, le grand exactement concentrique au disque, le petit excentrique ¹

¹ Les dimensions suivantes donneront un résultat satisfaisant. : Diamètre du disque, 12 pouces (30^{cm}); diamètre du grand cercle, 10 pouces (25^{cm}); diamètre du petit cercle, 6 pouces (15^{cm}); distance du centre du petit cercle au centre du disque, un demi-pouce (12^{mm}); lignes des cercles, environ un dixième de pouce d'épaisseur (2^{mm},5).

Placez le disque sur l'appareil rotatif dans le plan médian de l'observateur, et à une distance de 10 ou 12 pieds (3 ou 4^m). Devant son œil gauche placez un prisme à réflexion totale, la surface réfléchissante parallèle au plan médian et l'arête verticale; — un des prismes du pseudoscope fera entièrement l'affaire. Placez le disque de manière que le petit cercle se trouve dans sa position la plus éloignée hori-

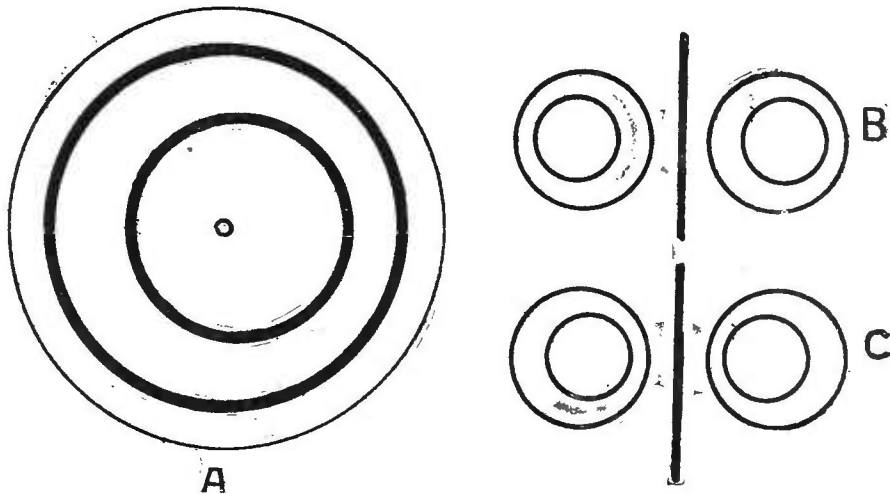


Fig. 93.

zontalement à droite ou à gauche, et priez l'observateur de l'examiner en regardant avec l'œil gauche à travers le prisme, et en regardant avec l'œil droit directement le disque. Si la fusion binoculaire est impossible, réglez la position du prisme jusqu'à ce qu'elle se produise. Puis imprimez au disque une rotation lente, et l'observateur verra le cercle intérieur s'avancer et reculer au travers du grand avec une espèce de mouvement de piston qui est très frappant. A ce mouvement s'associent des changements dans la grandeur apparente du cercle. La raison pour laquelle le cercle avance et recule se comprendra facilement, si on remarque que le disque et son image réfléchi, produisent successivement en tournant des paires stéréoscopiques telles que B et C, avec des positions intermédiaires qui servent dans une certaine mesure à compléter l'illusion du mouvement en avant et en arrière.

Une expérience plus simple mais moins frappante est la suivante : Faites trois petits fils à plomb, au moyen de trois balles et de trois fils de soie, en donnant à ces derniers trois ou quatre pieds (environ 1^m) de long ; suspendez-les à environ trois pouces (8^{cm}) l'un de l'autre dans un même plan devant un fond blanc, à une hauteur telle que les balles soient environ au niveau des yeux. Servez-vous des balles comme de figures stéréoscopiques, et combinez-les en vision croisée de manière à produire quatre images, parmi lesquelles la paire du milieu consistera en l'image de la balle du milieu fusionnée avec celle de chacune des balles extérieures. Maintenant, tout en continuant la fusion, faites osciller très légèrement la balle centrale dans le plan des fils. L'effet sera un balancement apparent des deux images médianes dans des plans formant un angle considérable avec le plan réel, et dans des directions opposées.

b. Le stroboscope binoculaire. Si on présente aux deux yeux dans des positions légèrement différentes un objet en mouvement, ses deux images, quoiqu'elles ne soient pas exactement synchrones, peuvent être fusionnées binoculairement, et l'objet peut être localisé en conséquence. Essayez avec le stroboscope binoculaire. Placez les trois disques

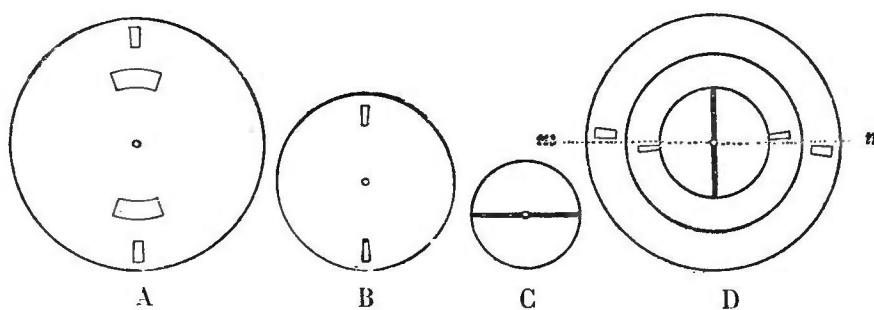


Fig. 94.

sur l'axe de l'appareil rotatif dans l'ordre A, B, C, de manière à obtenir une combinaison telle que D, en ayant soin que les fentes en A et B se trouvent sur des rayons éloignés l'un de l'autre de quelques degrés, et que la

bande tracée sur C soit verticale lorsque la ligne $m n$, bissectrice de l'angle compris entre les fentes, est horizontale. Placez l'appareil rotatif de manière qu'il soit bien éclairé, et disposez en face à une distance d'environ deux pieds (60^{cm}) un miroir assez grand pour qu'on y voie le disque C tout entier. Tout près du disque A, du côté le plus éloigné du miroir, placez un écran de carton noir percé d'une fente de longueur suffisante pour permettre l'emploi des deux yeux, et pas plus large que l'extrémité intérieure des fentes en B. Lorsque l'écran est en position, la fente doit être dirigée suivant un rayon du disque et se trouver à la hauteur de son centre, et elle doit permettre à l'observateur de voir l'image réfléchie des disques dans le miroir. Lorsque le disque est mis en rotation, l'observateur voit la bande qui se trouve sur C non pas dans le plan des disques, mais inclinée par rapport à lui. Ni le degré de vitesse, ni le sens de la rotation n'ont d'influence sur l'inclinaison apparente, mais un changement dans la position relative des fentes en A et B réduira l'inclinaison à zéro, ou en changera le sens. On se rendra compte facilement de la cause de l'inclinaison apparente en examinant les images reçues par les deux yeux séparément.

On démontre également le phénomène au moyen de l'appareil employé par Dvorak, mais le principe est le même.

c. Stéréoscopie par différence de couleur; expérience d'Einhoven. — Cette expérience repose sur l'aberration chromatique de l'œil déjà signalée dans les expériences 109 *b* et 184 *b*. Sur un fond de velours noir collez à 2 centimètres d'intervalle des bandes de papier alternativement bleues et rouges — de 1 centimètre de large et de 8 à 10 centimètres de long. Placez la figure de manière qu'elle soit bien éclairée, à une distance de 3 ou 4 mètres, et regardez-la avec les deux yeux. Les bandes de couleurs différentes ne paraîtront pas dans le même plan, certains observateurs verront plus près le rouge, d'autres le bleu.

Essayez aussi monoculairement, à titre de comparaison; la différence de distance sera faible ou n'existera pas.

L'aberration dépend principalement d'une légère excentricité de la pupille, et l'illusion peut croître ou se renverser si on couvre partiellement la pupille. Si le rouge a paru plus près, en couvrant les moitiés nasales des pupilles on le fera paraître encore plus près, tandis qu'en couvrant les moitiés temporales on fera paraître plus près le bleu. Un examen des figures qui accompagnent l'explication dans l'expérience 184 *b*, associé à l'expérience simple suivante, fera comprendre l'origine de l'effet stéréoscopique.

Au milieu d'une bande de papier bleu d'environ 1 centimètre de large sur 15 de long, collez une bande de papier rouge de la même largeur et de 5 centimètres de long, de manière à obtenir une bande bigarrée comprenant trois parties, les extrémités bleues, et le milieu rouge. Dans cette bande bigarrée coupez avec soin une bande de 5 millimètres de large et 15 centimètres de long et fixez-la sur un fond de velours noir. Placez-la de manière qu'elle soit bien éclairée, et regardez-la d'une distance de 3 ou 4 mètres avec un seul œil et la pupille à moitié couverte. Si on se sert de l'œil droit, et si c'est la moitié temporale que l'on recouvre, la partie rouge de la bande se déplace vers la droite ¹; si c'est la moitié nasale que l'on couvre, le rouge se déplace vers la gauche. La même chose est vraie pour l'œil gauche, en remplaçant temporal par nasal et réciproquement. Maintenant, si on couvre les moitiés nasales des deux pupilles, les images résultantes seront quelque chose comme la figure ci-dessous, où la ligne simple représente le bleu et la ligne double le rouge.

Il est évident qu'il faudrait un effort plus grand de convergence pour fusionner les images de la partie rouge de la bande que pour fusionner la partie bleue.

¹ La même chose, cela va sans dire, serait vraie si les deux se déplaçaient, le rouge à droite, et le bleu à gauche; mais, par raison de commodité, je me suis exprimé comme si le rouge seul se déplaçait.

d. Anaglyphes. Il n'est pas nécessaire que les figures stéréoscopiques soient séparées, pourvu qu'elles soient



Fig. 95.

disposées de façon que chaque œil ne perçoive que la sienne. On peut arriver à ce résultat en donnant une couleur différente à chacune des figures, puis en regardant la combinaison au travers de verres ou de feuilles de gélatine de couleurs telles que chaque œil ne puisse voir que la figure qui le concerne. Différents moyens ont été employés pour atteindre ce résultat. Une démonstration simple est la suivante :

Coupez un morceau de carton noir de dimensions telles

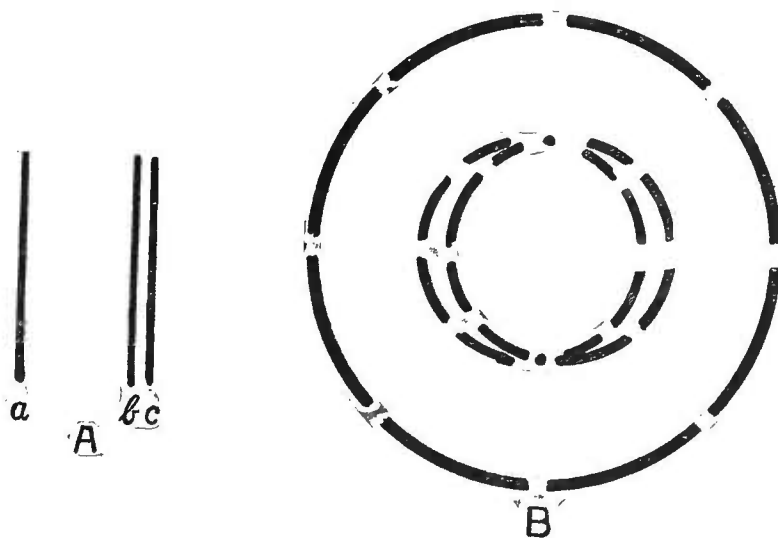


Fig. 96.

qu'il tienne exactement dans le châssis de la fenêtre et recouvre l'un des carreaux. Pratiquez dans ce carton trois fentes verticales étroites disposées comme en A, et faites

la distance entre a et b égale à environ deux pouces (5^{cm}) et celle entre b et c égale à environ un quart de pouce (6^{mm}). Les fentes elles-mêmes peuvent avoir trois ou quatre pouces (8 ou 10^{cm}) de long et un huitième de pouce de large (3^{mm}).

Derrière le carton et couvrant la fente a , collez une bande de papier blanc à écrire; derrière b , deux épaisseurs de gélatine rouge; et derrière c , une épaisseur de gélatine verte et une de gélatine bleue¹

Placez la figure dans le châssis de la fenêtre à une hauteur telle qu'elle soit vue sur un fond de ciel, et puis regardez-la au travers de combinaisons de gélatines pareilles à celles que vous avez employées pour la faire; c'est-à-dire de deux épaisseurs de gélatine rouge devant un œil, et d'une de verte et de bleue devant l'autre. Si le rouge est devant l'œil droit, les lignes fusionnées à droite sembleront en avant du plan du carton; s'il est devant l'œil gauche, elles sembleront en arrière. Si l'effet n'est pas net tout d'abord, on pourra peut-être l'aider par une augmentation ou une diminution volontaire légère de la convergence. Le tronc de cône ordinaire serait produit par une figure semblable à la figure B ci-dessus, dans laquelle les cercles intérieurs seraient recouverts comme il convient de gélatine colorée et les cercles extérieurs de papier.

e. Figure de Stevens. Préparez pour le stéréoscope de Wheatstone une paire de figures identiques, chacune composée de trois ou quatre cercles concentriques épais. Placez-les dans les châssis, et fusionnez-les stéréoscopiquement. Le résultat sera, naturellement, une image plane.

¹ Cette combinaison donne des résultats assez satisfaisants avec la gélatine ordinaire dont on se sert actuellement au laboratoire Clark. Avec d'autres espèces de gélatine il faudrait peut-être d'autres combinaisons. Ce qu'il faut chercher c'est une combinaison qui intercepte la lumière rouge aussi complètement que possible. On se rendra compte si l'on a trouvé la combinaison requise en la regardant à travers un morceau de gélatine rouge. Si elle paraît noire ou très foncée, la combinaison est bonne. Toute autre paire de couleurs complémentaires ferait évidemment l'affaire aussi bien que le rouge et le vert employés ici.

Faites tourner ensuite les châssis lentement autour d'un axe vertical de façon à ce que les dessins se rapprochent de plus en plus de la position où ils feraient face à l'observateur. Il en résultera un avancement des cercles du milieu, qui donnera à l'ensemble l'aspect d'un bouclier elliptique ou d'un verre de montre vu du côté convexe. Si l'on fait tourner les châssis dans la direction opposée, on obtient un effet semblable de concavité. L'expérience peut avec le même succès être faite au moyen d'un stéréoscope ou d'un haploscope pourvu de châssis qui puissent tourner, ou même avec les yeux libres et des figures tenues dans les mains. Le Conte montre toutefois que l'effet est complexe, et qu'il est dû en partie à une simple projection géométrique, et en partie à la fusion binoculaire.

Sur *a*, Helmholtz, *A*, 838, Fr. 869 s. (688); Christine Ladd Franklin, 411. Sur *b*, Dvorak. Sur *c*, Einthoven; Brücke, II, 198 s.; Brewster, *A*, 126 ss. Sur *e*, Stevens, *B*, 297 ss.; Le Conte, *B*, 104.

PERCEPTION VISUELLE DU MOUVEMENT

Dans le cas d'objets se mouvant lentement, comme une planète, ou même l'aiguille des heures d'une montre, le mouvement est manifestement inféré du fait qu'on voit l'objet successivement à des places différentes. Dans le cas d'objets se mouvant plus rapidement le mouvement semble être perçu immédiatement. C'est ce dernier cas que nous allons considérer. La première question serait naturellement celle de la vitesse pour laquelle l'inférence fait place à la perception immédiate. Cette question n'est nullement facile à résoudre à cause de la difficulté extrême qu'il y a à séparer les processus d'inférence et de perception; ils ont lieu en même temps et présentent un caractère semblable. Aubert et d'autres ont trouvé cette vitesse, dans des conditions favorables, d'une à deux minutes d'arc par seconde — l'œil étant considéré comme le centre du mou-

vement. Il n'est pas difficile de trouver des objets qui se meuvent avec environ cette vitesse. L'aiguille des minutes d'une grande montre (qui, par exemple, parcourt 2 millimètres par minute à son extrémité) regardée d'une distance d'environ neuf pouces (23 centimètres) donne la plus lente de ces vitesses, et on peut obtenir d'autres vitesses de même façon au moyen de pendules de différentes grandeurs¹. Le rôle considérable de l'inférence dans ces perceptions rend compte en partie de la grande difficulté qu'on éprouve à percevoir le mouvement d'un seul point lumineux dans un champ obscur.

Lorsque la vitesse du mouvement est assez rapide pour que la perception immédiate devienne un facteur important, on peut distinguer deux manières de se servir des yeux. On peut fixer les yeux sur l'objet qui se meut, et les mouvoir à mesure qu'il se meut, l'image rétinienne de l'objet ne se déplaçant ainsi à peu près point sur la rétine, tandis que les images de tous les autres objets se déplacent; ou bien on peut maintenir les yeux immobiles, auquel cas l'image rétinienne de l'objet en mouvement se meut et celles des autres objets restent fixes. Les deux méthodes ne donnent pas toujours les mêmes résultats dans la perception.

222. *Expérience de von Fleischl.* — La vitesse des objets en mouvement assez rapide paraît considérablement plus grande lorsque les yeux sont immobiles que lorsqu'ils suivent l'objet — deux fois plus grande suivant von Fleischl et Aubert. On peut facilement faire l'expérience, lorsqu'on est en tramway ou en voiture, en comparant la vitesse apparente du sol lorsque les yeux le fixent point après

¹ Pour l'auteur, le mouvement de l'aiguille des minutes, même lorsque la montre est placée à moins de 23 centimètres du visage, paraît irrégulier et perceptible avec plus de certitude lorsque l'aiguille passe juste devant l'un des traits qui marquent les minutes, ce qui indiquerait que pour lui du moins la vitesse est inférieure à celle du mouvement franchement perceptible.

point avec celle qu'il présente lorsqu'ils fixent le marchepied ou quelque autre partie du véhicule. Dans le laboratoire, on peut faire dans de bonnes conditions l'expérience au moyen d'un cylindre rotatif recouvert de papier portant des lignes ou des bandes fortement marquées et perpendiculaires à la direction du mouvement, devant lequel on place un fil de métal ou un support pour servir à la fixation, ou même au moyen d'un simple pendule composé d'un fil et d'un morceau de plomb, comme dans l'expérience 224¹.

223. *Images consécutives positives de mouvement*². — Lorsqu'on ferme soudainement les yeux après avoir fixé pendant peu de temps un objet en mouvement, on peut observer pendant un instant la continuation apparente du mouvement dans sa direction primitive. Il paraît probable que les deux manières de voir le mouvement (les yeux en mouvement et les yeux au repos) fournissent de telles images, la première par la continuation réelle du mouvement des yeux après l'abaissement des paupières, et la seconde par une inférence perceptive basée sur les images consécutives positives présentes. En étudiant les images il est naturellement essentiel de maintenir séparées ces deux espèces, et de les distinguer l'une et l'autre de la « mémoire primaire » ou « image consécutive de mémoire » (James, I, 643 ss.), quoique dans la vision normale toutes coopèrent

¹ En faisant l'expérience au moyen du cylindre et avec une vitesse de 5 centimètres par seconde environ, l'auteur a trouvé que l'augmentation de la vitesse apparente était assez nette, lorsque les yeux passaient du mouvement au repos. La diminution de la vitesse apparente, lorsque le changement se faisait en sens inverse, lui a semblé beaucoup moins certaine.

² Ces images consécutives auraient dû logiquement être étudiées en même temps que les images consécutives négatives de mouvement dans l'expérience 128, mais à l'époque où cette expérience a été décrite l'attention de l'auteur n'avait pas encore été appelée sur elles. Leur importance pour la théorie générale de la perception visuelle du mouvement suffit à justifier leur prise en considération ici.

probablement. Les expériences ne semblent pas du tout faciles à l'auteur, et il les présente avec quelque hésitation. Les indications suivantes, quoique les meilleures qu'aient suggérées jusqu'à présent les expériences tentées, seront faciles à remplacer à mesure que les phénomènes seront plus complètement étudiés.

a. On peut obtenir les images consécutives qui suivent l'observation avec yeux en mouvement en fermant soudainement les yeux après avoir observé des voitures passant dans la rue. Le mouvement peut quelquefois paraître continuer après que l'image consécutive rétinienne a entièrement disparu, et ce fait, joint à l'impression subjective nette d'un changement de direction du regard, paraît indiquer une continuation réelle du mouvement des yeux. Le bruit de la voiture peut contribuer et probablement contribue à cet effet, et conséquemment le cas n'est pas pur. On peut observer quelque chose de semblable après avoir fixé un pendule en mouvement. Ici le bruit ne joue aucun rôle.

b. Les images consécutives qui suivent l'observation avec les yeux immobiles se constatent le mieux après une très courte perception d'un mouvement assez rapide. On peut très facilement faire l'observation lorsqu'on voyage en chemin de fer, en considérant des objets situés à 10 ou 15 mètres de la ligne du côté du wagon opposé à celui où l'on est assis. Lorsque de tels objets vont probablement passer, l'observateur doit choisir un point sur le bord antérieur de la fenêtre comme point de fixation, puis fermer les yeux, ou les détourner de la fenêtre. Lorsque ses yeux sont débarrassés de toute image consécutive, il doit les ouvrir, ou les tourner de nouveau vers la fenêtre, fixer le point choisi pendant peut-être une demi-seconde, fermer les yeux aussitôt et remarquer le mouvement apparent des objets vus dans l'image consécutive. Ce premier moment de l'image consécutive ne dure qu'une fraction de seconde, puis commence la succession ordinaire des couleurs (expé-

rience 125 d). Dans l'image consécutive rien des objets en mouvement ne peut être reconnu, mais la netteté de l'image de la fenêtre prouvera que la fixation s'est approximativement maintenue. Dans le laboratoire on peut obtenir l'image en mouvement au moyen d'un disque blanc d'un pied (30^{cm}) environ de diamètre, portant un grand nombre de bandes radiales épaisses semblables aux rais d'une roue. Un disque de cette espèce, tournant assez rapidement pour que les extrémités des rayons se brouillent légèrement, produit l'effet cherché lorsqu'on ferme les yeux ou qu'on interpose un morceau de carton noir.

Cette expérience paraît montrer que la perception du mouvement avec les yeux immobiles est basée sur l'interprétation perceptive de la traînée évanouissante des images consécutives positives laissées par l'image rétinienne en mouvement, et à peu près de la même façon que la perception du relief est basée sur une interprétation perceptive de l'assombrissement des couleurs dans les parties ombrées des objets ¹

Otto Fischer est arrivé à la même opinion par des expériences d'un caractère tout différent; voir son étude, p. 144 s.

Stern.

224. *Perception du mouvement dans la vision indirecte.*

— a. Le mouvement peut être perçu par vision indirecte alors que les points qui en marquent le commencement et la fin sont trop rapprochés pour pouvoir être distingués avec certitude quand il n'y a pas mouvement. Disposez l'appui-tête du campimètre à huit ou dix pouces (20 ou 25^{cm}) du plan; fixez sur le campimètre une bande de papier

¹ On peut encore invoquer un peu à l'appui de cette idée les méthodes employées parfois dans des esquisses grossières pour indiquer le mouvement des boulets de canon et d'autres objets semblables. Il serait intéressant de voir si le dessin d'un objet, suivi d'une ombre qui imiterait bien la traînée de l'image consécutive, donnerait l'impression d'un mouvement à l'éclairage instantané.

de quelques pouces de large et de deux pieds (60^{cm}) de long, en plaçant la bande horizontalement et le milieu de la bande dans le plan médian. Près de l'extrémité droite, et juste dans le champ de l'œil gauche, placez quatre points noirs, chacun d'un huitième de pouce (3^{mm}) de diamètre, aux coins d'un carré d'un demi-pouce (12^{mm}) de côté. Fermez l'œil droit, et trouvez avec le gauche un point de fixation à une distance telle à gauche que les points noirs ne puissent plus être distingués. Pendant qu'on cherche ce point, les points noirs doivent être couverts la plus grande partie du temps avec un morceau de papier comme celui du plan, et l'observation doit avoir lieu au moment où on les découvre, parce que les impressions rétiniennes à la périphérie s'effacent très rapidement. Ayant trouvé ce point de fixation, amenez dans le champ suivant une direction radiale, en partant de plus loin encore à droite, une bande étroite du même papier, portant à son extrémité un point semblable aux quatre qui viennent d'être mentionnés. Observez qu'il est possible de percevoir des mouvements de ce point qui ont une étendue moindre que l'intervalle compris entre les points fixes, même lorsqu'il est plus loin qu'eux du point de fixation. De mesures effectuées par Aubert et par Stern il résulte que le seuil du mouvement perceptible est plus élevé à la périphérie qu'au centre du champ, quoique la différence soit inférieure à ce qu'on aurait pu attendre étant donnée la faiblesse de discrimination de la périphérie pour les objets immobiles. La différence entre le centre et la périphérie de l'œil lorsqu'il s'agit de percevoir le papillotage de disques blancs et noirs, mentionnée expérience 145 *c*, se rattache peut-être à ce qui précède.

b. On prétend parfois que la vitesse apparente d'objets en mouvement vus indirectement est plus grande que celle des mêmes objets vus directement, et certaines expériences paraissent appuyer cette assertion. Il est probable, cependant, que c'est là une erreur, et qu'on a omis un point

important dans l'interprétation des expériences, à savoir que dans la vision directe l'œil suit l'objet qui se meut, tandis que dans la vision indirecte il ne le suit pas. Lorsqu'on évite cette différence, il est difficile de percevoir une différence de vitesse dans les deux cas.

Suspendez un morceau de plomb par un fil d'un pied ou moins de long, de manière qu'il oscille perpendiculairement à la surface d'un miroir. Ayez un fond uniforme pour le pendule, et placez près de ce dernier quelque chose qui serve de marque de fixation. Placez-vous dans une position telle que vous voyiez le pendule et son image réfléchiée à peu près à la même distance, et regardez le pendule pendant qu'il oscille. L'image réfléchiée semblera faire des excursions un peu plus considérables, et se mouvoir un peu plus rapidement. Ayant observé cela, comparez les deux vitesses lorsque l'œil s'arrête fermement sur le point de fixation. L'accélération observée dans l'expérience 222 peut se manifester dans le pendule même, mais on constate peu ou point de différence entre le pendule et son image réfléchiée¹. Si on dispose d'un cylindre tournant régulièrement, on peut faire dans de très bonnes conditions l'expérience en recouvrant le cylindre avec du papier portant des lignes épaisses perpendiculaires à la direction du mouvement du cylindre, ou avec une bande de papier de journal qui ne soit pas imprimée trop irrégulièrement, et en observant à travers deux petites fenêtres découpées dans un écran en carton placé près du cylindre, l'une des fenêtres étant fixée et l'autre vue indirectement. Cette méthode a l'avantage que les mouvements à comparer se font dans la même direction.

Exner, *B*; Aubert, *C*, 362 ss.; Dresslar; Stern, 841 ss., 362.

¹ Dans le premier cas, il y a encore un autre facteur outre la différence entre la vision directe et la vision indirecte, à savoir la direction opposée des mouvements comparés. L'image rétinienne du pendule non fixé traverse la rétine à deux fois sa propre vitesse, et la sous-estimation de la vitesse du pendule fixé, si elle existe, entraînera aussi celle de la vitesse de l'image.

225. *Relativité du mouvement.* — Dans beaucoup de cas les données pour la perception du mouvement sont équivoques; deux interprétations sont possibles, et des conditions centrales ou aperceptives déterminent laquelle prévaudra. Des exemples de ce fait se présentent fréquemment en dehors du laboratoire, dans le cas de trains parallèles, ou lorsqu'on traverse des courants d'eau rapides, ou lorsque les nuages passent rapidement devant la lune. On a imaginé des méthodes pour imiter ces phénomènes (Mach, *A*, 65 s.; Budde, 131 s.; Wood); mais ils sont peut-être assez connus pour qu'on puisse à leur égard se passer de plus ample démonstration. Dans l'expérience suivante, le mouvement peut paraître partagé entre l'objet en mouvement et celui qui est immobile.

a. Faites avancer une tête d'épingle le long de la droite imaginaire CD dans la figure ci-dessous, en maintenant



Fig. 97.

l'œil toujours fixé sur la tête d'épingle à mesure qu'elle avance. La ligne AB paraîtra se mouvoir de haut en bas et vers la gauche lorsque la tête d'épingle ira de D en C, et de bas en haut et vers la droite lorsqu'elle ira de C en D. Une fixation ferme de la tête d'épingle est essentielle; et une vitesse modérée du mouvement, qu'on peut trouver après quelques essais, donne le meilleur résultat. On peut accentuer le mouvement de AB vers la droite et vers la gauche en mouvant la tête d'épingle le long d'une ligne plus voisine de l'horizontale que CD.

b. On peut observer un mouvement oscillatoire de la ligne lorsque avec une pointe de compas on décrit un arc imaginaire au travers, qui coupe par exemple la ligne *cf* comme le fait l'arc pointillé *ghi*. A mesure que la pointe avance

de g vers h , la ligne paraît prendre la position $e'f'$; lorsque la pointe traverse la région voisine de h , il se fait un changement et la ligne s'incline dans la direction $e''f''$. Comme

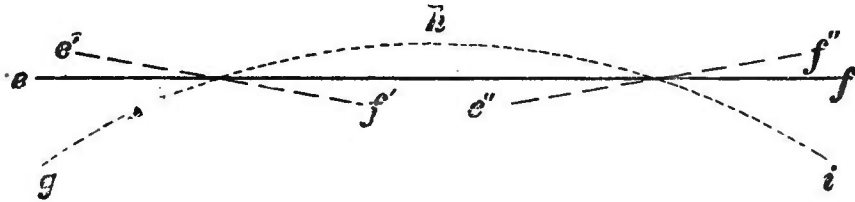


Fig. 98.

précédemment, une fixation ferme de la pointe en mouvement est essentielle.

Pour une expérience quelque peu semblable et encore plus frappante, voir Helmholtz, à l'endroit cité plus bas. Cf. aussi les mouvements apparents qu'on observe dans le cas d'une tête d'épingle qu'on fait mouvoir au-dessus de la figure de Zöllner, expérience 191 *b*.

Helmholtz, *A*, 711 ss., 763, Fr. 727 ss., 786 (586 ss., 619); Hering, *A*, 557 ss.; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 156 s.; Stern, 377 ss.

226. *Mouvements apparents d'objets immobiles.* — On peut constater deux sortes plus ou moins distinctes de mouvements apparents d'objets immobiles : dans un cas les yeux eux-mêmes se meuvent de quelque manière inusitée, dans l'autre leur mouvement, s'il existe, est faible, et la fixation est, au moins approximativement, constante. On a vu des exemples de la première sorte dans les expériences 50 et 177; et le principe général a été posé que, lorsque la ligne de fixation est déplacée volontairement, les objets normalement paraissent immobiles, mais lorsque le déplacement est involontaire, les objets paraissent se mouvoir; on peut trouver beaucoup d'autres exemples dans Hoppe, *C*, chap. I. C'est la seconde sorte qui va être considérée ici.

a. Vacillation de points et de petits objets à la suite d'une longue fixation. Choisissez une petite tache isolée sur le

mur ou sur le plancher, et fixez-la fermement pendant un temps considérable, mais sans effort des yeux. Au bout de quelque temps, elle semblera se mouvoir un peu de-ci et de-là, ou ramper comme un insecte¹. Hoppe suppose que cela est dû à de légers mouvements inconscients des yeux, à une sorte de tremblement des muscles des yeux. Cf. expérience 134. Exner cependant a été conduit par ses expériences à croire que l'illusion dépend d'une localisation incertaine et variable de l'impression rétinienne, laquelle peut, dans le cas d'excitants très petits ou très faibles, atteindre un degré considérable². Un mouvement à peu près semblable apparaît lorsqu'on fixe continûment les étoiles, et il est connu depuis longtemps des astronomes.

b. Sensations autocinétiques. Lorsque le point faiblement lumineux fixé est la seule chose visible dans tout le champ visuel, on peut observer des mouvements plus continus et plus étendus — paraissant parfois atteindre 20 à 30°. Les sensations de mouvement de cette espèce ont été appelées par Aubert « sensations autocinétiques ».

Disposez la boîte obscure comme pour l'expérience 178, mais faites le point très peu lumineux en recouvrant le trou d'épingle de plusieurs épaisseurs de papier à l'extérieur. Placez la boîte de manière que les yeux, en fixant le point, soient dans une position commode. Couvrez la tête et la partie supérieure de la boîte avec une étoffe opaque, de manière à exclure toute lumière extérieure. Fixez le point,

Des parties du mur ou du plancher autour de la tache peuvent souvent sembler se mouvoir en même temps qu'elle; le mouvement est une sorte d'écoulement lent, quelque chose comme celui de l'image consécutive négative de mouvement, mais il ne se produit pas comme celui-ci dans un seul sens. L'auteur a principalement remarqué des mouvements à droite et à gauche, mais on pourra très probablement en constater d'autres.

² Une excitation rétinienne très légère peut être comparée quant à l'étendue de son irradiation et au vague de sa localisation à une excitation cutanée très faible; elle est, pour ainsi dire, un chatouillement rétinien. L'étendue affectée est appelée par Exner le *cercle d'action* (*Aktionskreis*), et tout point de ce cercle peut à un moment ou à un autre prêter au point vu sa caractéristique locale.

et observez au bout de quelque temps le mouvement en question. Remarquez son étendue, et qu'il se produit tandis que la fixation reste selon toute apparence ininterrompue. Charpentier rapporte plusieurs observations qui justifient cette impression subjective de fixité de fixation.

L'explication d'Exner est que, en dépit du fait que la fixation se maintient continûment (et même de façon réflexe), la fausse localisation mentionnée en *a* produit son effet. Si cette localisation a lieu successivement dans une même direction, elle entraîne un effort volontaire-continu de fixation, qui, quoique ne causant aucun mouvement réel des yeux, donne cependant l'impression de mouvements réellement produits.

c. Mouvements d'objets immobiles considérés avec les yeux dans des positions forcées. Fixez le point lumineux comme en *b*, mais disposez la boîte de manière que les yeux pour cela doivent se tourner fortement en haut ou de côté. Maintenez fermement la fixation, et après quelques secondes le point semblera en mouvement dans la direction dans laquelle les yeux sont tournés. Le mouvement apparent est dû à la fatigue croissante (et peut-être à un relâchement partiel, quoique inintentionnel, des muscles), qui est combattue continûment par des efforts volontaires de fixation. L'expérience peut être faite d'une façon encore plus satisfaisante avec une très petite flamme de gaz dans une chambre obscure. Elle montre à la fois la tendance à prendre des mouvements voulus pour des mouvements réels, et l'hébétéude des sensations cinesthétiques des yeux qui ne révèlent pas le véritable état des choses ¹

Charpentier ; Aubert, *C* ; Exner, *A*, et la littérature citée par lui.
Sur *a*, Hoppe, *C*, § 1 ; Exner, *A*. Sur *c*, Hering (Hillebrand, *B*, 150).

¹ Ce mouvement apparent est de la même nature générale que celui qu'observent les malades qui souffrent de paralysie du muscle droit externe de l'œil. Une expérience qui a pour but d'imiter plus exactement leur état est indiquée par Mach, *A*, 57 (James, II, 509) ; mais, de même que le Professeur James, l'auteur n'a pas réussi en essayant de répéter l'expérience.

227. *Illusions de forme reposant sur une fausse estimation de la vitesse du mouvement. Illusions anorthoscopiques de Zöllner.*

a. Au milieu d'une feuille de papier raide pratiquez une fente de deux pouces (5^{cm}) de long sur un huitième de pouce (3^{mm}) de large. Sur une autre, tracez un cercle noir épais d'un pouce (2^{cm},5) de diamètre. Placez la seconde feuille derrière la première et faites-la mouvoir rapidement d'un côté à l'autre dans une direction perpendiculaire à celle de la fente, de manière que le cercle puisse passer complètement derrière la fente, et être vu au travers. Il apparaîtra comme une ellipse étroite, dont le petit axe aura la même direction que le mouvement¹

b. Répétez l'expérience, mais cette fois faites mouvoir le cercle lentement. L'effet sera une déformation en sens contraire. Ces illusions se produisent également avec d'autres figures que le cercle. Dans les deux cas la déformation paraît dépendre d'une fausse estimation de la vitesse du mouvement, semblable à celle qu'on a trouvée pour le toucher dans l'expérience 12.

Zöllner, *C*; Helmholtz, *A*, 498 ss., 749, Fr. 465 ss., 770 (352 ss., 605 s.); Hering, *A*, 559 ss.

228. *Inférence perceptive de mouvement.* — Par ce terme il faut entendre la perception de mouvement qui se produit lorsqu'on perçoit non pas un mouvement continu, mais seulement des phases isolées d'un mouvement. Le type de cette perception c'est le mouvement apparent qu'on perçoit avec le stroboscope, le zootrope et autres instruments semblables² Elle est intermédiaire entre les cas où le mouve-

¹ Cette illusion de Zöllner doit être soigneusement distinguée de l'illusion anorthoscopique ordinaire de Plateau, dans laquelle la fente se meut en même temps que la figure, et dans une direction contraire. Dans cette dernière on peut expliquer simplement la déformation comme une affaire d'images consécutives positives. Pour des renseignements sur l'illusion de Plateau, consulter les références à la fin de l'expérience.

² Les instruments les plus parfaits de ce genre, le cinéscope, le vitascope, etc., sont d'un intérêt psychologique moindre, parce que les phases

ment est immédiatement perçu et ceux où il est entièrement induit; la perception dépend de phases séparées, mais reste à peu près ou tout à fait au niveau d'une perception.

a. Avec l'instrument dont vous disposez, observez quelles sont les conditions requises pour produire l'apparence d'un simple mouvement sur place des figures, et celle d'un mouvement de translation dans le sens où tourne l'instrument et dans le sens opposé. Imprimez à l'instrument un mouvement rapide, et observez les images consécutives positives superposées de plusieurs phases, en remarquant que la présence de plusieurs phases au même moment empêche la perception du mouvement.

Pour l'étude quantitative de quelques-unes des conditions de cette illusion voir Otto Fischer, et pour des notes sur l'histoire et les applications du stroboscope voir Fischer et Grützner.

b. Lorsque des phases importantes manquent, la perception du tout n'en est souvent que peu troublée. C'est ce qu'on peut essayer de vérifier avec presque n'importe quelle série de dessins zootropiques, mais on obtiendra probablement le meilleur résultat avec une série représentant un mouvement familier; par exemple avec une bande représentant un gymnaste qui fait le saut périlleux à travers un cercle en papier que tient un second personnage. On peut supprimer le gymnaste dans trois ou même quatre dessins successifs, lorsque le nombre total n'est que de treize, sans faire disparaître la perception du mouvement. Les dessins qu'on cache doivent être choisis parmi ceux qui représentent le gymnaste traversant le cercle, et ceux qu'on conserve doivent représenter le commencement et la fin du saut. Toutefois, en observant attentivement, on verra bien que le gymnaste disparaît pendant un instant, et on risquera aussi un peu de voir la perception primitive supplantée par une autre, c'est-à-dire de voir se produire une nouvelle

présentées sont probablement indiscernables comme phases, même dans les circonstances les plus favorables.

interprétation des phases, qui serait, dans ce cas, que le gymnaste disparaît dans le cercle, puis réapparaît du même côté, comme il arriverait s'il rebondissait contre une matière élastique recouvrant le cercle.

Un moyen commode de supprimer le gymnaste, c'est de couper une bande de papier de deux pouces plus large que la bande du zootrope, et assez longue pour couvrir trois ou quatre des dessins. Placez cette bande de papier sur la bande portant les dessins, repliez les bords qui dépassent autour de cette dernière, et plissez-les derrière de manière que le papier reste en place sur la bande des dessins. Puis suivez les parties du dessin qui doivent rester, marquez-les et coloriez-les de manière qu'elles s'accordent avec le reste de la bande. Grützner s'est servi avec succès de figures représentant des enfants qui jouent à saute-mouton.

Helmholtz, *A*, 494 ss., Fr. 461 ss. (349 ss.); O. Fischer; Wundt, *A*, 4^e éd., II, 159 s.; Grützner.

229. *Cercles tournants de Thompson*. — L'illusion du mouvement dans ces figures bien connues dépend d'images consécutives positives, mais d'une tout autre manière que celle qui a été signalée dans l'expérience 223. Le point important ici est le brouillement auquel elles donnent naissance.

a. Cercles concentriques. Faites tourner dans son plan, comme un vase qu'on rince, la figure ci-jointe. Le rayon de la circonférence suivant laquelle le mouvement a lieu doit être très petit, et la vitesse de deux à quatre tours par seconde. Observez la rotation apparente des cercles (ou, plus exactement, de deux secteurs assez nettement indiqués), qui a lieu avec la même vitesse et dans la même direction que le mouvement imprimé à la figure ¹

¹ Les secteurs peuvent ressembler un peu à ceux que voit l'œil atteint d'astigmatisme, mais ne sont pas dus à ce défaut de l'œil. L'astigmatisme, cependant, complique le phénomène, et la description qui suit ne s'appliquera strictement qu'à un œil parfait.

Comme il a été dit, l'illusion est due à des images consécutives positives. Supposez qu'on imprime à la figure simplement un mouvement à droite et à gauche d'une ampli-

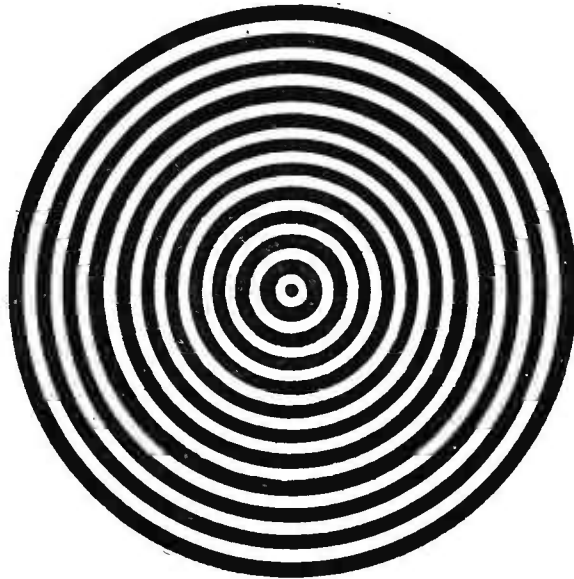


Fig. 99.

tude égale à l'épaisseur d'un des cercles. Il est clair que toute persistance des images tendra à brouiller les parties des cercles les plus rapprochées de la direction perpendiculaire à celle du mouvement (les parties verticales), tandis qu'elle n'aura pas d'effet sur les parties les plus rapprochées de la direction parallèle (les parties horizontales), qui en conséquence demeureront nettes. Ainsi se forment les secteurs mentionnés. Si le mouvement n'est pas exactement dirigé à droite et à gauche, mais s'il incline un peu vers le corps à droite, il est évident que les régions les plus nettes et les plus brouillées se trouveront dans des positions un peu différentes de celles qu'elles occupaient tout à l'heure, et en général il est évident qu'à mesure que la direction du mouvement change la position des secteurs change d'une façon correspondante, et de plus, que puisque le mouvement en cercle est un mouvement qui change continuellement de direction, les positions des secteurs changeront

aussi continuellement. Pendant un tour complet de la figure, les secteurs auront donc occupé une fois chaque position dans les cercles concentriques, et les vitesses seront par conséquent les mêmes.

Des mouvements des yeux peuvent produire la même rotation avec une figure immobile. On constate le plus aisément le fait en faisant mouvoir quelque chose assez lentement près ou à la surface même de la figure, et en suivant attentivement des yeux. L'illusion est très forte dans la vision indirecte, et les mouvements des yeux pendant qu'on observe une figure en mouvement qu'on tient à la main mettront souvent en mouvement d'autres figures vues indirectement et en réalité immobiles.

b. Roues dentées. Imprimez à la figure ci-dessous un mouvement semblable à celui dont vous vous êtes servi en *a*, mais qui ne soit pas trop étendu, et observez dans la roue à gauche un lent mouvement rétrograde. Dans celle

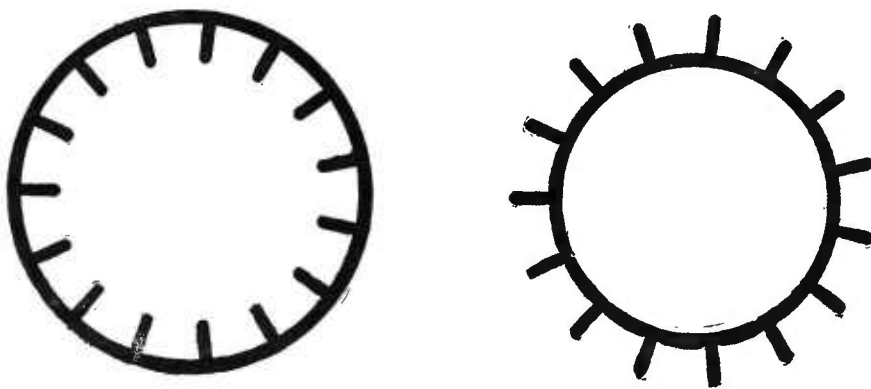


Fig. 100.

de droite, Bowditch et Hall parlent d'une rotation encore plus lente dans la direction du mouvement; mais l'auteur a médiocrement réussi à faire apparaître ce mouvement¹.

¹ Ces auteurs trouvent qu'il y a tendance à une rotation rétrograde de la roue à dents extérieures, lorsque la vitesse et l'étendue du mouvement de la figure sont considérables. Ceci semble plus facile à obtenir, et quelque chose du même genre peut s'observer avec la figure à rayons de l'expérience 109 *a*.

Le même effet peut s'observer avec des crémaillères comme celles qui sont représentées ci-dessous, lorsqu'on leur imprime ce même mouvement de rincement, la crémaillère supérieure se mouvant à gauche et l'inférieure à droite lorsque le mouvement de rincement se fait comme celui des aiguilles d'une montre.



Fig. 101.

L'explication qu'on a proposée pour ces figures, insuffisante peut-être pour quelques détails, rend compte suffisamment du phénomène principal. Elle est la plus simple dans le cas des crémaillères, et repose sur deux suppositions probables, à savoir qu'on juge du mouvement d'après les dents plutôt que d'après les barres des crémaillères, et que la direction du mouvement apparent est suggérée par celle du mouvement réel aux moments où les dents sont perçues le plus nettement. Supposez que la figure soit en mouvement de la façon indiquée, la direction étant celle des aiguilles d'une montre, et supposez de plus que la crémaillère supérieure au moment que l'on considère se trouve au point le plus élevé de son parcours. Son mouvement pendant l'instant qui vient de s'écouler a été dirigé en haut et à droite, et les dents ont monté dans des parties du champ visuel occupées l'instant d'avant par la barre, et se confondent par conséquent avec son image consécutive et ne sont pas vues distinctement. Les dents de la crémaillère inférieure, cependant, se sont avancées dans une nouvelle partie du champ, ont été vues nettement, et en mouvement vers la droite, c'est-à-dire dans la direction du mouvement de rincement. Ces conditions restent plus ou moins les mêmes pendant l'instant qui suit le point de la plus grande excursion vers le haut. Mais, à mesure que le mouvement

de la figure se poursuit, les dents de la crémaillère supérieure commencent à s'avancer dans une partie vierge du champ, et celles de la crémaillère inférieure à pénétrer dans

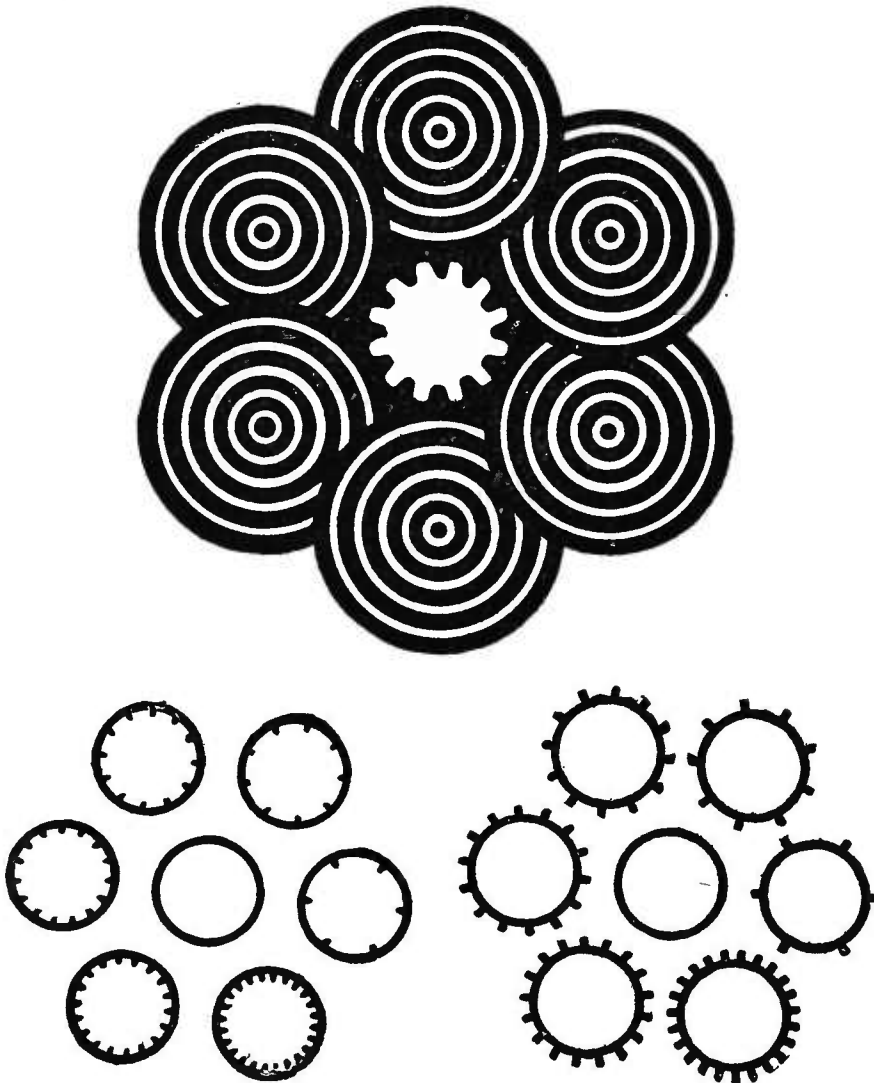


Fig. 102.

l'image consécutive de leur barre ; et cela continue jusqu'à ce que le point le plus bas du parcours soit à peu près atteint, et alors les dents de la crémaillère supérieure sont vues nettement, et en mouvement vers la gauche, c'est-à-dire dans une direction opposée à celle du mouvement de rincement. En résumé, lorsque la crémaillère supérieure

est vue avec le plus de netteté, elle se meut vers la gauche, et, lorsque la crémaillère inférieure est vue avec le plus de netteté, elle se meut vers la droite ; et c'est de ces courtes mais nettes perceptions qu'on infère le mouvement continu. Les crémaillères telles qu'elles sont représentées ici correspondent aux parties supérieure et inférieure de la roue à dents intérieures ; et ce qui était vrai des crémaillères aux points supérieur et inférieur de leur parcours est vrai constamment de quelque partie de la circonférence de la roue, à savoir de la partie dont les dents sont à l'instant considéré le plus nettement visibles. Si l'on changeait de place réciproquement la crémaillère supérieure et la crémaillère inférieure, de sorte que les dents pointassent en dehors, elles correspondraient à la roue à dents extérieures ; et la crémaillère supérieure devrait, si le même principe reste vrai, avoir un mouvement de même direction que celui de la figure et la crémaillère inférieure un mouvement de direction contraire.

c. La première des figures ci-dessus présente une combinaison des mouvements de *a* et de *b*. La seconde et la troisième montrent la difficulté croissante qui résulte du nombre décroissant des dents des roues. Pour d'autres observations encore, voir le travail de Bowditch et Hall.

Thompson, *B* ; Bowditch and Hall. Voir aussi le *Scientific American*, XLI, 1879, 85, 133.

230. *Chromatocinopsie. Expérience des « cœurs agités ».* — Cette expérience, comme la dernière, dépend d'images consécutives positives, mais d'une espèce particulière. L'expérience tire son nom des figures avec lesquelles on l'a faite d'abord, mais d'autres font l'affaire tout aussi bien.

a. Préparez une figure comme celle qui est ci-jointe, avec fond en papier rouge, couronnes en papier bleu ayant environ le même éclat, petits cercles d'une variété d'autres couleurs, et lignes épaisses à l'encre noire. Expérimentez

dans une chambre obscure (après cinq ou dix minutes pour l'adaptation de l'œil), ou la nuit.

Employez comme éclairage une petite flamme de gaz ou de bougie, tenez la figure à un ou deux mètres de la flamme,

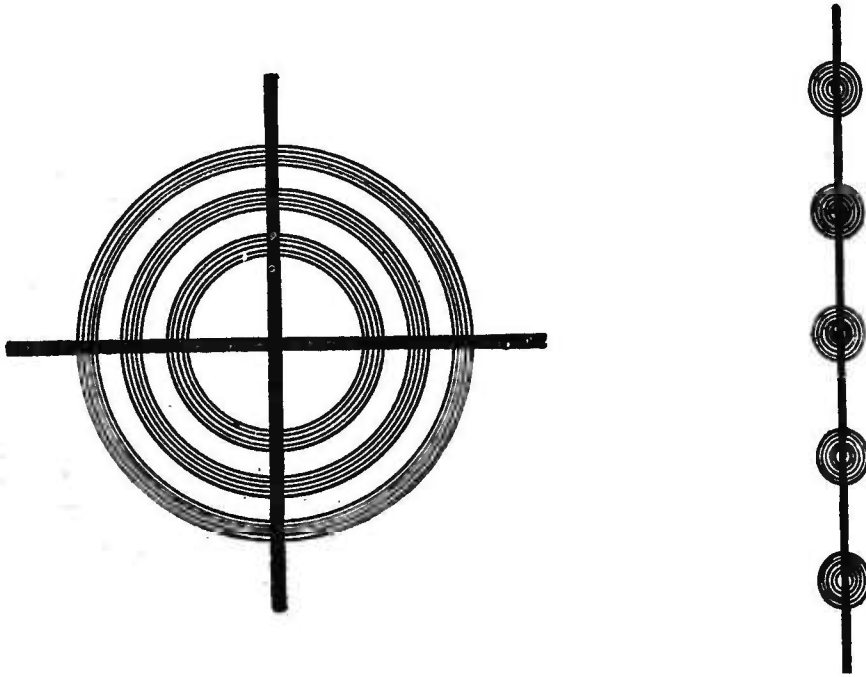


Fig. 103.

et variez la distance si l'effet n'est pas atteint. Imprimez à la figure un mouvement peu étendu de va-et-vient dans son propre plan, à la vitesse de trois ou quatre mouvements par seconde, et remarquez un glissement ou un saut apparent des anneaux d'un côté à l'autre. Une observation attentive des petits cercles verts ou bleus montrera que ce ne sont pas tant les figures colorées elles-mêmes qui se meuvent qu'un reflet blanchâtre qui semble reposer sur elles et reculer lorsque la figure se meut. Observez que le mouvement apparent est plus marqué dans la vision indirecte. On obtient une bonne figure pour montrer le phénomène en collant une rangée de petits cercles bleus sur une bande de carton rouge. On peut remarquer un peu de glissement des cercles les plus éloignés, même lorsqu'on agite

la figure dans un endroit qui n'est pas plus sombre qu'un coin de chambre bien dans l'ombre. Observez, sur les petits cercles, que toutes les couleurs ne présentent pas le phénomène également bien. L'effet général est le même lorsque la couleur du fond et celle des cercles sont renversées (fond bleu, cercles rouges); mais l'image blanchâtre n'apparaît plus, et les parties des couronnes qui sont à angle droit avec la direction du mouvement sont assombries. Avec cette combinaison de couleurs, il faut se servir de lignes blanches transversales au lieu de noires. Les lignes noires ou blanches sont relativement fixes, et rendent ainsi le mouvement apparent des couleurs plus facilement perceptible¹

b. Les figures grises sur un fond coloré et les figures colorées sur un fond gris présentent le même glissement. Le

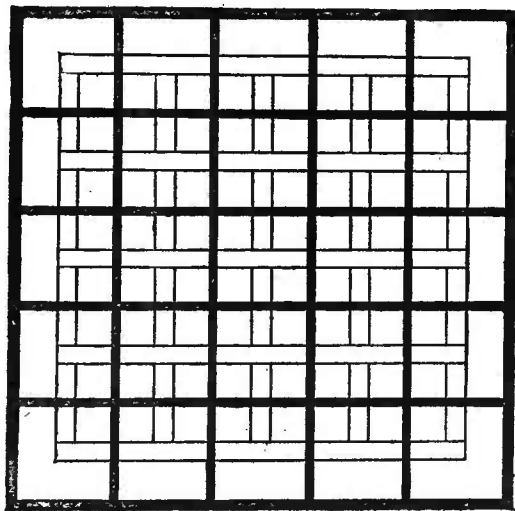


Fig. 104.

gris et la couleur doivent être environ de même éclat. Si vous n'avez pas de couronnes grises à votre disposition, préparez une figure comme celle ci-dessus en collant sur

¹ Une explication ancienne de l'illusion la rapportait à l'aberration chromatique, et elle a récemment été reprise sous une forme plus développée. C'est là probablement un facteur qui coopère, mais ce n'est certainement pas le seul, ni même le plus important.

le fond coloré des bandes grises d'environ 2,5 millimètres de large et en traçant au travers des lignes noires épaisses¹. Faites l'observation dans une chambre obscure comme précédemment. Essayez aussi avec des figures dans lesquelles le fond soit gris et les figures colorées.

c. Figures grises sur fond noir. Sur un fond de velours noir fixez un petit cercle de carton noir (par exemple de 4 centimètres de diamètre), et concentriquement un petit cercle de papier blanc (d'environ 1 centimètre de diamètre). Vous observerez un tremblement du carton analogue à celui de la gelée lorsque vous agiterez la figure. Il faut une lumière plus forte pour cette expérience que pour la plupart des précédentes; on obtient un résultat passable au jour dans un coin de chambre qui se trouve bien dans l'ombre. Le caractère du mouvement apparent semble aussi différer. Il est à peine nécessaire de dire que le carton « noir » est en réalité d'un gris très sombre. Il est possible dans des conditions favorables d'obtenir le glissement même d'un grillage en papier blanc placé sur velours noir.

Les expériences *b* et *c* excluent l'aberration chromatique et sont en faveur d'une explication s'appuyant de quelque manière sur l'inertie rétinienne. Le glissement apparent est dû à un retard de la réaction rétinienne — à une image consécutive en retard, pour ainsi dire, mais qui est quelque chose de différent évidemment de l'image consécutive ordinaire. Le tremblement en *a* et en *b* est considéré par Szili comme un phénomène de contraste. Le sujet mérite d'être plus amplement étudié.

Wheatstone, *C*; Helmholtz, *A*, 533 s.; Fr. 504 (383); Mayerhausen; Szili, *A* et *B*; Schapinger.

231. *Mouvement ambigu dépendant d'un relief ambigu.*

¹ Si le fond est bleu, employez des lignes blanches au lieu de noires, attendu que sur le fond bleu les lignes noires elles-mêmes peuvent sembler se mouvoir.

— Sinsteden a observé le phénomène sur des moulins à vent; mais on peut faire l'expérience facilement dans le laboratoire en faisant tourner lentement le disque employé dans l'expérience 223 *b*, et en le regardant avec un seul œil d'une distance de plusieurs mètres et en se plaçant presque dans son plan. Si le disque fait face en réalité à gauche, et que le mouvement soit dans le sens de celui des aiguilles d'une montre, il suffira d'un léger effort pour faire qu'il paraisse faire face à droite et tourner en sens contraire. Pour d'autres illusions encore affectant les rotations, voir le court travail de Nichols, et Mach, *A*, 99 s., 102.

Helmholtz, *A*, 770, Fr. 795 (626).

RESSEMBLANCE ET SYMÉTRIE VISUELLES

Ces sujets conduisent immédiatement à des questions d'esthétique qui sont en dehors du but du présent chapitre. Ils éclairent, cependant, la question générale de la perception visuelle de la forme, et c'est pour cette raison qu'ils sont considérés ici. Ce qu'on sait sur leur psycho-physiologie on le doit surtout à Mach.

232. *Ressemblance visuelle*. — Des figures sont égales pour la vision, c'est-à-dire paraissent égales, lorsqu'elles présentent des étendues égales dans des directions semblables. Si la première condition n'est pas remplie, les figures sont vues semblables, mais de grandeur différente; si la seconde ne l'est pas, on peut *savoir* qu'elles sont égales, mais on ne le *voit* pas immédiatement. Cela résultera avec évidence de l'examen des figures ci-jointes. C'est seulement après avoir réfléchi à l'aspect que prendrait le carré central si on le faisait tourner de 45° dans un sens ou dans l'autre, ou peut-être après des opérations mentales

encore plus complexes, que nous nous convainquons de l'identité des figures. C'est à peu près de même que nous reconnaissons l'identité de figures perspectives, par exemple celle des côtés du cube de l'expérience 188 *b*; dans les

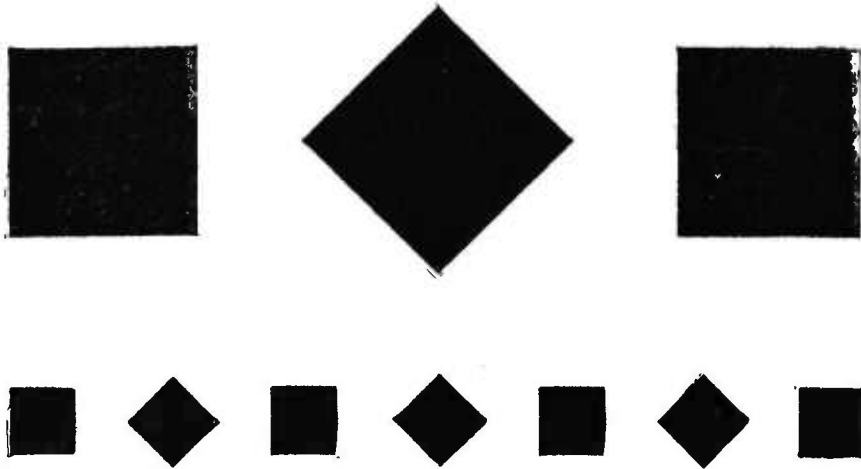


Fig. 105.

deux exemples le processus perceptif n'est évidemment pas le plus simple qu'il puisse être.

Les conditions de la ressemblance visuelle qui viennent d'être indiquées dans la précédente analyse reposent principalement sur la ressemblance des images rétinienne et sur celle des mouvements des yeux, peut-être aussi en partie sur la ressemblance des sensations cinesthétiques des mains en touchant ou suivant des figures qui se ressemblent.

Mach, A, 43 ss.

233. *Symétrie visuelle*. — La symétrie est une ressemblance d'une espèce particulière — c'est l'égalité d'étendue à partir d'une ligne ou d'un point particuliers. Elle est surtout fréquente et frappante, lorsque les étendues égales se trouvent de part et d'autre du plan médian, comme dans les figures qui suivent¹

¹ Toutes les figures de cette expérience, excepté les figures à lignes droites qui suivent, sont des cottes d'armes japonaises empruntées aux

On peut l'observer presque sans limite dans les décorations architecturales et autres, et elle se produit même, comme Soret le montre, avec de simples lignes. La première et la troisième des figures du bas de la page produi-



Fig. 106.

sent une impression nettement différente de celle que produisent la seconde et la quatrième.



Fig. 107.

L'extrême ressemblance des directions à droite et à

Annales du musée Guimet, Bibliothèque d'études, t. III, — Coffre à trésor attribué au Shôgoun Iyé-Yoshi (1838-1853), Etude héraldique et historique, par de Milloué et Kawamoura, Paris, 1896.

gauche est la cause des fautes que commettent les enfants en confondant *p* et *q* et *b* et *d*, et du travail auquel doivent se livrer certains adultes pour dire laquelle de leurs mains est la droite et laquelle est la gauche.

Des cas purs de symétrie par rapport à d'autres axes que la verticale se rencontrent parfois, mais ils sont moins fréquents et moins simples quant au mode de perception. Une combinaison de la symétrie verticale et de la symétrie horizontale n'est, cependant, nullement rare.

La symétrie par rapport à un point — symétrie par rapport à un centre — n'est pas rare, surtout combinée avec la symétrie par rapport à un axe vertical.

Les lettres de l'alphabet, comme Mach l'a remarqué, présentent divers genres de symétrie dans leur plan général : par rapport à un axe vertical, A H I M T U V W X Y; par rapport à un axe horizontal, B C D E H I K X; par rapport à un centre, N S Z. O présente tous les genres de symétrie, et F G J L P Q R sont asymétriques.

L'importance des mouvements des yeux, et de la symétrie de l'appareil visuel lui-même, est plus évidente peut-être dans le cas de la symétrie que dans celui de la ressemblance; mais il ne faut pas oublier que non seulement nos propres personnes, mais presque tout dans le monde, présente une construction symétrique.

Mach, *A*, 45 ss.; Soret; Pierce.

BIBLIOGRAPHIE

ARRER. — Ueber die Bedeutung der Convergenz-und Accommodationsbewegungen für die Tiefenwahrnehmung. *Wundt's Philos. Studien*, XIII, 1896-97, 116-161, 222-304.

AUBERT. — A. Grundzüge der physiologischen Optik. Leipzig, 1876.

B. Physiologie der Netzhaut. Breslau, 1865.

C. Die Bewegungsempfindung. *Pflügers Archiv*, XXXIX, 1886, 347-370; XL, 1887, 459-480, 623.

AUERBACH. — Erklärung der Brentanoschen optischen Täuschung. *Zeitschrift für Psychologie*, VII, 1894, 152-160.

BALDWIN. — The Effect of Size-contrast upon Judgments of Position in the Retinal Field. *Psychological Review*, II, 1895, 244-259. Voir aussi *Science*, N. S., IV, 1896, 794-796.

BEAUNIS. — Nouveaux éléments de Physiologie humaine. Paris, 1888.

VON BEZOLD. — A. The Theory of Color. Boston, 1876.

B. Eine perspectivische Täuschung. *Wiedemann's Annalen*, XXIII, 1884, 351-352.

VAN BIERVLIET. — Nouvelles mesures des illusions visuelles chez les adultes et les enfants. *Revue philosophique*, XLI, janv.-juin 1896, 169-181.

BINET. — La mesure des illusions visuelles chez les enfants. *Revue philosophique*, XL, juillet-déc., 1895, 11-25.

BOURDON. — Expériences sur la perception visuelle de la profondeur. *Revue philosophique*, XLIII, janv.-juin 1897, 29-55.

BOWDITCH. — « Vision » dans *An American Text-Book of Physiology*. Philadelphia, 1896.

BOWDITCH and HALL. — Optical Illusions of Motion. *Journal of Physiology*, III, 1880-82, 297-307.

BOWDITCH and SOUTHARD. — A Comparison of Sight and Touch. *Journal of Physiology*, III, 1880-82, 232-245.

BRENTANO. — A. Ueber ein optisches Paradoxon. *Zeitschrift für Psychologie*, III, 1892, 349-358; V, 1893, 61-82.

B. Zur Lehre von den optischen Täuschungen. *Ibid.*, VI, 1893-94, 1-7.

BREWSTER. — A. The Stereoscope, its History, Theory, and Construction, with its application to the fine und useful arts and to education. London, 1856, iv-235 pp. Consacre un chapitre à l'histoire de la théorie de la vision binoculaire et du stéréoscope.

B. On the Conversion of Relief by Inverted Vision. *Phil. Mag.*, Ser. 3, XXX, jan.-june, 1847, 432-437. — Compris aussi dans l'ouvrage sur le stéréoscope.

BRÜCKE. — Vorlesungen über Physiologie, 4^{te} Aufl. Wien, 1885-1887.

BRUNOT. — Les illusions d'optique. *Revue scientifique*, LII, 1893, 210-212.

BUDDE. — Ueber metakinetische Scheinbewegungen und über die Wahrnehmung der Bewegung. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1884, 127-152.

BURMESTER. — Beitrag zur experimentellen Bestimmung geometrisch-optischer Täuschungen. *Zeitschrift für Psychologie*, XII, 1896, 355-394. Sur l'illusion de Poggendorff.

CHARPENTIER. — Sur une illusion visuelle. *Comptes rendus*, CII, 1886, 1155 à 1157. Voir aussi : Nouveaux faits à propos du « balancement des étoiles », *Ibid.*, 1462-1464.

DELBOEUF. — A. Note sur certaines illusions d'optique. *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2^e série, XIX, 1865, n^o 2, 195-216.

B. Seconde note sur de nouvelles illusions d'optique. *Ibid.*, XX, 1865, n^o 6, 70-97.

C. Sur une nouvelle illusion d'optique. *Revue scientifique*, LI, 1893, 237-241.

DIXON. — On the Relation of Accommodation and Convergence to our Sense of Depth. *Mind*, N. S., IV, 1895, 195-212.

DRESSLAR. — A New Illusion for Touch and an Explanation for the Illusion of Displacement of Certain Cross Lines in Vision. *American Journal of Psychology*, VI, 1893-95, 275.

A New and Simple Method for Comparing the Perception of Rate of Movement in the Direct and Indirect Fields of Vision. *Ibid.*, 312.

DU BOIS-REYMOND, C. — Ueber Brückes Theorie des körperlichen Sehens. *Zeitschrift für Psychologie*, II, 1891, 427-437.

DVORAK. — Ueber Analoga der persönlichen Differenz zwischen beiden Augen und den Netzhautstellen desselben Auges. *Sitz.-ber. d. k. böhm. Gesellsch. d. Wiss. in Prag*; Jahrgang 1872, Jan.-Juni, pp. 65-74. Voir aussi *Amer. Journal of Psychology*, VI, 1893-95, 575 ss.

EINTHOVEN. — On the Production of Shadow and Perspective Effects by Difference of Colour. *Brain*, XVI, Pts. LXI et LXII, 1893, 191-202.

EXNER. — A. Ueber autokinetische Empfindungen. *Zeitschrift für Psychologie*, XII, 1896, 313-330.

B. Ein Versuch über die Netzhautperipherie als Organ zur Wahrnehmung von Bewegungen. *Pflüger's Archiv*, XXXVIII, 1886, 217-218. Voir aussi plusieurs des travaux d'Exner cités après le chapitre v.

FECHNER. — Elemente der Psychophysik, zweite unveränderte Auflage. Leipzig, 1889.

FILEHNE. — Die Form des Himmelsgewölbes. *Pflüger's Archiv*, LIX, 1894, 279-308. Contient un résumé succinct de la littérature antérieure sur la question.

FISCHER, O. — Psychologische Analyse der stroboskopischen Erscheinungen. *Wundt's Philos. Studien*, III, 1886, 128-156.

FISCHER, R. — Grössenschätzungen im Gesichtsfeld. *Von Graefe's Archiv*, XXXVII, 1891, I, 97-136; III, 55-85.

VON FLEISCHL. — Physiologisch-optische Notizen (2^{te} Mittheilung). *Sitz.-ber. d. k. Akademie d. Wiss. in Wien, math.-nat. Classe*, LXXXVI, 1882, Abth. III, 8-25.

FRANKLIN, CHRISTINE LADD. — A Method for the Experimental Determination of the Horopter. *Amer. Journal of Psychology*, I, 1887-88, 99-111. Voir aussi *Science*, N. S., III, 1896, 274.

GREEFF. — Untersuchungen über binokulares Sehen mit Anwendung des Heringschen Fallversuchs. *Zeitschrift für Psychologie*, III, 1891-92, 21-47.

GRÜTZNER. — Einige Versuche mit der Wunderscheibe. *Pflüger's Archiv*, LV, 1893-94, 508-520.

GUYE. — L'illusion optique dans la figure de Zöllner. *Rev. scientifique*, LI, 1893, 593-594.

HELMHOLTZ. — A. Handbuch der physiologischen Optik, 2^{te} Aufl. Hamburg und Leipzig, 1886-96. Traduction française de la première édition : *Optique Physiologique*. Paris, 1867.

B. Popular Scientific Lectures, First Series. New York, 1885.

HERING. — A. Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges. *Hermann's Handbuch der Physiologie*, III, Th. I, 343-601.

B. Beiträge zur Physiologie. Leipzig, 1861-64.

HEYMANS. — A. Quantitative Untersuchungen über das « optische Paradoxon ». *Zeitschrift für Psychologie*, IX, 1895-96, 221-253.

B. Quantitative Untersuchungen über die Zöllnersehe und die Loebsehe Täuschung. *Ibid.*, XIV, 1897, 101-139.

HILLEBRAND. — A. Die Stabilität der Raumwerte auf der Netzhaut. *Zeitschrift für Psychologie*, V, 1893, 1-60.

B. Das Verhältnis von Accommodation und Konvergenz zur Tiefenlokalisation. *Ibid.*, VII, 1894, 97-151.

HÖFLER. — Krümmungskontrast. *Zeitschrift für Psychologie*, X, 1896, 99-108.

HOLTZ. — Ueber den unmittelbaren Grösseneindruck in seiner Beziehung zur Entfernung und zum Contrast. *Göttinger Nachrichten*, 1893, 159-167.

HOPKINS. — Experimental Science. New-York, 1890. Un article aussi dans le *Scientific American*, LXIII, 1890, 406.

HOPPE, J. I. — A. Psychologisch-physiologische Optik. Leipzig, 1881.

B. Beitrag zur Erklärung des Erheben- und Vertieft-Sehens. *Pflüger's Archiv*, XL, 1887, 523-532.

D. Die Schein-Bewegungen. Würzburg, 1879, XII-212 pp.

HYSLOP. — A. On Wundt's Theory of Psychic Synthesis in Vision. *Mind*, Ser. 1, XIII, 1888, 499-526. Voir aussi d'autres articles de Hyslop, *ibid.*, XIV, 1889, 393-401; XVI, 1891, 54-79.

B. Experiments in Space Perception. *Psychological Review*, I, 1894, 257-273, 581-601.

JAMES. — Principles of Psychology. New York, 1890.

JASTROW. — A. A Study of Zöllner's Figure and Other Related Illusions. *Amer. Journal of Psychology*, IV, 1891-92, 381-398. Voir aussi un résumé dans *Nature*, XLVI, 1892, 590-592, et *Revue scientifique*, L, 1892, 689-692.

B. On the Judgement of Angles and Positions of Lines. *Amer. Journal of Psychology*, V, 1892-93, 214-223.

JUDD. — Some Facts of Binoocular Vision. *Psychological Review*, IV, 1897, 374-389.

KIRSCHMANN. — Die Parallaxe des indirecten Sehens und die spaltförmigen Pupillen der Katze. *Wundt's Philos. Studien*, IX, 1893-94, 447-495.

KNOX and WATANABE. — On the Quantitative Determination of an Optical Illusion. *Amer. Journal of Psychology*, VI, 1893-95, 413-421, 509-514.

VON KRIES. — Beiträge zur Lehre vom Augenmass, Beiträge zur Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane (Helmholtz Festgruss). Hamburg und Leipzig, 1891, 173-193.

KUNDT. — Untersuchungen über Augenmass und optische Täuschungen. *Poggendorff's Annalen*, CXX, 1863, 118-158.

LANGÉ, N. — Beiträge zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit und der activen Apperception. *Wundt's Philos. Studien*, IV, 1888, 405 ss.

LAQUEUR. — Ueber pseudentoptische Gesichtswahrnehmungen. *Von*

Graefe's Archiv, XXXVI, 1890, 1, 62-82. Contient des références historiques.

LASKA. — Ueber einige optische Urtheilstäuschungen. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1890, 326-328.

LE CONTE. — A. Sight. New-York, 1881.

B. On an Optical Illusion. *Phil. Mag.*, Ser. 4, XLI, jan.-june, 1874, 266-269.

C. On some Phenomena of Binocular Vision, n° XII : Some Peculiarities of the Phantom Images formed by Binocular Combination of Regular Figures. *American Journal of Science*, Ser. 3, XXXIV, 1887, 97-107.

LIPPS. — A. Ueber eine falsche Nachbildlokalisation und damit Zusammenhängendes. *Zeitschrift für Psychologie*, I, 1890, 60-74; III, 1892, 493-498. Voir aussi *ibid.*, II, 1891, 164-179 (surtout 164-167) et III, 1892, 398-404.

B. Aesthetische Faktoren der Raumanschauung, Beiträge zur Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane (Helmholtz Festgruss). Hamburg und Leipzig, 1891, 219-307. Pour un résumé fait par Lipps lui-même, voir *Zeitschrift für Psychologie*, III, 1892, 219-221.

C. Optische Streitfragen. *Zeitschrift für Psychologie*, III, 1892, 493-504.

LOEB. — A. Ueber die optische Inversion ebener Linearzeichnungen bei einäugiger Betrachtung. *Pflüger's Archiv*, XL, 1887, 274-282.

B. Untersuchungen über die Orientirung im Fühlraum der Hand und im Blickraum. *Ibid.*, XLVI, 1890, 1-46.

C. Ueber den Nachweis von Contrasterscheinungen im Gebiete der Raumempfindungen des Auges. *Ibid.*, LX, 1895, 509-518.

MACH. — A. Beiträge zur Analyse der Empfindungen. Jena, 1886, in-octavo, vi-168 pp. Traduction anglaise par C. M. Williams. Chicago, 1897.

B. Ueber die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut. *Sitz.-ber d. k. Akademie d. Wiss. in Wien, math-nat. Classe*, LII, II *Abth.*, 1865, 303-322; LIV, II *Abth.*, 1866, 131-144; *ibid.*, 393-408; LVII, 1868, 11-19.

C. Beobachtungen über monoculare Stereoskopie. *Ibid.*, LVIII, II *Abth.*, 1868, 731-736.

D. Ueber das Sehen von Lagen und Winkeln durch die Bewegung des Auges. *Ibid.*, XLIII, II *Abth.*, 1861, 215-224.

MARTIUS. — Ueber die scheinbare Grösse der Gegenstände und ihre Beziehung zur Grösse der Netzhautbilder. *Wundt's Philos. Studien*, V, 1889, 601-617.

MARTIUS-MATZDORFF. — Die interessantesten Erscheinungen der Stereoskopie, 2^e édit. Berlin, 1889. — 36 figures, avec brochure explicative de 35 pages.

MAYERHAUSEN. — Studies on Chromatokinopsias. *Archives of Ophthalmology*, XIV, 1885, 81-90.

MESSER. — Notiz über die Vergleichung von Distanzen nach dem Augenmaass. *Poggendorff's Annalen*, CLVII, 1876, 172-175.

MÜLLER-LYER. — A. Optische Urtheilstäuschungen. *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1889, Supplement-Band, 263-270.

B. Zur Lehre von den optischen Täuschungen; Ueber Kontrast und Konfluxion. *Zeitschrift für Psychologie*, IX, 1895, 1-16. Réponse à Laska Brentano, Lipps, Wundt et Delbœuf.

C. Ueber Kontrast und Konfluxion (Zweiter Artikel). *Ibid.*, X, 1896, 421-431. Réponse à Heymans.

MÜNSTERBERG. — Augenmass. *Beiträge zur experimentellen Psychologie*, Heft 2, 1889, 125-181.

MÜNSTERBERG and CAMPBELL. — The Motor Power of Ideas. *Psychological Review*, I, 1894, 441-453.

NICHOLS. — Certain Illusions of Rotation. *Proceedings of the American Psychological Association*, pp. 8-9. (First Annual Meeting. Philadelphia, 1892. Pub. par Macmillan Co., N. Y.)

OPPEL. — B. Ueber ein Anaglyptoskop. (Vorrichtung, vertiefte Formen erhaben zu sehen). *Poggendorff's Annalen*, XCIX, 1856, 466-469.

PIERCE. — Aesthetics of Simple Forms, (1) Symmetry. *Psychological Review*, I, 1894, 483-495.

QUANTZ. — The Influences of the Color of Surfaces on our Estimation of their Magnitude. *Amer. Journal of Psychology*, VII, 1895-96, 26-41.

RIVERS. — On the Apparent Size of Objects. *Mind*, N. S., V, 1896, 71-80.

ROGERS. — A. Observations on Binocular Vision. *Amer. Journal of Science*, Series 2, XX, 1855, 86-98, 204-220, 318-335; XXI, 1856, 80-95, 173-189, 439 (errata, p. VIII).

B. Some Experiments and Inferences in Regard to Binocular Vision. *Ibid.*, Series 2, XXX, 1860, 387-390; ou bien *Proc. Amer. Assoc.*, 1860, 187-192.

C. On our Inability from the Retinal Impression alone to determine which Retina is Impressed. *Proc. Amer. Assoc.*, 1860, 192-198; ou *Amer. Journal of Science*, Ser. 2, XXX, 1860, 404-409.

ROOD. — On the Relation between our Perception of Distance and Color. *Amer. Journal of Science*, Ser. 2, XXXII, 1861, 184-185.

ROUSE. — The Visual Perception of Distance. *Kansas University Quarterly*, V, 1896, 109-117.

SCHAPRINGER. — Zur Theorie der « Flatternden Herzen ». *Zeitschrift für Psychologie*, V, 1893, 385-396.

SCHARWIN und NOVIZKI. — Ueber den scheinbaren Grössenwechsel der Nachbilder im Auge. *Zeitschrift für Psychologie*, XI, 1896, 408-409.

SCHÖN. — A. Zur Lehre vom binocularen indirecten Sehen. *Von Graefe's Archiv*, XXII, 1876, IV, 31-62.

B. Zur Lehre vom binocularen Sehen, II Aufsatz. *Ibid.*, XXIV, 1878, I, 27-130.

C. Zur Lehre vom binocularen Sehen, III Aufsatz. *Ibid.*, IV, 47-116.

SORET. — Des Conditions physiques de la Perception du Beau. Genève, 1892.

STERN. — Die Wahrnehmung von Bewegungen vermittelt des Auges. *Zeitschrift für Psychologie*, VII, 1894, 321-386.

STEVENS. — A. The Stereoscope and Vision by Optic Divergence. *Amer. Journal of Science*, Ser. 3, XXII, 1881, 358-362, 443-451.

B. Notes on Physiological Optics. *Ibid.*, Series 3, XXIII, 1882, 290-302, 346-360; XXIV, 1882, 241-247, 331-335.

C. Physiological Perspective. *Phil. mag.*, Ser. 5, XIII, jan.-june, 1882, 309-322.

STRATTON. — Some Preliminary Experiments on Vision without Inversion of the Retinal Image. *Psychological Review*, III, 1896, 611-617. Voir aussi une discussion du sujet, dans le même périodique, par Hyslop et autres, vol. IV, et *Science*, N. S., II.

SULLY. — Illusions. New-York et Londres, 1882.

SZILI. — A. Zur Erklärung der « Flatternden Herzen ». *Du Bois-Reymond's Archiv*, 1891, 157-163.

B. « Flatternde Herzen. » *Zeitschrift f. Psychologie*, III, 1891-92, 359-387.

THIÉRY. — Ueber geometrisch-optische Täuschungen. *Wundt's Philos. Studien*, XI, 1895, 307-370, 603-620; XII, 1896, 67-126.

THOMPSON, S. P. — A. On the Chromatic Aberration of the Eye in Relation to the Perception of Distance. *Phil. Mag.*, Ser. 5, IV, july-dec., 1877, 48-60.

B. Optical Illusions of Motion. *Brain*, III, 1880-81, 289-298; voir aussi *Popular Science Monthly*, XVIII, 1880-81, 519-526.

WALLENBERG. — Der « Le Cat'sche Versuch » und die Erzeugung farbiger Schatten auf der Netzhaut. *Pflüger's Archiv*, XLVIII, 1890-91, 537-543.

WALLER. — A New Colour-contrast Experiment. *Journal of Physiology*, XII, 1891, XLIV-XLIX. (Proceedings of the Physiological Society, june 20, 1891).

WARREN AND SHAW. — Further Experiments on Memory for Square Size. *Psychological Review*, II, 1895, 239-244.

WASHBURN, MARGARET F. — The Perception of Distance in the Inverted Landscape. *Mind*, N. S., III, 1894, 438-440.

WHEATSTONE. — A. Contributions to the Physiology of Vision, Part I, On some Remarkable and hitherto Unobserved Phenomena of Binocular Vision. *Philosophical Transactions*, 1838, Pt. II, 371-394. Voir aussi *Pogg. Ann. (Ergänz.-Bd. I)*, 1842, 1-48, et *Phil. Mag.*, Ser. 4, III, jan.-june, 1852, 241-267.

B. Contributions to the Physiology of Vision, Part II, On some Remarkable and hitherto Unobserved Phenomena of Binocular Vision. *Philosophical Transactions*, 1852, 1-17. *Phil. Mag.*, Ser. 4, III, jan.-june, 1852, 504-523.

C. On a Singular Effect of the Juxtaposition of Certain Colours under Particular Circumstances, with remarks by Sir D. Brewster. *Brit. Assoc. Rep.*, 1844, Pt. 2, 10.

WOOD. — The « Haunted Swing » Illusion. *Psychological Review*, II, 1895, 277.

Wundt. — A. Grundzüge der physiologischen Psychologie, 4^e Aufl. Leipzig, 1893.

B. Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. Leipzig und Heidelberg, 1862.

ZÖLLNER.—A. Ueber eine neue Art von Pseudoskopie und ihre Beziehungen zu den von Plateau und Oppel beschriebenen Bewegungsphänomenen. *Poggendorffs Annalen*, CX, 1860, 500-523.

B. Ueber die Abhängigkeit der pseudoskopischen Ablenkung paralleler Linien von dem Neigungswinkel der sie durchschneidenden Querlinien. *Ibid.*, CXIV, 1861, 587-591.

C. Ueber eine neue Art anorthoskopischer Zerrbilder. *Ibid.*, CXVII, 1862, 477-484.

CHAPITRE VIII

LA LOI DE WEBER ET LES MÉTHODES PSYCHOPHYSIQUES

Le but de ce chapitre n'est pas de traiter d'une façon approfondie ces sujets extrêmement techniques et encore débattus, mais simplement de réunir quelques démonstrations de ce qu'est en général la loi de Weber, et d'indiquer quelques expériences pratiques relativement aux méthodes psychophysiques, en mentionnant les précautions nécessaires, et en montrant par des exemples comment on traite les résultats obtenus. Pour cette raison, les indications bibliographiques peuvent se borner aux traités de psychologie (Wundt et Külpe par exemple) et à quelques articles spéciaux facilement accessibles. Si on désire de plus amples renseignements, on ne manquera pas d'aller aux sources originales, c'est-à-dire aux ouvrages de Fechner, de G. E. Müller, et aux articles récents publiés par divers auteurs dans les *Philosophische Studien* de Wundt.

LA LOI DE WEBER

La découverte originale de Weber a été que la faculté de discerner les excitations dépend, non de leur différence *absolue*, mais de leur différence *relative*. Si, par exemple, la pression de quatre onces sur une main peut juste être distinguée de celle de trois onces sur l'autre, la

pression de quatre livres pourra juste être distinguée de celle de trois livres, et ainsi de suite avec d'autres poids qui seront dans le même rapport. On a trouvé aussi que lorsqu'il s'agit non de différences juste perceptibles, mais de différences beaucoup plus grandes, le même principe de relativité continue de s'appliquer. Si, par exemple, il s'agit de disposer une série d'éclairages de telle façon que l'accroissement de lumière d'un éclairage à l'autre paraisse égal dans chaque cas, il faudra multiplier l'intensité chaque fois par un facteur constant, et non pas ajouter chaque fois une quantité fixe. En général, pour que la sensation croisse de quantités égales, il faut que l'excitant croisse de quantités proportionnelles ; ou, en d'autres termes, pour que la sensation croisse en progression arithmétique, il faut que l'excitation croisse en progression géométrique.

La loi ainsi formulée est une loi empirique qui unifie un nombre considérable de faits. Elle s'applique assez bien pour des excitations moyennes de diverses espèces. Pour des excitations très fortes ou très faibles, elle ne s'applique qu'imparfaitement, et avec certains excitants elle ne peut être démontrée.

La nature générale de la loi se démontre très aisément dans le cas d'intensités visuelles.

234. *Expériences de démonstration pour la loi de Weber.*

a. *Transparents.* — Procurez-vous un transparent photographique d'une scène ou d'un objet présentant quelques ombres très faibles ou de légères différences d'ombre. (Le laboratoire Clark en possède un qui représente une église en pierre grise, avec un grand nombre de parties légèrement pâles sur le toit.) La perception de celles-ci dépend de la perception de la différence d'intensité entre la lumière qui les traverse et celle qui traverse les parties adjacentes du transparent. Pour vérifier la loi, il n'y a

donc qu'à les examiner dans différentes conditions d'éclairage. Essayez, par exemple, en plaçant le transparent devant un mur blanc qui se trouve dans l'ombre, devant le même mur éclairé par de la lumière diffuse, et devant le même mur fortement éclairé, et en ayant soin d'éviter, autant que possible, les réflexions à la surface antérieure de verre. Les ombres seront à peu près également distinctes dans tous les cas, lorsque l'œil se sera adapté au changement. On peut éviter la réflexion en partie en regardant le transparent au travers d'un trou d'un demi-pouce (12^{mm}) de diamètre, percé dans un grand morceau de carton noir. On peut aussi obtenir un fond variable en plaçant une grande feuille de carton blanc au soleil et en faisant varier son inclinaison.

Essayez aussi devant un pan de ciel clair près du soleil. Les ombres les plus délicates seront moins bien vues, ou pourront disparaître entièrement, ce qui montrera que la loi ne s'applique plus dans le cas d'excitations de grande intensité. Essayez aussi en plein soleil.

On peut faire une vérification semblable en répétant l'expérience 140 *b* dans différentes conditions d'éclairage.

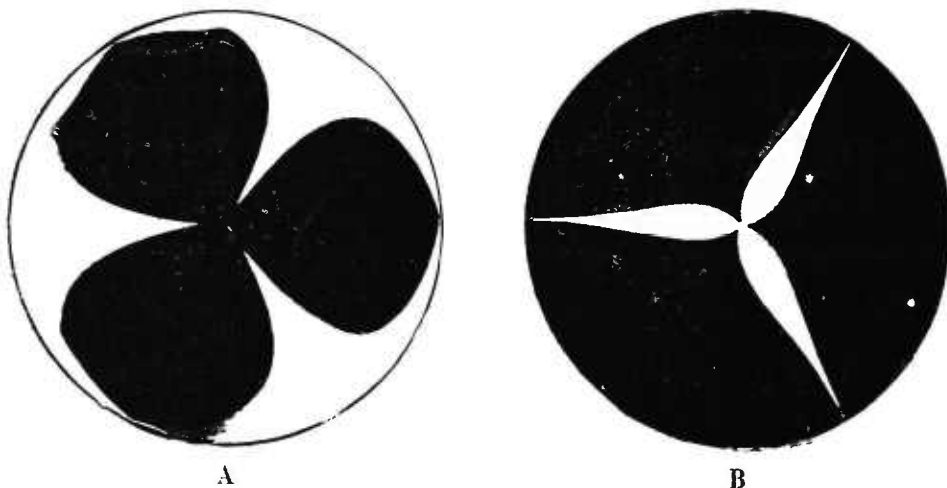


Fig. 108.

b. Démonstration avec des disques. — Il n'est pas difficile de produire une gradation d'intensités avec des dis-

ques tournants. Sur un disque construit pour donner un accroissement géométrique de l'intensité du centre à la périphérie, le gris moyen doit, si la loi se vérifie, se trouver à mi-chemin à partir du centre; et tel est en effet le cas. Les figures ci-dessus représentent des disques de cette espèce construits par Kirschmann.

A donne un accroissement graduel d'intensité du centre à la périphérie, B montre une diminution graduelle. Il est bon d'avoir aussi, à titre de comparaison, un disque où le changement se fasse en progression arithmétique. C représente ci-dessous un disque de ce genre. D donne la même gradation géométrique que A, mais avec un arrangement différent du noir; le résultat dans les deux cas est le même.

Helmholtz, 384 ss., Fr. 411 ss. (309 ss.); Delbeuf, 91 ss.; Kirschmann.

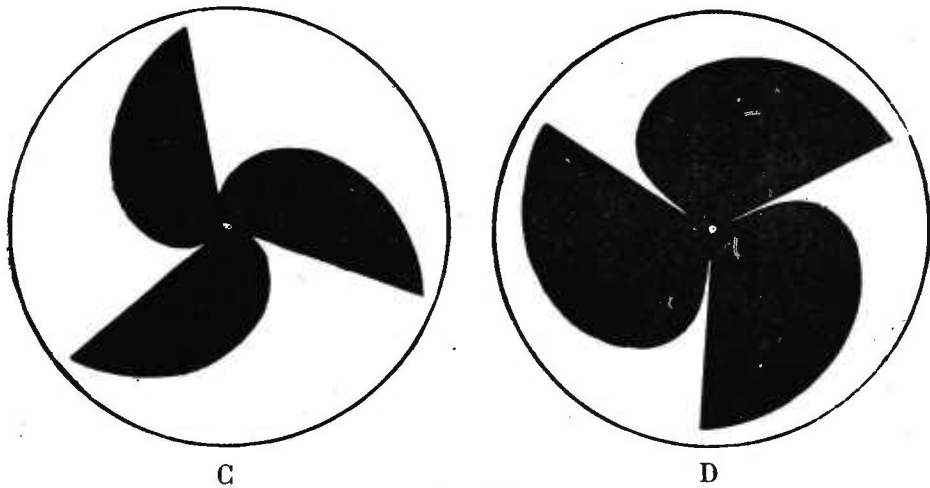


Fig. 109.

235. *Irradiation*. — La forme de ce phénomène qui consiste dans l'agrandissement des surfaces brillantes aux dépens des surfaces sombres contiguës est connue sous le nom d'*irradiation positive*, et fournit, telle qu'on l'explique généralement, une illustration intéressante de la loi de Weber. Nous considérons également ici, quoique le phénomène n'ait aucune relation avec la loi de Weber,

l'agrandissement des lignes et des points aux dépens des surfaces adjacentes soit brillantes soit obscures, que l'on appelle quelquefois *irradiation négative*.

a. Irradiation positive. Des figures comme celle qui est ci-jointe, lorsqu'on les éclaire fortement et qu'on les regarde d'une petite distance, montrent le carré blanc légèrement plus grand que le noir, quoique les deux soient réellement de même grandeur.

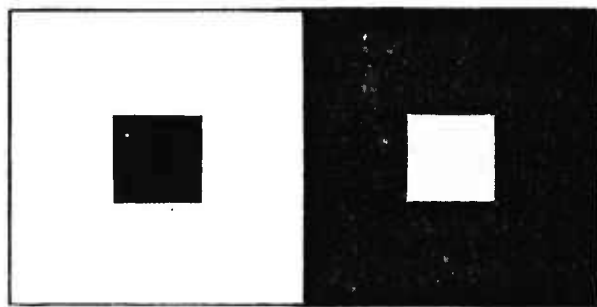


Fig. 110.

L'agrandissement est incontestable lorsqu'on construit une figure présentant de plus grandes différences d'éclairage entre les parties claires et les parties obscures en découpant ces dernières dans du carton noir, les montant sur verre, et les regardant devant le ciel ou une surface fortement éclairée. L'effet est aussi très marqué lorsqu'on tient une règle ou un morceau de carton à bords rectilignes devant une flamme. La flamme paraît entâmer le bord, surtout là où elle est le plus brillante. Lorsque la nouvelle lune « tient la vieille dans ses bras », le croissant paraît appartenir à un disque plus grand que celui qui est compris entre ses pointes, et on peut trouver beaucoup d'autres exemples dans l'expérience ordinaire.

L'illusion, d'après Helmholtz, est due à un léger brouillement de la ligne qui sépare les surfaces noires et blanches — brouillement qui est très marqué lorsque l'éclairage est fort et l'accommodation inexacte, et qui ne fait pas entièrement défaut même lorsque l'accommodation est la meil-

leure. Le contour prend ainsi la forme d'une bande grise étroite, située partie dans le noir et partie dans le blanc, et qui se dégrade de l'un à l'autre. Les intensités lumineuses dans les différentes parties de cette bande sont représentées par la courbe ci-dessous. Le point c se trouve sur la ligne réelle de démarcation; la région située à gauche représente la surface blanche, et la région située à droite la surface noire.

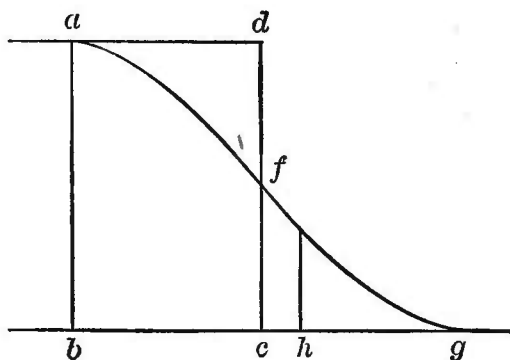


Fig. 114.

S'il n'y avait aucun brouillement, le blanc s'étendrait jusqu'en cd , où il cesserait, et la courbe des intensités serait $adcg$. En raison du brouillement, nous avons du blanc pur à gauche de a , du noir pur à droite de g , et la bande grise de transition entre les deux, avec les intensités représentées par la courbe afg . Cette courbe, toutefois, montre l'intensité de la lumière et non pas l'intensité de la sensation. D'après la loi de Weber, il faudrait pour un changement de sensation juste perceptible un changement d'excitation plus considérable à l'extrémité la plus intense de la courbe que partout ailleurs, et tout changement moindre passerait absolument inaperçu. Si le blanc était très intense, — si intense que le maximum de la sensation fût pratiquement atteint avec l'intensité h , — aucune différence ne pourrait être perçue à gauche de h , et le blanc paraîtrait s'étendre en pleine intensité jusqu'à ce point, agrandissant son étendue de ch . Si on prenait comme limite le gris moyen de la bande, au lieu du bord blanc,

on placerait encore cette limite trop loin à droite et on agrandirait la surface blanche. L'importance d'un éclairage brillant dans le blanc, et d'un obscurcissement complet dans le noir, est évidente dans les deux cas. L'illusion s'expliquerait de la même manière soit que le brouillement fût dû à une dispersion physique de la lumière sur la rétine, ou à une dispersion physiologique dans les éléments nerveux.

b. Irradiation négative. Dans ce cas la ligne ou le point profite pratiquement de toute sa bordure grise, près du bord extérieur de laquelle il y a, selon Helmholtz, un accroissement relativement soudain de clarté (ou une diminution dans le cas d'une ligne blanche sur un fond noir) qui fixe la limite apparente. A cause de la différence de nature des phénomènes, Helmholtz préférerait ne pas appeler celui-ci irradiation.

L'action combinée de l'irradiation positive et de l'irra-

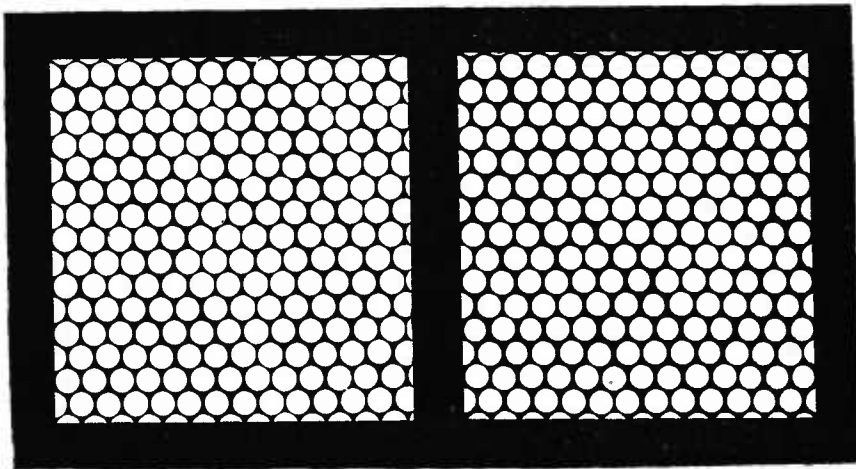


Fig. 112.

diation négative semble expliquer la tendance des cercles blancs, dans la figure ci-dessus, à prendre une forme hexagonale lorsqu'on les regarde de distances qui forcent à une accommodation inexacte. Les grandes surfaces triangulaires subissent l'effet de l'irradiation positive des cercles, tandis

que les parties où les cercles se rapprochent le plus conservent l'intégrité de leur surface grâce à l'irradiation négative.

L'irradiation négative peut aussi être démontrée de la manière suivante. Sur du papier blanc uni tracez deux fines lignes noires ($0^{\text{mm}},25$ ou moins de large), se coupant sous un angle d'un ou deux degrés. Tenez le papier à bout de bras, et déterminez à l'œil le point où l'espace blanc compris entre les lignes est égal en largeur à l'une des lignes. Marquez ce point légèrement avec un crayon, et examinez-le avec une loupe. Vous trouverez que la distance au point trouvé est trop grande et que l'épaisseur des lignes a été sur-estimée.

Helmholtz, 394-402, Fr. 425-433 (321-327); Hering: Aubert, 575 ss., 581 ss. Tous fournissent d'autres renseignements bibliographiques.

236. *La loi de Weber dans la classification des excitants.*

— On a trouvé que lorsqu'un grand nombre d'excitants légèrement différents sont disposés en groupes qui paraissent former une série où les différences soient égales, les intensités moyennes des groupes sont plus ou moins exactement conformes à la loi de Weber. C'est ce qui a été démontré sur une très grande échelle pour le groupement des étoiles suivant leur ordre de grandeur, et on peut démontrer aisément d'une manière approximative le même fait dans le laboratoire par une méthode semblable.

Préparez un grand nombre de poids, chacun différant légèrement du suivant, en mettant des feuilles de plomb dans de solides enveloppes (cf. chapitre ix pour plus de détails). Choisissez le plus léger et le plus lourd de ces poids, et donnez-les au sujet comme étalons grâce auxquels il puisse de temps en temps rafraîchir sa mémoire quant à l'étendue de la série. Puis demandez-lui d'arranger les autres en cinq classes, situées à environ la même distance sur l'échelle des intensités. Lorsque tous auront été classés, permettez au sujet de vérifier chaque groupe et de reviser

ses estimations s'il le désire. Finalement, trouvez le poids moyen de chaque groupe (en pesant tout le groupe à la fois et en divisant par le nombre d'enveloppes), et calculez les rapports de ces poids de groupe en groupe.

Les résultats suivants d'une expérience faite avec quatre sujets peuvent être intéressants à titre de comparaison. Une série de 118 enveloppes, pesant approximativement de 5 à 100 grammes, avait été préparée. Dans le tableau ci-dessous, les groupes sont indiqués par les chiffres romains, en commençant par le poids le plus léger.

SUJETS	RAPPORT de II : I	RAPPORT de III : II	RAPPORT de IV : III	RAPPORT de V : IV
Sh...	1,85	1,86	1,77	1,77
St...	1,51	1,90	1,62	2,16
D...	2,39	1,68	1,58	1,52
C...	1,34	1,84	1,73	1,96

Les résultats fournis par le premier sujet présentent à un haut degré la constance du rapport exigée par la loi. Chez le troisième et le quatrième elle se manifeste d'une façon assez nette à partir du deuxième groupe.

Cette méthode de démonstration est une application particulière de la méthode de l'erreur moyenne à la comparaison de différences. La méthode générale est considérée plus en détail ci-dessous. Des expériences de classification ont été faites par Jastrow avec des étendues visuelles et cinesthétiques et avec des intervalles de temps, et par Leuba avec des étoiles artificielles.

Jastrow, *B* et *C* ; Leuba.

LES MÉTHODES PSYCHOPHYSIQUES

Dans l'étude quantitative des sensations et des excitants, quatre questions se posent : 1° Quelle est la plus petite quantité d'un excitant donné qui causera une

sensation (« seuil initial »)? 2° Quelle quantité de l'excitant appliquée en une région du corps, ou dans un ensemble déterminé de circonstances, paraît exactement égale à une quantité donnée appliquée ailleurs, ou dans d'autres circonstances (excitants équivalents)? 3° Quelle est la plus petite différence qui puisse être perçue entre deux excitants donnés (« seuil différentiel »)? 4° Quel est le rapport qui existe entre plusieurs excitants lorsque leurs différences paraissent égales entre elles¹?

C'est en essayant de répondre à ces questions qu'on a développé les méthodes psychophysiques. Il y en a trois : La *méthode du changement minimal*, la *méthode des cas justes et des cas faux*, et la *méthode de l'erreur moyenne*. On les a très fréquemment appliquées à la détermination de la plus petite différence perceptible entre des excitants (question 3 ci-dessus) et on peut facilement les faire comprendre de ce point de vue.

Le moyen le plus naturel de trouver cette différence c'est de commencer avec les excitants égaux, et de faire varier très lentement l'un d'eux jusqu'à ce qu'on s'aperçoive qu'il y a eu changement. C'est la *méthode du changement minimal*, — méthode qui a été employée dans beaucoup d'expériences des chapitres précédents, et qui a été expliquée assez en détail dans l'expérience 24.

On peut obtenir, mais moins directement, des indications sur la grandeur de la différence juste perceptible en rendant les deux excitants un peu différents, et en demandant au sujet de les comparer un grand nombre de fois. S'ils sont très différents il percevra la différence avec une assez grande certitude, et jugera bien presque chaque fois ; s'ils sont très peu différents, il sera guidé en grande partie par le hasard, et jugera faux à peu près aussi souvent que correctement. La proportion des jugements exacts dans une longue série

¹ Dans la terminologie de Külpe ces questions sont celles de : (1) la détermination de l'excitant, (2) la comparaison de l'excitant, (3) la détermination de la différence, et (4) la comparaison de la différence.

d'expériences, mise en rapport avec la grandeur de la différence existant entre les excitants employés, permet d'induire quant à la différence juste perceptible. C'est là la *méthode des cas justes et des cas faux*.

La troisième méthode, comme la précédente, est indirecte, et donne, au lieu de la différence juste perceptible, une quantité qui lui est liée par une relation plus ou moins constante. L'un des excitants est remis au contrôle du sujet, qui doit le rendre égal à l'autre. Souvent le sujet commettra une erreur légère, tantôt par excès et tantôt par défaut. L'étendue de ces écarts et la plus petite différence qu'il puisse percevoir, seront évidemment liées par quelque relation ; et c'est sur ce fait qu'est basée la *méthode de l'erreur moyenne*.

Les méthodes qui viennent d'être ainsi esquissées à grands traits ont été considérablement élaborées dans la pratique, et on a trouvé nécessaires certaines précautions dont les plus importantes seront signalées ci-dessous.

En théorie, n'importe laquelle de ces méthodes pourrait être employée pour répondre aux quatre questions. En fait, cependant, certaines conviennent beaucoup mieux pour certains buts que d'autres, et toutes sont plus ou moins modifiées suivant les conditions spéciales dans lesquelles elles sont employées. La méthode du changement minimal a reçu dans ses applications spéciales une quantité de noms qui, si on ne les signalait pas, pourraient produire la confusion. Dans les déterminations d'excitants qui apparaissent égaux dans des circonstances différentes, elle a été appelée la *méthode des équivalents*. Dans les déterminations de la plus petite différence perceptible, elle a été appelée la *méthode de la différence juste perceptible*, ou la *méthode du changement minimal* en un sens restreint. Dans les déterminations de différences égales, elle a été appelée la *méthode de la gradation moyenne*.

Quoique développées d'abord pour l'étude de la loi de Weber, ces méthodes ont une utilité beaucoup plus géné-

rale comme moyens d'étudier l'acuité et l'exactitude de la perception dans différentes conditions externes et internes, et elles sont d'un usage constant.

Toutes les méthodes s'appliquent et aux grandeurs extensives et aux grandeurs intensives. Les excitants les plus commodes pour des expériences de démonstration seront les étendues visuelles et les poids, ceux-ci employés soit comme poids qu'on soulève, soit pour produire des pressions. Les expériences avec les étendues visuelles ont le grand avantage de paraître moins ennuyeuses et moins monotones; et on peut, s'il le faut, démontrer les trois méthodes avec ces étendues seules. Dans les explications plus détaillées qui suivent, les méthodes sont de nouveau considérées dans leur application à la détermination de différences.

237. *La méthode du changement minimal.* — Si l'on n'est pas déjà familiarisé avec cette méthode à la suite des applications qui en ont été faites dans les chapitres précédents, on peut l'étudier en se servant de pressions, comme dans l'expérience 24 (si possible de la balance de pression, et en prenant garde aux précautions mentionnées plus bas), ou d'étendues visuelles, comme dans l'expérience 174 *b* (où le cryptéon n'est pas indispensable), ou même de presque n'importe laquelle des expériences indiquées pour la sensibilité discriminative.

Quels que soient les excitants choisis, l'expérience comprend quatre opérations : 1° la détermination de l'excitant qui paraît juste plus grand que l'excitant constant; 2° la détermination de celui qui cesse juste de paraître plus grand; 3° la détermination de celui qui paraît juste plus petit; 4° la détermination de celui qui cesse juste de paraître plus petit.

Dans la première opération, on applique un excitant constant, et tout de suite après un autre exactement semblable (ou du moins n'en différant pas d'une manière per-

ceptible). Le sujet répond « le même ». L'excitant constant est appliqué de nouveau, puis un excitant légèrement plus grand, que généralement le sujet déclare de nouveau être « le même ». La comparaison de l'excitant constant avec des excitants successivement croissants est ainsi continuée jusqu'à ce qu'on arrive à un excitant que le sujet estime juste plus grand. On note alors l'excès de l'excitant variable sur l'excitant constant. La première opération pourrait se terminer ici, mais on considère qu'il vaut mieux faire croître l'excitant variable une ou deux fois encore, pour garantir le sujet d'une impression purement accidentelle qui pourrait lui faire croire qu'on a atteint une différence perceptible, quoiqu'on ne doive pas tenir compte des différences employées, à moins qu'il ne soit évident que le premier succès était accidentel. La seconde opération est semblable à la première, sauf qu'elle commence par la comparaison de l'excitant constant avec un excitant variable incontestablement plus grand, et qu'on diminue peu à peu ce dernier jusqu'à ce qu'il cesse de paraître différent. L'excès de l'excitant variable à ce moment est noté, et on fait comme tout à l'heure une ou deux expériences confirmatives. La troisième opération est semblable à la première, sauf qu'on fait décroître graduellement à partir de l'égalité apparente l'excitant variable, et la quatrième est semblable à la seconde, sauf que l'on commence avec excitant variable évidemment inférieur à l'excitant constant¹.

Les résultats obtenus dans les quatre opérations sont, cela va sans dire, sujets à des variations accidentelles plus ou moins considérables ; pour les éviter il est nécessaire de répéter chacune un grand nombre de fois, et de faire la moyenne des résultats. Il faut aussi prendre garde d'éviter certaines autres causes d'erreur, qui seront considérées

¹ On combine dans les deux cas les différences juste perceptibles et les différences juste imperceptibles d'après la supposition que le sujet aura une tendance à signaler le résultat attendu trop tôt (ou trop tard) et que la véritable différence juste perceptible sera entre les deux.

après que la manière de traiter arithmétiquement les résultats aura été rendue claire par un exemple.

Supposons que dans une expérience avec pressions sur le bout du doigt l'excitant constant ait été de 25 grammes, et que les différences suivantes aient été trouvées dans les 10 déterminations indiquées par les chiffres romains ¹ :

DIRECTION DU CHANGEMENT	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
A partir de l'égalité en croissant.	1,0	0,8	0,6	1,2	0,8	0,6	1,0	1,2	0,6	0,6
Vers l'égalité en diminuant.	1,0	0,8	1,4	1,2	1,0	1,2	1,4	1,0	0,6	1,0
A partir de l'égalité en diminuant.	1,4	1,0	1,6	1,4	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,0
Vers l'égalité en croissant.	2,0	1,2	1,8	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,8	0,6

Si nous prenons la moyenne des dix séries pour chacune des quatre opérations, nous aurons les valeurs suivantes en grammes pour la différence juste perceptible ou *seuil* et pour les variations moyennes ²

	Seuil	V. M.
Changement à partir de l'égalité (en croissant)	0,84	0,21
— vers — —	1,06	0,19
— à partir de — (en diminuant).	1,30	0,16
— vers — —	1,64	0,24

¹ Les chiffres de cet exemple sont ceux, très peu modifiés, d'une expérience réelle faite avec la balance de pression.

² Pour obtenir la variation moyenne (V. M.) on soustrait algébriquement de la moyenne chacun des nombres qui ont servi à la former, et on prend la moyenne des restes sans avoir égard au signe. Ainsi, si on soustrait de 0,84 chacun des termes de la première ligne horizontale de la table ci-dessus, on obtient les restes suivants :

— 0,16, + 0,04, + 0,24, — 0,36, + 0,04, + 0,24, — 0,16, — 0,36, + 0,24, + 0,24 dont la moyenne, sans tenir compte du signe, est 0,21, qui est la variation moyenne.

Une bonne manière de vérifier l'exactitude de la moyenne — et en même temps se trouve faite la plus grande partie du travail de recherche de la variation moyenne — consiste à garder séparés aussi longtemps que pos-

En examinant ces chiffres on voit d'abord que les variations moyennes sont considérables par rapport aux moyennes, et par conséquent que les déterminations sont irrégulières, partant incertaines. Mais ne nous occupons pas de cela ici, et examinons les moyennes elles-mêmes. Faisant la moyenne des quatre déterminations, nous obtenons 1,21 comme différence moyenne juste perceptible (ou comme seuil différentiel moyen), nombre dont l'inverse est pris comme mesure de la faculté de discrimination du sujet sur lequel on expérimente. Etablissant le rapport de cette différence à l'excitant constant nous avons 1,21 : 25, ou environ 1 : 20, ou 4,8 p. 100. Combinant les paires de déterminations faites avec des poids supérieurs au poids constant et les paires faites avec des poids inférieurs, nous trouvons 0,95 comme accroissement de poids juste perceptible (ou comme seuil différentiel supérieur), et 1,47 comme diminution juste perceptible (ou comme seuil différentiel inférieur).

On voit qu'il a fallu un changement beaucoup plus considérable au-dessous du poids constant qu'au-dessus, quoiqu'on eût pu s'attendre à une égalité approximative. Ce fait indique une tendance constante à sous-estimer l'exci-

sible les restes positifs et les restes négatifs. Si leurs sommes sont les mêmes, le travail est exact jusqu'à ce point; par ex. :

$$\begin{aligned} & - 0.16, 0.36, 1.16, 0.36 = 1.04 \\ & + 0.04, 0.24, 0.04, 0.24, 0.24, 0.24 = 1.04 \\ & 1.04 + 1.04 = 2.08; 2.08 : 10 = 0.208 \\ & \text{approximativement } 0.21. \end{aligned}$$

Si l'on exprime la règle en une formule, on a :

$$V. M = \frac{(A - a_1) + (A - a_2) + (A - a_3) + \dots + (A - a_n)}{n}$$

où A est la moyenne a_1, a_2, a_3 , etc., les observations individuelles, et n le nombre des observations d'où on a tiré la moyenne. Sous une forme plus condensée la formule est :

$$V. M = \frac{\Sigma v}{n}$$

où Σ désigne la somme, v les variations individuelles des observations par rapport à la moyenne, et n le nombre des observations.

tant constant (ou à sur-estimer l'excitant variable) — c'est-à-dire indique une erreur constante. Elle atteint la moitié de la différence entre les seuils, ou 0,26, et il en résulte que la valeur estimée ou réelle du poids constant est $25 - 0,26 = 24,74$.

Nous revenons maintenant à quelques-unes des conditions requises pour une application soignée de la méthode. La plus importante, après celle d'une attention uniforme de la part du sujet, est de disposer les épreuves de manière à exclure ou à neutraliser toutes les sources connues d'erreurs constantes. Deux d'entre elles se présentent si fréquemment qu'elles ont reçu des désignations spéciales, à savoir : l'*erreur de temps*, et l'*erreur d'espace*. Il est impossible d'appliquer l'excitant constant et l'excitant variable à la même surface sensorielle au même moment ; il faut nécessairement qu'ils soient appliqués en différents endroits ou à différents moments. Si donc quelque particularité de perception s'attache à un endroit ou à l'autre, ou bien, s'il s'agit du temps, à la position antécédente ou à la position conséquente, des différences constantes se manifesteront. Dans l'exemple ci-dessus on a évité l'erreur d'espace en appliquant les deux excitants au même doigt, mais l'erreur de temps demeure à moins qu'on ne prenne contre elle des précautions spéciales. C'est ce qu'on fait en répartissant les épreuves moitié dans l'ordre indiqué et moitié dans l'ordre inverse — l'excitant variable d'abord et l'excitant constant ensuite. Si cela n'avait pas été fait dans l'exemple ci-dessus, l'erreur constante 0,26 ne pourrait être expliquée comme elle l'a été, mais indiquerait probablement une erreur de temps. Dans la comparaison visuelle de longueurs on suppose l'erreur de temps évitée, mais il faut compenser l'erreur d'espace en présentant la longueur constante à droite de la longueur variable aussi souvent qu'à gauche, et de même pour les expériences sur d'autres sens. On peut traiter parfois de façon semblable les différences d'entraînement, mais, lorsqu'il s'agit d'atteindre des résultats cer-

tains, on doit les éliminer par une série préliminaire d'expériences d'entraînement. Pour savoir si les différences d'entraînement produisent des différences dans les résultats, on doit diviser les relevés d'observations en sous-groupes, et examiner les moyennes de ces sous-groupes.

Les erreurs de temps et d'espace et le stade d'entraînement doivent être considérés dans l'emploi de toutes les méthodes. Dans le cas de la méthode du changement minimal, on doit alterner les déterminations au-dessus et au-dessous de l'excitant constant, et dans chacune des deux séries se rapprocher de lui et s'en éloigner, de façon à réaliser pour chaque phase de l'expérience des conditions d'attention et de fatigue aussi identiques que possible; du moins, lorsque l'on cherche l'exactitude. Une condition nécessaire de cette méthode de compensation de l'erreur constante, c'est que les séries de déterminations combinées soient de même étendue, et aussi semblables que possible à tous égards, excepté quant à la cause de variation considérée spécialement.

Dans les expériences avec la méthode du changement minimal le sujet est supposé connaître la direction dans laquelle change l'excitant variable, mais non la quantité précise du changement. Il est en conséquence exposé aux effets de l'attention expectante. Outre le danger d'atteindre trop tôt le résultat attendu, danger qu'on prévient en combinant les déterminations des différences juste perceptibles et celles des différences juste imperceptibles, il est aussi un peu à craindre que les réponses, au bout de quelque temps, ne deviennent machinales, et que le sujet ne déclare percevoir une différence après un certain nombre d'applications de l'excitant variable, sans avoir égard à la quantité du changement. On peut obvier à ce danger en modifiant occasionnellement la manière de procéder régulière, en faisant varier la grandeur des changements par lesquels on se rapproche du seuil, en répétant l'excitant constant ou l'un des poids intermédiaires, etc. Si l'on veut écono-

miser du temps et de la patience, il faudra que les changements de l'excitant variable soient grands tandis qu'on sera éloigné du seuil, et petits lorsqu'on en sera rapproché, et que leur nombre ne soit pas assez considérable pour fatiguer le sujet avant qu'il ait atteint le seuil. Le nombre variera, cela va sans dire, quelque peu avec les circonstances ; Külpe parle de cinq comme d'un nombre moyen. D'autres précautions viendront d'elles-mêmes à la pensée de l'expérimentateur sérieux, lorsqu'elles seront nécessaires.

La principale critique qu'on adresse à cette méthode est que son critère de la différence juste perceptible est entièrement subjectif, et qu'il variera avec la disposition du sujet à risquer des erreurs. Cela est sans doute vrai, mais n'enlève pas à la méthode toute utilité.

238. *La méthode des cas justes et des cas faux.* — Cette méthode peut être facilement étudiée avec des étendues visuelles ou des poids soulevés, et sera illustrée ici par les deux genres d'exemples. Pour l'appliquer, on choisit entre les excitants une certaine différence qu'on sait être généralement, mais non toujours, perceptible, et on dispose une fois pour toutes un excitant variable qui soit supérieur ou inférieur à l'excitant constant de cette quantité. On soumet ensuite les deux excitants à l'estimation du sujet un grand nombre de fois. Parfois l'excitant le plus grand lui paraîtra le plus grand, parfois il ne pourra pas le distinguer de l'autre, parfois il lui paraîtra le plus petit. En admettant que ces variations sont du même genre que celles qui sont considérées dans la théorie mathématique des erreurs, on a élaboré des méthodes de calcul qui donnent des valeurs à peu près égales à celles qu'on obtient par la méthode du changement minimal, et grâce auxquelles il est possible aussi de calculer, d'après la proportion d'estimations justes et la différence des excitants dans un cas donné, la différence nécessaire pour donner toute autre proportion

d'estimations justes dans des circonstances identiques. Ces méthodes, dans la mesure où elles sont nécessaires pour l'interprétation des résultats ordinaires, seront considérées dans les exemples suivants.

Dans le premier exemple, on suivra la méthode sous sa forme classique ; dans le second, sous une forme plus simple, recommandée par Jastrow et par Fullerton et Cattell.

Pour le premier exemple, supposons que dans une expérience avec des étendues visuelles on ait pris un excitant constant de 1,5 pouce, et un excitant variable en différant de 0,03 pouce ; qu'il ait été fait deux cents estimations, cent avec excitant variable plus grand, et cent avec excitant variable plus petit ; que l'excitant se soit trouvé à droite dans une moitié des déterminations de chaque série, et à gauche dans l'autre moitié, et que l'on ait obtenu les résultats suivants :

Excitant constant, 1,50 pouce.

I. — EXC. CONSTANT A DROITE.

Juste	31
Faux	5
Égal.	14

Excitant variable, 1,53 pouce.

II. — EXC. CONSTANT A GAUCHE.

Juste .	31
Faux .	2
Égal	17

Excitant constant, 1,50 pouce.

III. — EXC. CONSTANT A DROITE.

Juste	25
Faux	1
Égal.	24

Excitant variable, 1,47 pouce.

IV. — EXC. CONSTANT A GAUCHE.

Juste .	18
Faux.	6
Égal	26

Les valeurs que donne cette méthode sont l'indice de précision, qui est ordinairement représenté par h dans les formules, et qui est directement proportionnel à la finesse de la sensibilité discriminative, et elles représentent le seuil moyen ou, comme on peut très bien l'appeler lorsqu'on y arrive par cette méthode, le « seuil probable » (S),

quoique la valeur de ce seuil soit contestée ¹. On peut les obtenir dans un cas quelconque au moyen des formules et de la table suivante, D étant la différence entre les excitants employés, t_1 la valeur de t qui correspond au pour cent des cas justes, et t_2 celle qui correspond au pour cent des cas justes et des cas égaux combinés.

$$h = \frac{t_1 + t_2}{2D} \quad S = \frac{t_2 - t_1}{t_2 + t_1} \cdot D$$

TABLE FONDAMENTALE DE FECHNER ²

$\frac{r}{n}$	$t = hD$	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	$\frac{r}{n}$	$t = hD$
50	0,0000	60	0,1791	70	0,3708	80	0,5951	90	0,9062
51	0,0177	61	0,1975	71	0,3913	81	0,6208	91	0,9481
52	0,0355	62	0,2160	72	0,4121	82	0,6473	92	0,9936
53	0,0532	63	0,2347	73	0,4333	83	0,6747	93	1,0436
54	0,0710	64	0,2535	74	0,4549	84	0,7032	94	1,0991
55	0,0890	65	0,2725	75	0,4769	85	0,7329	95	1,1611
56	0,1068	66	0,2917	76	0,4994	86	0,7639	96	1,2379
57	0,1247	67	0,3111	77	0,5224	87	0,7965	97	1,3297
58	0,1428	68	0,3307	78	0,5460	88	0,8308	98	1,4322
59	0,1609	69	0,3506	79	0,5702	89	0,8673	99	1,6450
								100	∞

Dans l'exemple, lorsque l'excitant constant était à droite et que les excitants étaient 150 et 153 (en prenant 0,01 pouce comme unité pour la facilité du calcul) le nombre

¹ De h on peut aussi déduire « l'erreur probable » (voir plus bas p. 359, note), à laquelle il est lié par une relation déterminée, à savoir :

$$e.p. = \frac{0,4769}{h}$$

Külpe (p. 69) définit S « la différence entre les excitants qui est juste aussi souvent perçue (estimée correctement) que non perçue (estimée inexactement) ».

² Condensée d'après Wundt, *Physiologische Psychologie*, 4^e éd., I, 350.

des cas justes était de 31, et celui des cas égaux de 14, soit pour cent 62 et 28. La valeur de t pour 62 p. 100 est d'après la table 0,2160, et pour 90 p. 100 (c'est-à-dire 62 + 28) elle est 0,9062. Substituant ces valeurs à t_1 et t_2 dans la formule qui donne h , et divisant par $2D (=6)$, nous avons $h = 0,19$. En les substituant dans la formule qui donne S nous avons 1,85. En appliquant les mêmes formules dans le cas où l'excitant constant était à gauche, nous avons $h = 0,24$, et $S = 2,11$. Dans le troisième cas (excitants 150 et 147; excitant constant à droite) la seule différence est que le pour cent des cas justes est de 50 seulement, et en conséquence $t_1 = 0$. Les valeurs de h et S sont $h = 0,27$ et $S = 3$. Dans le quatrième cas (excitant constant à gauche), le nombre des cas justes n'est que de 18. Cela prouve la présence d'une erreur constante plus grande que la différence employée. La valeur effective de l'excitant constant est moindre que celle de l'excitant variable. On peut toutefois calculer les valeurs de h et de S en prenant le pour cent dont les cas justes sont au-dessous de 100, et en traitant hD comme quantité négative. Dans ce cas 18 estimations justes représentent 36 p. 100; $100 - 36 = 64$, chiffre pour lequel la valeur de t est 0,2535, ou ici $t_1 = -0,2535$. La valeur de t_2 , trouvée de la façon ordinaire, est 0,8308, qui, substitué dans les formules en même temps que t_1 , donne $h = 0,10$, $S = 5,63$.

Il est clair que non seulement dans ce dernier cas, mais dans les autres aussi, il y a une erreur constante, et par conséquent que les valeurs de h et de S ne sont pas ce qu'elles devraient être. C'est pour éliminer ces erreurs constantes qu'on a varié les conditions quant à la position de l'excitant constant et quant à la grandeur de l'excitant variable, de telle façon que les deux influences fussent opposées à elles-mêmes dans un nombre égal de cas. Le résultat moyen est dès lors plus rapproché de la vérité qu'aucun des résultats individuels. En faisant la moyenne

on obtient $h = 0,20$, $S = 3,15$. Exprimée en formule, l'opération est :

$$h = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{4D}$$

T représentant dans ce cas $\frac{t^1 + t^2}{2}$ des précédentes formules.

On peut trouver par des formules semblables les valeurs des deux erreurs constantes qui peuvent se produire avec la disposition adoptée des expériences. Si C' représente la tendance constante qui fait croître la différence apparente lorsque l'excitant constant est à droite, et C'' la tendance qui fait croître la différence apparente lorsque l'excitant constant est comparé à un excitant variable qui lui est supérieur (150 à 153), il est clair que dans le groupe I, C' et C'' seront tous les deux positifs; dans le groupe II, C' sera négatif et C'' positif; dans le groupe III, C' sera positif et C'' négatif; et dans le groupe IV, C' et C'' seront tous les deux négatifs. De ces relations se tirent les suivantes :

$$C' = \frac{T_1 + T_2 + T_3 - T_4}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4} \cdot D$$

$$C'' = \frac{T_1 + T_2 - T_3 - T_4}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4} \cdot D$$

Faisant le calcul dans ce cas on trouve $C' = 0,46$ et $C'' = 0,22$.

La méthode simplifiée des cas justes et des cas faux. — Ce qui complique beaucoup la forme classique de cette méthode ce sont les cas où le sujet répond « égal ». Dans

⁴ Les données de cet exemple sont les résultats d'une expérience réelle, faite, toutefois, dans des conditions point tout à fait constantes, ni favorables à une grande exactitude. Elles sont toutefois suffisantes pour illustrer la méthode de calcul. Dans des circonstances favorables, on peut s'attendre à trouver h plus grand et S plus petit.

la forme plus simple recommandée par Jastrow, et par Fullerton et Cattell, on les évite en demandant au sujet de désigner chaque fois l'un ou l'autre des excitants comme plus grand, et, en cas d'incertitude complète, de deviner. Les résultats ne comprennent ainsi que des cas justes et des cas faux. D'après le pour cent de cas justes, mis en rapport avec la différence entre les excitants employés, on calcule la grandeur de la différence qui serait nécessaire pour avoir 75 p. 100 de jugements justes. Cette grandeur est considérée comme la valeur du seuil moyen ou probable, et son rapport à l'excitant constant employé, ainsi que celui du seuil dans la méthode du changement minimal, comme la mesure de la délicatesse de la sensibilité. Le choix de 75 p. 100 est naturellement arbitraire, mais certains motifs le recommandent; cette proportion est à mi-chemin entre la proportion des cas justes par pur hasard (50 p. 100) et la proportion des cas justes par suite de certitude complète, et correspond aussi à la valeur de l'« erreur probable » dans la courbe de probabilité. Pour faciliter ce calcul, Fullerton et Cattell donnent la table suivante¹

On comprendra l'emploi de cette table par les exemples suivants pris parmi les résultats qu'ils rapportent (p. 121). Les expériences portaient sur la discrimination de poids soulevés. Dans une série de 50 épreuves, les poids employés étant 100 et 104 grammes, et, le plus lourd étant soulevé d'abord, le sujet R a eu 36 jugements justes et 14 faux; dans le même nombre d'épreuves, avec les mêmes poids soulevés dans l'ordre inverse, le nombre des jugements justes a été de 28, et celui des faux de 22, soit 72 p. 100 d'estimations justes lorsque le poids constant venait le second, et 56 p. 100 lorsqu'il venait le premier. Nous rap-

¹ Il ressort évidemment de la relation entre l'erreur probable et la quantité h déjà mentionnée ($e. p. = \frac{0.4769}{h}$) qu'on peut obtenir cette table en divisant les valeurs correspondantes de la table de Fechner par 0,4769.

TABLE POUR DÉTERMINER L'ERREUR PROBABLE D'APRÈS LE POUR CENT
DE CAS JUSTES ET LA GRANDEUR DE LA DIFFÉRENCE

P. 100 r	$\frac{D}{e. p.}$	P. 100 r	$\frac{D}{e. p.}$	P. 100 r	$\frac{D}{e. p.}$	P. 100 r	$\frac{D}{e. p.}$	P. 100 r	$\frac{D}{e. p.}$
50	0,00	60	0,38	70	0,78	80	1,25	90	1,90
51	0,04	61	0,41	71	0,82	81	1,30	91	1,99
52	0,07	62	0,45	72	0,86	82	1,36	92	2,08
53	0,11	63	0,49	73	0,91	83	1,41	93	2,19
54	0,15	64	0,53	74	0,95	84	1,47	94	2,31
55	0,19	65	0,57	75	1,00	85	1,54	95	2,44
56	0,22	66	0,61	76	1,05	86	1,60	96	2,60
57	0,26	67	0,65	77	1,10	87	1,67	97	2,79
58	0,30	68	0,69	78	1,14	88	1,74	98	3,05
59	0,34	69	0,74	79	1,20	89	1,82	99	3,45

portant à la table nous trouvons pour $\frac{D}{e. p.}$ dans le premier exemple 0,86, ce qui signifie que pour donner la proportion de 75 p. 100 de jugements justes, la différence (4 grammes) eût (probablement) dû être augmentée dans le rapport de 0,86 : 1 ; c'est-à-dire portée à 4,65 grammes — cela, toutefois, seulement dans le cas où le poids le plus lourd venait le premier. Lorsqu'il venait le second, la proportion des jugements justes a été de 56 p. 100, ce qui correspond dans la table à 0,22 ; et la différence aurait dû être augmentée dans le rapport de 0,22 à 1, c'est-à-dire portée à 18,18 grammes. Il y a donc une forte tendance à sous-estimer le second poids¹. On peut cependant l'éliminer d'une façon semblable à celle qui a été indiquée dans l'exemple précédent. En représentant l'erreur constante par C , $\frac{D}{e. p.}$ dans le premier cas est en réalité $\frac{D+C}{e. p.}$ et dans le second cas $\frac{D-C}{e. p.}$. En additionnant ces frac-

¹ Chez la plupart des sujets de Fullerton et Cattell, la tendance était dirigée en sens opposé, et il semble que ce soit le fait général.

tions on élimine C , ce qui donne $\frac{2D}{e.p.}$, d'où il est facile de tirer la quantité D nécessaire pour qu'il y ait 75 p. 100 de jugements justes. $0,86 + 0,22 = 1,08$ et $1,08 : 2 = 0,54$, ce qui donne 7,4 grammes comme grandeur nécessaire lorsque les erreurs constantes ont été éliminées. C'est là le seuil moyen, et la sensibilité du sujet peut être exprimée par son inverse $\frac{1}{7,4}$, ou par son rapport à l'excitant constant $7,4 : 100$.

Si on désire connaître la valeur de l'erreur constante (dans ce cas, l'erreur de temps) on peut la calculer d'une façon analogue.

$$\frac{D + C}{e.p.} - \frac{D - C}{e.p.} = \frac{2C}{e.p.}$$

Dans cet exemple $\frac{2C}{e.p.} = 0,86 - 0,22 = 0,64$. $\frac{C}{e.p.} = 0,32$.

On vient de trouver que $\frac{D}{e.p.} = 0,54$, d'où $e.p. = \frac{D}{0,54}$ et $\frac{C}{e.p.} = \frac{0,32}{0,54}$. $D = 2,37$. L'élimination de plusieurs erreurs constantes simultanées se ferait naturellement de même en principe, mais le plan de l'expérience devrait être réglé dans ce but dès le commencement.

Il reste à parler de quelques points concernant l'emploi effectif de cette méthode sous ses deux formes. D'abord il faut un grand nombre de déterminations; on ne peut guère se fier aux formules, si l'on n'en a qu'un petit nombre. Si de longues séries sont fatigantes, on peut en combiner plusieurs courtes faites dans des conditions semblables. On doit prendre, si c'est possible, une différence entre les excitants qui ne donne ni trop ni trop peu de jugements justes; Fullerton et Cattell recommandent la proportion de 85 p. 100 environ. Il est bon par conséquent de faire quelques déterminations préalables par l'une des autres méthodes avant d'entreprendre des expériences systématiques avec celle-ci.

La méthode a été employée dans des cas où le sujet avait pleine connaissance du rapport réel des excitants (où il était lui-même l'opérateur) mais cette façon de procéder est moins à recommander que celle où le sujet ignore complètement ce rapport. Il est même absolument essentiel qu'il l'ignore quand on emploie la forme simplifiée de la méthode.

Le devoir du sujet est simplement de porter un jugement sur les excitants qui lui sont présentés, et celui de l'expérimentateur de lui présenter ces excitants dans des conditions aussi uniformes que possible. Dans la forme simplifiée de la méthode, le sujet, qui devra répondre plus grand pour l'un ou l'autre des deux excitants, sera aidé dans son choix par le fait qu'il sera averti qu'on ne lui présentera jamais deux excitants égaux¹. Il doit aussi se sentir sûr qu'un arrangement est aussi probable que l'autre, que léger-lourd, dans le cas de poids par exemple, est aussi probable que lourd-léger. Dans les courtes séries, le sujet est susceptible de se laisser influencer par le souvenir du nombre de fois qu'il a dû répondre dans un sens ou dans l'autre ; mais on peut éviter cet inconvénient par de plus longues séries, ou par des séries courtes disposées de telle sorte que le nombre de fois que chaque arrangement se présente ne soit pas le même dans chaque série, mais que le total final comprenne un nombre égal de déterminations pour chaque arrangement².

Il n'est pas toujours facile de présenter un excitant constant avec deux excitants variables, l'un plus grand, l'autre plus petit, comme on l'a fait dans l'exemple où il

¹ Si, pour une raison quelconque, on ne peut éviter quelques réponses douteuses, on pourra sans erreur sérieuse les répartir par moitié entre les cas justes et les cas faux. Mais il vaut mieux n'en admettre aucune.

² Une difficulté semblable se rencontre dans le cas d'erreurs constantes considérables qui amènent une proportion marquée de jugements dans une direction ou dans l'autre. On y obvie plus difficilement, quoiqu'on puisse la combattre au moyen d'une combinaison spéciale de séries avec excitants différant de quantités diverses.

s'agissait d'étendues visuelles, et parfois cela impose une grande dépense de temps. Il est bon dès lors, dans les expériences ordinaires, de faire les déterminations avec deux excitants seulement, en employant le plus grand comme excitant constant lorsqu'on expérimente pour déterminer le seuil probable inférieur, et le plus petit lorsqu'on s'occupe de déterminer le seuil supérieur, comme dans le second exemple. Pour d'autres suggestions et précautions, voir Jastrow, *B*.

239. *La méthode de l'erreur moyenne.* — Cette méthode est applicable à tous les excitants qui peuvent, directement ou indirectement, être soumis au contrôle du sujet; elle convient particulièrement lorsque le contrôle est direct et simple. Ces conditions se trouvent entièrement remplies dans le cas de la comparaison de longueurs par la vue; par exemple dans les expériences avec la barre de Galton, ou avec d'étroites bandes de papier millimétrique, qu'on perce avec la pointe d'un canif¹. L'application de la méthode est si simple qu'elle peut facilement être comprise par un seul exemple. L'une des coulisses d'un instrument analogue à la barre de Galton était placée par rapport à la ligne centrale à une distance constante de 1,50 pouces. On présentait ensuite l'instrument au sujet en lui demandant de placer l'autre coulisse à exactement la même distance de la ligne. Lorsqu'il avait fini, on examinait l'instrument, on notait le résultat, on déplaçait la coulisse, et on recommençait l'expérience. Quarante déterminations furent faites; dans une moitié la distance constante se trouvait à droite, dans l'autre moitié elle se trouvait à gauche. En outre, dans une moitié des déterminations faites pour cha-

¹ Ces bandes peuvent avoir 200 millimètres de long sur 5 de large. On les présente au sujet avec le côté blanc en haut, et on lui demande d'indiquer en piquant nettement avec la pointe d'un canif le milieu exact de la bande. La bande est alors retournée, et on lit facilement en millimètres et, à l'œil, en dixièmes de millimètres la distance qui sépare la marque faite du milieu exact.

que position, la coulisse mobile était placée trop loin de la ligne centrale, et dans l'autre trop près, lorsqu'on remettait l'instrument au sujet. Les distances suivantes furent considérées par le sujet comme égales à la distance constante de 1,50 pouce. L'unité adoptée dans la table et dans les calculs qui suivent est, pour raison de commodité, 0,01 pouce.

DISTANCE CONSTANTE A GAUCHE		DISTANCE CONSTANTE A DROITE	
A partir de trop petit.	A partir de trop grand.	A partir de trop petit.	A partir de trop grand.
147	145	144	147
145	145	149	148
145	150	145	146
147	148	148	151
149	149	150	146
145	151	148	151
149	149	146	150
142	150	149	156
147	151	147	149
151	144	146	147

La moyenne de ces déterminations est 147,8, ce qui prouve une erreur constante de 2,2; c'est-à-dire que l'étendue déterminée par le sujet fut en moyenne trop courte de 2,2, ou en d'autres termes, qu'il sur-estima chaque fois en moyenne de cette quantité la distance qu'il déterminait. La variation moyenne des déterminations isolées par rapport à la moyenne, variation calculée comme il a été expliqué plus haut, est 2,11, qui est le seuil moyen (S) tel que le donne cette méthode. Son inverse $\frac{1}{2,11}$ exprime le délicatesse de la sensibilité. Mise sous forme de rapport, elle devient 2,11 : 150, ou environ 1 : 71; en pour cent de la distance constante, 1,41¹

¹ La variation moyenne n'est pas la seule quantité qu'avec cette méthode on puisse prendre comme seuil; l'erreur moyenne, et l'erreur probable

Si nous prenons les groupes séparément, nous pouvons trouver l'effet des conditions spéciales auxquelles chacun était soumis. Les moyennes sont les suivantes :

<i>Distance constante à gauche.</i>		<i>Distance constante à droite.</i>	
A partir de trop petit	146,7	A partir de trop petit	147,2
— trop grand	148,2	— trop grand	149,1

En combinant ces résultats on trouve que la distance variable moyenne, lorsque la distance constante était à gauche, a été 147,45, et, lorsque celle-ci était à droite, 148,15. La demi-différence entre ces deux chiffres est 0,35, et sera à juste titre attribuée à l'erreur d'espace ; c'est la quantité dont, en moyenne, le sujet sur-estimait l'étendue variable lorsqu'il la comparait à une étendue constante de 150 placée à gauche.

En combinant les séries dans lesquelles la direction du mouvement de la coulisse était différente, nous obtenons une moyenne de 146,95 lorsque la coulisse était trop près au départ, et de 148,65 lorsqu'elle était trop loin. Le sujet tendait évidemment à s'arrêter trop tôt dans son mouvement dans les deux cas, et cela d'une quantité égale à la demi-différence entre ces moyennes, à savoir de 0,85, erreur

d'une seule observation peuvent servir toutes les deux dans ce but. L'erreur moyenne ne doit pas être confondue avec la variation moyenne ; elles sont l'une à l'autre dans le rapport suivant :

$$V. M. : E. M. :: 1 : 1,2533.$$

L'erreur probable d'une seule observation est donnée par la formule :

$$e. p. = 0,6745 \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}}$$

ou approximativement par la formule :

$$e. p. = \frac{0,8453 \Sigma v}{\sqrt{n(n-1)}}$$

où Σ, v et n ont la même signification que précédemment.

Son rapport à la variation moyenne est approximativement :

$$e. p. : V. M. :: 0,85 : 1.$$

d'espace d'une autre espèce, et plus importante ici que la précédente.

L'erreur constante de la moyenne générale (2,2), qui demeure malgré qu'on combine les quatre groupes, trahit l'action de quelque autre cause qui n'est pas neutralisée, et, si l'on est certain d'avoir évité toutes les autres influences, de quelque particularité de la méthode d'estimation du sujet¹. Pour déterminer si la cause de l'erreur constante est quelque tendance réellement constante, ou un simple accident (comme cela est possible lorsque le nombre des déterminations est petit), on doit calculer l'erreur probable de la moyenne (147,8)². Si l'erreur constante est nettement plus grande que l'erreur probable, on peut admettre qu'elle représente une réelle tendance, et non un accident. Dans l'exemple actuel l'erreur probable est 0,28.

La méthode de l'erreur moyenne et celle des cas justes et des cas faux sont toutes les deux fondées sur la supposition que le principe de la probabilité s'applique aux petites incertitudes ou variations de la perception. Les résultats qu'on obtient en s'en servant doivent, par conséquent, être comparables et, pourvu que les conditions soient les

¹ Cet exemple, comme les précédents, rapporte les résultats d'une expérience réelle. Malheureusement les données ne sont pas suffisantes pour exclure la possibilité qu'au moins une partie de cette erreur provienne de l'instrument employé. Le rapport du seuil général à la distance constante (1 : 71) est plus grand aussi que celui auquel on s'attend d'ordinaire dans des expériences de ce genre.

² On calcule l'erreur probable de la moyenne d'après la formule suivante :

$$e. p. = 0,6745 \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n(n-1)}}$$

Pour l'usage qu'on a ici en vue, la formule approximative suivante suffira :

$$e. p. = \frac{0,8453 \Sigma v}{n \sqrt{n-1}} = \frac{0,8453}{\sqrt{n-1}} \cdot V. M.$$

L'ouvrage de Merriman, *Elements of the Method of Least Squares*, d'où ces formules et plusieurs des formules antérieures sont empruntées, contient aussi des tables qui facilitent beaucoup le calcul de l'erreur probable.

mêmes, doivent peu différer en grandeur. Une différence dans les résultats indiquerait donc une différence dans les conditions, et, les conditions extérieures étant les mêmes, dans les conditions subjectives. Les deux expériences avec étendues visuelles, qui ont été employées plus haut comme exemples, ont été faites avec le même sujet et le même instrument, et peuvent servir aussi d'exemple à cet égard. Il y a parmi les résultats deux quantités sur lesquelles peut porter la comparaison : la différence nécessaire pour avoir 75 p. 100 de jugements justes, qui doit être égale à l'erreur probable, et l'indice de précision, la quantité h des formules¹ Par la méthode des cas justes et des cas faux, nous avons $h = 0,20$ d'où l'on tire $e. p. = 2,38$. Par la méthode de l'erreur moyenne nous avons $h = 0,26$ et $e. p. = 1,81$, ce qui prouve une discrimination plus délicate dans ce dernier cas, laquelle dans cet exemple peut bien correspondre à un degré plus considérable d'attention.

Quant aux précautions spéciales que nécessite l'emploi de cette méthode, il y a peu de chose à dire. Le sujet doit naturellement rester ignorant de la grandeur et de la nature de ses erreurs. Les groupes de déterminations doivent être arrangés de manière à compenser les erreurs constantes. On doit rapprocher d'égal l'excitant variable un même nombre de fois à partir de plus grand et à partir de plus petit, surtout lorsque le contrôle est indirect et que le sujet doit commander les changements au lieu de les faire lui-même. Le nombre des déterminations variera suivant le but des expériences. Les formules pour l'erreur probable s'appliquent plus exactement à mesure que le nombre des observations augmente, mais le nombre nécessaire avec cette méthode est beaucoup moindre qu'avec la méthode des cas justes et des cas faux. La méthode a de très grands avantages pratiques par la simplicité de ses

¹ Les erreurs constantes, dans la mesure où elles proviennent des mêmes causes, pourraient aussi être comparées.

procédés, et en ce que la discrimination n'y est pas réduite à elle-même, mais doit s'y manifester dans ses rapports naturels avec l'action.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT. — Grundzüge der physiologischen Optik. Leipzig, 1876.
- BOWDITCH. — « Vision », American Text-Book of Physiology. Philadelphia, 1896, particulièrement pp. 794-796.
- DELBOEUF. — Etude psychophysique. Mémoires couronnés, etc., de l'Académie royale de Belgique, 1873. Contenu aussi dans ses : *Eléments de Psychophysique*. Paris, 1883.
- FULLERTON and CATTELL. — On the Perception of Small Differences. Publications of the University of Pennsylvania, Philosophical Series, n° 2, may 1892.
- HELMHOLTZ. — Handbuch der physiologischen Optik, 2^e Aufl. Hamburg et Leipzig, 1885-1896. Traduction française de la première édition, *Optique physiologique*. Paris, 1867.
- HERING. — Ueber Irradiation. Hermann's Handbuch der Physiologie III, II, 440-448.
- JASTROW. — A. The Psycho-physic Law and Star Magnitudes. *American Journal of Psychology*, I, 1887-1888, 112-127.
 B. A Critique of Psycho-physic Methods. *Ibid.*, 271-309.
 C. Studies from the Laboratory of Experimental Psychology of the University of Wisconsin. *Ibid.*, III, 1890-91, 44-49, 54-58 ; IV, 1891-92, 213-219.
- KIRSCHMANN. — Color-saturation and its Quantitative Relations. *Ibid.*, VII, 1895-96, 386-404.
- KÜLPE. — Grundriss der Psychologie. Leipzig, 1893.
- LEUBA. — A New Instrument for Weber's Law, with Indications of a Law of Sense Memory. *American Journal of Psychology*, V, 1892-93, 370-384.
- WUNDT. — Grundzüge der physiologischen Psychologie, 4^e Aufl. Leipzig, 1893.
-

CHAPITRE IX

INDICATIONS POUR LES APPAREILS

Le but des chapitres précédents a été, presque sans exception, de travailler avec l'appareil le plus simple et le moins coûteux qui permît de produire les phénomènes essentiels de l'expérience. Que l'appareil employé ait toujours été le meilleur possible, c'est ce que, même de ce point de vue, l'auteur est loin de penser. Quelques appareils dans tous les cas sont indispensables, et les indications suivantes sont offertes pour ce qu'elles peuvent valoir.

On suppose que la plupart des pièces les plus simples, particulièrement celles qui se font en papier ou en carton, seront préparées dans le laboratoire, et que les plus difficiles et les plus compliquées seront achetées toutes faites ou fabriquées par un habile ouvrier.

Quand il est donné des détails, c'est pour le plus grand nombre d'après les appareils employés actuellement au laboratoire Clark, sauf lorsque des perfectionnements incontestables se sont imposés. On l'a fait pour rendre les descriptions aussi précises et aussi utiles que possible ; mais des perfectionnements dans la construction pourront souvent se présenter d'eux-mêmes à l'esprit du lecteur et il faudra les prendre en considération.

APPAREILS POUR LE CHAPITRE I, CONCERNANT LES SENS CUTANÉS EXPÉRIENCES 1-32

En ce qui concerne les fournitures et instruments généraux, il faudra une échelle millimétrique, une canne ou une

baguette légère, un peu de papier quadrillé au millimètre, des vases et les ustensiles nécessaires pour chauffer de l'eau, deux grands vases de même dimension et de même forme, quelques morceaux de liège, un morceau de glace, du taffetas d'Angleterre, un peu d'éther, un crayon de menthol, et trois thermomètres (de préférence centigrades).

Comme appareils spéciaux, il faudra un compas-esthésiomètre, un pulvérisateur, un diapason (voy. les appareils pour les sensations de l'ouïe), des appareils pour chercher les points de température, des appareils pour faire CO₂, un thermomètre centigrade gradué de 0° à 55° en dixièmes de degré, des poids pour la pression minimale et pour la sensibilité discriminative, des poids égaux de grandeurs inégales pour la pression, des cylindres en bois de poids égaux, et un algomètre.

Le compas-esthésiomètre. — Un instrument de cette espèce est depuis longtemps employé par les médecins et par d'autres, et une grande variété de modèles sont en vente. Un compas ordinaire de charpentier, qu'on peut se procurer à bon marché dans n'importe quel magasin de quincaillerie, sera suffisant, et on mesurera, quand il le faudra, la distance des pointes au moyen de la règle millimétrique. On peut se servir aussi de compas à dessin, mais ils ont les pointes assez aiguës, et feront mieux l'affaire si on garnit celles-ci de petits morceaux de liège taillés en pointe. On peut facilement fabriquer un instrument plus exact et plus commode en modifiant légèrement un des compas d'épaisseur qu'on trouve dans les magasins de quincaillerie, ou chez les marchands d'instruments de physique ¹

Comme *pulvérisateur d'éther* n'importe quel vaporisateur bon marché fera l'affaire.

On fabrique facilement des *chercheurs de points de tem-*

¹ Pour des appareils plus soignés et plus exacts voir Jastrow (A new aesthesiometer), *American Journal of Psychology*, I, 1887-88, 552, et Margaret Floy Washburn, *ibid.*, VI, 1893-95, 422.

pérature simples en appointant de manière à les terminer par une fine pointe mousse (de 0^{mm},5 de diamètre) des tiges de cuivre rondes (de 6 pouces [15^{cm}] de long et un quart de pouce [6^{mm}] de diamètre). On peut se servir aussi de grands clous.

Pour l'*appareil à faire* CO₂ consulter un manuel de chimie quelconque.

On peut se procurer le *thermomètre gradué en* 0°,1 chez un marchand d'instruments de chimie.

Poids pour la pression minimale. — On peut les découper dans des parallépipèdes de liège ou de moelle de sureau ayant même surface de base, les pourvoir de poils ou de cheveux pour les manier, et les vérifier au moyen d'une balance sensible. La base des prismes doit avoir environ 5 millimètres de côté. Le poil ou le cheveu qui servent à les prendre sont introduits par leurs extrémités dans deux côtés opposés des morceaux de liège ou de moelle de sureau, ce qui donne à l'ensemble quelque chose de la forme d'une bague munie d'un cachet, le liège représentant le cachet, et le poil l'anneau. Il conviendrait d'avoir une série allant de 2 à 20 milligrammes. Une série de ce genre, composée de disques de papier au lieu de moelle de sureau, a été préparée par Willyoung de Philadelphie, d'après les indications de Scripture.

On peut facilement faire des *poids égaux de grandeurs différentes* avec un gros bouchon et un petit, en creusant le petit et le remplissant de plomb. Cf. des instruments semblables dans la section se rapportant au chapitre II.

Les *poids pour étudier la sensibilité discriminative avec pressions* peuvent être achetés chez les marchands sous différentes formes. On peut fabriquer sans grande difficulté dans le laboratoire une série de ces poids en remplissant des cartouches de fusil avec des grains de plomb, comme Galton l'a proposé. Cf. la série pour étudier la sensibilité discriminative avec des poids soulevés dans la section concernant le chapitre II.

Pour les *cylindres de bois* employés dans l'expérience 25 b, des morceaux de trois quarts de pouce (18^{mm}) de long, coupés au bout d'un manche à balai, polis aux extrémités, et de poids égal, feraient probablement l'affaire aussi bien que quoi que ce soit.

Un *algomètre* n'est pas nécessaire pour les expériences décrites, mais l'instrument est aujourd'hui fréquemment employé dans les déterminations anthropométriques de la sensibilité, et on peut se le procurer chez les marchands. L'algomètre usuel en Amérique est celui qu'a imaginé Cattell; il repose sur le principe d'une balance à ressort renversée.

APPAREILS POUR LE CHAPITRE II
CONCERNANT LES SENS CINESTHÉTIQUES ET STATIQUES
EXPÉRIENCES 33-51

Il n'y a, pour cette section, qu'un petit nombre d'instruments généraux à ajouter : une règle d'un mètre, une paille, et deux petits morceaux de tissu de coton.

Quant aux appareils spéciaux, il faut avoir les suivants : un grand poids, des poids égaux de dimensions inégales (qu'on soulèvera) des poids pour étudier la sensibilité discriminative avec poids soulevés, une planche pour le sens articulaire, une planche-bascule, et une table rotative.

Tout *grand poids* qu'on peut facilement manier conviendra. Au laboratoire Clark, on a fait faire récemment des poids cylindriques en fonte, de trois pouces (7^{cm},5) de long et deux pouces (5^{cm}) de diamètre, dont on est satisfait. Ils pèsent entre deux et trois livres, et remplacent très bien le poids de deux kilogrammes mentionné dans l'expérience 35. Si on les perceait et taraudait de manière qu'on pût fixer un piton au milieu de leur face supérieure, ils conviendraient pour l'expérience 43.

Les *poids égaux de grandeurs différentes* mentionnés ci-dessus donnent aussi l'illusion qui est ici en question. Si pour une raison quelconque on désire avoir la différence de grandeur pour une dimension seulement, on peut facilement faire une série de poids en diminuant des cartouches en papier, et en chargeant ensuite les plus courtes jusqu'à ce qu'elles soient égales en poids aux plus longues. Une série de trois — cartouche entière, cartouche raccourcie d'un tiers, et cartouche raccourcie de deux tiers — conviendra. En les faisant, il est bon d'introduire des bouchons dans les plus longues, pour supporter les bourres avec lesquelles toutes sont bouchées. Ces poids faits avec des cartouches ne conviendront pas pour l'expérience 23. Un appareil spécial pour cette illusion a été imaginé par J. A. Gilbert, et se vend sous le nom de « Suggestion Blocks ».

Poids pour la sensibilité discriminative dans le cas de poids soulevés. Pour ce test aussi des séries spéciales ont été faites et sont en vente. Mais on peut encore aisément faire ces poids avec des cartouches. Il serait bon de faire la série assez grande pour avoir les différences nécessaires pour l'expérience 24, aussi bien que les différences plus délicates de l'expérience 34. Une série de poids, croissant par grammes de 80 à 120 grammes, et par deux grammes de 60 à 80, et allant au-dessus de 120 grammes aussi loin que les cartouches le permettront, et contenant deux poids de 100 grammes, conviendra probablement à tous égards. Une série beaucoup plus petite fera l'affaire si, au lieu d'employer toujours comme poids constant 100 grammes, on prend le poids constant à l'extrémité supérieure de la série lorsqu'il s'agira d'expérimenter au-dessous du poids constant, et à l'extrémité inférieure lorsqu'il s'agira d'expérimenter au-dessus. Pour l'expérience 34, les enveloppes de l'expérience 236 pourraient servir, mais elles ne répondraient pas au but pour l'expérience 24. En faisant les poids, il est bon de prendre garde que tous semblent éga-

lement remplis (ce à quoi on peut arriver en remplissant en partie de coton les cartouches les plus légères), et de répartir le coton ou quelque autre substance légère de manière que tout le poids ne soit pas au fond de la cartouche. Le premier point n'est pas essentiel, si les yeux du sujet sont fermés pendant l'expérience; et le second n'est pas important, sauf peut-être avec les poids les plus légers, si on les soulève dans une position verticale.

La planche pour le sens articulaire. — La figure qui accompagne l'expérience 39 donnera quelque idée de la construction de la planche en question. La planche mince sur laquelle repose l'avant-bras a 50 centimètres de long sur 8-10 de large, et est fixée à l'une de ses extrémités par une charnière à la planche qui sert de base à l'appareil. A l'autre extrémité est attachée une corde, qui passe sur une poulie placée au sommet d'un solide poteau. Au bout de la corde est suspendu un poids pour contre-balancer le poids de l'avant-bras. Une graduation (par exemple une bande de papier divisé en millimètres) est placée sur le poteau près du poids, et permet à l'expérimentateur de lire de combien l'extrémité de la planche sur laquelle repose le bras est levée ou abaissée. Il est essentiel que la charnière et la poulie jouent facilement et sans trépidation.

La planche-bascule. — Pour une partie des expériences avec la planche-bascule, une planche de 7 pieds (2^m,10) de long et de 18 pouces (45^{cm}) de large, oscillant en travers d'un chevalet de scieur, suffira. Pour d'autres, il faudra une installation plus permanente, par exemple une planche fixée de façon permanente par une charnière en travers d'un solide chevalet ayant 3 pieds et demi (1^m) ou plus de hauteur, et des pieds largement ouverts. (Pour la figure, voir l'expérience 46.) Si la pièce supérieure du chevalet n'est pas trop épaisse, et si la planche y est fixée au moyen de charnières telles que celles dont on se sert pour les portes qui vont dans les deux sens, il sera possible de

mettre le sujet dans toutes les positions requises, à partir de tête en haut jusqu'à tête en bas, sans avoir la peine de monter la planche sur un axe. A l'une des extrémités de la longue planche une petite planche pour les pieds doit être fixée assez solidement pour supporter le poids d'un homme lorsque la planche est dans une position verticale. A l'autre extrémité on placera un fil à plomb et un demi-cercle gradué, de sorte qu'on puisse lire l'inclinaison de la planche à chaque instant. Pour maintenir solidement le sujet sur la planche lorsque l'inclinaison sera considérable et qu'il aura la tête en bas, il sera nécessaire d'avoir deux courroies passant par-dessus ses épaules et fixées à de forts pitons vissés dans la planche elle-même ou dans la planchette pour les pieds, et peut-être une courroie pour la poitrine entourant à la fois le sujet et la planche.

Table rotative. — Une table, faite en fixant une planche de 7 pieds (2^m,10) de long en travers d'une chaise ou d'un tabouret tournants ordinaires, pourrait probablement servir pour une partie des expériences. L'appareil doit tourner sans bruit ni trépidation appréciables. On pourrait faire beaucoup des expériences en enroulant l'une autour de l'autre les cordes d'une balançoire.

La figure ci-jointe montre le plan d'un appareil permanent imaginé par Aubert.

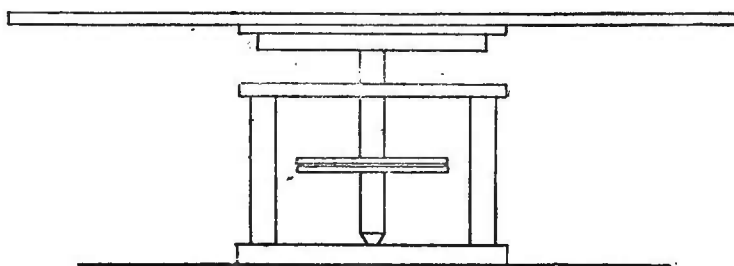


Fig. 113.

Le plan est à l'échelle d'environ un vingtième. La partie supérieure de la table repose sur un pivot central d'acier, dont l'extrémité inférieure s'adapte à une cavité peu pro-

fonde pratiquée dans la partie inférieure du bâti en fer, dont on voit dans le plan deux colonnes sur trois. Ce pivot porte aussi une roue à rainure. La table tourne au moyen d'une corde de transmission qui s'enroule autour de cette roue et d'un petit tambour qu'on ne voit pas dans le plan et qu'on fait tourner à la main. Aubert rapporte que l'instrument donne des résultats très satisfaisants à la fois quant à la douceur du mouvement et quant à l'absence de trépidation.

La table rotative du laboratoire Clark diffère de la précédente en ce qu'elle est tout entière en bois (le bâti ayant quatre pieds au lieu de trois), et en ce que la roue à rainure manque. Il faut donc la faire tourner directement à la main, ce qui naturellement donne des résultats moins satisfaisants que si on la faisait tourner par l'intermédiaire d'une corde motrice, mais cela suffit pour les expériences décrites dans le texte. Les extrémités de la partie supérieure de la table sont arrondies, la courbe ayant un rayon égal à la moitié de la longueur de la table. Sur ces extrémités on pourrait facilement disposer une graduation en degrés, en sorte qu'on pût se faire une idée approximative de la vitesse angulaire du mouvement.

APPAREILS POUR LE CHAPITRE III
CONCERNANT LES SENSATIONS DU GOUT ET DE L'ODORAT
EXPÉRIENCES 52-60

Pour les expériences sur le goût, le matériel général suivant est nécessaire : quatre pinceaux ou plus en poil de chameau, un miroir et une pile électrique. Pour cette dernière, voir la section sur les appareils généraux.

Les appareils spéciaux sont : un peu d'essence de girofle, le matériel nécessaire pour préparer les différentes solutions servant de tests, et une paire de petites électrodes en zinc.

L'essence de girofle sert pour la démonstration des associations habituelles entre le goût et l'odorat (expérience 52). La même démonstration peut se faire, même plus commodément, avec de petites étiquettes Dennison, dont la gomme est parfumée avec du sassafras. On peut se les procurer à peu près chez n'importe quel papetier, et, étant sèches, elles sont plus faciles à manier que la solution de girofle. Pour les proportions de l'essence de girofle et de l'alcool, voir *essence de girofle* ci-dessous parmi le matériel dont on a besoin pour les expériences sur l'odorat.

Les solutions doivent être de deux forces — les plus fortes pour étudier la sensibilité des papilles individuelles et les plus faibles pour déterminer les régions générales du goût et le minimum sapide. Les proportions suivantes de substance sapide et d'eau conviennent : Solutions fortes : Sucre, 40 : 100 ; Quinine, 2 : 100 ; Acide tartrique, 5 : 100 ; Sel, solution saturée. Solutions faibles (pour lesquelles l'eau elle-même doit n'avoir aucun goût) : Sucre, 5 : 100 ; Quinine, 2 : 100.000 ; Acide tartrique 5 : 1.000 ; Sel, 2 : 100. Solutions spéciales de sucre pour l'expérience 55 : — 20 : 100, 18 : 100, 16 : 100, 14 : 100, 12 : 100, 10 : 100.

On peut fabriquer les *électrodes en zinc* en soudant des morceaux de feuilles de zinc d'un pouce et demi (4^{cm}) de long et d'un demi-pouce (12^{mm}) de large à des bouts de fil de cuivre couvert ordinaire de longueur convenable.

Pour les expériences sur l'odorat, on aura besoin du matériel suivant : de l'essence de girofle, un olfactomètre, du camphre, de la cire jaune, une douzaine de petites bouteilles à large goulot.

On fait l'*essence de girofle* en ajoutant une partie d'huile essentielle à 15 parties d'alcool¹, et on peut la diluer avec de l'eau, elle-même inodore, pour faire les solutions nécessaires pour l'expérience 57 a. Pour cette expérience les

¹ L'auteur ignore si cette essence est de la même force que celles qu'ont employées Lombroso et Ottolenghi dans les expériences auxquelles on renvoie après l'expérience 57.

dilutions qui donneront les proportions suivantes d'huile essentielle conviendront : — 1 : 50.000 ; 1 : 100.000 ; 1 : 200.000 ; 1 : 300.000 ; 1 : 400.000 ; 1 : 500.000.

Un grand nombre d'*olfactomètres* de différentes formes ont été proposés par différents expérimentateurs. L'*olfactomètre* de Zwaardemaker est de construction si simple qu'il peut être fabriqué dans le laboratoire. Il sera particulièrement avantageux s'il est double, comme le représente la figure ci-jointe.

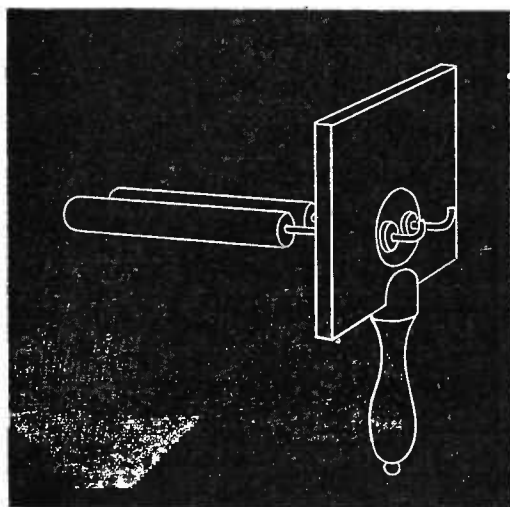


Fig. 114.

L'instrument consiste en un écran léger en bois, d'environ six pouces (15^{cm}) de côté, pourvu d'un manche à sa partie inférieure pour qu'on puisse le tenir plus facilement. Dans cet écran, un peu au-dessous du milieu, un trou d'un pouce et demi (38^{mm}) de diamètre est pratiqué et garni d'un gros bouchon. Le bouchon lui-même est percé de deux trous placés côte à côte à un pouce (25^{mm}) l'un de l'autre, et d'un diamètre tel que les tubes en verre dont il va être question y tiennent exactement, c'est-à-dire d'environ 7 millimètres. Les tubes en verre doivent être assez longs pour dépasser de 10 centimètres derrière l'écran, et d'environ 3 centimètres en avant. Les extrémités antérieures

sont recourbées en haut à angle droit pour pouvoir être introduites dans les narines. Les substances odorantes sont appliquées sous la forme de tubes qui glissent sur les tubes de verre derrière l'écran. Les plus simples et les meilleurs pour les personnes qui ont une acuité normale de l'odorat sont, dit-on, des bouts de tube en caoutchouc rouge de 10 centimètres de long, et d'un diamètre tel qu'ils puissent juste glisser librement sur les tubes de verre (8 millimètres). Ces bouts de tube en caoutchouc doivent eux-mêmes être introduits dans des tubes de verre qui les contiennent exactement, de manière à empêcher que l'odeur ne se répande par leur surface extérieure. Pour l'expérience 60 un autre tube odorant, cette fois de cire jaune, sera nécessaire. On peut le faire en plaçant un tube de verre (de la dimension des tubes à air de l'olfactomètre) dans un tube tel que ceux qui servent à recouvrir les tubes odorants en caoutchouc, et en remplissant l'espace intermédiaire avec de la cire fondue, puis retirant le tube intérieur

La construction de cet instrument repose sur la supposition que l'intensité de l'odeur varie en raison directe de la surface de la substance odorante exposée. Lorsqu'on fait glisser les tubes odorants sur les tubes de verre de l'olfactomètre, et qu'on les pousse en arrière jusqu'à ce que leurs extrémités soient de niveau avec celles des tubes de verre, l'air aspiré par ces derniers contient peu ou point de particules odorantes, parce qu'aucune surface odorante n'est exposée. Mais, lorsqu'on éloigne un peu de l'écran les tubes à odeur de telle sorte qu'ils dépassent les extrémités des tubes de verre, la surface odorante qui est à l'intérieur se trouve exposée au courant d'air aspiré. L'intensité de l'odeur est proportionnelle à la longueur de tube odorant qui dépasse le tube de verre. La longueur de tube odorant correspondant à une odeur juste perceptible différera naturellement suivant les tubes, les personnes et la température; mais les tubes de caoutchouc rouge passent pour

donner des résultats satisfaisants, et quant à l'intensité primitive, et quant à la stabilité de l'odeur pendant des périodes de temps considérables. La longueur du tube odorant de caoutchouc rouge nécessaire pour produire une odeur juste perceptible à 48° C. est, d'après ce que Zwaardemaker lui-même a trouvé, de 7 millimètres. Pour se servir de l'appareil, on introduit le bout tourné en haut de l'un des tubes de verre dans la partie antérieure de la narine, et l'on aspire de la façon qui est la plus naturelle lorsqu'on sent une odeur ; la proportion de particules odorantes est plus grande, toutefois, lorsque le courant d'air est lent que lorsqu'il est rapide. L'intérieur des tubes à air peut avoir besoin d'être débarrassé de temps en temps des particules odorantes qui s'y sont attachées. On construit aussi l'olfactomètre de Zwaardemaker sous une forme plus parfaite, avec des cylindres poreux en porcelaine destinés à absorber les substances odorantes qui serviront aux expériences. Sur ce point et sur d'autres points connexes, voir sa *Physiologie des Geruchs*, Leipzig, 1895. On peut aussi se procurer un olfactomètre, basé à peu près sur le même principe, mais de forme différente, qui a été imaginé par Scripture.

APPAREILS POUR LE CHAPITRE IV, CONCERNANT LES SENSATIONS
DE L'OUÏE, EXPÉRIENCES 64 A 103

Comme instruments généraux il faudra se procurer les suivants : un petit paquet de coton hydrophile, 3 mètres de tube de caoutchouc (1/4 de pouce [6^{mm}] de diamètre extérieur), une bouteille d'un demi-litre, et une montre ordinaire.

Comme appareils spéciaux : un pendule acoustique, un pendule portant un petit diapason, un marteau de caoutchouc pour mettre en vibration les diapasons, des diapasons graves (ou des lames d'Appunn), plusieurs diapasons

fixés sur des caisses de résonance, une série de diapasons désaccordés pour la différence de hauteur juste perceptible, un sonomètre, une série de résonateurs, deux sifflets à piston ou plus, un sifflet de Galton ou des cylindres d'acier pour la limite des sons perceptibles, deux sifflets-bouteilles ou plus, un appareil pour faire des bulles d'hydrogène, et un « parleur ».

Le *pendule acoustique* représenté ici a été construit, avec de légères modifications, d'après l'instrument décrit par Kämpfe, et reproduit aussi dans Wundt, *Physiologische Psychologie*, 4^e éd., I, 361¹

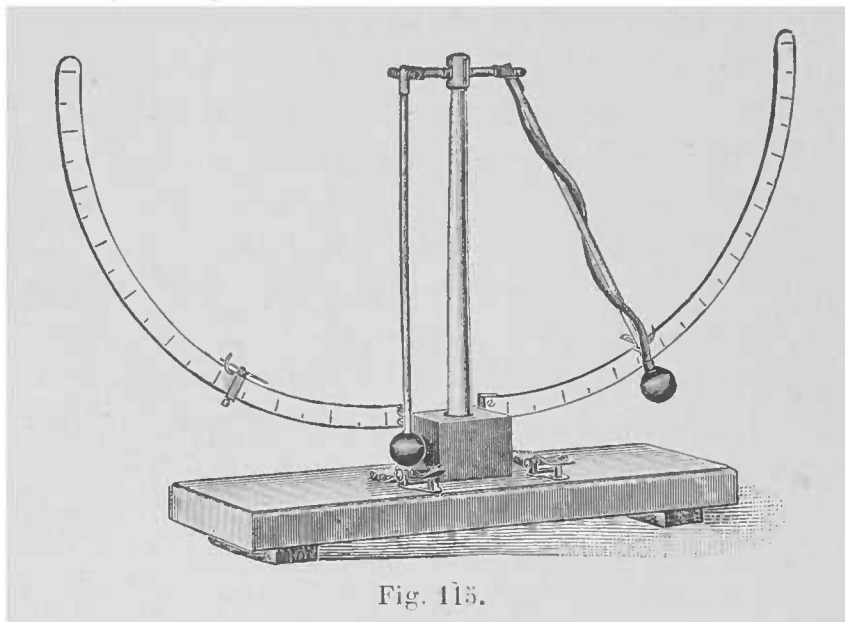


Fig. 115.

Le son est produit par le choc des boules fixées à l'extrémité des tiges du pendule contre un bloc d'ébène, et son intensité est supposée varier en raison directe de la hauteur de chute ou du carré du sinus de la moitié de l'arc que parcourt le pendule². Le tableau suivant est calculé, d'après celui de Kämpfe (p. 534), pour montrer l'intensité propor-

¹ L'instrument possède ici deux pendules et deux arcs. Kämpfe en préférerait un n'ayant qu'un seul pendule et qu'un seul arc ; un tel instrument serait à la fois moins cher et meilleur.

² Pour la justification de cette hypothèse, voir Kämpfe, *Wundt's Philos. Studien*, VIII, 1892-93, 525 ss.

tionnelle des sons produits par des chutes comprises entre 30 et 50°, le son qui correspond à 40° étant pris comme unité.

Quand on se sert de l'instrument, il faut envelopper les tiges du pendule de quelque chose pour empêcher le son bref qu'elles produisent après le choc, et qui gêne l'appréciation des sons. Kämpfe et Wundt proposent de les envelopper de feutre, et Kämpfe a trouvé nécessaire d'envelopper de même l'extrémité libre de l'arc. En enroulant du petit tube en caoutchouc comme l'indique la figure, on amortit suffisamment le son. Les clefs placées de chaque côté du bloc d'ébène sont recouvertes de feutre, et ont pour but de saisir le pendule lorsqu'il revient après son premier recul, et d'empêcher ainsi les répétitions du son. Mais on peut arriver au même résultat aussi facilement avec la main.

TABLE DES INTENSITÉS RELATIVES DES SONS LORSQUE LE PENDULE ACOUSTIQUE TOMBE D'UN ANGLE COMPRIS ENTRE 30 ET 50°, LE SON QUI CORRESPOND A 40° ÉTANT PRIS POUR UNITÉ.

ANGLE	INTENSITÉ	ANGLE	INTENSITÉ	ANGLE	INTENSITÉ
30°	0,57	37°	0,86	44°	1,20
31°	0,61	38°	0,91	45°	1,23
32°	0,65	39°	0,95	46°	1,31
33°	0,69	40°	1,00	47°	1,36
34°	0,73	41°	1,05	48°	1,41
35°	0,77	42°	1,10	49°	1,47
36°	0,82	43°	1,15	50°	1,53

Pour les démonstrations, les pendules peuvent aussi être lâchés par les doigts. Pour des expériences plus exactes, un déclenchement mécanique est préférable. Celui qui est attaché à l'instrument du laboratoire Clark est représenté dans la figure qui suit.

Le déclenchement est représenté tel qu'on le verrait si on le regardait d'un point situé à mi-hauteur environ de la

colonne centrale de l'instrument. La tige du pendule repose contre la partie pliée de l'extrémité gauche de la barre transversale. Celle-ci tourne facilement

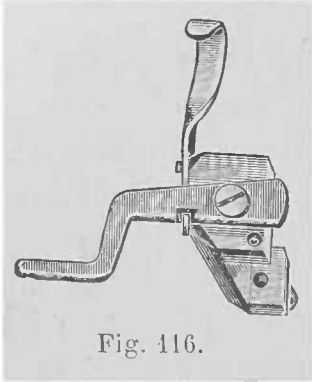


Fig. 116.

autour de la vis qui la fixe à la pince, qui à son tour fixe le tout à l'arc de l'instrument. La pièce recourbée, verticale dans la figure, est pourvue à son extrémité inférieure d'un petit crochet qui maintient la barre transversale jusqu'au moment où on désire déclencher le pendule ; alors par une légère pression de bas en haut (c'est-à-dire par un mouvement du côté de l'observateur lorsque le déclenchement est vu comme dans la figure) on retire le crochet, la barre transversale tourne, et le pendule tombe. La pince est maintenue sur l'arc par une vis de pression. Il est essentiel, naturellement, que le déclenchement fonctionne aussi facilement et avec aussi peu de bruit que possible.

Quoique l'instrument soit probablement de ceux qu'on achètera tout faits, les dimensions suivantes données par Kämpfe peuvent être utiles à connaître : — base en chêne : 45 centimètres de longueur, 15 centimètres de largeur, 3 centimètres d'épaisseur ; colonne centrale (acier) : 33 centimètres de hauteur, 2 centimètres de diamètre moyen ; traverse en haut de la colonne : 8, 5 centimètres de longueur et 1 centimètre de diamètre ; longueur des tiges du pendule (en bois) : 30 centimètres ; diamètre des boules du pendule (en caoutchouc durci) : 3 centimètres ; bloc sur lequel elles frappent (en ébène) : 7 centimètres de longueur, 5 centimètres de largeur et 6 centimètres de hauteur. Ce bloc est collé à la base au lieu d'y être fixé par des vis ; et l'ouverture qui y est pratiquée est assez grande pour qu'il ne touche pas la colonne centrale, de manière à assurer des sons aussi uniformes et aussi simples que possible. Les pendules oscillent sur des pointes. Les arcs de l'instrument de Kämpfe étaient divisés en degrés, et

même dans quelques endroits, il semble, en dixièmes de degré. En général, une division en degrés sera certainement suffisante. L'instrument tout entier est supporté par d'épaisses pièces de feutre pour empêcher toute résonance de la table sur laquelle on opère¹

Lorsqu'on se sert de l'instrument, il faut l'installer de manière que les pendules oscillent librement et que les boules, au repos, touchent juste le bloc d'ébène.

Pendule portant un petit diapason. — N'importe quel pendule convenable peut être employé dans ce but. Celui qui est décrit ci-dessous, quoique de construction grossière, s'est montré satisfaisant à cet égard et à d'autres.

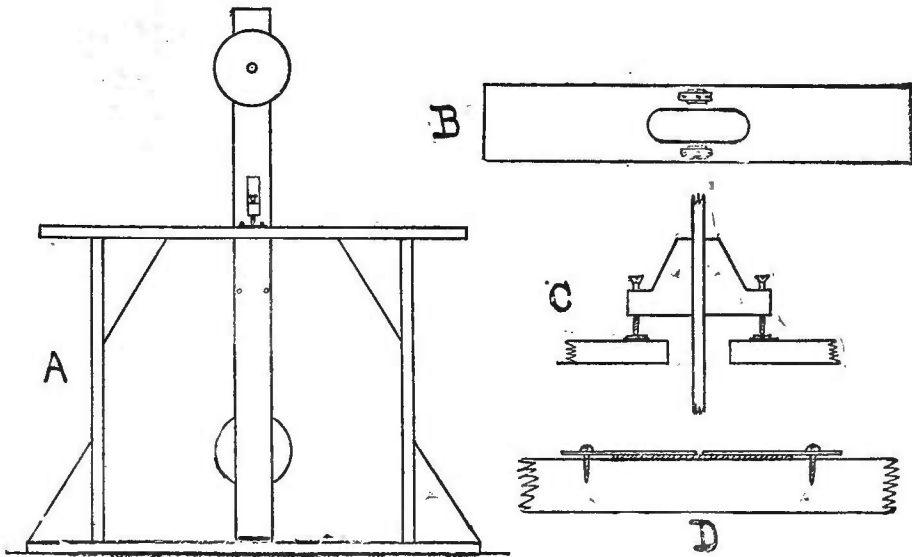


Fig. 117.

On voit le plan général de l'instrument dans les figures ci-dessus. En *A* on voit l'instrument de face; *B* représente la traverse supérieure seule; en *C* et en *D* sont repré-

¹ Dans l'instrument du laboratoire Clark, les principales différences consistent dans la forme du bloc d'ébène, qui est un parallépipède à base carrée et dans le changement qui en résulte de la longueur de la traverse d'en haut et de la distance qui sépare les courts piliers d'où partent les arcs. La colonne centrale est aussi un peu plus haute et les pendules sont un peu plus longs. Les arcs sont divisés par 5 et 10°, et les degrés intermédiaires doivent être estimés à l'œil.

sentées, à des échelles différentes, les vis sur lesquelles le pendule oscille et les crapaudines qui les reçoivent. La tige du pendule est en bois; elle a trois pieds et demi ($1^m,05$) de longueur, trois pouces ($7^{cm},5$) de largeur et un demi-pouce (12^{mm}) d'épaisseur. Les lentilles sont composées de plusieurs disques de six pouces (15^{cm}) de diamètre en feuilles de plomb, superposés et fixés à la tige par une seule vis qui les traverse en leur milieu. La vis de la lentille supérieure a une tête moletée, de sorte qu'on puisse plus facilement l'enlever pour changer la position de cette lentille. La lentille inférieure est fixée de façon permanente avec son centre à 7. pouces ($17^{cm},5$) de l'extrémité de la tige. La position de la lentille supérieure, représentée en A, place son centre à 4 pouces trois quarts (12^{cm}) de l'extrémité supérieure. Ces distances, toutefois, n'ont aucune importance particulière et peuvent être modifiées selon les besoins. Avec ces dimensions et avec des lentilles pesant environ trois livres ($1^{kg},4$) chacune, le pendule parcourt son arc une fois en un peu moins d'une seconde et demie. En plaçant la lentille supérieure très bas sur la tige, on peut réduire le temps à une seconde ou moins¹.

Le bâti est en bois de $7/8$ de pouce (22^{mm}) d'épaisseur, et a les dimensions suivantes : base, 36×8 pouces (90×20^{cm}); montants, 24×4 pouces (60×10^{cm}); pièce supérieure, 34×6 pouces (85×15^{cm})². La pièce supérieure est percée d'un trou elliptique (8×2 pouces et demi [$20^{cm} \times 6^{cm},25$]), comme on le voit dans la figure. Le pendule oscille sur les pointes de deux vis traversant des tasseaux de bois dur fixés de part et d'autre de la tige du pendule (fig. C).

¹ On peut graduer très délicatement les vitesses de l'instrument en disposant la lentille supérieure de manière qu'on puisse la faire monter et descendre au moyen d'une vis. Pour des détails sur un instrument pareil, donnant des vitesses très lentes, voir Bowditch et Warren, « The Knee-jerk and Its Physiological Modifications », *Journal of Physiology*, XI, 1890, 29 ss.

Cette charpente avait d'abord été faite dans un autre but, et quelques-unes de ses dimensions peuvent être modifiées avec avantage.

Ceux-ci ont 3 pouces $1/8$ (78^{mm}) de longueur sur le côté le plus rapproché de la tige du pendule, 2 pouces $5/8$ (66^{mm}) sur le côté perpendiculaire au précédent, et $7/8$ de pouce (22^{mm}) d'épaisseur. Le bord inférieur des tasseaux est à 25 pouces et demi (64^{cm}) de l'extrémité inférieure du pendule.

Les vis sont des vis à bois en acier ordinaires, longues d'environ 2 pouces $1/4$ (56^{mm}), limées en pointe aiguë à leur extrémité inférieure, et s'étendant d'environ 1 pouce (25^{mm}) au-dessous des tasseaux. Les pointes se trouvent à 2 pouces $1/4$ (56^{mm}) de la tige du pendule de chaque côté. Il est important que les vis traversent droit les tasseaux, et que la droite qui unit leurs pointes soit perpendiculaire à la tige du pendule. Les pointes reposent sur de petites crapaudines de cuivre et de verre, comme le montre en coupe la figure *D*. La partie supérieure est une lame de cuivre, percée d'un trou conique d'environ un huitième de pouce (3^{mm}) de diamètre en haut et un peu plus de $1/32$ de pouce ($0^{\text{mm}},8$) de diamètre au fond. Entre le cuivre et la pièce supérieure du bâti (fermant ainsi le fond du trou conique) se trouve un petit morceau de verre uni, fragment d'une plaque de verre de microscope brisée, qui fournit l'appui pour la pointe de la vis mentionnée ci-dessus. Ces crapaudines, naturellement, doivent être placées de telle sorte qu'elles ne fassent pas obstacle aux oscillations du pendule en le maintenant en place.

Sur la partie postérieure de la tige du pendule, un peu au-dessous du point d'appui, sont fixées deux bornes, comme celles dont on se sert pour les connexions électriques. Les trous en ont été agrandis, et mesurent environ $3/16$ de pouce (5^{mm}). Une tige d'acier passe par les trous, et sur cette tige est fixé un petit poids de cuivre, qui peut glisser d'un côté ou de l'autre pour compenser toute inégalité des grands poids, et faire que dans la position de repos la tige du pendule vienne au milieu de la base de l'instrument.

On fixe le petit diapason (un diapason ordinaire) au pendule en enfonçant sa tige dans un trou pratiqué à cet effet près de l'extrémité inférieure de la tige du pendule. Le diapason doit être placé de manière que les branches vibrent dans le sens de la longueur du pendule, et non dans le sens transversal.

On construit aisément un *marteau en caoutchouc* en montant un gros bouchon de caoutchouc sur un manche de bois.

Appareils pour la limite supérieure des sons perceptibles. — Les instruments simples sont ici tous plus ou moins défectueux. L'instrument qui convient le mieux est probablement le sifflet de Galton, que l'on peut se procurer de formes différentes et à des prix divers, depuis environ 25 francs¹. L'instrument est un petit sifflet ou tuyau d'orgue, dans lequel on fait pénétrer l'air en pressant sur une poire en caoutchouc, et dont on peut faire varier la longueur grâce à un piston qui ferme l'autre extrémité du tube. Le son exact qu'on obtient pour chaque position du piston est, toutefois, difficile à fixer, et change avec la pression de l'air qui arrive dans l'instrument, de sorte que les déterminations avec ce sifflet sont, dans les meilleures conditions, très grossières. Tout ce que cet instrument peut vraiment montrer, sauf lorsqu'il est manié avec des précautions particulières, c'est le caractère général des sons très élevés, et le fait que certaines personnes peuvent encore percevoir des sons que d'autres ne peuvent plus percevoir. Les instruments diffèrent aussi entre eux, et le son, dit-on, est encore bon pour certains à des hauteurs où pour d'autres il est en grande partie étouffé par le bruit de l'air en mouvement.

La table suivante des valeurs est donnée par la « Cambridge Scientific Instrument Company » de Cambridge, Angleterre ; les calculs sont basés sur des expériences et

¹ Galton, *Inquiries into Human Faculty*. London, 1883, p. 375 ss.

se rapportent à un instrument de très petit calibre (environ 0^{mm},7) construit par elle ; mais les constructeurs eux-mêmes hésiteraient probablement à affirmer un haut degré d'exactitude des valeurs citées, surtout à l'extrémité supérieure de l'échelle.

LONGUEUR DU SIFFLET EN MM.	NOMBRE DE VIBRATIONS.	LONGUEUR DU SIFFLET EN MM.	NOMBRE DE VIBRATIONS.
1,0	42 500	3,0	21 250
1,2	38 600	3,5	18 890
1,4	35 400	4,0	17 000
1,5	34 000	5,0	14 170
1,6	32 700	6,0	12 140
1,8	30 360	7,0	10 630
2,0	28 330	8,0	9 440
2,5	24 290	9,0	8 500
		10,0	7 720

Les valeurs suivantes sont empruntées aux résultats obtenus par Stumpf et Meyer ¹ dans des déterminations avec un sifflet de Galton d'une forme proposée par le professeur Edelman, de Munich. Le calibre de l'instrument était de 4 millimètres et il fonctionnait au moyen d'air comprimé.

NOMBRE DE VIBRATIONS.	LONGUEUR EN SIFFLET EN MM.	NOMBRE DE VIBRATIONS.	LONGUEUR DU SIFFLET EN MM.
4 000	19,6	10 000	6,6
5 000	15,2	11 000	5,7
6 000	12,4	12 000	4,8
7 000	10,4	13 000	4,25
8 000	8,85	13 600	3,9
9 000	7,5	14 000	3,7

Les cylindres d'acier, employés quelquefois pour la

¹ Schwingungszahlbestimmungen bei sehr hohen Tönen, *Wiedemann's Annalen*, LXI, 1897, 760-779.

démonstration des sons élevés, sont fournis par les marchands d'instruments de physique en général; mais l'auteur ignore avec quelle exactitude ils peuvent donner les hauteurs qui leur sont attribuées.

Les *appareils pour la limite inférieure des hauteurs* sont aussi quelque peu insuffisants. Un bon instrument de démonstration c'est, dit-on, la lame d'Appun¹, — une lame d'acier chargée d'un poids, donnant des vitesses de 4 à 24 vibrations par seconde. Un barreau mince d'acier, chargé d'un poids à l'une de ses extrémités, et serré dans un étau, pourrait peut-être servir, et l'on déterminerait ensuite sa vitesse en le faisant marquer sur une plaque de verre noircie ou autrement. En tout cas, les sons ainsi produits sont très faibles, mais serviront pour l'expérience 68, où le but est plutôt de démontrer le caractère de ces sons très bas que de déterminer exactement la limite de perceptibilité.

Diapasons. — Les diapasons nécessaires pour les expériences de ce chapitre sont une série de grands diapasons fixés sur des caisses de résonance, comprenant les suivants : ut^2 , ut_3 (deux de cette hauteur), ut_4 ; une série de diapasons désaccordés pour la différence de hauteur juste perceptible (ou une paire de diapasons dont l'un soit pourvu de poids mobiles); des diapasons ordinaires donnant la_3 et ut_4 , et un donnant ut_5 . Il serait avantageux aussi d'avoir une série de grands diapasons sur caisses de résonance, donnant toutes les notes de l'octave de ut_3 à ut_4 , mais on peut s'en passer.

Les *grands diapasons sur caisses de résonance* seront probablement achetés. On peut sans grande peine faire les autres au moyen des diapasons qu'on vend dans les magasins de musique.

La *série de diapasons désaccordés* pour la différence de hauteur juste perceptible peut être préparée avec les

¹ Anton Appun, Nürnbergerstrasse, 12, Hanau a. M., Allemagne.

mêmes diapasons. Choisissez une demi-douzaine de diapasons, en prenant ceux qui ont les branches aussi semblables que possible à tous égards, et qui vibrent longtemps. Prenez l'un d'eux comme diapason constant, et diésez le suivant en sorte qu'il donne environ un battement par seconde, le suivant en sorte qu'il en donne deux, le suivant trois, et ainsi de suite. On diése les diapasons en limant soit les extrémités des branches de manière à les raccourcir, soit l'intérieur près des extrémités de manière à rendre ces dernières plus légères. Il faut prendre garde de maintenir les branches égales si elles le sont tout d'abord, ou de les égaliser si elles ne le sont pas. Si on a enlevé trop de métal, de sorte qu'il faille de nouveau diminuer la hauteur du diapason, on limera la fourche, ou les branches près de la fourche, de préférence la fourche. Après avoir amené les diapasons aussi près que possible des hauteurs cherchées, on les marquera de quelque façon de manière à pouvoir les reconnaître, et on les mettra de côté pour compter plus exactement plus tard. Pour cette dernière opération, on préparera une bouteille de résonance (voir plus bas), et, tenant les deux diapasons au-dessus à la fois, on comptera les battements pendant 10 secondes si c'est possible, en disant pour le premier « zéro ». On répétera plusieurs fois l'opération, mais pas à la même séance, et on prendra la moyenne des résultats. Les battements de 2 à 4 par seconde sont les plus faciles à compter ; pour les diapasons dont les battements sont plus rapides ou plus lents, on peut procéder indirectement, et contrôler les nombres au moyen de diverses combinaisons ¹ On peut

¹ Ellis donne les indications suivantes pour compter très exactement (Helmholtz's *Sensations of Tone*, 2^d ed., London, 1885, p. 443 s.): « Comptez un jour les battements que donnent les diapasons 1 et 2, 3 et 4, 5 et 6, etc., de sorte que le même diapason ne serve pas deux fois le même jour. Faites vibrer les diapasons au moyen d'une balle douce de flanelle fine enroulée autour de l'extrémité d'un morceau de baleine ; un archet en effet ne convient pas, à moins que les diapasons ne soient solidement fixés. Chaque coup de marteau ou d'archet échauffe et par conséquent abaisse le diapason, et ce fait a quelque importance lorsque les expériences sur

faire les petits curseurs mentionnés dans l'expérience 71 en coupant des morceaux de tube de caoutchouc d'un quart de pouce de diamètre qui serreront les branches du diapason, ou en se servant de pinces en fil métallique formant ressort.

On peut faire des diapasons donnant la_4 et ut_3 , plus hauts d'une octave que le la_3 et le ut_4 ordinaires, en coupant ces derniers, et les accordant par le moyen des battements avec d'autres diapasons la_3 et ut_4 . Le diapason la_4 par exemple, battra avec la_3 , et l'on continuera d'accorder jusqu'à ce que les battements cessent. On peut dans ce cas appuyer les tiges des diapasons contre une table ordinaire ou contre une table d'harmonie, pour renforcer les harmoniques dont les battements dépendent en grande partie.

Pour la *bouteille de résonance* mentionnée plus haut, n'importe quelle bouteille fera l'affaire et on pourra l'amener à la hauteur convenable en y versant de l'eau, ce qui élèvera le son; ou, si le goulot est large, en le couvrant partiellement avec une carte, ce qui diminuera la hauteur. Une bouteille de six onces (168^{gr}), à large goulot, est à peu près ce qu'il faut pour les diapasons ut_4 , et on peut l'accorder pour les diapasons la_3 , en couvrant partiellement le goulot avec une carte; on trouvera par tâtonnement quelle quantité il faut couvrir. Lorsqu'on l'aura trouvé, on pourra fixer la carte avec de la cire. Pour une figure représentant ces bouteilles et pour une description, voir Mayer, *Sound*, pages 102 s.

Le *sonomètre* est simplement une longue caisse plate avec la partie supérieure très mince, qui sert de table d'harmonie pour les cordes qui sont tendues dessus. On peut s'en procurer un chez les fabricants d'instruments de physique pour 25 francs environ ou davantage, ou bien

quelqu'un des diapasons sont longtemps prolongées. Comptez chaque série de battements pendant 40 secondes si c'est possible, et souvent pendant plus de temps encore, notez la température et le nombre des battements, et prenez la moyenne. »

on peut le faire construire par un menuisier. Pour les dimensions et renseignements à ce sujet, voir Mayer, *Sound*, p. 129 s. Pour beaucoup d'expériences, n'importe quel instrument à cordes, dont on peut trouver un grand nombre de spécimens à bon marché dans les magasins de musique, ou même un fil de cuivre tendu en travers d'une table, suffiraient

Les *résonateurs* seront probablement achetés. Les meilleurs sont sphériques. Ceux que fait König, le célèbre fabricant d'instruments acoustiques de Paris, sont fournis par les marchands d'instruments de physique, mais sont chers. Appunn en fabrique de moins chers qui sont coniques ; l'auteur ne les connaît pas par expérience. Pour des appareils plus soignés se rapportant à un grand nombre des expériences de ce chapitre, les catalogues de ces fabricants doivent être consultés.

Les *sifflets à piston* mentionnés dans le texte pouvaient, il y a quelques années, être achetés dans les magasins de jouets, mais ne se trouvent plus probablement sur le marché. On peut les remplacer facilement, en faisant une entaille dans un bout de tube de cuivre de petit diamètre, lisse intérieurement, exactement comme on en fait une dans une branche de saule pour fabriquer un sifflet, et en y introduisant une tige d'acier comme piston. L'embouchure du sifflet ne doit pas être coupée en biais, comme dans un sifflet de saule, mais doit rester droite. On peut ensuite la recouvrir d'un bout de tube de caoutchouc de trois ou quatre pouces (8 ou 10^{cm}) qui servira lui-même d'embouchure. Deux de ces sifflets à piston peuvent remplacer les sifflets-bouteilles.

Les *sifflets-bouteilles* sont encore plus simples à construire que les sifflets à piston. On les fabrique en fixant un bout de tube de caoutchouc au bord et au cou d'une bouteille, comme on le voit dans la figure, ou mieux encore en fendant le tube sur une petite longueur en sorte que sa moitié supérieure puisse s'étendre d'un huitième ou de

trois seizièmes de pouce (3 ou 5^{mm}) sur le bord; mais il faut prendre soin qu'elle n'aille pas trop loin. Des bouteilles à larges bords donnent de bons résultats. Pour une

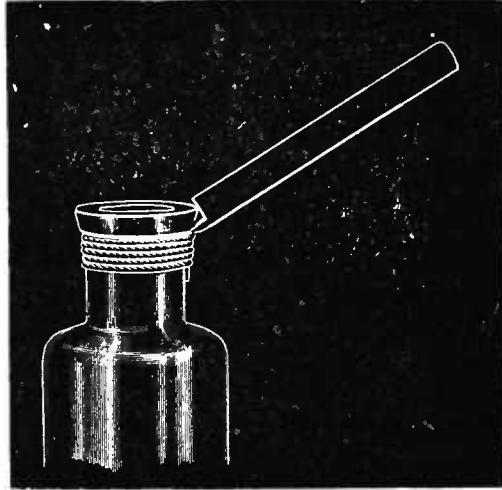


Fig. 118.

disposition semblable, mais plus permanente, voir Helmholtz, *Sensations of Tone*, p. 60. Des flacons de pharmacie de la grandeur d'une once (28^{gr}) conviendront pour ces expériences.

Appareil pour faire de l'hydrogène : voir un ouvrage de chimie. Il faudra aussi quelque dispositif pour mélanger l'hydrogène et l'air, et un tube de verre pour souffler les bulles. Si on peut gonfler les bulles avec un mélange d'oxygène et d'hydrogène, au lieu d'hydrogène et d'air, l'effet sera probablement plus frappant.

Le « *parleur télégraphique* » peut être acheté chez les marchands d'appareils télégraphiques, et coûte de 1 fr. 50 à 3 fr. 75 environ. Celui qui est reproduit ici appartient à l'espèce bon marché.

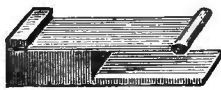


Fig. 119.

Dans beaucoup de cas on a indiqué des expériences pour le piano ou l'harmonium. On suppose, naturellement, que ces instruments seront empruntés. Dans certains cas, l'*har-*

monique spécialement accordé, qu'Ellis a imaginé pour illustrer les théories de Helmholtz (voir la description de l'instrument dans sa traduction de Helmholtz, *Sensations of Tone*, p. 466-469, et aussi p. 17, 22 et 168), serait préférable. Cet instrument est construit par MM. Moore and Moore, 104-105 Bishopsgate Street Within, London, E. C., et coûte de 200 à 250 francs. Pour accorder l'instrument comme il doit l'être il faut, toutefois, une série spéciale de 19 diapasons.

APPAREILS POUR LES CHAPITRES V, VI, VII, CONCERNANT LE
SENS DE LA VUE. — EXPÉRIENCES 104-233

Comme appareils généraux on devra avoir les suivants : une bougie; deux tubes de carton d'environ un pouce et demi (37^{mm}) de diamètre et d'un pied (30^{cm}) de long; un bout de fil métallique droit de 6 ou 8 pouces (15 ou 20^{cm}) de long; trois boutons plats; une série commode quelconque de gravures (une série découpée dans les revues illustrées, et montée sur cartons fera entièrement l'affaire); des plaques de verre ordinaire et de verre de couleur d'environ 5 × 8 pouces (12 × 20^{cm}) — deux ou trois plaques de verre ordinaire, une de verre rouge, une de verre vert, trois de verre bleu, une de toutes les autres couleurs qui pourront être utiles; du papier de soie blanc, des papiers colorés et des papiers gris, du carton noir et du carton blanc; un matériel de jardins d'enfants (bandes à tisser, anneaux et points); de la gélatine colorée donnant les principales couleurs (y compris le violet et le pourpre), qui peut remplacer dans beaucoup de cas les verres colorés.

Les papiers colorés et les papiers gris peuvent être achetés dans les magasins qui fournissent le matériel pour l'enseignement de la peinture dans les écoles. Une série con-

sidérable de papiers gris, particulièrement riche en gris très foncés, est fournie par Rudolph Rothe, de Prague. Le carton noir doit être mat, et non brillant. On trouve aussi chez les imprimeurs et les papetiers du carton coloré, qui est très commode pour faire les figures qui exigent des fonds colorés. La gélatine colorée s'achète chez les marchands d'instruments de physique ou les opticiens.

Quant au matériel pour les expériences spéciales, il faudra se procurer les objets suivants : un lapin albinos, avec ce qu'il faut pour l'anesthésier et lui enlever les yeux, et un peu d'argile à modeler ; trois ou quatre pouces (8 ou 10^{cm}) de fil fin de platine ; un peu d'alun de chrome, quoiqu'on puisse s'en passer, si l'on a à sa disposition de la gélatine pourpre ou violette. Si vous devez vous servir d'alun de chrome, préparez une solution saturée dans l'eau, filtrez et mettez dans une bouteille plate de verre transparent. Diluez, si cela est nécessaire, jusqu'à ce que la tache jaune puisse être observée comme il est dit dans l'expérience.

Comme appareils spéciaux il faudra : une lentille biconvexe à court foyer (une loupe suffira) ; une lentille biconcave, par exemple une lentille de lunettes ; un prisme ordinaire en verre de 60° ; un prisme de 10 à 20°, qu'on peut acheter chez un opticien ; un campimètre ; une pile et des électrodes pour l'excitation de l'œil ; une bobine d'induction, et un petit tube de Geissler ; une boîte obscure avec obturateur photographique (cet appareil remplace très bien dans beaucoup de cas la bobine d'induction et le tube de Geissler) ; un appareil rotatif et un certain nombre de disques spéciaux ; des laines de Holmgren ; un spectroscope ; un métronome ; un appareil à mélanger les couleurs par réflexion ; un prisme biréfringent ; un appareil à mélanger binoculairement les couleurs ; une barre de Galton ; un crypteon ; des médaillons et des masques spécialement colorés ; un cadre de fils parallèles comme celui de l'expérience 196 c ; un miroir concave ; un stéréos-

cope ordinaire (pas très nécessaire); un haploscope; la série de figures de Martius-Matzdorff; un stéréoscope de Wheatstone, convertible en un téléstéréoscope; un pseudoscope; un zootrope; et un certain nombre de figures spéciales pour l'expérience des « cœurs agités ».

Les lentilles, les prismes et différentes autres pièces seront, naturellement, achetés, et il est inutile d'y insister.

Le *campimètre* est simplement un plan de grande étendue mais mince en bois avec quelque pièce destinée à appuyer la tête et fixée devant. Celui du laboratoire Clark, qui est représenté ici, a une surface de 3×4 pieds ($90 \times 120^{\text{cm}}$), et un demi-pouce (12^{mm}) d'épaisseur; une surface de 2×4 pieds ($60 \times 120^{\text{cm}}$), toutefois, suffirait à tous égards.

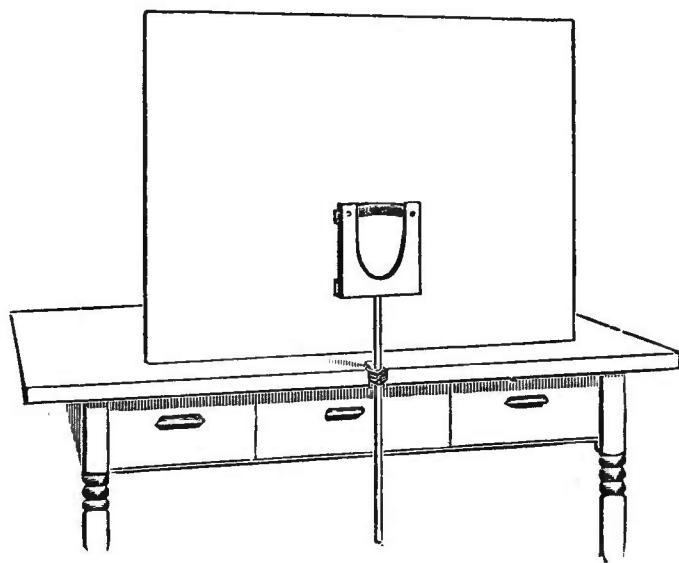


Fig. 120.

Le plan doit être fait de manière à pouvoir être fixé sur la table. L'appui-tête a comme dimensions $8 \times 9 \frac{1}{2}$ pouces ($20 \times 24^{\text{cm}}$), il est renforcé par une pièce de bois de deux pouces (5^{cm}) fixée en travers derrière et au bas, et monté sur une tige d'acier qui est fixée au bord de la table avec une des pinces universelles de White (voir la section sur les Appareils généraux). On peut facilement construire un appui-tête plus simple d'après le même principe en substi-

tuant un montant fixe en bois à la tige d'acier mobile. La première forme d'appui-tête n'est pas absolument rigide, mais elle fait suffisamment l'affaire dans la plupart des cas. Si une rigidité absolue est requise, il faut employer une planchette tenue entre les dents, comme celles qui ont été décrites par Helmholtz et par d'autres ¹

Un instrument plus parfait, mais aussi beaucoup plus cher, remplaçant dans beaucoup de cas le campimètre est le *périmètre*, qu'on trouve sous un grand nombre de formes dans les catalogues des opticiens.

Electrodes pour l'excitation de l'œil. — On peut les construire en soudant les fils conducteurs à des plaques de cuivre ou de zinc, de deux pouces et demi (6^{cm}) de large sur trois (7^{cm},5) de long, et recouvrant ces plaques de drap. Quelque genre de commutateur pour ouvrir et fermer le circuit, et un inverseur pour changer la direction du courant, sont utiles, quoique pas indispensables. Pour indications concernant les piles, voir les remarques sur les Appareils généraux.

Une *boîte obscure* de construction très simple est représentée en coupe dans la figure ci-dessous ²

Une boîte à base carrée de 7 pouces (175^{mm}) de côté (mesure intérieure) et haute de 18 pouces (45^{cm}) construite en matériaux d'un demi-pouce (12^{mm}) d'épaisseur fait l'affaire. On peut rendre les joints imperméables à la lumière en les couvrant de carton noir ou autrement, et la boîte peut être pourvue d'un couvercle mobile avec une bordure intérieure pour le maintenir en place et empêcher la lumière de pénétrer entre lui et le haut de la boîte.

Une dimension un peu plus grande que 7 pouces vaudrait mieux, mais cette dimension a l'avantage de convenir

¹ Pour des figures représentant des planchettes de ce genre, voir Hering, dans *Hermann's Handbuch der Physiologie*, III, I, p. 440, 473 et 478; Helmholtz, *Physiologische Optik*, 2^e éd., p. 657 (p. 517 de la première édition); et Aubert, *Physiologische Optik*, p. 647.

² Elle a été construite d'après la description de Helmholtz; voir sa *Physiologische Optik*, 2^e éd., p. 710 (p. 567 de la 1^{re} éd.).

juste si on veut recouvrir de carton la boîte. Les cartons blancs et noirs ordinaires ont 22×28 pouces, et on peut aisément faire une garniture complète en carton noir ou en carton blanc en coupant une feuille de carton de la couleur requise, qui ait 18 pouces de large, la divisant en quatre pans transversaux (de 18×7 chacun) en coupant à moitié le carton par derrière avec la pointe d'un canif, et la pliant dans la forme voulue. Lorsqu'un objet ou une figure placés dans la boîte doivent être vus par éclairage instantané, comme dans les expériences 200.

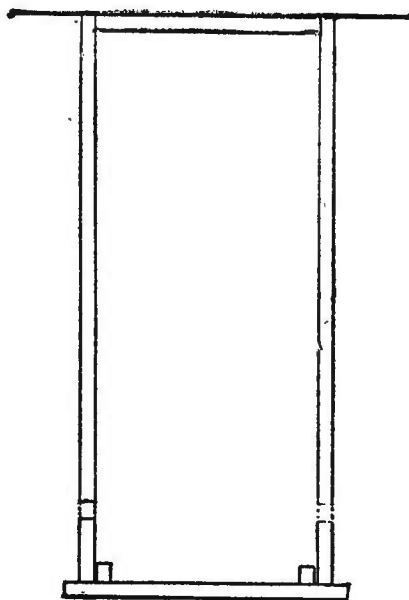


Fig. 121.

et 218 c, il est bon de garnir la boîte entièrement de blanc. Lorsqu'on veut une complète obscurité, comme dans les expériences 136, 178 et 226 b, l'intérieur doit au contraire être noir. La hauteur de la boîte est sans importance, on a choisi 18 pouces simplement parce que de cette façon le haut de la boîte, lorsqu'elle est placée sur la table, se trouve un peu au-dessus des yeux d'un observateur assis.

En face l'une de l'autre, dans la paroi antérieure et dans la paroi postérieure de la boîte, deux fentes horizontales seront pratiquées d'environ 3 pouces et demi (87^{mm}) de long sur un demi-pouce (12^{mm}) de large ; la première servira pour les yeux, la seconde pour laisser pénétrer un peu de lumière par des trous d'épingle percés dans les figures lorsqu'on aura besoin de points de fixation. Des trous ronds, convenablement espacés, peuvent remplacer les fentes, et ont l'avantage de pouvoir facilement être bouchés avec des bouchons si on le désire.

A l'époque où je rédigeais quelques-unes des expériences

de ce cours, je songeais à une boîte plus soignée. Tout l'essentiel, cependant, peut être fait avec celle qui vient d'être décrite, et les légers changements dans la disposition des expériences n'offriront aucune difficulté.

On peut produire l'éclairage instantané en suspendant un tube de Geissler dans la boîte, et faisant passer au travers des étincelles d'induction isolées. Une manière commode de faire passer le courant et de suspendre le tube est celle de doubles bornes ayant une de leurs têtes à l'in-

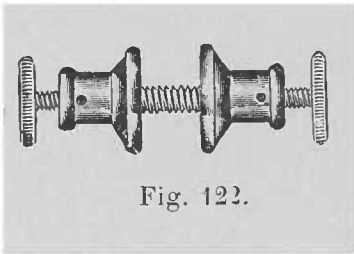


Fig. 122.

térieur de la boîte et l'autre à l'extérieur. On peut les construire facilement au moyen d'une paire de ces bornes qui ont des vis séparées pour les fixer, en enlevant la tête de la vis, faisant passer la vis au

travers de la paroi de la boîte, et vissant dessus une seconde borne à l'intérieur

Toute bobine d'induction qui peut être disposée pour donner des étincelles isolées peut être employée avec le tube de Geissler ; mais, pour les besoins généraux du laboratoire, indépendamment des expériences précédentes, il faudra un instrument où la bobine primaire et la bobine secondaire soient séparables, comme dans l'appareil à chariot de Du Bois-Reymond, appareil bien connu dans les laboratoires de physiologie.

Un meilleur moyen de produire l'éclairage instantané, dans certains cas, c'est de se servir d'un obturateur photographique fixé au haut ou sur un des côtés de la boîte. Il est un peu difficile de faire que la lumière de l'obturateur tombe sur la figure, mais on peut y arriver plus ou moins complètement en disposant convenablement la boîte par rapport à la source de lumière, ou en plaçant un miroir à l'intérieur de la boîte pour diriger la lumière sur la figure.

L'appareil pour mélanger les couleurs ou *appareil rotatif* peut être acheté sous différentes formes chez les différents fabricants, pour 25 francs et plus. En choisissant un ins-

trument, il est important de s'assurer qu'il peut facilement fournir une vitesse assez considérable pour donner un mélange stable avec un disque composé d'une moitié noire et d'une moitié blanche ; qu'il a un mouvement doux, en sorte que le disque ne tremblote pas ; et qu'il est pourvu de moyens permettant de déterminer aisément les proportions des différentes couleurs combinées, par exemple d'un rapporteur, ou de disques gradués. Un petit moteur électrique est extrêmement utile dans beaucoup de cas, lorsqu'on dispose de piles ou d'autres moyens pour l'actionner. Beaucoup des expériences peuvent être faites avec les toupies à couleurs qui se vendent comme jouets, ou avec la toupie très simple indiquée par D^r Bowditch dans ses *Hints on Teaching Physiology* ; savoir, un moule de bouton muni d'une cheville, et mis un mouvement avec les doigts. Un moule de ce genre, d'un pouce trois quarts (44^{mm}) de diamètre, et portant des disques de deux pouces et demi (62^{mm}) de diamètre, montre les effets de contraste de l'expérience 152 *d* aussi élégamment qu'on peut le désirer. Les disques sont maintenus en place par un bout de tube de caoutchouc de très petit calibre, serrant fortement la tige, et qu'on applique sur les disques comme un écrou. Une toupie de ce genre avec un grand assortiment de disques peut être achetée maintenant chez les marchands d'instruments de physique pour 30 centimes. Un appareil portant de plus grands disques, et qui fonctionne d'après le principe d'une toupie bourdonnante, est contenu dans l'assortiment pseudoptique de Bradley (on y trouve aussi une petite toupie comme celle qui vient d'être mentionnée), mais il ne peut être employé qu'avec des disques où la proportion des couleurs est maintenue stable ; le mouvement en effet a lieu alternativement dans des directions opposées.

Plusieurs marchands fournissent des disques de papier coloré tout coupés, et d'un grand nombre de couleurs. Ces disques sont très commodes, et quelquefois presque indispensables ; en effet, si on ne découpe pas exactement, les

disques apparaîtront, une fois mis en rotation, avec des franges de couleur gênantes.

Lorsque la vitesse de rotation est suffisante, on peut introduire des disques l'un dans l'autre, comme l'indique la figure ci-jointe, et obtenir aisément toute proportion requise de couleurs. Si la rotation n'est pas suffisamment rapide, on doit faire les secteurs plus petits et plus nom-

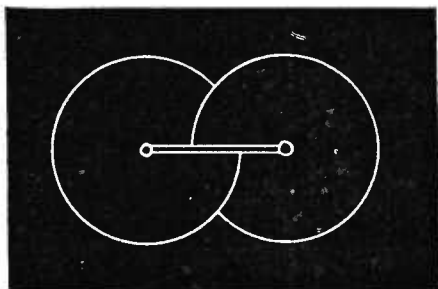


Fig. 123.

breux. Cela ne donne pas beaucoup de peine lorsque les proportions de couleur doivent rester constantes, mais, là où il faut faire différents arrangements, la multiplicité des secteurs est un désavantage.

Outre les disques de papier coloré, un certain nombre de disques spéciaux sont nécessaires pour les expériences suivantes :

- Expérience 124 *d.* (Pour celle-ci employez le disque rouge de l'expérience 139.)
- 128 *a.* Disque portant un certain nombre de secteurs égaux blancs et noirs.
- 128 *b.* Disque portant une spirale (voir la figure p. 127).
- 139. Série de disques pour l'étude de la saturation.
- 140. Disques pour le changement minimum d'intensité (voir la figure p. 150).
- 141. Série de disques pour l'étude de l'intensité (voir la figure p. 153).

- Expérience 144. Disques pour les couleurs de Fechner (voir la figure p. 418).
- 145. Disque avec les mêmes proportions de noir et de blanc disposés différemment dans des couronnes concentriques (voir la figure p. 457).
- 152. Disque pour le contraste avec les gris, (pas nécessaire si l'on possède le dernier disque), et aussi une série de disques pour les contrastes de couleurs (représentés tous deux p. 471).
- 160. Disque pour l'oscillation rétinienne.
- 163 *c*. Disque pour le contraste avec couleur induite séparée par des lignes de démarcation épaisses.
- 221 *a*. Disque pour la stéréoscopie avec images mobiles (voir la figure p. 311).
- 221 *b*. Disques pour stroboscopie bino-culaire (voir la figure p. 312).
- 223 *b* et 231. Disque avec bandes radiales.
- 228 *a*. Disques pour stroboscopie monoculaire (voir la figure p. 312).
- 234 *b*. Disques pour démontrer la loi de Weber (voir les figures p. 352 s. et les détails p. 435 s).

Là où des séries de disques sont mentionnées dans la liste ci-dessus, on peut se contenter de disques uniques, d'une couleur choisie, au cas où l'on désirerait en réduire le nombre. La plupart des disques ont été décrits brièvement dans le texte, mais quelques indications particulières supplémentaires peuvent être utiles.

Si l'on se propose de confectionner une collection abondante de disques, il sera bon de s'arrêter à une grandeur type qui soit économique au point de vue du carton. Dans une feuille de la dimension indiquée précédemment, on

peut découper neuf disques de près de huit pouces (20^{cm}) de diamètre, ce qui est une bonne grandeur pour expérimentation individuelle, ou pour démonstration devant de petits groupes d'étudiants. Les mêmes feuilles donnent deux disques de 15 pouces (38^{cm}) de diamètre. Lorsque aucune grandeur n'est spécifiée, nous entendons les disques de 8 pouces ; lorsqu'il est question de grands disques, il s'agit de ceux de 15 pouces, sauf indication d'une dimension particulière. La plupart des figures du texte représentent les disques sous la forme requise pour des vitesses modérées de rotation, et, même lorsqu'une grande vitesse peut être obtenue, il est bon de disposer ces disques permanents en vue de vitesses inférieures, à cause du mouvement plus régulier.

Pour le disque noir et blanc de l'expérience 128 *a*, on pourrait probablement employer celui de l'expérience 152 *d*, ou même presque n'importe lequel des disques noir et blanc d'autres expériences. Si un disque spécial est nécessaire, il peut être fait comme celui qui est représenté ici.

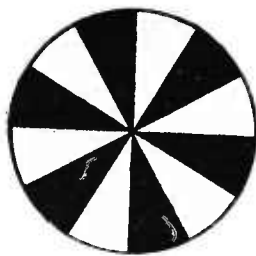


Fig. 124.

Le disque à spirale de l'expérience 128 *b* doit être de grande dimension. Il est intéressant de varier l'expérience en se servant de deux disques en même temps, un grand et un petit, portant des spirales dirigées en sens opposé, le petit placé devant le grand. Pour tracer une spirale sur le disque, il suffit de fixer un crayon à un fil, comme pour tracer un cercle, et puis de faire s'enrouler le fil autour d'un pivot de dimension convenable à mesure que le crayon décrit les spires ; ou, mieux peut-être, de commencer par enrouler le fil, et de tracer la spirale à mesure que le fil se déroule. Avec un peu d'attention et d'habitude on obtiendra des résultats satisfaisants. L'auteur a trouvé commode, pour tracer des spirales, de fixer le carton sur une planche ou sur une table, et de visser dans la planche au travers du carton une vis destinée à jouer le rôle de

pivot et semblable à celle qui est représentée ici en demi-grandeur. La vis a un peu moins de $3/10$ de pouce (8^{mm}) de diamètre sous la tête, et donne par conséquent une spirale où les parties correspondantes des spirales sont à peu près exactement distantes d'un pouce. Le fil est enfilé dans un trou pratiqué dans la tête de la vis, puis il ressort au-dessus, et on l'attache extérieurement au petit bouton qui termine la vis. Pour empêcher le crayon de quitter le fil, un morceau de cuivre en feuille a été percé d'un trou d'un seizième de pouce ($1^{\text{mm}},6$) de diamètre, et attaché à l'extrémité du fil. Une bonne épaisseur pour la ligne noire de la spirale est de $7/16$ de pouce (11^{mm}), et pour la ligne blanche de $9/16$ (14^{mm}).



Fig. 123.

Les disques pour l'étude de la saturation peuvent être faits de six couleurs principales (on aura besoin spécialement de rouge); on les construira le plus facilement en collant des papiers colorés sur des disques blancs. Il faut donner à la couleur la forme d'une feuille, à peu près celle du noir du disque A de la page 352, mais plus étroite, et il y aura avantage, en considération de la vitesse, à la répartir sur six rayons au lieu de trois.

Le disque pour le plus petit changement perceptible d'intensité sur fond blanc est suffisamment décrit dans le texte (exp. 140 b).

Les disques pour montrer simultanément toute la série des intensités sont faits comme les disques pour l'étude de la saturation; mais le papier coloré a cette fois la forme d'une étoile, comme dans la figure de la page 153, et est collé sur des disques noirs au lieu de blancs. Bien qu'il ne soit pas nécessaire pour l'expérience, un disque noir portant une étoile blanche peut être ajouté pour la beauté des gris qu'il présente.

Presque tous les disques noir et blanc montreront les couleurs de Fechner, lorsqu'on les fera tourner à la vitesse voulue. Pour le disque percé dont il a été question, Rood

a employé quatre fentes radiales de 7° chacune; le disque doit être en carton noir. Depuis l'impression de l'expérience 144, un certain intérêt s'est manifesté pour ces couleurs à la suite de la publication, dans *Nature*, de la description d'une toupie qui les montre (vol. li, 1894-95,

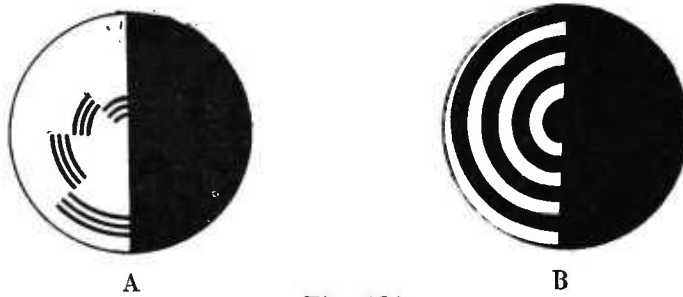


Fig. 126..

voir l'Index au mot *Top*). La figure A ci-dessus représente la forme primitive décrite. B est une forme recommandée dans *Nature* (p. 510) par un correspondant plus récent, mais que l'auteur du présent ouvrage n'a pas essayée. Elle a l'avantage de rendre les proportions de noir et de blanc variables, ce qui est, dit-on, un point important. Un disque noir et un disque blanc portant une spirale sont combinés, comme cela est indiqué page 413 ci-dessus. La spirale de la figure est malheureusement beaucoup trop large; — on recommande une ligne dont la largeur soit seulement le cinquième, ou même moins, de celle des espaces blancs intermédiaires.

Le disque avec des quantités égales, mais distribuées différemment, de noir et de blanc se comprendra suffisamment par la figure de la page 157.

Les disques pour contraste de couleur peuvent être préparés de différentes couleurs, par exemple des quatre couleurs principales, ou, si on trouve que cela est plus qu'il ne faut, de vert seulement. (Voir la figure de droite, p. 171.) On peut commodément appliquer la couleur, comme précédemment, sous la forme de papier coloré. Un disque semblable, portant deux couronnes concentriques plus étroites

pour le contraste, l'une bordée des deux côtés par une ligne noire (par exemple épaisse d'un millimètre) est employé dans l'expérience 153 c. On se rendra compte probablement comment ils sont faits par la description qui se trouve dans le texte (p. 171 s).

Le disque pour l'oscillation rétinienne est aussi décrit dans le texte (p. 181). Les dimensions indiquées en cet endroit ne sont pas essentielles; des disques plus petits feront aussi bien l'affaire. Nous en dirons autant du disque pour la stéréoscopie avec figures mobiles (p. 310 s.). Le seul point important est que le petit cercle ne doit pas être trop excentrique.

Les disques pour stroboscopie binoculaire (p. 312), tels qu'on les emploie au laboratoire Clark, sont d'une dimension inutilement considérable (A, 22 pouces; B, 16 $\frac{3}{8}$ pouces; et C, 13 pouces). Dans la plupart des cas les dimensions suivantes seraient meilleures: A, 15 pouces (38^{cm}); B, 11 pouces (28^{cm}); C, 7 $\frac{1}{2}$ pouces (19^{cm}). Si on adopte ces dernières, les suivantes conviendront à peu près pour les fentes: fentes étroites en A, $\frac{1}{4}$ de pouce (6^{mm}) de long, avec extrémités extérieures à $\frac{1}{4}$ de pouce du bord du disque, largeur 6°; côtés courbes des ouvertures larges à 5 pouces (12^{cm}, 5) et à 3 $\frac{3}{4}$ pouces (9^{cm}, 4) respectivement du centre, largeur angulaire environ 40°. Les fentes en B doivent être à la même distance du centre que les ouvertures larges en A, et avoir la même grandeur angulaire que les fentes étroites, c'est-à-dire 6°.

Les disques pour montrer les phénomènes ordinaires de la stroboscopie avec l'appareil rotatif et un miroir peuvent être aisément préparés dans le laboratoire. La grandeur des disques variera, naturellement, selon les appareils avec lesquels on les emploiera; les dimensions suivantes se rapportent à un petit stroboscope tournant à la main, mais on peut facilement les modifier pour avoir des disques qui aillent avec l'appareil rotatif.

Diamètre du disque A, 7 $\frac{7}{8}$ pouces (197^{mm}); diamètre du

cercle sur lequel se trouvent les ouvertures, $6 \frac{1}{2}$ pouces (163^{mm}); diamètre des ouvertures, $\frac{3}{16}$ pouces (5^{mm}). Ces ouvertures ont été faites avec un emporte-pièce; elles peuvent être remplacées par des fentes radiales si on le préfère. Diamètre du disque B, $6 \frac{1}{8}$ pouces (153^{mm}); diamètre

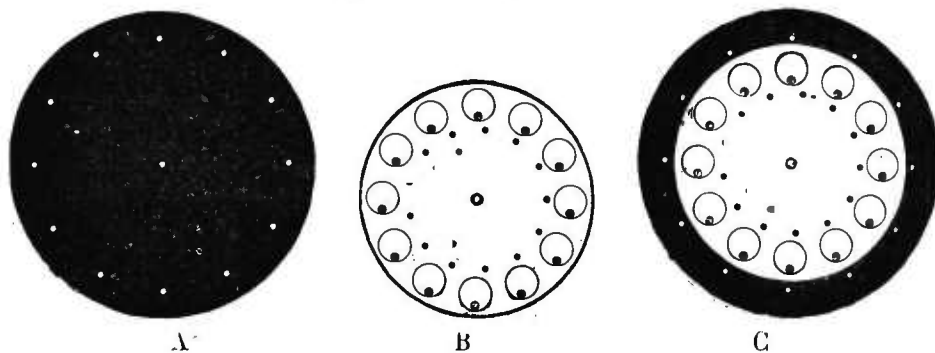


Fig. 127.

du cercle passant par les centres des cercles extérieurs, $4 \frac{7}{8}$ pouces (122^{mm}); diamètre du cercle passant par les centres des points noirs extérieurs, $3 \frac{9}{16}$ pouces (89^{mm}); du cercle passant par les centres des points noirs intérieurs, $2 \frac{5}{8}$ pouces (66^{mm}). Le diamètre des cercles extérieurs est très légèrement inférieur à $\frac{7}{8}$ de pouce (22^{mm}), et celui des points noirs placés à l'intérieur de ces cercles à $\frac{1}{4}$ de pouce (6^{mm}). C représente les disques combinés pour l'expérience. Toutefois, à moins que les deux côtés du grand disque ne soient noirs, on se trouvera mieux de retourner A de manière à amener le côté noir près de l'œil. Une paire semblable de disques montre tous les phénomènes essentiels du stroboscope.

Le disque avec bandes radiales semblables à des rais, mentionné dans les expériences 223 *b* et 231, doit être de grande dimension (15 pouces [38^{cm}]) et peut porter une douzaine de bandes larges chacune d'un demi-pouce (13^{mm}).

Les *laines colorées* de Holmgren pour rechercher la cécité pour les couleurs peuvent être achetées chez les opticiens, soit en petits écheveaux séparés, soit arrangées de façon plus ou moins soignée dans des cadres ou sup-

ports d'un genre ou d'un autre. Un assortiment simple se trouve au commencement du *Life History Album* de Galton.

Le *spectroscope* employé au laboratoire Clark pour les expériences 138 et 141 *b* est un instrument à un seul prisme d'un prix modéré. Tout instrument qui montre les raies de Fraunhofer jusqu'à la raie H sans trop de difficulté suffirait probablement.

Le *métronome* de l'expérience 145 est celui qu'emploient les musiciens. Si le pendule mentionné plus haut (p. 397) était pourvu d'un contact électrique et en communication avec un parleur télégraphique, il ferait aussi bien l'affaire et serait utile à d'autres égards. On obtient le contact électrique le plus simple en fixant un fil métallique fin au bas de la tige du pendule, de manière qu'il puisse plonger dans une gouttelette de mercure placée dans un godet sur la base de l'instrument. L'extrémité supérieure du fil, enroulée en spirale, peut être fixée à une borne placée sur le bâti près du point d'appui du pendule, et gênera peu le mouvement. On peut faire un bon godet à mercure en fixant un court bout de tube de verre au moyen de cire sur la vis supérieure d'une borne double. La hauteur d'un tel godet est réglable, et la vis inférieure permet la communication avec le reste du circuit; mais il faut prendre garde d'enlever le vernis de la vis supérieure de manière à assurer un bon contact entre le cuivre et le mercure.

Il est probable que la construction de l'*appareil pour mélanger les couleurs par réflexion* se comprendra suffisamment par la description et la figure de la page 162. De même pour l'*appareil pour l'expérience de Ragona Scinà* (p. 169). Cette expérience, toutefois, n'exige pas un appareil spécial, le résultat étant très net lorsque les figures sont dans le même plan et que le verre coloré est tenu verticalement comme le verre ordinaire de l'appareil pour le mélange des couleurs par réflexion.

Quant au *prisme biréfringent* de l'expérience 150 *b*, servez-vous d'un cristal de spath d'Islande, qu'on achète à

bon compte chez les marchands d'instruments de physique ¹.

L'appareil binoculaire pour mélanger les couleurs mentionné dans les expériences 156 a et 167 a est un appareil imaginé par Hering et décrit par lui dans la *Zeitschrift für Psychologie*, I, 1890, 23-28. Il est construit par Rothe, de Prague, bien et à bon compte ; mais l'appareil est simple, et tout menuisier peut en fabriquer un en bois qui suffira. Le but, dans l'expérience 156, est d'obtenir un mélange binoculaire de bleu et de rouge. Pour cela on peut se servir de verres bleus et rouges placés devant les yeux, pourvu qu'une bonne quantité de blanc puisse aussi être mélangée à la couleur du verre. On y arrive en plaçant obliquement les verres de manière qu'ils réfléchissent sur leur surface supérieure les images d'écrans blancs convenablement disposés. La quantité de lumière blanche est réglée par la position des écrans relativement à la

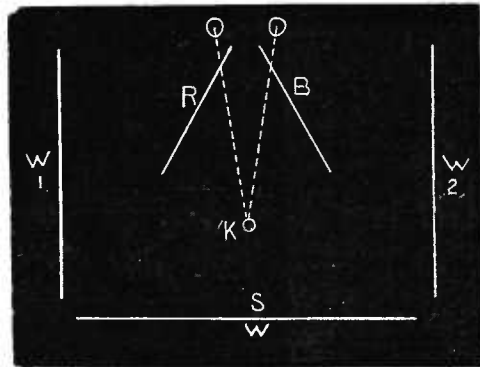


Fig. 128.

source de lumière, et par l'inclinaison des verres colorés. La figure suivante montre la disposition des verres et des écrans. W_1 et W_2 sont les écrans, R et B les verres rouge et bleu, W une surface blanche. Dans l'appareil, construit

¹ Rothe construit d'après le plan de Hering un appareil pour le contraste simultané, dans lequel de tels prismes sont employés. L'instrument est commode pour démontrer le mélange des couleurs par cette méthode aussi bien que pour le contraste.

par un menuisier, du laboratoire Clark, on a adopté le plan et les dimensions suivantes : au milieu de la base de l'instrument, longue de 30 pouces (75^{cm}) et large de 12 (30^{cm}), on a placé une autre planche de 12 pouces de long et 10 (25^{cm}) de large, laissant une marge d'un pouce (25^{mm}) de chaque côté, et une de 9 pouces (23^{cm}) aux extrémités. Cette petite plate-forme supporte un morceau de carton blanc, correspondant à W dans la figure. Sur le bord de cette plate-forme le plus rapproché est fixé un montant de 15 pouces (38^{cm}) de haut et 3 (75^{mm}) de large. A son extrémité supérieure, sur le côté antérieur, ce montant porte les châssis qui maintiennent les verres R et B. Les verres ont 4 pouces (10^{cm}) de côté, et sont encadrés de trois côtés seulement, le bord supérieur étant libre, en sorte que les verres puissent venir près des yeux. (Des verres de 2 pouces (5^{cm}) de côté, ou même moins, feraient l'affaire aussi bien ou même mieux.) Les châssis sont des planchettes de 6 pouces (15^{cm}) de long et 5 ($12^{\text{cm}}, 5$) de large, dans lesquelles on a découpé sur les extrémités supérieures une pièce carrée (de 3 pouces $3/4$ [$9^{\text{cm}}, 4$] de côté), ce qui fait ressembler chaque planchette à un U à angles droits et large base. Sur ces trous carrés sont fixés les verres. Les châssis sont fixés chacun par une seule vis au montant ci-dessus mentionné; les vis pénètrent dans les châssis à environ un pouce et demi (37^{mm}) au-dessous du bord libre du verre. Lorsqu'ils sont en place, les verres dépassent d'environ $3/4$ de pouce (19^{mm}) le sommet du montant, et ressemblent aux deux côtés d'un toit. Ils ne se rejoignent cependant pas tout à fait, mais laissent un espace libre pour le nez de l'observateur. Les vis qui maintiennent les châssis doivent être assez serrées pour les maintenir en place, mais elles ne doivent pas l'être tellement qu'on ne puisse faire tourner les châssis pour régler leur position.

Les écrans latéraux de l'instrument sont exactement pareils, et la description de l'un vaudra pour les deux. Chacun d'eux est constitué par une planchette d'un demi-

pouce d'épaisseur (12^{mm}), de 9 pouces (23^{cm}) de large et de 13 pouces 1/2 (34^{cm}) de long. Cette planchette tourne, à mi-chemin entre le haut et le bas, autour de deux vis qui traversent les côtés d'un encadrement léger juste assez grand pour la contenir. L'encadrement est lui-même fixé à une large pièce de bois qui lui sert de base et qui repose à son tour sur la base de l'appareil. Une cheville au milieu de la base de la charpente, pénétrant dans un trou pratiqué dans la base de l'instrument, permet de faire tourner l'encadrement et l'écran autour d'un axe vertical. L'écran peut tourner ainsi dans deux directions. Le devant est recouvert de carton blanc. Il est très important que toutes les surfaces blanches soient sans taches appréciables, et les verres colorés sans défauts.

L'instrument, dans ces conditions, servira pour le mélange binoculaire des couleurs. Pour le contraste simultané par la méthode binoculaire de Hering (expérience 165), quelques légères additions sont nécessaires. Sur le devant du montant et à 6 pouces (15^{cm}) du pied, on place un fil métallique d'environ 3 pouces et demi (9^{cm}) de long, qui s'étend en avant perpendiculairement à la surface du montant. A l'extrémité du fil est fixé un petit bouton de liège, le point de fixation K dans la figure. Sur la surface W, et parallèlement au fil, est collée une bande de papier noir, d'un quart de pouce (6^{mm}) de large, représentée par S dans la figure.

Un instrument construit sur ce plan est inutilement embarrassant, et fonctionnerait probablement aussi bien si les écrans latéraux et les verres avaient des dimensions un peu moindres. La rotation des écrans autour d'un axe horizontal n'est guère nécessaire non plus.

Le *châssis de fils parallèles*, mentionné dans les expériences 196 c et 210 c, est probablement décrit d'une façon suffisamment claire dans le texte.

On peut acheter toute faite la *barre de Galton* chez la Cambridge Scientific Instrument Company sous le nom

de « Line Division Testing Apparatus ». Telle que la fournit cette compagnie, elle consiste en un barreau d'ébonite de 10 pouces (25^{cm}) de long, un pouce (25^{mm}) de large, et un huitième de pouce (3^{mm}) d'épaisseur. Sur le dos de ce barreau, et dépassant un peu en haut et en bas sur le côté antérieur, est placée une petite coulisse en cuivre. Les parties qui dépassent sur le devant portent entre elles, en travers de la barre et près de sa surface, un fil blanc qui divise la barre en deux parties, égales ou inégales, selon la position de la coulisse. Sur le dos de la barre, une fine ligne transversale indique le milieu de la barre. Cette ligne est visible par une ouverture rectangulaire qui se trouve sur le dos de la coulisse, et sur le bord de cette ouverture est gravée une échelle divisée en dixièmes de pouce, grâce à laquelle on peut lire à chaque instant la position de la coulisse, et par conséquent celle du fil blanc mentionné, en dixièmes de pouces, ou, puisque la barre a 10 pouces de long, en centièmes de la longueur totale. Outre la ligne médiane, il y a aussi des lignes au tiers et au quart de la longueur de la barre, de sorte qu'on peut expérimenter aussi sur ces fractions. Il serait facile, naturellement, de faire une barre pareille avec n'importe quelle règle qui serait divisée d'un côté seulement, ou même avec un barreau droit de bois sur lequel on aurait collé une bande de papier millimétrique¹ Pour une forme quelque peu différente de la barre de Galton, voir plus loin les appareils relatifs au chapitre VIII.

L'instrument que pour abrégér je me suis risqué à appeler le *cryptéon*, est très simple en principe, — rien de plus, en effet, qu'une planche inclinée avec une partie retombante qui lui est unie en bas par une charnière. Il est grossièrement représenté dans la figure ci-après.

Sur une base ab , de 8×20 pouces ($20 \times 50^{\text{cm}}$), est disposée la planche cd , de 6×18 pouces ($15 \times 45^{\text{cm}}$),

¹ Il faut remarquer cependant que le papier ordinaire quadrillé au millimètre ne donne pas des mesures justes dans les deux sens.

inclinée en arrière d'environ 30° par rapport à la verticale. Aux extrémités de cette planche, près de la base, sont fixées de courtes branches de cuivre qui s'étendent en avant et supportent la tige *ef*. Elles sont de longueur telle qu'elles maintiennent la ligne centrale de la tige à $\frac{5}{8}$ de pouce (15^{mm}) de la planche *cd*, et à $\frac{7}{8}$ de pouce (22^{mm}) de *ab*. La tige *ef* est pourvue à ses extrémités de têtes

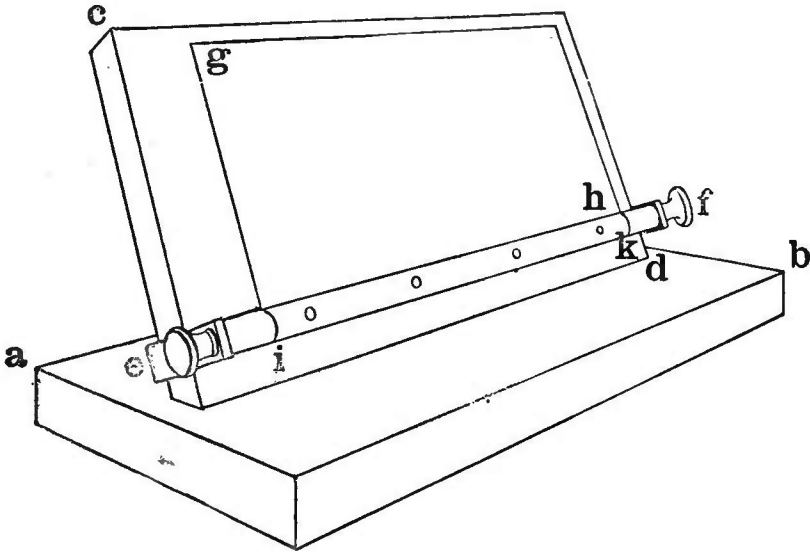


Fig. 129.

moletées, de manière qu'on puisse facilement la faire tourner avec l'une ou l'autre main. La tige elle-même comprend deux parties, étant faite de demi-tiges en cuivre d'un demi-pouce (12^{mm}) de diamètre, accolées l'une à l'autre par leurs côtés plats, de manière à former une seule tige ronde. La moitié antérieure de la tige est formée de trois pièces. La pièce du milieu *ik* est maintenue en place par des vis et peut être enlevée; les pièces des extrémités sont soudées à la moitié postérieure de la tige. Cette disposition permet de pincer solidement dans la tige la feuille de carton *gh*, ou de changer de feuille si, pour quelque raison, on désire le faire. Lorsque la feuille est en place, on couvre ou découvre rapidement en faisant tourner la tige *ef* n'importe quel objet placé sur la sur-

face inclinée *cd*. En se servant du cryptéon dans l'expérience 174, on doit fixer une baguette de bois étroite le long de la surface inclinée pour supporter la barre de Galton. L'instrument ne sert pas seulement pour cette expérience, mais peut être employé pour des expériences sur les images consécutives et le contraste successif, ou dans tout autre cas où l'on désirera découvrir ou cacher soudainement un objet. L'instrument ne peut cependant guère être considéré comme nécessaire, et on peut facilement trouver quelque appareil simple pour le remplacer.

Le *miroir concave* employé dans l'expérience 183 *b* peut être acheté à bon compte chez n'importe quel opticien ou marchand d'instruments de physique.

Le *masque* de l'expérience 184 peut être acheté dans un magasin de jouets, et coloré de la façon qu'on désire. Il est bon d'avoir deux masques, de manière que l'aspect externe et l'aspect interne puissent être présentés simultanément; — dans ce cas, naturellement, il suffira que l'un soit coloré. Il est bon aussi de les monter de quelque manière pour en rendre le maniement plus facile. On peut se procurer à très bas prix des médaillons en plâtre, d'environ quatre pouces de diamètre, dans beaucoup de magasins d'art, et on peut dans le laboratoire en prendre des empreintes en relief contraire en huilant soigneusement la surface, entourant le bord d'une bande de papier, et versant dessus du plâtre de Paris amené à environ la consistance de la crème.

Un *stéréoscope ordinaire* est commode pour les débutants en fait d'expériences binoculaires, mais n'est guère nécessaire, surtout si l'on possède un haploscope ou un stéréoscope de Wheatstone.

Le *haploscope* n'est qu'un stéréoscope simplifié, et n'a d'autre but que celui de présenter à chaque œil un champ invisible pour l'autre¹. Il n'est guère nécessaire, si on

¹ Le mot *haploscope* est employé par Hering pour désigner un appareil qui ressemble beaucoup au stéréoscope de Wheatstone.

possède un stéréoscope de Wheatstone. Les figures ci-dessous représentent une forme quelque peu soignée de cet instrument.

Dans la figure de gauche l'instrument est disposé pour la vision parallèle, dans celle de droite pour la vision croisée. Dans la figure de gauche on voit aussi, appuyés contre la base de l'instrument, les porte-figures mobiles

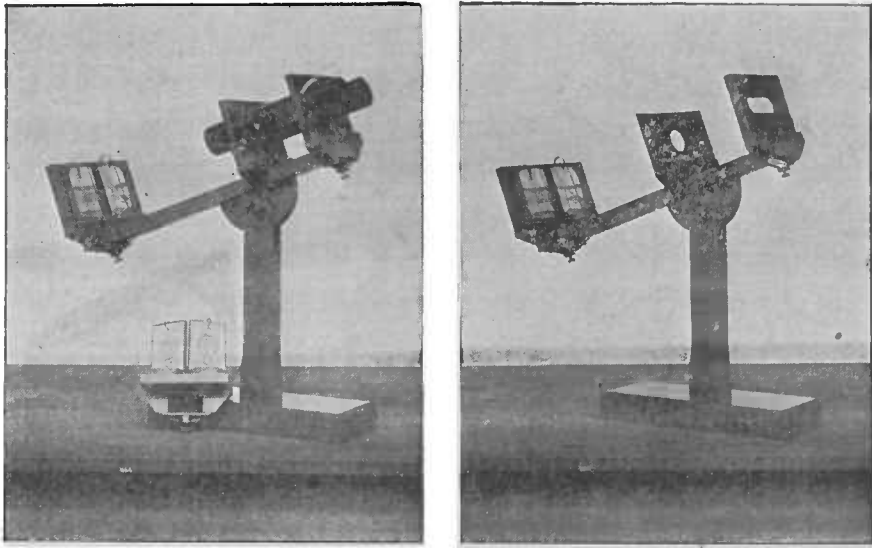


Fig. 130.

nécessaires pour l'expérience de Le Conte-Stevens (expérience 221 *e*). Il serait probablement aussi commode et beaucoup moins cher d'acheter deux stéréoscopes ordinaires, d'enlever les lentilles, et de faire de l'un un haploscope pour vision parallèle et de l'autre un haploscope pour vision croisée, que d'en construire un d'après ce modèle. Pour cette raison nous omettrons les détails; cependant, quelques mesures donneront une idée plus nette de ses dimensions : base, $12 \frac{1}{2} \times 5 \times 1 \frac{5}{8}$ pouces ($31 \times 12,5 \times 4^{\text{cm}}$); hauteur du support central jusqu'au milieu de l'axe de la barre inclinée, $10 \frac{3}{4}$ pouces (27^{cm}); barre inclinée, $18 \times 2 \times 13/16$ pouces ($45 \times 5 \times 2^{\text{cm}}$); tubes pour les yeux, $9 \frac{1}{4}$ pouces (23^{cm}) de long, $1 \frac{1}{2}$ pouce

(37^{mm}) de diamètre intérieur, centres des tubes à 2 1/2 pouces (63^{mm}) de distance.

Les meilleures *figures stéréoscopiques* que connaisse bien l'auteur sont celles qui sont citées dans le texte sous le nom de figures de Martius-Matzdorff. La série comprend 36 figures accompagnées d'une brochure explicative, et est publiée par Winkelmann und Söhne, Berlin, sous le titre : *Die interessantesten Erscheinungen der Stereoscopia*.

Le *stéréoscope de Wheatstone* est très simple comme plan, comme on peut le voir par la figure ci-dessous.

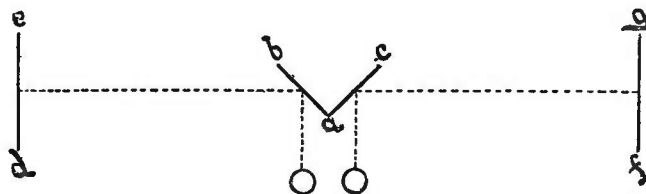


Fig. 131.

Les yeux regardent dans des miroirs *ab* et *ac* placés à angle droit l'un par rapport à l'autre, et voient les images réfléchies des figures placées en *de* et *fg*. Dans sa construction actuelle, toutefois, l'instrument diffère un peu de ce plan très simple. En effet, pour des expériences avec figures à différentes distances, il est désirable de pouvoir approcher et éloigner *de* et *fg* des miroirs ; pour des expériences avec différents degrés de convergence, il est désirable que les miroirs et les figures soient mobiles ensemble autour d'axes situés entre les miroirs (ou mieux autour d'axes qui coïncident avec les verticales passant par les centres de rotation des yeux) ; pour qu'on puisse employer l'appareil comme téléstéréoscope, les porte-figures *de* et *fg* doivent être remplacés par de grands miroirs parallèles aux petits (voir le plan p. 294) ; et si l'expérience de Stevens est incluse, les porte-figures doivent pouvoir tourner autour d'un axe vertical.

La figure suivante représente un grand appareil en bois construit, peu à peu, au laboratoire Clark. La base de l'instrument est un banc haut de 8 pouces (20^{cm}, large de 12 pouces (30^{cm}), et long de 4 pieds (1^m,20). Sur ce banc reposent des bras qui portent à leurs extrémités intérieures de petites colonnes aux extrémités supérieures desquelles sont fixés les miroirs correspondant à *ab* et *ac* du plan, et

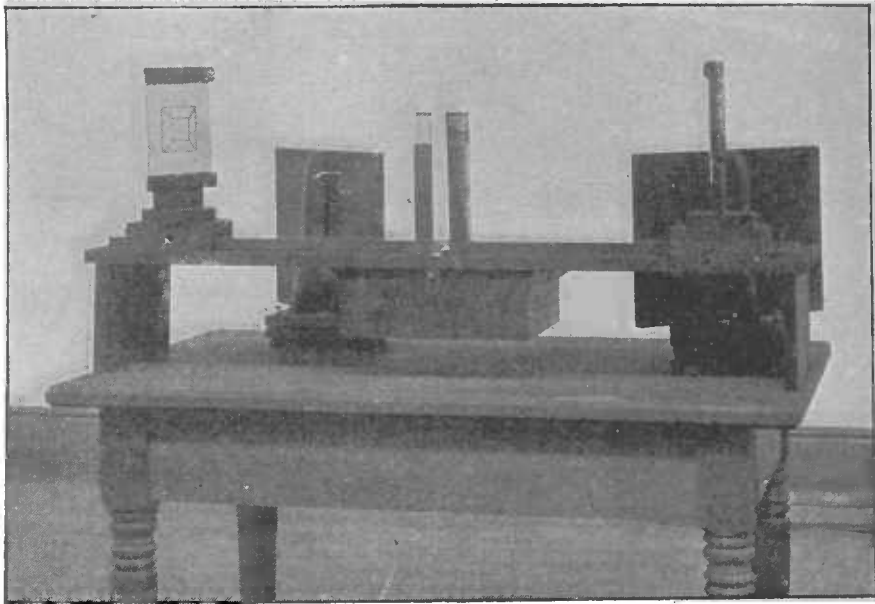


Fig. 132.

à leurs extrémités extérieures les porte-figures ; celui de gauche est tourné en partie, de manière à montrer la figure en place. En arrière du banc se trouvent les grands miroirs, qui prennent la place des porte-figures lorsque l'instrument est employé comme téléstéréoscope. Sous le banc est suspendu un tiroir où sont conservées les figures lorsqu'on ne s'en sert pas.

Pour les expériences de ce cours, cependant, un appareil un peu plus petit et plus simple serait non seulement plus commode, mais à beaucoup d'égards meilleur ; et l'auteur en conséquence propose les plans suivants au lieu d'une

description détaillée de cet instrument, quoique les circonstances n'aient pas encore permis, au moment où ceci a été écrit, l'exécution de ces plans ¹

Le plan montre l'instrument à l'échelle d'environ un dixième. La première figure représente une vue de face, la seconde le plan horizontal, et la troisième un des porte-figures vu des miroirs.

La base de l'instrument sera un banc en bois de 30 pouces (75^{cm}) de long, 8 pouces (20^{cm}) de large, et autant de hauteur. Sur ce banc sont fixés deux bras faits de tiges étroites en bois dur de 14 1/2 pouces (36^{cm}) de long, 1 1/2 pouce de large (38^{mm}), et un demi-pouce (13^{mm}) d'épaisseur, comme on le voit dans la première et la seconde figures du plan. Les extrémités adjacentes de ces bras sont arrondies, et elles sont fixées au banc chacune par une seule vis. Ces vis servent de pivots autour desquels les bras puissent tourner. La distance de ces vis doit être de 2 1/4 pouces (57^{mm}) de centre à centre, et elles doivent être placées à 2 pouces (51^{mm}) en arrière du bord antérieur de la base de l'instrument. Chaque bras porte aussi, près de son extrémité intérieure, un montant en angle qui supporte le miroir. Ces montants peuvent avoir un pouce (25^{mm}) d'épaisseur, et 8 3/4 pouces (22^{cm}) de hauteur à partir de la surface supérieure du bras. Leur longueur sur le bras n'a pas d'importance, pourvu qu'elle ne soit pas trop grande; elle sera par exemple de 3 pouces (76^{mm}); et ils doivent être coupés de façon, comme le montre le plan, à permettre l'introduction des vis qui servent de pivots. Ils doivent être placés de telle manière que la ligne centrale de la surface du miroir se trouve exactement au-dessus du centre de la vis. En haut de ces montants le dernier pouce et demi (38^{mm}) reçoit d'abord la forme d'un

¹ Pour le plan et la description d'un instrument de cette espèce soigné et un peu spécial, voir Hillebrand, *Die Stabilität der Raumwerthe auf der Netzhaut*, dans *Zeitschrift für Psychologie*, V, 1893, p. 38; voir aussi Hering, *Hermann's Handbuch der Physiologie*, III, 1, 393 s.

parallépipède à base carrée d'un pouce (25^{mm}) de côté,

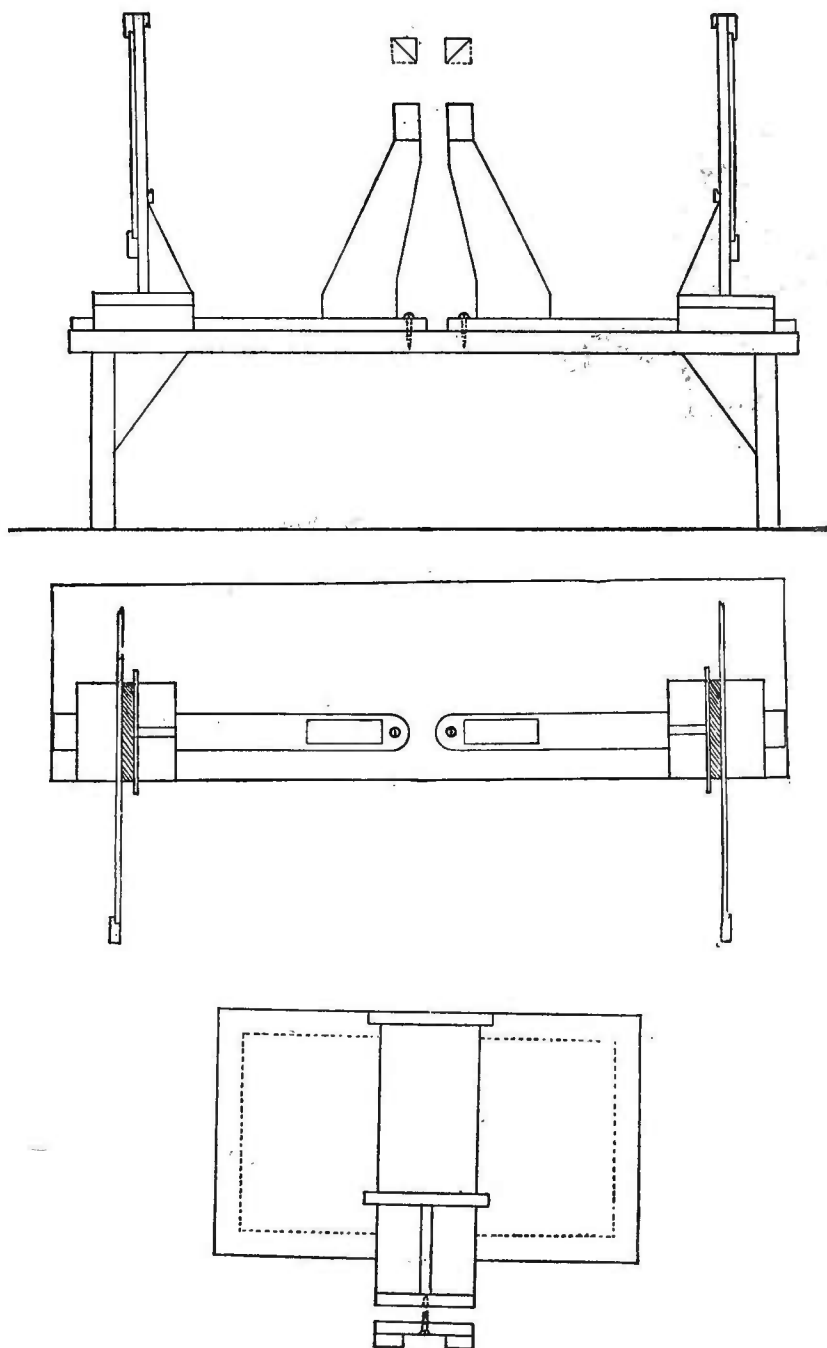


Fig. 133.

puis on y pratique une fente diagonale pour recevoir les miroirs, à peu près comme on le voit dans les petites

figures qui se trouvent juste au-dessus des montants dans la première figure du plan. La surface laissée pour les miroirs est ainsi un carré de presque 1 1/2 pouce (38^{mm}) de côté.

Le miroir lui-même, d'un pouce (25^{mm}) de côté, peut être monté sur carton, et fixé par de très petites vis sur cette surface. On peut fabriquer un cadre en carton de la façon suivante : dans du carton ayant l'épaisseur du verre du miroir découpez un carré d'un pouce et demi (38^{mm}) de côté, et faites au milieu une ouverture carrée d'un pouce (25^{mm}) de côté pour recevoir le miroir. Collez derrière un carré de carton mince de 1 1/2 pouce (38^{mm}) de côté, mettez en place le miroir, et collez sur le devant du miroir un carré de carton noir au milieu duquel vous aurez découpé un carré de 7/8 de pouce (22^{mm}) de côté.

Les porte-figures sont simples de construction. Chacun consiste en une pièce carrée mobile, de 4 pouces (10^{cm}) de côté et un demi-pouce (13^{mm}) d'épaisseur, sur le bas de laquelle sont fixés deux taquets (chacun de 4 × 1 1/4 pouces [102 × 32^{mm}]), laissant entre eux un espace juste égal à la largeur du bras. Sur cette base mobile repose une autre pièce de mêmes dimensions. Les deux sont maintenues ensemble par une seule vis introduite d'en dessous au milieu, comme cela est indiqué dans la troisième figure du plan, où les deux pièces sont un peu séparées. La vis doit être assez serrée dans la pièce inférieure pour que la pièce supérieure puisse tourner tout d'une pièce avec elle. Au milieu de la pièce supérieure s'élève le montant du porte-figures (11 1/2 pouces [29^{cm}] de haut, 4 pouces [10^{cm}] de large et un demi-pouce [13^{mm}] d'épaisseur). En travers de ce montant sont fixés deux petits guides en bois pour recevoir les figures (qui ont elles-mêmes 5 1/2 × 7 pouces [14 × 18^{cm}]). Ceux-ci doivent être placés aussi haut que le montant le permettra. Le montant est maintenu par un petit tasseau placé en avant, comme on le voit dans les figures. Les miroirs requis, lorsque l'instrument doit être

employé comme téléstéréoscope, doivent être de bonne qualité et avoir 8×15 pouces ($20 \times 38^{\text{cm}}$) sans les cadres. Ils doivent être encadrés dans des planchettes de bois uni, et les cadres doivent être fixés aux dos des montants des porte-figures. Lorsqu'on emploie le téléstéréoscope pour observer un paysage réel, il est bon d'ouvrir les fenêtres afin d'éviter les déformations que produisent les verres à vitre ordinaires.

Le *pseudoscope* du laboratoire Clark est celui que fabrique Pellin, de Paris. L'instrument est commode, mais un moins cher ferait l'affaire. On pourrait probablement se servir de deux prismes à réflexion totale placés l'un par rapport à l'autre à la distance convenable sur une pièce de bois, et maintenus en place au moyen de cire. Si l'on se propose de construire un appareil d'un caractère plus permanent, cet appareil devra permettre dans quelque mesure la rotation des prismes autour de leurs axes verticaux, et on devra pouvoir aussi faire varier leur distance.

Les *figures pour l'expérience des « cœurs agités »* (expérience 230) ont été peut-être suffisamment décrites dans le texte; mais les détails suivants qui se rapportent à la série du laboratoire Clark peuvent n'être pas sans utilité, quoiqu'ils ne soient point présentés comme excluant tout perfectionnement. Les papiers colorés employés ont été pour la plupart ceux que fournit la « Milton Bradley Company », et en conséquence c'est à ses types que d'une façon générale nous renvoyons. Pour l'expérience 230 *a* des anneaux bleus sur fond rouge : bleu, anneaux de jardins d'enfants en bleu type; rouge, à peu près semblable à rouge orangé. Pour les anneaux rouges sur fond bleu : rouge, anneaux rouges de Bradley pour jardins d'enfants; bleu, entre bleu et bleu-violet, mais plus foncé que l'un et l'autre; lignes transversales, des bandes très étroites de papier blanc. Pour l'expérience 230 *b* des figures grises sur fond coloré et des figures colorées sur fond gris : gris sur rouge, gris

à peu près identique à celui que donnent 270° de carton noir combiné avec 90° de blanc sur l'appareil rotatif; rouge à peu près identique à rouge orangé. Figures colorées sur fond gris, anneaux d'orangé type; gris, celui qui est employé pour la couverture de l'*American Journal of Psychology*. Dans le second travail de Szili, mentionné dans le texte à l'occasion de cette expérience, on trouvera des détails pour des figures faites avec les papiers de Helmholtz (fournis par Jung, de Heidelberg) et avec des papiers gris du commerce de fabrication allemande. Le même auteur emploie des gris amenés à la nuance voulue au moyen d'un crayon à mine de plomb.

APPAREILS POUR LE CHAPITRE VIII, CONCERNANT LA LOI DE WEBER

ET LES MÉTHODES PSYCHOPHYSIQUES

EXPÉRIENCES 234-239.

Les seuls appareils demandant une mention spéciale ici sont les disques et la série des poids employés pour démontrer la loi de Weber, et la forme spéciale de la barre de Galton employée dans les expériences sur les méthodes psychophysiques.

Les *disques pour la loi de Weber* sont décrits dans le texte, mais les détails suivants empruntés aux spécimens que possède le laboratoire Clark (voir fig. C et D, p. 353) peuvent être utiles. Les disques ont 40 centimètres de diamètre (quoique des disques de 15 pouces dussent faire l'affaire tout aussi bien). Commencant au centre, le noir s'étend sans interruption jusqu'à une distance de 2^{cm},5. Là, le blanc commence, et il augmente graduellement jusqu'à ce que, à un point situé 16 centimètres plus loin (1^{cm},5 du bord du disque), il occupe les 360°. Le noir est distribué sur trois rayons, comme le montrent les figures; et les courbes ont été dessinées d'après le calcul de la quantité

angulaire de blanc fait pour chaque centimètre à partir du point où le blanc commencé jusqu'au point où il occupe toute la circonférence. Comme le noir n'est pas absolument noir, mais réfléchit une petite quantité de lumière, on a tenu compte de cette quantité, en admettant que le noir a environ un cinquantième de l'éclat du blanc du carton dans lequel on a découpé le disque. La table ci-dessous donne l'étendue angulaire du blanc aux distances indiquées à partir du centre.

Ces disques particuliers sont bordés par une mince ligne noire à leur extrême périphérie, mais cela n'est nullement essentiel.

Kirschmann donne des formules générales pour les calculs dans l'article cité à la bibliographie du chapitre VIII. Pour les valeurs en intensité de divers pigments noirs par comparaison avec du papier blanc, voir un article antérieur du même auteur (*Wundt's Philos. Studien*, V, 1889, 300).

ÉTENDUE ANGULAIRE DU BLANC

DISTANCE A PARTIR DU CENTRE EN CM.	SÉRIE ARITHMÉTIQUE Disque C.	SÉRIE GÉOMÉTRIQUE Disque D.	DISTANCE A PARTIR DU CENTRE EN CM.	SÉRIE ARITHMÉTIQUE Disque C.	SÉRIE GÉOMÉTRIQUE Disque D.
2,5	0°,0	0°,0	10,5	180°,0	44°,6
3,5	22,5	2,0	11,5	202,5	59,0
4,5	45,0	4,6	12,5	225,0	77,4
5,5	67,5	8,0	13,5	247,5	100,8
6,5	90,0	12,2	14,5	270,0	130,8
7,5	112,5	17,6	15,5	292,5	169,1
8,5	135,0	24,5	16,5	315,0	217,9
9,5	157,5	33,3	17,5	337,5	280,3
			18,5	360,0	360,0

Les *enveloppes-poids* employées dans l'expérience 236 ont été faites en chargeant de fortes « pay envelopes » en manille, de $4 \frac{1}{4} \times 2 \frac{1}{2}$ pouces ($11 \times 6^{\text{cm}}$) avec des

morceaux de plomb en feuilles, ou, dans le cas de poids plus légers, avec des morceaux de carton. Une série a été ainsi faite allant de 5 à 100 grammes. D'après le plan primitif, la série consistait en 106 poids, sans compter l'étalon léger et l'étalon lourd, qui étaient des doubles du poids le plus léger et du plus lourd de la série. Les différences n'étaient pas d'un bout à l'autre uniformes, mais elles étaient plus petites avec les poids plus légers, et plus grandes avec les poids plus lourds : de 5 à 10 grammes, 26 poids, différence 0,2 gramme; de 10,5 à 25 grammes, 30 poids, différence 0,5 gramme; de 26 à 50 grammes, 25 poids, différence 1 gramme; de 52 à 100 grammes, 25 poids, différence 2 grammes. Quelque répartition semblable des différences est nécessaire, si on veut que les groupes les plus lourds ne contiennent pas des nombres beaucoup plus grands que les plus légers. Telle qu'on l'emploie en fait, la série comprend 118 poids outre les étalons, 104 de la série régulière, et 14 autres entre 36 et 38 grammes. Dans toutes les enveloppes, même les plus légères, on a placé un morceau de carton mince (de deux fois la grandeur des enveloppes mais plié en deux), pour les rendre raides, et faire que les légères et les lourdes se ressemblent davantage. Les enveloppes doivent être soulevées verticalement entre le pouce et l'index, et le plomb, lorsqu'il ne remplit pas l'enveloppe, doit se trouver à la partie inférieure. Pour cette expérience particulière il n'est pas nécessaire de peser avec une extrême exactitude; une bonne approximation par rapport aux valeurs citées précédemment suffit.

La forme de la *barre de Galton* employée dans les expériences 238 et 239 est représentée en demi-grandeur environ dans la figure suivante.

Elle consiste en une règle d'acier étroite, graduée derrière en centièmes de pouce, et divisée devant par une seule ligne tracée au milieu, et en deux grandes pièces qui glissent, chacune à une extrémité. L'instrument a été fait avec

deux jauges de MM. Brown et Sharp. Toute la graduation a été enlevée sur un côté de la règle, la ligne du milieu a été marquée, et les extrémités intérieures des deux têtes ou pièces mobiles ont été taillées en biseau. Chaque tête

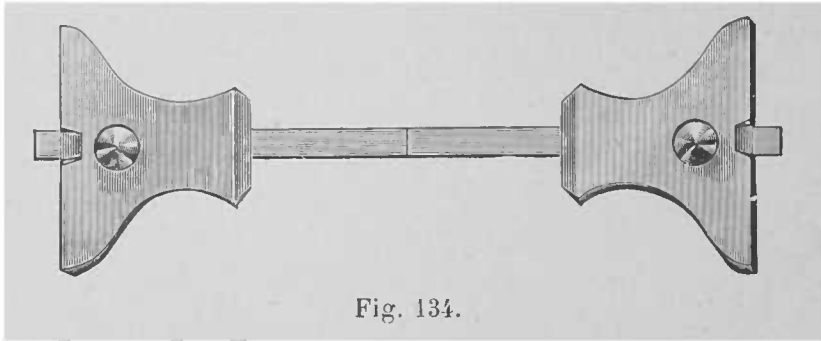


Fig. 134.

peut être fixée solidement au moyen de la vis qui se trouve à sa surface supérieure. La règle elle-même, dans ce cas, a seulement six pouces (15^{cm}) de long, ce qui a l'inconvénient d'être court; mais on pourrait probablement en obtenir de plus longues des fabricants. Le principal avantage d'un instrument de cette forme générale (et des formes plus commodes sont très possibles) c'est qu'il permet de disposer une longueur constante avec laquelle on compare la longueur variable — ce qui peut-être a peu d'importance lorsqu'il s'agit de recherche, mais présente quelque intérêt dans l'exposition des méthodes psychophysiques. Dans les expériences 238 et 239, les longueurs constantes choisies laissaient apparaître peu ou rien des extrémités de la règle au delà des têtes.

APPAREILS GÉNÉRAUX

Outre les appareils ayant un but spécial déjà considérés, un certain nombre d'appareils généraux, servant plus ou moins dans toutes les expériences, sont nécessaires. Les besoins de ceux qui utiliseront ce chapitre seront probablement si différents, que l'auteur se contente d'énumérer

ce qui vraisemblablement sera utile, sans donner aucune indication quant à la forme ni à la quantité¹.

Il faut d'abord mentionner un bon assortiment de tiges, supports, pinces et coupleurs. Ils peuvent être achetés chez n'importe quel marchand d'appareils physiques ou chimiques, mais varient beaucoup en qualité. Il faut en choisir qui soient assez bien faits pour ne pas bouger lorsqu'on les associera pour s'en servir. Une combinaison qui a du jeu lorsqu'elle est installée ne vaut rien. Quelques coupleurs universels ou pinces à rotule seront très avantageux. Différents spécimens de pinces à rotule et de pinces et coupleurs à pivot fabriqués par Otis C. White, de Worcester, quoique n'étant pas destinés primitivement à servir dans un laboratoire, ont donné complète satisfaction, et on peut se les procurer maintenant chez quelques marchands d'instruments de physique. L'une des pinces à rotule fixables à une table, avec tige s'y ajustant, a été supposée dans la description de l'appui-tête du campimètre (p. 409). Outre ces instruments, un certain nombre de pinces ordinaires en fer, comme on en vend dans les magasins de quincaillerie, sont utiles pour fixer des appareils à la table.

Des *piles électriques* ont été plusieurs fois mentionnées ou supposées dans les précédents paragraphes. L'expérience 121 a été faite au laboratoire Clark avec une pile de quatre éléments Leclanché du type « gonda », mais ceux-ci sont moins commodes pour d'autres buts. Pour faire marcher de petits moteurs électriques, des bobines d'induction, et autres instruments semblables, la pile Edison-La Lande (type S par exemple), a été recommandée et elle pourrait être également employée pour n'importe laquelle des expériences de ce cours, quoiqu'elle ne l'ait

¹ Pour d'autres indications générales concernant l'équipement d'un laboratoire, voir le travail de l'auteur, *Some Practical Suggestions on the Equipment of a Psychological Laboratory*, dans *American Journal of Psychology*, vol. V, 1892-3, 429-438.

pas été par l'auteur. Ces piles, toutefois, ne sont pas commodes à transporter d'un endroit à un autre. A cet égard, la pile Grenet, bien connue, serait préférable.

Un assortiment d'instruments à dessin est indispensable si des disques et figures doivent être confectionnés dans le laboratoire; on peut ajouter de l'encre de Chine, des pinceaux, etc. Quelques-uns des outils ordinaires des menuisiers et des mécaniciens sont aussi presque indispensables.

Des balances sensibles qui serviront à faire les poids minimaux de l'expérience 22, et des balances plus grossières pour les cartouches des expériences 24 et 34, ont été supposées dans les expériences précédentes. Si les poids ne sont pas achetés tout faits, et si les balances ne peuvent être empruntées, il faut les ajouter aux appareils nécessaires. Il en est de même de vases gradués pour préparer les solutions nécessaires dans les expériences sur le goût et sur l'odorat.

APPAREILS ADDITIONNELS POUR D'AUTRES FORMES DES EXPÉRIENCES

Dans quelques cas on a mentionné d'autres formes des expériences, lesquelles exigent des appareils non compris dans les listes précédentes. Quelques mots sur ces appareils peuvent être utiles.

L'*antirrhéoscope* mentionné dans l'expérience 128 *d* est celui qui a été décrit et représenté par Bowditch et Hall (*Journal of Physiology*, III, 1880-82, 297-307) et par James dans ses *Principles of Psychology*, II, 245.

L'*appareil de Dvorák* (expérience 221 *b*) est décrit dans le travail original de Dvorák (voir bibliographie du chapitre VII), et on y renvoie avec plus de détails que dans le texte dans l'*American Journal of Psychology*, VI, 1893-1895, 575 ss.

Il a été fait mention une fois ou deux de quelque genre de cylindre enregistreur, et l'instrument sert dans beaucoup d'expériences qui n'ont pas été abordées dans ce livre. Les meilleurs instruments de cette espèce (connus encore d'après une de leurs applications physiologiques sous le nom de kymographes) sont tous très chers. Des instruments moins chers les suppléant sont offerts par divers constructeurs d'Amérique et d'ailleurs, quelques-uns marchant à la main, d'autres étant mus par un mécanisme d'horlogerie ou par de petits moteurs. En en choisissant un, il faut avoir soin de prendre un cylindre qui tourne exactement autour de son axe, et, s'il se meut seul, qui tourne aussi régulièrement que possible.

La *balance de pression*, quoique mentionnée dans les expériences comme une variété d'instrument seulement,

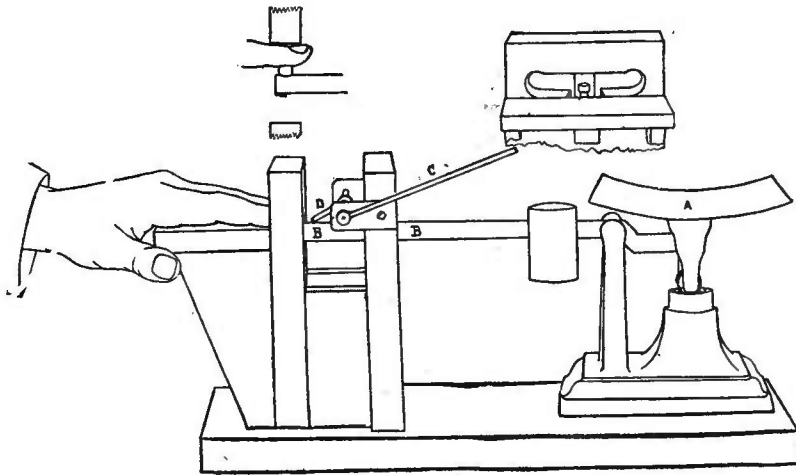


Fig. 135.

est commode et peut être brièvement décrite. Celle du laboratoire Clark, faite d'après les indications du professeur Jastrow (*American Journal of Psychology*, III, 1890-91, 54 s.), consiste en un pèse-lettres de Fairbank, de dimension moyenne, pourvu d'une base et d'un appui-main en bois, et d'un levier et d'une came pour écarter la pression du doigt. La construction générale se comprendra par la

figure ci-dessus. Dans la grande figure, A est le plateau de la balance, B le bras, C le levier, et D la came.

Les bouts des doigts sont introduits dans une ouverture horizontale située dans le montant de gauche; on voit cette ouverture de face dans la petite figure de droite. Dans la même figure on voit aussi le bouton de caoutchouc durci qui se trouve à l'extrémité du bras de la balance et qui presse contre le doigt de bas en haut lorsqu'on applique l'excitant. Ce dernier est compensé par un bout de fil métallique attaché sous le plateau de la balance, ou par un morceau de feutre placé sur le plateau. L'appui pour le doigt et l'extrémité du bras de la balance sont aussi représentés en coupe dans la petite figure de gauche. Les poids servant d'excitants sont placés sur le plateau A et exercent une pression de bas en haut contre le doigt, mais de grandeur diminuée, attendu qu'ils agissent sur le court bras de la balance, — un quart de leur poids réel dans l'instrument du laboratoire Clark. En abaissant le bras du levier de la came on élève celui-ci et on permet au bouton d'atteindre le doigt et de presser contre; en élevant le bras du levier on écarte la pression. Les avantages principaux de l'instrument sont la facilité et la précision avec lesquelles les excitants sont appliqués et écartés, et la position naturelle de la main du sujet.

LISTE MINIMA D'APPAREILS

Quiconque se servira de ce cours ne pourra guère désirer essayer toutes les expériences ou avoir besoin de de tous les appareils. Chacun étudiera les expériences de son point de vue, choisira celles qui l'intéresseront le plus et fera une liste d'appareils en conséquence. C'est donc avec quelque doute quant à l'utilité réelle d'une liste minima que l'auteur offre la suivante comme lui paraissant contenir les pièces les plus importantes : poids pour la pres-

sion et poids destinés à être soulevés, comprenant ceux de même poids mais de grandeur différente ; un sonomètre ; dix ou douze diapasons ordinaires la_3 et ut_4 destinés à être spécialement accordés (en limant soigneusement, on peut amener un lourd diapason la_3 à ut_3 et lui faire donner l'octave avec ut_4) ; une bouteille de résonance ; deux sifflets-bouteillés ; un mètre de petit tube de caoutchouc ; un appareil rotatif pour mélanger les couleurs, des papiers colorés, du carton noir et du carton blanc pour les disques et les figures ; quelques petits morceaux de gélatine colorée ; un prisme de 60° ; une boîte obscure ; un stéréoscope de Wheatstone convertible en un téléstéréoscope ; un petit assortiment d'instruments à dessin ; et deux mètres de papier quadrillé métriquement.

Une telle liste comprend différentes pièces qu'on peut fabriquer chez soi et ne doit pas coûter plus de 125 à 150 francs. On devra souvent avoir recours à des expédients et utiliser les objets ordinaires du laboratoire, mais, de cette façon, on pourra faire un nombre considérable d'expériences. On peut faire un grand nombre d'expériences visuelles avec le matériel renfermé dans la *Pseudoptique* de Bradley ; et, si même la courte liste ci-dessus est trop chère, ce matériel pourra remplacer l'appareil rotatif, le stéréoscope de Wheatstone et la plus grande partie du matériel qui sert pour les disques et les figures.

APPENDICE I

LE CHAMP DE FIXATION ET LA LOI DE LISTING

L'expérience 172 demande une compréhension un peu plus complète de la loi de Listing que celle qui peut résulter de l'expérience 131 *b*, où le sujet a été antérieurement traité. Il a paru bon, en conséquence, d'essayer de l'exposer ici plus complètement.

La loi de Listing, telle qu'elle est formulée par Helmholtz, est la suivante : « *Quand la ligne de fixation passe de la position primaire à une autre position quelconque, l'angle de torsion (apparente) de l'œil dans sa seconde position est le même que si l'œil était arrivé à cette seconde position en tournant autour d'un axe fixe perpendiculaire à la fois à la première et à la seconde position de la ligne de fixation*¹ » De ce principe découlent deux corollaires importants : 1° dans les mouvements à partir de la position primaire il n'y aura pas de torsion autour de la ligne de fixation ; 2° dans les mouvements d'une position secondaire à une autre il y aura torsion.

LE CHAMP DE FIXATION HÉMISPHERIQUE

La manière ordinaire de soumettre la loi à l'expérience est d'obtenir une image consécutive nette d'une croix rec-

¹ Helmholtz, *Phys. Optik*, 2^e éd., p. 623, 1^o éd., p. 466. Le Conte, *Sight*, 174.

tangulaire sur le centre de la rétine, et puis d'observer les changements que l'image projetée subit lorsque l'œil se tourne vers un point ou un autre du champ de fixation. Dans le modèle d'où est tirée la figure ci-dessous, on a essayé de montrer les changements qu'une telle image consécutive éprouverait lorsqu'on la projetterait sur différentes parties d'un champ creux hémisphérique. Le méridien primaire de ce champ est $A * B^1$, et d'autres méridiens sont indiqués à des intervalles de 20° . L'équateur du champ, (c'est-à-dire la ligne d'intersection du plan de fixation avec le champ hémisphérique de fixation lorsque les yeux sont dans la position primaire) est $C * D$, et au-dessus et au-dessous se trouvent indiqués les parallèles à des intervalles de 20° comme avant. L'œil lui-même est supposé placé au centre de la sphère, c'est-à-dire dans le plan des lettres A, K, G, N, etc., et au centre du cercle qu'elles désignent.

Illustrons d'abord le cas de mouvements à partir de la position primaire. Lorsque l'œil est dans sa position primaire il est dirigé en avant et fixé sur la croix centrale à 8 rayons. Supposez qu'il se forme dans l'œil une image consécutive persistante de la croix, mais d'abord des bras horizontal et vertical seulement. Si le point de fixation s'élève ou s'abaisse dans le méridien primaire et s'il n'y a pas de rotation autour de la ligne de fixation, la barre verticale de l'image consécutive restera dans le méridien; et si le point de fixation se porte à droite ou à gauche sur l'équateur du champ, la barre horizontale restera sur l'équateur. C'est ce que montrent les croix minces placées à 40° du centre sur $A * B$ et $C * D$. Les axes autour desquels l'œil tourne se trouvent évidemment dans le plan des lettres A, K, G, N, etc., et coïncident dans le premier cas avec le diamètre (imaginaire) $C D$, et dans le second avec le diamètre (imaginaire) $A B$. Supposez maintenant que l'image

¹ Dans la désignation des courbes du champ hémisphérique, l'astérisque (*) est employé à la place d'une lettre pour indiquer la croix centrale.

consécutive soit celle des bras obliques de la croix centrale, et que le mouvement de l'œil se soit produit obliquement à droite et en haut et à gauche et en bas le long de $H * G$, et à gauche et en haut et à droite et en bas le long de $E * F$, mais sans rotation autour de la ligne de fixation. Comme

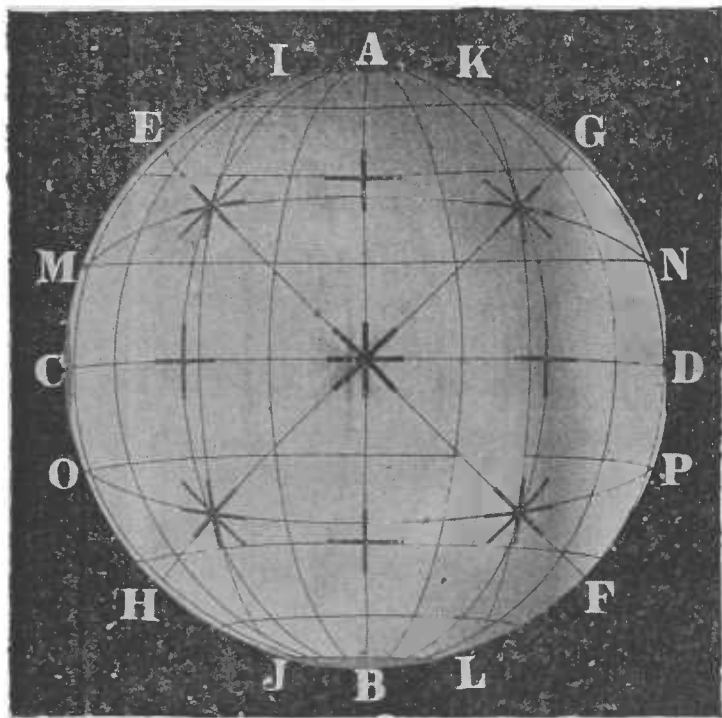


Fig. 136.

précédemment, les bras de la croix qui coïncidaient primitivement avec ces lignes coïncideront avec elles après le mouvement, ainsi que le montrent les bras correspondants des croix minces placées dans ces positions. L'axe des mouvements suivant $G * H$ coïncide avec le diamètre (imaginaire) $E F$, et celui des mouvements suivant $E * F$ avec le diamètre (imaginaire) $G H$. Pour toute direction intermédiaire du mouvement, les axes auraient une position intermédiaire correspondante ; mais dans tous les cas les axes seraient situés dans le plan des lettres A, K, G, N , etc.,

perpendiculaire à la ligne de fixation avant et après son mouvement.

Puisque ces images consécutives sont toujours projetées sur une demi-sphère, il ne se produit aucune déformation d'aucune des croix par suite de projection sur une surface oblique, et toutes les parties des croix conservent entre elles exactement les mêmes positions relatives qui existent entre les parties de la croix centrale¹. On remarquera, cependant, que pour les positions obliques les bras correspondant au bras vertical de la croix centrale ne coïncident pas tout à fait avec les méridiens passant par les centres des croix, mais font avec eux de petits angles, et que de même les bras correspondant au bras horizontal de la croix centrale n'ont plus la même direction que les parallèles situés au-dessus et au-dessous d'eux. En d'autres termes, les bras vertical et horizontal paraissent avoir éprouvé une torsion, quoique le fait que les bras obliques continuent de coïncider avec les cercles E * F et G * H prouve que la torsion n'est pas réelle, qu'elle est, comme dit Le Conte, « simplement une torsion apparente, tenant à ce qu'on se réfère à un nouveau méridien vertical de l'espace ». La règle concernant cette torsion apparente est la suivante : Un mouvement des yeux en haut et à droite produit une torsion apparente à droite ; un mouvement en haut et à gauche produit une torsion apparente à gauche ; un mouvement en bas et à droite produit une torsion apparente à gauche ; un mouvement en bas et à gauche produit une torsion apparente à droite. On peut constater toutes ces torsions dans la figure. Les mouvements d'une position secondaire quelconque à la position primaire s'exécutent évidemment autour des mêmes axes que précédemment, mais en sens contraire.

¹ Cela est vrai du modèle d'après lequel la figure a été faite, mais n'est pas vrai des croix de la figure elle-même, qui évidemment sont déformées précisément par suite d'une telle projection. Cela, toutefois, n'affecte pas les explications qui suivent.

Il reste à considérer les mouvements d'une position secondaire à une autre. Partons, avec une image consécutive, de la croix mince qui se trouve sur C * D, à 40° à droite du centre, et déplaçons le regard en haut le long du méridien. Le bras vertical de la croix coïncide avec le méridien au départ. Mais, lorsque nous atteignons la position de la croix à huit rayons, il ne coïncide plus avec lui, mais a tourné légèrement à droite — cette fois à cause d'une véritable torsion de l'œil autour de la ligne de fixation et non parce qu'on se référerait à un nouveau méridien. La quantité de la torsion est faible, elle est dans ce cas d'environ 12°. Le mouvement en bas le long du méridien aurait exactement le même résultat, sauf que la torsion aurait lieu en sens opposé, et on constaterait des torsions semblables en se servant de la croix située 40° à gauche du centre sur C * D pour les mouvements verticaux, ou des croix situées 40° au-dessus et au-dessous du centre sur A * B pour les mouvements à droite ou à gauche.

Si les mouvements à partir de positions secondaires suivant de grands cercles produisent cette déviation du bras de la croix par rapport à la ligne le long de laquelle il se meut, existe-t-il des lignes suivant lesquelles l'œil puisse faire glisser l'image consécutive sans que cette déviation apparaisse ? De telles lignes existent, et quatre d'entre elles sont représentées dans la figure. Ce sont les arcs IJ, KL, MN, et OP. On remarquera que ces lignes suivent l'inclinaison des bras des croix latérales placés sur E * F et G * H, et qu'elles sont perpendiculaires à A * B et C * D comme les barres de leurs croix. Ce sont les *cercles de direction* ou *cercles droits* de Helmholtz (*Richtkreise*¹). Les cercles de direction verticaux ont, comme on le remarquera, une courbure un peu plus grande que les méridiens qui passent par les mêmes points, et les cercles de

¹ *Op. cit.*, pp. 651 ss., 690 ss. (493 ss., 548 s.).

direction horizontaux ont une courbure un peu moins grande que les parallèles près desquels ils se trouvent. Une courte image consécutive peut se mouvoir le long de ces cercles sans quitter la ligne, particularité qui les fait ressembler à une ligne droite, et, lorsque l'œil immobile les perçoit dans les conditions convenables, ils apparaissent effectivement comme des lignes droites. Ces cercles ont cette autre particularité de passer tous par le *point occipital*, lequel se trouve à la même distance en arrière de l'œil que le point de fixation primaire en avant. Ces deux propriétés appartiennent aussi à tous les grands cercles qui passent par le point de fixation primaire, et qui sont donc aussi des cercles de direction. Par deux points quelconques du champ on peut faire passer un cercle, grand ou petit, de cette espèce ; il n'existe pas que ceux qui sont représentés dans la figure.

L'étude mathématique de la loi de Listing montre que les mouvements d'une position secondaire à une autre, de même que ceux qui ont lieu à partir de la position primaire, peuvent être considérés comme des rotations autour d'axes fixes situés tous dans un plan (quoique dans ce cas le plan ne soit pas perpendiculaire à la ligne de fixation), et que dans chaque cas il existe aussi une ligne autour de laquelle il ne s'effectue aucune rotation, la *ligne atrope*, quoique cette ligne ne coïncide pas avec la ligne de fixation.

LE CHAMP DE FIXATION PLAN

L'étude expérimentale de la loi de Listing est généralement faite avec le champ de fixation plan, au lieu du champ hémisphérique, à cause de la difficulté qu'on a à se procurer une demi-sphère creuse suffisamment grande. Mais cela a l'inconvénient d'ajouter aux modifications de

l'image consécutive dues au mouvement des yeux une série de déformations nouvelles dues à la projection de l'image sur une surface oblique. On les constate facilement dans la figure qui représente le champ plan.

Cette figure est une projection gnomonique du champ

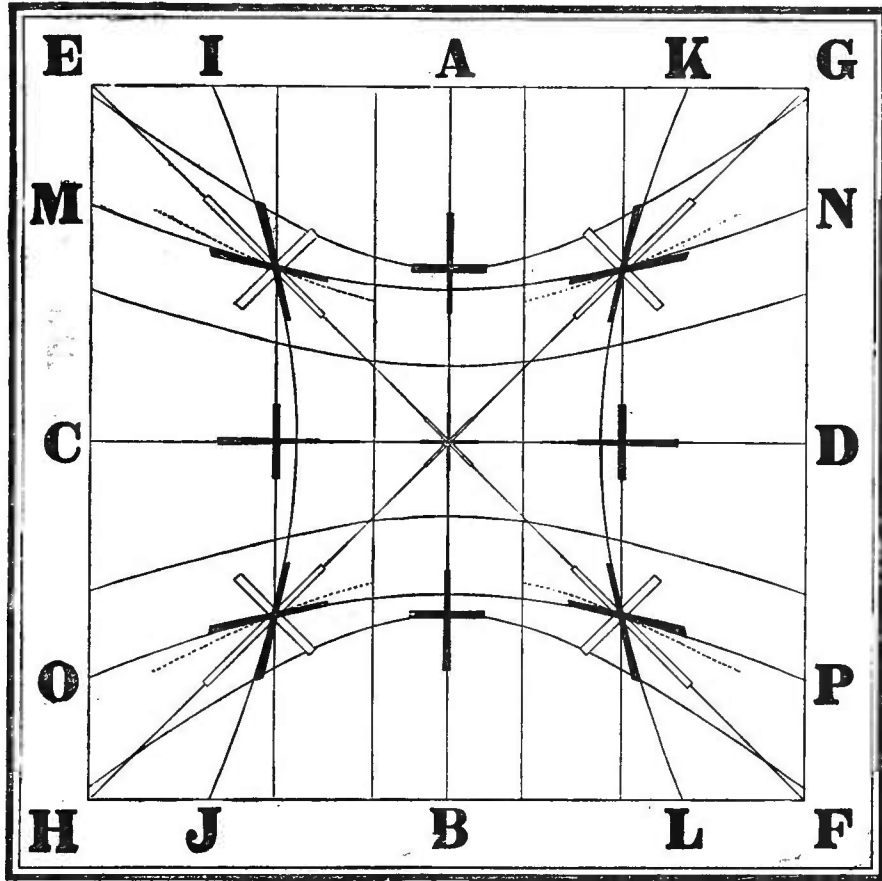


Fig. 137.

hémisphérique sur un plan tangent à ce champ au milieu de la croix centrale. Sur ce plan toutes les lignes du champ hémisphériques sont représentées exactement telles qu'y apparaîtraient leurs ombres projetées par un point lumineux qui aurait la position de l'œil, c'est-à-dire qui serait placé au centre de la sphère. Les méridiens sont représentés par des lignes droites verticales, de plus en plus espacées à mesure qu'elles s'éloignent du méridien primaire AB.

Les parallèles deviennent des hyperboles et leur courbure s'accroît à mesure qu'ils sont plus éloignés de l'équateur du champ. Les grands cercles passant par le point de fixation primaire sont des lignes droites passant par le même point. Les autres cercles de direction sont des hyperboles. Ils continuent cependant de ressembler à des lignes droites, en tant qu'il s'agit d'une courte image consécutive linéaire glissant le long de ces cercles, et Helmholtz les appelle les *lignes droites* du champ de fixation. Les lettres sont les mêmes pour toutes les lignes dans les deux figures, de sorte que la comparaison sera facile.

La déformation des croix placées sur AB et CD est facile à comprendre, et il en est de même pour les barres obliques des croix placées sur EF et GH, barres dont les contours seulement sont représentés dans la figure. Les bras correspondant aux bras vertical et horizontal de la croix centrale — représentés en traits noirs pleins dans la figure — demandent quelques explications. S'il s'agissait de simple projection, sans torsion (apparente), le bras correspondant au bras vertical devrait coïncider avec la projection du méridien, et le bras correspondant au bras horizontal avec la projection d'une ligne coupant le méridien à angle droit dans le champ hémisphérique, c'est-à-dire avec la projection du parallèle qui passe par le centre de la croix, — les lignes pointillées de la figure. Lorsqu'on considère ces projections, on trouve que les deux bras de la croix présentent une torsion (apparente) comme dans le champ hémisphérique, quoique la déformation due à la projection semble d'abord avoir fait tourner les deux bras en sens opposé ¹

Le présent exposé a été nécessairement physiologique et géométrique. L'intérêt psychologique de la question repose sur le fait que la perception de l'espace avec l'œil immobile

¹ Par suite d'une erreur de dessin, ces bras, représentés en traits noirs pleins, sont placés sur le côté des lignes sur lesquelles ils devraient se trouver.

est profondément influencée par les perceptions de l'œil en mouvement, perceptions dont une grande partie se produisent pendant que l'œil fonctionne en suivant plus ou moins complètement la loi de Listing. Pour une étude plus complète de ces questions psychologiques, voir l'expérience 172.

APPENDICE II

QUELQUES CAS SIMPLES DE L'HOROPTÈRE MATHÉMATIQUE

L'étude mathématique de l'horoptère est en dehors du but de cet ouvrage, mais une description géométrique de quelques cas particuliers peut contribuer à faire comprendre la question. Toute description de ce genre doit reposer sur certaines suppositions en ce qui concerne la distribution des points correspondants et les mouvements des yeux. On admet dans ce qui suit, par exemple, que les points correspondants des deux yeux sont distribués de telle sorte que des distances égales et de même direction à partir de la fovea donnent toujours des points correspondants, qu'il n'existe aucune déviation des verticales rétinienne (cf. expérience 209 *b*), et que dans les mouvements avec lignes de fixation parallèles les yeux suivent la loi de Listing, tandis que dans le cas de convergence ils tournent autour de la ligne de fixation ainsi qu'on l'a constaté dans l'expérience 133. Les cas particuliers décrits sont ceux qui se produisent avec lignes de fixation parallèles, et avec convergence pour différentes positions du plan de fixation.

L'HOROPTÈRE AVEC LIGNES DE FIXATION PARALLÈLES

Supposez des lignes de direction menées de tous les points correspondants des deux yeux par les points de croi-

sement respectifs des lignes de direction et prolongées indéfiniment. Les points vus simples doivent se trouver à l'intersection des lignes de direction correspondantes. Quand les lignes de fixation sont parallèles et qu'il n'y a pas de torsion, toutes ces lignes correspondantes sont parallèles, c'est-à-dire se rencontrent à l'infini, et l'horoptère est, par conséquent, une demi-sphère d'un rayon infiniment grand, ou, ce qui revient au même, un plan situé à une distance infinie et perpendiculaire aux lignes de fixation.

Cela est vrai soit que les lignes de fixation soient dans la position primaire ou dans une position secondaire, attendu que, tant que les yeux prennent des positions qui s'accordent avec la loi de Listing, aucune rotation autour des lignes de fixation n'a besoin de se produire, et que les lignes de direction correspondantes restent toujours parallèles ¹.

L'HOROPTÈRE LORSQUE LES LIGNES DE FIXATION CONVERGENT DANS LA POSITION PRIMAIRE DE LA CONVERGENCE ¹

L'horoptère dans ce cas est la plus grande partie d'un cercle passant par les points de croisement des lignes de direction des deux yeux et une perpendiculaire à ce cercle au point de fixation.

Il n'est pas difficile de montrer qu'il en est ainsi, si on a

¹ Cela paraît contredire le principe posé page 424, que de telles rotations ont lieu dans les mouvements d'une position secondaire à une autre; mais la contradiction n'est qu'apparente, attendu que la torsion dans ces cas est une torsion *par rapport à l'état de l'œil considéré à son point de départ secondaire*, et non par rapport à sa position primaire. Même s'il y avait torsion, le principe posé dans le texte resterait vrai, attendu que, puisque les lignes de fixation sont parallèles, le degré de torsion serait le même pour les deux yeux.

² La position primaire de la convergence est cette position abaissée du plan de fixation pour laquelle la convergence peut avoir lieu sans rotation des yeux autour de la ligne de fixation. (Cf. expérience 133, p. 137.)

recours à quelques repères rétiniens. Supposez les yeux dirigés droit en avant avec lignes de fixation parallèles. Un plan passant par les deux lignes de fixation coupera les rétines suivant leurs *méridiens horizontaux* ou les *horizons rétiniens*. Des plans passant par les lignes de fixation et perpendiculaires au plan de fixation couperont les rétines suivant leurs *méridiens verticaux* ou les *verticales rétiniennes*. Ces lignes sont les repères cherchés. Dans le cas présent les plans des horizons rétiniens coïncideront avec le plan de fixation, et les plans des verticales rétiniennes seront perpendiculaires à ce plan et se couperont suivant une droite perpendiculaire au même plan au point de fixation.

Dans la figure A les lettres *L* et *R* désignent les points de croisement des lignes de direction des deux yeux ; *F* est

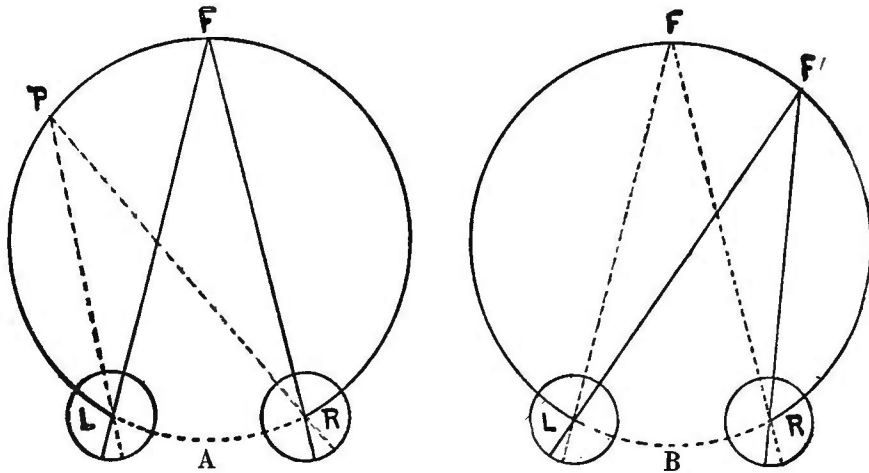


Fig. 138.

le point de fixation ; *LF* et *RF* marquent l'intersection des plans des verticales rétiniennes avec le plan de fixation (et sont donc aussi les lignes de fixation) ; le plan du papier est le plan de fixation. L'horoptère se compose du cercle *FRLP* (moins la partie *RL* comprise entre les yeux), et la perpendiculaire est une perpendiculaire au plan du papier en *F*. Le cercle est connu sous le nom de *cercle de Müller*,

et la perpendiculaire est appelée (moins fréquemment) la ligne horoptérique¹.

Il est facile de montrer que les points du cercle seront projetés sur des points correspondants des rétines. Les deux images rétiniennes du point P , par exemple, se trouvent sur les horizons rétiniens, et à égale distance l'une et l'autre à droite des foveas, puisque l'angle PLF et l'angle PRF sont égaux comme ayant l'un et l'autre pour mesure la moitié de l'arc PF . Tout point situé à l'intérieur du cercle de Müller, y compris la partie du cercle elle-même qui s'étend de L à R , donnera des images doubles croisées, et tout point situé en dehors, des images directes. La même chose sera vraie de tout point situé au-dessus et au-dessous du plan de fixation, à l'intérieur ou à l'extérieur d'une surface cylindrique élevée sur ce cercle perpendiculairement au plan de fixation. La perpendiculaire au point F fait évidemment partie de l'horoptère, puisque ses images se font sur les méridiens verticaux des deux yeux, et que chaque point de cette perpendiculaire donne des images situées à égale distance des foveas sur ces méridiens dans les deux yeux. Les autres droites perpendiculaires au cercle de Müller, par exemple celle qui lui est perpendiculaire au point P , n'ont qu'un seul point qui appartienne à l'horoptère (le point où elles rencontrent le cercle), parce que, étant à des distances inégales des deux yeux, tous les autres points ont leurs images à des distances différentes au-dessus ou au-dessous des horizons rétiniens.

C'est ce dont on se rendra compte par la figure ci-dessous. Les images de chacun des points de la ligne MN tombent nécessairement sur des points disparates en L et en R , sauf celles du point P , attendu que toujours l'angle formé dans l'œil gauche est plus grand que celui de l'œil

¹ La note 2 de la page 283 dit que le cercle de Müller se trouve dans le plan de fixation lorsque les yeux sont dans la « position primaire ». Cela n'est le cas que quand on entend par « position primaire » la « position primaire de la convergence ».

droit. La même chose sera vraie de droites perpendiculaires à la partie du cercle qui se trouve à droite du point de

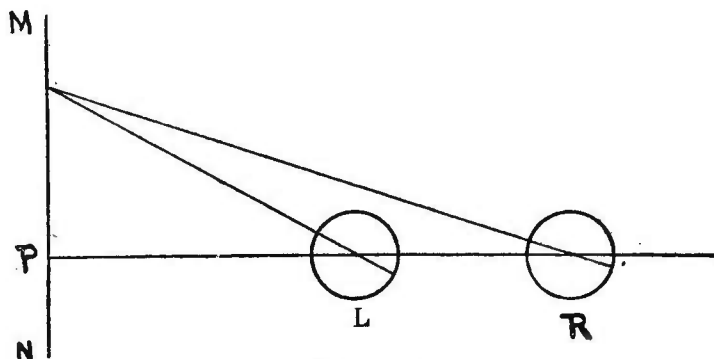


Fig. 139.

fixation, sauf que l'angle sera alors plus grand dans l'œil droit que dans l'œil gauche ¹

Quand la convergence est asymétrique, l'horoptère reste exactement le même, la perpendiculaire se trouvant non plus au point de fixation, mais dans le plan médian de la tête, comme lorsque la convergence était symétrique. Dans la figure B ci-dessus, F' est le point de fixation asymétrique. L'horoptère est le cercle de Müller $RF'FL$, moins la partie RL , et la perpendiculaire est au point F . Les raisons de ces faits se déduiront facilement de ce qui a déjà été dit.

L'HOROPTÈRE LORSQUE LES LIGNES DE FIXATION CONVERGENT
DANS UNE AUTRE POSITION QUE LA POSITION PRIMAIRE DE
LA CONVERGENCE.

Lorsque les yeux convergent symétriquement et que le plan de fixation est plus élevé que dans le cas qui vient d'être mentionné (c'est-à-dire dans la grande majorité des cas), la convergence s'accompagne d'une rotation des yeux

¹ L'expérience 210 c peut paraître montrer quelque chose de différent, mais les conditions, dans cette expérience, sont telles qu'elles empêchent l'observation d'images dédoublées verticalement.

en dehors autour de la ligne de fixation, l'œil droit tournant à droite et l'œil gauche à gauche. L'horoptère, en conséquence, est modifié dans sa forme. La ligne horoptérique n'est plus perpendiculaire au plan de fixation, mais s'incline en s'éloignant par en haut du visage de l'observateur. On comprendra la raison de cette inclinaison si on se reporte aux plans passant par les méridiens verticaux des yeux, et si on suppose qu'ils tournent en dehors. La ligne horoptérique est la ligne d'intersection de ces plans ; et comme les yeux tournent en dehors, la ligne d'intersection tourne en s'éloignant par en haut autour du point de fixation.

La rotation des yeux fait cesser aussi la coïncidence des plans des horizons rétiniens l'un avec l'autre et avec le plan de fixation ; un cercle horoptérique est donc impos-

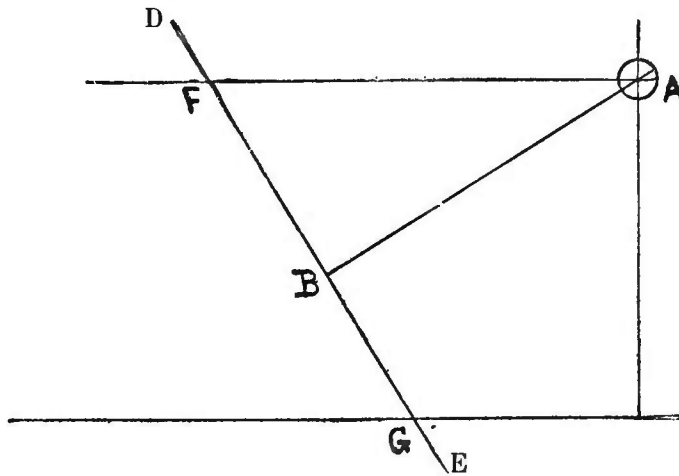


Fig. 140.

sible dans ce plan. Mais à mesure que les yeux tournent, d'autres paires de plans correspondants (passant par le même axe horizontal de l'œil mais inclinés en bas) coïncident. Les plans qui coïncident sont toujours perpendiculaires à la ligne horoptérique inclinée, et contiennent le cercle horoptérique. Ce cercle, naturellement, ne coupe pas la ligne horoptérique au point de fixation. Cette

forme de l'horoptère est représentée dans la figure ci-dessus.

Le plan du papier est le plan médian de la tête. *FA* représente l'intersection du plan de fixation avec le plan médian. *DE* est la ligne horoptérique inclinée. *AB* est l'intersection du plan du cercle horoptérique avec le plan médian. Dans la vision ordinaire la torsion des yeux est très faible, et le plan de *AB* est trop peu abaissé au-dessous du plan de fixation pour pouvoir en être pratiquement distingué.

Lorsque la convergence est asymétrique et que le plan de fixation diffère du plan primaire de convergence, l'horoptère devient une courbe à double courbure, située sur la surface d'un cylindre circulaire, et trop compliquée pour pouvoir être aisément décrite de cette façon. La description suivante, empruntée aux *Beiträge zur Physiologie* (p. 228 s.) de Hering, montre les rapports de cette courbe avec les formes de l'horoptère qui viennent d'être considérées : « L'horoptère, formé du cercle et de la ligne droite, peut être considéré comme une courbe à une seule branche, qui vient de l'infini sous la forme d'une ligne droite, tourne subitement à angle droit, traverse ensuite sous la forme d'un cercle les deux points de croisement des lignes de direction, et, étant revenue au point d'inflexion, tourne une seconde fois à angle droit puis se prolonge de nouveau sous la forme d'une ligne droite jusqu'à l'infini dans une direction opposée à celle de son départ. La courbe horoptérique dans les autres cas aussi a une forme analogue. Elle vient de l'infini sur la surface du cylindre en question avec une très faible courbure, fait subitement un angle plus ou moins arrondi, continue sa route, à peu près en cercle, mais toujours avec double courbure, en passant par les deux points de croisement, revient dans le voisinage de l'angle, fait, sans le toucher, un second angle arrondi, et s'éloigne de nouveau indéfiniment avec une faible courbure dans une direction opposée à celle de son départ.

Les angles précédemment droits et dont les sommets se touchaient sont, dans ce cas, pour ainsi dire, écartés l'un de l'autre. »

Pour une figure montrant la même chose, voir Helmholtz, *Physiologische Optik*, 2^e Aufl., p. 861 (p. 714 de la première édition).

INDEX DES AUTEURS

[Quand le même ouvrage a été cité dans les bibliographies de plus d'un chapitre les répétitions ont été mises entre parenthèses.]

- Abney**, 190, 191.
Abney et Festing, 191.
Albert, 191.
Aristote, 24.
Aronsohn, 56.
Arrer, 342.
Aubert, 48, 138, (191), 342, (381).
Aubert et Kammler, 24.
Auerbach, 342.
Ayres, 48.
- Bailey et Nichols**, 56.
Bain, 26.
Baldwin, 343.
Bastian, 48.
Beaunis, 24, (48), 343.
Bellarminow, 191.
Benson, 191.
Von Bezold, 93, 139, 191, 343.
Van Biervliet, 343.
Binet, 343.
Blaschko, 24.
Blaserna, 96.
Blix, 24.
Bloch, 24, 48.
Bourdon, 343.
Bowditch, 343, (381), 413.
Bowditch et Hall, 139, (343).
Bowditch et Southard, 343.
Bowditch et Warren, 398.
Brentano, 343.
Breuer, 48.
Brewster, 343.
Brodhun, 191.
- Bronson**, 24.
Brown, 49.
Brücke, 93, 191, 343.
Brunot, 343.
Budde, 139, (343).
Burmester, 343.
- Camerer**, 56.
Campbell et Münsterberg, 347.
Cattell et Fullerton, 49, (381).
Charpentier, 49, 94, 139, 191, 343.
Chauveau, 191.
Chevreul, 191.
Corin, 56.
Corradi, 94.
Cross et Goodwin, 94.
Cross et Maltby, 94.
- Delabarre**, 49, 139, 191.
Delage, 49.
Delbœuf, 343, 381.
Dessoir, 24, 26.
Dieterici et A. König, 194.
Dixon, 344.
Docq, 94.
Donaldson, 24, 26.
Donaldson et Hall, 24.
Donders, 191.
Dove, 192.
Dresslar, 344.
Du Bois-Reymond, C., 344.
Du Bois-Reymond, R., 24.
Dvorak, 139, 344.

- Ebbinghaus**, 192.
Ebert, 192.
Eindhoven, 344.
Ewald, 49.
Exner, 94, 139, 192, 344.
- Fechner**, 25, 192, (344).
Ferrier, 49.
Festing et Abney, 191.
Fick, A., 139, 192.
Fick, A. E., 192.
Fick, A. E. et Gürber, 139.
Filehne, 344.
Fischer, O., 344.
Fischer, R., 344.
Von Fleischl, 139, (344).
Franklin, Christine Ladd, 192, 344.
Fullerton et Cattell, 49, (381).
Funke, 25, (49).
- Galton**, 400, 421.
Goldscheider, 25, 26, 49.
Goldscheider et Schmidt, 56.
Goltz, 25.
Goodwin et Cross, 94.
Greiff, 344.
Grützner, 344.
Gürber et A. E. Fick, 139.
Guye, 344.
- Hall et Bowditch**, 139, (343).
Hall et Donaldson, 25.
Hall et Hartwell, 49.
Hall et Matora, 25.
Hartwell et Hall, 49.
Haycraft, 56.
Helmholtz, 94, 139, 140, 192, (344), (381).
Hensen, 94.
Hering, 25, 140, 192, 193, 194, (344) (345), 381, (431).
Hermann, 56, 94.
Herroun et Yeo, 94.
Herzen, 25.
Hess, 140, 194.
Heuse, 140.
Heymans, 345.
Hillebrand, 140, (194), 345, 431.
Höfler, 345.
Holmgren, 194.
Holtz, 345.
Hopkins, 345.
Hoppe, 25, 345.
- Howell et Kastle**, 56.
Hyslop, 345.
- James**, 25, (49), (94), (345).
Jastrow, 194, 345, 381, 383, 441.
Jeffries, 194.
Judd, 345.
- Kammler et Aubert**, 24.
Kämpfe, 394.
Kastle et Howell, 56.
Keppler, 56.
Kessel, 94.
Kirschmann, 194, 345, 381, 436.
Knox et Watanabe, 345.
König, A., 194.
König, A., et Dieterici, 194.
König, R., 94.
Kreidl, 49.
Von Kries, 94, 194, 345.
Külpe, 381.
Kundt, 345.
- Ladd**, 25.
Lamansky, 140.
Lange, 94, (345).
Laqueur, 140, (345).
Laska, 346.
Le Conte, 140, 346.
Lehmann, 195.
Leuba, 381.
Lipps, 246.
Loeb, 25, 49, 346.
Lombroso, 25.
Lombroso et Ottolenghi, 25, (56).
Lorenz, 94.
Lotze, 26.
Luft, 94.
- Mach**, 49, (94), (140), 346.
Maltby et Cross, 94.
Mantegazza, 26.
Marshall, 26.
Martius, 346.
Martius-Matzdorff, 346, 429.
Maxwell, 140, 195.
Mayer, 94, 95, 195, 404, (405).
Mayerhausen, 346.
Messer, 346.
Meyer, H., 195.
Meyer, M., et Stümpf, 401.
Matora et Hall, 25.
Müller-Lyer, 347.

- Müller et Schumann, 49.
 Münsterberg, 50, 95, 347.
 Münsterberg et Campbell, 347.
- Nichols, E. L.**, 195.
 Nichols, E. L. et Bailey, 56.
 Nichols, H. 26, 347.
 Novizki et Scharwin, 347.
- O**hrwall, 56.
 Opper, 347.
 Ottolenghi et Lombroso, 25, (56).
- P**ace, 195.
 Passy, 56.
 Peirce, B. O., Jr., 195.
 Peirce, C. S., 195.
 Pierce, E., 347.
 Plateau, 195, 196.
 Pole, 195.
 Preyer, 26, 95, (105).
- Q**uantz, 347.
 Quincke, 26.
- R**amsey, 56.
 Rayleigh, 95, 195.
 Rayleigh et autres, 195.
 Rittmeyer, 56.
 Rivers, 347.
 Rogers, 347.
 Rood, 140, 195, 347.
 Rouse, 347.
 Rutherford, 95.
- S**achs, 140.
 Sanford, 439.
 Savelieff, 57.
 Schaefer, 50, 95.
 Schapringer, 347.
 Scharwin et Novizki, 347.
 Schismanow, 95.
 Schmidt et Goldscheider, 56.
 Schön, 347.
 Schumann et Müller, 49.
 Schuster, 195.
 Schwaner, 26.
 Schwarz, 140.
 Sergi, 26.
 Shaw et H. C. Warren, 348.
- Shore, 57.
 Soret, 347.
 Southard et Bowditch, 343.
 Stern, 347,
 Sternberg, 50.
 Stevens, 348.
 Stratton, 348.
 Stumpf, 26, 95, 96.
 Stumpf et Meyer, 401.
 Sully, 348.
 Szabadfoeldi, 26.
 Szili, 348.
- T**albot, 195.
 Taylor, 96.
 Thiéry, 348.
 Thompson, S. P., 95, 348.
 Titchener, 195.
 Treitel, 140.
 Tscherning, 140.
 Tumlriz, 141.
 Tyndall, 96.
- U**hthoff, 141.
 Urbantschitsch, 95.
- V**ierordt, 26, 50.
 Von Vintschgau, 57.
- W**allenberg, 348.
 Waller, 50, 348.
 Warren, J. W., et Bowditch, 398.
 Warren, H. C., et Shaw, 348.
 Washburn, Margaret F., 348, 383.
 Watanabe et Knox, 345.
 Weber, 26, (50).
 Wheatstone, 348.
 Von Wittich, 26.
 Wlassak, 50.
 Wolf, 141.
 Wood, 348.
 Wundt, 26, (50), (57), (96), 141, 196,
 (348), (381).
- Y**eo et Herroun, 94.
- Z**ahn, 96.
 Zehfuss, 141.
 Zöllner, 349.
 Zwaardemaker, 57, 393.

INDEX DES MATIÈRES

- Accommodation**, 98 ss. ; association de l' — avec les mouvements de l'iris, 102 ; ligne d' —, 101 ; mécanisme de l' —, 101 ; perception de la profondeur par l' —, 217 ; amplitude de l' —, 101 ; expérience de Scheiner, 98.
- Accords**, mouvement apparent dans les — successifs, 84 ; consonants et dissonants, 87 ; le son le plus grave des — détermine la hauteur apparente, 79 ; majeurs et mineurs, 87.
- Acier**, cylindres en — pour la limite des sons perceptibles, 401.
- Acuité visuelle**, 115.
- Agités**, cœurs —, 335.
- Algomètre**, 385.
- Alun**, solution d' — de chrome, 408.
- Ambiguës**, figures — : figures à perspective ambiguë, 270 ; figures planes, 269 ; figures à trois dimensions, 274. Mouvement ambigu dépendant d'un relief ambigu, 338.
- Anaglyphes**, 315.
- Analyse de groupes de sons simultanés**, 78 ; aidée par la différence de localisation, 90.
- Antagonisme des champs visuels**, 184 s.
- Antirrhéoscope**, 128, 440.
- Aperception complétant les mouvements**, 329.
- Appareils**, 382 ss. ; formes diversifiées d' — 440 ss. ; liste minima d' —, 382 ; pour les sens cutanés, 382 ss. ; pour l'ouïe, 393 ss. ; pour les sens cinesthétique et statique, 385 ss. ; pour le goût et l'odorat, 389 ss. ; pour la vision, 407 ss. ; pour la loi de Weber et les méthodes psychophysiques, 435 ss.
- Apparent**, mouvement — d'un membre immobile, 33 ; d'un point lumineux isolé, 326 ; d'objets considérés avec les yeux dans des positions forcées, 327 (voir aussi images Consécutives de mouvement) ; de la hauteur dans les accords successifs, 84.
- Appendices**, 445, 454.
- Appui-tête**, 409.
- Appunn**, lame d' —, 402.
- Aristote**, expérience d' —, 2.
- Articulaires**, sensations —, 34 ss. ; planche pour l'étude du sens articulaire, 34, 387.
- Articulation**, mouvement de la dernière — du doigt, 33, 35.
- Associés**, points —, 282.
- Astigmatisme**, 104 s.
- Attention**, effet de l' — sur la grandeur apparente, 211 ; sur les accords successifs, 84.
- Auditives**, images consécutives —, 62 ; fatigue auditive, 60 s. ; inertie, 61.
- Autocinétiques**, sensations —, 326.
- Aveugle**, tache —, 111 ss. ; comment elle se remplit, 113.
- Balances**, 440.
- Bascule**, planche à —, 43, 387.
- Battements**, 72 ss. ; binauriculaires, 89 ; d'octaves, 72 ; vitesse donnant

- la rudesse la plus grande, 73 ; avec des sons très faibles, 73.
- Bergmann, expérience de —, 116.
- Von Bezold, expérience de —, 106 ; figure de —, 230.
- Bibliographies, 23 ss., 48 ss., 56 s., 93 ss., 138 ss., 190 ss., 342 ss., 381.
- Bilatérales, asymétries — de position et de mouvement, 38 ss., mouvements bilatéraux avec bras dans des positions différentes, 31.
- Binauriculaire, audition —, 88 ss ; battements binauriculaires, 89 ; différences — de hauteur, 67.
- Binoculaire, images consécutives binoculaires, 190 ; appareil — à mélanger les couleurs, 178, 422 ss. ; mélange — 188 ; combinaison — de figures légèrement différentes, 307 s., de figures stéréoscopiques avec les yeux libres, 291 ; contraste —, 189 ; direction —, 278 ; champ visuel — et champ de fixation —, 276 ; champs indiscernables, 278 ; appréciation — de la profondeur, 297 ; ligne de fixation —, 278 ; localisation —, en tant que déterminée par des changements dans la convergence et dans les images rétinienne, 301 ; conflit de la localisation — et de la localisation monoculaire, 298 ss. ; perception de la lumière et de la couleur, 182 ss. ; du relief, 290, 310 ss. ; de l'espace, 275 ss. ; stroboscope —, 312 ; disques pour ce stroboscope, 419 ; vision — obtenue par des mouvements anormaux des yeux, 305 ss.
- Blanc, 150.
- Bois, cylindres en — d'égal poids, 385.
- Boîte obscure, 410.
- Bradley, pseudoptique, 228, 443.
- Brücke, expérience de —, 158.
- Bruit, 63.
- Cadences, 88.
- Campimètre 409 s.
- Caoutchouc, marteau en —, 400.
- Centre de rotation de l'œil, 130.
- Cercle de Müller, 286, 456.
- Champ de fixation (de regard), 130, 445 ; hémisphérique, 445 ; plan, 450 ; visuel, 130.
- Chauds, points — et points froids, 8.
- Chromatique, aberration —, 104, 105, 218, 222, 313.
- Chromatocinopsie, 835.
- Cinesthétiques, sens — et statiques, 27 ss.
- Complémentaires, couleurs —, 161.
- Composés, sons —, 79 ; analyse des sons —, 81 ss.
- Concave, miroir —, 427.
- Consécutives, images — : auditives, 62 ; effet des mouvements des yeux sur les images —, 125 ; fausse localisation des images —, 214 ; images — négatives, 122 ; images — de mouvement, 127, 319 ; images — de température, 9, 12 ; images du toucher, 7 ; images — sur des fonds sombres et sur des fonds clairs, 124 ; sur un fond de même couleur, 122 ; images — positives, 123 s. ; projection des images —, 122, 199 ; siège des images —, 125 ; succession des couleurs dans les images —, 124 ; images — visuelles, 121 ss.
- Consonants, intervalles — et dissonants, 86 ; accords —, 87.
- Constantes, erreurs —, 365 s., 370 s., 374 s., 379.
- Contour, illusions de —, 257 ; prédominance et antagonisme des contours, 183, 185.
- Contraste, 166 ss. ; conditions qui influent sur le —, 172 ; disques pour le —, 171, 418 ; de courbure, 255 ; dans la perception spatiale, 253 ss. ; — par réflexion, 168 ; contrastes mixtes, 168 ss. ; — simultané, 176 ss. ; — successif, 167 ; — dans les sensations de température, 11.
- Convergence des lignes de fixation, localisation par le moyen de la —, 301 ; torsion des yeux dans la —, 137.
- Correspondants, points —, 281.
- Couleur, 142 ss. ; couleurs complémentaires, 161 ; induction d'une couleur semblable, 179 ; intensité, 143 ; changements d'intensité, 152 s. ; couleurs mélangées, 159 ; saturation, 143 ; changements de saturation, 149 ; ton, 143 ; changements de ton, 148 ; zones de la

- réline, 149 s. ; voir aussi *Contraste*.
 Couleur, verres de —, 407.
 Couleurs, cécité pour les —, 144 ; cécité à la périphérie du champ visuel, 147.
 Cryptéon, 425.
 Cutanés, sens —, 1 ss.
 Cyclope, œil de —, 278.
- DÉCHARGE**, comment se règle la — motrice, 30.
Deckpunkte, 282.
 Dessin, instruments à —, 440.
 Déviation de la verticale rétinienne, 283.
 Diapasons, 402 ss.
 Différentiels, sons —, 75.
 Direction : binoculaire, 278 ; monoculaire, 200 ss. ; — des sons, 90.
 Discriminative, sensibilité — étudiée avec les pointes de compas, 4 ; sensibilité — pour l'intensité lumineuse, 150 ; pour l'intensité du son, 59 ; pour les poids soulevés, 28 ; pour les odeurs, 54 ; pour la hauteur des sons, 68 ; pour la pression, 16 ; pour le goût, 53 ; pour la température, 13 ; pour les étendues visuelles, avec yeux immobiles, 208, avec yeux se mouvant, 209, à la périphérie de la rétine, 116.
 Disparates, points —, 282.
 Disques, pour l'appareil rotatif, 413 ss. ; pour la stéréoscopie avec figures en mouvement, 311, 419 ; pour la stroboscopie, 312, 419 ss. ; pour la loi de Weber, 352 s., 435 ; phénomènes particuliers produits par les — tournants, 181 s.
 Dissociés, points —, 282.
 Divergence des lignes de fixation, 305.
 Divisées, étendues —. Voir étendues Pleines et vides.
 Donders, loi de —, 131.
Doppelpunkte, 282.
 Double réfraction, mélange des couleurs par —, 164 ; prisme pour la —, 421.
 Doubles images ; — conditions qui en favorisent ou en entravent la perception, 307 ss. ; directes et croisées, 279 ; localisation des —, 287 ; — verticales, 308.
- Douleur, 22.
 Dvorak, appareil de — pour la stroboscopie binoculaire, 440.
- EFFORT**, la sensation d' —, 33.
 Egaux, poids — de grandeur différente : pression, 16, 386 ; poids soulevés, 28, 386.
 Einthoven, expérience d' —, 313.
 Electrique, excitation — de l'œil, 119 ; des organes du goût, 53.
 Electrodes, 390, 410.
 Enregistreur, cylindre —, 441.
 Entoptiques, phénomènes —, 107 ss.
 Erreur moyenne, 377, note.
 Essence de girofle, 390.
 Espace, perception de l' —, 197 ss. ; propriétés spatiales des sons, 66.
 Esthésiomètre, 4, 383.
 Ether, pulvérisateur d' —, 383.
 Excentrique, projection — des contacts, 2.
 Externe, localisation — du contact, 1, 2 ; des perceptions visuelles, 198.
- FATIGUE** : auditive, 60 s. ; des organes de la température, 9, 12 ; olfactive, 55 ; rétinienne, 120.
 Fechner, couleurs de — 155, et disques pour ces couleurs, 417 ; table fondamentale de —, 369 ; expérience paradoxale de —, 183 ; expérience de la fenêtre latérale, 189.
 Ferrier, expérience de —, 33.
 Figure de Mellinshoff et Loeb, de Müller-Lyer, de Zöllner, etc. Voir Géométriques.
 Fixation : dans l'obscurité, 214 ; lignes de — de Wundt, 309 ; expérience de von Fleischl, 318.
 Fluctuation d'un point lumineux isolé, 325 ; d'objets après une longue fixation, 325.
 Fovea, 110.
 Froids, points —, 8.
 Fullerton et Cattell, table de —, 373.
 Fusion des sons, 77.
- GALTON**, barre de —, 208, 424 ; forme employée dans la démonstration des méthodes psychophysiques, 437.
 Gélatine colorée, 408.
 Généraux, appareils —, 438 s.

- Géométriques, illusions —, 227 ss. ; cercles concentriques, 260 ; illusions dues au contraste, 253 ; illusions de contour, 257 ; illusions produites par des lignes convergentes, 239 ss. ; triangle divisé, 265 ; figures d'haltères, 261 ; effet de figures voisines, 267 ; de lignes saillantes, 229, 265 ; figures de Mellinghoff et Loeb, 256 ; figure de Hering, 242 ; illusions affectant les côtés d'angles, 262 ; relatives aux angles, 233 ; aux distances, dépendant de la direction des distances dans le champ visuel, 250 ; de confluence, 247 note ; d'étendue divisée, 248 ; de lignes situées à peu près dans le plan de fixation, 267 ; typographiques, 268 ; figure de Laska, 266 ; figure de Lipps, 264 ; figure de Müller-Lyer, 244 ; sur-estimation des étendues dans la partie supérieure du champ, 252 ; figures perspectives, 230 ss. ; figure de Pisco, 238 ; figure de Poggenдорff, 242 ; segments de couronnes, 259 ; trapézoïdes, 240 ; verticales, 250, 264 ; figure de Wundt, 242 ; figure de Zöllner, 234 ; variantes de cette figure, 237 s.
- Géométriques, illusions — avec yeux immobiles, 268.
- Goût, sensations du —, 51 ss. ; confondues avec des sensations olfactives, 51 ; produites par l'électricité, 53 ; minimales, 52 ; solutions pour étudier le —, 390.
- Gris, papiers —, 407.
- HAPLOSCOPE**, 427 s.
- Harmonique, 406.
- Harmoniques, sons —, 80.
- Hauteur apparente affectée par la qualité des sons, 70 ; effet émotionnel de la —, 67 ; nombre de vibrations nécessaire, 69 ; distances, 71 ; reconnaissance et distinction des hauteurs, 67 s.
- Hering, méthode binoculaire de — pour le contraste simultané, 178 ; expérience de la balle qui tombe, 303 ; figure de —, 242 ; forme de la figure de Zöllner, 237 ; halo (*Lichthof*), 175.
- Holmgren, méthode pour déterminer la cécité pour les couleurs, 144.
- Horoptère, 285, 454 ss.
- Identiques, points —, 282.
- Illusions, 2, 7, 33, 36, 41, 45, 46, 206, 210 note, 219, 220, 221, 328 ; de confluence, 247 note, 257. Voir aussi Ambiguës et Géométriques.
- Indirecte, vision —. Voir Périphérique.
- Induction, bobine d' —, 412.
- Innervation, sens d' —, 27, 31 ss.
- Intensité de la sensation, dans son rapport à l'étendue de la surface excitée, pour la couleur, 154, la pression, 16, le goût, 52, la température, 11 ; des sons élevés, 65 s. ; les sons simultanés s'influencent mutuellement sous le rapport de l' —, 85.
- Intermittence des excitants faibles : sons, 59 ; anneaux gris, 151.
- Intermittente, excitation — de la rétine, 115, 155.
- Interoculaire, distance —, 275.
- Intervalles, consonants et dissonants, 86 ; reconnaissance des — musicaux, 70.
- Intracranienne, localisation — des sons, 67, 92 ss.
- Involontaires, mouvements — des yeux, 138.
- Irradiation, 353 ss. ; positive, 353 s. ; négative, 356.
- JAUNE**, tache —, 114.
- KERNFLÄCHE**, 287 note.
- Kernpunkt*, 287 note.
- Kraftsinn*, 28.
- LAINES** de Holmgren, pour déterminer la cécité pour les couleurs, 420.
- Lambert, appareil pour mélanger les couleurs, 162, 421.
- Laska, figure de —, 266.
- Le Cat, expérience de —, 498.
- Lichthof*, 175.
- Lignes de direction, 100 ; leur point de croisement, 100 ; lignes qui paraissent droites dans la vision indirecte, 202 ss. ; lignes de fixation (de regard), divergence de ces

- lignes, 305; perception de la position et du mouvement des lignes de fixation, 212 ss., dans les mouvements normaux et les mouvements forcés, 213; position primaire et positions secondaires, 130.
- Lipps, figure de —, 264.
- Listing, loi de —, 132 ss., 445 ss.
- Localisation : dans le champ de fixation indirect, 216; des battements, 74; des sons continus, 91; des sons différentiels, 77; des mouvements, 35; des pressions, 19; des images simples et des images doubles, 287; des sons, 88 ss.; des contacts, 1 s.
- Locaux, signes —, 1.
- Lumière et couleur, sensations de —, 142 ss.
- Lumière propre de la rétine, 118.
- Lustre, binoculaire, 186; monoculaire, 187.
- MACULA LUTEA**, 114.
- Mariotte, expérience de —, 111.
- Masques, 427.
- Mécanique, excitation — des points de température, 9; de la rétine, 117.
- Médailles, 427.
- Mélange des couleurs, 159 ss.; appareil rotatif pour le —, 412 ss.; — par réflexion, 162, 421; — par double réfraction, 164; méthode de Lambert, 162; vitesse de rotation nécessaire, 156; couleurs spectrales, 164.
- Méthodes, de l'erreur moyenne, 376 ss.; du changement minimal, 16 s., 361 ss.; des cas justes et des cas faux, 367 ss.; forme classique, 368; forme simplifiée, 371.
- Métronome, 421.
- Meyer, expérience de —, 170.
- Minima, liste — d'instruments, 442.
- Minimale, pression, 15; odeurs minimales, 53; sons minimaux, 58; saveurs minimales, 52.
- Minimum visibile*, 115.
- Monoculaire, perception — de la profondeur, 217 ss.; de la direction, 200, 202; de l'espace, 198 ss.; conflit de la localisation monoculaire et de la localisation binoculaire, 298 ss.
- Mouvement, perception du — sur la peau, 3, 35; relativité du —, 324; perception visuelle du —, 317 ss. Voir aussi Apparent.
- Mouvements, des yeux (voir OEil); avec muscles partiellement contractés, 31 s., 216 s.
- Moyenne, variation —, 363.
- Müller, cercle de —, 286, 456.
- Müller-Lyer, figure de —, 244; variantes, 245 s.
- Münsterberg-Jastrow, phénomène de —, 181.
- Muscæ volitantes*, 107.
- Musculaire, sens —, 28.
- NÉGATIVES**, images consécutives —, 122; pression négative, 21.
- Noir, 150.
- ODEURS**, combinaison des —, 55; — minimales, 53. Voir aussi Odorat.
- Odorat, sensations de l' —, 53 ss.
- OEil : phénomènes entoptiques, 107 ss.; distance interoculaire, 275; retard de l' — quand on tourne la tête, 215; tendance de l' — à suivre les lignes et les contours, 229, 265.
- OEil, mouvements de l' —, 129 ss., 445 ss.; et les illusions géométriques, 268; mouvements associés, 131; détermination empirique des mouvements réels, 135; mouvements dans la perception binoculaire du relief, 303, 309; dans le vertige, 46; involontaires, 138; réflexes, 130; torsion, sa définition, 130, dans la convergence, 137; mouvements anormaux, pour favoriser la vision binoculaire, 305 ss.; mouvements avec lignes de fixation parallèles, 131.
- OEil, positions de l' —; leur effet sur l'orientation, 41 s.
- Olfactomètre, 54, 391 ss.
- Ombres colorées, 168, 176.
- Organes de la perception de la pesanteur, 43; de celle de la rotation, 45; du goût, 51.

- Orientation, sensations d' —, 40 ss.
 Otolithes, sens des —, 43.
 Ouïe, sensations de l' —, 58 ss. Voir aussi Analyse, Battements, Binauriculaire, Accords, Hauteur, Son, Sons.
- P**APIERS colorés, 407; gris, 407.
 Parallaxe de la vision indirecte, 201.
 Parleur, 406.
 Partiels, sons —, 80 ss.
 Passif, mouvement — au coude, 34.
 Pendule pour supporter un petit diapason, 397 ss.; pendule-métro-
 nome, 421; pendule acoustique,
 394 ss.
 Perception de l'espace et du mouve-
 ment, 197 ss.
 Perception de la grandeur d'objets
 connus, 210.
 Perception du mouvement, 317 ss.;
 dans la vision indirecte, 321.
 Perception du papillotage, 182.
 Perception de la position et du mou-
 vement des yeux, 212 ss.; dans
 les mouvements normaux et for-
 cés, 213; fixation dans l'obscurité
 complète, 214; fausse localisation
 des images consécutives, 214.
 Perception de la profondeur par le
 moyen de l'accommodation, 217;
 par le moyen d'objets interposés,
 218; par le moyen des ombres,
 220; influencée par d'autres per-
 ceptions, 224; dans les dessins
 renversés et avec la tête renversée,
 225.
 Perceptive, inférence — de la pro-
 fondeur, 218 ss.; de la forme, 270
 ss.; du mouvement, 328; de la
 grandeur, 230 ss.
 Périmètre, 410.
 Périphérique, vision — : cécité —
 pour les couleurs, 447; sensibilité
 discriminative —, 416; illusions
 de forme dans la vision —, 206;
 perception du papillotage dans la
 vision —, 182; de la lumière, 445;
 du mouvement, 321.
 Perspectives, figures —, 230; inter-
 prétation perspective de figures
 planes, 231.
 Pesanteur, sens de la —, 43.
 Phosphènes, 417.
 Photographique, obturateur, —, 412.
 Physiologique, zéro —, 41.
 Piles, 439.
 Pinces, supports, etc., 439; — arti-
 culées, 439.
 Pisco, figure de —, 238.
 Piston, sifflets à —, 405.
 Pleines, étendues — et étendues
 vides perçues par le toucher, 5;
 par les sens cinesthétiques, 36;
 par l'œil, 248.
 Pogendorff, figure de —, 242.
 Poids, égaux de grandeur différente,
 386; pour la sensibilité discrimi-
 native, 386 s.; pour la pression
 minimale, 386; grands —, pour
 soulever, 386; enveloppes-poids,
 436.
 Poils, comme organes du toucher,
 20.
 Positives, images consécutives —,
 423; de mouvement, 319 ss.
 Prédominance des contours, 183,
 485.
 Pression, sensations de —, 14 ss.; —
 active plus délicate, 20; balance
 pour étudier la —, 441 s.; sensi-
 bilité discriminative pour la —,
 16; intensité et surface excitée
 dans la —, 16; localisation de la
 —, 19 s.; — minimale, 15; — né-
 gative, 21; points de —, 14; tem-
 pérature et —, 19.
 Primaire, position — des yeux et
 des lignes de fixation, 430; posi-
 tion — de la convergence, 455.
 Prismes, 408; biréfringents, 421.
 Probable, erreur — d'une seule ob-
 servation, 377 note; erreur — de
 la moyenne, 379 note.
 Pseudoscope, 295, 434.
 Psychophysiques, méthodes —
 ss.; voir Méthodes.
 Psychophysiques, séries — 357, 436.
 Purkinje, vertige de —, 46; images
 de —, 402; phénomène de —, 454;
 images des vaisseaux rétiniens,
 409.
- QUALITÉ** des sons, 83.
- RAGONA SCINA**, expérience de —, 468;
 appareil pour l'expérience, 421.

- Relief, binoculaire, 290, 310 ss. ; — monoculaire, 217 ss.
- Renversé, dessin — et vision avec tête renversée, 225.
- Résonateurs, 405.
- Résonance, bouteilles de —, 404.
- Ressemblance, 339.
- Résultants, sons —, 75.
- Rétine, adaptation de la —, 124 ; vaisseaux sanguins de la —, 109 s.
- Rétinienne, circulation —, 111 ; fatigue —, 120 ; image —, 97, et perception de la grandeur, 207, 210 ; de la grandeur et de la distance, 211 ; lumière —, 118 ; oscillation —, 181 ; antagonisme rétinien, 184 s. ; ombres rétinienne, 198 ; déviation de la verticale —, 283.
- Rotatif, appareil —, 412.
- Rotation, sensations de —, 44 ss.
- Rotative, table —, 388 s.
- Roue dentée, figure de la —, 332.
- SATURATION (voir Couleur) ; disques, 417.
- Scheiner, expérience de —, 98.
- Secondaires, positions — des yeux et des lignes de fixation, 130 ; lignes droites regardées dans des positions —, 206.
- Sensation, cercles de —, 4.
- Sensations : de poids soulevés, 28 ; articulaires, 34 ss. ; des tendons, 27, 38 ; de contact, 1, 15 ; de double contact, 3 ; de pesanteur, 42 ; de l'ouïe, 58 ss. ; d'innervation, 27 ; de lumière et de couleur, 142 ss. ; de mouvement sur la peau, 34 ; de mouvement des membres, 34 ss. ; d'orientation, 40 ss. ; de douleur, 22 ; de pression, 14 ; de mouvement progressif, 48 ; de résistance, 37 ; de rotation, 44 ss. ; de l'odorat, 53 ss. ; du goût, 51 ss. ; de température, 8 ss. ; de chatouillement, 21 ; de traction, 21.
- Sensibilité : discriminative (voir Discriminative) ; des différentes régions du corps à la pression, 20 ; à la température, 14 ; au chatouillement, 22.
- Seuil, 364 ; — moyen, 364 ; — probable, 368.
- Sifflet à piston, 405.
- Silence, 63.
- Simple, images — et doubles, 279.
- Solutions pour l'examen du goût et de l'odorat, 390 s.
- Sommation dans les sensations de chatouillement, 22.
- Son, images consécutives de —, 62 ; — minimal, 58 ; voir aussi Auditives, Ouïe, Hauteur et Sons.
- Sons : de battements, 75 note ; caractères des — aigus et graves, 65 ; les plus élevés, 64 ; — variant irrégulièrement, 72 ; — les plus graves, 64 ; action réciproque des — les uns sur les autres, 71, 85 ; — simultanés, 72 ss. ; l'analyse en est facilitée par la différence de localisation, 90 ; — isolés et successifs, 64 ss. ; — à l'unisson, perçus avec les deux oreilles, 88.
- Spécifique, énergie — des nerfs, 9 note ; énergie — des points de température, 9.
- Spectroscope, 421.
- Spirale, disque avec —, 416.
- Stéréoscope, 427 — ; de Wheatstone, 429.
- Stéréoscopie, 310 ss. ; — par aberration chromatique, 313 ; — par différence de couleur, 315 ; — au moyen du stroboscope binoculaire, 312 ; — avec les yeux libres, 291 ; — avec des figures en mouvement, 310.
- Stéréoscopiques, figures —, 429 ; effet de légères différences entre elles, 308.
- Stevens, figure de —, 316.
- Stroboscope binoculaire, 312, 419 ; — monoculaire, 328, 419.
- Succession des couleurs dans les images consécutives, 124.
- Suggestion blocks*, 386.
- Supports, tiges, pinces et coupleurs, 439.
- Surface de vision simple, 287.
- Symétrie, 340.
- TABLE : pour le pendule acoustique, 395 ; pour le sifflet de Galton, 401 s. ; pour la méthode des cas justes et des cas faux, 369, 373.
- Talbot-Plateau, loi de —, 157.
- Télégraphique, parleur —, 406.

- Téléstéréoscope, 294.
- Température, sensations de —, 8 ss. ;
— et pression, 19 ; excitation chimique et mécanique des organes de la —, 9 ; — dans les doubles contacts, 3 ; zéro physiologique, 11 ; points de —, 8 ; chercheurs de points de —, 383.
- Temps, erreur de —, 365 ; discrimination du — par le toucher, 6 ; rapports de — en musique, 88.
- Tendons, sens des —, 38.
- Thermomètres, 383 s.
- Thompson, cercles tournants de —, 330 ss.
- Tiges, pinces et coupleurs, 439.
- Timbre, 83.
- Ton : des couleurs, 143 ; changements dans le — des couleurs, 148.
- Toucher, 1 ss. ; coordination de la vue et du —, 217 ; projection excentrique des sensations du —, 2 ; perception des vibrations par le —, 6 ; — actif, 6.
- Tournants, cercles —, 330 ss.
- VERTIGE**, sensations de —, 46 ss.
- Vibrations, perception des — par le toucher, 6.
- Visée, lignes de —, 200 ; point commun des lignes de —, 200 note.
- Vision, 97 ss. ; — binoculaire, 182 ss., 275 ss. ; coordination du toucher et de la —, 217 ; influence de l'expérience sur la —, 179, 218 ss., 230 ss., 270 ss., 328 ; lumière et couleur, 142 ss. ; mouvement, 317 ; espace, 197 ss. ; — avec tête renversée, 225.
- Visirlinien*, voir Visée.
- Visuel, angle —, 208 note ; ressemblance et symétrie visuelles, 339 ss.
- Vitesse pour le maximum de rudesse des battements, 73 ; — de rotation nécessaire pour la fusion des couleurs, 156.
- WALLER**, expérience de —, 221.
- Weber, loi de —, 350 ss. ; expériences de démonstration, 351 ss. ; disques pour ces expériences, 352 s., 435 s. ; la loi de — dans la classification des excitants, 357 ; dans l'irradiation, 353 ; transparents pour l'étude de la loi de —, 351.
- Weber, cercles de sensation de —, 4.
- Wheatstone, stéréoscope de —, 429.
- Wundt-Lamansky, loi de —, 135 ; figure de Wundt, 242.
- ZOOTROPE**, 328.
- Zöllner, illusions anorthoscopiques de —, 328 ; figure de —, 234 ; conditions qui influent sur la grandeur de l'illusion dans la figure de —, 236 ; variantes de la figure de —, 237.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

	Page.
LES SENS CUTANÉS	1
Sensations de contact. — Sensations de température. — Sensations de pression. — Sensations générales : chatouille- ment et douleur.	

CHAPITRE II

LES SENS CINESTHÉTIQUES ET STATIQUES	27
Sens musculaire. — Sens de l'innervation. — Sensations de mouvement. — Sensations articulaires. — Sensations de résistance. — Asymétries bilatérales de position et de mou- vement. — Perception de la position du corps tout entier. — Sensations de rotation. — Sensations de mouvement pro- gressif.	

CHAPITRE III

SENSATIONS DU GOUT ET DE L'ODORAT	51
--	----

CHAPITRE IV

SENSATIONS DE L'OUÏE.	58
Sons en général. — Sons isolés et sons successifs. — Sons simultanés. — Audition binauriculaire et localisation des sons.	

CHAPITRE V

LE MÉCANISME DE L'OEIL ET LA VISION EN GÉNÉRAL 97.

L'image rétinienne et l'accommodation. — Phénomènes entoptiques. — Fatigue rétinienne et adaptation. — Images consécutives. — Mouvements des yeux

CHAPITRE VI

SENSATIONS DE LUMIÈRE ET DE COULEUR. 142

Lumière et couleur en général. — Mélange des couleurs. — Contraste. — Quelques phénomènes produits par les disques rotatifs. — Phénomènes binoculaires relatifs à la lumière et à la couleur.

CHAPITRE VII

LA PERCEPTION VISUELLE DE L'ESPACE ET DU MOUVEMENT. 197

Perception monoculaire de l'espace. — Illusions géométriques. — Figures ambiguës. — Perception binoculaire de l'espace. — Perception visuelle du mouvement. — Ressemblance et symétrie.

CHAPITRE VIII

LA LOI DE WEBER ET LES MÉTHODES PSYCHOPHYSIQUES. 350

CHAPITRE IX

INDICATIONS POUR LES APPAREILS 382

APPENDICE PREMIER

LA LOI DE LISTING DANS LE CHAMP HÉMISPHERIQUE ET DANS LE CHAMP PLAN DE FIXATION 445

TABLE DES MATIÈRES

477

APPENDICE II

QUELQUES CAS SIMPLES DE L'HOROPTÈRE MATHÉMATIQUE.

454

INDEX

INDEX DES AUTEURS.

463

INDEX DES MATIÈRES

467



ORIENTAÇÕES PARA O USO

Esta é uma cópia digital de um documento (ou parte dele) que pertence a um dos acervos que fazem parte da Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP. Trata-se de uma referência a um documento original. Neste sentido, procuramos manter a integridade e a autenticidade da fonte, não realizando alterações no ambiente digital – com exceção de ajustes de cor, contraste e definição.

1. Você apenas deve utilizar esta obra para fins não comerciais. Os livros, textos e imagens que publicamos na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP são de domínio público, no entanto, é proibido o uso comercial das nossas imagens.

2. Atribuição. Quando utilizar este documento em outro contexto, você deve dar crédito ao autor (ou autores), à Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP e ao acervo original, da forma como aparece na ficha catalográfica (metadados) do repositório digital. Pedimos que você não republique este conteúdo na rede mundial de computadores (internet) sem a nossa expressa autorização.

3. Direitos do autor. No Brasil, os direitos do autor são regulados pela Lei n.º 9.610, de 19 de Fevereiro de 1998. Os direitos do autor estão também respaldados na Convenção de Berna, de 1971. Sabemos das dificuldades existentes para a verificação se uma obra realmente encontra-se em domínio público. Neste sentido, se você acreditar que algum documento publicado na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP esteja violando direitos autorais de tradução, versão, exibição, reprodução ou quaisquer outros, solicitamos que nos informe imediatamente (dtsibi@usp.br).