

# Sur la portée de la vision binoculaire et les limites d'appréciation du relief

Tous droits réservés

Notre éminent collaborateur, M. Colardeau, a bien voulu consentir, sur notre demande, à nous donner la primeur d'une étude approfondie sur cette importante question. Nous sommes heureux de pouvoir annoncer que le *Bulletin du S.C.F.* publiera intégralement cet ouvrage ; nos lecteurs en auront ainsi sous les yeux une théorie complète fondée sur des expériences pratiques que chacun pourra vérifier. Nous en commençons dès aujourd'hui la publication qui sera poursuivie sans interruption dans chacun des numéros qui vont suivre.

## I

La faculté que nous possédons de percevoir les distances et, par suite, le relief des objets est la résultante d'un ensemble de causes à la fois très nombreuses et de nature variée. Chacune d'elles, envisagée à part, peut avoir plus ou moins d'importance, suivant le cas particulier examiné. Nous allons les passer rapidement en revue pour rappeler la complexité de la question, pour étudier entre quelles limites leur action se fait sentir et pour chercher à dégager la part qui revient à celles qui intéressent plus spécialement la stéréoscopie.

### **Causes de la perception du relief.**

1° - Quand deux objets sont placés l'un devant l'autre, ils peuvent se recouvrir et se cacher mutuellement. Cela suffit souvent pour indiquer lequel des deux est le plus rapproché ;

2° - Les ombres portées par les corps opaques, et, par suite, leur mode d'éclairement sont très utiles pour nous donner une idée de leur distance ou de leur forme. Les dessins ombrés donnent une impression bien plus exacte de la réalité que les simples esquisses ;

3° - À mesure qu'un objet s'éloigne, son image sur la rétine diminue de grandeur ; comme dans la chambre noire photographique à chaque distance correspond, pour l'œil, une grandeur d'image déterminée pour un objet donné. Si donc l'objet nous est familier, si ses dimensions propres nous sont bien connues, nous jugeons de sa distance par sa grandeur apparente. « Lorsque nous voyons un homme très loin, il ne nous paraît pas petit parce que nous savons quelle grandeur il doit avoir, mais nous concluons qu'il doit se trouver très loin puisque sa grandeur angulaire est faible ». (Tscherning. Optique Physiologique.)

Ce mode de perception des distances exige que l'objet soit de dimensions connues. S'il s'agit d'un objet qui présente des dimensions exceptionnelles, nous pouvons commettre les plus grossières erreurs.

C'est précisément pour cette raison qu'on ne manque pas de faire figurer, sur les dessins ou peintures, des personnages pour fournir un terme de comparaison, sans quoi on risquerait de les interpréter d'une manière inexacte. S'il s'agit de représenter un arbre ou un quartier de roche de dimensions extraordinaires, on fera figurer à côté de lui un homme ;

4° - Pour les objets éloignés, l'effet connu sous le nom de perspective aérienne fournit souvent un élément d'appréciation de leur distance. L'air étant imparfaitement transparent sous de grandes épaisseurs et étant souvent surchargé de poussières, fumées, brouillards, etc., en suspension, à mesure qu'un objet s'éloigne il perd de son éclat et ses teintes se modifient : ses contours et ses détails perdent de leur netteté ; les lointains se noient dans une brume qui, par son intensité, nous fait juger de la distance qui nous en sépare.

Ces quatre modes de perception des distances sont bien connus et constamment mis à profit dans la pratique du dessin et de la peinture. On peut dire qu'ils constituent la principale ressource des peintres pour donner de *la profondeur* à leurs tableaux.

Les trois premiers sont, d'ailleurs, efficaces à toute distance. Leur action se fait aussi bien sentir quand les objets sont éloignés que quand ils sont rapprochés, pourvu qu'ils possèdent des dimensions suffisantes pour rester bien visibles quand ils sont à grande distance.

Le quatrième, au contraire, n'est évidemment efficace que pour des objets très éloignés et, par suite, de grandes dimensions. Il est, d'ailleurs, assez vague, souvent trompeur, et les renseignements qu'il fournit ne sont que grossièrement approximatifs. Quand, par exemple, l'atmosphère est exceptionnellement pure, nous jugeons les lointains moins éloignés qu'ils ne le sont réellement et, par suite, nous jugeons aussi moins grands les objets qui les constituent. Ainsi dans les pays montagneux où règne fréquemment cette grande limpidité d'atmosphère, l'illusion qui nous fait juger trop faibles les distances et les hauteurs des montagnes est bien connue.

5° - On sait que, pour que la vision soit nette, il faut que les images des objets se forment sur la rétine même : supposons que le système optique de l'œil soit disposé de manière que cette condition soit remplie pour un objet très éloigné. Si cet objet se rapproche, son image tend à passer derrière la rétine ; l'appareil optique n'est plus « au point ». Si la rétine était mobile et pouvait se déplacer comme le verre dépoli d'une chambre noire, cela permettrait de maintenir la mise au point à toute distance. Ce maintien de la mise au point est bien réalisé dans l'œil, mais c'est par un mécanisme tout différent. Le cristallin n'est pas rigide à la manière d'une lentille de verre : il est élastique et déformable. Or il est enveloppé, sur son pourtour, de replis musculaires qui peuvent, sous l'effort de la volonté, se contracter en resserrant ce pourtour. Par cette contraction, la matière élastique du cristallin est rejetée vers le centre. Il se gonfle et devient plus convergent ; il rassemble alors plus près de lui les rayons, lumineux. Si donc l'effort musculaire est suffisant l'image de l'objet se maintient exactement sur la rétine quand cet objet se rapproche ; la vision continue à être nette.

Ainsi, à toute distance de l'objet examiné correspond un effort musculaire particulier s'exerçant par l'influence de notre volonté sur le cristallin : nous avons conscience de cet effort en disant que nous *fixons* cet objet ; il augmente à mesure que l'objet se rapproche ; c'est lui qui cause cette fatigue particulière que nous éprouvons quand nous examinons attentivement des objets à courte distance, par exemple quand nous lisons de fins caractères. Puisque cet effort varie avec la distance de l'objet, on conçoit que de la grandeur de l'effort nous puissions conclure à la distance de l'objet, de même que nous concluons au poids d'un corps par l'effort musculaire que notre bras doit faire pour le soulever, ou à la hauteur d'un soir que nous nous préparons à émettre en chantant, d'après la tension que nous donnons aux cordes vocales de notre larynx.

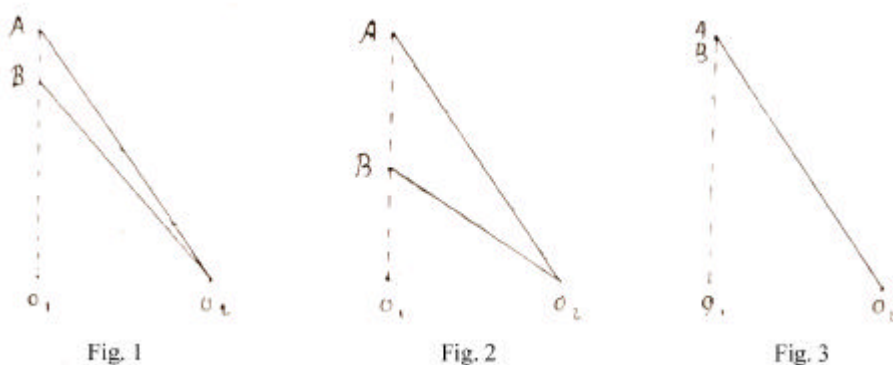
Mais, contrairement à ce que nous avons dit pour la perspective aérienne, ce mécanisme de *l'accommodation de l'œil aux distances* n'est efficace qu'aux courtes distances et dans des limites très restreintes. On sait en effet que la variation de distance de l'image à une lentille n'est pas proportionnelle à celle de l'objet. Tant que l'objet reste éloigné, son image reste sensiblement immobile dans le plan focal : c'est seulement quand il arrive aux courtes distances que son image commence à se déplacer d'une manière appréciable. Pour l'œil, cet effet ne commence à se faire sentir que quand la distance de l'objet tombe au-dessous de quelques mètres. Pour toutes les distances comprises entre un mètre et l'infini, la variation de l'accommodation du système optique de l'œil ne dépasse pas une dioptrie. Par suite, la faculté d'appréciation des distances par le mécanisme que nous venons d'examiner ne s'exerce que pour un parcours de quelques mètres à partir de notre œil ; au-delà, cet élément de perception nous fait défaut. Nous retrouvons ici la conséquence d'une propriété générale des lentilles que tout le monde a pu observer dans les appareils photographiques où les derniers plans d'un paysage sont tous au point en même temps, tandis que les premiers plans exigeraient une variation du tirage de la chambre noire pour acquérir, chacun à leur tour, toute leur netteté sur la glace dépolie.

Ce cinquième mode d'appréciation des distances n'est évidemment pas utilisable, comme les quatre précédents, par les peintres et les dessinateurs. Il est même nettement en contradiction avec le principe des méthodes de représentation d'un objet ayant trois dimensions, sur un plan auquel manque précisément la

dimension profondeur et qui exige le même effort d'accommodation pour tous les points qui sont figurés sur lui.

6° - La cause la plus importante de perception des distances suivant la dimension *profondeur* est la déformation de la perspective ou changement de position des objets les uns par rapport aux autres quand on déplace le point de vue à partir duquel on les observe. Comme c'est là ce qui forme, à proprement parler, toute la base de la stéréoscopie, nous allons reprendre cette étude en détail.

Examinons, à l'aide d'un seul œil, deux points A et B (fig. 1) placés l'un derrière l'autre, en mettant d'abord l'œil en O, sur la droite AB qui les joint, de manière à les voir confondus dans la même direction. Portons alors la tête à droite de manière à amener l'œil en O<sub>2</sub> ; immédiatement A et B cessent de nous apparaître dans la même direction. puisque les deux lignes O<sub>2</sub> A et O<sub>2</sub> B ne sont plus confondues comme l'étaient O<sub>1</sub> A et O<sub>1</sub> B. Le point A passe à la droite de B.



Il est clair que cet effet est d'autant plus marqué que B est plus distant de A ; la figure 2 nous montre les deux directions O<sub>2</sub> A et O<sub>2</sub> B beaucoup plus différentes l'une de l'autre qu'elles ne le sont dans la figure 1, bien que le déplacement latéral O<sub>1</sub> O<sub>2</sub>, de l'œil soit le même.

Si les deux points A et B étaient à la même distance, autrement dit si l'objet AB n'avait pas de profondeur, cet effet ne se produirait évidemment pas (fig. 3).

Ainsi, la disposition des divers objets, ou des divers points d'un même objet les uns par rapport aux autres, doit nous apparaître comme variable quand nous déplaçons l'œil dans une direction perpendiculaire à celle du regard. En d'autres termes, l'image rétinienne d'un objet qui a de la *profondeur*, c'est-à-dire d'un objet *en relief*, change de forme quand l'œil se déplace et ce changement de forme peut nous renseigner d'une manière précise sur la distance qui sépare ses divers plans, c'est-à-dire sur la dimension *profondeur* de l'objet.

Dans le cas d'une figure plane, rien de pareil. L'image rétinienne reste identique à elle-même quand l'œil se déplace à droite ou à gauche. Quand bien même tous les éléments d'appréciation de la dimension *profondeur* étudiés plus haut seraient réunis, il suffirait de celui que nous venons d'indiquer pour nous avertir que nous ne sommes pas en présence d'un objet en relief, mais bien d'une figure plane.

Mais, dira-t-on immédiatement, puisque la déformation de l'image rétinienne exige qu'on déplace l'œil perpendiculairement à la direction du regard, la perception de la profondeur, résultant de ce fait, ne pourra être complète, si l'on reste immobile en présence de l'objet.

Il n'en est rien et cela tient à ce que nous avons, non pas *un seul* œil, mais *deux* yeux. C'est ici que nous allons voir apparaître l'un des éléments les plus efficaces de l'appréciation des distances et du relief, ignoré ou, du moins, à peine soupçonné avant Wheatstone, celui qui réside dans *la vision binoculaire*.

## II

### Perception du relief par la vision binoculaire.

Le fait que, dans les conditions habituelles, nous regardons les objets, non pas avec un seul œil, mais avec les deux yeux entraîne une conséquence que nous pouvons examiner à deux points de vue distincts.

1° - Les deux yeux étant placés à une certaine distance l'un de l'autre, dans une direction transversale par rapport à celle du regard, si nous nous reportons aux figures 1 et 2, et si nous supposons que O1 et O2 au lieu de représenter deux positions successives d'un même œil, représentent la position simultanée des deux yeux, il est clair que les deux images rétiniennes ne seront pas pareilles. Tandis que les images des points A et B seront confondues pour l'un des deux yeux O1, elles seront nettement séparées sur la rétine de l'autre O2. Cette dissemblance des images, d'autant plus grande que la profondeur A B de l'objet sera plus forte, nous avertira donc, même dans l'état de complète immobilité vis-à-vis de l'objet, et grâce à l'éducation acquise dès l'enfance, que l'objet a de la profondeur et nous en fournira, pour ainsi dire, une mesure.

Si nous sommes devant un tableau plan, au contraire, les deux images rétiniennes resteront les mêmes pour les deux yeux ; nous n'éprouverons qu'une illusion de relief très incomplète et même l'emploi du second œil sera ici plus nuisible qu'utile, puisque ce sera surtout lui qui viendra nous avertir que l'objet est plan. L'examen du tableau avec un seul œil sera plus favorable à l'illusion du relief que l'examen avec les deux yeux. Ce fait est bien connu des peintres qui recommandent quelquefois l'examen de leurs tableaux avec un seul œil comme étant plus favorable à la perception de la profondeur.

Bien qu'il soit facile de constater directement, sur la plupart des épreuves stéréoscopiques, la dissemblance des images droite et gauche, surtout quand le sujet présente des premiers plans rapprochés, nous avons cru utile d'insérer dans ce fascicule, une épreuve exécutée spécialement pour bien faire constater cette dissemblance. Le sujet photographié consiste en une collection de neuf aiguilles à tricoter implantées verticalement dans une planchette circulaire, de manière qu'elles soient toutes à des distances différentes de l'appareil photographique. Chacune de ces aiguilles (fig. 4) porte un petit index de papier découpé de forme spéciale qui permet de la caractériser et de la distinguer de ses voisines. Il suffit de jeter un coup d'œil sur les deux images droite et gauche de la figure pour être frappé de leur dissemblance. On remarquera, en particulier, les aiguilles qui occupent les troisième et quatrième rang (à partir de la gauche). très serrées l'une contre l'autre sur l'image de droite elles sont au contraire séparées par un large intervalle sur celle de gauche.



Fig. 4

Cette même épreuve nous fournit un excellent exemple du rôle joué, dans l'interprétation d'un dessin, par les divers modes d'appréciation des distances que nous avons discutés plus haut (§ 1 à 5). Tous ces modes d'appréciation se trouvent à la fois en défaut sur chacune des images droite et gauche de notre épreuve. En effet :

1° Les objets représentés ne se cachent pas mutuellement

2° Le dessin ne comporte ni ombres portées ni demi-teintes, mais seulement les grands noirs et les grands blancs

3° La différence des diamètres apparents des aiguilles est insensible dans les conditions où l'objet a été photographié

4° Il ne peut être question de perspective aérienne pour un sujet de ce genre ;

5° Enfin, l'effort d'accommodation est le même pour tous les points du sujet puisqu'il s'agit d'un dessin plan : nous ne trouvons donc aucun élément qui puisse nous renseigner sur la véritable disposition des

aiguilles dans l'espace. Aussi, il est impossible, à la seule inspection de l'une ou de l'autre des images de la figure 4 de découvrir quelles sont les aiguilles placées en avant et celles placées en arrière. On a ici un exemple très net d'un cas où le dessin est impuissant à rendre la véritable forme d'un objet.

On a eu soin, dans le tirage de la figure 4, de ne conserver dans l'épreuve que les aiguilles elles-mêmes et de supprimer tout autre accessoire. Pour la figure 5 au contraire, qui représente le même sujet, on a eu soin de laisser figurer la planchette dans laquelle sont implantées les aiguilles. Cela suffit pour qu'on puisse interpréter immédiatement le sujet. On reconnaît sans hésitation, par exemple, que c'est la deuxième aiguille à partir de la droite, qui se trouve au premier plan. C'est que la cause de perception du relief que nous avons inscrite sous le n° 1 entre maintenant en jeu. Les points exacts d'implantation des aiguilles dans la planchette nous sont indiqués par la portion plus ou moins grande de cette planchette qui se trouve masquée par la partie inférieure de chacune d'elles. Nous avons donc dans la figure 5 un élément d'appréciation qui nous manquait dans la figure 4.



Fig. 5

Cet exemple nous permet de bien nous rendre compte de l'importance du rôle que joue cet élément de perception des distances et des formes des objets, dans la pratique de la peinture et dit dessin.

La figure 4 ayant été exécutée sous forme stéréoscopique, si nous l'observons à l'aide du stéréoscope nous percevrons avec une netteté parfaite le mode de répartition des aiguilles dans l'espace. C'est la vision binoculaire qui devient dans ce cas, le facteur d'appréciation de la forme de l'objet suivant la dimension profondeur. La sensation obtenue est, d'ailleurs, beaucoup plus vive et plus complète que dans l'examen à l'œil nu de la figure 5 et le relief de l'ensemble de l'objet s'impose infiniment plus.

En résumé, la cause de perception du relief pour la vision binoculaire se trouve dans le fait que, quand divers points d'un objet ne sont pas à la même distance de nos yeux, ils forment, pour ainsi dire, repère les uns par rapport aux autres, chacun d'eux nous fournissant, par la disposition de sa double image rétinienne par rapport à celle des autres, le moyen de reconnaître s'il est plus rapproché ou plus éloigné.

Ce mode de perception du relief s'applique-t-il de la même manière à tous les objets ? Dépend-il de la distance qui nous sépare d'eux ? Entre quelles limites s'exerce-t-il ? C'est ce que nous allons pouvoir examiner d'une manière précise, la question étant de celles qui peuvent se prêter au calcul et aux discussions géométriques.

## Influence de la distance sur la perception du relief.

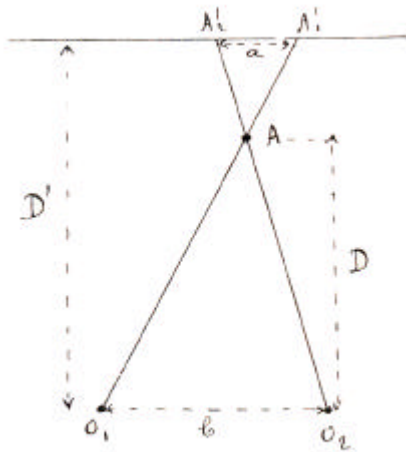


Fig. 6

Supposons qu'un point A soit en avant d'un plan P (fig. 6) et que nous l'observions avec les deux yeux placés en O1 et O2. Chaque œil le voit se projeter en un point différent du plan P. Pour l'œil gauche O1 il se projette en A'1, pour l'œil droit O2 en A'2. Si l'observateur ferme alternativement l'œil droit et l'œil gauche, il croit voir le point A sauter brusquement de la position A'1 à la position A'2, ou réciproquement, sur le plan P.

On peut réaliser facilement l'expérience en se plaçant à deux ou trois mètres d'une fenêtre et en allongeant le bras de manière à mettre verticalement un doigt entre le visage et la fenêtre. On règle la position du bras de manière que le doigt se projette sur la traverse verticale centrale de la fenêtre quand on ferme l'œil gauche seul, par exemple. En fermant ensuite l'œil droit seul, on voit le doigt sauter brusquement sur la vitre de droite pour revenir

sur la traverse centrale quand on ferme à nouveau l'œil gauche, et ainsi de suite.

Cela n'arriverait évidemment pas si le point A, qui joue le rôle du doigt dans l'expérience précédente, au lieu d'être en avant du plan P était sur ce plan lui-même. Les deux yeux verraient ce point A à l'endroit où il se trouve réellement sur le plan P.

Si, par exemple, on se rapprochait de la fenêtre pour appuyer le doigt sur la traverse centrale de cette fenêtre dans l'expérience précédente, il est clair qu'on le verrait toujours sur cette traverse, qu'on ferme l'œil droit ou l'œil gauche.

Toutes les fois que les deux yeux projettent l'image d'un point A en deux points différents d'un plan P, la vision binoculaire nous fera *sentir* que le point A n'est pas dans le plan P. Au contraire, quand l'image de A se projetera, pour les deux yeux, au même point du plan P, la vision binoculaire nous fera reconnaître à distance que le point A est dans le plan P lui-même<sup>1</sup>.

Toutefois, ce résultat pourra ne pas se produire, et la perception de la distance qui sépare le point A du plan P pourra échapper à l'observateur si l'intervalle qui sépare l'un de l'autre les deux points A'1 A'2 sur le plan P tombe au-dessous de la limite perceptible à l'œil.

On sait que notre œil n'est pas parfait et qu'il ne distingue pas, sur un objet, des détails indéfiniment fins. Des expériences variées ont conduit les physiciens, opticiens et oculistes à reconnaître qu'un œil normal cesse de distinguer l'un de l'autre deux points et les confond en un seul, lorsque la distance qui les sépare est vue par cet œil sous un angle inférieur à une minute (ou 1/60 de degré du cercle). Un calcul facile montre que cela est réalisé quand le système des deux points est placé à une distance de l'œil égale (en nombres ronds) à 3400 fois la distance qui les sépare l'un de l'autre. (Le nombre exact correspondant à un angle de 1 minute est :

$$(360 \times 60) / 2 ? = 21.600 / 6,28 = 3.439$$

<sup>1</sup> Il est bien entendu que tout ce qui précède suppose que le plan P porte des points de repère quelconques qui permettent de distinguer sur lui la position du point A'1 de celle du point A'2. Si ce plan est réalisé par une feuille de papier ou une vitre dépolie, ses bord peuvent d'ailleurs suffire pour fournir ces repères

Si, par exemple, sur une feuille de papier on trace des points ou des traits séparés par une distance de 1 millimètre (fig. 7), et qu'on regarde la feuille de papier en s'éloignant d'elle graduellement, les divers points ou traits cessent d'être distingués séparément et paraissent confondus en une masse unique quand on se trouve à la distance de 3 à 4 mètres.



Fig. 7

Les physiiciens expriment ce résultat en disant que le *pouvoir séparateur* de l'œil normal est d'environ 1 minute.

C'est à cause de ce pouvoir séparateur limité que nous cessons graduellement de distinguer les détails d'un objet à mesure qu'il s'éloigne de nous. Ainsi, à la distance de six à sept kilomètres, nous cessons de distinguer les fenêtres d'une maison, tout en continuant à voir la maison dans son ensemble, si ces fenêtres sont distantes l'une de l'autre de deux mètres environ.

On trouve diverses applications ou conséquences de ce fait dans le domaine photographique, en particulier dans les reproductions héliographiques par réseaux tramés, qui sont d'un emploi si courant aujourd'hui. Nous voyons tous les jours, dans les journaux et dans les livres, des photographies reproduites par la voie de l'héliogravure. Ces images sont constituées par une série de grains minuscules séparés par des distances assez petites pour que l'œil ne les perçoive pas séparément lorsqu'il examine l'image à la distance courante de vision distincte.

Une autre application se trouve dans les plaques autochromes, destinées à la photographie des couleurs, d'après le procédé Lumière. La sensation des couleurs est due à une multitude de grains de fécule colorés, assez petits et assez rapprochés les uns des autres pour que l'œil nu ne les perçoive pas séparément et éprouve l'illusion d'une teinte plate ayant comme nuance la résultante de l'ensemble des couleurs des grains de fécule laissés à découvert par l'exécution de la photographie. Si ces grains à cause de leur extrême petitesse, ne se voient pas à l'œil nu, ils se perçoivent nettement, quand on examine la photographie avec une loupe, qui permet à l'œil de distinguer de plus petits détails en augmentant son pouvoir séparateur.

Les points précédents étant bien compris, proposons-nous de calculer dans quelles conditions la distance  $A'1 A'2$  (fig. 6) sera au-dessous de la limite perceptible à l'œil.

Désignons par :

$D$  et  $D'$  les distances respectives qui séparent le point  $A$  et le plan  $P$  des deux yeux de l'observateur ;

$a$  l'écart des deux points  $A'1 A'2$  sur le plan  $P$  ;

$b$  l'écart  $O1 O2$  des yeux.

Les deux triangles semblables de la figure donnent, d'après une relation bien connue en géométrie :

$$(a/b) = (D' - D)/D = D'/D - 1 \quad (1)$$

D'après ce qu'on a dit plus haut, l'œil cessera de distinguer l'un de l'autre les deux points  $A'1 A'2$  si l'on a :

$$D' = 3.439 a$$

c'est-à-dire

$$a = D'/3.439 = 0,0003 D'$$

Cette valeur de  $a$ , transportée dans la relation (1), donne

$$0,0003 D'/b = D'/D - 1$$

D'où l'on déduit successivement :

$$D'/D = 1 + 0,0003 D'/b = (b + 0,0003 D')/b$$

$$D = bD'/(b + 0,0003 D') = D' / (1 + 0,0003 D'/b)$$

En pratique, l'écartement moyen des yeux  $b$  est de 63 millimètres, Soit 0m063.

Donc on a (en supposant  $D$  et  $D'$  exprimés en mètres) :

$$D = D'/(1 + (0,0003 D'/0,063)) = D'/(1 + 0,005 D') \quad (2)$$

Ainsi, le relief binoculaire doit cesser de se faire sentir quand, le plan  $P$  étant à la distance  $D'$ , le point  $A$  se trouvera, lui, à la distance  $D$  fournie par cette formule (2). Ce point  $A$  n'apparaîtra plus en avant du plan  $P$  ; il semblera appliqué contre lui. Il en sera de même, à plus forte raison, de tous les points compris entre



le point A et le plan P. En d'autres termes, tous les objets situés dans la tranche d'épaisseur (D'-D) en avant de ce plan ne se détacheront plus de ce plan : ils paraîtront dessinés sur le plan lui-même.

Nous nommerons *zone neutre* cette tranche d'épaisseur (D'-D) dont aucun point ne se détache du plan de fond par l'effet de la vision binoculaire et *zone efficace* la tranche d'épaisseur D, dans laquelle le relief se fait sentir par rapport au plan de fond.

Le tableau dressé ci-après contient les résultats numériques donnés par la formule (2) pour l'épaisseur D de la zone efficace et pour l'épaisseur (D'-D) de la zone neutre, pour diverses distances D' du plan P.

Enfin, une colonne spéciale du tableau donne la fraction D/D', de l'épaisseur du sujet, utilisée par la zone efficace, pour un sujet tel qu'un paysage, qui s'étend depuis l'observateur jusqu'à la distance D'.

La valeur de D, qui correspond à une valeur infinie de D' (dernière ligne du tableau), s'obtient en divisant haut et bas par D' l'expression (2) pour éviter la forme d'indétermination algébrique que prend alors la formule, puis en faisant D' infini dans l'expression ainsi transformée. On trouve ainsi :

$$D = 1/(1/D'+0,005) = 1/0,005 = 1.000/5 = 200 \text{ mètres}$$

D', distance du plan P ou dernier plan du sujet	D, épaisseur de la zone efficace de vision binoculaire	(D'-D), épaisseur de la zone neutre pour la vision binoculaire	$\frac{D}{D'}$ fraction de l'épaisseur du sujet utilisée par la zone efficace
0 <sup>m</sup> 30	0 <sup>m</sup> 200 <sup>5</sup>	0 <sup>m</sup> 000 <sup>5</sup> = 1/2 <sup>mm</sup>	99,8 ‰
1	0 99 <sup>5</sup>	0 005 = 5 <sup>mm</sup>	99,5 ‰
5	4 87	0 13	97 ‰
10	9 52	0 48	95 ‰
20	18 18	1 42	91 ‰
50	40	10	80 ‰
100	67	33	66 ‰
200	100	100	50 ‰
500	143	357	29 ‰
1 000	166	834	17 ‰
10 000	196	9 804	2 ‰
Infini	200	Infini	»

Ainsi ce tableau nous apprend qu'à la distance de 30 centimètres, qui est la distance moyenne à laquelle on examine un objet sur lequel on veut découvrir de fins détails, on perçoit par la vision binoculaire le relief pour un point qui ne se trouve qu'à un demi-millimètre en avant du plan de fond. On peut donc, dans ces conditions, percevoir par voie binoculaire le relief d'une pièce de monnaie dont les parties saillantes sont à une distance du fond qui est précisément de l'ordre du demi-millimètre.

Sur un plan de fond placé à 50 mètres, un objet ne se détachera, par relief stéréoscopique, que s'il est placé au moins à 10 mètres en avant : l'épaisseur de la zone neutre qui n'était que de un demi-millimètre dans le premier cas, atteint ici 10 mètres.

Pour un paysage dont les derniers plans sont à 10 kilomètres, le relief binoculaire cesse à partir de 196 mètres de l'observateur : une fraction égale à 2 % seulement de la profondeur totale du sujet est utilisée par la zone efficace : le reste, soit 98 % est compris dans la zone où cesse la perception du relief stéréoscopique.

Enfin pour un paysage dont les derniers plans sont assez éloignés pour qu'on puisse, dans l'application de la formule, les considérer comme rejetés à l'infini, la vision binoculaire cesse de faire sentir ses effets à partir de 200 mètres de l'observateur. Comme l'accommodation de l'œil cesse de faire elle-même sentir ses effets à une distance bien moindre que celle-là, *si nous continuons, au-delà de 200 mètres, à reconnaître qu'un objet se trouve en avant d'un autre, ce n'est plus par l'effet de la vision*



*binoculaire : c'est par l'ensemble des autres modes de perception des distances, dont nous avons donné plus haut le détail.*

2. Le second point de vue auquel nous pouvons examiner les effets de la vision binoculaire est la *variation de l'angle optique avec les distances*. Quand nous voulons examiner binoculairement un point A1 placé à

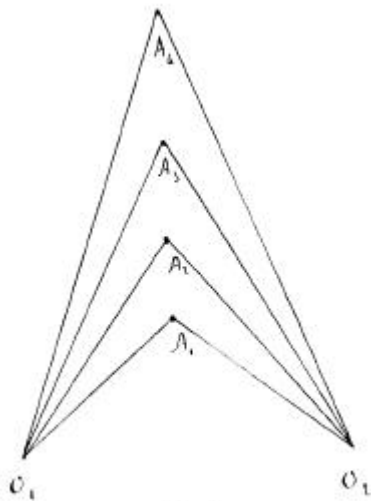


Fig. 8

une certaine distance, nous devons faire converger vers lui les axes de nos deux yeux qui font alors entre eux un certain angle. Cet angle varie suivant la distance du point A1. Si ce point est rapproché, l'angle est considérable. À mesure que le point s'éloigne en A2 A3 A4 (Fig. 8) cet angle diminue, et il tend vers zéro quand le point s'éloigne indéfiniment. Les axes des deux yeux deviennent alors parallèles. Il y a là quelque chose d'analogue à ce qui se passerait pour les deux bras si on voulait les employer simultanément à prendre un objet placé à quelque distance. A mesure que cette distance serait plus grande, l'angle diminuerait. Or, de même que la conscience de cet angle d'écart des bras, nous renseignerait sur la distance d'un objet que nous chercherions à saisir des deux mains les yeux fermés, de même la conscience de l'effort à faire pour fixer simultanément avec les deux yeux un même point de l'objet et pour le palper, pour ainsi dire, à distance, nous renseignera, de façon nette, sur la distance de ce point.

Mais nous avons dit plus haut que l'œil ne distingue pas deux points dont la distance angulaire est inférieure à 1 minute. Par suite, l'angle de convergence que doivent faire les axes des yeux pour fixer un même point n'est déterminé qu'à une minute près. Quand la distance du point varie assez peu pour n'entraîner qu'une variation de l'angle de convergence inférieure à une minute, nous sommes impuissants à le percevoir. Autrement dit, nous cesserons de percevoir qu'un point A est en avant d'un autre B quand l'angle de convergence des yeux ne variera pas de plus d'une minute lorsque nous fixerons ces deux points chacun leur tour. En particulier, supposons que le plus rapproché de ces deux points, A, soit, devant nous, à une distance telle, que l'angle de convergence des yeux lorsque nous fixons ce point ne soit que d'une minute. Si ce point s'éloigne à l'infini, nous ne percevrons pas cette variation de distance : les axes des deux yeux devront être considérés comme parallèles lorsqu'ils se dirigeront vers un point quelconque placé à une distance supérieure à celle-là.

D'après les indications numériques que nous avons données plus haut, la distance à laquelle doit être située un point A pour que les axes des yeux, en convergeant sur lui, fassent un angle de 1 minute, est égale à 3400 fois environ l'écart des yeux. Si nous admettons toujours, pour cet écart, la valeur 0m,063 le résultat est encore approximativement 200 mètres.

Cette seconde manière de raisonner nous conduit donc à la même conclusion que tout à l'heure :

*Dans le cas le plus général, pour un champ de vision de profondeur indéfinie tel qu'un vaste paysage, les effets de la vision binoculaire cessent de se faire sentir à une distance qui est de l'ordre de 200 mètres.*

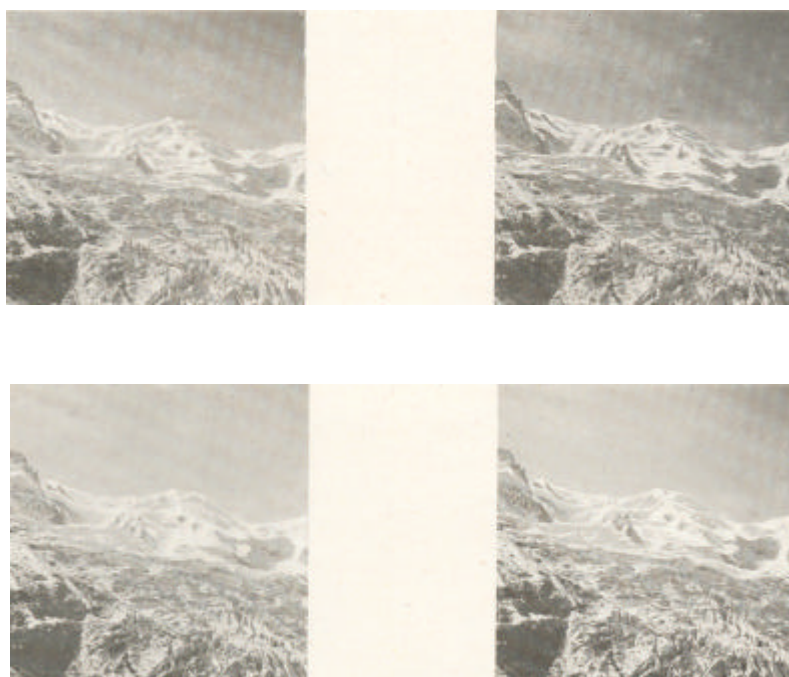
Comme ce résultat pourra surprendre nombre de stéréoscopistes, il est utile de le soumettre à une vérification

Grâce à la photographie stéréoscopique, rien n'est plus simple. Prenons, à l'aide d'un appareil dont les objectifs sont écartés de 63 millimètres, une photographie d'un paysage dont les premiers plans seront au moins à 200 mètres de distance.

Les deux épreuves de l'œil droit et de l'œil gauche ne différeront l'une de l'autre que par la déformation de perspective que nous venons de discuter dans notre § 6. Elles seront identiques en ce qui concerne tous les autres modes de perception des distances discutées antérieurement. *Elles ne différeront donc l'une de l'autre que par la variable qui entre en jeu par le seul fait de la vision binoculaire.* Si donc notre raisonnement et nos calculs sont exacts, nous ne devons pas distinguer l'une de l'autre, au stéréoscope,

deux épreuves positives tirées d'après notre cliché, l'une à la manière ordinaire, l'autre en répétant pour l'œil droit l'image déjà utilisée pour l'œil gauche, ou réciproquement, c'est-à-dire en n'utilisant que l'une des images du négatif pour faire les deux images, du positif. Il est facile à chacun de faire cette expérience et de s'assurer qu'elle donne bien un résultat conforme à celui prévu.

Nous reproduisons, dans les figures 9 et 9 bis, deux épreuves tirées d'un même négatif. Une d'entre elles, seulement, est, à proprement parler, stéréoscopique : elle a été tirée à la manière habituelle. L'autre ne l'est pas, car les deux images droite et gauche proviennent du même côté du négatif. Nous engageons les lecteurs du Bulletin à les examiner attentivement au stéréoscope. Nous doutons qu'ils puissent reconnaître celle des deux épreuves qui est véritablement stéréoscopique. Toutes deux donnent, au même degré, une certaine sensation de relief qui est due à la mise en jeu des modes de perception des distances étudiés dans les paragraphes 1 à 4.



Dôme du Goûter et Glacier des Bossons vus de l'Aiguille de la Tour (Massif du Mont-Blanc).  
Figures 9 et 9 bis

L'une des deux épreuves a été obtenue à la manière ordinaire. Dans l'autre, on a répété pour l'œil droit et pour l'œil gauche la même image (empruntée au côté gauche du négatif).

Pour une raison qui est la conséquence immédiate de ce qui précède, il est inutile, dans une épreuve stéréoscopique dont les premiers plans sont à une distance de l'observateur, au moins égale à 400 mètres, d'alterner les images pour le tirage du positif. L'observation la plus attentive ne permet pas de distinguer une épreuve dont les images sont alternées, d'une épreuve où elles ne le sont pas. Tous les stéréoscopistes ont pu constater, en effet, que, pour les sujets dont les premiers plans sont éloignés, l'observation directe, au stéréoscope, du cliché non alterné, donne une sensation de relief équivalente à celle d'une épreuve alternée. Voir, pour la vérification de ce point les figures 10 et 10 bis<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Rappelons au lecteur que pour voir au stéréoscope les épreuves insérées dans le Bulletin, il n'est pas nécessaire de les découper. Il suffit d'enlever du stéréoscope les deux verres avec leurs montures. Dans les stéréoscopes destinés aux vues vérascopiques, il suffit, pour cela, de dévisser (avec la lame d'un couteau au besoin) les vis qui se trouvent entre les deux oculaires de l'appareil et qui sert à les fixer à la crémaillère de mise au point. En tenant à la main le système des deux oculaires, et en examinant à travers, à la distance voulue et bien en face, l'épreuve insérée dans le texte, on obtient un très bon résultat.



Aiguille du Dru, vue de Montenvers (Massif du Mont-Blanc)  
Figures 10 et 10 bis

L'une des deux épreuves a été obtenue à la manière ordinaire - Dans l'autre les deux images droite et gauche n'ont pas été alternées lors du tirage du positif

### **Loi mathématique de variation, en fonction de la distance, de la faculté de perception du relief par voie binoculaire.**

Nous venons de voir que la faculté que nous avons de séparer deux points, en profondeur, par voie binoculaire, diminue à mesure que le système des deux points s'éloigne de nous et qu'elle s'éteint complètement quand le plus rapproché d'entre eux est à 200 mètres environ, l'autre pouvant alors être rejeté à l'infini.

Ne pourrait-on chercher à exprimer, par des valeurs numériques rationnellement obtenues, l'intensité avec laquelle s'exerce cette faculté aux diverses distances ?

Raisonnons par analogie avec ce qui a été fait pour les instruments d'optique du genre lunette ou télescope. Un instrument de ce genre répond d'autant mieux au but pour lequel il est construit, qu'il permet de distinguer l'un de l'autre deux points séparés par une distance angulaire plus petite. Il sera donc naturel de prendre pour mesure de cette qualité de l'instrument, non pas la plus petite distance angulaire séparant deux points dédoublés par lui, mais bien l'*inverse* de cette distance, de manière qu'à mesure que cette qualité de l'instrument s'accroît, le nombre qui l'exprime devienne plus grand. C'est précisément cet inverse que les physiciens nomment *pouvoir optique* de l'instrument.

Puisque la faculté de dédoublement de deux points en profondeur par voie binoculaire diminue à mesure que le système des deux points s'éloigne de nous, il sera alors naturel, par analogie, d'exprimer numériquement cette faculté, pour une distance donnée, par l'inverse du plus petit intervalle qui doit séparer deux points placés l'un derrière l'autre, dans la direction du rayon visuel pour que nous puissions les séparer binoculairement l'un de l'autre.

Ce plus petit intervalle est précisément ce que nous avons appelé plus haut l'épaisseur de la zone neutre. Nous proposons donc de désigner sous le nom de *stéréo puissance binoculaire* l'inverse de l'épaisseur de la zone neutre.

Cette épaisseur est exprimée, dans le calcul fait plus haut, par  $(D' - D)$ .

Nous avons trouvé : [Formule (2)] :

$$D = D'/(1+0,005 D')$$

On en déduit :

$$D' = D/(1-0,005 D)$$

D'où :

$$D' - D = D/(1-0,005 D) - D = 0,005 D^2/(1-0,005D)$$

Nous aurons donc, pour l'expression de la stéréopuissance binoculaire, que nous désignerons par le symbole  $Sp$  :

$$Sp = 1/(D'-D) = (1-0,005D)/0,005 D^2$$

Cette expression résume la loi suivant laquelle varie, en fonction de la distance, notre faculté de séparer deux points en profondeur.

D'après cette formule, la stéréopuissance binoculaire s'annule pour :

$$1-0,005D = 0$$

c'est-à-dire pour :

$$D = 1/0,005 = 200 \text{ mètres}$$

Nous retrouvons ainsi ce que nous avons déjà trouvé directement.

Tant que  $D$  restera assez faible pour que  $0,005 D$  soit négligeable vis-à-vis de 1 mètre, on pourra dire que :

*La stéréopuissance binoculaire décroît en raison inverse du carré de la distance qui sépare l'observateur des premiers plans du sujet.*

Cela donne une mesure de l'importance bien connue que possède la présence de premiers plans dans une épreuve stéréoscopique, pour donner une forte impression de relief.

En résumé, toute cette discussion nous montre, avec vérifications expérimentales à l'appui, que notre faculté de perception du relief par voie binoculaire diminue très rapidement quand la distance augmente et qu'elle s'annule complètement à une distance qui, pour la moyenne des vues, est de l'ordre de 200 mètres. Le stéréoscopiste amateur, possesseur d'un appareil dont les deux objectifs sont séparés par un écart de 63 millimètres ne pourra évidemment s'empêcher de regretter que les limites entre lesquelles son action s'exerce soit si restreintes, et que l'univers stéréoscopique soit enfermé pour lui dans une sphère de 200 mètres de rayon.

Ne pourrait-on, par un artifice quelconque, étendre ce rayon d'action ou faire pénétrer dans cette sphère les parties de l'univers qui se trouvent à l'extérieur ? C'est ce que nous allons étudier.

### **Moyens d'augmenter la portée de la vision binoculaire.**

Reportons-nous à la figure 6 qui nous a servi de point de départ pour nos calculs, mais supposons le plan  $P$  très éloigné. Nous avons dit que, pour le point  $A$ , situé en avant de ce point  $P$ , le relief cesse dès que l'intervalle qui sépare les deux points  $A'1 A'2$  tombe au-dessous de la limite perceptible à l'œil. Admettons que la figure tracée corresponde justement à ce cas limite. Si nous pouvions, tout en laissant l'œil gauche  $O1$  en place, transporter l'œil droit  $O2$  à une distance de  $O1$ , double de sa distance réelle, c'est-à-dire si nous pouvions doubler l'écart des yeux, les points  $A'1, A'2$  seraient alors séparés sur le plan  $P$  par une distance double. Celle-ci rentrerait dans les limites perceptibles à

l'œil et le relief de A, par rapport au plan P, se ferait à nouveau sentir. Mais on le ferait aussi évidemment disparaître à nouveau en éloignant le point A de manière à doubler la distance qui le sépare des yeux,

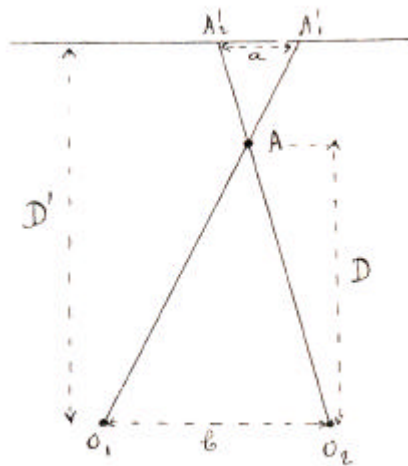


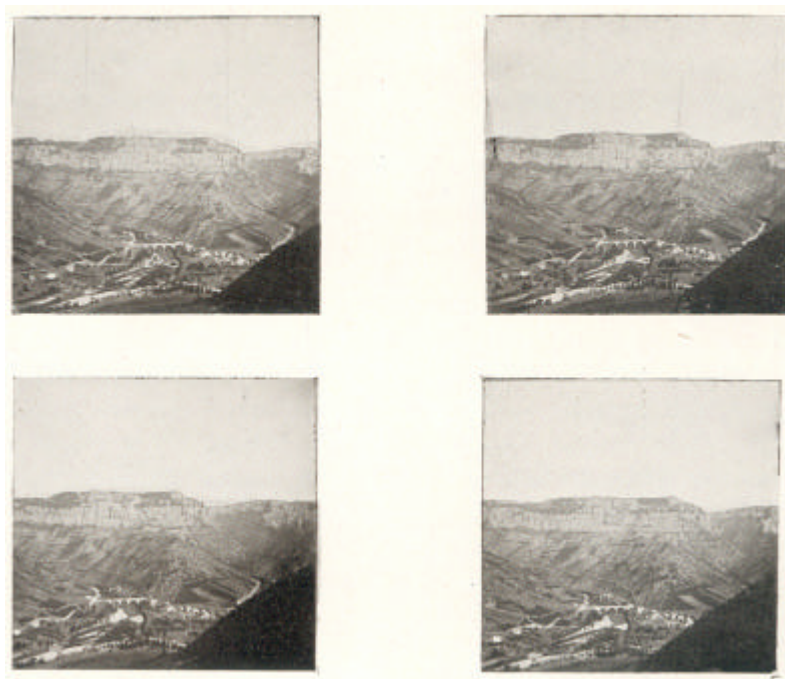
Fig. 6

puisque la distance  $A'1 A'2$ , sur le plan P situé très loin redevenant alors deux fois plus petite, reprendrait sa valeur limite. Autrement dit, la limite de 200 mètres trouvée plus haut se trouverait maintenant portée à 400 mètres. En triplant l'écart des yeux, la portée de la vision binoculaire atteindrait 600 mètres et ainsi de suite. D'une façon générale, si l'on pouvait rendre N fois plus grand l'écart des yeux, on rendrait, par là même, N fois plus grande la distance à laquelle s'annule la stéréo-puissance binoculaire.

Bien que notre vue ne se prête pas à la réalisation de l'expérience sous la forme précédente, puisque nos yeux sont séparés par une distance invariable, on peut cependant en réaliser l'équivalent en examinant les objets dans un système de miroirs convenablement disposés. C'est le principe du téléstéréoscope d'Helmoltz.

Mais la photographie stéréoscopique nous permet d'arriver à ce résultat dans des limites beaucoup plus larges et par des moyens beaucoup plus simples.

Prenons, en effet, une première épreuve du sujet avec un appareil stéréoscopique, en nous servant de l'objectif gauche seul, l'objectif droit étant couvert. Transportons-nous ensuite vers la droite avec l'appareil, à une distance égale à N fois l'écart des yeux et prenons, de cette deuxième station, une nouvelle épreuve avec l'objectif droit, l'objectif gauche étant alors couvert. Tirons enfin, à la manière habituelle, une épreuve positive de ce cliché et examinons la au stéréoscope. Nous éprouverons alors la même illusion que si nous avions pu examiner le paysage avec, un écart des yeux égal à la distance des deux stations. Nous serons émerveillés du résultat. Là où nous ne percevions aucun relief à la vue simple, là où les divers plans du sujet paraissaient s'écraser les uns sur les autres, comme sur la toile de fond d'un décor d'opéra, nous verrons, dans le stéréoscope, les plans éloignés d'un paysage se détacher les uns des autres avec une netteté surprenante (Fig. 11 et 11 bis).



Figures 11 et 11 bis

Jonction des vallées du Tarn et de la Jonte an Rozier (Aveyron).

Pour la figure 11 on a le relief normal. Écart des objectifs pour la prise du cliché :63 millimètres. - Pour la figure 11 bis cet écart a été porté à 60 mètres.

Si la distance des deux stations, c'est-à-dire la longueur de la base d'opération est de 63 centimètres au lieu de 63 millimètres, la portée de la vision binoculaire sera décuplée. Au lieu d'être limitée à 200 mètres, elle sera reportée à 2 kilomètres. Avec une base de 6 m. 30, elle s'étendrait à 20 kilomètres. Enfin, avec une base de 63 mètres, elle permettrait de voir se détacher d'un plan d'horizon rejeté à l'infini, les divers points d'un panorama jusqu'à la distance de 200 kilomètres.

Tel est le moyen très simple qui permet d'augmenter la portée de la vision binoculaire. Il a déjà été exposé et discuté ici même sous le nom d'hyperstéréoscopie<sup>3</sup>.

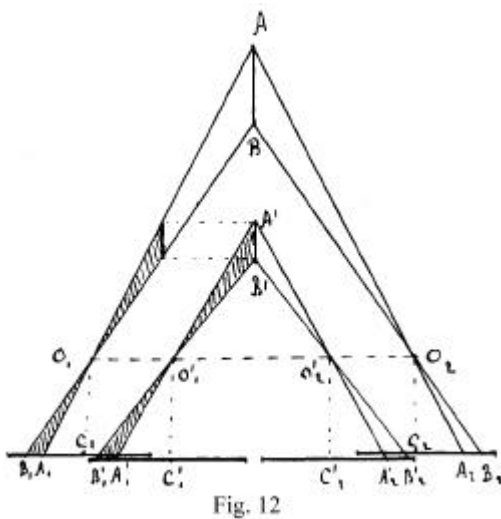
En faisant ainsi de la photographie stéréoscopique à grande base, nous obtenons, par l'intermédiaire d'un stéréoscope, une sensation que nous n'éprouvons pas en présence du sujet lui-même. Cela revient à dire que l'épreuve stéréoscopique obtenue dans ces conditions reconstitue pour nous dans l'espace un solide fictif qui n'est pas identique au sujet lui-même.

Mais alors, dira-t-on, opérer ainsi c'est altérer de parti pris la vérité et faire voir les choses d'une manière inexacte. C'est précisément le langage que tiennent bon nombre de stéréoscopistes qui refusent systématiquement d'employer cette manière d'opérer en qualifiant d'*exagéré* et de *faux* le relief obtenu dans ces conditions.

Avant d'énoncer une opinion aussi catégorique, et de condamner a priori la méthode, sous prétexte qu'elle fait voir des objets déformés, il serait peut-être bon d'examiner les choses de plus près, d'analyser plus complètement la sensation obtenue et d'étudier en quoi consiste exactement cette déformation.

### Etude analytique de la sensation de relief obtenue dans les photographies stéréoscopiques à grande base.

Soit un objet ayant la dimension A B en profondeur (figure 12), photographions-le à l'aide d'un appareil



stéréoscopique dont les objectifs O1 O2 soient séparés par un écart double de celui des yeux, soit 126 millimètres. Nous obtiendrons l'image de l'objet A B en A1 B1 sur l'épreuve gauche et en A2 B2 sur l'épreuve droite. Les centres C1 C2 de ces deux épreuves seront d'ailleurs séparés, pendant l'exécution de la photographie, par le même intervalle que les deux objectifs, soit 126 millimètres.

Supposons que nous exécutions en même temps une photographie d'un objet A' B' ayant des dimensions deux fois plus petites que AB, et deux fois plus rapproché que lui, en nous servant pour cela d'un appareil photographique ayant des objectifs O'1 O'2 identiques à ceux du premier appareil, mais séparés par un intervalle O'1 O'2 deux fois moindre.

Ce deuxième appareil sera alors l'appareil stéréoscopique ordinaire dont les objectifs sont réglés à la distance normale des yeux. Dans la nouvelle épreuve, l'image gauche de l'objet A' B' sera A'1 B'1, tandis que l'image droite sera A'2 B'2. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la figure pour se rendre compte que *les images droite et gauche fournies par le deuxième appareil seront respectivement identiques à celles fournies par le premier*. Pour rendre ce fait plus palpable, nous avons couvert de hachures les deux parties de la figure qui conduisent à la formation des

<sup>3</sup> Voir dans le Bulletin du Stéréo-Club, les articles de M. le Mée et de M. Pablo Fernandez Quintana sur ce sujet. Année 1906.



deux images gauches A1 B1 et A'1 B'1. Ces deux parties couvertes de hachures sont manifestement identiques et seraient susceptibles d'être amenées exactement en coïncidence par superposition.

Il résulte de là que quand nous aurons tiré de ces deux clichés stéréoscopiques deux épreuves positives sur plaques *de même format*, destinées *au même stéréoscope* construit pour l'écart normal des yeux, 63mm, ces deux épreuves *ne différant en rien l'une de l'autre*, nous procureront exactement la même sensation. Quelle sera alors cette sensation ? Puisque nous connaissons le résultat fourni par l'appareil dont les objectifs sont réglés à l'écart normal des yeux, nous pouvons répondre immédiatement :

*Cette sensation sera celle d'un objet deux fois plus petit que l'objet réel, mais deux fois plus rapproché que lui.* Le raisonnement que, pour la simplicité des explications, nous venons de faire sur un cas particulier, se généralise facilement de la manière suivante :

*Lorsque nous prenons une photographie stéréoscopique avec un écart des objectifs égal à N fois celui des yeux (c'est-à-dire égal à N fois 63 millimètres), nous éprouvons, en examinant cette photographie au stéréoscope, la même sensation que si nous avions pris avec l'appareil ordinaire, la photographie d'un objet N fois plus petit que l'objet réel dans toutes ses dimensions, et en même temps, N fois plus rapproché que lui.*

Tel est, exprimé sous forme précise, le résultat fourni par la photographie stéréoscopique à grande base. Il a déjà été énoncé ici même. Nous avons cru utile, en reproduisant cet énoncé, d'en donner la démonstration, de manière à permettre à chacun de s'expliquer le résultat et de bien comprendre la question.

Lorsqu'un peintre ou un sculpteur exécutent, l'un le portrait, l'autre le buste d'une personne en demi grandeur naturelle, vient-il à l'idée de dire qu'ils falsifient la vérité et qu'ils nous donnent une représentation *fausse et déformée* du modèle, sous prétexte que les dimensions sous lesquelles ils en exécutent la copie ne sont pas celles du sujet lui-même ? Évidemment non. On dit, au contraire, qu'ils nous présentent une copie exacte et semblable au sujet quant à la forme, mais qu'ils l'exécutent à une échelle réduite.

C'est de la même manière qu'on devra interpréter le résultat fourni par la photographie à grande base. Dire, comme le font ceux qui n'ont pas approfondi la question et qui ne la comprennent que superficiellement, qu'on n'obtient, de cette manière, qu'une représentation inexacte des objets, avec des reliefs *exagérés et faux*, est évidemment traduire les choses dans un langage absolument incorrect.

On peut adresser la même critique à cette affirmation émise comme un axiome par un certain nombre de stéréoscopistes, savoir : que les appareils dont l'écart des objectifs est égal à celui des yeux donnent le *relief absolu* des objets ! Parler de relief absolu pour un objet donné est aussi dénué de sens que de parler de *son diamètre apparent absolu* : l'un comme l'autre sont variables selon la position de l'observateur par rapport à l'objet : cela revient à dire qu'au lieu d'être absolus ils ne sont que relatifs. Quand un objet se trouve, par rapport à un observateur, dans ce que nous avons appelé la zone neutre relative à son dernier plan, le relief stéréoscopique qu'il présente est nul : ce relief devient appréciable quand l'objet pénètre dans la région où la stéréopuissance binoculaire se fait sentir et il se manifeste de mieux en mieux à mesure que la distance qui le sépare de l'observateur devient plus faible. Un même objet peut donc présenter une série indéfinie de reliefs différents suivant la distance qui le sépare de nos yeux.

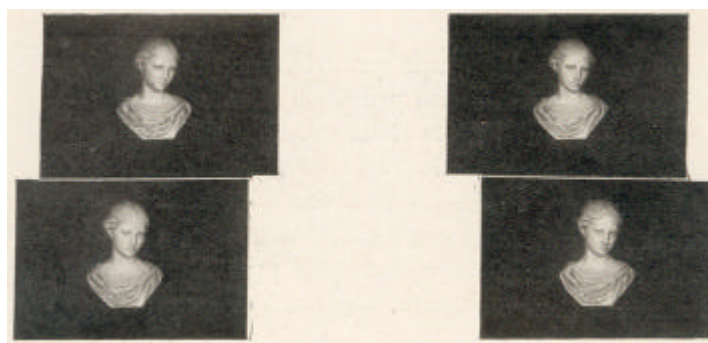
Au lieu de dire qu'un appareil dont les objectifs sont séparés par un intervalle égal à celui des yeux donne le relief absolu d'un objet, il serait plus correct de dire que, dans toute la collection de reliefs, que peut présenter cet objet, l'appareil choisit tout naturellement celui qui est relatif à la position qu'il occupe vis-à-vis de ces objets, c'est-à-dire le relief que nous percevrions par vision directe si nous regardions l'objet en nous plaçant au même endroit que l'appareil. S'ensuit-il que ce relief est précisément le meilleur de tous ceux que peut présenter l'objet ? Si l'on éprouve le besoin de se rapprocher d'un objet pour le mieux voir, ce n'est pas seulement parce que ses détails deviennent plus visibles par l'augmentation de leur diamètre apparent, c'est aussi parce que le relief de ces détails augmente à courte distance et permet de mieux en percevoir la forme.

Supposons qu'un objet ait la propriété de diminuer de grandeur à mesure qu'il se rapproche de nos yeux, de manière que son diamètre apparent reste constant à toute distance, nous ne découvririons pas de plus fins détails sur lui quand il serait à courte distance que quand il serait éloigné, mais par l'effet de la vision binoculaire, nous saisirions d'autant mieux la manière dont ces divers détails sont répartis dans l'espace que nous examinerions le sujet de plus près. L'observation à courte distance donnerait, pour ainsi dire, une meilleure connaissance topographique du sujet.

Il ne revient pas au même d'examiner à la distance de 5 mètres une statue de grandeur naturelle ou d'examiner à une distance dix fois moindre, soit 0m50, une réduction au dixième de cette statue. Bien que chaque partie du sujet présente à l'œil le même diamètre apparent dans les deux cas, la sensation du relief est beaucoup plus vive dans le second cas que dans le premier. La stéréo puissance binoculaire s'exerce avec plus d'intensité sur la statuette que sur la statue grandeur nature ; elle permet d'en mieux apprécier le modelé et l'importance des parties saillantes ou rentrantes. Il ne viendra cependant à l'idée de personne de dire que le relief de la statuette est exagéré et qu'elle n'est qu'une reproduction fautive de la statue. Une photographie stéréoscopique de la statue, prise à 5 mètres de distance, avec un écart des objectifs égal à 63 centimètres nous fera voir dans le stéréoscope l'équivalent de la statuette à la distance de 50 centimètres. On ne sera donc nullement en droit de dire que le relief qu'elle nous offrira sera faux et exagéré (Fig. 13 et 13 bis).

La conclusion de tout ceci est donc que, chaque fois que le sujet s'y prêtera, il ne faudra pas craindre de faire sur lui de l'hyperstéréoscopie. Quel est le véritable but du stéréoscopiste ? N'est-ce pas d'obtenir, par ses épreuves, une sensation de relief ? Il serait donc tout à fait déraisonnable de sa part de ne pas profiter de la ressource qu'offre l'appareil photographique en permettant d'opérer avec une base de grandeur quelconque et de se procurer ainsi de vives sensations de relief qu'il ne pourrait obtenir par la contemplation directe de l'objet.

Sans compter que par la connaissance bien plus parfaite que lui donnera de la topographie d'une région la méthode hyperstéréoscopique, elle pourra lui rendre des services d'un ordre pratique. S'il combine une excursion dans un pays accidenté, l'examen d'une épreuve stéréoscopique à grande base de la région qu'il se propose de parcourir pourra lui faciliter l'itinéraire de son excursion. Il s'apercevra que telle pente ou tel amas de rochers qui, à distance, lui donne, à la vue simple, l'impression d'une muraille verticale inaccessible, peut être, au contraire, praticable en beaucoup de points.



Figures 13 et 13 bis.

Buste photographié à la distance de 1m50.

Pour l'épreuve inférieure (fig. 13 bis) l'écart des objectifs était l'écart normal : 63 mm - Pour l'épreuve supérieure (fig. 13) cet écart a été porté à 18 centimètres : l'examen stéréoscopique de cette épreuve donne la sensation d'un objet plus petit, plus rapproché et d'un modelé plus accentué que celui qui correspond à l'épreuve inférieure.

Nous espérons, par tout ce qui précède, avoir dissipé chez le lecteur les idées préconçues et l'avoir convaincu qu'en faisant une photographie stéréoscopique avec un écart différent de celui des yeux, il

obtient *non pas une représentation fautive avec relief exagéré, mais, au contraire, une représentation correcte, faite à une échelle réduite et comportant la similitude géométrique des formes.*

Occupons-nous maintenant alors du côté pratique de la question.

### **Règles pratiques à suivre pour l'obtention des photographies stéréoscopiques à grande base.**

Pour le cas qui nous intéresse, le problème se pose de la manière suivante :

Nous sommes en présence d'un paysage de profondeur indéfinie dont les premiers plans sont au moins à 200 mètres de nous. Une photographie prise avec un appareil à écart normal des objectifs ne nous donnera aucun relief stéréoscopique. Nous voudrions obtenir une épreuve présentant le plus de relief possible en opérant par voie hyperstéréoscopique. Quelle longueur de base devons-nous adopter, pour séparer ces deux objectifs ?

À mesure que la base utilisée est plus grande, l'objet reconstitué par le stéréoscope se rapetisse tout en gardant sa forme, mais il se rapproche et pénètre dans les régions où la stéréo-puissance binoculaire devient de plus en plus grande. Il y a donc intérêt, si l'on veut percevoir un vif relief, à prendre cette base la plus grande possible. Mais il y a une limite à ne pas dépasser. En effet, l'objet reconstitué par le stéréoscope se rapprochant à mesure que la base d'opération devient plus grande, l'angle de convergence des yeux lorsque l'on fixe les premiers plans augmente lui-même. Si cet angle devenait notablement plus grand que ceux que nous avons l'habitude d'employer dans la contemplation directe des objets, la reconstitution stéréoscopique deviendrait pénible et fatigante, et la fusion des deux images finirait par ne plus se produire.

Même avant que cette limite soit atteinte, une nouvelle complication intervient : c'est l'accommodation de l'œil aux distances, dont nous avons parlé plus haut. Elle joue ici un rôle très important sur lequel nous devons revenir et qui a été mis en évidence par M. Cazes<sup>4</sup>.

Quand nous regardons un point situé à une certaine distance, l'angle de convergence des axes des yeux et l'effort d'accommodation ont tous simultanément une valeur bien déterminée. Quand le point s'approche ou s'éloigne, ces deux variables augmentent ou diminuent toutes deux en même temps : elles sont liées de telle sorte que la valeur de chacune d'elles entraîne pour l'autre une valeur correspondante bien définie. De sorte que par l'effet de l'habitude et de l'éducation acquise dès l'enfance, nous donnons instinctivement à l'effort d'accommodation la valeur qui lui convient d'après l'angle de convergence que prennent les axes des yeux quand ils se fixent sur un point. Il en résulte que quand nous examinons attentivement un certain point, nous ne voyons pas nettement les points plus éloignés ou plus rapprochés.

Il n'en est plus de même quand nous examinons un couple d'épreuves stéréoscopiques. Chacune des images étant plane, quand elle est mise au point derrière les lentilles du stéréoscope, nous accommodons précisément sur le plan même des images. Nous voyons donc avec la même netteté les plans les plus rapprochés et les plans les plus éloignés de l'objet reconstitué. Pour passer des premiers de ces plans aux derniers, l'angle de convergence des yeux varie bien comme quand on regarde un objet réel, mais l'accommodation reste fixe. La contemplation de l'objet reconstitué par le stéréoscope diffère donc sur ce point de celle d'un objet réel. Si malgré cela, l'illusion stéréoscopique se produit, on se l'explique par ce fait que notre vue, comme nos autres sens, admet certaines tolérances. S'il est vrai, *en principe*, qu'à toute distance correspond un effort d'accommodation spécial à cette distance, il est vrai aussi, *en pratique*, que la variation de cet effort peut être trop petite pour être perçue par nous quand la distance du point visé varie entre des limites suffisamment restreintes.

Nous avons dit qu'à partir de quelques mètres jusqu'à une distance indéfiniment croissante, la variation de l'effort d'accommodation cesse d'être appréciable, de même que, dans un appareil photographique, la différence de mise au point cesse d'être perceptible pour tous les points situés au delà d'une certaine

---

<sup>4</sup> Voir à ce sujet la très intéressante brochure : Stéréoscopie de précision, par L. Cazes (Pellin, éditeur, 5, avenue d'Orléans, Paris), à laquelle nous avons faits de fréquents emprunts pour la rédaction de cet article.

distance, nommée *distance hyperfocale*, dont la valeur est, pour les appareils courants, de l'ordre de grandeur de quelques mètres.

Les premiers plans des objets photographiés stéréoscopiquement à la manière habituelle sont généralement éloignés de plusieurs mètres, et comme le stéréoscope les reconstitue à la même distance, la variation de l'effort d'accommodation est inappréciable pour les divers plans du sujet. Cela revient à dire, qu'en fait, la complication que nous venons de signaler n'a pas à entrer en ligne de compte dans les épreuves exécutées à la manière habituelle.

Mais il pourra en être autrement dans l'hyperstéréoscopie qui a pour effet de reconstituer fictivement les objets à une distance d'autant plus courte que la base opératoire est plus longue.

*La grandeur de la base à employer sera limitée par la condition que l'effort d'accommodation à faire dans la contemplation de l'objet reconstitué ne varie, entre ses premiers et ses derniers plans, que d'une quantité tombant au-dessous des limites appréciables.*

On peut ramener la recherche pratique de cette limite à celle de la distance hyperfocale de l'œil, c'est-à-dire de la distance à partir de laquelle l'effort d'accommodation ne varie plus d'une manière appréciable jusqu'aux plus grandes distances.

Pour faire cette évaluation, il suffit de se placer devant une fenêtre munie de rideaux d'un tissu assez léger pour permettre de bien voir les objets extérieurs à travers ses mailles. Puis fermant un œil, on cherche à voir nettement avec l'autre les mailles du rideau en même temps que les objets extérieurs. Si l'on est séparé du rideau par une distance de 30 à 40 centimètres par exemple, il est impossible d'obtenir ce résultat. La netteté ne se réalise que sur l'un ou sur l'autre des deux objets visés. C'est que l'effort d'accommodation à faire quand on fixe le rideau est très différent de celui qui correspond aux objets extérieurs. Mais si l'on s'éloigne de la fenêtre, la différence de netteté s'atténue. Quand on arrive à une distance suffisante, on voit simultanément avec la même netteté les mailles du rideau et le paysage et ce résultat se conserve à toute distance supérieure à celle-là.

Pour la moyenne des vues, le résultat précédent est obtenu à une distance qui est de l'ordre de grandeur de trois mètres. Nous admettons donc, dans ce qui va suivre, cette valeur pour la distance hyperfocale de l'œil.

D'après cela, nous voyons que si nous choisissons notre base de manière que la reconstitution stéréoscopique de l'objet amène ses premiers plans à 3 mètres de notre œil, la constance de l'effort d'accommodation ne viendra pas troubler la variation de l'angle de convergence quand on sondera avec le regard toute la profondeur du sujet reconstitué. La longueur  $x$  de la base à choisir devra donc valoir autant de fois l'écart des yeux  $0,063$  que la distance  $D$  des premiers plans du paysage, vaut de fois 3 mètres. On aura donc  $x$  par la condition :

qui donne

$$\begin{aligned}x/0,063 &= D/3 \\x &= D \cdot 0,063/3 = 0,021 D\end{aligned}$$

soit en nombres ronds :

$$x = D/50$$

En un mot, la règle à suivre, celle qui intéresse véritablement le praticien, est d'une simplicité extrême :

*La base à choisir doit être la cinquantième partie de la distance à laquelle se trouvent les premiers plans du paysage.*

Pour une distance de 200 mètres des premiers plans, la base à choisir devra être  $200/50 = 4$  mètres.

Pour une distance de 1 kilomètre elle serait :  $1.000/50 = 20$  mètres, et ainsi de suite.

La règle précédente fournit le maximum de la base à employer si l'on ne veut pas risquer de voir l'accommodation apporter un trouble dans la vision stéréoscopique.

Si la disposition du terrain ne permet d'employer qu'une base plus courte que celle que donne le calcul précédent, le résultat sera une moins vive intensité de relief dans la reconstitution stéréoscopique du sujet.

Mais on obtient des résultats encore fort intéressants avec des bases n'ayant que la moitié ou même le quart de la valeur donnée par le calcul précédent.

Il est bien entendu aussi que l'on n'aura pas à apporter, dans l'évaluation de cette base, une rigueur que ne comportent pas les conditions pour lesquelles ont été faits les calculs qui ont permis d'établir cette règle. La distance de 3 mètres que nous avons adoptée pour la distance hyperfocale de l'œil est une moyenne qui paraît correspondre à la plupart des vues, mais de même que la distance minima de vision distincte qui correspond à l'effort maximum d'accommodation, elle peut varier d'une personne à l'autre et présente forcément une certaine indécision, comme toutes les sensations limites. Il n'y aura donc pas lieu de vouloir mettre trop de rigueur dans l'évaluation de la distance des premiers plans. Quand elle ne dépassera pas 1 kilomètre, une estimation à l'œil suffira. Dans les distances supérieures qu'on rencontre fréquemment en pays de montagnes, la consultation d'une carte fournira, par un simple coup d'œil, la donnée nécessaire au calcul de la base.

C'est en appliquant cette règle que j'ai fait depuis plusieurs années, particulièrement dans la région de Chamonix et des gorges du Tarn, des centaines d'épreuves à grand relief qui m'ont toujours donné toute satisfaction.

### **Généralisation de la méthode hyperstéréoscopique.**

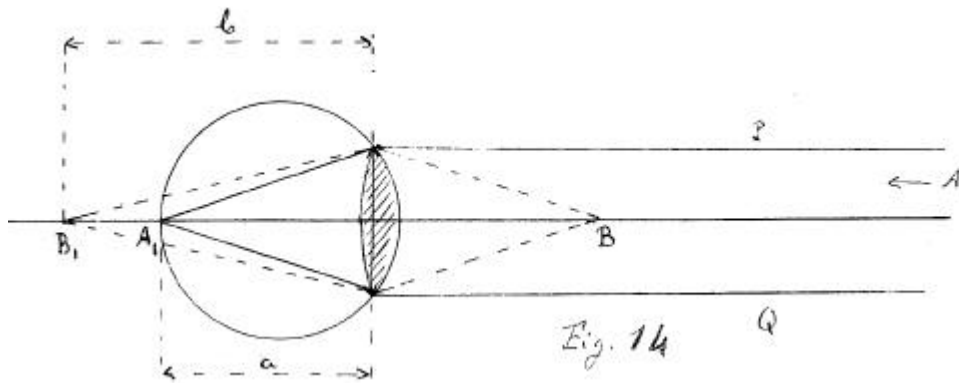
Nous avons supposé, dans ce qui précède, que le sujet à photographier est un paysage dont les premiers plans sont à une distance de deux cents mètres au moins, et dont les derniers sont suffisamment éloignés pour pouvoir être considérés comme rejetés à l'infini. Ce cas se présente fréquemment en pays de montagne, mais il n'est qu'un cas particulier. On peut employer l'hyperstéréoscopie dans des conditions plus générales en l'appliquant à un objet qui se trouve déjà, en tout ou en partie, dans la zone de vision binoculaire et en le ramenant, par voie stéréoscopique dans une région plus rapprochée de cette zone où le relief se fera sentir avec plus d'intensité.

Nous avons vu que pour fixer un point situé à la distance de 3 mètres environ, l'effort d'accommodation à faire est pratiquement le même que pour en fixer un autre placé plus loin à une distance quelconque.

Supposons que nous fixions un point A1 situé à une distance comprise entre zéro et 3 mètres, nous devons faire un certain effort d'accommodation. Si le point passe en A2 à une distance plus grande, l'effort d'accommodation devra varier. Si la distance A1 A2 est assez petite pour que la variation de l'effort d'accommodation tombe au-dessous des limites appréciables, on verra nettement à la fois tous les points de la zone comprise entre A1 et A2. Si le point A1 était à 3 mètres, le point A2 serait rejeté à l'infini ; l'épaisseur de la zone en question serait infinie. Mais si A1 est, comme nous le supposons, à une distance moindre que trois mètres, l'épaisseur de cette zone prend une valeur finie. Proposons-nous de la calculer.

Pour cela revenons à l'expérience qui nous a permis d'évaluer la distance hyperfocale de l'œil.

Soit  $a$  la profondeur de l'œil comptée à partir de son centre optique (ou, plus correctement, de son second point nodal) (Fig. 14). Quand nous regardons un point très éloigné A les muscles du cristallin sont complètement relâchés : l'effort d'accommodation est nul. L'image du point éloigné se forme en A' sur la rétine, si l'on a affaire, comme nous le supposons, à un œil normal. Cela revient à dire que le faisceau de lumière P Q émané du point A et qu'on peut considérer comme parallèle puisque ce point est très éloigné, converge exactement sur cette rétine. La distance focale du système optique de l'œil est alors précisément  $a$ .



Pour ce même état d'accommodation l'image d'un point B situé à une distance de 3 mètres, ne se forme plus exactement sur la rétine : elle tend à se former un peu plus loin, en B1 à une distance  $b$  qu'on évaluera facilement en appliquant la formule classique des lentilles.

On aura ainsi :

$$1/3m + 1/b = 1/a \quad (1)$$

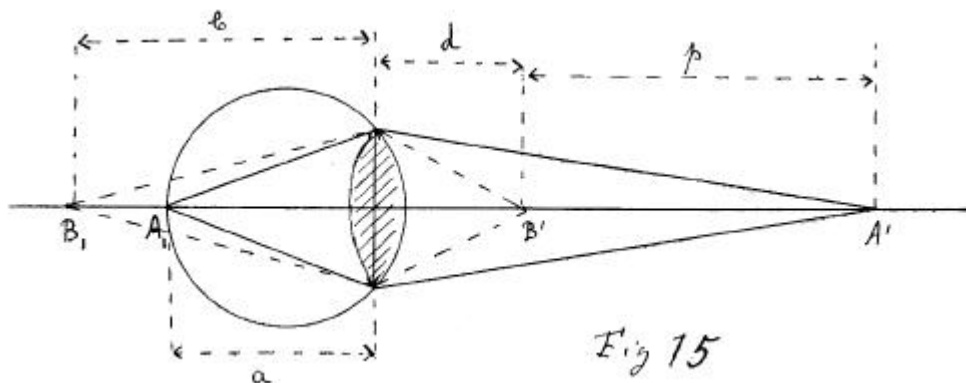
d'où

$$1/b = 1/a - 1/3 = (3 - a)/3a$$

$$b = 3a/(3 - a)$$

Si, dans ces conditions, on voit nettement le point B en même temps que le point A cela tient à ce que le pouvoir séparateur de l'œil n'est pas illimité : La tache lumineuse formé sur la rétine par son intersection avec le cône de sommet B1 est assez petite pour que l'œil la confonde encore avec un point.

Puisqu'on voit nettement à la fois les points A et B il en sera de même chaque fois que nous remplacerons le système de ces deux points A et B, par un système de deux autres A' et B', situés respectivement aux distances  $d$  et  $(d + p)$  (fig. 15), si nous pouvons faire en sorte que leurs deux images se forment exactement aux mêmes points A1 et B1, que dans le premier cas. Pour que l'image de A' se forme en A1 il suffit de faire l'effort d'accommodation relatif à la distance  $(d + p)$  qui sépare ce point de l'œil.



Cet effort d'accommodation donne au système optique de l'œil une nouvelle distance focale ? Inférieure à  $a$  et l'image de A' se forme exactement en A1, sur la rétine, si l'on a :

$$1/(d + p) + 1/a = 1/?$$

Pour le même état d'accommodation, c'est-à-dire pour la même distance focale ? de l'œil, l'image de B' se formera en B1, si la distance  $d$  satisfait à la condition :

$$1/d + 1/b = 1/?$$

Les deux expressions (2) et (3) nous donnent par soustraction :

$$1/d - 1/(d + p) + 1/b - 1/a = 0$$

ou :

$$1/d - 1/(d + p) = 1/a - 1/b$$



c'est-à-dire, en tenant compte de la relation (1) :

$$1/d - 1/(d + p) = 1/3$$

d'où l'on tire successivement :

$$\begin{aligned} 1/(d + p) &= 1/d - 1/3 = (3 - d)/3d \\ d + p &= 3d/(3 - d) \\ p &= 3d/(3 - d) - d = (3d - 3d + d^2)/(3 - d) \end{aligned}$$

c'est-à-dire enfin :

$$p = d^2/(3 - d) \quad (4)$$

En résumé, on peut dire qu'à chaque distance  $d$  correspond une zone dont tous les points exigent pratiquement le même effort d'accommodation. L'épaisseur  $p$  de cette zone est donnée par la formule (4) : elle augmente très rapidement avec la distance  $d$ .

À la distance minima de vision distincte ( $d = 0\text{m}30$  environ), elle vaut :

$$p = (0\text{m}30)^2/(3 - 0,30) = 0,09/2,70 = 9/270 = 1\text{m}/30$$

soit 3 centimètres environ.

Pour  $d = 1$  mètre, elle atteint déjà 50 centimètres.

Enfin, pour  $d = 3$  mètres, elle devient infinie comme nous le savions déjà.

Nous sommes maintenant en mesure de comprendre ce que nous aurons à faire quand nous voudrons reproduire par voie hyperstéréoscopique un objet quelconque, d'épaisseur indéfinie ou non, de manière que sa reconstitution stéréoscopique nous fournisse la sensation de relief la plus complète possible, sans trouble de la part du phénomène d'accommodation.

Nous calculerons notre base de manière que si l'objet reconstitué par le stéréoscope a son premier plan à la distance  $d$ , sa profondeur  $p$  ne dépasse pas la valeur correspondante donnée par la formule (4).

Pour faire ce calcul, nous désignerons par :

$B$  la longueur de la base.

$b$  l'intervalle des yeux.

$D$  la distance des objectifs au premier plan du sujet à photographier.

$d$  la distance des yeux au premier plan de l'objet reconstitué dans le stéréoscope ( $d$  ne doit pas être inférieur à la distance minima de vision distincte, soit  $0\text{m}30$  environ).

$P$  la profondeur du sujet, c'est-à-dire la distance qui sépare le premier plan du dernier.

$p$  la profondeur de l'objet reconstitué qui est rattachée à  $d$  par la formule (4) si l'on veut utiliser toute l'épaisseur de la zone correspondante d'accommodation constante.

Ces six quantités sont liées, d'après tout ce qui a été vu plus haut par les relations :

$$B/b = D/d = P/p$$

avec la condition :

$$p = d^2/(3 - d)$$

Ceci donne :

$$B/b = D/d = P/(d^2/(3 - d))$$

Ces trois rapports égaux équivalent aux deux équations :

$$B/b = D/d \quad (5)$$

et :

$$D/d = P/(d^2/(3 - d)) \quad \text{ou} \quad D = P(3 - d)/d \quad (6)$$

L'équation (6) donne la valeur de  $d$  en fonction des données  $P$  et  $D$ . On trouve successivement, en résolvant cette équation par rapport à  $d$ .

$$\begin{aligned} Dd &= 3P - Pd \\ d(P + D) &= 3P \\ d &= 3P/(P + D) \end{aligned}$$

En portant alors cette valeur de  $d$  dans l'équation (5) on aura

$$B/b = D/(3P/(P + D)) = D(P + D)/3P$$

C'est-à-dire :

$$B = bD(P + D)/3 P$$

et comme, en pratique, on a  $b = 0,063$ , cela donne :

$$B = (0,063/3) \cdot D(P + D)/P$$

ou :

$$B = 0,021 D(P + D)/P$$

Le calcul pratique de B se présentera souvent d'une manière plus simple si l'on remplace, comme nous l'avons déjà fait, le coefficient 0,021 par 1/50 ou 2/100

On aura ainsi la formule définitive :

$$B = 2D (P + D)/100 P \quad (7)$$

Telle sera la base maxima à adopter pour un sujet de profondeur P dont les premiers plans seront à la distance D de la base d'opérations. En particulier, pour P infini, cette expression nous donne

$$B = 2D/100$$

Ou :

$$B = D/50$$

résultat déjà trouvé en raisonnant directement sur ce cas particulier.

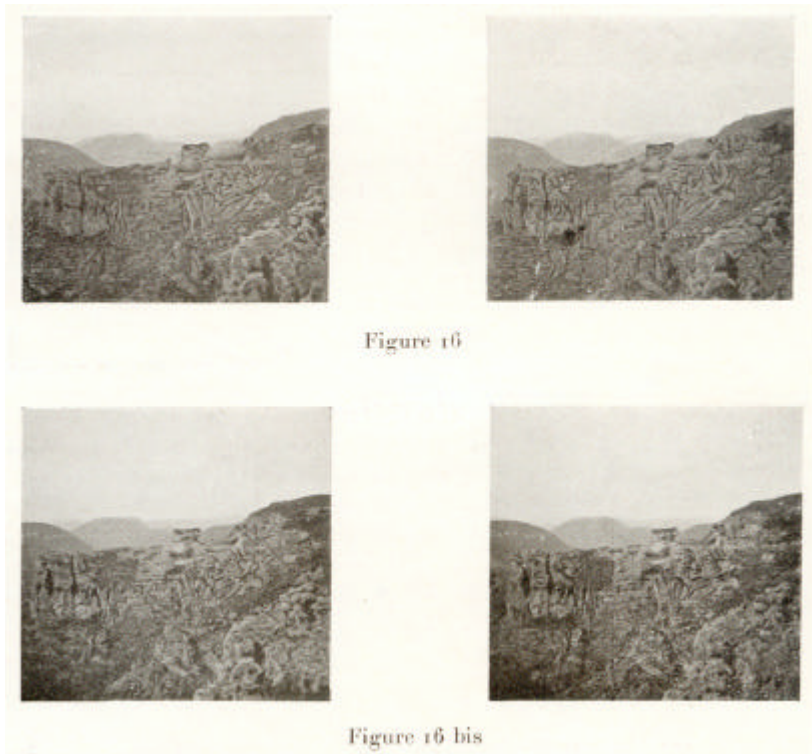
Cette formule (7) résume, pour tous les cas possibles, ce qu'il y a à faire pour obtenir, dans de bonnes conditions, une épreuve hyperstéréoscopique donnant le relief le plus vif possible, sans que son examen provoque de fatigue ou de trouble dans l'illusion de l'objet reconstitué. *C'est la seule formule que le praticien ait à retenir et à appliquer.* Nous l'utiliserons pour quelques exemples pratiques dans le prochain numéro du Bulletin,

### **1er Exemple.**

*D'un sommet élevé, on voudrait photographier un massif montagneux que l'on domine suffisamment pour que la vue soit dégagée jusqu'à l'horizon : les premiers plans sont à 300 mètres. Quelle longueur de base devra-t-on adopter ?*

On se trouve dans le cas d'un sujet de profondeur indéfinie. La longueur doit être le 1/50e de la distance des premiers plans. Il est commode, pour faire ce calcul, de remarquer que cela équivaut à 2 mètres de base pour chaque hectomètre de distance des premiers plans. Ici cette distance étant 3 hectomètres, la base sera de 6 mètres.

L'épreuve reproduite sur la figure 16 bis a été obtenue dans ces conditions. Elle représente une vue de la vallée du Tarn, prise du rocher dit « le Vase de Sèvres » au Rozier Peyreleau. Les premiers plans de cette vue sont formés par les massifs rocheux de Capluc. La figure 16 donne la même vue avec le relief normal : écart des objectifs : 63 m/m



## 2e Exemple.

*D'un sommet de hauteur moyenne, on voudrait photographier un massif montagneux plus éloigné qui masque l'horizon à la distance de 11 kilomètres. Le premier plan du massif est à 4 kilomètres. Quelle doit être la longueur de la base ?*

La profondeur P du sujet est, d'après les données précédentes, égale à  $11 - 4 = 7$  kilomètres. On emploiera pour calculer la base la formule (7).

$$B = 0,021 D(P + D)/P = B = 2D (P + D)/100 P \quad (7)$$

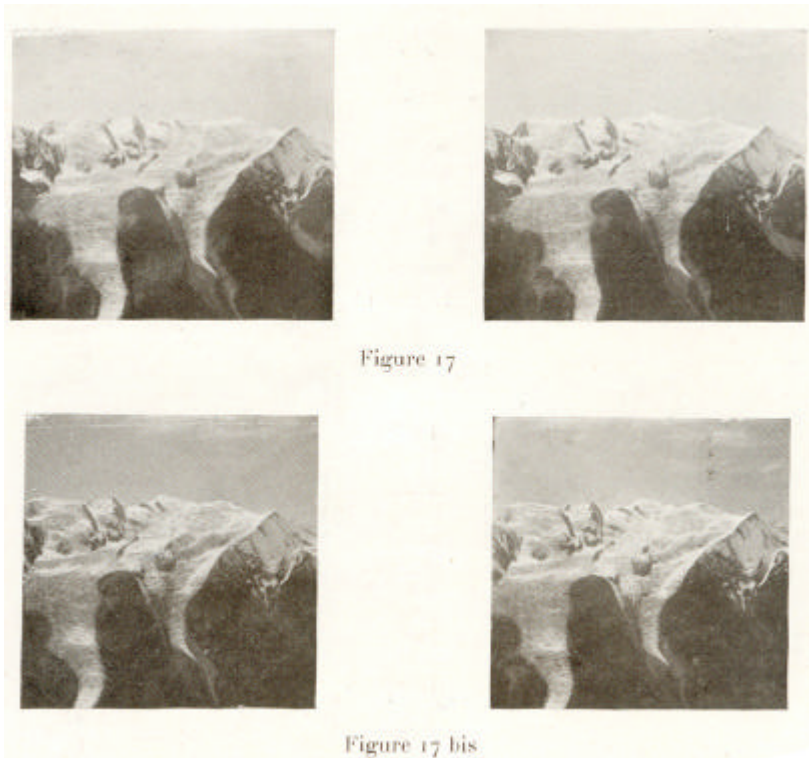
Le coefficient numérique 0,021, remplacé par 2/100 a été calculé de manière que la valeur de B soit exprimée en mètres, à la condition que P et D soient exprimés eux-mêmes en mètres dans l'application de cette formule. On aura ainsi pour l'exemple que nous traitons :

$$B = 2 \cdot 4000 \cdot 11\,000 / 100 \cdot 7.000 = 2 \cdot 4 \cdot 110 / 7 = 880 / 7$$

c'est à dire :

$$B = 126 \text{ mètres}$$

Cet exemple se rapporte au cas du massif du Mont Blanc vu des flancs du Brévent. La figure 17 bis ci-jointe donne le résultat obtenu d'après ce calcul. La figure 17 donne la même vue avec le relief normal.



### 3e Exemple.

*On voudrait photographier un buste de plâtre placé devant une tenture. La distance du premier plan du sujet à la tenture est 0m30. Pour que ce sujet se présente avec des dimensions convenables sur la plaque sensible, le recul de l'appareil doit être de 1m50. Evaluer la base à adopter pour avoir le relief le plus vif possible.*

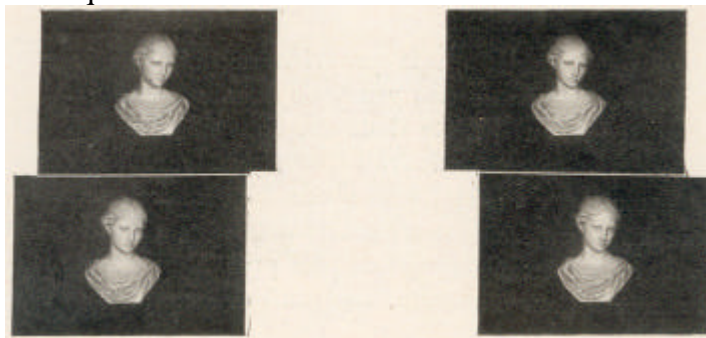
On a ici :

$$D = 1m50 \quad P = 0m30$$

d'où :

$$B = 2 \cdot 1,50 \cdot 1,80 / 100 \cdot 0,30 = 3 \cdot 1,80 / 30 = 1,80 / 10 = 0m18$$

La figure 13 bis que nous avons déjà donnée précédemment (numéro de décembre 1910) correspond à cet exemple, avec la figure 13 qui donne le relief normal.



Figures 13 et 13 bis  
Buste photographié à la distance de 1m50

Lorsque le calcul précédent donne comme résultat une base un peu longue, on peut ne pas trouver, sur le terrain dont on dispose, deux stations au même niveau, séparées par cette distance. L'expérience m'a montré maintes fois qu'il n'y a pas lieu de se préoccuper d'une différence de niveau de quelques mètres pour une base de 100 mètres, par exemple. On a, malgré cette différence de niveau, une bonne reconstitution stéréoscopique du sujet.

L'emploi des diverses formules précédentes suppose que, dans les deux poses faites aux extrémités de la base, les axes des objectifs sont parallèles. On obtient ce résultat lorsque le sujet a ses derniers plans très éloignés et qu'on prend un repère sur ces derniers plans pour l'amener à coïncider avec le réticule du viseur dans chacune des poses.

Si le point de repère adopté était sur les premiers plans, les chambres seraient convergentes. On sait qu'il peut en résulter des inconvénients. Toutefois quand les premiers plans du sujet sont un peu éloignés (à 200 mètres par exemple) l'angle de convergence ne dépasse pas un degré, même quand le point de repère est pris sur ces premiers plans. Cet angle est trop faible pour amener un inconvénient appréciable. On pourra donc choisir pour l'orientation de l'appareil aux deux stations, le point de repère qui paraîtra le plus commode sur le sujet.

Si l'on ne trouve pas un point de repère convenablement placé et facile à reconnaître à mettre sous la croisée des traits du réticule du viseur, on trouvera toujours sur toute la longueur du trait horizontal, d'une part, et sur toute celle du trait vertical d'autre part, ou sur les deux bords horizontaux et verticaux du viseur, deux points remarquables qu'on ramènera sur ces mêmes lignes quand on orientera l'appareil après l'avoir transporté à la deuxième station.

Pour un objet peu éloigné qu'on voudra reproduire par voie hyperstéréoscopique, on évitera la convergence des objectifs en maintenant le plan de la plaque sensible parallèle à la direction de la base dans les deux visées.

Il suffira alors de choisir un repère sur le trait horizontal du viseur à la première station et on se contentera de le ramener sur ce même trait, pour orienter l'appareil dans le sens vertical lors de la seconde pose. L'orientation dans le sens horizontal résultera du maintien de la plaque sensible dans une direction parallèle à la base.

### **Examen d'un cas particulier dans lequel la perception du relief stéréoscopique ne s'exerce pas sur un objet à 3 dimensions bien que cet objet se trouve dans la zone efficace de vision binoculaire.**

En discutant la cause de perception du relief par voie binoculaire, nous avons reconnu qu'elle a son origine dans la dissemblance des deux images perçues par les deux yeux. Il en résulte que si un objet avait une forme telle, que tout en ayant des dimensions en profondeur, il fournisse aux deux yeux des images identiques, nous ne percevrions pas pour lui ce relief par la vision binoculaire.

Cela aurait lieu, par exemple, si l'objet était exclusivement composé de lignes parallèles toutes dirigées horizontalement, comme un faisceau de fils télégraphiques non situés tous dans un même plan vertical.

Supposons que nous prenions une épreuve stéréoscopique d'un pareil faisceau en orientant la ligne des objectifs parallèlement à l'ensemble des fils. Il est évident que l'image droite sera absolument identique à l'image gauche. Aussi l'observation d'une pareille épreuve dans un stéréoscope ne donne aucune sensation de relief. Si l'épreuve n'a pas été prise de très près, de manière qu'il n'y ait pas de différence appréciable dans la grosseur apparente des fils, il est impossible de distinguer dans le faisceau quels sont les fils les plus rapprochés ou les plus éloignés. L'ensemble produit une impression analogue à celle que produiraient les lignes d'une portée de musique qui sont toutes dans un même plan.

Mais il n'en serait pas de même si dans l'exécution de la photographie, on orientait la ligne des objectifs dans une direction perpendiculaire à celle des fils. Les fils du premier plan formeraient alors repère par rapport à ceux des plans postérieurs et leur distribution dans l'espace apparaîtrait alors avec une parfaite netteté.

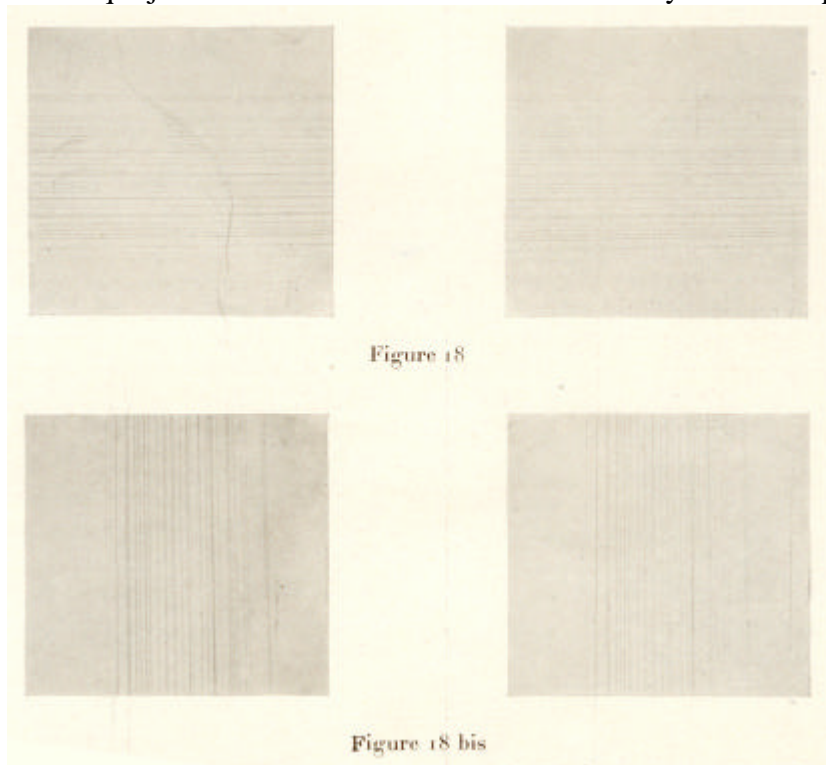
Au lieu d'opérer par voie photographique, il est facile de faire cette expérience, très intéressante et très curieuse, par voie binoculaire directe. Nous en trouvons l'occasion dans un voyage en chemin de fer.

Regardons d'abord, à la manière habituelle, par la portière du wagon, les lignes télégraphiques qui bordent la voie : la ligne des yeux sera parallèle aux fils. Nous n'aurons pas la sensation stéréoscopique et si nous

ignorons la véritable forme du faisceau, ce n'est que très difficilement et avec de nombreuses chances d'erreur, que nous la devinerons dans ces conditions.

Mais inclinons la tête sur l'une des épaules, de manière que la ligne des yeux devienne verticale : immédiatement l'aspect du faisceau se transforme d'une manière surprenante : les divers fils se localisent dans l'espace avec une netteté merveilleuse et nous trouvons là une des meilleures occasions d'apprécier l'efficacité de la dissemblance des images rétiniennes dans la perception du relief.

Nous conseillons vivement aux lecteurs du Bulletin de faire cette expérience qui frappe d'étonnement les profanes ignorants du rôle que joue le fonctionnement simultané des deux yeux dans la perception du relief.



À cause de la netteté du résultat obtenu, nous avons cru intéressant de reproduire figures 18, 18 bis, les photographies d'un faisceau touffu de fils télégraphiques, obtenues dans ces conditions. L'épreuve 18 est celle qui a été faite à la manière ordinaire. Pour l'épreuve 18 bis, la ligne des objectifs était orientée perpendiculairement aux fils. Dans l'examen de cette dernière épreuve au stéréoscope, les fils apparaissent naturellement dans une direction perpendiculaire à celle dans laquelle on a l'habitude de les voir : ils semblent tendus verticalement.

Nous limitons ici cette longue discussion sur la vision binoculaire, car nous craignons d'avoir déjà abusé de l'attention des lecteurs du Bulletin. Ils auront pu se convaincre, par tout ce qui précède, que bien que la perception du relief par le fonctionnement simultané des deux yeux repose sur un fait très simple en principe, les divers problèmes qui peuvent se poser sur la question ne sont pas sans présenter souvent des complications dont la solution un peu délicate exige quelque effort d'attention.

Paris, 12 mars 1910.

E. COLARDEAU.

N° 55 à 61