

# Les cahiers pratiques de l'AFO

N°3

La stéréoscopie



# LA STÉRÉOSCOPIE

Benoît Rousseau<sup>1</sup>, orthoptiste

## 1. INTRODUCTION

### Définition

La Stéréoscopie est la forme la plus raffinée du système visuel en général et la vision binoculaire en particulier. Sa présence et sa bonne qualité signent l'existence d'une vision binoculaire normale et l'absence de strabisme.

C'est, pour un observateur donné, la capacité à percevoir les distances relatives d'un objet observé. En un mot, la stéréoscopie est la capacité de percevoir le relief.

Cette définition simplifiée est valable dans tous les domaines... sauf en orthoptique et en strabologie !

En effet, en dehors de notre monde strabologique, la perception du relief peut être appréciée via des éléments monoculaires (parallaxe, taille relative d'objets connus, ombres et lumière, perspective géométrique, texture des surfaces, contours).

Dans le domaine de la strabologie, seuls les éléments binoculaires permettant l'appréciation du relief nous intéresseront pour apprécier et quantifier l'acuité stéréoscopique.

Pour son établissement, la stéréoscopie nécessite donc la présence de conditions rigoureuses :

- un système visuel performant avec, en particulier, l'absence d'amblyopie
- la possibilité d'un alignement correct des directions visuelles principales sur l'objet fixé, donc, la présence d'une fusion motrice sans anomalie
- une correspondance rétinienne normale établie
- une fusion sensorielle correcte.

La stéréoscopie est une fonction dépendant de la distance que l'on va tester cliniquement avec des tests appropriés. Elle se mesure en seconde d'arc. La valeur maximum de l'acuité stéréoscopique varie selon les études de 1,6 à 24 secondes d'arc.

De nombreuses études expérimentales associant les stéréogrammes à points aléatoires, la technique du regard préférentiel et l'enregistrement des potentiels évoqués visuels montrent que la vision stéréoscopique n'apparaît pas avant l'âge de deux mois et qu'elle est par contre présente chez tous les enfants vers l'âge de 6 ou 7 mois. De manière assez étonnante, la maturation de cette fonction est plus rapide que celle de l'acuité visuelle !

---

<sup>1</sup> Benoît Rousseau, Orthoptiste. Institut Mutualiste Montsouris. Département d'Ophtalmologie. 42 Boulevard Jourdan. 75014 Paris. Courriel : webmestre@orthoptie.net

## Rappels historiques

Historiquement, on doit à Charles Wheatstone (1) (figure 1) la première description, en 1838, du principe de la perception du relief grâce à la vision binoculaire. Il conçut aussitôt des couples stéréoscopiques de dessins, puis de photographies stéréoscopiques et inventa l'appareil permettant de les observer en relief: le stéréoscope à miroirs (figure 2).



Figure 1:  
Charles Wheatstone (1802-1875)  
(Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Wheatstone](https://fr.wikipedia.org/wiki/Charles_Wheatstone))

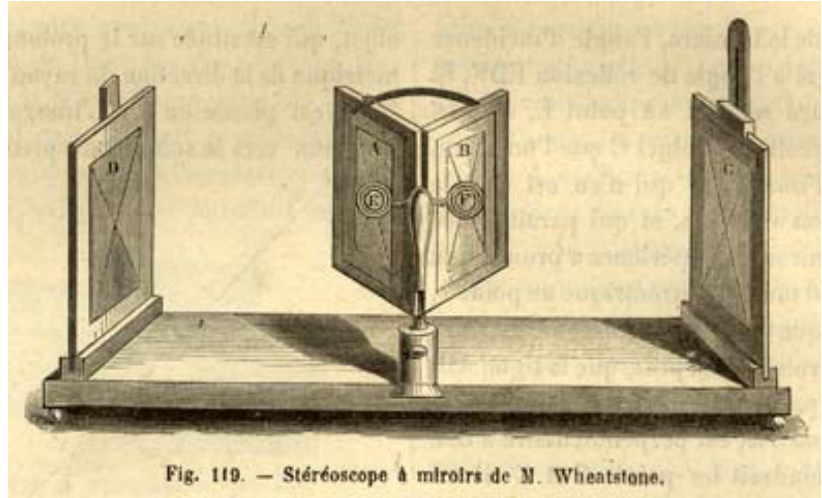


Figure 2:  
Stéréoscope à miroirs de Wheatstone  
(Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Wheatstone](https://fr.wikipedia.org/wiki/Charles_Wheatstone))

Cet appareil fut amélioré en 1849 par David Brewster (2) (figure 3) en 1849, le rendant plus léger et portatif (figure 4).



Figure 3:  
Sir David Brewster (1781-1868)  
(Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/David\\_Brewster](https://fr.wikipedia.org/wiki/David_Brewster))

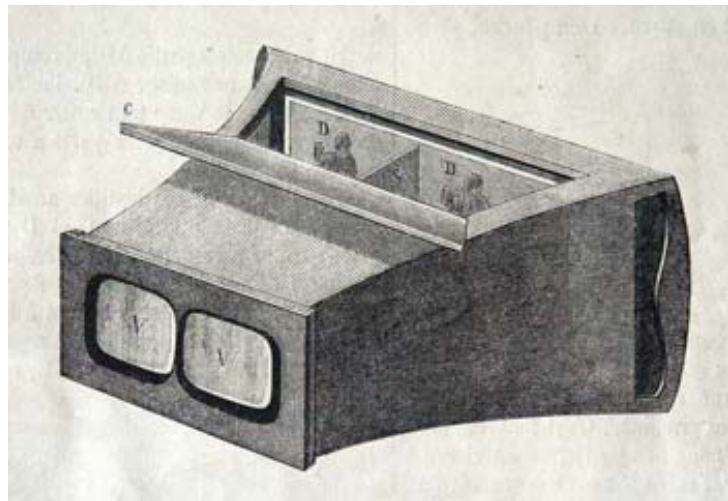


Figure 4:  
Stéréoscope à deux lentilles de Brewster  
(Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/David\\_Brewster](https://fr.wikipedia.org/wiki/David_Brewster))

En 1863, Louis Emile Javal (3) (figure 5) appliqua ces principes au traitement du strabisme (figure 6); techniques améliorées à partir de 1893 par Claude Worth (figure 7) avec son «Grand Amblyoscope»; ancêtre du synoptophore (figure 8).

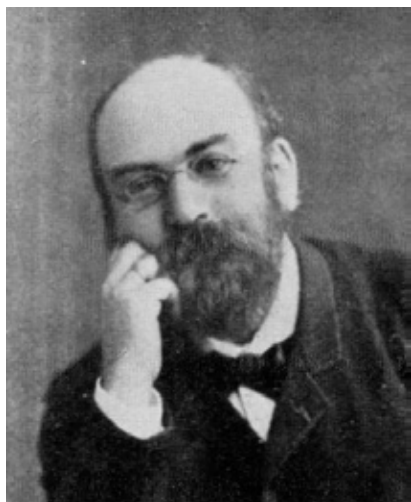


Figure 5:  
Louis Emile Javal (1839-1907)  
(Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89mile\\_Javal](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89mile_Javal))

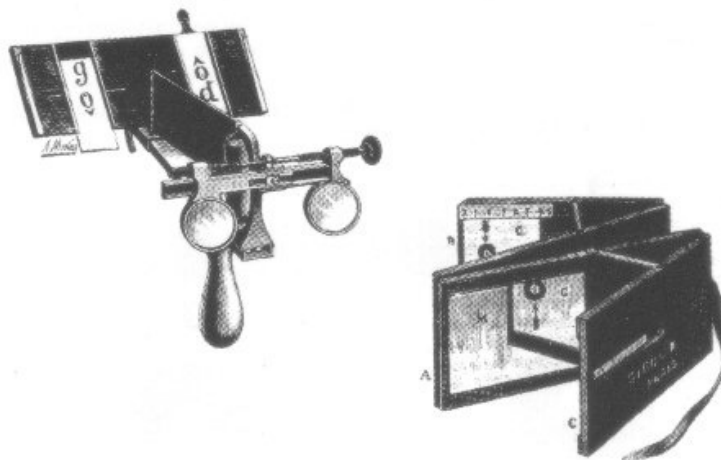


Figure 6:  
Stéréoscope à 5 mouvements et stéréoscope à charnière de Javal  
(Source : in E. Javal: « Manuel du strabisme ». Masson. 1896)



Figure 7:  
Claude Worth (1869-1936)  
(Source : [https://en.wikipedia.org/wiki/Claud\\_Worth](https://en.wikipedia.org/wiki/Claud_Worth))



Figure 8:  
Grand amblyoscope de Worth  
(Source : <https://visionhelp.wordpress.com>)

On a peine à imaginer aujourd'hui l'engouement que ces appareils suscitèrent jusqu'à l'aube du XX<sup>e</sup> siècle. Il n'était pas une famille bourgeoise de France, du Royaume Uni ou des États-Unis où le stéréoscope n'avait pas sa place dans le salon. La vogue de la stéréoscopie entre 1838 et 1930 est à comparer avec l'arrivée de la télévision dans les foyers des années 60 ou de l'internet dans les années 2000...

## Rappels physiologiques

Quatre conditions nécessaires sont indispensables pour l'établissement d'une vision binoculaire de qualité :

1. Les images des 2 yeux doivent être de bonnes qualités et de même qualité. Cela signifie qu'il faut obtenir une bonne acuité visuelle des deux yeux et donc une absence d'amblyopie.
2. L'orientation des 2 axes visuels doit se faire dans la même direction. Il ne doit donc pas y avoir de strabisme.
3. Le traitement du signal doit être possible ce qui sous tend la présence d'une correspondance rétinienne normale.
4. L'existence d'une fonction cérébrale spécifique, la stéréoscopie qui est donc le stade ultime du bon fonctionnement du système visuel.

Le relief est la capacité de construire une perception de la profondeur au moyen de la disparité horizontale. C'est construire une image en 3D à partir de deux images 2D. Cela suppose une analyse de la ressemblance (Fusion) et une analyse de la différence (Stéréoscopie). L'acuité visuelle est un pouvoir séparateur frontal; la stéréoscopie est un pouvoir séparateur sagittal » (Charles Rémy). On parle de « Stéréoscopie » quand on parle de la vision naturelle du relief alors qu'on devrait parler de « Stéréopsis » quand le sujet est la vision artificielle du relief; comme c'est le cas dans l'ensemble des tests que nous utilisons en clinique courante. L'usage assimile malheureusement l'un à l'autre...

La valeur seuil de la stéréoscopie varie selon les études et les auteurs de 5 à 15" d'arc soit 4cm à 100m. Cette performance augmente avec l'écart interpupillaire (EIP) et l'écart entre les cibles. La performance diminue par contre avec la distance. On considère qu'au-delà de 3km, ce n'est plus la stéréoscopie qui nous permet de nous repérer et de nous positionner dans l'espace (4)

## 2. LE RELIEF

La stéréoscopie est donc la forme la plus raffinée du système visuel. Sa présence signe donc l'existence d'une vision binoculaire normale et aussi une absence de strabisme permanent. Elle se mesure en seconde d'arc dont le symbole est « " ». Elle est maximum entre 1,6 et 24". Toutefois, dans la vie courante, la perception du relief repose à la fois sur des éléments monoculaires et des éléments binoculaires. Ces derniers participent à la stéréoscopie.

Toutefois, un sujet monoptalme n'est pas pour autant un « aveugle du relief » puisque des éléments monoculaires lui permettent de se positionner dans l'espace :

- La parallaxe (figure 9): Si on regarde à deux choses en même temps, l'une étant plus proche de l'autre, et que l'on se déplace, la plus proche se déplacera plus vite...



Figure 9:  
Parallaxe  
(Source: <http://www.strabismus.nl/>)

- La taille relative d'objets connus (figure 10): Si un sujet de taille connu apparaît plus grand qu'un autre, il est le plus proche!

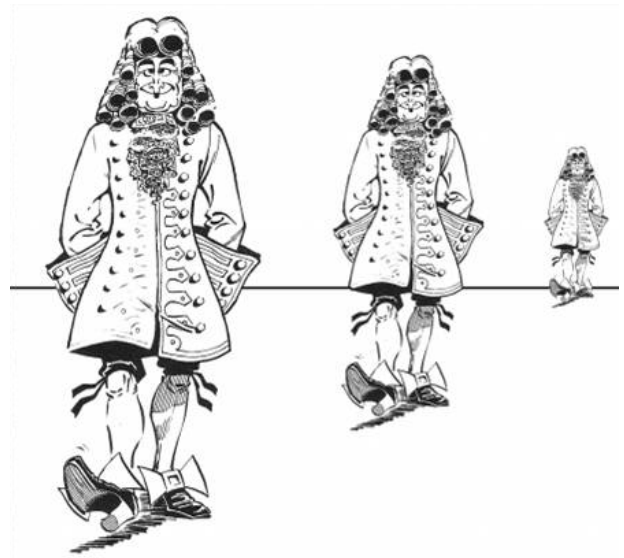


Figure 10:  
Taille relative d'objets connus  
(D'après M. Gotlib. Rubrique à Brac.  
L'intégrale. Dargaud. 2010)

- Les ombres et la lumière (figure 11): L'angle d'incidence de l'éclairage peut donner plus ou moins de relief à l'image plane perçue;

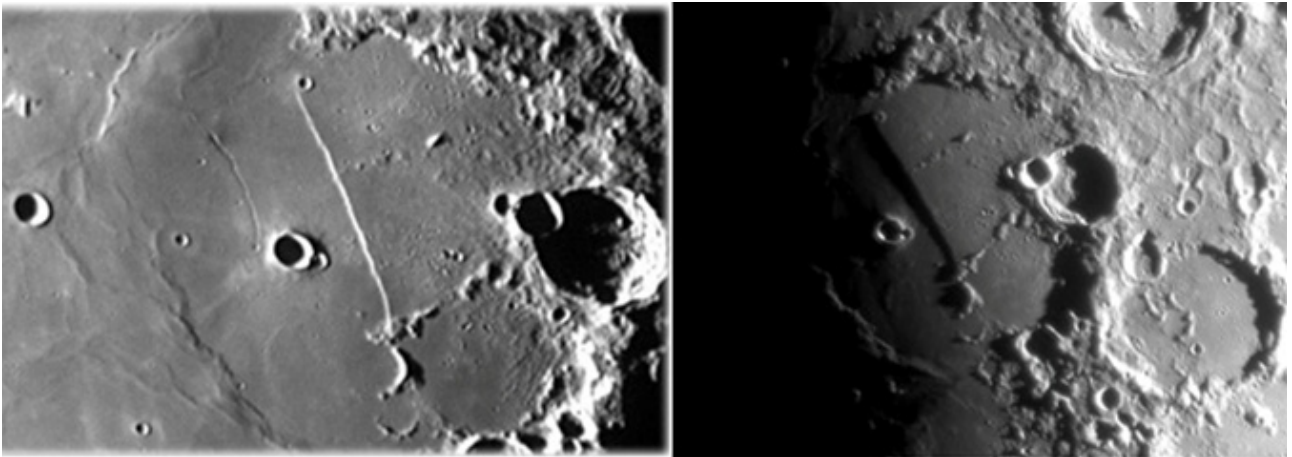


Figure 11:  
Ombres et lumière  
(Rupes Recta, falaise lunaire située dans la partie sud-est de la Mare Nubium sur la face visible de la Lune, vue sous deux conditions d'éclairage. A droite, l'ombre portée due à un éclairage rasant donne un effet de relief sur une image pourtant en deux dimensions)

- La perspective géométrique (figure 12): Les rails parallèles d'une voie de chemin de fer semblent se rapprocher au fur et à mesure qu'ils s'éloignent de l'observateur;



Figure 12:  
Perspective  
(Source: <http://www.strabismus.nl/>)

- Les contours (figure 13): Si un objet est devant un autre mais ne l'occulte pas totalement, il rompt les contours de l'objet le plus éloigné... L'objet non masqué donne l'impression d'être le plus près !

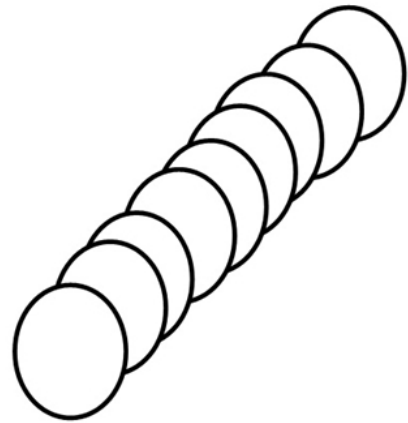


Figure 13:  
Contours

### 3. TESTS DE VISION STÉRÉOSCOPIQUE

#### Descriptions, intérêts, limites

Un couple stéréoscopique (ou stéréotest) est composé de deux figures analogues ; chacune étant perçue par un seul œil par un procédé haploscopique. Les procédés haploscopiques sont nombreux : stéréoscope, synoptophore ou plus simplement procédé anaglyphe avec impression en deux couleurs et utilisation de lunettes à filtres colorés.

Les petites disparités de position relative des éléments entre eux engendrent la sensation de relief.

Au début des années 70, le neurophysiologiste Béla Julesz (5) a développé le concept de stéréotest à points aléatoires dans lesquels chaque partie du test est constituée de points disposés apparemment au hasard.

En vision monoculaire, l'observateur ne perçoit qu'un ensemble de points dans lequel aucune forme ne se dégage.

Quand le stéréotest est perçu binoculairement (quand l'observateur fusionne...) les points paraissant situés approximativement à une même distance de l'observateur sont interprétés comme appartenant à une même forme. Une ou plusieurs formes peuvent ainsi être détectées. Le principe de construction d'un stéréotest à points aléatoires est (relativement) simple. On commence d'abord par définir le fond et la forme pour les deux parties du stéréotest, en introduisant un décalage entre ces deux éléments pour induire la stéréoscopie.

Le fond et la forme sont ensuite « recouverts » par deux trames différentes mais de même type pour permettre un camouflage parfait. Si le stéréotest est fusionné, la forme apparaîtra à une profondeur différente du fond ce qui permettra au sujet testé de percevoir le relief. (6)

Dans notre pratique courante, plusieurs tests utilisent ce mode de construction où le sujet ne peut reconnaître les formes présentées que si la vision stéréoscopique est normale et de bonne qualité. Si le test est bien conçu, il ne peut y avoir de faux positif.

Dans cette famille, nous trouverons le TNO, les tests en vision de loin de Weiss et les tests de Lang I et II.

L'analyse clinique rigoureuse de la stéréoscopie ne devrait se faire qu'avec des tests utilisant le principe des stéréotests à points aléatoires. Les autres procédés comportent le plus souvent des éléments pouvant être perçus de façon monoculaire, ou sont trop grossiers pour avoir un réel intérêt clinique.

Un test stéréoscopique est donc nécessaire pour analyser cliniquement la stéréoscopie. Classiquement, nous l'avons dit plus haut, il est composé de 2 figures analogues. On présente aux deux yeux de deux figures planes en intégrant un petit degré de disparité entre les deux figures. Les deux figures doivent être suffisamment similaires pour ne pas engendrer de rivalités. Les éléments monoculaires doivent aussi être éliminés. Le rendu stéréoscopique est donné par un artifice (figure 14);

- Septum
- Lunettes anaglyphiques
- Verres polarisés
- « Free viewing »



Figure 14:  
Différents moyens pour obtenir un rendu stéréoscopique. À gauche, des verres polarisés. À droite, des lunettes anaglyphes. Au centre, le procédé de « free viewing », sans artifice; uniquement en sollicitant la fusion; le plus souvent en convergence!  
(Photo: Benoît Rousseau)

En pratique, il existe de très nombreux tests stéréoscopiques (figure 15) parmi lesquels on peut citer :

- Le test des deux crayons de Lang
- Le test de Titmus ou de Wirt
- Les stéréotests de Lang I et II
- Le test de TNO
- Le Randot
- Le test RDE (ou E de Reinecke)
- Les tests de Frisby
- Le synoptophore
- Les tests de J.B. Weiss (« Chat » et « EKW »)



Figure 15:  
Une belle collection de tests stéréoscopiques  
(Photo: Benoît Rousseau)

Tous ne sont pas utiles; tous ne sont pas utilisés; tous n'ont pas la même utilité. Nous nous contenterons d'en citer quelques uns:

### **Le test des deux crayons de Lang: (figure 16):**

Il s'agit d'un test n'utilisant aucun artifice mais simplement deux crayons et un écran. Le patient tient verticalement un crayon et on lui demande de placer le bout de son crayon sur celui tenu (aussi verticalement) par l'examineur avec un œil caché puis les deux yeux ouverts. Avec un œil caché, le patient pointe à côté de la cible; les deux yeux ouverts, et en présence d'une vision stéréoscopique, le résultat s'améliore de façon spectaculaire. Il s'agit d'un test simple et rapide mais permettant d'affirmer la présence d'une stéréoscopie mais ne permettant pas sa quantification.



Figure 16:  
Test des 2 crayons

### **Le test de Titmus ou de Wirt: (figure 17):**

Le test de Wirt est constitué d'images polarisées que le sujet regarde à travers des lunettes polarisées. Ces images sont perçues en relief en cas de vision binoculaire.

Le test comprend trois parties: la mouche, les animaux et les pions. Il est étalonné pour une distance de 40cm et la disparité des divers éléments varie de 1000 à 40s d'arc.

La mouche, dont le sujet doit pincer les ailes, correspond à une acuité stéréoscopique de 1000s d'arc. Les animaux, dont trois sont vus en relief, correspondent à une acuité stéréoscopique de 400, 200 et 100s d'arc. La série de 9 carrés comportant quatre pions dont un est en relief passe progressivement de 800 à 40s d'arc.

C'est un test très couramment utilisé, en particulier chez les enfants du fait de sa simplicité.

Mais il n'étudie pas une stéréoscopie très fine et, ne reposant pas sur le principe des stéréotests à points aléatoires, le relief peut être perçu en monoculaire jusqu'à environ 120s d'arc en se fiant uniquement au décalage des pions.

Par ailleurs, il est fragile et doit être protégé de la chaleur, de la lumière et du frottement des doigts. Le sujet peut aussi facilement se souvenir des réponses...

Ceci étant dit, c'est un test très répandu que l'on peut utiliser de manière un peu moins académique pour obtenir des réponses dans des domaines moins souvent étudiés en pratique courante. J'emprunte là un travail ancien de J.-B. Weiss paru en 1986 dans le n° 1 des Varia du CERES (7).

Habituellement, le test est présenté à 40cm, à l'endroit et dans un plan frontal par rapport à la direction du regard. Dans certains cas, il est intéressant de faire varier ces conditions de présentation.

1. En présentant le test à l'envers, le relief s'inverse : la mouche est vue par en dessous, les animaux sont perçus en creux ainsi que les pions. On peut donc ainsi contrôler la validité des réponses. Si l'on dispose de deux paires de lunettes polarisées, on pourra inverser les filtres d'une des deux paires, c'est à dire mettre le filtre droit à gauche et le filtre gauche à droite. Avec la paire normale et les tests présentés normalement, les images seront perçues en avant; avec l'autre paire, elles seront perçues en arrière.
2. En éloignant le test, on diminue la disparité des images et donc les acuités stéréoscopiques correspondantes. Ainsi, à un mètre, les acuités stéréoscopiques correspondantes aux différents tests sont divisées par 2.5 (Table 1).

TEST	à 40 cm	à 1 mètre
Chat	400	160
Lapin	200	80
Singe	100	40
Pion n° 1	800	320
Pion n° 2	400	160
Pion n° 3	200	80
Pion n° 4	140	56
Pion n° 5	100	40
Pion n° 6	80	32
Pion n° 7	60	24
Pion n° 8	50	20
Pion n° 9	40	16

Table 1 :  
Acuités stéréoscopiques en seconde d'arc correspondant aux distances d'examen de 40cm et 1 mètre.

3. En présentant le test dans les diverses positions du regard à un sujet dont la déviation est incommode, il est possible d'annuler cette déviation dans une certaine direction et d'obtenir ainsi la stéréoscopie. Le fait est évident pour les syndromes de Stilling. Il en est de même pour certaines parésies oculomotrices et certains strabismes avec un syndrome alphabétique.
4. On peut aussi étudier l'influence de l'inclinaison de la tête du sujet; mais dans ce cas, il faut aussi incliner le test pour que la sélection polarisée soit conservée.
5. En inclinant le test d'avant en arrière on peut compenser partiellement une torsion. En éloignant la partie supérieure du test, on compense une extorsion et en rapprochant la partie supérieure, on compense une intorsion.
6. On peut aussi associer les deux précédentes manœuvres, Par exemple en cas de strabisme divergent intermittent avec syndrome V et extorsion, la position privilégiée sera dans le regard en bas avec inclinaison en arrière de la partie supérieure du test.
7. En tournant légèrement le test vers la droite ou vers la gauche, on peut compenser partiellement une anisiconie. Si l'image de l'œil gauche est plus grande que celle de l'œil droit, la compensation est obtenue en rapprochant la partie gauche du test vers le patient.

8. En inclinant le test de 90 degrés, le décalage des images est vertical. Suivant que l'on incline le test de 90 degrés vers la droite ou vers la gauche, l'image de l'œil droit est plus haute ou plus basse, Dans ces conditions la stéréoscopie disparaît. Si le sujet ne peut compenser ce décalage vertical, il voit le test en double. Par exemple, pour le premier pion, le décalage est de 800" à une distance d'examen de 40cm, soit environ une demie dioptrie. Pour un sujet ne présentant pas de déviation verticale, la fusion est aussi aisée dans les deux cas. Mais quand le sujet présente une légère déviation verticale, la fusion est plus facile dans une position. Cette position du test correspond au décalage des images dans le sens de la déviation du sujet. On peut ainsi détecter des hétérophories verticales minimes
9. La dominance oculaire peut être appréciée, sans rompre la fusion. Le sujet fixe la première série de pions correspondant à une acuité stéréoscopique de 800". S'il n'existe pas de dominance oculaire, le pion du bas est perçu en avant, sans décalage latéral par rapport au pion du haut. En cas de dominance oculaire franche, ce pion paraît décalé vers la gauche si l'œil droit est dominant, ou vers la droite en cas de dominance de l'œil gauche.
10. Toujours avec deux paires de lunettes, on peut pratiquer un test de dominance. Le sujet porte une paire de lunettes et l'examineur l'autre. On demande au sujet de préciser s'il perçoit les deux yeux de l'examineur avec la même netteté. En cas de neutralisation, même légère, l'un des deux yeux de l'examineur paraît plus sombre. En passant ensuite une barre de filtres neutres gradués, on peut même avoir une idée de la profondeur de la dominance ou de la neutralisation...



Figure 17:  
Test de Titmus ou de Wirt

## Les stéréotests de Lang I et II (figure 18)

Le test est composé de sections verticales vues alternativement par chaque œil sans lunettes (8).

La disparité mesurée va de 1200 à 550" d'arc pour le test I et de 600 à 200" d'arc pour le test II. Le test I représente un chat (1200"), une étoile (600") et une voiture (550") alors que le test II représente une étoile vue en monoculaire, un éléphant (600"), une voiture (400") et un croissant de Lune (200").

La carte est présentée à distance de lecture, à 40 cm de la tête du patient, parallèle au plan du visage, sans bouger la tête ni le test et le sujet doit nommer ou pointer les différentes figures. Les enfants peuvent pointer du doigt les images qu'ils perçoivent... en faisant bien attention de ne pas toucher le test !

C'est un test rapide d'emploi, facile d'utilisation même chez le très jeune enfant. Par contre, il est « position dépendant » et ne descend pas en dessous d'acuité stéréoscopique plus utile au dépistage de masse qu'à la recherche d'une stéréoscopie fine. Le fait de bouger le test peut donner une impression de miroitement des zones en relief, principalement avec le test II qui peut induire de nombreux faux positifs.



Figure 18:  
Test de Lang II

## Le test de TNO (figure 19)

Il s'agit d'un test duochrome rouge-vert présenté à 40cm comportant 6 planches composées de structures géométriques apparaissant en relief. Basé sur le principe des stéréotests à points aléatoires de Julesz, cela élimine de fait tout élément monoculaire. Les figures sont uniquement perçues de façon stéréoscopique et il ne peut y avoir de faux positifs. (9)

Les 4 premières planches servent au dépistage et les suivantes à la mesure clinique fine.

La Planche I représente deux papillons; un perçu monoculairement; le second uniquement si la stéréoscopie est présente.

La Planche II comprend quatre disques; deux vus monoculairement et deux vus uniquement si stéréoscopie.

La Planche III est composée de quatre figures géométriques cachées (rond, triangle, croix et carré) disposées autour d'une croix vue en monoculaire.

La Planche IV est un test de neutralisation rouge-verte; un cercle ne peut être perçu qu'en binoculaire.

Les Planches V à VII sont les tests cliniques proprement dits présentant des figures de type « Pac-man » ou « camembert » avec des disparités allant de 480" à 15" d'arc. C'est un test très précis et très fiable permettant de tester des acuités stéréoscopiques allant de 480" à 15" d'arc. Basé sur le principe des anaglyphes rouge-vert, il a la réputation d'être assez dissociant (en particulier dans les cas de phories-tropies). Il reste un test de référence, en particulier en matière d'aptitude professionnelle.



Figure 19:  
TNO  
(Photo : Benoît Rousseau)

## Le Randot (figure 20)

Le Randot test est constitué d'images polarisées que le sujet regarde à travers des lunettes polarisées. Ces images sont perçues en relief en cas de vision binoculaire...

Il comporte un livret avec trois séries de tests :

1. Des tests géométriques permettant de mesurer des acuités stéréoscopiques allant de 500" à 250" d'arc;
2. Trois rangés d'animaux permettant de mesurer des acuités stéréoscopiques de 400" à 100" d'arc;
3. Dix séries de cercles permettant de mesurer des acuités stéréoscopiques allant de 400" à 20" d'arc.

Le Randot est un test peu fiable dans sa partie comportant des tests à contours (tout comme le Wirt ou Titmus test) alors que sa partie à points aléatoires en fait un excellent test, fiable, peu dissociant mais malheureusement peu utilisé en France.



Figure 20:  
Randot test

## Le test de Frisby: (Figure 21)

Le test de Frisby est le seul test clinique basé sur la perception de la vraie profondeur. Il comporte des figures aléatoires imprimées sur des supports plastiques transparents d'épaisseur variable. Il n'utilise donc aucun procédé de dissociation.



Figure 21:  
Frisby  
(Source : <http://frisbystereotest.co.uk>)

Chaque plaque est composée de 4 figures à points aléatoires. Une figure contient un cercle « caché » imprimé sur la face opposée.

Il permet la mesure d'acuité stéréoscopique allant de 600s à 15s d'arc.

À priori simple d'utilisation et permettant de mesurer des stéréoscopies fines, il est néanmoins très sensible à la position de la tête et aux mouvements des mains de l'examineur. La présence d'éléments monoculaires dans sa conception en fait un test de fiabilité moindre que ses concurrents. Il est peu utilisé en France...

Récemment, son concepteur, le Professeur John Frisby a décliné son invention en un modèle « de poche », le « Pocket Frisby » (Figure 22) dans l'intention louable de rendre ce test plus maniable et de pouvoir l'utiliser, à l'instar du test de Lang, comme un outil de dépistage massif. Nous verrons plus loin ce qu'il en est.



Figure 22:  
Pocket Frisby

## Le synoptophore: (Figure 23):

Pendant très longtemps, le synoptophore n'a pu servir d'outil de quantification de la stéréoscopie. Il existe certes des mires du « 3<sup>e</sup> » degré permettant la perception du relief dans cet appareil, mais la stéréoscopie n'était pas quantifiée.



Figure 23:  
Synoptophore  
(Photo: Anne Sophie Alonso)

Dans les années 80-90, des mires de synoptophore utilisant le principe des stéréotests à points aléatoires ont vu le jour: Les tests de synoptophore selon Krats. (10)

Avec le test EK1, il y a deux ensembles de lignes blanches dont les longueurs sont différentes et disposées aléatoirement ainsi que des lettres et des chiffres. Quand le sujet fusionne les deux tests, il voit apparaître une sphère creuse et, à l'intérieur de cette sphère, des lettres et des chiffres situés dans des plans différents. Cette impression de relief ne peut être obtenue que si la fusion (et donc la stéréoscopie) est d'excellente qualité.

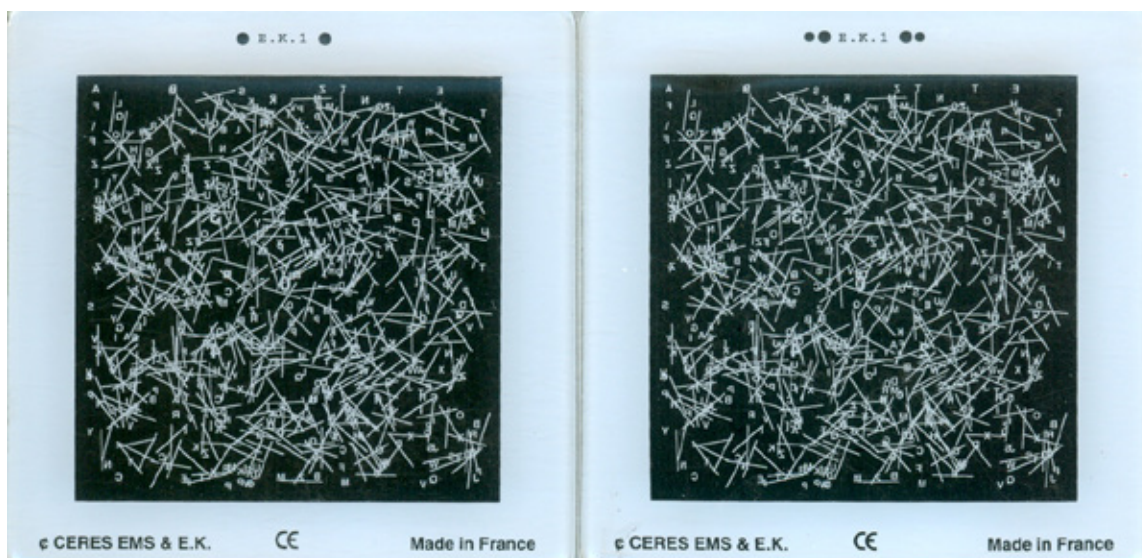


Figure 24:  
Test EK1

Avec le test EK3 (Figure 25), des taches blanches sont réparties aléatoirement. Quand le sujet fusionne les deux tests, il perçoit une voiture se détachant du fond. Selon la position respective des deux tests dans le synoptophore, la voiture est perçue en avant ou en arrière du fond. C'est un test de stéréoscopie que l'on peut rapprocher des tests de Lang ou du « Chat » de Weiss atteignant une acuité stéréoscopique de l'ordre de 1000s d'arc.

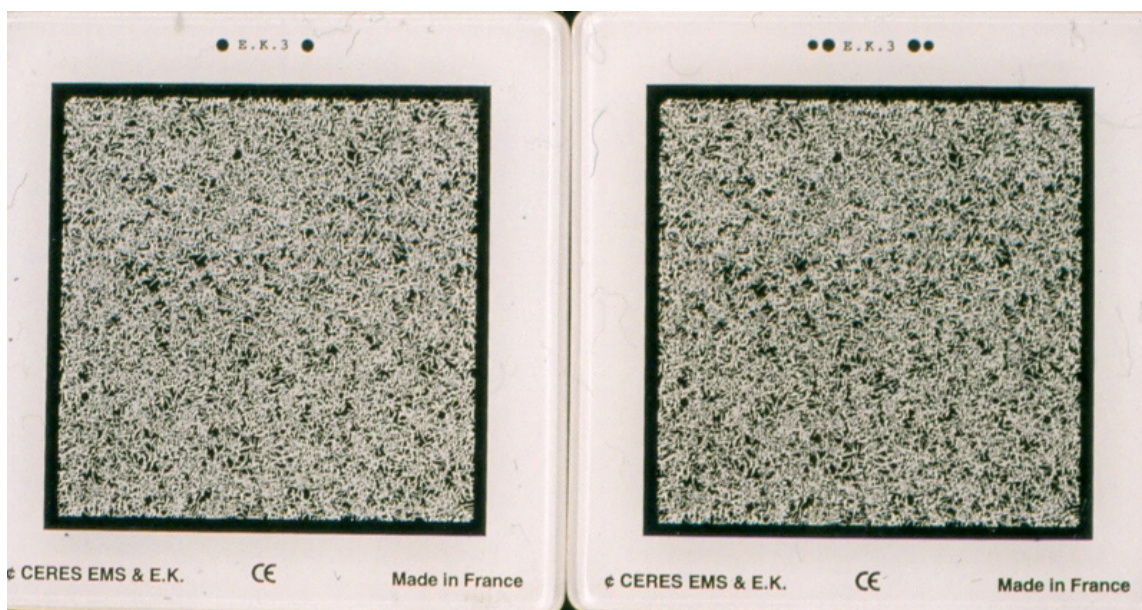
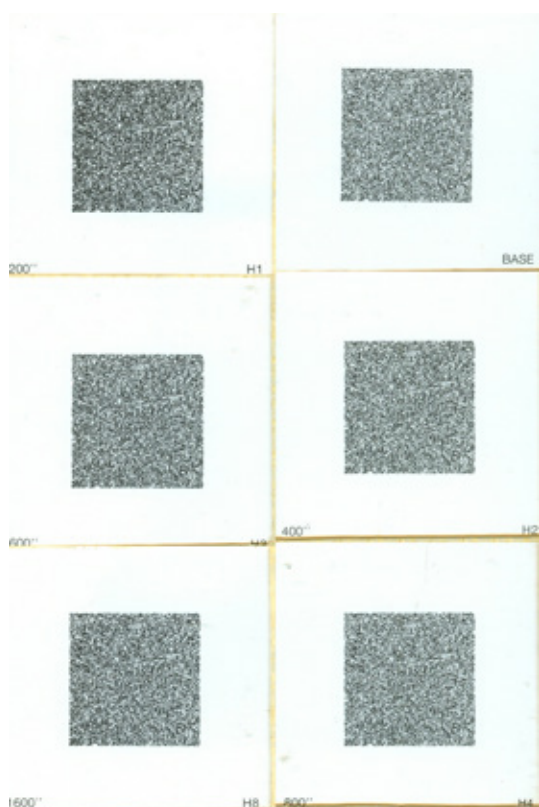


Figure 25:  
Test EK3

À la suite de ces tests qui sont encore commercialisés, nous avons commencé le développement de véritables mires stéréoscopiques calibrées pour synoptophore. Permettant de mesurer des acuités stéréoscopiques allant de 1600s à 200s d'arc, les mires de Krats-Rousseau sont malheureusement restées jusqu'à aujourd'hui au stade de prototype... (Figure 26)



La mesure d'une acuité stéréoscopique est dorénavant possible au synoptophore, appareil encore très présent dans les cabinets d'orthoptie. Cela reste toutefois des tests peu répandus et tributaires des limites connues, inhérentes à ce type d'appareil.

Figure 26:  
Test (prototypes)  
de Krats-Rousseau

## Le test du Chat ou de la Voiture de Weiss (figure 27)

Le test du Chat ou de la Voiture de Weiss apparaît comme un ensemble de points imprimés en rouge, vert et noir. Ses dimensions sont d'environ 38 sur 27 cm. (11)

La forme, un chat (ou une voiture), ne peut être perçue que si on regarde le test au travers de lunettes rouge-vert et que si l'on possède une vision binoculaire.

L'acuité stéréoscopique correspondante est de 250" d'arc pour une distance d'examen de 5 mètres. Certains sujets ne peuvent percevoir le chat qu'à une distance de 2,50 mètres, ce qui correspond à une disparité de 500".

Il ne comporte qu'une seule image. Il ne peut donc être utilisé plusieurs fois sur un même sujet, sauf pendant la période où il reste négatif...

L'avantage majeur de ce test est de pouvoir faire varier la distance d'examen dans de très grandes proportions.

Il peut être utilisé à 5 mètres. À cette distance, il devient un test fovéolaire puisque l'angle apparent de l'image est de moins de 5 degrés dans le sens horizontal. On peut le présenter à 50cm. À cette distance, la fusion périphérique intervient puisque l'angle apparent du test dépasse les 40 degrés. Le chat correspond à plus de 20 degrés dans le sens horizontal.

Théoriquement, on pourrait donc mettre en évidence, avec ce test, la stéréoscopie chez des patients présentant un scotome central organique et/ou fonctionnel important

À l'époque de la première publication au sujet de ce test en 1987, J.-B. Weiss écrivait que son test pourrait permettre de prouver l'existence de la stéréoscopie chez des sujets présentant un microstrabisme... mais que ce dernier point mériterait d'être précisé.

Près de 30 ans après, son test est plutôt répandu mais n'a jamais fait l'objet d'étude en ce sens. Jusqu'à ces dernières années, il restait l'un des rares tests stéréoscopiques en vision de loin d'usage courant et peu onéreux.

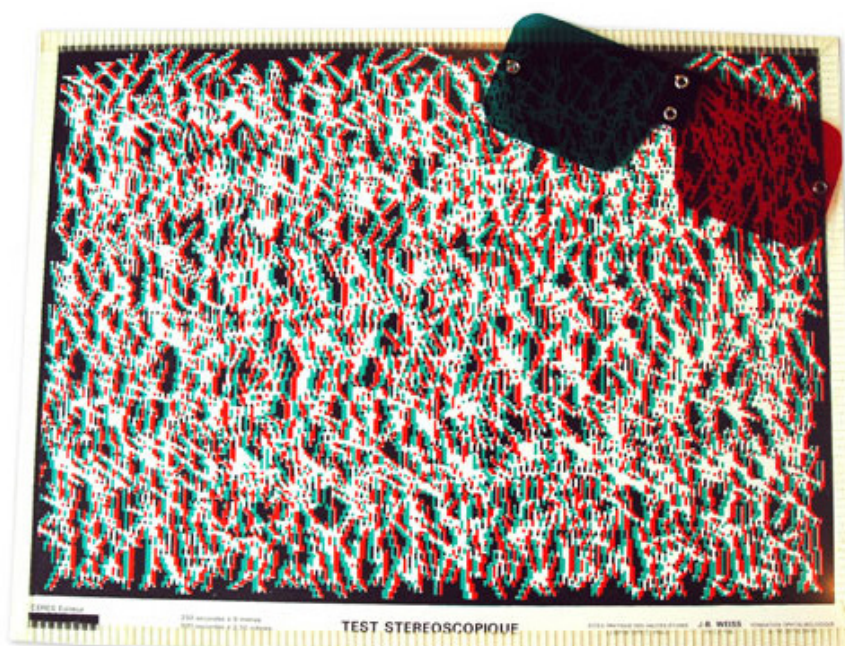


Figure 27:  
« Chat » de Weiss

## Le test EKW (figure 28)

Le test EKW est un livret à spirale de 16cm<sup>2</sup> comportant 12 tests différents présentés à 40cm. Il comporte deux échelles d'acuité visuelle (chiffres et dessins) une grille d'Amsler et deux tests pour mesurer l'astigmatisme. Utilisé avec des filtres rouge-vert, il permet aussi de mesurer la stéréoscopie de 2000" à 30" d'arc. De manière plus exotique selon son auteur, il permet aussi d'étudier l'aniséïconie (4%), d'évaluer une disparité de fixation (horizontale et verticale), la cyclophorie, de tester la biocularité... Le test de « dépistage » de la stéréoscopie se présente comme un test similaire au « Chat » ou à la « Voiture ». Les trois planches quantitatives comprennent quatre carrés comprenant eux-mêmes quatre cercles. Parmi ces quatre cercles, un est perçu en relief à travers des lunettes rouge-vert. La première planche permet de mesurer une acuité visuelle allant de 480 à 240" ; la deuxième de 120 à 60" et la troisième de 30" d'arc. L'immense avantage de ce test est... qu'il est multitest (« tout dans un seul test »). Son inconvénient réside dans sa confidentialité.

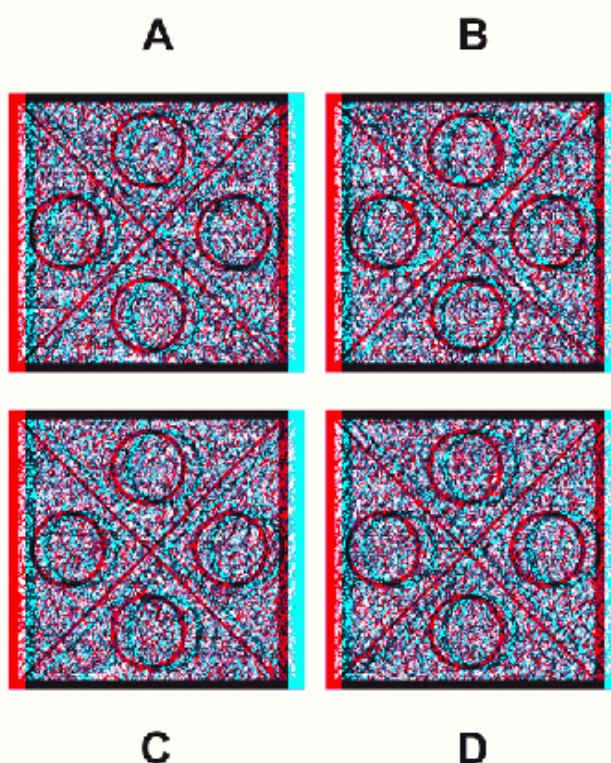


Figure 28:  
Test EKW

## 4. IDÉES REÇUES

La stéréoscopie n'échappe pas à certaines idées reçues qui sont véhiculées sans preuves d'ouvrages en ouvrages; de cours en colloques. Parmi celles-ci, il en est deux qu'il faut absolument battre en brèche.

### Stéréoscopie et dyschromatopsie

Il est souvent affirmé, même dans des ouvrages récents et sérieux, que les tests basés sur le principe anaglyphique (rouge-vert) serait difficilement perçu par les sujets dyschromates. Pour vérifier cette assertion, nous avons systématiquement réalisé présenté un test sté-

réoscopique de TNO et réalisé une coordimétrie avec un écran de Hess-Weiss à tous les patients rencontrés en consultation présentant une dyschromatopsie congénitale trouvée à l'Atlas pseudo-isochromatique de Ishihara. (12)

La population étudiée est constituée de 1000 patients consécutifs vus en consultation ophtalmologique; 97 patients (96 hommes et 1 femme) âgés de 19 à 60 ans (âge moyen 45,3 ans) présentent une anomalie de la vision des couleurs (connue ou méconnue jusqu'alors) au planches pseudoisochromatiques de Ishihara; soit 9,7% de la population étudiée. En détail, on trouve :

- Protanopie: 15 cas (15,46% des dyschromates et 1,5% de la population étudiée)
- Deutéranopie: 17 cas (17,52% et 1,7%)
- Tritanopie: 0 cas (0%)
- Protanomalie: 12 cas (12,37% et 1,2%)
- Deutéranomalie: 53 cas (dont 1 femme) (54,63% et 5,3%)
- Tritanomalie: 0 cas (0%)

Deux cas de strabiques porteurs par ailleurs d'une anomalie de la vision des couleurs connue au préalable ont été exclus de l'étude. Au décours de cette étude, un strabisme à CRA chez un protanope adulte a été mis en évidence... Ce patient aussi a été exclu de l'étude. L'ensemble des 97 sujets d'examen présente un équilibre oculomoteur normal (simple hétérophorie avec vision binoculaire normale). Les examens ont été conduits avec la correction optique optimale.

Les 97 sujets d'examen se sont vus présenté dans un premier temps le test stéréoscopique du TNO. Une dyschromatopsie congénitale rouge-vert n'est pas une contre indication à l'utilisation de tests classiques anaglyphiques rouge-vert lors d'un examen oculomoteur.

## **Stéréoscopie et dissociation (13)**

Comme dit plus haut, le TNO est réputé dissociant car basé sur une technique anaglyphiques rouge-vert. Le test stéréoscopique EKW est lui aussi un test stéréoscopique rouge-vert mais il comprend une trame de forme à choix multiple perçue par les deux yeux.

Une forme à choix multiples (FCM) est une forme qui peut être perçue simple en vision binoculaire malgré une déviation des axes visuels; c'est la base et l'originalité du coordimètre de Hess-Weiss par exemple. Pour vérifier si le test du TNO est si dissociant que cela, nous l'avons présenté à 17 adultes en Correspondance Rétinienne Normale, normo corrigés, en isoacuité visuelle et porteur d'un strabisme divergent intermittent en vision de près.

Cette présentation a été faite de manière systématique et dans l'ordre suivants :

1. TNO avant toute manœuvre de dissociation
2. EKW avant toute manœuvre de dissociation
3. Dissociation par examen sous écran puis occlusion monoculaire 30 minutes
4. Re test au TNO
5. Re test à l'EKW

Résultats :

1. L'acuité stéréoscopique moyenne au TNO avant dissociation est de 131»
2. l'acuité stéréoscopique moyenne à l'EKW avant dissociation est de 90»
3. L'acuité stéréoscopique moyenne au TNO après dissociation est de 140»
4. L'acuité stéréoscopique moyenne à l'EKW après dissociation est de 90»

De fait les résultats au TNO ne sont pas sensibles à la dissociation mais le test EKW semble un test plus précis et donnant de meilleur résultat car malgré tout sollicitant plus la fusion du fait de la présence d'une forme à choix multiple.

## Vision stéréoscopique « normale » (14)

Mais au fait, c'est quoi une vision stéréoscopique « normale » ?

Si on y regarde de plus près, chaque test commercialisé et/ou utilisé en clinique courante a des scores et des acuités stéréoscopiques maximales différents. Le TNO va jusqu'à 15" (tout comme le Frisby d'ailleurs); le Randot jusqu'à 100", le Titmus-Wirt 40", etc... etc...

Comment comparer entre eux ces tests ? Comment choisir celui qui sera le plus performant ou le plus utile ? Testent ils en fait la même chose ?

En 2011, avec le concours d'une large équipe d'orthoptistes du CPEMPN de Percy, nous avons tenté de comparer les résultats de sujets « normaux » testés avec deux tests courants : Le TNO et le Frisby.

L'objectif de cette étude était double :

- Comparer de l'acuité stéréoscopique avec le TNO et le Frisby
- Tester de la sensibilité du TNO à la position du patient

Chez des sujets normaux passant leur visite d'aptitude aéronautique, il a été procédé aux mesures suivantes :

1. Mesure de l'acuité stéréoscopique au TNO sans contrôle strict de la position du patient (Figure 29)



Figure 29  
(Photo : Marc Fauveau)

2. Mesure de l'acuité stéréoscopique avec contrôle strict de la position du patient au TNO (Figure 30), avec le Frisby (Figure 31)

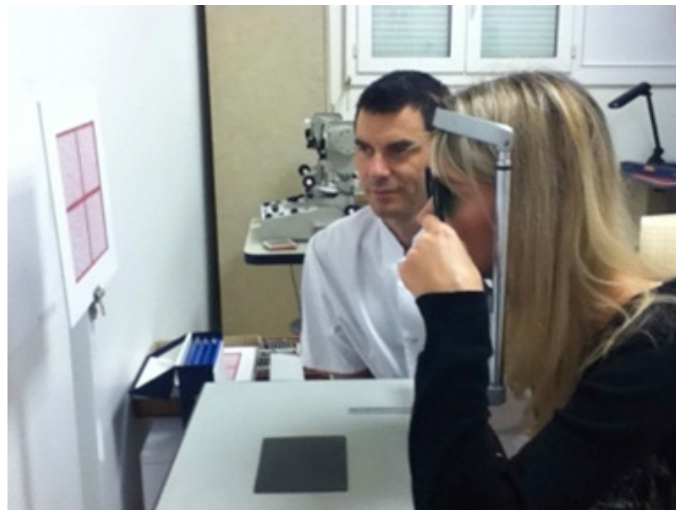


Figure 30  
(Photo : Marc Fauveau)



Figure 31

90 adultes âgés de 20 à 38 ans (âge moyen 25 ans) ont été examinés entre septembre et octobre 2011

13 sujets (14,4%) furent exclus de l'analyse

6 pour une amétropie trop importante (-1,00 à +2,00)

3 pour microstrabisme

4 pour non respect du protocole

De fait, 77 sujets furent inclus dans l'analyse finale (85,6%)

Il a été trouvé que :

L'acuité stéréoscopique moyenne mesurée avec le TNO, quelque soit le protocole est de 60".

L'acuité stéréoscopique moyenne mesurée avec le Frisby est de 15"

Les deux tests ont permis de mettre en évidence une acuité stéréoscopique chez les 77 sujets testés mais, malheureusement, le manque de référence ne permet pas de conclure sur le niveau moyen normal d'une acuité stéréoscopique !

Enfin, et cela est rassurant concernant la manière dont nous utilisons quotidiennement ces tests, la sensibilité du TNO à la position d'examen n'a pas été démontrée !

Il est donc impossible à l'heure actuelle de dire ce qu'est une acuité stéréoscopique « normale »...

## 5. EN PRATIQUE

Alors ! Quel test utiliser en pratique ?

Il faut distinguer deux usages courants des tests stéréoscopiques : Le dépistage et la mesure précise (dans le cadre par exemple des aptitudes professionnelles).

Pour un dépistage rapide et fiable de la stéréoscopie, nous avons comparé trois tests courant (15)

Sur une population de 15 adultes présentant une ésoptropie à petit angle ( $Et < \text{ou} = 8 \text{ dp}$ ), en isoacuité visuelle et en correspondance rétinienne anormale, il a été présenté de manière aléatoire les 3 tests suivants : Lang 1, Pocket Frisby et Titmus Test (Wirt).

Il a été considéré comme «réponse positive» le fait que le sujet testé pointait ou nommait l'une des figures constitutives du stéréotest pour le Lang 1 et le Pocket Frisby et le fait que le sujet pointait ou localisait un ou plusieurs pions pour le Titmus Test.

Résultat :

- Lang 1 : aucune réponse positive
- Pocket Frisby : 5 réponses positives
- Wirt : 11 réponses positives

Le Titmus, stéréotest à contours, n'est donc pas un bon test de dépistage ni de la stéréoscopie ni de la sensorialité. Trop de sujets anormaux peuvent donner des réponses considérées comme normales. Le Pocket Frisby a des performances supérieures mais est encore un filet à trop grosses mailles. Seuls parmi ces trois tests le stéréotest de Lang 1 ne laisse passer aucuns sujets anormaux et peut être considéré comme un bon test de dépistage.

Dans le domaine de la mesure précise de l'acuité stéréoscopique, deux tests prennent le pas sur tous les autres.

Tout d'abord le TNO car c'est le test de référence en matière d'aptitude professionnelle et que les acuités stéréoscopiques exigées pour accéder à certaines études, certaines fonctions ou certains emplois, principalement dans le domaine des transports (aviation civile et militaire ; transports ferroviaires, etc...) mais aussi dans le domaine de la sécurité (police, gendarmerie...) sont déterminées avec ce test.

Il y a ensuite le Randot test qui a l'inconvénient d'être peu répandu sous nos latitudes mais qui est facile d'utilisation, descend à des acuités stéréoscopiques cliniquement intéressantes et est peu dissociant et ludique.

## 6. CONCLUSION

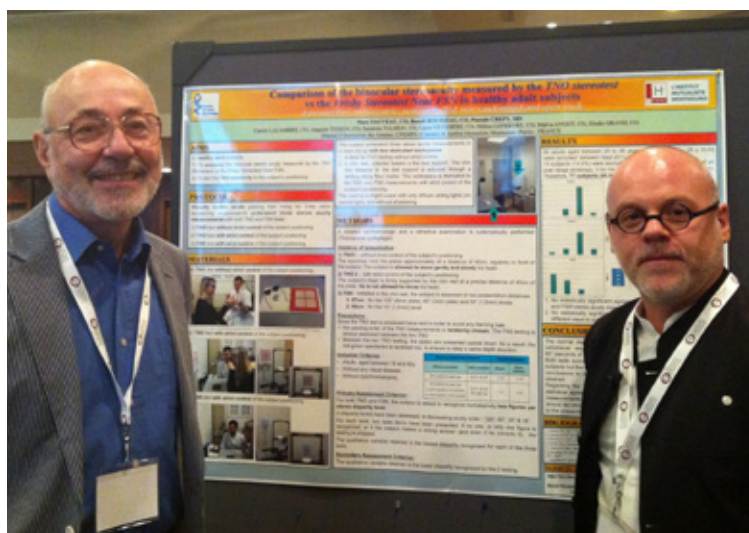
En 1959, lors de la première édition du livre de René Hugonnier (16), le mot même de « stéréoscopie » n'apparaissait pas dans l'index alphabétique des matières !

La vision stéréoscopique était abordée en 6 lignes à la page 114 pour parler du « Troisième degré » de la vision binoculaire selon la classification arbitraire de Worth puis en une page complète pour en décrire le mécanisme à la page 125.

Nulle trace d'un quelconque test de stéréoscopie et encore moins de son utilité dans l'examen de la vision binoculaire en clinique.

Que de chemin parcouru en 58 ans !

Aujourd'hui, les tests stéréoscopiques sont (trop ?) nombreux, variés et d'une utilité reconnue. Il faut donc préférer les tests simples et rapides : Lang I (enfants...) & TNO. Il semble nécessaire aujourd'hui de définitivement abandonner les tests peu fiables (tests à contours...) qui sont à l'origine de confusion ou de diagnostics erronés sur l'état sensoriel des patients. La vision stéréoscopique doit être étudiée lors de tout bilan orthoptique car elle est la pierre angulaire de l'examen orthoptique, véritable Juge de Paix de la sensorialité.



*Le professeur John Frisby et l'auteur lors du Congrès de l'International Orthoptic Association à Toronto le 27 juin 2012  
(Photo : Benoît Rousseau)*

## 7. RÉFÉRENCES CITÉES DANS LE TEXTE :

- (1) C. Wheatstone : Contributions to the physiology of vision. Royal Society. Londres. 1838
- (2) D. Brewster : On the knowledge of distance given by binocular vision. Royal Society of Edinburgh. 1844
- (3) E. Javal : Manuel du strabisme. Masson. Paris. 1896
- (4) M.-A. Espinasse-Berrod : Strabologie : approches diagnostique et thérapeutique. Elsevier. Paris. 2004
- (5) B. Julesz : Foundations of Cyclopean Perception. The University of Chicago Press. Chicago, 1971
- (6) J.-B. Weiss : Applications cliniques des stéréogrammes. Ceres. Paris. 1995
- (7) J.-B. Weiss : Du bon usage du test de Wirt. Acta Strabologica. Varia I. Ceres. 1986

- (8) J. Lang : New Stereograms. Strabismus, Proceedings of I.S.A., Florence, June 21-23, p.175-181, 1982
- (9) D. Reinecke & K. Simons: A new stereoscopic test for amblyopia screening. American Journal of Ophthalmology, 78, p.714-721, 1974.
- (10) B. Rousseau & J.-B. Weiss : Nouveaux tests pour synoptophore selon E. Krats. Journal Français d'Orthoptique n°32. AFO. 2000
- (11) M. Munck & J.-B. Weiss : Test stéréoscopique en vision de loin. Acta Strabologica. Varia II. Ceres. 1987
- (12) B. Rousseau : Orthoptic red-green tests and dyschromatopsia. 36<sup>e</sup> congrès de l'European Strabismological Association. Marseille (France) du 4 au 7 septembre 2013
- (13) B. Rousseau & C.-A. Lallouette : Are stereoscopic anaglyphic red-green tests sensible to dissociation? TNO vs EKW on an intermittent divergent strabismus in near vision. International Orthoptic Congress. Rotterdam (Pays Bas) le 28 juin 2016
- (14) M. Fauveau, B. Rousseau, C. Lacambre, J. Tesson, S. Talmon, L. Veysière, H. Lefebvre, M. Angot, E. Grand & P. Crépy : Comparison of the Binocular Stereoacuity Measured by the TNO Stereotest vs the Frisby Stereotest Near FSN in Healthy Adult Subjects. A prospective, monocentric, non controlled, non randomised and open study. XII<sup>th</sup> International Orthoptic Congress. Toronto (Canada) du 26 au 29 juin 2012.
- (15) B. Rousseau & C.-A. Lallouette : Which test for a fast and reliable screening of stereoscopy: Lang I vs Pocket Frisby vs Titmus (Wirt). XIII<sup>th</sup> International Orthoptic Congress. Rotterdam (Pays Bas) du 27 au 30 juin 2016
- (16) R. Hugonnier : Strabismes, hétérophories, paralysies oculomotrices. Les déséquilibres oculomoteurs en clinique. Masson et Cie. Paris. 1959

## 8. BIBLIOGRAPHIE

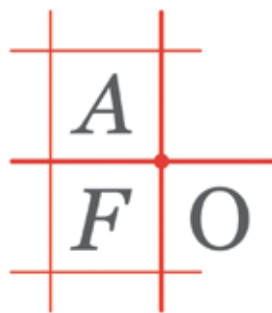
- P. Wing : Stereoscopes. The first One hundred years. Transition publishing. Nashua New Hampshire. 1996
- J.-F. Risse et al : Exploration de la fonction visuelle. Rapport 1999 de la SFO. Masson. Paris. 1999
- G.-K. Van Noorden & E. Campos: Binocular vision and ocular motility; 6<sup>th</sup> edition. Mosby. 2001
- M. Urvoy & M.-C. Cornudet : Orthoptique de A à Z. DGDL Editions. Marseille. 2002
- Collectif (sous la direction de A. Pêchereau) : La sensorialité. Cahiers de sensorio-motricité. Actes du XXXV<sup>e</sup> Colloque d'oculomotricité (2010). FNRO éditions. Nantes. 2011
- M. Santallier, A. Pêchereau & S. Arsène : Motricité et sensorialité : l'examen. S-Editons. Milon la chapelle. 2012
- A. Pêchereau, D. Denis, C. Speeg-Schatz et al. : Strabisme. Rapport 2013 de la SFO. Masson. Paris. 2013

# NOTES

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

# NOTES

A series of horizontal dotted lines for writing notes.



**Association Française d'Orthoptique**

20/22 rue Edith Cavell - 71200 LE CREUSOT  
[www.association-orthoptique.fr](http://www.association-orthoptique.fr)