

# SENSIBILITE AU CONTRASTE

## ETUDE COMPARATIVE DES APPAREILLAGES ACTUELS

### Comment s'y reconnaître ?

### Quelles sont les meilleures techniques en fonction de ses besoins et de son budget ?

1ère partie

X. ZANLONGHI

### Contraste

Le contraste est un terme à la mode que l'on retrouve dans de nombreux domaines de la vie quotidienne comme par exemple certaines publicités télé-visuelles, mais également en ophtalmologie ou, depuis 1977<sup>(1, 2)</sup>, la sensibilité au contraste est devenue synonyme d'une nouvelle technique d'exploration de la vision.

Il nous faut rendre hommage aux équipes françaises<sup>(3, 4, 5, 6)</sup> qui, les premières, ont étudié cette nouvelle technique dans leurs laboratoires de recherche, puis ont commencé un lent travail d'information auprès de l'ensemble des professionnels de la vision.

Nous ne détaillerons pas ici les supports neurophysiologiques de cette nouvelle technique d'exploration issue de travaux de recherche datant des années 1953-1970<sup>(7, 8)</sup>. Ils sont parfaitement décrits dans un article paru dans le précédent numéro de Coup d'Œil (Z, 31, 33-36) sous la plume de Claude Douche.

Voyons plutôt comment mesurer ce contraste (C) ou plutôt son inverse : la sensibilité au contraste (S = 1/C).

• Mais, pour la plupart des auteurs étudiant la Fonction de Sensibilité au Contraste (FSC), le contraste de luminance est la différence entre le maximum de luminance des bandes claires (L max des bandes claires) et le minimum de luminance des bandes sombres (L min des bandes sombres), rapportée à la somme de ces deux luminances<sup>(10)</sup> (fig. 2). Le contraste de modulation (M) ou contraste de Michelson est défini par :

$$M = \frac{(L \text{ max} - L \text{ min})}{(L \text{ max} + L \text{ min})}$$

$$L \text{ moy} = L \text{ max} + L \text{ min}$$

L'inverse du contraste (C) est la sensibilité (S) : S = 1/C

Ici est introduite la notion de luminance moyenne (Lmoy) qui ne varie pas lorsque le contraste varie.

Tous les tests utilisant les réseaux sinusoidaux de luminance utilisent cette formule qui paraît plus rigoureuse<sup>(27)</sup> car elle ne fait intervenir qu'une variable : le contraste.

### PETIT MODE D'EMPLOI

### Qu'est-ce que le contraste ?

La perception visuelle des formes nécessite la mise en œuvre d'une discrimination des variations de luminance\*<sup>(9)</sup>, c'est-à-dire des contrastes, dont la distribution spatiale constitue l'image rétinienne.

Il existe plusieurs définitions du contraste :

• La formule :  $C = \frac{L \text{ fond} - L \text{ test}}{L \text{ fond}}$

est utilisée pour les optotypes à contraste variable.

Le contraste est le plus souvent exprimé en pourcentage.

90% étant un contraste très élevé, 10% étant un contraste très faible (l'optotype devient à peine visible) (fig. 1).



Fig. 1 — Optotypes à fort (90%) et faible (10%) contraste.

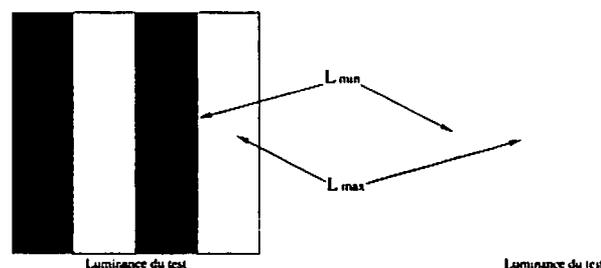


Fig. 2 — Barres verticales à fort (90%) et faible (10%) contraste.

\* La luminance est mesurée en candéla/m<sup>2</sup>.

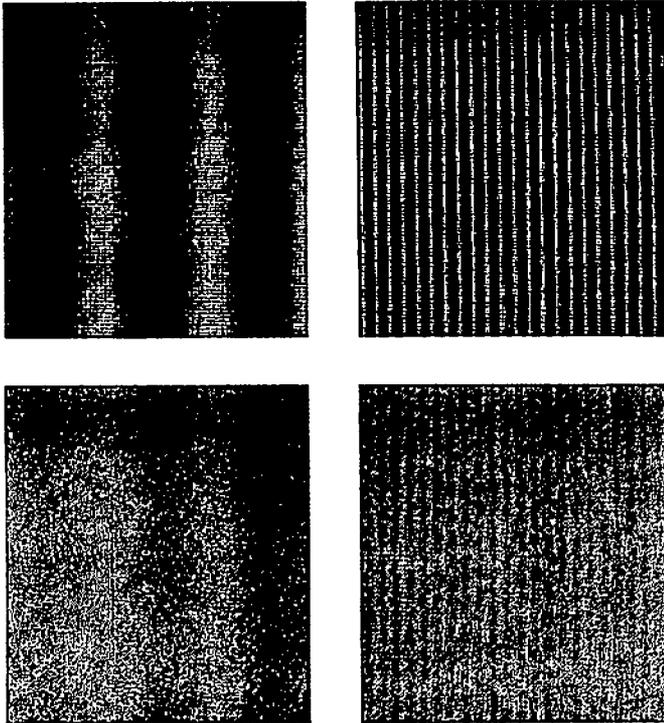


Fig. 3 — 2 fréquences spatiales différentes (1,4 - 11 cpd) à 2 niveaux de contraste différents (80 et 20 %). Photographies d'écran du *Moniteur Ophthalmologique*<sup>®</sup>.

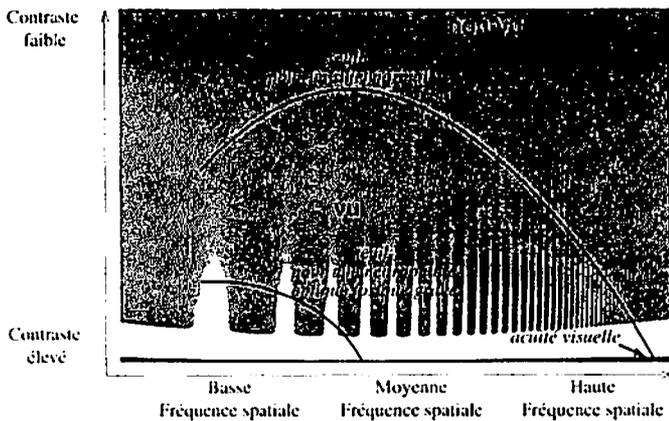


Fig. 4 — Intérêt clinique des seuils de perception, montrant une variation de sensibilité au contraste en fonction de la taille des barres présentées (ou fréquence spatiale). Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la "meilleure vision" se situe au niveau des moyennes fréquences spatiales. Nous voyons mieux des objets de taille moyenne à faible contraste que des très petits objets à contraste élevé (figure modifiée d'après Buser<sup>(11)</sup>).

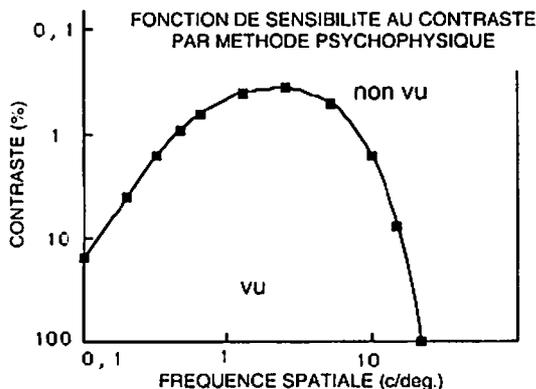


Fig. 5 — Représentation d'une courbe théorique de sensibilité au contraste. L'intersection donne une acuité visuelle (contraste maximal) "réseaux".

## Qu'est-ce qu'une fonction de sensibilité au contraste (FSC) spatial ?

L'acuité visuelle se définit comme la capacité de discriminer les détails fins d'un objet dans le champ visuel<sup>(11,12)</sup>. L'acuité visuelle angulaire est mesurée par l'inverse de l'écart angulaire entre 2 points (ou détails d'un objet) juste séparables (notion de "minimum séparable"). En pratique, elle est mesurée par l'intermédiaire d'optotypes noirs sur fond blanc dont le contraste doit être proche de 100%, le terme d'acuité visuelle morphoscopique devant être retenu. Mais la vision d'un objet ou d'une image ne se limite pas à la perception du minimum séparable. Or l'acuité visuelle n'explore qu'un paramètre de la perception visuelle et peut être considérée comme une forme particulière de sensibilité au contraste.

Pour étudier de façon plus exhaustive la perception visuelle, les seuils de perception pour des objets de toute une gamme de tailles sont mesurés (fig. 4) avec des contrastes de plus en plus faibles. C'est la **Fonction de Sensibilité au Contraste** dont le principe est l'équivalent fonctionnel, pour la vision, de l'audiogramme pour l'audition.

Des images de tests constitués de réseaux à profil de luminosité sinusoïdale ont ainsi été définies. Ces réseaux sont des barres alternativement claires et sombres définies par leur fréquence spatiale (en cycles par degré ou nombre de paires (blanche-noire) de raies par degré d'angle visuel (fig. 3) et par leur contraste.

## Comment sont représentés les résultats de sensibilité au contraste avec des réseaux sinusoïdaux ?

En abscisses est représentée la fréquence spatiale ; en ordonnées, à gauche la sensibilité au contraste en échelles log ou en décibels [1 décibel = 10 log(1/contraste)], et à droite en contraste noté en pourcentage (fig. 6).

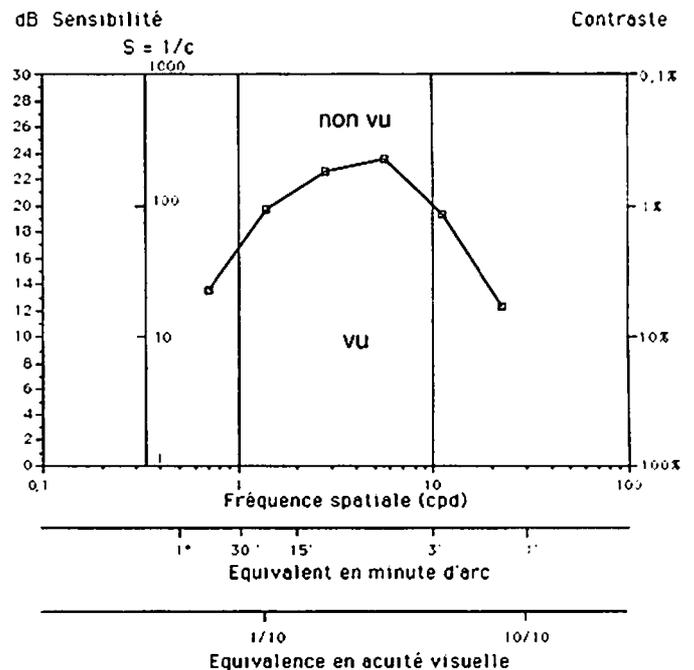


Fig. 6 — Courbe moyenne de 20 sujets normaux.

## Comment déterminer une courbe de sensibilité au contraste (mesure d'un seuil de contraste) avec des réseaux sinusoïdaux ?

De nombreuses méthodes psychophysiques peuvent être utilisées pour déterminer la FSC spatiale. Elles ne sont pas spécifiques de ce nouvel examen. Elles sont utilisées dès que l'on désire mesurer un seuil absolu ou, plus fréquemment, un seuil différentiel, puisque le seuil de contraste n'est qu'un seuil différentiel de luminance (9). Les différents auteurs usent principalement de trois techniques :

### • Méthode du point central

Le sujet règle lui-même le stimulus de façon à le faire apparaître et disparaître alternativement, et s'arrête au bout de quelques oscillations amorties. C'est la médiane ou la moyenne des observations qui est considérée comme la valeur la plus probable du seuil. Le seuil mesuré diffère très peu du seuil théorique sauf si le sujet favorise plutôt l'apparition ou la disparition des réseaux. Cette méthode est appelée méthode Von Bekesy "up and down", et est utilisée en FSC (13). C'est une méthode précise, mais beaucoup trop longue pour une application clinique.

### • Méthode des limites

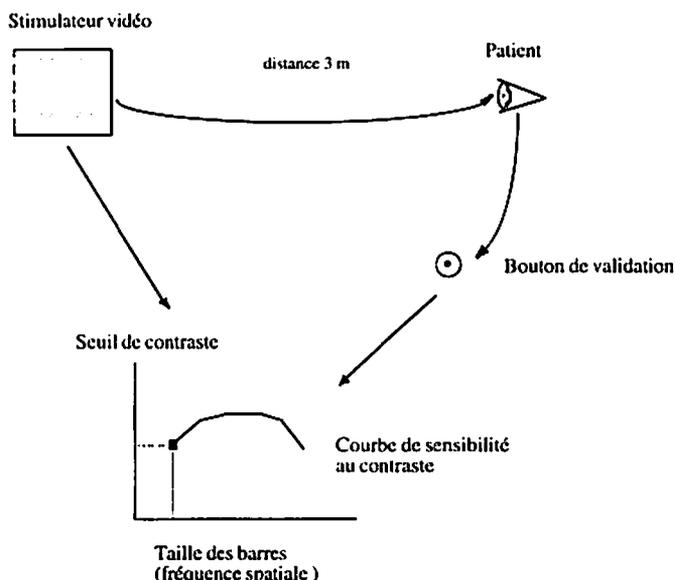
Les limites peuvent être déterminées de deux manières :

— Soit le contraste augmente depuis le non vu vers le vu. Le seuil correspond au moment où le sujet perçoit le réseau. Il s'agit de la méthode des "limites ascendantes" ou encore de "pas à pas ascendants" utilisée dans le *Moniteur ophtalmologique*® et dans les planches d'Arden (fig. 3).

— Soit le contraste diminue depuis le vu vers le non vu, le seuil correspond au moment où le sujet ne perçoit plus le réseau. Il s'agit de la méthode des "limites descendantes" ou encore de "pas à pas descendants".

Il existe un écart systématique entre ces deux seuils (14).

La méthode des limites présente l'inconvénient que le critère de "visibilité" soit décidé par le sujet lui-même.



Dès que le patient voit apparaître des barres sur le stimulateur vidéo (FSC spatiale) ou un papillotement en FSC temporel, il appuie sur le bouton de validation. Les mesures sont poursuivies avec des barres de largeurs différentes (ou fréquence spatiale).

Fig. 7 — Représentation d'une vue synoptique du dispositif utilisé avec le *Moniteur Ophthalmologique*®. Méthode de mesure de seuil de type "pas à pas ascendants".

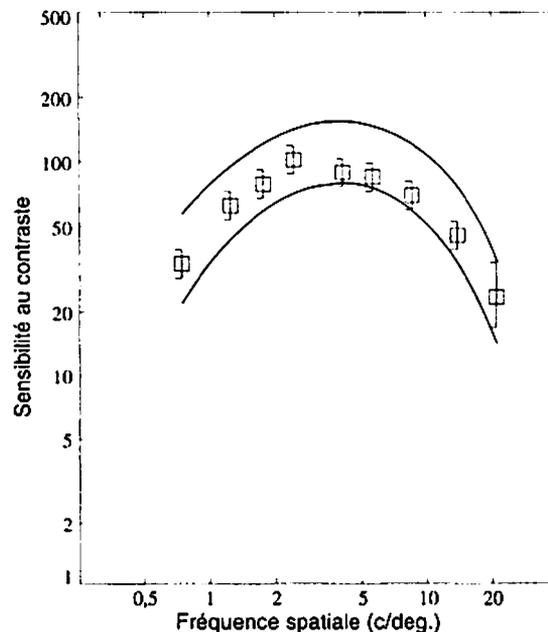


Fig. 8 — Comparaison de la méthode d'ajustement (lignes) et de la méthode de choix forcé (carrés blancs) chez 20 sujets normaux (figure modifiée d'après HIGGINS, 1984).

Ce critère peut être "la simple perception d'un changement de luminance sur l'écran sans réellement voir un réseau" ou bien pour d'autres sujets qui ont un critère de jugement moins sûr (par exemple les personnes âgées) "la réelle perception d'un réseau". La méthode par ajustement est une variante de la méthode des limites.

### • Méthode du choix forcé

Le principe consiste à délimiter grossièrement le seuil du sujet, puis à présenter dans un ordre aléatoire des stimuli autour du seuil supposé. Pour chaque présentation, le sujet répond "perçu" ou "non perçu". Après plusieurs présentations, l'examineur calcule le pourcentage des réponses perçues, le pourcentage de bonnes réponses est habituellement de 75% (9).

Le choix forcé peut s'effectuer de trois façons :

— Soit par la succession aléatoire sur l'écran de plages uniformes ou de réseaux. La méthode utilisée sur le *Scop*® (3) s'en rapproche.

— Soit par la présentation de réseaux successifs dont le patient doit donner à chaque fois l'orientation ; méthode de la planche de *Vistech*®, et du *Mentor*®.

— Soit la méthode du double choix forcé qui consiste à présenter successivement dans le temps deux plages, l'une contenant le réseau, l'autre étant uniforme et de même luminance moyenne.

Le sujet doit préciser si le réseau est dans la première ou la seconde période (méthode la plus précise, mais la plus longue).

## Quelle technique choisir ?

Il est très difficile de choisir en clinique une méthode plutôt qu'une autre (15).

Certains patients ne répondent bien qu'à une méthode particulière (16 a et b, 17, 18). Pour d'autres, les seuils sont les mêmes pour deux méthodes (ascendant et par choix forcé) chez le sujet normal (19, 20).

La méthode de "pas à pas ascendants" donne le plus petit écart-type et la meilleure reproductibilité (18) (fig. 9).

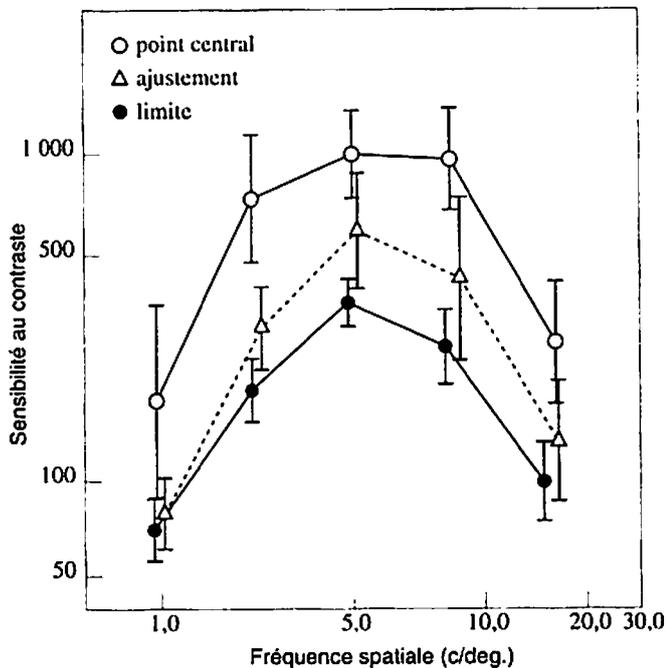


Fig. 9 — Comparaison de 3 techniques de mesure de seuil de contraste chez 13 sujets normaux (figure modifiée d'après GINSBURG, 1983).

## Peut-on utiliser des techniques plus simples que des réseaux sinusoïdaux pour mesurer la sensibilité au contraste spatial ?

En pratique clinique, il apparaît que l'étude de la sensibilité au contraste avec des réseaux sinusoïdaux par la méthode des limites (*Moniteur ophtalmologique*®) est difficile avant 10 ans et au delà de 85 ans (mauvaise reproductibilité). Les mêmes problèmes apparaissent avec la méthode de choix forcé. Cependant certains utilisent la planche de *Vistech*® chez les jeunes enfants pour suivre l'évolution d'une amblyopie. Par ailleurs, un faible pourcentage de patients (1 à 3% en FSC spatial et 8 à 10% en FSC temporel) sont désorientés par la présentation de réseaux auxquels ils ne sont pas habitués.

Aussi de nombreux auteurs ont tenté de simplifier cet examen au risque de lui faire perdre son identité\*. Tous utilisent des optotypes, plus faciles à manier que des réseaux.

\* La FSC avec des réseaux a surtout été utilisée par les chercheurs pour mettre en évidence les canaux de type X, Y, W (28).

\*\*L'analyse de Fourier montre qu'un optotype contient en fait plusieurs fréquences spatiales. On ne teste donc pas un canal centré sur une fréquence spatiale particulière, mais plusieurs.

Certains ont tenté de comparer les deux techniques (réseaux et optotypes) (21), et trouvent une assez bonne corrélation entre les deux techniques.

Cependant sans entrer dans les détails\*\*, on ne mesure pas la même chose. Il s'agit de deux sensibilités au contraste différentes.

Ici intervient la notion qu'il n'existe pas une sensibilité au contraste, mais des *sensibilités au contraste*. En effet, on ne peut comparer la sensibilité au contraste coloré et celle au contraste noir et blanc, la sensibilité au contraste spatial et celle au contraste temporel, la sensibilité au contraste déterminée par réseaux et celle évaluée par optotypes.

Il apparaît indispensable de confronter ces mesures de contraste à des normes de référence.

Une dernière remarque concernant la sensibilité au contraste par optotypes est que la luminance moyenne varie lorsque le contraste des optotypes varie. Le terme de mesure de niveaux de gris pour les optotypes paraît plus approprié que le terme de sensibilité au contraste.

Cependant les optotypes présentent de nombreux avantages : compréhension facile, faible coût, rapidité.

La mesure de la sensibilité au contraste est une méthode psychophysique. Aussi, malgré toutes les précautions méthodologiques, l'ensemble des méthodes de détermination d'un seuil bute sur le problème de faire la part entre le seuil véritable du sujet et le critère de seuil du sujet (22).

C'est l'une des principales raisons de l'utilisation de techniques électrophysiologiques objectives (par potentiels évoqués visuels) pour la mesure de la FSC qui, en théorie, s'affranchissent de la participation du sujet, mais qui en pratique clinique se relèvent peu précises et beaucoup trop longues (14).

**EN CONCLUSION**, il nous est apparu intéressant de présenter et de comparer les différents systèmes de mesure de *sensibilité au contraste* disponible sur le marché français sans prétendre présenter un catalogue exhaustif (tableau I - page 74). Le détail de cette étude comparative paraîtra dans le prochain numéro de Coup d'Œil.

A suivre (Coup d'Œil n°33)

Xavier ZANLONGHI  
Ophtalmologiste  
Laboratoire d'explorations fonctionnelles de la vision  
Clinique Sourdis  
3 place Anatole France  
44000 NANTES

### Résumé

Le nombre de plus en plus important d'articles et d'appareillages disponibles de sensibilité au contraste impose une tentative de mise au point. Un rappel des techniques de mesure d'une sensibilité au contraste est présenté. Un deuxième article comparera les différents appareillages de sensibilité au contraste.

### Mots-Clés Key-Words

sensibilité au contraste, contraste, optotypes, réseaux sinusoïdaux.

contrast sensitivity, contrast, plate, sine-wave gratings.

### Summary

#### CONTRAST SENSITIVITY

The number of instrument which measure contrast sensitivity has considerably increased ; so this observation should bring a clarification. A recall of these technical measurements is shown. A second article will compare the different instruments of contrast sensitivity.

**Tab. 1 — Classification des appareils actuels de mesure de la sensibilité au contraste, suivant le mode de stimulation et la technique de mesures (cf étude détaillée in Coup d'Œil, n°33).**

Mode de stimulation	Planches photographiques	Tube télévision	Franges d'interférence <sup>(23, 24)</sup>	Système à transmission de lumière	Scanning Laser Ophthalmoscop	Réfractomètre automatique
Technique de mesures						
Réseaux à profil de luminance sinusoïdale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planches d'Arden</li> <li>• Planches de Vistech<sup>**</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mentor<sup>®*</sup></li> <li>• Moniteur Ophthalmologique<sup>**</sup></li> <li>• Scop<sup>®*</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appareils de laboratoires qui ont l'avantage de s'affranchir des problèmes d'amétropie et de troubles des milieux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MCT 8 000 de Vistech<sup>®</sup></li> </ul>		
Mires de type ondulettes		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visiplus<sup>®**</sup></li> </ul>				
Optotypes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planches de Regan</li> <li>• Planches de Pelli-Robson</li> <li>• Planches de Weiss<sup>*</sup></li> <li>• Planches de Lynx Optique<sup>®*</sup></li> <li>• Gradual<sup>®</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mentor<sup>®*</sup></li> <li>• Moniteur Ophthalmologique<sup>**</sup></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergovision<sup>®</sup> d'Essilor<sup>*</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le plus avancé est le prototype situé dans le service de biophysique du Pr Grall (Lariboisière)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nidek<sup>*</sup></li> <li>• Humphrey</li> </ul>

\* Essayés partiellement par le même manipulateur dans un laboratoire d'exploration fonctionnelle de la vision.

\*\* Sans entrer dans les détails, le système visuel se comporte comme un analyseur fréquentiel, et il apparaît que le modèle mathématique d'opérateur de Fourier sur lequel s'appuient de nombreux travaux de neurophysiologie (7, 8, 25) est insuffisant pour décrire la localisation d'un élément particulier dans une image. Aussi MENU<sup>(26)</sup> propose la transformation par ondelettes et l'a appliquée au Visiplus<sup>®</sup> ou ce sont des ondelettes qui sont proposées comme mires de contraste et non des réseaux sinusoïdaux.

disponible en France ou à l'étranger

non disponible ou adresse du distributeur inconnu

Matériels de laboratoire de recherche non étudiés ici

# SENSIBILITE AU CONTRASTE

## ETUDE COMPARATIVE DES APPAREILLAGES ACTUELS

### *Comment s'y reconnaître ?*

### *Quelles sont les meilleures techniques en fonction de ses besoins et de son budget ?*

2<sup>e</sup> partie\*

X. ZANLONGHI

Il existe une grande variété de produits\* basés sur des techniques de mesures et des systèmes de stimulation de la sensibilité au contraste très différents. Toutefois, nous nous bornerons à la présentation des seuls appareils utilisables en clinique.

Après un bref inventaire des techniques de mesures utilisées\*, nous développerons l'étude comparative proprement dite des appareillages testés, ceux-ci étant classés par modes de stimulation\*. Par souci de clarté, il a été largement fait appel aux tableaux, le texte se limitant aux seules informations complémentaires relatives à chaque appareil.

### **LES TECHNIQUES DE MESURES ET DE STIMULATION EN PRÉSENCE**

Comme nous l'avons entrevu dans la première partie, on distingue trois techniques de mesures, dont deux majeures :

#### **Utilisation de réseaux à profil de luminance sinusoïdale**

• *Soit par tube vidéo (écran cathodique)* (tab. II)  
Des impératifs techniques incontournables<sup>(41)</sup> font que les 2 appareils de sensibilité au contraste par tube vidéo en noir et blanc (*Mentor*<sup>®</sup> et *Moniteur Ophthalmologique*<sup>®</sup>) sont du point de vue de la qualité des réseaux très proches. Les différences se situent dans l'ergonomie et les techniques de mesures des seuils de contraste, et la possibilité ou non d'effectuer l'évaluation de la sensibilité au contraste temporel<sup>(4+)\*</sup>. Une autre approche dans le *Scop*<sup>®</sup> a été de privilégier l'étude de la couleur, s'appuyant sur l'argument d'une détection plus précoce dans certaines pathologies d'atteinte de la fonction de sensibilité au contraste (FSC) pour une couleur particulière<sup>(7, 10)</sup>. En fait, il s'agit de contraste couleur-noir et non de contraste coloré pur (qui est impossible à obtenir avec des tubes vidéo couleur).

• *Soit sur planches photographiques* (tab. III)  
Différents types de planches sont commercialisés. Les plus anciennes (1978) sont les planches d'Arden utilisables en vision de près.

Les plus récentes (1984) peuvent être utilisées en vision de loin ou de près (en fait il s'agit de 2 planches). Elles bénéficient toutes deux d'une abondante littérature<sup>(4, 5, 14, 15, 43)</sup>.

#### **• Que préférer : réseaux à profil de luminance sinusoïdale par écran cathodique ou sur planches photographiques ?**

D'une manière générale, les possibilités (nombre de niveaux de contraste et nombre de fréquences spatiales) sur un écran cathodique sont beaucoup plus nombreuses.

Les résultats entre tube vidéo et planches sont très proches pour les moyennes fréquences spatiales<sup>(11)</sup>. Par contre, dans les basses ou hautes fréquences spatiales, des différences importantes apparaissent en raison de la taille du champ stimulant plus important pour les planches d'Arden, et du nombre très limité de fréquences spatiales pour la planche *Vistech*<sup>®</sup>.

Les avantages des planches concernent la possibilité d'étudier la vision de près (indispensable dans les implants multifocaux où il apparaît que la perte de contraste n'est pas la même entre les deux foyers).

Le vieillissement (jaunissement) rapide des planches photographiques implique de les mettre dans l'obscurité lorsqu'on ne les utilise pas.

A l'inverse, la photométrie d'un écran cathodique doit être contrôlée régulièrement<sup>(41)</sup>.

Les deux derniers arguments de choix concernent le prix nettement plus élevé pour les écrans cathodiques et surtout l'encombrement de ceux-ci, rendant leur transport délicat.

#### **Utilisation d'optotypes à contraste variable**

##### **• Soit par tube vidéo (écran cathodique)** (tab. II)

Deux appareils présentent des optotypes à contraste variable : le *Moniteur Ophthalmologique*<sup>®</sup> et le *Mentor*<sup>®</sup>. Ce dernier pouvant également être utilisé en remplacement d'un projecteur de test est d'un emploi aussi facile.

\* La première partie (cf. *Coup d'Œil*, 1991, 2, 32, 70-74) aborde les fondements physiologiques et techniques de la mesure de la sensibilité au contraste.

\*\* A la suite des travaux de QUIGLEY<sup>(37, 38)</sup>, une importante recherche sur des tests précoces de glaucome débutant est en cours. Parmi ceux-ci, les tests de sensibilité au contraste temporel, de sensibilité au contraste au mouvement et de flicker semblent intéressants.

En revanche, les optotypes sur le *Moniteur Ophthalmologique*® sont d'un emploi moins facile, car toutes les manipulations se font à partir du clavier, et il faut programmer à l'avance des procédures à différents niveaux de contraste.

• *Soit sur planches photographiques* (tab. III)

Comme le fait justement remarquer Arden<sup>(3)</sup>, les planches cartonnées doivent toujours être éclairées de façon uniforme en évitant les reflets. La définition du papier photographique doit être la plus élevée possible. Il est difficile de présenter sur papier des contrastes proches de 100% à cause des phénomènes de réflectance. La production industrielle de telles planches pose de nombreux problèmes techniques<sup>(35)</sup>.

• *A part : quelques cas particuliers*

Il faut en effet établir un distinguo pour les planches photographiques entre celles qui sont éclairées par une source extérieure au système et celles qui disposent de leur propre dispositif d'éclairage (en principe par rétro-illumination). Ce dernier dispositif a l'avantage d'assurer des conditions photométriques plus rigoureuses ; on le retrouve sur le *Gradual*®, les planches MCT 8 000 de *Vistech*®, ainsi que dans l'*Ergovision*® d'*Essilor* qui n'est pas spécifiquement un appareil d'évaluation de la sensibilité au contraste.

Cette absence de spécificité se retrouve dans les réfractomètres automatiques qui comportent une fonction d'exploration de la sensibilité au contraste. C'est ainsi le cas des appareils de *Nidek* et d'*Humphrey*.

• *Que préférer : des optotypes par écran cathodique ou sur planches photographiques ?*

Là encore les possibilités du *Mentor*® nous semblent nettement supérieures aux planches d'optotypes en vision de loin. Le *Mentor*® peut tout à fait être utilisé comme projecteur de test en veillant bien à la stabilité de l'image (réglages à effectuer à l'installation). En fait, en vision de loin le choix se situe plutôt dans le prix que l'on désire mettre.

Les optotypes sont indispensables en vision de près. A l'usage, il semble que la planche de *Weiss* de près qui intègre une difficulté supplémentaire : la lecture, soit le test le plus sensible.

## Utilisation de mires de type ondelettes

Cette catégorie, moins fréquentée, comporte en effet un seul appareil, le *Visiplus*®.

## LES PROTAGONISTES

### Stimulateurs par tube vidéo

• *Moniteur Ophthalmologique*®

Le programme *sensibilité au contraste* est l'un des nombreux logiciels disponibles sur cet appareil qui est en fait un système modulaire très complet d'exploration fonctionnelle visuelle. On retrouvera la même ergonomie que sur les autres programmes avec, d'un côté les procédures standard, et de l'autre un éditeur de procédures permettant à ceux qui le souhaitent de personnaliser leurs programmes.

• *Vidéotest*™ C et l'option JAC de *Mentor*®

Cet appareil américain permet la mesure de l'acuité visuelle, de la sensibilité au contraste et de la binocularité.

En l'absence de calibration interne, il faut absolument éviter de dérégler la luminance et le contraste du stimulateur.

Le niveau de contraste initial au-dessus du seuil est choisi en fonction de l'acuité visuelle et de la pathologie suspectée. 4 présentations sont effectuées ; 100% de bonnes réponses sont exigées. On diminue le contraste de 3 niveaux puis on refait 4 présentations (l'inclinaison des réseaux est aléatoire). Si l'on obtient 3 bonnes réponses sur 4, il est très probable que le seuil est proche. On diminue de nouveau le contraste de 3 niveaux et l'on n'obtient aucune réponse. On réaugmente le contraste niveau par niveau jusqu'à obtenir, pour un niveau de contraste donné, 3 bonnes réponses sur 4.

Sur la version C, toutes les opérations décrites ci-dessus ainsi que la transcription des résultats sont manuelles. Pour changer la fréquence spatiale ou le niveau de contraste, il faut appuyer sur 4 touches, ce qui devient vite fastidieux. La version JAC répond à cette critique.

• *Scop*® (*Sensibilité Contraste Polychromes*)

Cet appareil est issu des recherches menées par le Centre d'Etude et de Recherche de Médecine Aérospatiale (Pr Menu) sur la mesure de la sensibilité au contraste de luminance en couleur<sup>(29)</sup>.

Nous nous sommes heurtés lors des essais à plusieurs limitations : impossibilité de ne disposer que d'une seule orientation ou d'une seule couleur, absence d'une procédure *basses visions*, mutisme du logiciel qui ne prévient pas en cas de changement de fréquence spatiale provoquant des erreurs (disparaissant lorsque le technicien prévient le patient du changement de fréquence spatiale), enfin difficulté d'installation : le SCOP se branche sur le port série de l'ordinateur qui la plupart du temps est déjà utilisé par la souris nécessaire à de nombreux logiciels.

Mais la couleur pour certains cliniciens n'a pas de prix !

Un logiciel beaucoup plus complet a été mis en place<sup>(10)</sup>, mais nous n'avons pas eu l'occasion de le tester.

## Les planches photographiques

• *Planches d'Arden*

Commercialisées en 1978, cartonnées, elles constituent historiquement le premier test de contraste sur planches<sup>(3, 4, 5)</sup>. Elles s'utilisent en vision de près.

La mesure de seuil s'effectue par méthode ascendante : le patient regarde le milieu de la planche et précise à l'examineur le niveau du contraste où il voit apparaître le réseau. La planche n°2 est d'abord présentée.

Un score global est établi en faisant la somme des valeurs trouvées par planche et permet, suivant différents critères, de déterminer une anomalie.

Ces planches ne sont malheureusement pas distribuées en France.

• *Planches de Vistech*®

Il s'agit du deuxième test de contraste sur planches<sup>(14, 15)</sup> commercialisé. Sa diffusion est mondiale.

La version 6 000-6 500 VCTF est distribuée par METROVISION.

Une deuxième version, MCT 8 000, ayant les mêmes réseaux, mais bénéficiant d'un éclairage interne par rétro-illumination, avec un dispositif additionnel d'éblouissement (central, périphérique et sur le côté) et une console de commande est distribuée par une firme hollandaise (COBURN OPTICAL International - 2142 LD Cruquius).

Types d'appareils

Caractéristiques

	Mentor Vidéo test C (version B-VAT II-SG)	Mentor Vidéo test C avec option JAC
<b>STIMULATEUR</b>		
orientation des réseaux	verticaux ou obliques (± 14° par rapport à la verticale)	verticaux ou obliques (± 14° par rapport à la verticale)
couleur/noir et blanc ?	noir et blanc	noir et blanc
luminance moyenne - contrôle photométrique ?	80 cd/m <sup>2</sup> ; pas de calibration interne	80 cd/m <sup>2</sup> ; pas de calibration interne
environnement lumineux ambiant	mésopique	mésopique
<b>STIMULUS</b>		
FSC spatiale (cpd = cycle par degré)	16 fréquences spatiales possibles : 1,5 - 2 - 2,4 - 3 - 3,7 - 4,8 - 6 - 7,5 - 9,2 12 - 15 - 17,1 - 20 - 24 - 30 - 40 cpd pour 4 m	16 fréquences spatiales possibles : 1,5 - 2 - 2,4 - 3 - 3,7 - 4,8 - 6 - 7,5 - 9,2 12 - 15 - 17,1 - 20 - 24 - 30 - 40 cpd pour 4 m
FSC temporelle	non	non
commande et gestion de la stimulation	choix de l'ordre d'apparition des fréquences et du niveau de contraste	choix de l'ordre d'apparition des fréquences et du niveau de contraste
taille de la stimulation	H : 12 cm - V : 8,5 cm	H : 12 cm - V : 8,5 cm
distance d'examen	3 à 6 m	3 à 6 m
<b>CONTRASTE</b>		
nombre de niveaux de contraste disponibles	20 niveaux de 98% à 0,1%	31 niveaux de 98% à 0,1%
possibilité d'utiliser l'appareil avec des optotypes à contraste variable	oui : lettres, anneaux de Landolt, dessin pour enfants, E de Snellen	oui : lettres, anneaux de Landolt, dessin pour enfants, E de Snellen
<b>MÉTHODE DE MESURE</b>	choix forcé (inclinaison des réseaux) : présentation de la plus grande fréquence à la plus petite. La réponse orale du patient est notée par l'examineur	choix forcé (inclinaison des réseaux) : le patient répond au moyen d'une manette à 3 positions donnant l'orientation des réseaux
<b>AIDE TECHNIQUE - INTERPRÉTATION</b>		
documentation technique	très complète en français	très complète en français
exemples cliniques	oui	oui
normes de référence - guide d'interprétation	oui	non
visualisation et édition des résultats	manuelle	imprimante (option)
sauvegarde des tracés	non	non
stockage des procédures	non	oui, personnalisation des procédures
facilité d'utilisation	**	**** préprogrammation de l'examen
<b>CÔTÉ PATIENT</b>		
durée de l'examen par œil	7 à 12 mn pour un sujet normal + 30% en pathologie	5 à 7 mn pour un sujet normal + 30% en pathologie
appareil utilisable si l'acuité visuelle est < à 2/10	non	oui
<b>OPTIONS</b>		
connexion informatique - tests associés ?	test de vision binoculaire, test de phonies, stéréoscopie, test portatif d'éblouissement	test de vision binoculaire, test de phonies, stéréoscopie, test portatif d'éblouissement (3 niveaux d'éblouissement : 8 200 F TTC)
<b>INTENDANCE</b>		
poids - encombrement	18 Kg - 37 x 37 x 40 cm	18 Kg - 37 x 37 x 40 cm
fabricant - distributeur	LCA 167 rue du Chevaleret - 75013 PARIS T. (1) 45 84 27 04 - Fax (1) 44 24 30 12	LCA 167 rue du Chevaleret - 75013 PARIS T. (1) 45 84 27 04 - Fax (1) 44 24 30 12
prix	52 000 FF TTC	67 300 FF TTC imprimante thermique : 2 950 FF TTC transformation version C à JAC : 15 300 FF TTC

Moniteur Ophtalmologique®	Scop®
horizontaux 	horizontaux ou verticaux 
noir et blanc	couleur (rouge/vert/bleu)
100 cd/m <sup>2</sup> ; calibration photométrique interne à chaque mise en route	14 cd/m <sup>2</sup> ; non précisé
mésopique	mésopique
25 fréquences spatiales possibles : 22 - 17,5 - 14,6 - 12,5 - 11 - 8,7 - 7,3 - 6,7 - 6,3 - 5,8 - 5,5 - 5,1 - 4,8 - 4,5 - 4,1 - 3,8 - 3,4 - 3,1 - 2,7 - 2,4 - 2 - 1,7 - 1,4 - 1 - 0,7 cpd pour 3 m	8 fréquences spatiales possibles : 0,1 - 0,3 - 0,5 - 1,1 - 2,2 - 4,3 - 8,6 - 17,2 cpd horizontale soit 0,1 - 0,2 - 0,4 - 0,8 - 1,6 - 3,2 - 6,5 - 13 cpd verticale
oui, 8 fréquences temporelles possibles entre 1 et 50 hertz : 1, 2, 4, 7, 10, 16, 25, 50 Hertz	non
choix de l'ordre apparition des fréquences spatiales et du nombre de répétitions par fréquence spatiale (jusqu'à 10)	aucune possibilité d'intervention dans le choix des fréquences spatiales, des couleurs et des orientations
H : 14,3 cm V : 11,8 cm soit à 3,5 m, un champ stimulant de 2,2° x 1,6°	H : 27,5 cm V : 20,58 cm soit à 1,6 m, un champ stimulant de 9,8° x 7,3°
5 distances possibles : 4 - 3,5 - 3 - 2,5 - 2 m	1,6 m
120 niveaux de 98% à 0,1%	10 niveaux de 98% à 0,1%
oui : dessin pour enfants, E de Snellen	non
pas à pas ascendant : le patient appuie sur un bouton poussoir quand il distingue les réseaux, chaque fréquence spatiale est répétée 5 fois	choix forcé (procédure dichotomique) : le patient appuie sur un bouton poussoir double (vu - non vu), le contraste présenté dépend de la réponse précédente
très complète en français	non, d'où des difficultés d'installation pour ceux qui ne connaissent pas le logiciel d'exploitation MS - DOS
oui	oui
oui et en fonction de l'âge	non
impression sur imprimante graphique à aiguille ou laser (option)	impression sur imprimante graphique à aiguille ou laser
oui	suivant versions
oui	1 seule procédure entièrement automatique
**** automatisation complète possible	***
3 à 5 mn pour un sujet normal 4 à 6 mn en pathologie	20 mn pour un sujet normal 30 mn en pathologie (7)
oui	non
transfert possible vers Macintosh™ PEV - ERG - EOG sensoriel et moteur, photo-oculographie, pupillométrie - champ visuel cinétique et statique, poursuite visuelle de cibles structurées	compatible IBM, utilisable avec tous programmes MS-DOS
stimulateur : 25 Kg - 50 x 45 x 45 cm ordinateur + écran de contrôle : 31 Kg - 45 x 45 x 19 cm	stimulateur couleur : 16 Kg - 38 x 37 x 40 cm processeur graphique : 2 Kg - IBM compatible : 25 Kg
METROVISION Parc du Technopole - 2 rue Archimède 59650 VILLENEUVE D'ASO T. 20 67 10 18 - Fax 20 85 11 14	SAF 45 rue des Boulets - 75011 PARIS T. (1) 43 71 24 40 - Fax (1) 43 71 57 02
• version standard programme seul : 24 313 FF TTC • version NANOE avec imprimante, programme sensibilité au contraste et champ visuel central mais sans lecteur de disquette : 88 120 FF TTC • version NANOE + lecteur de disquette : 98 120 FF TTC • version NANOE + table élévatrice et dispositif d'éblouissement : 99 900 FF TTC	logiciel + processeur graphique + écran couleur calibré : 70 000 FF TTC compatible IBM type 286 + imprimante : 13 000 F à 20 000 FF TTC selon le type et la marque choisis

Tab. II — Comparatif des appareillages utilisant le tube vidéo comme mode de stimulation.

**Facilité d'utilisation :**

excellente	****
bonne	***
moyenne	**
médiocre	*

**Quelques conseils :**

- Noter le diamètre pupillaire.
- Mettre la meilleure correction optique de loin pour les tests à 3 m, de près pour les tests à 57 et 33 cm. Pour la planche de Pelli-Robson (distance 1 m) tout dépend de l'âge et de la correction optique (verre progressif ?). En pratique, après 60 ans rajouter 0,75 dioptries à la correction de loin.
- Pour les planches photographiques, il faut veiller à avoir toujours le même éclairage homogène.
- En cas d'utilisation d'optotypes à faible contraste, il faut veiller à toujours mesurer les faibles contrastes de la même façon : soit le dernier optotype juste discernable, soit le premier optotype qui n'est plus discernable.
- En cas d'utilisation de tube cathodique, il importe de faire chauffer le tube pendant 15 mn, prévoir un régulateur de tension, faire vérifier régulièrement la luminosité, ne jamais dérégler le tube.

• Enfin éviter les reflets parasites sur les tubes cathodiques et sur les planches en s'assurant du minimum de la même ambiance lumineuse.

Types d'appareils Caractéristiques	Planches d'Arden	Planches de Vistech <sup>®</sup> 6 000-6 500 VCTF et MCT 8 000	Planches de Regan
	<b>STIMULATEUR</b>	 horizontaux (planche 1)	  verticaux ou obliques 15°
orientation et types des réseaux/optotypes			
nombre de planches	7 dont une de présentation	1 vision de loin / 1 vision de près	3 (1 par contraste)
constitution des planches	1 planche constituée de plusieurs réseaux horizontaux à plusieurs contrastes ; et 6 ayant des fréquences spatiales différentes	chaque planche est constituée de 5 lignes de fréquences spatiales et de 9 colonnes de contraste	3 planches
luminance moyenne - éclairage	source externe : entre 75 et 130 cd/m <sup>2</sup>	soit source externe (6 000 6 500 VCTF) soit rétro-illumination (MCT 8 000)	source externe : 103 cd/m <sup>2</sup>
contrôle photométrique ?	non, pas de contrôle	oui, cellule photoélectrique fournie (6 000 6 500 VCTF)	non, pas de contrôle
<b>STIMULUS</b>			
FSC spatiale	6 fréquences spatiales soit 0,2 - 0,4 - 0,8 - 1,6 - 3,2 - 6,4 cpd	5 fréquences spatiales soit 1,5 - 3 - 6 - 12 - 18 cpd pour 3 m	3 niveaux sur 3 planches différentes soit 93 - 9 - 3%
distance d'examen	50 cm	3 m pour la grande planche 43 à 25 cm pour la petite planche	3 m
<b>CONTRASTE</b>			
nombre de niveaux de contraste disponibles	22 planches 20 = contraste le plus élevé 1 = contraste le plus faible	9 par fréquence spatiale	3 par planches
<b>MÉTHODE DE MESURE</b>			
	ascendante : le patient regarde le milieu de la planche et précise le niveau de contraste où il voit apparaître le réseau	choix forcé	dernier optotype à faible contraste vu
<b>AIDE TECHNIQUE</b>			
documentation technique		oui (6 000)	
exemples cliniques		oui	oui
normes de référence - guide d'interprétation	oui, en fonction de l'âge (3, 4, 5)	oui, la carte est fournie avec des valeurs normales	Oui
établissement score global	oui	non	non
facilité d'utilisation	***	*** piloté par console (MCT 8 000)	***
<b>CÔTÉ PATIENT</b>			
durée de l'examen par œil	non précisée	3 à 5 mn par œil	non précisée
appareil utilisable si l'acuité visuelle entre 1/20 et 2/10	non	non	non
<b>OPTIONS</b>			
utilisable en échelle d'acuité visuelle classique	non	non (6 000) - non (8 000)	non
<b>INTENDANCE</b>			
poids - encombrement	22,9 x 30,5 cm	de loin : 94 x 68,5 cm de près : 17,5 x 14 cm	
fabricant - distributeur	non distribuées en France	réf. 6 000-6 500 VCTF : cf METROVISION (Moniteur Opt.) réf. MCT 8 000 : Cobum Optical International Bennebroekerdijk 209 2142 LD CRUQUIUS - THE NETHERLANDS T. (31) 23 24 61 24 - Fax (31) 23 24 60 08	non distribuées en France
prix	non communiqué	réf. 6 000-6 500 VCTF : 8 360 FF TTC MCT 8 000 : 6 622 \$	non communiqué

Tab. III — Comparatif des appareillages dont le mode de stimulation consiste en planches photographiques ou en systèmes assimilés.

Planches de Weiss de près		Planches de Pelli-Robson		Planches de Lynx Optique®		Gradual®	
texte	optotypes	optotypes	optotypes	optotypes	optotypes	optotypes	optotypes
1 recto/verso	1	1 recto/verso même niveaux de contraste, mais des lettres différentes	2 planches	1			
recto : P1,5 à P6 à 80% de contraste verso : P2 à P8 à 10% de contraste	optotypes à 60 et 10% de contraste placés en colonne	lettres en groupes de 3 triplés ; 8 lignes comportant chacune 2 triplés	1 vision de loin recto/verso 1 vision de près recto/verso	tableau translucide rétro-éclairé			
non précisé non, pas de contrôle		source externe : 85 cd/m <sup>2</sup> non, pas de contrôle	non précisé non, pas de contrôle	rétro-illumination 3 niveaux d'éclairement inclus : 5 - 85 - 600 cd/m <sup>2</sup> oui, contrôlé et garanti par le fabricant			
texte	optotypes	optotypes	optotypes	optotypes			
33 cm	5 m	1 m	de loin : 3 m - de près 20 à 40 cm	3 m			
2 niveaux de contraste : 80% et 10%		15 niveaux de contraste	2 niveaux de contraste fort = 100% - faible = 30%	10 niveaux de contraste (valeurs non-communicuées) dans chaque colonne le contraste varie			
en pratique en vision de près, une différence de 1 ligne entre le fort et le faible contraste est normale jusqu'à 50 ans, au-delà on peut avoir 2 lignes de différence, voire 3 pour les patients de plus de 75 ans sans qu'il y ait pour autant une pathologie		les lettres sur le test sont organisées en groupe de 3 triplés à contraste différent. Il y a 2 triplés par lignes, il y a 8 lignes : le patient lit les lettres les plus foncées vers les plus pâles	dernier optotype à faible contraste vu	2 méthodes de mesure différentes (cf texte)			
oui			oui	oui			
non		non	non	non			
oui (33)		non fournies, dans la littérature (35, 45)	oui	oui			
				non			
****	***	***	***	***			***
1 mn par œil		œil droit/œil gauche/binoculaire : 8 mn	1 mn par œil	1 à 8 mn par œil			
non		non	oui	oui			
oui		non	oui	oui			
12 x 21 cm		86 x 64 cm	de près : 70 cm x 120 cm de loin : 23 x 20 cm	100 x 55 x 16 cm			
CERES 29 rue Manin 75019 PARIS		LUNEAU 3 rue d'Edimbourg 75008 PARIS T. (1) 42 93 20 35 Fax 37 25 75 99	LYNX OPTIQUE 11A quai Conti 78430 LOUVECIENNES T. (1) 30 82 12 12 Fax (1) 30 82 64 74	Laboratoires OPSIA 10 avenue de l'Europe 31520 RAMONVILLE-SI-AGNE T. 61 28 56 28 Fax 61 28 56 00			
100 FF TTC	300 FF TTC	2 583,27 FF TTC	planche de près 250 FF TTC planche de loin 428 FF TTC	18 900 FF TTC avec télécommande 21 000 FF TTC			

**Facilité d'utilisation :** excellente \*\*\*\* bonne \*\*\* moyenne \*\* médiocre \*

Types d'appareils	Caractéristiques			
	Ergovision <sup>®</sup> d'Essilor	réfractomètre Nidek	réfractomètre Humphrey	Visiplus <sup>®</sup>
<b>STIMULATEUR</b>				
orientation et types des réseaux/optotypes	optotypes	optotypes	optotypes	ondelettes
constitution des plaques de la stimulation	lettres + chiffres de 4 - 6 - 8/10	lettres + chiffres	lettres + chiffres	ondelette et images adaptées
luminance moyenne - contrôle photométrique ?	160 cd/m <sup>2</sup> ; non précisé	non précisée ; non précisé	non précisée ; non précisé	14 cd/m <sup>2</sup> ; non précisé
environnement lumineux - éclairage ambiant	mésopique	mésopique	mésopique	mésopique
<b>STIMULUS</b>				
commande et gestion de la stimulation	automatisée	automatisée	automatisée	automatisée
distance d'examen	33 cm	collimaté à l'infini	collimaté à l'infini	non précisée
<b>CONTRASTE</b>				
nombre de niveaux de contraste disponibles	3 niveaux : 60% - 40% - 25%	6 niveaux	1 niveau avec éblouissement	non précisé
<b>MÉTHODE DE MESURE</b>	lecture d'optotypes	lecture d'optotypes	lecture d'optotypes	détection d'ondelettes
<b>AIDE TECHNIQUE</b>				
documentation technique	oui, en français	oui	oui	non
exemples cliniques	oui	oui	oui	non
normes de référence - guide d'interprétation	oui, âge non précisé	oui		non
visualisation et éditions des résultats	imprimante	imprimante	imprimante	non
établissement score global	oui	oui	oui	non
facilité d'utilisation	****	**	**	**
<b>CÔTÉ PATIENT</b>				
durée de l'examen	test contraste seul : 1 mn	2 mn	2 mn	variable selon le degré de malvision
<b>OPTIONS</b>				
connexion informatique - tests associés ?	16 fonctions testées depuis l'acuité visuelle en passant par la vision des couleurs jusqu'à des tests de lachytoscopie	réfraction test rouge/vert acuité visuelle éblouissement	réfraction, acuité visuelle, éblouissement	compatible IBM utilisable avec tous les programmes MS-DCS
<b>INTENDANCE</b>				
poids - encombrement	non fourni	21 Kg - 28 x 49,5 x 46,5 cm	38,5 Kg - 58 x 43 x 39 cm	écran VGA : 15 Kg ordinateur de contrôle : 35 Kg
fabricant - distributeur	ESSILOR 1 rue Thomas Edison Echat 902 94028 Créteil Cedex T. (1) 48 98 70 00 Fax (1) 48 98 74 78	NIDEK France 59 rue Auguste Perret 94042 Créteil-Europarc T. (1) 49 80 97 97 Fax (1) 49 80 32 08	ALLERGAN HUMPHREY Sophia Antipolis ZAC Font de l'Orme 1198 Av. du Dr M. Dona BP 42 - 06251 Mougins Cedex T. 92 92 44 00 Fax 92 92 44 11	LYNX OPTIQUE 11A quai Conti 78430 Louveciennes T. (1) 30 82 12 12 Fax (1) 30 82 64 74
prix	47 321,40 FF TTC	modèle AR-1600 : 105 930 FF TTC	modèle 590 : 65 000 FF TTC	logiciel seul : 130 460 FF TTC + compatible IBM type 386 de 15 000 à 20 000 FF TTC selon le type et la marque choisis

Tab. IV — Comparatif des appareillages particuliers d'évaluation de la sensibilité au contraste incluant les systèmes non spécifiques ou non "dédiés sensibilité au contraste".

### Facilité d'utilisation :

excellente \*\*\*\*    bonne \*\*\*    moyenne \*\*    médiocre \*

• **Planches de Regan** (38)

Regan qui ne saurait être confondu avec son célèbre homonyme, ex-président des Etats-Unis, a publié de nombreux articles sur la sensibilité au contraste et commercialisé ces planches qui portent son nom. Malgré une assez bonne diffusion mondiale, les planches de Regan ne sont pas distribuées en France.

• **Planches de Weiss** (33)

Ce test mis au point par J.-B. Weiss traduit le savoir-faire et le pragmatisme de son concepteur. Il constitue un excellent compromis entre la qualité, le prix et la sensibilité des planches.

Il est distribué par le CERES (Paris).

• **Planches de Pelli-Robson** (35, 45)

Ce test, plus récent, connaît un certain succès même si son agrément à la FDA lui a été retiré. Il est distribué par LUNEAU (Paris).

• **Planches de Lynx-Optique**®

Ces planches, comme leur nom l'indique, sont distribuées par le réseau d'opticiens bien connu. Suivant nos essais cliniques, il aurait été préférable que le niveau de faible contraste ne soit pas de 30 %, valeur à notre sens trop élevée, mais plus proche de 10 %.

• **Gradual**®

Développé par les professeurs Menu (CERMA) et Corbé (CEMPN), ce test n'est pas, stricto sensu, un procédé par planches photographiques. Mais, par souci de clarification, nous l'avons néanmoins classé dans cette catégorie. En effet, par référence aux échelles murales d'acuité visuelle qui comportent aussi bien les planches éclairées par une source externe que celles bénéficiant d'un éclairage intégré, en principe par rétro-illumination, il nous est apparu logique d'effectuer la même assimilation.

Ainsi, par rapport aux autres planches photographiques, le *Gradual*® a l'avantage de disposer, ainsi que le rappelle le Dr Joël PYNSON, directeur médical des laboratoires OPSIA (qui en assurent la distribution), de son propre éclairage, sa luminance n'étant pas tributaire de l'éclairage ambiant. Il n'est cependant pas précisé s'il s'agit de la luminance moyenne ou de la luminance du fond.

Ce tableau peut être utilisé de 2 façons :

— La première, très rapide, consiste à mesurer l'acuité visuelle à fort contraste on trouvera par exemple 9/10, puis à mesurer l'acuité visuelle au plus faible contraste dans la même ligne (donc la même taille d'optotype) et l'on note le numéro de la colonne par exemple C6. On note alors 9/10 C6.

— La deuxième, plus longue, consiste pour chaque taille d'optotype, à mesurer le seuil de contraste. On revient alors à une conception plus classique où l'on trace une courbe de contraste en fonction de la taille des optotypes.

## Les systèmes hybrides

Nous rangeons sous ce vocable d'hybride, d'une part les systèmes qui ne sont pas exclusivement ou principalement dédiés à l'exploration de la sensibilité au contraste, d'autre part l'instrumentation qui fait appel à des techniques de mesures moins usitées et qui, en tous cas, ne sont ni des réseaux à profil de luminance sinusoïdale, ni des optotypes.

• **Ergovision**®

L'un des 18 tests de cet appareil de dépistage des troubles de la vision en médecine du travail concerne la sensibilité au contraste. Il utilise des optotypes constitués de 3 lignes d'acuité avec des lettres et des chiffres de 4/10, 6/10 et 8/10. Son fabricant et distributeur est ESSILOR (Paris).

• **Réfractomètre automatique Nidek (modèle AR-1600)**

Cet appareil polyvalent (réfraction, test rouge-vert, acuité subjective) permet de pratiquer des tests de contraste.

Une série d'optotypes est présentée au patient. Petite sophistication : si une correction réfractive est nécessaire, celle-ci est automatiquement installée (en équivalents sphériques) à partir des valeurs trouvées en réfraction automatique.

La distribution est effectuée par NIDEK France.

• **Réfractomètre automatique Humphrey (modèle 590)**

Par son principe, cousin d'Amérique (conçu et distribué par ALLERGAN-HUMPHREY) du réfractomètre NIDEK, il offre des possibilités de présentation de contraste plus limitées, mais il est également moins cher de près de 40%...

• **Visiplus**®

Ce logiciel *Visiplus*® distribué par LYNX OPTIQUE et fonctionnant sur compatible IBM (avec écran VGA couleur) est uniquement destiné aux malvoyants. Il permet, outre l'évaluation fonctionnelle de la vision du malvoyant et sa rééducation, l'évaluation de la sensibilité au contraste (en faisant appel à la théorie des ondelettes).

## QUE CHOISIR ?

Il faut tout d'abord définir ces besoins.

S'agit-il d'une étude très fine comme par exemple l'étude de la perte de contraste par implants multifocaux ou dans la chirurgie cornéenne ou des études pharmaceutiques ? Un appareil précis est indispensable et seul le *Mentor*® et le *Moniteur Ophthalmologique*® répondent à ce critère.

S'agit-il d'une simple mesure dans le cadre plus général d'un dépistage en médecine du travail ? *L'Ergovision*® remplit parfaitement ce rôle.

Veut-on étudier le contraste coloré ? Seul le *Scop*® le permet.

Veut-on faire des études prospectives de dépistage de glaucome ? Les recherches récentes privilégient l'étude du mouvement. Seul le *Moniteur Ophthalmologique*® le permet.

Veut-on apprendre ce qu'est la sensibilité au contraste par réseaux avant d'acheter un appareil plus sophistiqué ? Les planches de *Vistech*® conviennent tout à fait.

A-t-on besoin d'un appareil capable d'effectuer aussi bien du contraste que du champ visuel que de l'électrophysiologie ? Une seule réponse à cette demande : le *Moniteur Ophthalmologique*®.

S'intéresse-t-on préférentiellement aux basses visions ? Plusieurs réponses sont possibles : pour la rééducation, le *Visiplus*®, pour le diagnostic ou le suivi, le *Mentor*® (option JAC), le *Moniteur Ophthalmologique*®, le *Gradual*®, les planches de *Lynx Optique*.

Cherche-t-on un test très simple, mais suffisamment sensible ? Les planches de *Weiss* de près, de *Pelli-Robson*, de *Regan* remplissent parfaitement ce rôle.

Désire-t-on tester l'influence de l'éblouissement dans les cataractes modérées ?

Plusieurs réponses sont possibles : le *Mentor*® (avec le système portable d'éblouissement), le *Moniteur Ophthalmologique*®, le *Gradual*® (à 600 cd/m<sup>2</sup>), le MCT 8 000, les réfractomètres automatiques Nidek (AR-1 600) et Humphrey (590).

Cherche-t-on à sauvegarder les résultats, à les transférer sur Macintosh™ ? Seul le *Moniteur Ophthalmologique*® le permet, et dans une moindre mesure les 2 réfractomètres automatiques.

Le plus bas prix est le principal argument. Il faut choisir alors les planches de Weiss.

## CONCLUSION

16 appareillages différents utilisables en clinique ont été présentés.

Nous ne pouvons qu'être surpris devant une telle diversité et un tel engouement pour une notion déjà ancienne : *la mesure d'un seuil de contraste*. Ce, d'autant que la lecture de la littérature plonge le profane dans une grande perplexité sur l'intérêt de cet examen : Il suffit par exemple de lire les articles consacrés au glaucome (plus d'une cinquantaine) ou pas un auteur ne donne les mêmes conclusions.

Car si la plupart des auteurs reconnaissent à cette technique une grande sensibilité, elle apparaît à l'usage clinique comme très peu spécifique. Il est totalement illusoire de penser faire le diagnostic de glaucome ou de cataracte avec cet examen sans l'intégrer dans l'examen clinique et surtout en association avec le champ visuel.

Il est par ailleurs très dommage de constater l'absence d'accord entre les auteurs sur le type de stimulation (réseaux, ondelettes, optotypes), les niveaux de contraste à utiliser, les distances, la luminance moyenne, etc. (1)

Peu de constructeurs font l'effort de fournir des normes de référence, ce qui oblige le praticien à établir ses propres normes.

A l'usage, il est impossible de comparer deux marques différentes entre elles (à l'exception du *Mentor*® et du *Moniteur Ophthalmologique*® qui en sensibilité au contraste spatial sont assez proches). Les tableaux comparatifs devraient permettre à chacun de choisir son test en fonction de ses besoins.

S'agit-il d'une simple mode ? Si cette technique (la sensibilité au contraste) a fait la preuve de son intérêt en recherche fondamentale en neurophysiologie, est-elle réellement utile en clinique ?

Ce sera l'objet d'un nouvel et ultérieur article...

Xavier ZANLONGHI

Ophthalmologiste

Laboratoire d'explorations fonctionnelles de la vision

Clinique Sourdeille

3 place Anatole France

44000 NANTES

### REMERCIEMENTS

Cet article fait suite à un séminaire organisé par la Société d'Ophthalmologie de l'Ouest sur la Sensibilité au Contraste en octobre 1990 à Nantes. A cette occasion de nombreux fabricants ont prêté leurs concours. Nous tenons à remercier plus particulièrement les sociétés qui ont participé activement (mise à disposition de matériel) à cette étude : Essilor, Luer, Lynx-Optique, Martinet, Métrovision, Nidek, SAF. Nos remerciements également au professeur MENU du CERMA pour son aide précieuse.

### BIBLIOGRAPHIE

- 1 • AMERICAN ACADEMY OF OPHTHALMOLOGY — Contrast sensitivity and glare testing in the evaluation of anterior segment disease. *Ophthalmology*, 1990, 97, 1233-1237.
- 2 • ARDEN G.B. — Le standard de mesure de l'acuité visuelle. *J. Fr. Ophthalmol.*, 1988, 11, 779-792. [12]
- 3 • ARDEN G.B. — The importance of measuring contrast sensitivity in the cases of visual disturbance. *Br. J. Ophthalmol.*, 1978, 62, 198-209. [11]
- 4 • ARDEN G. B., GUCUKOGLU A. G. — Grating test of contrast sensitivity in patients with retrolubar neuritis. *Arch. Ophthalmol.*, 1978, 96, 1626-1629. [2]
- 5 • ARDEN G.B., JACOBSON — A simple grating test for contrast sensitivity, preliminary results indicate value in screening for glaucoma. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 1978, 17, 18-32.
- 6 • BONNET C. — Psychophysique de la perception visuelle du mouvement. *Thèse Doctorat es Sciences, Paris*, 1984. [6]
- 7 • BOURGEOIS H., DEMALLY P., COLLIN R., MAURIN J.-F., CORBE C., LALANNE J.-F. — L'exploration de la sensibilité aux contrastes en stimulation colorée chez les sujets porteurs d'une hypertension oculaire isolée. *Ophthalmologie*, 1991, 5, 92-94.
- 8 • BUSER P., IMBERT M. — Vision, neurophysiologie fonctionnelle. Tome IV. *Paris : Hermann édit.*, 1987. [11]
- 9 • CAMPBELL F.W., GREEN D.G. — Optical and retinal factors affecting visual resolution. *J. Physiol.*, 1965, 181, 576-593. [8]
- 10 • CORBE C., MENU J.-P., BERTHOMMIER F. — De la valeur de la fonction de sensibilité au contraste. Résultats d'une étude épidémiologique. *Bull. Soc. Opt. France*, 1989, 6-7, 775-782.
- 11 • CORWIN T.R., RICHMAN J.E. — Three clinical tests of the spatial contrast sensitivity function: a comparison. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.*, 1986, 63, 413-418.
- 12 • DRESSLER M., RASSOW B. — Neural contrast sensitivity measurements with a laser interference system for clinical and screening application. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 1981, 21, 737-744. [24]
- 13 • DOUCHE C. — Bases anatomiques et neurophysiologiques de la sensibilité aux contrastes. *Coup d'Œil*, 1991, 31, 33-36. [28]
- 14 • GINSBURG A.P. — A new contrast sensitivity vision test chart. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.*, 1984, 61, 403-407.
- 15 • GINSBURG A.P. — Clinical findings from a new contrast sensitivity test chart. Advances in diagnostic visual optic. *New-York : Springer Verlag édit.*, 1986, 132-140.
- 16 • GINSBURG A.P., CANNON M.W. — Comparison of three methods for rapid determination of threshold contrast sensitivity. *Ophthalmol. Vis. Sci.*, 1983, 24, 798-802. [18]
- 17 • HIGGINS K.E., JAFFE M.J., COLETTA N.J., CARUSO R.C., DE MONASTERIO F. — Importance of controlling the patient's visibility criterion. *Arch. Ophthalmol.*, 1984, 102, 1035-1041. [20]
- 18 • HYVARINEN L., ROVAMO J., LAURINEN P., SAARINEN J., NASANIN R. — Contrast sensitivity in monocular glaucoma. *Copenhagen : Acta Ophthalmologica édit.*, 1983, 61, 742-750. [16a]
- 19 • HYVARINEN L., LAURINEN P., ROVAMO J. — Contrast sensitivity function in evaluation of visual impairment due to degeneration and optic nerve lesions. *Copenhagen : Acta Ophthalmologica édit.*, 1983, 61, 161-170. [16b]
- 20 • KAYAZAWA F. — Clinical measurement of contrast sensitivity function using laser generated sinusoidal grating. *Jap. J. Ophthalmol.*, 1981, 25, 229-236. [23]
- 21 • KUFFLER S. W. — Discharge patterns and functional organization of mammalian retina. *J. Neurophysiol.*, 1953, 16, 37-68. [7]
- 22 • LAMPERT F. — Standards for contrast acuity/sensitivity and glare testing. In *Glare and contrast sensitivity for clinicians* (NADLER M.P., MILLER D., NADLER D.J. eds), *New York : Springer Verlag édit.*, 1990. [27]
- 23 • LAURINEN P., LAURINEN L. — A computer controlled system for psychophysical experiment. *University of Helsinki General psychology Tech. Rep.n°A2*, 1980. [17]
- 24 • LE GRAND Y. — Optique physiologique. Tome II : Lumière et couleurs. *Paris : Masson édit.*, 2ème édition, 1972. [9]
- 25 • MAFFEI L., FIORENTINI A. — The visual cortex as a spatial frequency analyzer. *Vision Res.*, 1973, 13, 1255-1267. [25]
- 26 • MANNIS — Contrast sensitivity after penetrating keratoplasty. *Arch. Ophthalmol.*, 1987, 105, 1220-1223. [15]
- 27 • MENU J.-P. — Les fonctions de sensibilité aux contrastes de luminance polychromes chez l'homme. Études psychophysiques. *Thèse Doctorat es Sciences, Paris V*, 1986. [3]
- 28 • MENU J.-P. — Vers le concept d'images adaptées. *Suresnes : Lynx Optique édit., Convergence*, 1989, 42, 5-8.
- 29 • MENU J.-P., CORBE C. — Stimulus visuel et différentes fonctions visuelles. *Paris : Editions techniques édit., Encycl. Méd. Chir., Ophthalmologie A20*, 1991, 26p. [26]
- 30 • MICHELSON A.A. — On the application of interference methods to spectroscopic measurements. *J. Phil. Mag. Series*, 1891, 31, 338-348. [10]
- 31 • MIOCHI L. — Amblyopie de privation : capacités visuelles évaluées par la FSC. *Thèse Doctorat 3ème cycle Lyon*, 1984. [4]
- 32 • MONOT A., CHIRON A., COTTIN F., BOURDY C. — Exploration fonctionnelle spatiale par la fonction de sensibilité au contraste. Cas de sujets presbytes équipés de verres progressifs. *J. Fr. Ophthalmol.*, 1985, 3, 199-209. [5]
- 33 • MULLER FEUGA E., WEISS J.-B. — Echelles d'acuité visuelle imprimées en gris. *Ophthalmologie*, 1988, 5, 387-390.
- 34 • NORDMANN J.-P., CASANOVA C., DENIS P., SARAUX H. — L'analyse de la vision par niveau de gris. Résultats neurophysiologiques et psychophysiques. *Ophthalmologie*, 1990, 4, 426-429. [21]
- 35 • PELLI D.G., ROSSON J.G., WILKINS A.J. — The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clin. Vision Sci.*, 1988, 2, 187-199.
- 36 • QUIGLEY H.A., ADDICKS E.M., GREEN W.R. — Optic nerve damage in human glaucoma III quantitative correlation of nerve fiber loss and visual field defects in glaucoma, ischemic neuropathy, papilledema, toxic neuropathy. *Arch. Ophthalmol.*, 1982, 100, 135-146.
- 37 • QUIGLEY H.A., SANCHEZ R.M., DUNKELBERG G.R., L'HERNAULT N.L. — Chronic glaucoma selectively damages large optic nerve fibers. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 1987, 28, 913-920.
- 38 • REGAN D. — Visual Psychophysical tests in demyelinating disease. *Bull. Soc. Belge Ophthalmol.*, 1983, 208, 303-321. [22]
- 39 • REGAN D., BARTOL S., MURRAY T.J. — Spatial frequency discrimination in normal vision and in patients with multiple sclerosis. *Brain*, 1982, 105, 735-754. [13]
- 40 • SKALKA H.W. — Effects of age on Arden grating acuity. *Br. J. Ophthalmol.*, 1980, 64, 21-23.
- 41 • VERNIER F., CHARLIER J. — Application of cathode-ray tube technology to the clinical evaluation of visual functions. *Optical Engineering*, 1988, 27, 123-128.
- 42 • VIRSU V., LEHTIO P., ROVAMO J. — Contrast sensitivity in normal and pathological vision. *Doc. Ophthalmol. Proc. Ser.*, 1981, 30, 263-272. [19]
- 43 • WEATHERHEAD R.G. — Use of the arden grating test for screening. *Br. J. Ophthalmol.*, 1980, 64, 591-596.
- 44 • ZANLONGHI X. — Contributions à l'étude de la fonction de sensibilité au contraste. Études électrophysiologiques, études psychophysiques, études cliniques. *Thèse de Doctorat en Médecine, Lille*, 1989. [14]
- 45 • ZHANG L., PELLI D., ROSSON J. — The effects of luminance, distance and defocus on contrast sensitivity as measured by the Pelli-Robson chart. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, ARVO, 30, 3, 406.

Commentaires Appareils	POUR	CONTRE	REMARQUES et PARTICULARITES
Mentor <sup>®</sup> version C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• optotypes</li> <li>• normes fournies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• difficulté d'utilisation du clavier</li> <li>• nombre limité de niveaux de contraste</li> <li>• pas de contrôle photométrique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• durée de l'examen un peu longue</li> <li>• prix revu récemment à la hausse</li> </ul>
Mentor <sup>®</sup> version JAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• optotypes</li> <li>• nombre plus important de niveaux de contraste que la version C</li> <li>• imprimante</li> <li>• durée de l'examen raccourcie</li> <li>• préprogrammation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pas de normes</li> <li>• pas de transfert vers IBM ou Macintosh</li> <li>• pas de contrôle photométrique</li> <li>• pas de méthode de mesures de type pas à pas ascendant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prix revu récemment à la hausse</li> </ul>
Moniteur Ophtalmologique <sup>®</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• contrôle interne photométrique</li> <li>• durée de l'examen courte</li> <li>• nombre de niveaux de contraste</li> <li>• comparaison immédiate avec des normes</li> <li>• sensibilité au contraste temporelle</li> <li>• sauvegarde et impression</li> <li>• transfert vers IBM ou Macintosh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• encombrement</li> <li>• pas de méthode de mesures de type choix forcé</li> <li>• prix pour les versions les plus complètes et dans le cas d'une utilisation du système limitée à la seule mesure de la sensibilité au contraste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prix intéressant si l'on acquiert un autre programme (champ visuel par exemple)</li> </ul>
Scop <sup>®</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• utilise un compatible IBM</li> <li>• stimulation colorée ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nombre insuffisant de niveaux de contraste pour étudier des basses visions</li> <li>• pas de sauvegarde des données</li> <li>• pas de normes</li> <li>• durée de l'examen trop longue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la couleur</li> <li>• pas de contrôle photométrique</li> </ul>
Vistech <sup>®</sup> 6 000-6 500 VCTF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• planche de près</li> <li>• normes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mémorisation trop facile</li> <li>• nombre limité de contrastes et de fréquences spatiales</li> <li>• prix</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vieillissement</li> <li>• facilité d'apprentissage des positions normales, rendant suspecte une amélioration de la FSC lors d'un 2<sup>e</sup> examen</li> </ul>
Vistech <sup>®</sup> MCT 8 000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• plusieurs tests d'éblouissement</li> <li>• normes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prix</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• distributeur en Hollande</li> </ul>
Arden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• planche de près</li> <li>• grand champ de stimulation</li> <li>• facilité d'utilisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nombre limité de fréquences spatiales</li> <li>• distance de lecture</li> <li>• contraste limité empêchant l'étude des basses visions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vieillissement</li> <li>• variation des scores selon les examinateurs</li> <li>• présentation des résultats différente de l'ensemble de la littérature</li> </ul>
Pelli-Robson	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prix</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mémorisation facile</li> <li>• une seule taille d'optotype</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vieillissement</li> </ul>
Weiss	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prix</li> <li>• grande sensibilité pour la planche de près</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mélange détection de faible contraste</li> <li>• difficulté de la lecture</li> <li>• n'est pas adapté à tous les patients</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vieillissement</li> </ul>
Gradual <sup>®</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 niveaux de luminance</li> <li>• contrôle photométrique à la fabrication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prix</li> <li>• distance imposée de 3 m</li> <li>• mémorisation trop facile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• possède sa propre source d'éclairage</li> </ul>
Regan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• diffusion internationale...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• une seule taille d'optotype</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vieillissement</li> </ul>
Lynx Optique <sup>®</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prix</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• contraste faible trop important</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vieillissement</li> </ul>
Visiplus <sup>®</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• appareil destiné aux malvoyants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pas de contrôle photométrique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• écran couleur n'étant pas imposé, il faut veiller au contrôle photométrique, et ne pas dérégler le contraste et la luminance</li> </ul>
Ergovision <sup>®</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• très bien adapté à la médecine du travail</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nombre très limité de niveaux de contraste et de taille d'optotype</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moins bien adapté à la pratique ophtalmologique</li> </ul>
Réfractomètre Nidek	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réfractomètre très complet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• manipulation un peu complexe</li> <li>• prix</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• polyvalence</li> </ul>
Réfractomètre Humphrey	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réfractomètre complet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 seul niveau de contraste</li> <li>• maintien de l'éblouissement pendant la mesure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prix "raisonnable"</li> </ul>

Tab. IV — Avantages et inconvénients de chaque appareil, suivant l'expérience de l'auteur.

Résumé	Mots-Clés	Key-Words	Summary
16 appareillages de sensibilité au contraste sont présentés. Plusieurs tableaux comparatifs devraient permettre à chacun de choisir son test en fonction de ses besoins.	Sensibilité au contraste, tube cathodique, optotypes.	contrast sensitivity, cathod ray tube, plates.	<b>CONTRAST SENSITIVITY</b> 16 instruments which measure contrast sensitivity are presented. Several comparative's boards should allow eachone of us to choose a test in accordance with own requirements.

**SENSIBILITE AU CONTRASTE**  
**ÉTUDE COMPARATIVE DES APPAREILLAGES ACTUELS**

*Comment s'y reconnaître ?  
Quelles sont les meilleures techniques  
en fonction de ses besoins et de son budget ?*

Xavier ZANLONGHI

La sensibilité au contraste constitue désormais l'objet d'un nouveau procédé d'exploration de la fonction visuelle, de diffusion progressive et d'utilisation croissante en ophtalmologie. Toutefois, l'inexistence actuelle d'un standard d'examen, en l'absence d'une normalisation de l'instrumentation, ainsi qu'en témoigne la diversité des appareillages proposés par les fabricants, rend difficile le choix des praticiens qui souhaitent s'équiper. Pour remédier à cette carence, l'étude présentée ici s'efforce d'analyser suivant leurs caractéristiques, leurs conditions d'utilisation et leurs performances l'ensemble des appareils d'exploration de la sensibilité au contraste commercialisés en 1991 en France.

Une première partie\*, après avoir rappelé les définitions essentielles du contraste et de son inverse : la sensibilité au contraste, puis celle de la fonction de sensibilité au contraste spatial, classe et décrit les diverses méthodes de détermination d'une courbe de sensibilité au contraste.

La deuxième partie\*\* réalise l'étude comparative proprement dite des appareillages actuels disponibles sur le marché. Ils sont rangés par classes, suivant le mode de stimulation utilisé : tubes vidéo, planches photographiques ou systèmes "non dédiés sensibilité au contraste". De grands tableaux synoptiques permettent de confronter, pour chaque classe, les particularités de chaque appareil face à ses concurrents. En final, un tableau récapitulatif établit les avantages et inconvénients de chacun d'entre eux, suivant l'expérience de l'auteur.

\* *Coup d'Œil*, 7, 32, 70-72.

\*\* *Coup d'Œil*, 7, 34, 49-61.

Exploration  
fonctionnelle,  
optotypes,  
réseaux sinusoïdaux,  
sensibilité au contraste.