

LA VISION DE LA PERSONNE AGÉE

Dr ZANLONGHI, Laboratoire d'Exploration fonctionnelle de la Vision, 3 place Anatole France, 44000 NANTES

<http://www.ophtalmo.net/ariba>

30/06/2001

I - INTRODUCTION

L'influence de l'âge sur les fonctions visuelles de l'homme, intéressent non seulement l'ophtalmologiste, mais de très nombreuses spécialités médicales et non médicales comme par exemple les médecins du travail, les éclairagistes, les constructeurs d'automobile,

L'importance de la connaissance des changements dans la vision induite par le vieillissement est évidente.

Nous nous sommes attachés à présenter les fonctions visuelles explorables de façon simple comme l'adaptation à l'obscurité, le champ visuel, l'acuité visuelle, la vision des couleurs, et de façon plus complexe comme la fréquence critique de fusion, la sensibilité au contraste, l'éblouissement, la cinétique pupillaire, l'électrophysiologie visuelle.

Nous n'émettons pas d'hypothèse sur les modifications parfois majeures de certaines fonctions visuelles induites par l'âge. Nous renvoyons le lecteur sur la bibliographie.

II - LES PRINCIPALES FONCTIONS VISUELLES - INFLUENCE DU VIEILLISSEMENT

A - MODIFICATION DE LA PUPILLE

Le diamètre pupillaire se rétrécit au fil des ans ; 7 mm à 20 ans et 5 mm à 80 ans dans l'obscurité, 4 mm à 20 ans et 3 mm à 80 ans lors de l'adaptation à la lumière (figure 1). Il s'agit du diamètre apparent (LOEWENFELD 1979). La dynamique du réflexe photomoteur se modifie également avec l'âge. (figures 2a et b)

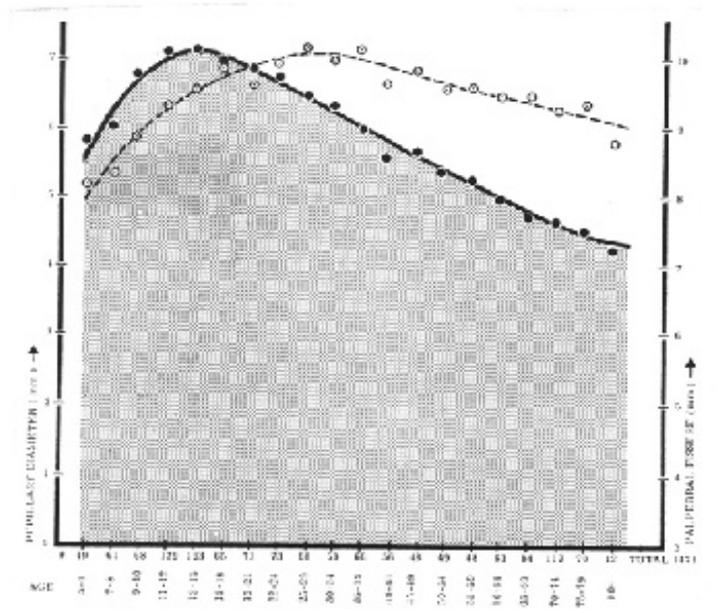


Figure 1 : Diamètre pupillaire apparent et largeur de la fente palpébrale dans une série de 1471 sujets. L'ordonnée de droite et la courbe faite de ronds noirs représente le diamètre pupillaire. L'ordonnée de gauche et la courbe faite de ronds blancs représentent la largeur de la fente palpébrale. En abscisse le nombre de sujets par tranches d'âge est noté. (modifiée d'après LOEWENFELD 1979)

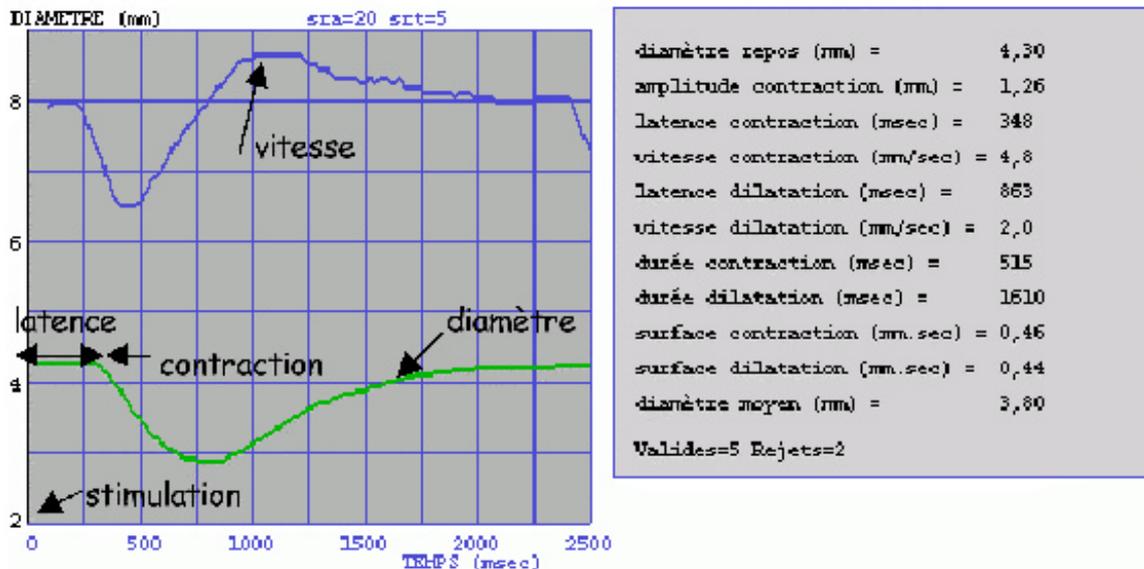


Figure 2 a : exemple de réflexe photomoteur chez un sujet jeune de 15 ans (yeux clairs, œil gauche enregistré sur Pupillomètre Métrivision ®)

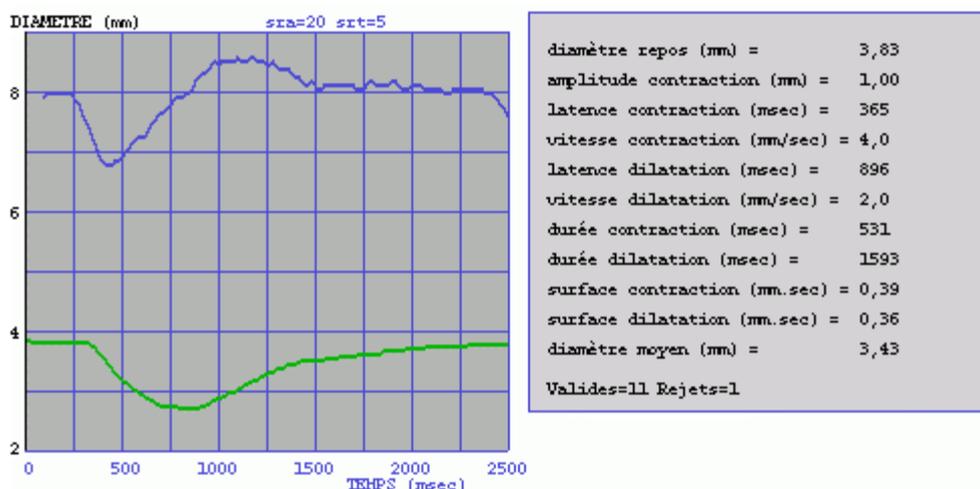


Figure 2 b : même procédure d'examen de réflexe photomoteur chez un sujet âgé de 66 ans (yeux clairs, œil gauche enregistré sur pupillomètre Métrivision ®). Noter chez le sujet âgé, le diamètre de repos plus petit, les vitesses de contraction plus faibles, la latence de contraction et de dilatation plus longue.

La pupille étant ronde, il est aisé d'en déduire la surface et par là même l'éclairement rétinien (LEGRAND 1965). Le myosis sénile diminue l'éclairement rétinien, entre l'âge de 20 ans et celui de 60 ans, de 35 à 42 % selon les conditions d'éclairement (VERRIEST 1971).

B - SENSIBILITE ABSOLUE (ADAPTATION A L'OBSCURITE)

1- PRINCIPE

La sensibilité absolue, qui est inversement proportionnelle à la fraction de Weber-Fechner D/L , D/L représentant le flux supplémentaire de lumière qu'il faut donner au champ pour que celui-ci soit perçu sur un fond de flux L . En clinique nous étudierons la sensibilité adaptométrique. La courbe d'adaptation à l'obscurité comporte deux phases. La phase précoce correspond à l'activité des cônes. Cette phase dure moins de 6 minutes. Elle est suivie d'une phase plus lente, qui atteint un seuil nettement plus bas et qui est due aux bâtonnets (figures 3a et b).

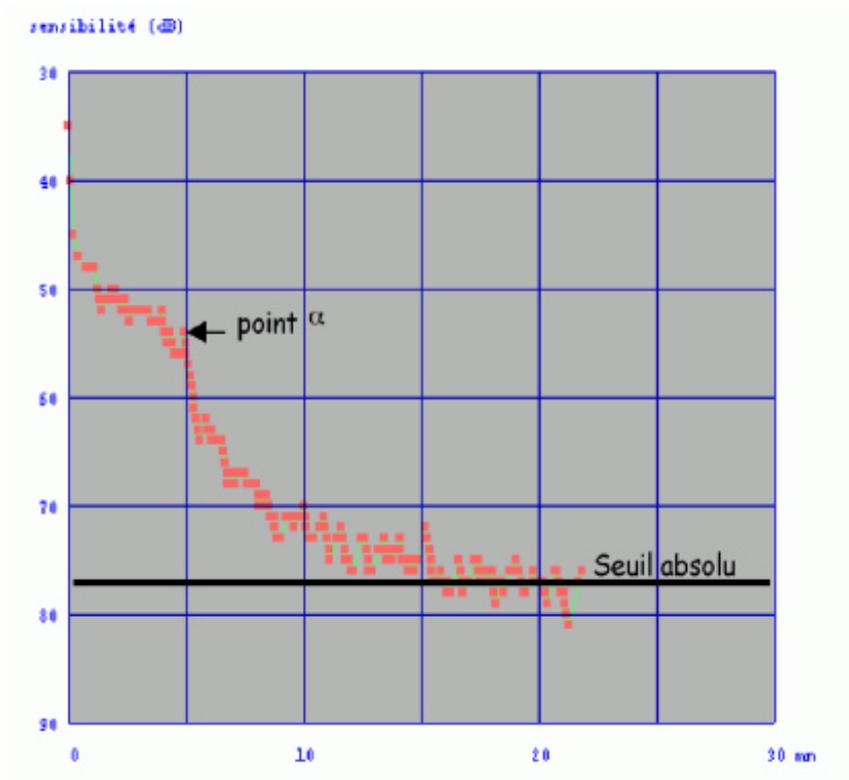


Figure 3 a exemple d'un examen d'adaptation à l'obscurité chez un sujet normal de 25 ans.

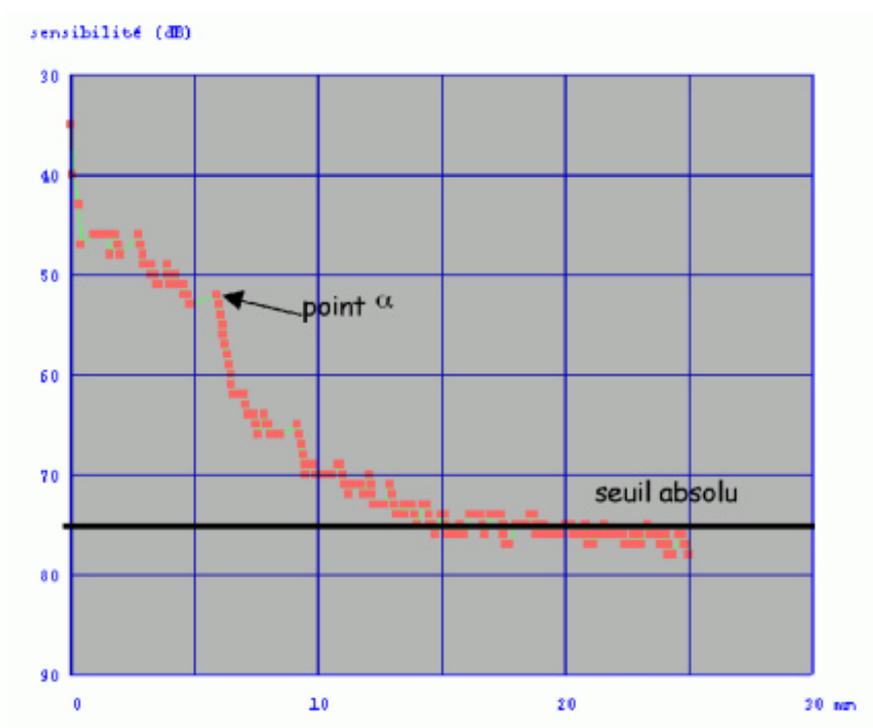


Figure 3 b : exemple d'un examen d'adaptation à l'obscurité chez un sujet normal de 75 ans. On remarque chez le sujet âgé que le seuil absolu à 25 minutes est plus élevé, que la première partie de la courbe (segment photopique) est également plus élevé, par contre le temps du point alpha ne varie pas avec l'âge.

2 - RESULTATS

Nous utilisons actuellement un adaptomètre automatique (Moniteur Ophtalmologique). Les normes publiées par DOMEY (1961) et par VERRIEST (1971) restent valables. La sensibilité absolue, après une longue période d'adaptation à l'obscurité, diminue nettement avec l'âge (figure 4).

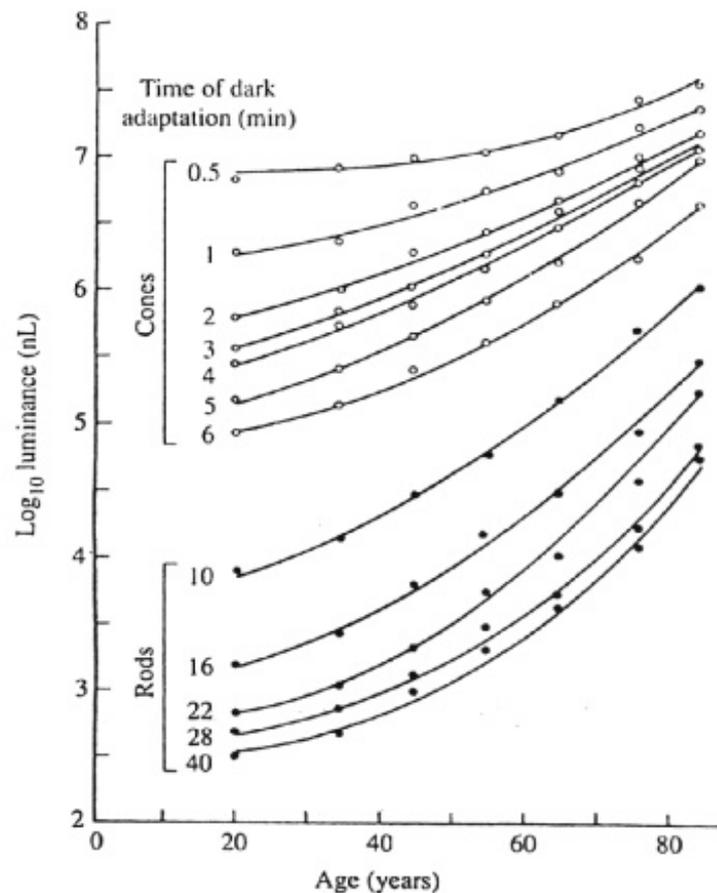


Figure 4 : seuil absolu de luminance en nanoLamberts (nL) en fonction de l'âge. La variable est le temps d'adaptation à l'obscurité (dark adaptation) après un pré-éblouissement de 1600 mL. Les ronds noirs correspondent aux bâtonnets, les ronds blancs aux cônes. (modifiée d'après DOMEY 1961)

C - SENSIBILITÉ DIFFÉRENTIELLE (CHAMP VISUEL)

1 - PRINCIPE

Les sensibilités absolues du champ visuel scotopique ont été peu étudiées (SLOAN 1947). Il en est de même pour le champ visuel mésopique (DENIS 1993).

C'est surtout le champ visuel photopique d'abord en cinétique avec le Goldmann puis en statique avec les appareils de champ visuel automatisé (OCTOPUS®, HUMPHREY®, MONITEUR OPHTALMOLOGIQUE®) qui ont été étudiés. Des méthodes plus récentes comme le champ visuel flicker (LACHENMAYR 1992, SIMONEAU 1990, CASSON 1993), dérivé de la fréquence critique de fusion (VOLA 1990), le champ visuel bleu-jaune (MOSS 1995) sont proposées.

2 - PERIMÉTRIE CINÉTIQUE

On retrouve en champ visuel périphérique un rétrécissement sénile. En fait toutes les zones (aire maculaire, aire périmaculaire, périphérie) ont une diminution de leur sensibilité

différentielle avec l'âge (DRANCE 1967). Il existe donc un glissement centripète de la position des isoptères (EGGE 1984, JOHNSON 1989, WILLIAMS 1983) (Figure 5).

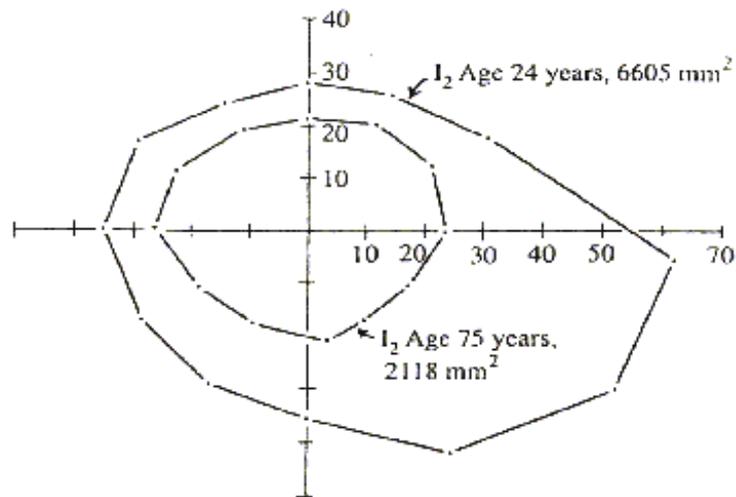


Figure 5 : deux champs visuels cinétique normale en Goldmann : sujet de 24 ans et sujet de 75 ans. Index Goldmann I2, les aires circonscrites dans l'isoptère sont notées. (modifiée d'après WILLIAMS 1983)

3 - PERIMETRIE STATIQUE

La sensibilité moyenne diminue avec l'âge. Pour JAFFE (1986) cette diminution est linéaire à partir de 20 ans et approximativement de 0,0074 unité log par année. Par contre pour JOHNSON (1989) cette pente n'est pas linéaire (figure 6). Tous les auteurs s'accordent sur une perte de 0,58 à 1 dB tous les 10 ans (BECHETOILLE 1986, CHARLIER 1987, JOHNSON 1989) (figure 7). Cette perte est moins rapide dans les 10° centraux (JOHNSON 1989).

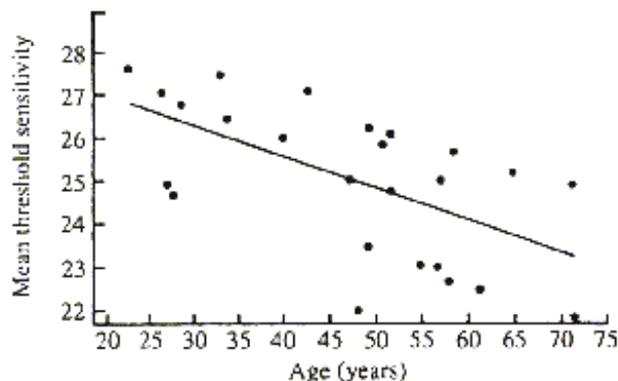


Figure 6 : sensibilité moyenne en fonction de l'âge. (modifiée d'après JAFFE 1986)

Figure 7 : accélération de la perte de sensibilité moyenne après 50 ans (graphe du haut). On note également une augmentation de la déviation standard (graphe du bas) (modifiée d'après JOHNSON 1989)

La variation inter-individuelle augmente également avec l'âge et est plus marquée en moyenne périphérie (25 à 30°) (BECHETOILLE 1986, KATZ 1987).

La variabilité intra-individuelle augmente également avec l'âge (KATZ 1987). Chez les sujets de 26 ans, la déviation standard est de 0,12 à 0,28 alors que chez les sujets de 76 ans, elle dépasse 0,83 unité log.

L'ensemble de ses variations a conduit à construire des banques de données pour obtenir un seuil normal corrigé pour l'âge (RISSE 1999). Ce qui permet à tous les appareils modernes de champ visuel automatisé de proposer des cartes de déviation en symbole de probabilités tenant compte de l'âge.

4 - PERIMETRIE FLICKER

Avec un stimulus de 1° de diamètre et de luminance 50 cd/m², la périmétrie flicker apparaît nettement moins sensible à l'âge que la périmétrie classique automatisée de type Humphrey 30-2 (LACHENMAYR 1994) (figure 8)

Figure 8 : champ visuel standard et flicker en fonction de l'âge chez 130 sujets normaux. Ronds blancs = sensibilité moyenne par fréquence critique de fusion (flicker MF). Ronds noirs = sensibilité moyenne (MS). L'ordonnée de gauche indique la MF en dB, l'ordonnée de droite la MS. L'âge intervient moins dans le champ visuel flicker que dans le champ visuel standard surtout après l'âge de 46 ans. (modifiée d'après LACHENMAYR 1994).

D - ACUITE VISUELLE, LECTURE

1 - PRINCIPE

L'acuité visuelle se définit comme la capacité de discriminer les détails fins d'un objet dans le champ visuel. 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 (SPEEG-SCHATZ 1999).

2 - RESULTATS

Dans les mêmes conditions expérimentales, l'acuité visuelle morphoscopique de loin en condition photopique est de 1 (10/10) à 50 ans, de 0,7 (7/10) à 70 ans, et de 0,5 (5/10) à 85 ans (VERRIEST 1971). Dans une revue de la littérature plus récente, WEALE (1992) donne des valeurs plus optimistes (figure 9).

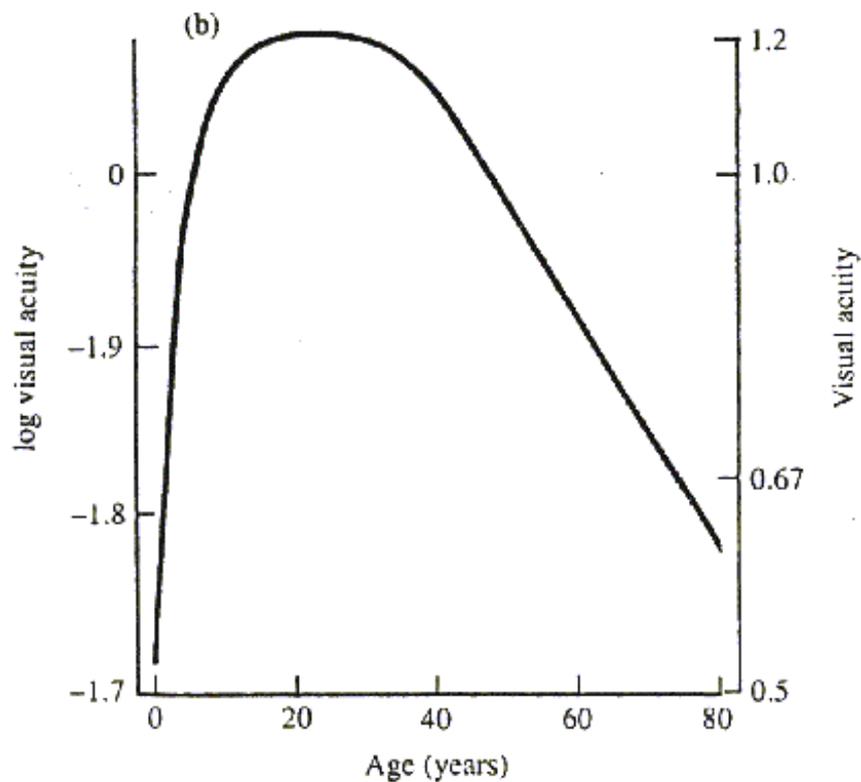


Figure 9 : Variation de l'acuité visuelle photopique en fonction de l'âge. (modifiée d'après WEALE 1992)

L'acuité visuelle mésopique (0,8 cd/m²) baisse progressivement dès l'âge de 30 ans (VOLA 1983). Elle est de 0,764 (7,64/10) à 25 ans et passe à 0,635 (6,35/10) à 45 ans. Elle est de 0,5 (5/10) à 60 ans (JAYLE 1958).

Par contre l'acuité visuelle périphérique est très peu sensible à l'âge (RANDALL 1966).

Si l'on corrige le contraste des tests présentés (ADAMS 1988), l'effet de l'âge sur l'acuité visuelle s'estompe pratiquement totalement (figure 10).

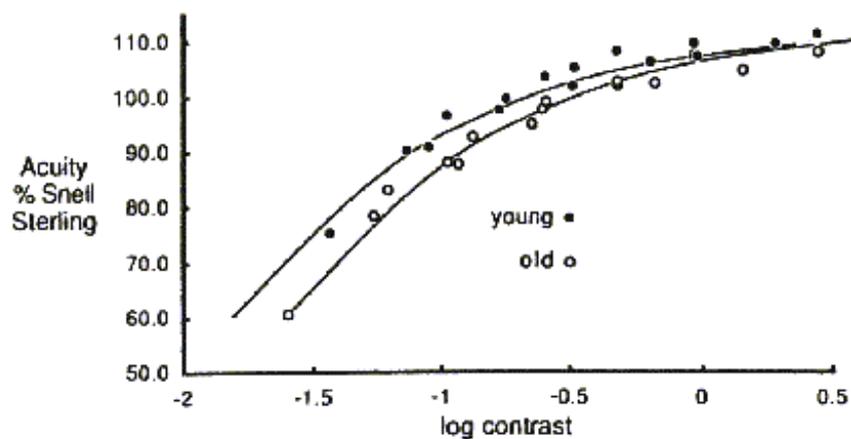


Figure 10 : Si l'on corrige le contraste des tests présentés, l'effet de l'âge sur l'acuité visuelle s'estompe pratiquement totalement. (modifiée d'après (ADAMS 1988))

Pour une police de caractères de type "courrier" présentée à une luminance de 110 candéla/m² à un contraste de 96 % avec une taille angulaire de 0,15 degré, le nombre de mot minute passe de 258,59 chez des sujets jeunes (âge moyen de 21,6 ans) à 170,87 chez des sujets âgés normaux (âge moyen 68,3 ans) (AKUTSU 1991).

La qualité de la détection des mots mesurée par un temps de réaction (RT) diminue avec l'âge. En effet selon MADDEN (1992), le RT augmente de 4 msec par an à partir de l'âge de 20 ans pour passer de 744 ms à 20 ans à 907 ms à l'âge de 70 ans.

E - SENSIBILITE AU CONTRASTE

1 - PRINCIPE DE L'EXAMEN :

La vision d'un objet ou d'une image ne se limite pas à la perception du minimum séparable. La notion d'acuité visuelle n'explore qu'un paramètre de la perception visuelle.

Pour étudier de façon plus exhaustive la perception visuelle, les seuils de perception pour des objets de toute une gamme de tailles avec des contrastes de plus en plus faibles sont mesurés. C'est la **Fonction de Sensibilité au Contraste Spatiale (FSC spatiale)**.

Pour cela, des images de tests constituées de réseaux à profil de luminance sinusoïdale ont été définies. Ces réseaux sont des barres alternativement claires et sombres définies par leurs fréquences spatiales (en cycles par degré ou nombre de paires (blanche-noire) de raies par degré d'angle visuel) et par leur contraste (figure 11).

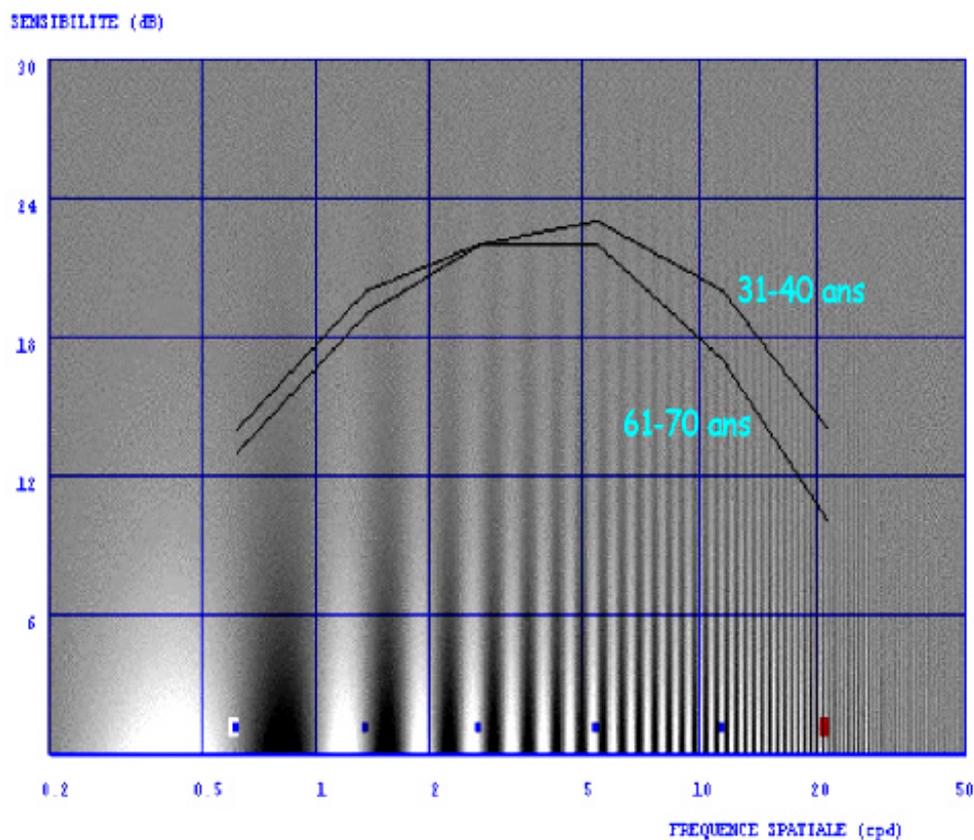


Figure 11 : FSC spatiale pour deux tranches d'âge 31-40 ans et 61-70 ans de sujets normaux (modifiée d'après ZANLONGHI 1992).

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. Le contraste de modulation (M) ou contraste de Michelson est défini par :

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

$L_{moy} = L_{max} + L_{min}$

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

Ici est introduit la notion de luminance moyenne (L_{moy}) qui ne varie pas lorsque le contraste varie.

Le contraste est souvent exprimé en pourcentage. 98 % étant un contraste très élevé, 3 % étant un contraste très faible.

2 - FONCTION DE SENSIBILITE AU CONTRASTE SPATIAL

L'un des tout premier auteur a utilisé la FSC en clinique ne notait pas de différence entre l'âge de 13 et 70 ans (ARDEN 1978 a et b). Cette première étude a été contredite par de nombreux travaux. SKALKA (1980) sur une série de 200 yeux en utilisant le même matériel, trouve une diminution de la sensibilité pour toutes les fréquences spatiales proportionnellement à l'augmentation de l'âge. Dans une étude datant de 1983 (OWSLEY) et portant sur 91 personnes dont les âges étudiés allaient de 19 à 87 ans. Après 40 ans, la diminution de la sensibilité pour les hautes fréquences spatiales est importante et l'on constate qu'au-delà de 60 ans, le pic de sensibilité est décalé vers les basses fréquences, passant de 4 à 2 cycles par degré. Il n'y a pas d'influence de l'âge sur les basses fréquences spatiales. Dans une étude portant sur 133 yeux (ZANLONGHI 1992), nous avons retrouvé une relation entre l'âge et une perte de sensibilité à partir de la tranche d'âge 21-30 ans. Cette perte affecte surtout les hautes fréquences spatiales (figure 12). Plusieurs auteurs ont noté un discret glissement du pic de sensibilité vers les basses fréquences spatiales passant de 4 cpd à 20 ans à 2 cpd à 70-80 ans (HIRVELA 1995).

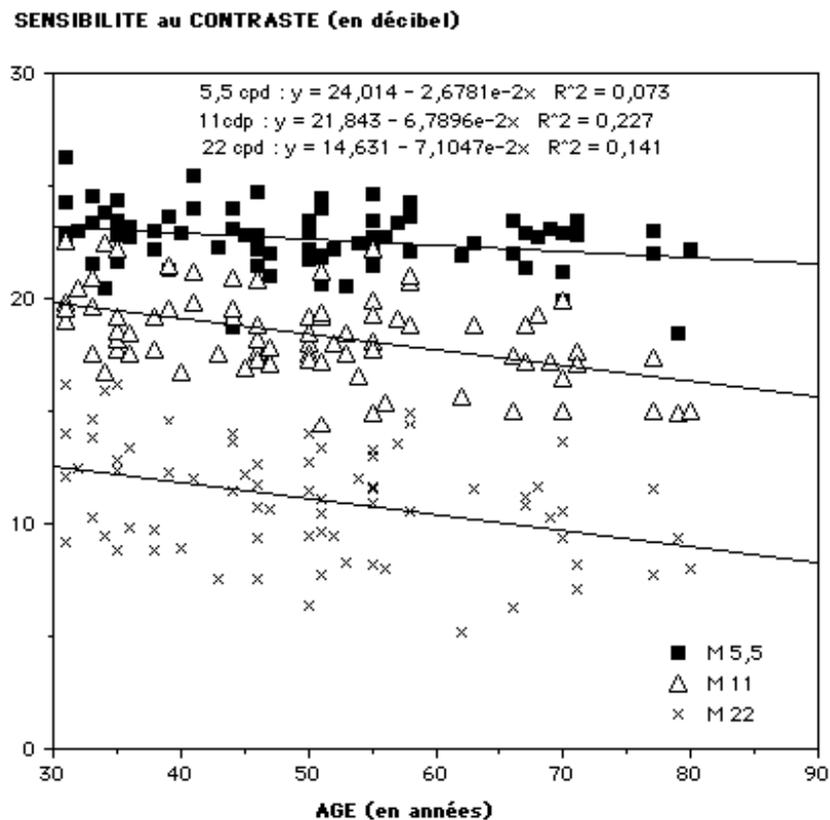


Figure 12 : FSC spatiale : corrélations entre l'âge et la sensibilité au contraste pour les sujets de plus de 30 ans et pour les fréquences spatiales (5,5 - 11 et 22 cycles par degré) (modifiée d'après ZANLONGHI 1992).

3 - FONCTION DE SENSIBILITE AU CONTRASTE TEMPOREL

L'âge donne moins de perte de sensibilité en FSC temporel, (ARUNDALE 1978) (figure 13).

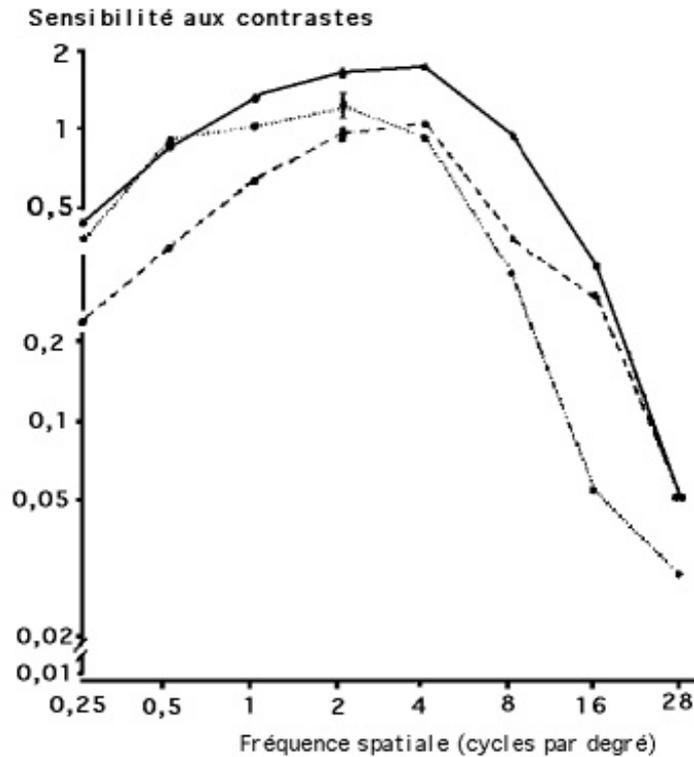


Figure 13 : FSC temporelle à 1 Hz : Le groupe 1 (_ _ _ âges entre 8 et 15 ans) a une moins bonne FSC dans les basses fréquences spatiales, à l'inverse du groupe 3 (..... âges entre 45 et 66 ans) qui a une moins bonne FSC dans les hautes fréquences spatiales. Le groupe 2 (_ _ _ _ _ âges entre 18 et 39 ans) a la meilleure FSC (modifiée d'après ARUNDALE 1978).

4 - AU TOTAL

Après 40 ans, la diminution de la sensibilité au contraste pour les hautes fréquences spatiales est importante et l'on constate qu'au-delà de 60 ans, le pic de sensibilité est décalé vers les basses fréquences passant de 4 à 2 cycles par degré. Il n'y a pas d'influence de l'âge sur les basses fréquences spatiales. La FSC temporelle est peu perturbée par l'âge.

F - SENS CHROMATIQUE (COULEUR)

1 - GENERALITE

Il a été constaté une diminution avec l'âge de la sensibilité de l'axe bleu-jaune et une diminution de l'efficacité lumineuse dans les courtes longueurs d'onde aussi bien en photopique (RUDDOCK 1965 a et b, VERRIEST 1970) qu'en scotopique (CRAWFORD 1948).

Connu depuis fort longtemps, le rôle du jaunissement du cristallin exagéré par le myosis sénile joue un rôle primordial (WEALE 1963). Mais déjà pour VERRIEST (1977) le vieillissement rétinien interviendrait pour une part dans cette perte de sensibilité. La perte des cônes bleus et des bâtonnets liée à l'âge en est un exemple (HAEGERSTROM-PORTNOY 1989, CURCIO 1993)

Il existe également un facteur neurologique (PINCKERS 1980). WERNER (1993) considère que la voie parvocellulaire est plus affectée par l'âge que la voie magnocellulaire. En conséquence les contrastes chromatiques doivent être plus affectés que les contrastes de luminance.

2 - EXPLORATION DE LA DISCRIMINATION CHROMATIQUE — NORMES EN FONCTION DE L'ÂGE

a - PLANCHES PSEUDO-ISOCROMATIQUES de type Ishihara.

Ce sont des épreuves trop grossières pour que l'on puisse raisonnablement démontrer l'influence de l'âge.

b - 100 HUE

Par contre les tests pigmentaires, beaucoup plus sensibles, ont d'abord été étudiés par VERRIEST (1982). Des valeurs très proches ont été trouvées dans une population de sujets normaux japonais (NOYORI 1987). Le nombre d'erreurs augmente tout particulièrement pour les tonalités bleu-vert (cf tableau 1). Un nomogramme très pratique résume la relation entre le score et l'âge (HAN 1983). Une étude remarquable de KNOBAULCH (1987) illustre à la fois l'influence de l'âge et de l'illumination du test ; une faible illumination du test chez un sujet jeune donnant le même type d'erreur qu'une forte illumination chez un sujet âgé (figure 14),

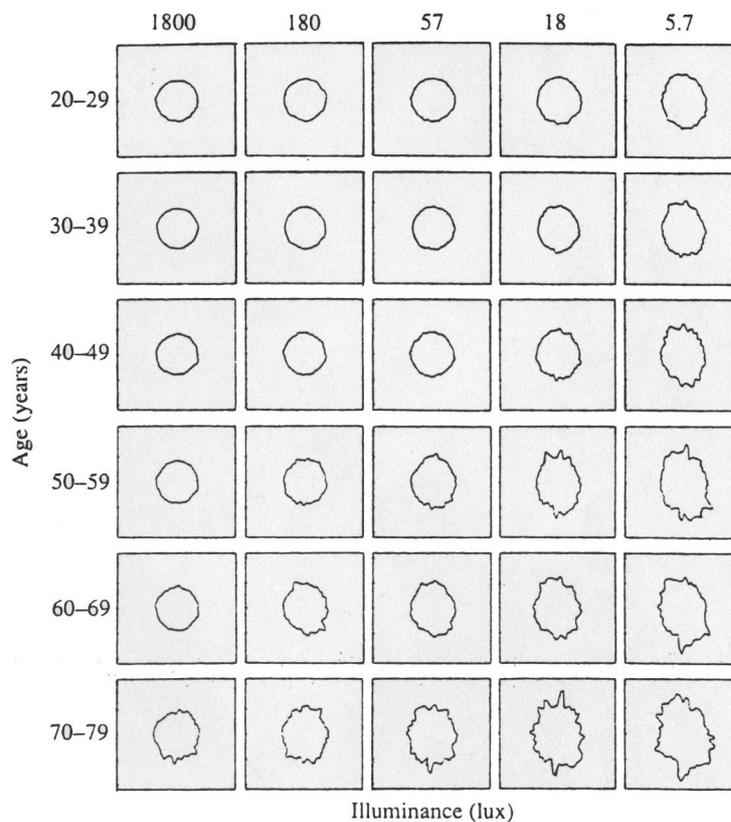


Figure 14 : examen de Farnsworth 100-hue en fonction de la luminance (rangée horizontale) et de l'âge (rangée verticale). (modifiée d'après KNOBLAUCH 1987)

Tableau 1 : valeurs critiques à partir desquelles la valeur naturelle du score du 100 hue peut être considéré comme anormale avec une fiabilité de 95 % (VERRIEST 1982).

Age	Test pratiqué en monoculaire.	Test pratiqué en binoculaire.
	Sujet inexpérimenté	Sujet expérimenté
40	142	137
45	164	151
50	189	161
55	213	172
60	234	178
65	256	188
70	281	200
75	317	216

c - 15 HUE DESATURÉ

En introduisant une quantification de son test le panel D 15 désaturé, LANTHONY (1986) a permis de retrouver l'influence de l'âge au delà de 40 ans (ROTH 1999) (figure 15).

Figure 15 : examen de 15 hue désaturé : scores naturels (ordonnée) en fonction de l'âge (abscisse). (modifiée d'après LANTHONY 1986)

d - D'autres tests pigmentaires moins utilisés comme le New Color Test (NCT) de LANTHONY ont été normalisés en fonction de l'âge (COOPER 1991).

e - ANOMALOSCOPE - EQUATIONS COLOREES (ROTH 1999)

Weale (1987) a montré à partir des équations colorimétriques l'altération de la vision colorée au cours de la sénescence. Il a pu démontrer qu'il se produisait d'un côté une diminution des égalisations colorées et d'un autre côté une perte de la sensibilité des contrastes colorés.

Roth (1991) ont étudié 65 yeux normaux de sujets âgés de 11 à 86 ans. Il a constaté que chez les sujets normaux sans cataracte : l'égalisation de l'équation de Rayleigh restait normale (6 graduations), de même que celle de Moreland pour laquelle la zone d'égalisation s'étend sur 10 graduations. Mais dès l'âge de 50 ans, la zone s'élargit vers les courtes longueurs d'onde par glissement du point moyen d'égalisation (Match Mid Point). Cet élargissement est nettement plus manifeste pour le Moreland que pour le Rayleigh.

G - EBLOUISSEMENT

1 - PRINCIPE

Pour MAURIN (1999), l'éblouissement peut se définir comme un stimulus lumineux temporaire ou continu responsable d'un déficit plus ou moins intense et prolongé des performances visuelles photopiques.

On étudie soit la sensibilité à l'éblouissement qui consiste en l'étude de tests d'acuité visuelle de sensibilité au contraste sous l'influence d'une lumière plus ou moins intense, soit la résistance à l'éblouissement qui consiste en l'étude de la vitesse de récupération de fonctions visuelles (le plus souvent ; acuité visuelle et sensibilité au contraste) (revue de la littérature in MAURIN 1999).

2 - MOYEN D'ETUDE

WOLF (1960) a très bien montré chez 200 sujets normaux âgés de 5 à 85 ans les relations entre la détection d'une cible vue en maculaire de 2° de diamètre sous différentes luminances et un éblouissement latéral avec plusieurs intensités. La tranche d'âge 75-85 ans est la plus sensible à l'éblouissement (figure 16).

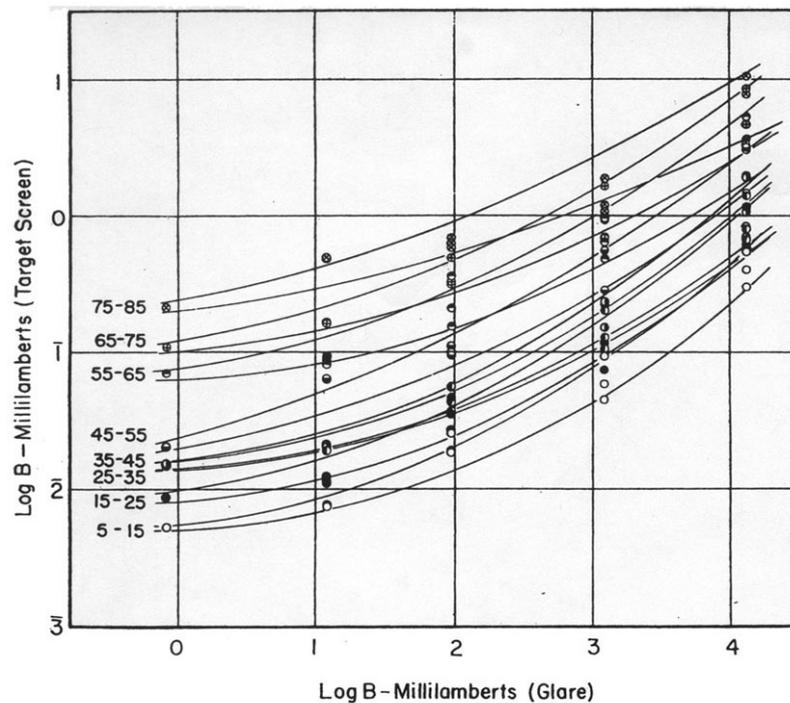


Figure 16 : relations entre un seuil de détection d'une cible lumineuse (échelle log) et l'éblouissement (échelle log) pour 9 groupes de sujets par tranche de 10 ans. L'éblouissement augmente le seuil de détection surtout chez les sujets âgés. (modifiée d'après WOLF 1960)
 De même STEEN (1994) montre que l'âge influe très peu sur la détection de mire de contraste colorée (réseaux sinusoïdaux de 1 cpd) isolumineux rouge-vert et bleu-jaune. Par contre quand les sujets âgés (âge moyen de 73,8 ans) sont éblouis avec le BAT (Brightness Acuity Tester), la détection des tests de contraste coloré bleu-jaune est nettement plus altérée que la détection tests de contraste de luminance ou rouge-vert (figure 17).

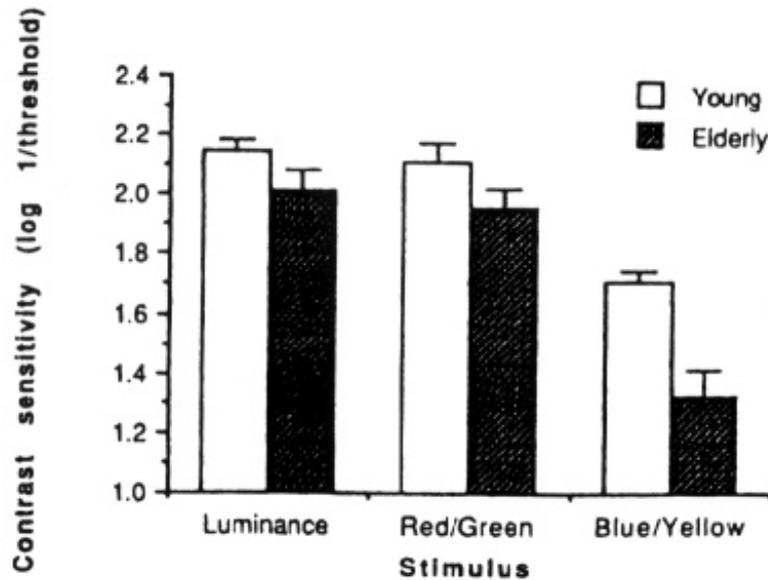


Figure 17 : comparaison entre une sensibilité aux contrastes colorés rouge-verte (Red/Green) à isoluminance constante, entre une sensibilité aux contrastes colorés bleu-jaune (bleu-jaune (bleu-yellow)) à isoluminance constante, entre une sensibilité aux contrastes de luminance. L'âge influe surtout sur le couple bleu-jaune. (modifiée d'après STEEN 1994)

3 - Au total

L'éblouissement est beaucoup plus perturbateur chez le sujet âgé, tout particulièrement dans des tâches complexes comme la conduite automobile (VERRIEST 1971). La notion de l'insuffisance de la seule mesure de l'acuité visuelle pour estimer les fonctions visuelles du sujet âgé a été remise au goût du jour par une étude très récente portant sur 900 sujets âgés de 58 à 102 ans (HAEGERSTROM-PORTNOY 1999). Il insiste tout particulièrement sur la nécessité de pratiquer les mesures d'acuité visuelle et de sensibilité aux contrastes sous éblouissement.

H- ELECTROPHYSIOLOGIE VISUELLE

1 - PRINCIPE

L'électrophysiologie visuelle consiste à enregistrer les signaux bioélectriques émis par l'oeil et les voies visuelles. Trois examens complémentaires : l'électro-oculogramme sensoriel (EOGs), l'électrorétinogramme (ERG) et les potentiels évoqués visuels (PEV) permettent une évaluation objective de la fonction visuelle.

L'électro-oculogramme sensoriel reflète l'activité de la rétine externe, et plus particulièrement du complexe épithélium pigmentaire-photorecepteur. Il existe en effet une différence de potentiel entre l'épithélium pigmentaire chargé négativement et l'article externe des photorecepteurs chargé positivement. Le potentiel cornéo-rétinien passe par un minimum après 10 minutes d'obscurité, et par un maximum après 10 minutes d'éblouissement. En clinique, on mesure le rapport light / dark, ou rapport d'Arden qui est normalement supérieur à 180% (DELPLACE 1999) (figure 18 a).

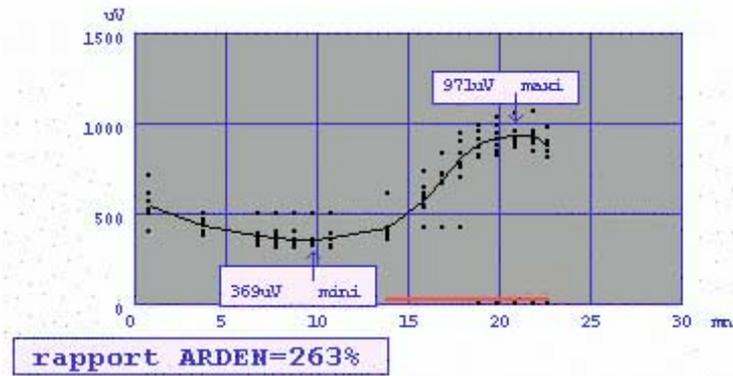


Figure 18 a : exemple d'un EOGs chez un sujet normal de 80 ans

L'électrorétinogramme reflète l'activité de la rétine plus interne. Sous l'effet d'une stimulation lumineuse brève, il se développe une différence de potentiel d'allure complexe entre la cornée et la face postérieure de l'oeil. Ses composantes ont pour origine l'hyperpolarisation du photorécepteur pour l'onde a et la dépolarisation des cellules de Müller pour l'onde b. La morphologie du tracé dépend de la longueur d'onde du stimulus et de l'état d'adaptation rétinien (HACHE 1999) (figure 18 b, c, d).

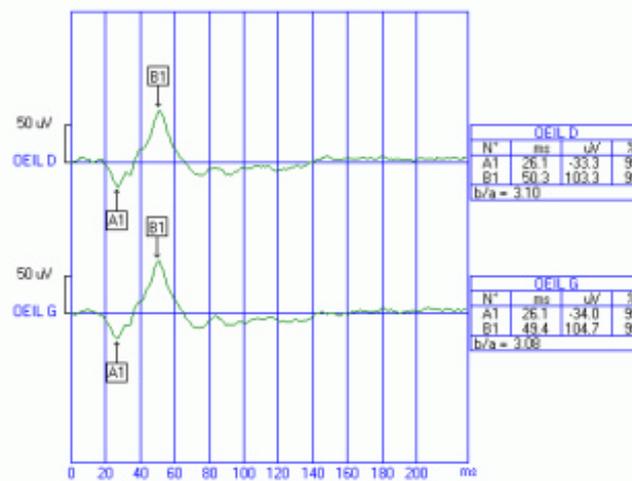


Figure 18 b : exemple d'un ERG photopique en blanc transitoire (1 Hz) chez un sujet normal de 80 ans

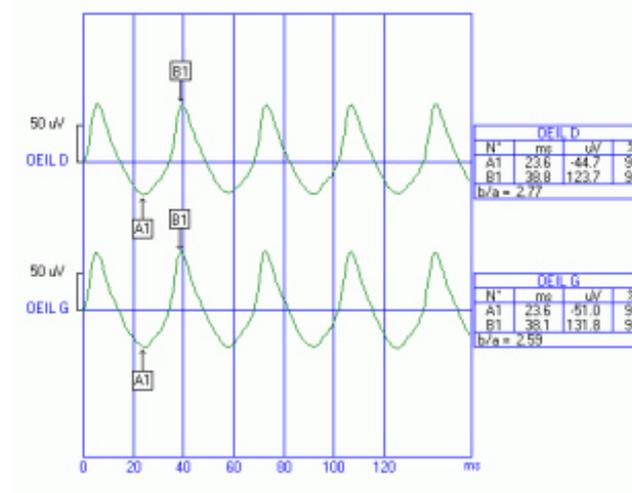


Figure 18 c : exemple d'un ERG photopique en flicker blanc (30 Hz) chez un sujet normal de 80 ans

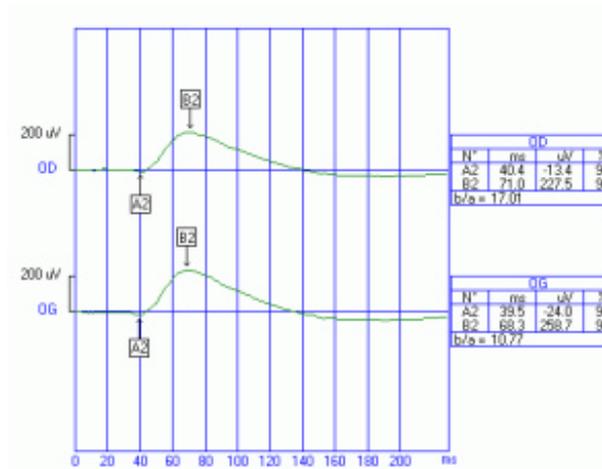


Figure 18 d : exemple d'un ERG scotopique en bleu transitoire (1 Hz) chez un sujet normal de 80 ans

Les potentiels évoqués visuels traduisent une information globale, initiée essentiellement au niveau des cellules ganglionnaires de la rétine centrale et transmise tout le long de la voie visuelle. Ils correspondent au potentiel électrique occipital généré par une stimulation lumineuse brève. En stimulation par damiers, on s'intéresse principalement à la latence et à l'amplitude de l'onde P100 qui présente la meilleure reproductibilité d'un sujet à l'autre (HACHE 1999) (figure 18 e)

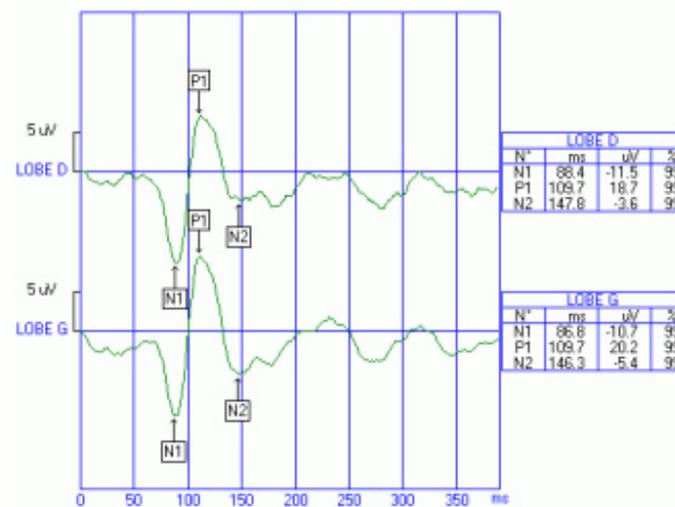


Figure 18 e : exemple d'un PEV transitoire par damiers de 15' chez un sujet normal de 80 ans

2 - EOG SENSORIEL ET AGE

KOLDER (1991) ne trouve pas d'influence de l'âge sur le rapport d'Arden. En fait les résultats d'ADAMS (1973), sur une série de 120 sujets normaux âgés de 10 à 79 ans, apparaissent beaucoup plus probants. Ce rapport diminue avec l'âge. Il note que le rapport d'Arden est de 170 à 342 % chez les moins de 50 ans pour passer à 150 % - 190 % après l'âge de 50 ans sans différence entre les deux sexes.

3 - ERG ET AGE

Le fait que la distribution des valeurs des amplitude et latence des ondes a et b ne soit pas gaussienne complique l'établissement de normes en fonction de l'âge (LIJIMA 1991). De façon générale et pour toutes les stimulations surtout scotopiques effectuées en ambiance scotopique, c'est l'amplitude de l'onde b qui diminue, la latence (temps implicite) des ondes a et b s'allonge. Par contre l'amplitude de l'onde a n'est pas diminuée par l'âge (WELEBER 1981, FRANCOIS 1974). (figure 19). L'ERG maculaire est également affecté par l'âge avec une diminution de l'amplitude pic à pic en stimulation flicker (BIRCH 1988, BAGOLINI 1988).

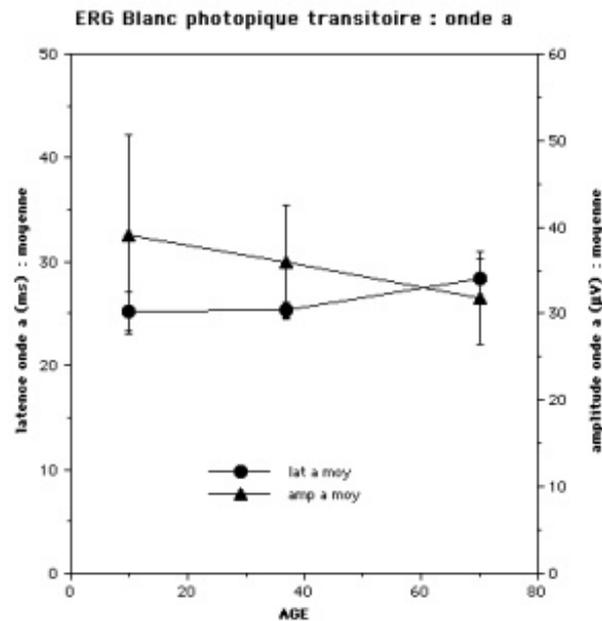


Figure 19 a : ERG : évolution en fonction de l'âge de l'amplitude et de la latence (temps implicite) de l'onde a en blanc transitoire photopique.

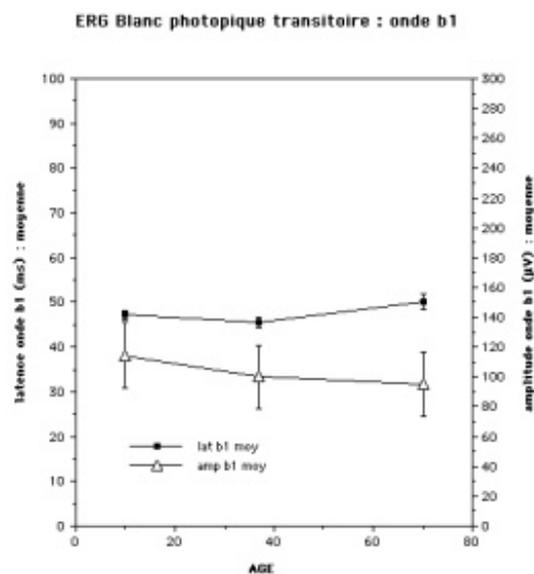


Figure 19 b : ERG : évolution en fonction de l'âge de l'amplitude et de la latence (temps implicite) de l'onde b1 en blanc transitoire photopique.

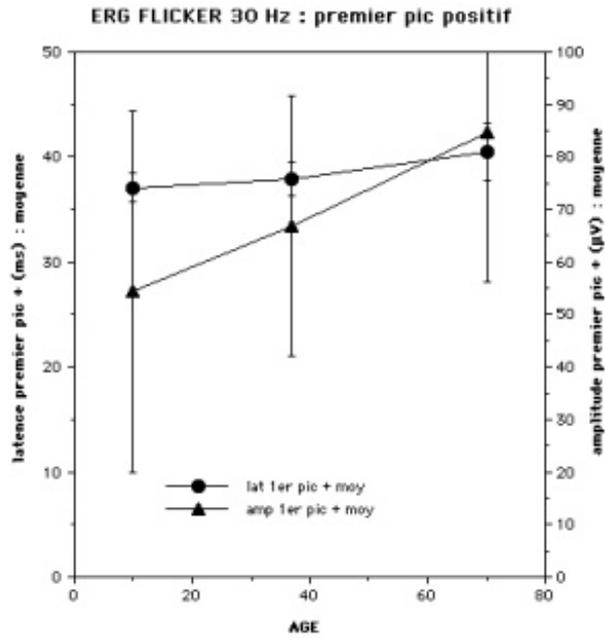


Figure 19 c : ERG : évolution en fonction de l'âge de l'amplitude et de la latence (temps implicite) en flicker blanc (premier pic positif).

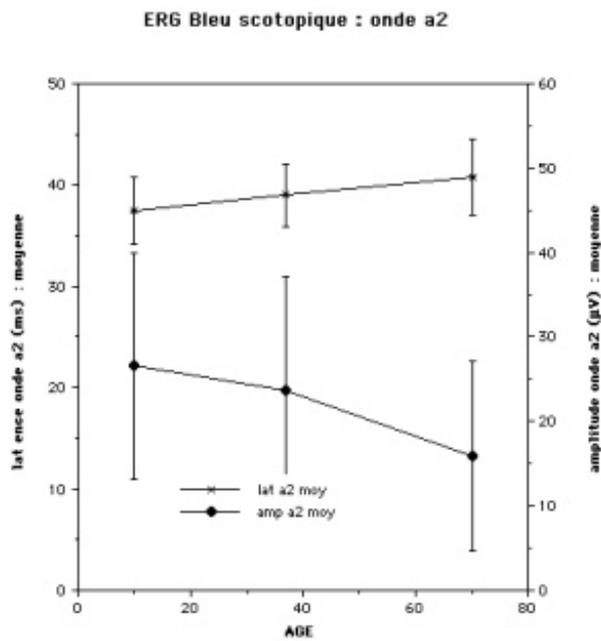


Figure 19 d : ERG : évolution en fonction de l'âge de l'amplitude et de la latence (temps implicite) de l'onde a2 en bleu scotopique.

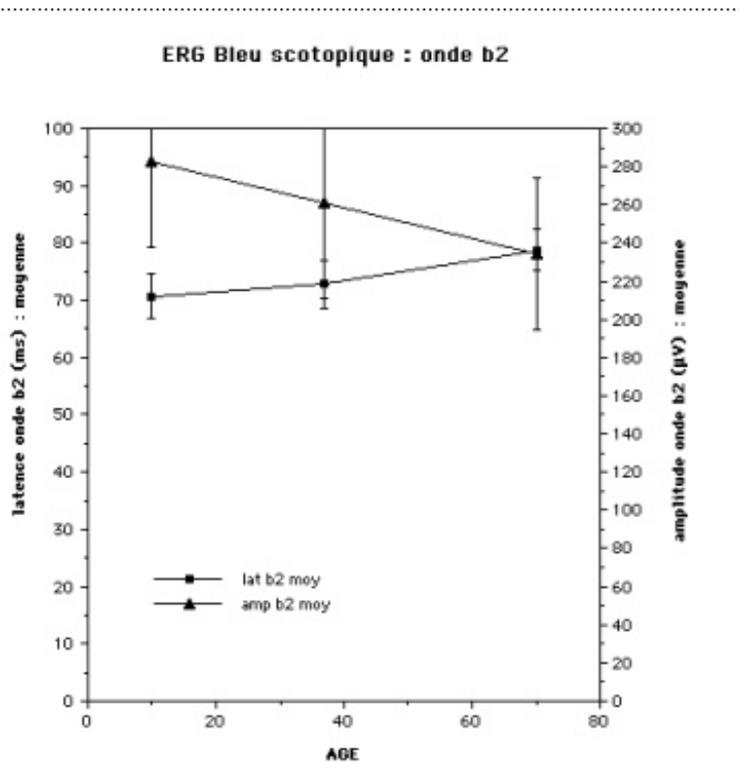


Figure 19 e : ERG : évolution en fonction de l'âge de l'amplitude et de la latence (temps implicite) de l'onde b2 en bleu scotopique.

L'un des buts du protocole international ISCEV (MARMOR 1995) est de permettre une comparaison entre différents laboratoires et matériels (JACOBI 1993). On trouve sur les sites Internet des industriels des normes en fonction de l'âge.

4 - PEV ET AGE

Les nombreuses sources de variations physiologiques du PEV par flashes et du PEV par damiers rendent difficiles l'établissement de normes en fonction de l'âge (SHAW 1980, GRALL 1985, CELESIA 1987).

Concrètement, avec l'âge, on assiste à une diminution de l'amplitude du pic P100 et à une augmentation de la latence (temps implicite) de ce même pic et ce d'autant plus que la fréquence spatiale du test est élevée (càd des damiers de petites tailles ; 15 et 7 minutes d'arc) (figure 20).

PEV : EVOLUTION DE LA LATENCE DU PIC P100
EN FONCTION DE L'AGE POUR 5 TYPES DE STIMULATIONS

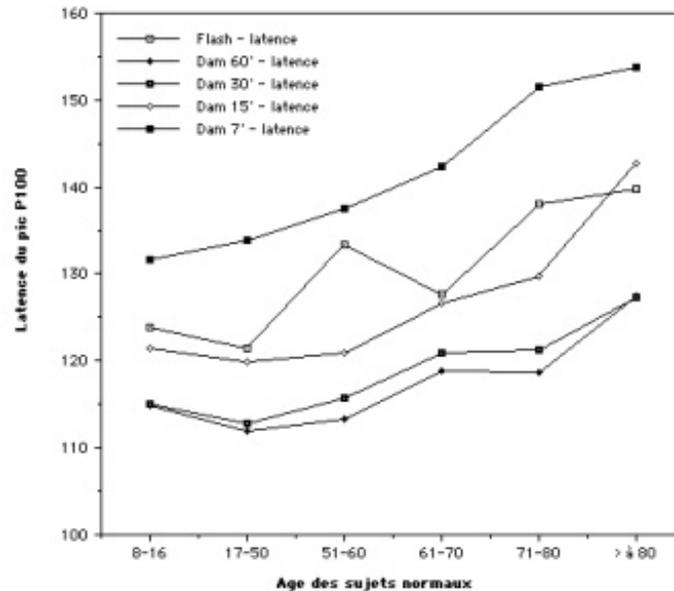


Figure 20 : PEV : évolution en fonction de l'âge de la latence du pic P100 pour la stimulation par flash et pour 4 tailles de damiers (60', 30', 15', 7')

Par contre en PEV par flash, les temps de latence sont peu augmentés par l'âge et de l'ordre d'une augmentation de 10 ms pour les plus de 70 ans et de 20 ms pour les plus de 80 ans par rapport à des sujets de moins de 50 ans (GUERIT 1993). Pour ce même auteur, les amplitudes des pics I et III ne sont pas modifiées par l'âge.

III - PERFORMANCES VISUELLES ET APTITUDE A LA CONDUITE

Les statistiques reliant la vision du sujet âgé aux accident de la route sont peu nombreuses (LORIOT 1990). On estime que 20 % des responsables d'accidents de la circulation ont une déficience visuelle (LANDRIEU P-H. 1990). En effet, la vision est un sens essentiel nécessaire à la conduite automobile. 90 % des indications nécessaires au conducteur lui sont fournies par l'œil (ESTEBAN DE ANTONIO 1993).

Les deux plus importantes fonction visuelle pour la performance visuelle lors de la conduite automobile sont une bonne acuité visuelle et un champ visuel utile correct (OWSLEY 1998). Ainsi, si l'acuité visuelle de bonne qualité permet une conduite rapide, un bon champ visuel permet une conduite sûre (HANOUNE 1990).

D'autres qualités sont nécessaires pour bien conduire :

- la vision des couleurs permet de différencier les différents feux. Mais une anomalie n'est pas incompatible avec la conduite (WHILLANS 1992).
- la vision binoculaire peut être altérée, comme par exemple dans certaines paralysies oculomotrices et provoquer une vision double. Cette anomalie est incompatible avec la conduite.
- la conduite de nuit nécessite une bonne vision des contrastes, une bonne adaptation à l'obscurité et à l'éblouissement (glare test). Or la nuit, l'acuité visuelle chez le sujet jeune et encore plus chez le sujet âgé chute parfois jusqu'à 0,2 (2/10).

- les temps de réaction s'altèrent avec l'âge. Le "temps réflexe visuel" impliquant une réponse sur pédale se détériore de 10 % entre l'âge de 20 ans et celui de 60 ans (CATILINA 1990). L'allongement des temps de réponse avec l'âge associé à la complexification des messages visuels (panneaux surchargés et trop nombreux) augmente le nombre d'erreurs de conduite des conducteurs âgés (BALL 1993). Des professionnels de la route prêchent pour la prescription systématique d'un examen psycho-technique et visuel pour tous les conducteurs âgés de plus de 50 ans (PAUZIE 1992). Cet examen visuel préconisé dans la loi européenne du 29 juillet 1991 (91/439/CEE) n'est toujours pas appliqué en France.

IV - BIBLIOGRAPHIE

A - PUPILLE

- LE GRAND Y., Optique Physiologique, Tome I : La dioptrique de l'oeil et sa correction. Ed de la "Revue d'Optique", 1965, tome I, 412 pp
- LOEWENFELD I.E., Pupillary changes related to age. In topic in Neuro-Ophthalmology, Ed by Stanley Thompson, Baltimore : Williams & Wiljins, 1979, Chap 2.2, 124-150
- LOEWENFELD I.E., The pupil : Anatomy, Physiology and Clinical Applications. Vol. I et II. Ed Wayne State University Press, Detroit, Mich., 1993, pp 1590
- VERRIEST G., L'influence de l'âge sur les fonctions visuelles de l'homme. Bull. Acad. Roy. Med. Belg., 1971, VII/XI/8, 527-577

B - ADAPTATION OBSCUR

- DOMEY C.K., McFARLAND R.A., Dark adaptation as a function of age : individual prediction. Am. J. Ophthal., 1961, 5, 1262-1268
- VERRIEST G., L'influence de l'âge sur les fonctions visuelles de l'homme. Bull. Acad. Roy. Med. Belg., 1971, VII/XI/8, 527-577

C - CHAMP VISUEL

- BECHETOILLE A., DYKMAN Ph., MURATET J.Y., Une banque de données pour l'analyse du champ visuel normal avec le programme central 30/1 du périmètre automatisé de Humphrey. J. Fr. Ophthal., 1986, 12, 837-841
- CASSON E.J., JOHNSON C.A., NELSON-QUIGG J.M., Temporal modulation perimetry : the effects of aging and eccentricity on sensitivity in normals. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1993, Vol. 34, 3096-3102
- CHARLIER J., SACHY J., VERNIER F., HACHE JC., Dynamic representation of the visual field. GREVE E.L., HEIJL A., : Seventh International Visual Field Symposium, Amsterdam, September, 1986, Dr Junk Publ., The Hague. Doc. Ophthalmol. Proc. Series, 1987, 49, 263-270
- DENIS D., DEZARD X., VOLA J.L., VOLOT J., Analytical and statistical survey of early stages of open-angle glaucoma with low luminance visual field. Ophthalmologica, 1993, 207, 82-89

- DRANCE S.M., BERRY V., HUGHES A., Studies of the effects of the age on the central and the peripheral isopters of the visual field in normal subjects. *Am. J. Ophthalmol.*, 1967, 63, 1667-1672
- EGGE K., The visual field in normal subjects. *Acta Ophthalmologica*, 1984, suppl., 169, 1-60
- JAFFE G.J., ALVARADO J.A., JUSTER R.P., Age-related changes of the normal visual field. *Arch. Ophthalmol.*, 1986, 104, 1021-1025
- JOHNSON C.A., ADAMS A.J., LEWIS R.A., Evidence for a neural basis of Age-Related visual field loss normal observers. *Invest. Ophthalmol. & Vis. Sci.*, 1989, Vol. 30, 9, 2056-2064
- KATZ J., SOMMER A., A longitudinal study of the age-adjusted variability of automated visual fields. *Arch. Ophthalmol.*, 1987, 105, 1083-1086
- LACHENMAYR B.J., Flicker perimetry. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 1992, 13, 3539-3542
- LACHENMAYR B.J., KOJETINSKY S., OSTERMAIER N., ANGSTWURM K., The different effects of aging on normal sensitivity in flicker and light-sense perimetry. *Invest. Ophthalmol. & Vis. Sci.*, 1994, Vol 35, N°6, 2741-2748
- MOSS I.D., WILD J.M., WHITAKER D.J., The influence of age-related cataract on blue-on-yellow perimetry. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 1995, 36, 764-773
- RISSE J.F., Etude du champ visuel. In *Exploration de la fonction Visuelle*, Ed by RISSE J-F., Masson, Paris, 1999, 153-252
- SIMONEAU P., Périmétrie centrale en stimulation flicker : étude comparative du champ visuel Flicker (Moniteur Ophtalmologique) et du périmètre automatisé (octopus) dans les hypertopies oculaires et le glaucome primitif à angle ouvert. Thèse Doctorat en médecine, 1990, Tours, pp 17
- SLOAN L.L., Rate and dark adaptation and regional threshold gradient of the dark-adapted eye : psychological and clinical studies. *Am. J. Ophthalmol.*, 1947, 30, 705-720
- VOLA J.L., La fréquence critique de fusion. *Fondements physiologiques. Coup d'œil Ophtalmologique*, 1990, 32, 47-56 et *Coup d'œil Ophtalmologique*, 1991, 33, 31-38
- WILLIAMS T.D., Aging and central visual field area. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.*, 1983, 60, 888-891

D - ACUITE VISUELLE

- ADAMS A., WONG L.S., WONG L., GOULD B., Visual acuity changes with age : some new perspectives. *Am. J. Optom. Psychol. Opt.*, 1988, 65, 403-406
- AKUTSU H., LEGGE G.E., ROSS J.A., SCHUEBEL K.J., Psychophysics of reading - X : Effects of age-related changes in vision. *Journal of Gerontology*, 1991, 46, 6, 325-31
- JAYLE G.E., AUBERT L., CAMO R., L'intérêt clinique du rapport acuité visuelle mésopique sur acuité visuelle photopique. *Bull. Soc. Ophthalmol. Fr.*, 1958, 7-8, p 1-5
- MADDEN D.J., Four to ten milliseconds per year : age-related slowing of visual word identification. *Journal Gerontology*, 1992, 47, 2, 59-68
- RANDALL H.G., BROWN D.J., SLOAN L.L., Peripheral visual acuity. *Arch. Ophthalmol. (Chicago)*, 1966, 500-504
- SPEEG-SCHATZ Cl., ZANLONGHI X., Acuité visuelle. Rapport SFO, *Exploration de la Fonction Visuelle*, J.F. RISSE, Ed by MASSON, PARIS, 1999, 99-128
- VERRIEST G., L'influence de l'âge sur les fonctions visuelles de l'homme. *Bull. Acad. Roy. Med. Belg.*, 1971, VII/XI/8, 527-577

- VOLA J.L., CORNU L., CARRVEL et al., L'âge et les acuités visuelles photopiques et mésopiques. J. Fr. Ophtalmol., 1983, 6, 473-479
- WEALE R.A., The senescence of human vision. Ed by Oxford University Press, 1992, 272 pp

E - SENSIBILITE AU CONTRASTE : FSC

- ARDEN G.B., Visual loss in patient with normal visual acuity. Trans. Ophthalmol. Soc., 1978 a, 98, 219-231
- ARDEN G.B., The importance of measuring contrast sensitivity in the cases of visual disturbance. Br. J. Ophthalmol., 1978 b, 62, 198-209.
- ARUNDALE K., An investigation into the variation of human contrast sensitivity with age and ocular pathology. Br. J. Ophthal., 1978, 62, 213-215
- HIRVELA H., KOSKELA P., LAATIKAINEN L., Visual acuity and contrast sensitivity in the elderly. Acta Ophthalmol., 1995, 73, 2, 111-115
- OWSLEY C., SEKULER R., SIEMSEN D., Contrast sensitivity throughout adulthood. Vision Res., 1983, 23, 689-699.
- SKALKA H.W., Effects of age on Arden grating acuity. Br. J. Ophthalmol., 1980, 64, 21-23.
- ZANLONGHI X., CHARLIER J., CHEVALIER N., Sensibilité au contraste spatiale et âge. Bull. Soc. Ophtal. France, 1992, 10, 921-929

F - COULEUR

- COOPER B.A., WARD M., GOWLAND C.A., MAC INTOSH J., The use of the lanthony new color test in determining the effects of aging on color vision. J. Gerontology Psychological Sciences, 1991, Vol. 46, N°6, 320-324
- CRAWFORD B.H., The scotopic visibility function. Proc. Phys. Soc. London, 1948, 62, 321-334.
- CURCIO C.A., MILLICAN C.L., ALLEN K.A., KALINA R.E., Aging of the human photoreceptor mosaic : evidence for selective vulnerability of rods in central retina. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1993, 34, 3278-3296
- HAEGERSTROM-PORTNOY G., HEWLETT S.E., BARR S.A.N., S cone loss with aging. In DRUM B., VERRIEST G., Colour vision deficiency IX. Proc. 9th Sym IRGCVD, Annapolis, 1987, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht. Doc. Ophthalmol. Proc. Series, 1989, 52, 345-352
- HAN D.P., THOMPSON H.S., Nomograms for the assessment of Farnsworth-Munsell 100 hue test scores. Am. J. Ophthalmol., 1983, 95, 622-625
- LANTHONY P., Evaluation du panel D15 désaturé. I : Méthode de quantification et scores normaux. J. Fr. Ophtalmol., 1986, 12, 843-847
- KNOBLAUCH K., SAUNDERS F., KUSADA M., HYNES R., HIGGINS K.E., DE MONASTERIO F.M., Age and illuminance effects in the Farnsworth-Munsell 100-hue test. App. Opt., 1987, 26, 1441-1448
- NOYORI S., HAMANO K., TOMONAGA M., OHTA Y., Farnsworth-Munsell 100 hue test. Act. Soc. Ophthal. Jpn, 1987, 91, 298-303
- PINCKERS A. Color Vision and Age., Ophthalmologica, 1980, 181, 23-30
- ROTH A., PELIZZONE M., SOMMERHALDER J., HERMES D., SIMONA F., The two equation method : III. Results in normal subjects above 50 years of age.

Correlation with lens opacity. Colour Vision deficiencies X 1989: Drum, Moreland & Serra (eds), Kluwer Academic Publishers Dordrecht. The Netherlands. Doc. Ophthalmol Proc. Series, 1991, 54, 353-359

- ROTH A., LANTHONY P., Vision des couleurs. Rapport de la SFO, Masson, Paris, 1999, 129-152
- RUDDOCK K.H., The effect of age upon colour vision I. Response in the receptor system of the human eye. Vision Res., 1965 a, 5, 37-45
- RUDDOCK K.H., The effect of age upon colour vision II. Changes with ages in light transmission of the ocular media. Vision Res., 1965 b, 5, 47-58
- VERRIEST G., UVIJLS A., Spectral increment thresholds on white background in different age group of normal subjects and acquired ocular diseases. Doc. Ophthalmol., 1977, 43, 217-248
- VERRIEST G., LAETHEM J.V., UVIJLS A., A new assessment of the normal ranges of the Farnsworth-Munsell 100 Hue test scores. Am. J. Ophthalmol., 1982, Vol. 93, 635-642
- WEALE R.A., The aging eye. London. HK Lewis, 1963
- WEALE R.A., Colour vision and age. Colour Vision deficiencies VIII, 1985, G. Verriest (ed). Doc. Ophthalmol. Proc. Series, 1987, 46, 85-98
- WERNER A., SCHWARTZ G., PAULUS W., Ageing and chromatic contrast sensitivity. Colour vision deficiencies XII. 1993 Drum (ed), Kluwer Academic Publishers. Dordrecht Doc. Ophthalmol Proc. Series, 1993, 57, 1, 235-241

G - EBLOUISSEMENT (GLARE)

- HAEGERSTROM-PORTNOY G., SCHNECK M.E., BRABYN J.A., Seeing into old age: vision function beyond acuity. Optom. Vis. Sci., 1999, 76 (3), 141-158
- MAURIN J.F., MAILLE M., Sens lumineux aux basses et hautes luminances. Rapport de la SFO, Ed by RISSE J-F, Masson, Paris, 1999, 253-264
- STEEN R., WHITAKER D., ELLIOTT D.B., WILD J.M., Age-related effects of glare on luminance and color contrast sensitivity. Opt. Vis. Sci., 1994, Vol. 71, N°12, 792-796
- VERRIEST G., L'influence de l'âge sur les fonctions visuelles de l'homme. Bull. Acad. Roy. Med. Belg., 1971, VII/XI/8, 527-577
- WOLF E., Glare and age. Arch. Ophthalmol., 1960, 64, 502-514

H - ELECTROPHYSIOLOGIE

- ADAMS A., The normal electro-oculogram (EOG). Acta Ophthalmol., 1973, 51, 551-561
- BAGOLINI B., PORCIATTI V., FALSINI B., SCALIA G., Macular electroretinogram as a function of age of subjects. Doc. Ophthalmologica, 1998, 70, 37-43
- BIRCH D.G., FISH G.E., Focal cone electroretinograms : aging and macular disease. Doc. Ophthalmol., 1988, 69, 211-220
- CELESIA G.G., KAUFMAN D., CONE S., Effects of age and sex on pattern electroretinograms and visual evoked potentials. Electroencephal. & Clin Neurophysiol., 1987, 68, 161-171

- DELPLACE M-P., Electro-oculogramme sensoriel., Rapport de la SFO, Ed by RISSE J-F., Masson, Paris, 1999, 292-307
- FRANCOIS J., DE ROUCK A., CAMBIE E., ZANEN A., L'électrodiagnostic des affections réiniennes. Bull. Soc. Belge Ophtal., 1974, 166, 1, 494 pp
- GRALL Y., Variations in visual electrophysiological recordings (EOG, ERG, VEP). Presbyopia Proc. III, Inter. Symp. of Presbyopia, Haiti, Ed by Lawrence STARK and Gérard Obrecht, 1985, 96-103
- GUERIT J.M., Les potentiels évoqués. Ed MASSON, 120 Bd Saint-Germain 75280 PARIS Cédex 06, 2nd éditions, 1993, pp 347
- HACHE J-C., Electrorétinogramme. Rapport de la SFO, Ed by RISSE J-F., Masson, Paris, 1999, 271-289
- HACHE J-C., Potentiel évoqué visuel. Rapport de la SFO, Ed by RISSE J-F., Masson, Paris, 1999, 308-323
- JACOBI P.C., MILICZEK K.D., ZRENNER E., Experiences with the international standard for clinical electroretinography : normative values for clinical practice, interindividual and intraindividual variations and possible extensions., Doc. Ophthalmol., 1993, 85, 95-114
- KOLDER H.E., Electro-oculography. In Principles and practice of visual electrophysiology, Ed by John R. Heckenlively, Geoffrey B. Arden, Mosby Year Book, 1991, 301-314
- LIJIMA H., Distribution of ERG amplitudes, latencies, and implicit times. In Principles and practice of visual electrophysiology, Ed by John R. Heckenlively, Geoffrey B. Arden, Mosby Year Book, 1991, 289-290
- MARMOR M.F., ZRENNER E., Standard for clinical electroretinography (1994 update). Doc. Ophthalmologica, 1995, 89, 199-210
- SHAW N.A., CANT B.R., Age-dependent changes in the latency of the pattern visual evoked potential. Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 1980, 48, 237-250
- WELEBER R.G., The effect of age on human cone and rod ganzfeld electroretinograms. Invest. Ophthalmol. Vis Sci., 1981, 20, 392-399

I - CONDUITE

- BALL K., OWSLEY C., SLOANE M.E., ROENKER D.L. Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1993, Vol. 34, 3110-3123
- CATILINA P., Evolution avec l'âge des performances psycho-sensori-motrices susceptibles d'influencer l'aptitude à la conduite automobile. Coll. "Journées à Thème" de PRO.PER.MET. ASNAV, 1990, Avignon, 135-145
- ESTEBAN DE ANTONIO M., Les fonctions visuelles et la conduite automobile. Les entretiens de la Prévention Routière, 6 et 7 octobre 1993, acta du congrès
- HANOUNE J-C., Exigences visuelles professionnelles et aptitude à la conduite sur la route. Coll. "Journées à Thème" de PRO.PER.MET. ASNAV, 1990, Avignon, 45-56.
- LANDRIEU P-H., Voir pour conduire : la médecine du travail donne l'exemple. Le Quotidien du Médecin, 1990, N° 4637, 19-20
- LORIOT J., Le médecin du travail et l'aptitude à la conduite professionnelle. Coll. "Journées à Thème" de PRO.PER.MET. ASNAV, 1990, Avignon, 91-110
- OWSLEY C.J., BALL K., McGWIN G., SLOANE M.E., Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. JAMA, 1998, vol 279, N° 14, 1083-1088

- PAUZIE A., Quel futur pour les conducteurs âgés ? In "Vieillesse et transport". Ed by Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, Compte Rendu du Séminaire LYON - 3 décembre 1992, Actes Inrets N°35, 141-148
- WHILLANS M.G., ALLEN M.J., Color defective drivers and safety. Optometry and Vision Science, 1992, Vol. 69, 6, 463-466
- ZANLONGHI X., AVITAL L., PRIGENT N., Handicaps visuels et conduite : aspects fonctionnels. In Conduite automobile et handicap, Ed by ENJALBERT, FATTAL, THEVENON, Masson, Paris, Collection Rencontres en Rééducation, 2000, N°15, 161-175
- ZANLONGHI X., LIBEAU F., Pathologies visuelles, handicap visuel et conduite: réglementation. In Conduite automobile et handicap, Ed by ENJALBERT, FATTAL, THEVENON, Masson, Paris, Collection Rencontres en Rééducation, 2000, N°15, 28-34