

(Clinique ophthalmologique de l'Université de Liège [Prof. L. Weekers].)

## Introduction à l'étude de la fréquence de fusion en clinique.

Par ROGER WEEKERS <sup>1</sup> et FERNAND ROUSSEL.

Lorsque des phases d'excitation lumineuse et des phases d'obscurité se suivent sur un rythme lent, le sujet sain perçoit successivement les périodes de lumière et d'obscurité. Si le rythme s'accélère, la sensation lumineuse ne subit plus d'interruption mais son intensité n'est pas constante, elle s'accroît à chaque éclaircissement et faiblit à chaque obscurité ; la surface éclairée « papillotte » (*flicker* des auteurs anglais, *flimmern* des auteurs allemands). Enfin si le rythme des éclaircissements et des obscurités devient plus rapide encore, les variations d'intensité cessent ; la plage observée semble éclairée par une source lumineuse constante dont l'intensité ne subit aucune modification. La persistance apparente de la sensation visuelle rend imperceptible, l'extinction de la lumière. A ce moment, la fréquence critique de fusion est atteinte ; il est convenu de la mesurer par le nombre d'éclaircissements par seconde.

### Historique.

Au cours des vingt dernières années surtout, les physiologistes ont consacré de nombreuses recherches à l'étude des facteurs qui modifient la fréquence critique de fusion chez l'individu sain. Celle-ci dépend non seulement des caractéristiques physiques de la source lumineuse intermittente (surface et forme de la plage éclairée, intensité et longueur d'onde de la lumière, durée relative et contraste des phases d'éclaircissement et d'obscurité), mais encore de facteurs biologiques (âge du sujet, diamètre pupillaire, état d'adaptation de la rétine, type de l'appareil photorécepteur intéressé, endroit de la rétine éclairée). (Littérature jusque 1936 dans *R. Granit*, 6 ; jusque 1939, dans *H. Piéron*, 13.)

La fréquence de fusion a pu être étudiée chez l'animal par une méthode indirecte, l'enregistrement du courant d'action de la rétine et du nerf optique (*R. Granit* et *Therman*, 7).

<sup>1</sup> Associé du Fonds national belge de la Recherche scientifique.

Malgré cette vaste documentation, le mécanisme de la fréquence de fusion n'est pas connu ; on ne sait pas actuellement par quel phénomène un stimulus interrompu donne une sensation continue. Plusieurs hypothèses ont été formulées, aucune n'est satisfaisante.

Contrastant avec l'abondante littérature publiée dans le domaine de la physiologie, quelques travaux seulement relatent des mesures de fréquence de fusion en pathologie oculaire et nerveuse. Le premier en date, semble-t-il, celui de *Markow* (12), remonte à 1901, il n'est que rarement cité. Nous n'avons pas réussi à nous en procurer le texte original. Basant ses conclusions sur un matériel important, *Markow* conclut que la fréquence de fusion est abaissée dans le glaucome, les rétinites, les chorioretinites, les affections du nerf optique et les altérations de la transparence des milieux oculaires. Malgré l'imperfection de la technique utilisée, il pressent l'importance diagnostique de la méthode.

Deux ans après, *Braunstein* (2, 3) confirme l'existence d'une altération du fusionnement dans de nombreuses affections des membranes profondes de l'œil et du nerf optique.

En 1908, *Lohmann* (11) signale une modification de la fréquence critique de fusion dans l'amblyopie *ex anopsia*.

En 1909, les *von Graefe's Archiv für Ophthalmologie* publient les divergences d'opinion de *Braunstein* (2, 3) et *Hessberg* (8) au sujet de l'utilité pratique de la méthode. *Braunstein* la préconise, *Hessberg* la déconseille. L'opinion de *Braunstein*, qui, nous le verrons dans la suite, était justifiée, n'a malheureusement pas prévalu.

Aucune publication, à notre connaissance, ne traite de la question de 1909 à 1933. A partir de cette date, plusieurs auteurs scandinaves inspirés par les recherches physiologiques de *Granit*, mesurent à nouveau la fréquence de fusion en clinique. *Ajo* et *Teraskeli* (1) étudient l'achromatopsie ; *Enroth* et *Werner* (4), l'adaptation rétinienne. Malgré l'intérêt suscité par ces recherches, l'impulsion définitive ne semble pas encore être donnée et les applications en pathologie oculaire restent isolées.

Dans l'entretemps, les recherches campimétriques et périmétriques, stimulées par les exigences toujours croissantes du diagnostic neuro-chirurgical, progressent rapidement. En 1933, *Phillips* (14) se pose la question de savoir si l'altération de la fréquence de fusion ne précède pas le scotome quand les voies optiques sont comprimées, il conclut que l'abaissement de la fréquence critique de fusion peut constituer un symptôme précoce d'une néoplasie cérébrale touchant le tractus optique. En 1936, *Riddell* (15) reprend cette étude et aboutit à des conclusions analogues.

Plus récemment encore, *Hylkema* (9, 10) souligne l'intérêt de la mesure de la fréquence de fusion en clinique du double point de vue du physiologiste et du pathologiste.

### *Instrumentation.*

Si malgré ces avis presque unanimement favorables sur les renseignements qu'elle est susceptible de fournir, la mesure de la fréquence de fusion n'est pas entrée, jusqu'ici, dans l'examen

routinier de l'appareil visuel, c'est en partie parce que l'appareillage est compliqué et n'a pas, jusqu'ici, été mis à la disposition du clinicien. Le simple disque opaque à secteurs blancs et noirs, n'a plus qu'un intérêt historique, et doit être abandonné pour l'écran translucide éclairé par intermittence. La forme et la surface de cet écran, l'intensité et la qualité de la lumière doivent pouvoir être modifiées. La détermination du rythme des éclaircissements doit être précise et rapide. De plus, la fréquence de fusion doit pouvoir être mesurée non seulement au centre mais encore dans une grande portion du champ visuel. Limiter les examens au seul point de fixation ou à une zone péricentrale étroite constitue une lacune aussi grave que mesurer l'acuité visuelle sans rechercher la position des isoptères internes, moyens et périphériques.

En faisant construire<sup>2</sup> l'appareil ici décrit, nous avons cherché à créer un instrument dont la précision fût rigoureuse et dont l'emploi aisé et rapide pût être introduit dans le schéma de l'examen clinique usuel. Cet instrument n'apporte pas au problème une solution définitive. Il est encombrant et coûteux, mais il constitue, de divers points de vue, un perfectionnement sur les modèles antérieurs et ouvre la voie à de nouvelles réalisations.

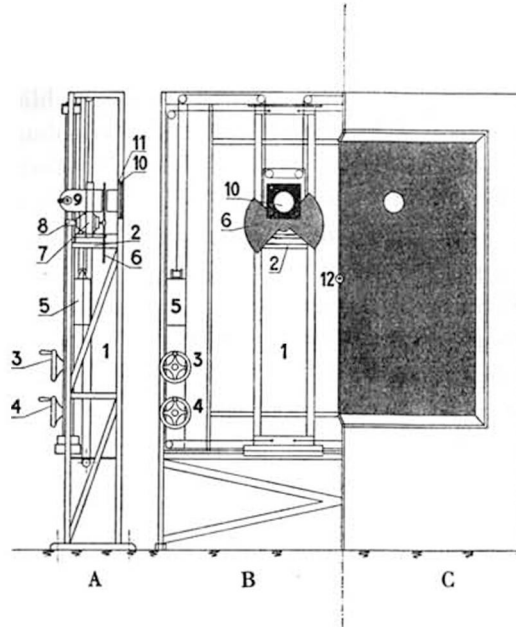
L'appareil se compose d'un cadre métallique, carré de 1,70 m. de côté et de 0,45 m. de profondeur. Les côtés horizontaux de ce cadre portent des rails sur lesquels se déplace de droite à gauche ou de gauche à droite un bâti vertical haut de 1,70 m., large de 0,27 m. (fig. 1 ; 1). Le long du bâti vertical monte ou descend une plate-forme large de 0,18 m., profonde de 0,45 m. (fig. 1 ; 2). La combinaison de la translation horizontale et du déplacement vertical permet de placer la plate-forme en un point quelconque de la surface carrée délimitée par le cadre métallique.

D'arrière en avant, la plate-forme porte : 1° une source lumineuse, 2° un moteur entraînant, d'une part, une hélice à deux pales de 90 degrés, d'autre part, une dynamo dite « tachymétrique » ; 3° un filtre affaiblisseur neutre ; accessoirement, un filtre monochromatique ; 4° un écran en verre opale, 5° un diaphragme (fig. 1 ; 6, 7, 8, 9, 10, 11).

La source lumineuse blanche est alimentée par le courant continu d'une batterie et émet un faisceau de rayons parallèles large de 17 cm.

Le moteur fait tourner l'hélice et la dynamo tachymétrique. Le voltage du courant émis par la dynamo est fonction de la vitesse de rotation de l'hélice et sert à la mesure du rythme des éclaircissements. Nous déterminons, instantanément et avec une grande précision, des fréquences d'éclaircissement variant de 5 à 75 par seconde. L'hélice interrompt deux fois, à chaque tour,

<sup>2</sup> Ateliers Jaspar, Liège, Belgique.



*Fig. 1. Appareil pour la mesure de la fréquence critique de fusion dans le champ visuel. A = vue de profil ; B = vue de face (le revêtement de l'appareil est enlevé pour mettre en évidence les dispositifs assurant le déplacement de l'écran dans le champ visuel) ; C = vue de face (le revêtement est en place). 1 = Bâti vertical assurant la translation horizontale de l'écran. 2 = Plateforme assurant l'élévation et l'abaissement de l'écran sur le bâti vertical précité, 3 et 4 = Manivelles de commande, 5 = Contre-poids, 6 = Hélice à 2 pales, 7 = Moteur, 8 = Dynamo tachymétrique, 9 = Source lumineuse, 10 = Ecran en verre opale, 11 = Emplacement du diaphragme, du filtre affaiblisseur neutre et, éventuellement, du filtre monochromatique, 12 = Point de fixation lumineux rouge.*

le faisceau lumineux. La durée des phases d'éclairement étant égale à celle des phases d'obscuration, l'intensité de la sensation lumineuse est réduite de moitié quand la fréquence critique de fusion est atteinte ou dépassée (loi de Talbot-Plateau, 1834-35).

Un jeu de filtres affaiblisseurs neutres, analogues aux verres de *Tschering*, fait varier l'éclairement de 65 à 3 Lux, sans modifier la qualité de la lumière reçue par l'écran de verre opale. S'il en est besoin, il est possible d'intercaler, en plus, un filtre monochromatique<sup>3</sup>.

Le diamètre des diaphragmes varie de 0,87 cm. à 17,40 cm. A une distance de 1 mètre, la valeur angulaire de la plage lumineuse varie de 0,5 à 10 degrés.

Un point lumineux rouge d'intensité et de surface réglables assure la fixation du regard du sujet au centre du champ visuel au moment de la mesure de la fréquence de fusion à la périphérie. Il peut être déplacé et éteint pour déterminer la fréquence de fusion maculaire.

<sup>3</sup> Wratten filters, Eastman Kodak, Rochester, U. S. A.

*En plus de l'emploi d'une dynamo tachymétrique, la caractéristique principale de l'appareil réside dans le fait que le point de fixation du regard est fixe et que, par contre, tout le système optique et mécanique assurant l'éclairage intermittent de l'écran est mobile et peut être placé, par une manœuvre rapide et simple, en un point déterminé du champ visuel, jusque 35 degrés du point de fixation lorsque le sujet est placé à 1 m.*

Si nous avons adopté ce système malgré les difficultés inhérentes à sa construction, c'est que nous nous étions donné comme but principal *la comparaison systématique des données de l'examen campimétrique et de l'examen de la fréquence de fusion*. Cette comparaison s'avère utile ; elle est aisée avec l'instrument décrit ici ; par contre, elle est difficile et parfois impossible lorsque le test lumineux clignotant est immobile et le point de fixation du regard, mobile.

#### *Choix d'une méthode d'examen.*

L'instrument dont nous disposons offre des possibilités presque infinies : examens au moyen de grands ou de petits tests, fortement ou faiblement éclairés, dans une portion importante du champ visuel d'une rétine adaptée à la lumière ou à l'obscurité. Après divers essais, nous nous sommes arrêtés à l'examen standard suivant qui nous donne satisfaction. Nous l'avons jusqu'ici pratiqué chez cinquante sujets sains et chez de très nombreux malades.

L'épreuve se fait dans le noir après une courte adaptation à l'obscurité.

Le sujet est assis à un mètre de l'appareil. Le visage est immobilisé par une mentonnière et par un serre-tête. Un œil est couvert sans être comprimé. La pupille, comme nous le verrons dans la suite, est ou n'est pas sous l'influence d'un mydriatique.

L'éclairage de l'écran est de 60 Lux approximativement. Nous utilisons la lumière blanche. Le diamètre du cercle éclairé varie de 3 à 7 degrés selon la portion explorée du champ visuel (cf. plus loin).

Nous passons de la fusion à la non-fusion par réduction de la vitesse de rotation de l'hélice (méthode par « ralentissement », méthode « en chute », *falling-method* ; Riddell, 15). La source lumineuse est éteinte et l'écran est invisible. L'hélice tourne à une vitesse dépassant nettement celle du fusionnement. L'écran

est alors éclairé et, immédiatement, la vitesse de rotation de l'hélice est réduite progressivement. Le malade signale, sans délai, le moment d'apparition du « papillotement ». Chaque mesure dure deux secondes environ. On en fait trois en chaque point du champ visuel ; en règle très générale, elles concordent parfaitement. Une exploration complète du champ visuel, jusqu'à trente degrés du point de fixation, ne dure que 20 à 30 minutes et est possible même chez des malades dont la fatigabilité est grande. Ce mode de mesure de la fréquence de fusion ne nous semble pas justifier les critiques qui ont été formulées. La latence des réponses du patient n'introduit pas d'erreur appréciable et, en cas de doute, il est toujours loisible de procéder à une vérification en passant de la non-fusion à la fusion par accélération progressive de la vitesse de rotation de l'hélice. Dans les conditions de nos examens, nous n'avons jamais été gênés par le phénomène d'adaptation locale<sup>4</sup>.

Différents auteurs préfèrent la méthode par « échantillonnage », *sampling-method* (Riddell, 15 ; Hylkema, 9, 10), dont voici le principe. L'écran est éclairé, plusieurs fois consécutivement, pendant un temps très court, une à deux secondes. La vitesse de rotation de l'hélice est constante pendant chacun des éclairagements mais est modifiée, en plus ou en moins, entre chacun d'entre eux. La fréquence de fusion est déterminée par tatonnements successifs. La « *sampling-method* » a l'avantage d'être très précise, elle évite l'erreur due à une réponse tardive mais elle a l'inconvénient d'être longue et fatigante ; nous n'y recourons qu'exceptionnellement.

Lorsqu'on explore une portion étendue du champ visuel avec un même test, on observe que, chez l'individu normal, la fréquence de fusion varie considérablement d'un point à un autre. Ces variations découlent surtout, semble-t-il, des dispositions anatomiques propres à chaque endroit de la rétine : type des cellules photo-réceptrices (cônes ou bâtonnets), mode d'innervation de celles-ci et, comme nous le montrerons dans la suite, calibre

<sup>4</sup> Voici en quoi consiste l'adaptation locale. Pour une vitesse déterminée de rotation de l'hélice, le sujet fusionne. Si le rythme des éclairagements se ralentit, le sujet cesse de fusionner pendant un temps très court : puis, immédiatement, fusionne à nouveau. Le papillotement ne réapparaît et n'est stable que pour une fréquence d'éclairagement anormalement basse et inférieure à la fréquence de fusion réelle.

des vaisseaux sanguins situés dans la couche des fibres nerveuses. Les modifications de la fréquence de fusion dans le champ visuel obéissent à des lois complexes et dépendent des conditions expérimentales. Selon la dimension ou l'éclairement du test choisi, par exemple, la fréquence de fusion s'abaisse régulièrement du centre vers la périphérie du champ visuel ou passe par un maximum situé à quelques degrés du point de fixation ; elle révèle ou ne révèle pas une asymétrie entre les portions nasale et temporale.

D'autre part, les recherches effectuées jusqu'ici en pathologie oculaire démontrent que la fréquence de fusion est abaissée lorsque les fonctions visuelles sont altérées.

Il en résulte qu'il est souvent difficile d'interpréter la signification exacte des modifications de la fréquence de fusion dans le champ visuel d'un malade possédant un scotome étendu. Ces modifications proviennent de la combinaison de deux facteurs, localisation du point exploré et altération des fonctions visuelles,

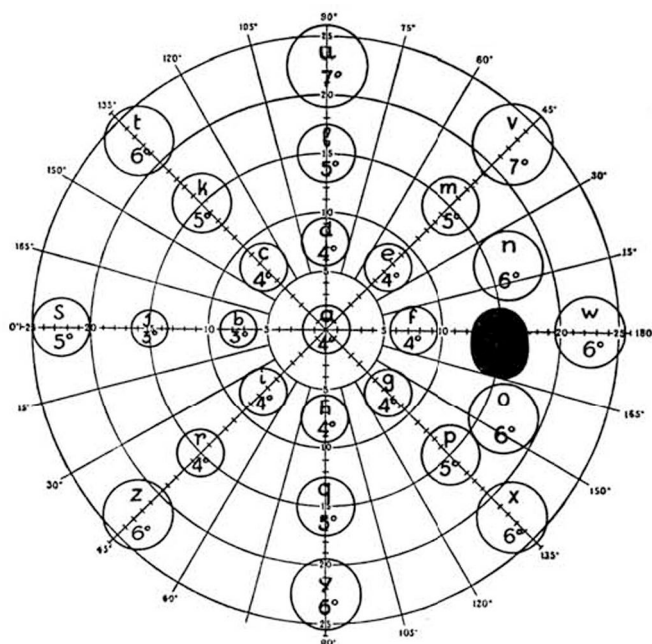


Fig. 2. Emplacements et diamètres des tests assurant, chez l'individu normal, dans les conditions de mesure décrites dans le texte, l'isofréquence dans le champ visuel. Œil droit ; en noir, la tache aveugle.

dont les effets, selon les cas, s'ajoutent ou se neutralisent. C'est pour éliminer cette difficulté que nous avons recherché des conditions d'examen assurant, chez l'individu sain, une fréquence de fusion identique dans toute la portion explorée du champ visuel. L'isofréquence a été obtenue en modifiant empiriquement le diamètre des tests utilisés. La fréquence de fusion variant en fonction de la surface éclairée, nous avons choisi de petits tests pour les zones rétiniennes caractérisées par une fréquence de fusion élevée et, inversement, de grands tests pour les zones rétiniennes caractérisées par une fréquence de fusion basse. Nous explorons habituellement 26 points situés sur 8 méridiens entre 0 et 30° du point de fixation. La figure 2 montre l'emplacement de ces points et le diamètre des tests assurant l'isofréquence.

Dans ces conditions, la fréquence de fusion s'effectue au rythme moyen de :

40,2	éclairagements	par	seconde	chez	l'individu	âgé	de	20	à	30	ans
39,2	»	»	»	»	»	»	»	30	à	40	»
34,4	»	»	»	»	»	»	»	40	à	50	»
31,8	»	»	»	»	»	»	»	50	à	60	»
31,6	»	»	»	»	»	»	»	60	à	70	»

TABLEAU I.

*Fréquence de fusion en fonction de l'âge.*

	20—30 ans (moyenne de 5 sujets)	30—40 ans (moyenne de 5 sujets)	40—50 ans (moyenne de 5 sujets)	50—60 ans (moyenne de 5 sujets)	60—70 ans (moyenne de 5 sujets)
a	40	40	36	31	31
b	40	40	35	31	31
c	40	40	35	32	33
d	41	40	36	31	32
e	40	40	34	30	31
f	40	41	35	32	32
g	40	40	34	32	31
h	41	40	35	31	31
i	39	37	33	31	31
j	39	40	33	31	30
k	39	40	34	31	31
l	40	39	34	31	32
m	39	39	34	32	31
n	40	40	34	33	33
o	40	39	35	33	32
p	39	39	34	31	32



	20—30 ans (moyenne de 5 sujets)	30—40 ans (moyenne de 5 sujets)	40—50 ans (moyenne de 5 sujets)	50—60 ans (moyenne de 5 sujets)	60—70 ans (moyenne de 5 sujets)
q	40	38	35	32	31
r	40	37	33	32	32
s	40	39	33	32	30
t	39	38	35	34	31
u	41	39	35	32	33
v	41	40	36	33	32
w	43	39	34	31	32
x	41	39	36	33	33
y	42	40	34	32	31
z	40	38	35	33	31
moyenne	40,2	39,2	34,5	31,8	31,6

Le diamètre pupillaire n'est pas modifié. Pour chaque sujet, la fréquence de fusion est mesurée en 26 points différents du champ visuel. L'emplacement et le diamètre du test correspondant à chaque lettre sont indiqués sur la figure 2.

Le tableau I montre que, chez des sujets du même âge, le schéma d'examen proposé assure, de façon satisfaisante, l'isofréquence en chacun des points explorés. Il confirme, de plus, un fait connu : l'abaissement progressif de la fréquence de fusion en fonction de l'âge.

Pour faciliter davantage encore l'interprétation des résultats obtenus en clinique, nous avons cherché à compenser les modifications du fusionnement qui surviennent chez l'adulte et le vieillard. Nous avons noté que, dans les conditions de nos mesures, la fréquence de fusion dépend étroitement du diamètre pupillaire. Or la pupille est d'autant plus étroite et se dilate d'autant moins à l'obscurité que le sujet est plus âgé. Afin d'éliminer l'influence de ce facteur, nous avons instillé de l'homatropine chez 25 sujets de 20 à 70 ans (5 sujets par décade, diamètre pupillaire supérieur à 7 mm.). Les résultats sont très démonstratifs : la mydriase abolit presque complètement les variations de la fréquence de fusion en fonction de l'âge et élève le rythme du fusionnement ; celui-ci atteint :

42,8 éclairéments par seconde chez les sujets âgés de 20 à 30 ans								
42,6	>	>	>	>	>	>	>	30 à 40
42,6	>	>	>	>	>	>	>	40 à 50
40,8	>	>	>	>	>	>	>	50 à 60
38,4	>	>	>	>	>	>	>	60 à 70

Le tableau II montre, d'une part, que le schéma d'examen proposé assure l'isofréquence au niveau des 26 points explorés même après dilatation pupillaire et, d'autre part, que la mydriase réduit considérablement les variations de la fréquence de fusion en fonction de l'âge<sup>3</sup>.

TABLEAU II.  
*Fréquence de fusion en fonction de l'âge.*

	20—30 ans (moyenne de 5 sujets)	30—40 ans (moyenne de 5 sujets)	40—50 ans (moyenne de 5 sujets)	50—60 ans (moyenne de 5 sujets)	60—70 ans (moyenne de 5 sujets)
a	43	42	42	40	38
b	41	42	43	41	38
c	43	43	44	42	39
d	43	43	43	40	39
e	43	43	42	41	39
f	44	43	42	42	39
g	43	42	42	41	39
h	44	42	42	41	39
i	41	42	42	39	37
j	41	42	43	40	37
k	43	42	43	42	38
l	42	43	42	41	38
m	43	43	41	39	39
n	44	42	44	41	39
o	44	43	44	42	39
p	43	41	42	40	39
q	43	43	42	41	38
r	41	43	42	41	37
s	42	43	42	40	38
t	42	42	42	39	38
u	44	43	43	41	39
v	43	43	44	40	39
w	44	43	44	43	39
x	43	43	44	41	38
y	43	44	42	42	37
z	44	43	42	41	38
moyenne	42,8	42,6	42,6	40,8	38,4

La pupille est dilatée par homatropine (diamètre supérieur à 7 mm.). — Pour chaque sujet, la fréquence de fusion est mesurée en 26 points différents du champ visuel. L'emplacement et le diamètre du test correspondant à chaque lettre sont indiqués sur la figure 2.

<sup>3</sup> Par contre, le même schéma d'examen ne peut pas être utilisé lorsque la pupille est étroite et ne se dilate pas à l'obscurité (pilocarpine, tabès) car le miosis extrême abaisse la fréquence de fusion plus à la périphérie du champ visuel qu'au point de fixation.

Chez le sujet âgé de 60 ans au plus, dans les conditions de mesure précédemment décrites, la fréquence critique de fusion est, en moyenne, de 40-42 éclaircissements par seconde ; elle peut, à l'état normal, varier de 36 à 46<sup>o</sup>. Dès lors, l'interprétation des résultats obtenus chez le malade est très simple : toute fréquence de fusion inférieure à 36 éclaircissements par seconde est, de façon certaine, pathologique et traduit une altération des fonctions visuelles d'autant plus grave que le chiffre obtenu est plus bas.

La fréquence de fusion peut être abaissée localement (*névrite nicotinique, dégénérescence maculaire sénile, hémianopsie*). L'altération du fusionnement peut, au contraire, intéresser tout le champ visuel soit à des degrés différents selon l'endroit (*glaucome chronique, syndrome commotionnel tardif*) soit à un égal degré partout (*cataracte sans altération des membranes profondes, rétinite disséminée*).

Nous nous proposons de revenir ultérieurement, avec plus de détails, sur les modifications subies par la fréquence de fusion dans diverses affections oculaires et nerveuses. D'ores et déjà, il nous paraît utile d'insister sur le fait que la mesure de la fréquence de fusion est une méthode clinique d'une grande valeur. Elle complète utilement les examens du champ visuel. Sa sensibilité est comparable à celle des recherches campimétriques les plus fines. L'abaissement de la fréquence de fusion peut servir de mesure à la gravité d'un déficit des fonctions visuelles.

#### Commentaires.

Les recherches poursuivies pour créer une méthode simple de mesure de la fréquence critique de fusion en pathologie oculaire ont, incidemment, mis en évidence deux faits nouveaux :

a) l'influence des vaisseaux rétiniens sur la fréquence de fusion ;

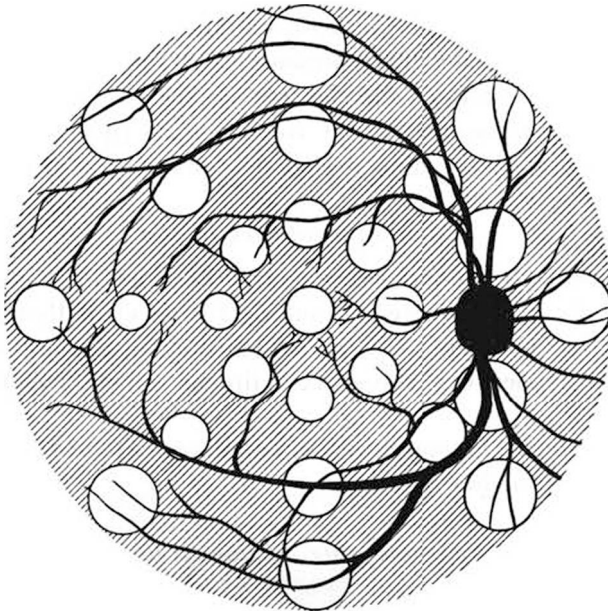
b) le rôle de la pupille dans l'abaissement de la fréquence de fusion en fonction de l'âge.

a) *Influence des vaisseaux rétiniens sur la fréquence de fusion.*

Plusieurs auteurs ont, avant nous, constaté que, toutes conditions de mesure étant égales, la fréquence de fusion n'atteint

<sup>o</sup> Chez le sujet plus âgé, ces limites doivent être quelque peu abaissées.

pas le même niveau dans les moitiés temporale et nasale du champ visuel (littérature jusque 1936, *Riddell*, 15, et *Hylkema*, 9, 10). Le fait est confirmé par l'examen de la figure 2. Pour obtenir l'isofréquence dans le champ visuel, nous avons dû utiliser des tests plus grands dans la moitié temporale que dans la moitié nasale. Ceci est particulièrement évident à 15 degrés du point de fixation, aux deux pôles de la tache aveugle. Nous admettons que la chute de fréquence de fusion dans la moitié temporale du champ visuel, chute que, dans notre routine d'examen, nous compensons par l'emploi de tests très larges, résulte de la présence dans les couches superficielles de la rétine de vaisseaux de fort calibre et des gaines périvasculaires qui les entourent. Ces vaisseaux interceptent les rayons lumineux venant de l'extérieur et abaissent la valeur du stimulus qui atteint les éléments photorécepteurs. C'est à la même cause qu'il faut attribuer les angioscotomes dont le tracé dans le champ visuel correspond à la projection des branches vasculaires les plus larges (*Evans*, 5; *Weekers et Humblet*, 18) (figure 3).



**Fig. 3.** En noir, projection de la pupille optique et des vaisseaux rétiens dans le champ visuel; en blanc, tests utilisés pour la mesure de la fréquence critique de fusion en 26 points du champ visuel. Les angioscotomes réduisent la surface des tests situés dans la moitié temporale du champ visuel (cf. texte).

L'existence des angioscotomes et l'abaissement de la fréquence de fusion soulignent tous deux la différence de valeur fonctionnelle des moitiés temporale et nasale de la rétine. Dans l'une, des vaisseaux nombreux et fins assurent l'irrigation sanguine sans créer d'obstacle important à la marche des rayons lumineux ; dans l'autre, par contre, des vaisseaux moins nombreux mais beaucoup plus volumineux projettent des ombres sur les éléments photorécepteurs. Cette asymétrie ne crée, en fait, aucune gêne pour le sujet sain, mais c'est à elle que nous croyons devoir attribuer l'« enclavement de la tache aveugle » (*barring of the blind spot*) que *Traquair* considère, à juste titre, comme un symptôme campimétrique précoce de très grande valeur (*Traquair*, 17, et *Weekers, Humblet*, 19).

*b) Rôle de la pupille dans l'abaissement de la fréquence de fusion en fonction de l'âge.*

La pupille du sujet âgé se dilate mal à l'obscurité. La réduction du diamètre pupillaire est un des facteurs essentiels de la chute de la fréquence de fusion en fonction de l'âge. En effet, de 25 à 65 ans, la fréquence de fusion s'abaisse de 40,2 à 31,6 si le diamètre pupillaire n'est pas modifié et de 42,8 à 38,4 seulement après mydriase médicamenteuse. Il est possible que la chute de la fréquence de fusion en fonction de l'âge eût été moindre encore si nous avions pu obtenir chez le sujet âgé une mydriase aussi large et rigoureusement identique à celle du sujet jeune.

*Résumé.*

1° Description d'un nouvel appareil destiné à la mesure de la fréquence critique en fusion en clinique. Le point de fixation du regard est immobile ; le système assurant l'éclairage intermittent du test lumineux est mobile et peut être placé instantanément en un point quelconque du champ visuel. Le rythme des éclairages est enregistré par l'intermédiaire d'une dynamo « tachymétrique ». L'appareil est spécialement conçu pour comparer la valeur relative de la campimétrie et de la mesure de la fréquence de fusion. Il permet de rechercher les altérations de la fréquence de fusion au niveau des scotomes délimités sur l'écran de *Bjerrum*.

2° Description d'une méthode d'examen de la fréquence de fusion. Le sujet est adapté à l'obscurité. La pupille est dilatée pour

réduire les variations de la fréquence de fusion en fonction de l'âge. L'éclairement du test est de 65 Lux. La phase d'éclairement a la même durée que la phase d'obscuration. La fréquence de fusion est mesurée au point de fixation et dans le champ visuel jusqu'à 30 degrés du centre. Le diamètre du test varie de 3 à 7 degrés et est choisi empiriquement pour obtenir, chez le sujet sain, l'isofréquence au niveau de tous les points explorés.

3° Chez le sujet sain de moins de 60 ans, dans les conditions décrites, le fusionnement se fait au rythme moyen de 41 éclaircissements par seconde. A l'état physiologique, la fréquence critique de fusion varie, au plus, de 36 à 46 éclaircissements par seconde.

4° Toute fréquence de fusion inférieure à 36 éclaircissements par seconde est, de façon certaine, pathologique et traduit une altération des fonctions visuelles d'autant plus grave que le chiffre obtenu est plus bas.

#### *Zusammenfassung.*

Es wird ein neuer Apparat zur klinischen Ermittlung der Verschmelzungsfrequenz bei intermittierenden Lichtreizen beschrieben. Das Testobjekt kann an verschiedene Stellen des Gesichtsfeldes gebracht werden, während der Fixierpunkt unverändert bleibt. Man kann dadurch die Beziehungen zwischen den Resultaten der quantitativen Perimetrie und der Verschmelzungsfrequenz ermitteln. Die Fusionsfrequenz wurde bestimmt im Fixierpunkt und im Gesichtsfeld bis zu 30° Exzentrizität. Der Durchmesser des Testobjektes lag zwischen 3 und 7° und wurde empirisch bestimmt, um beim Gesunden Kurven gleicher Frequenz an den verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes zu erhalten. Unter diesen Bedingungen schwankt die Verschmelzungsfrequenz beim Normalen zwischen 36 und 46 Lichtreizen pro Sekunde. Werte, die niedriger sind als 36, müssen als pathologisch angesehen werden, und zwar um so mehr, je niedriger sie sind.

#### *Summary.*

The description of a new apparatus for clinical research on the frequency of fusion with intermittent light stimuli. The object tested can be placed in any point in the field of vision, whereas the fixation point remains the same. One can, therefore, discover the relationship between the results of the quantitative perimetry and the frequency of fusion. The frequency of fusion was deter-

mined through the fixation point and the field of vision up to 30° eccentricity. The diameter of the test object lay between 3° and 7° and was taken empirically, so that the same frequencies could be taken with a normal graph in different parts of the field of vision. Under these conditions the normal amount of fusion varies between 36 and 46 light impulses per second. Values lower than 36 must be looked upon as pathological and increasingly so the lower they are.

#### *Bibliographie.*

1. A. Ajo, H. Teräskeli, *Acta Ophthalm.* 1937, 15, 374. — 2. E. P. Braunstein, *Z. Psychol. u. Physiol.* 1903, 33, 171, 241. — 3. E. P. Braunstein, *Arch. für Ophth.* 1909, 70, 233. — 4. E. Enroth, S. Werner, *Acta Ophthalm.* 1936, 14, 320. — 5. J. Evans, *An Introduction to clinical Scotometry.* New Haven U. S. A., 1938. — 6. R. Granit, *Die Elektrophysiologie der Netzhaut und der Sehnerven mit besonderer Berücksichtigung der theoretischen Begründung der Flimmermethode.* *Acta Ophthalm.* 1936, Suppl. 8. — 7. R. Granit et Therman, *Journ. Physiol.* 1935, 83, 359. — 8. R. Hessberg, *Arch. für Ophth.* 1909, 69, 272 et 72, 485. — 9. B. S. Hylkema, *Acta Ophthalm.* 1942, 20, 159, 181. — 10. B. S. Hylkema, *Arch. für Ophth.* 1944, 146, 110, 241. — 11. W. Lohmann, *Arch. für Ophth.* 1908, 68, 395. — 12. Markow, *Westnik Ophthalm.* 1901, 18, 24, 152, 247, cité par Braunstein, 3. — 13. H. Piéron, *La sensation visuelle. Traité d'Ophthalmologie* 1939, II, 673. — 14. G. Phillips, *Brain* 1933, 56, 464. — 15. L. A. Riddell, *Brit. Journ. Ophth.* 1936, 20, 385. — 16. H. Teräskeli, *Acta Soc. Medic. fenn. Duodecim* 1934, 19, 1, cité par Granit, 6, et Hylkema, 9 et 10. — 17. H. M. Traquair, *An Introduction to clinical Perimetry.* H. Kimpston, 1942, London. — 18. R. Weekers et M. Humblet, *Ophthalmologica* 1945, 110, 43. — 19. R. Weekers et M. Humblet, *Le diagnostic de la névrite nicotinique. (Discussion.) Bull. Soc. belge Ophtalm.* novembre, 1945.