

# L'E.R.G-P.E.V ? MAIS C'EST TRÈS SIMPLE ET SI UTILE !

Jean-Jacques DELORD M.D (liberal practice)

Nîmes France

Philipp DELORD Ingénieur



Société Eurasienne d'Ophthalmologie Yangon  
MYANMAR (Birmanie) 22-25 Octobre 2014

# Le systeme Visuel



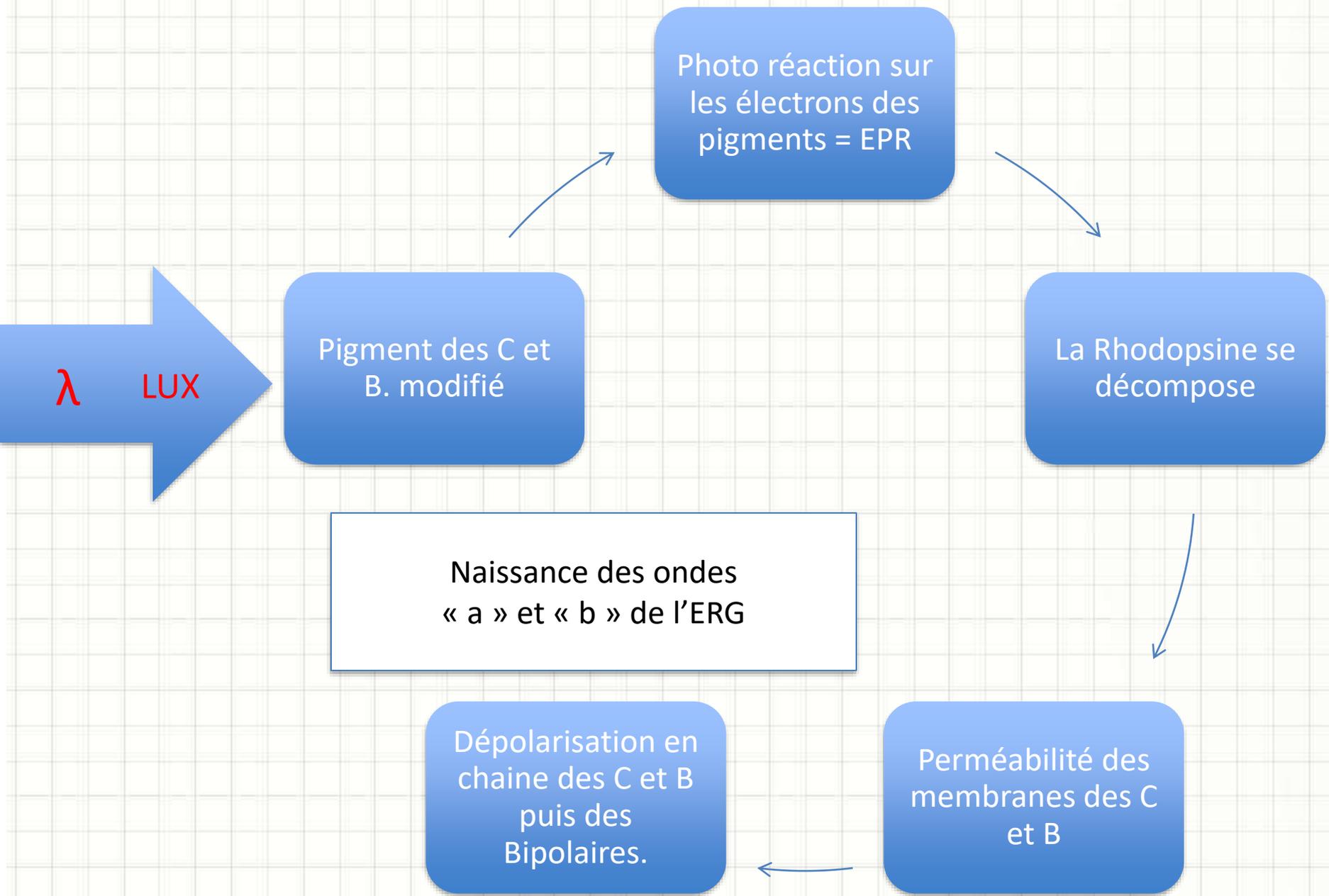
ERG



PEV



# Bases physiologiques et biochimiques



disseque...  
ersion des résultats presentes fig...  
robants. ... suffisam

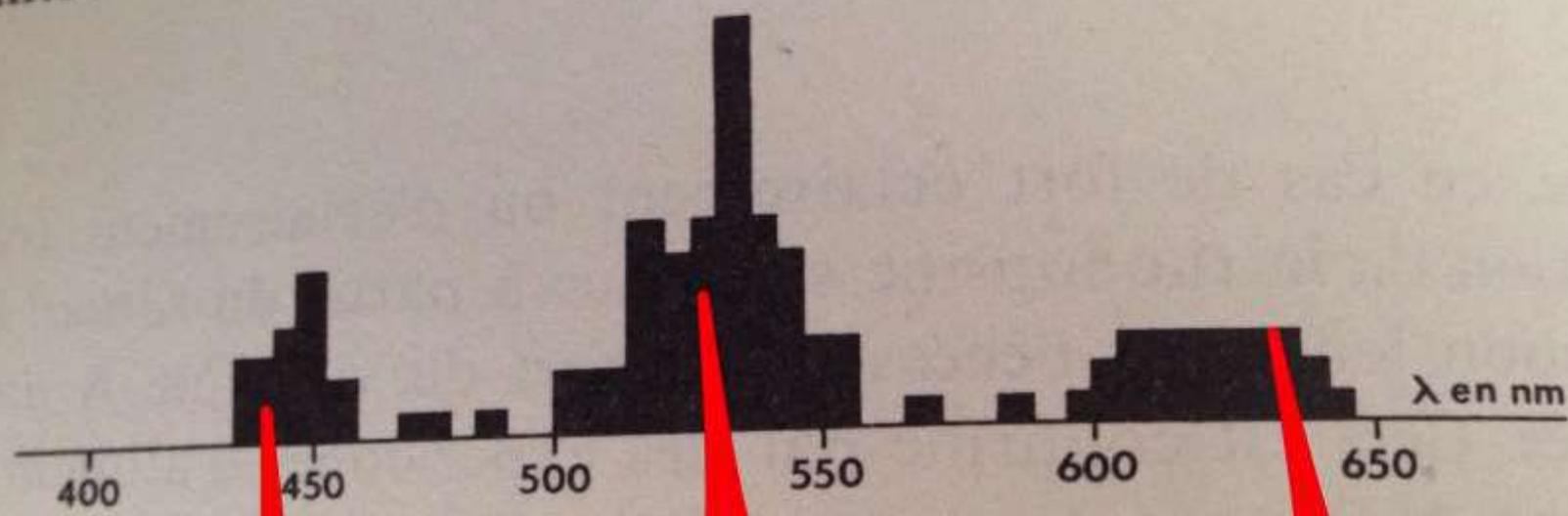


FIG. 105. — Histogramme du maximum d'absorption spectrale des cônes du cyprin doré.

**Bleu**

**Vert**

**Rouge**

nc l'existence de trois pigments différents dénommés : cyan...  
be, et érythrolabe (dans l'ordre des longueurs d'onde croiss...  
cônes...

## des Potentiels évoqués visuels

sont des signaux issus de la **zone maculaire** ,  
provoqués par un stimulus **photopique** ,  
leur amplitude est proportionnelle à la densité  
des cônes rétiniens , essentiellement fovéaux.

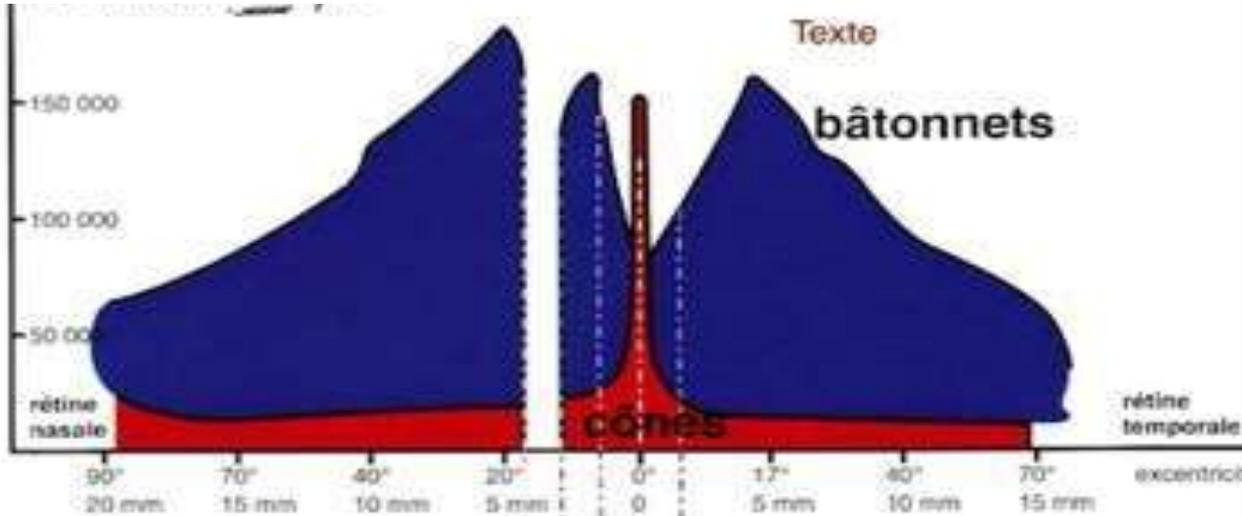
Ils reflètent les variations de champs de potentiels occipitaux intégrant les états  
d'excitation ou d'inhibition des cellules corticales et sous corticales des aires visuelles.

**Les P.E.V. n'ont pas de support histo-physiologique** directe,  
leur origine  
étant multi factorielle.

Les aires maculaires stimulées globalement (par les PEV au flash  
ou onset-offset) ou en différents secteurs maculaires (PEV Damier) donnent un signal  
photopique amplifié, **conduit le long des voies visuelles jusqu'aux aires visuelles  
primaires.**

## Bases anatomiques:

### Nombre de photorécepteurs



**Fig. 8** — Répartition des photorécepteurs dans la rétine humaine (suivant les mesures d'ØSTERBERG sur le méridien horizontal).



Il y a peu de cônes centraux

**MAIS**

leur population est majoritaire à la fovéa.

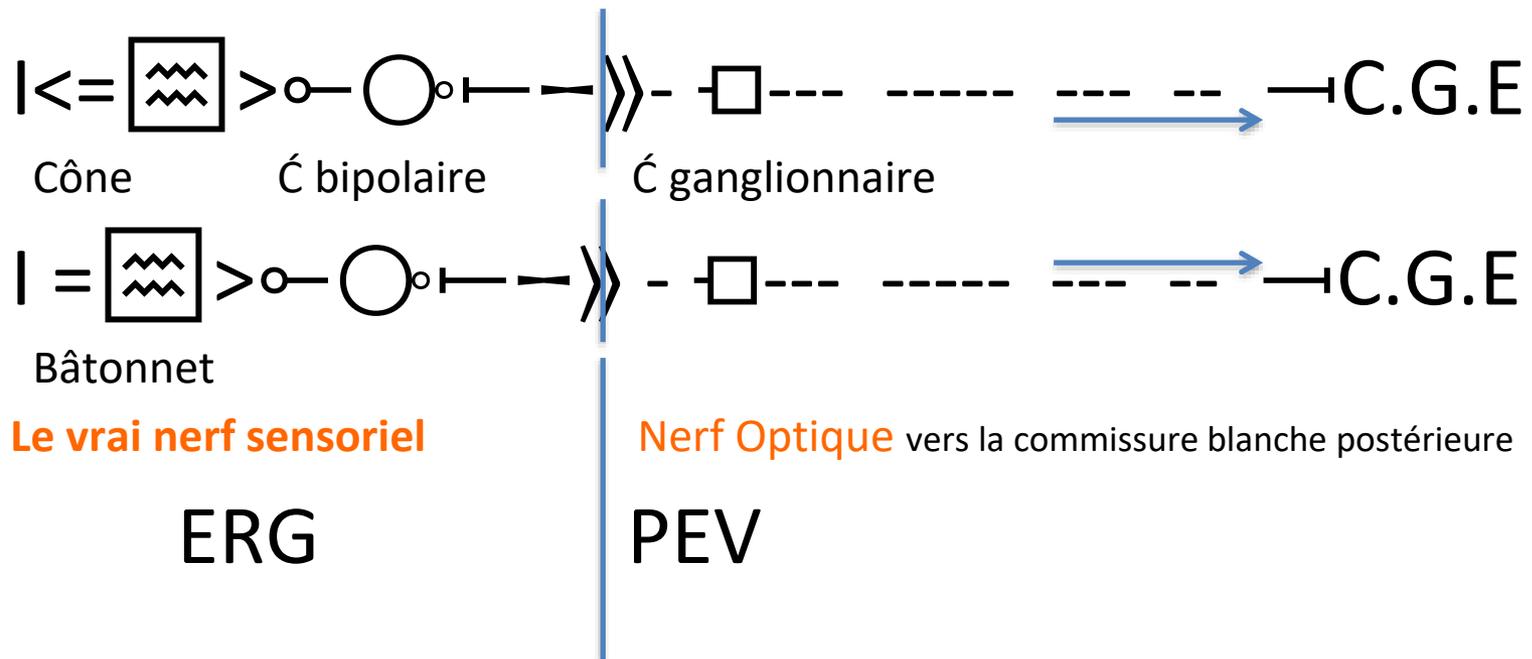
Ils vont s'exprimer électriquement sur le scalp occipital

## Bases anatomiques:

L'entonnoir du nerf optique:

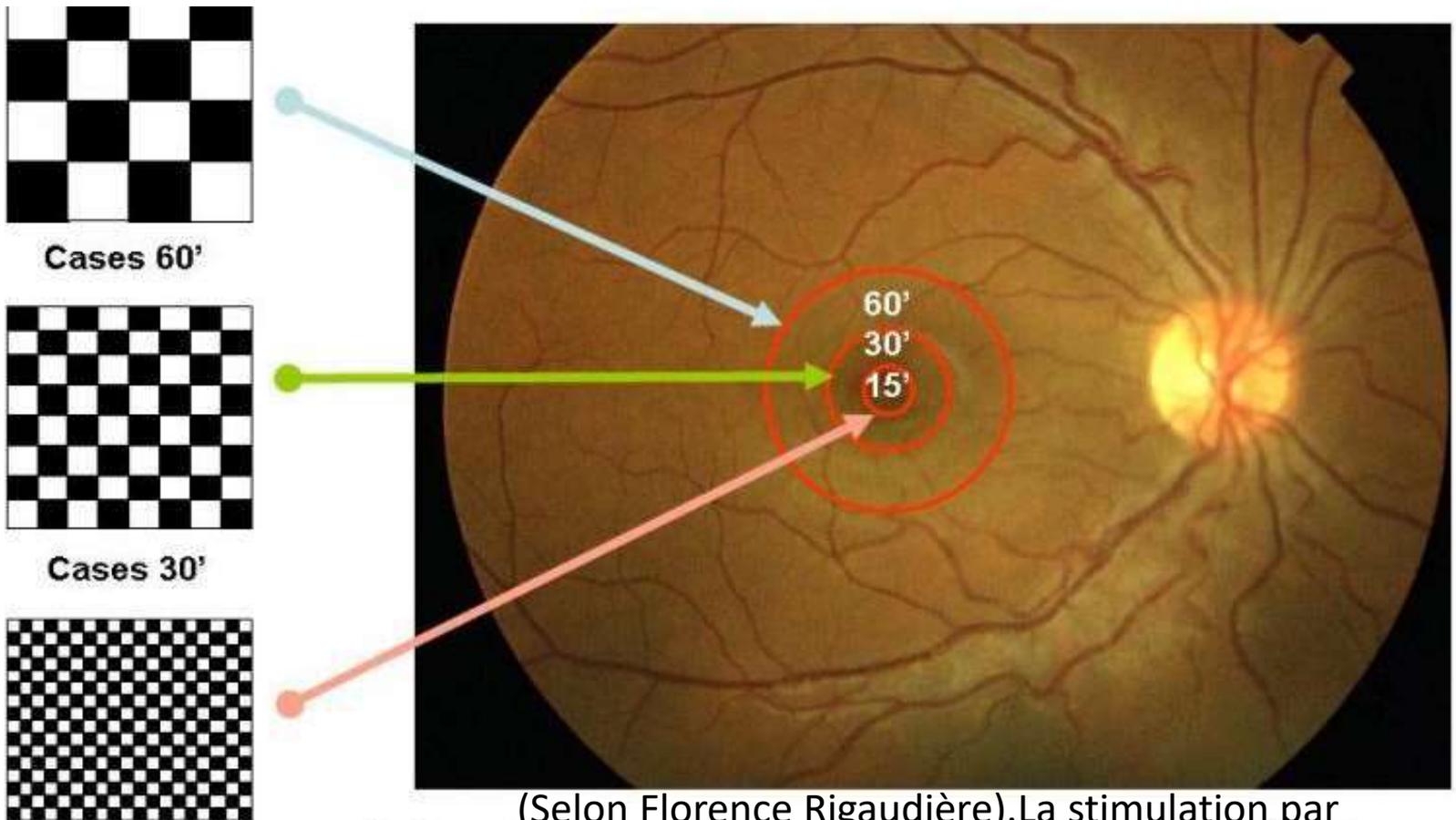
Plus **d'une centaine de million de récepteurs** vont transmettre au cerveau par le **seul million** de fibres du nerf optique.

La rétine a été qualifiée de « **petit «cerveau»** » ou **rétine –neuro cérébrale** qui analyse et traite le signal optique.



## Base anatomiques:

La zone explorée peut être très précise:



(Selon Florence Rigaudière). La stimulation par flashes donne une réponse plus globale, les damiers sont plus spécifiques d'une zone maculaire.

## Méthodes

Stimulation:

**On utilise un flash blanc**

classiquement, intense:  
entre 1,5 et 3 cd/m<sup>2</sup> pendant 50 ms.

1<sup>ère</sup> séquence: Le malade est adapté à l'obscurité, puis en  
binoculaire :

2<sup>ième</sup> séquence: Une première série de stimulation répétée 4 fois,

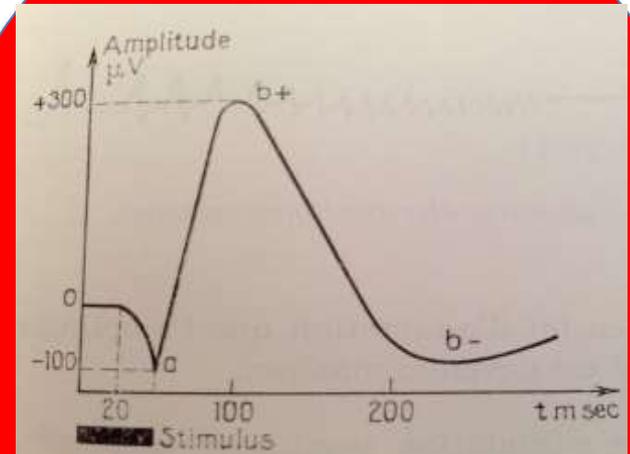
La réponse correspond au **système scotopique** rétine  
péri maculaire, et périphérique.

3<sup>ième</sup> séquence: 2 Hz toutes les 0,5 s, le sujet est resté  
10 mn en **ambiance photopique** (30 cd/m<sup>2</sup>) **on recueille  
la réponse des cônes** .

Le signal est ensuite traité pour caractériser les ondes-a, b, et les  
pseudo-oscillations (*flicker*) On augmente la fréquence à 30 Hz  
vingt fois, pour la flicker-response = Réponse vacillante, qui teste  
les **voies « on off » issues des cônes**.

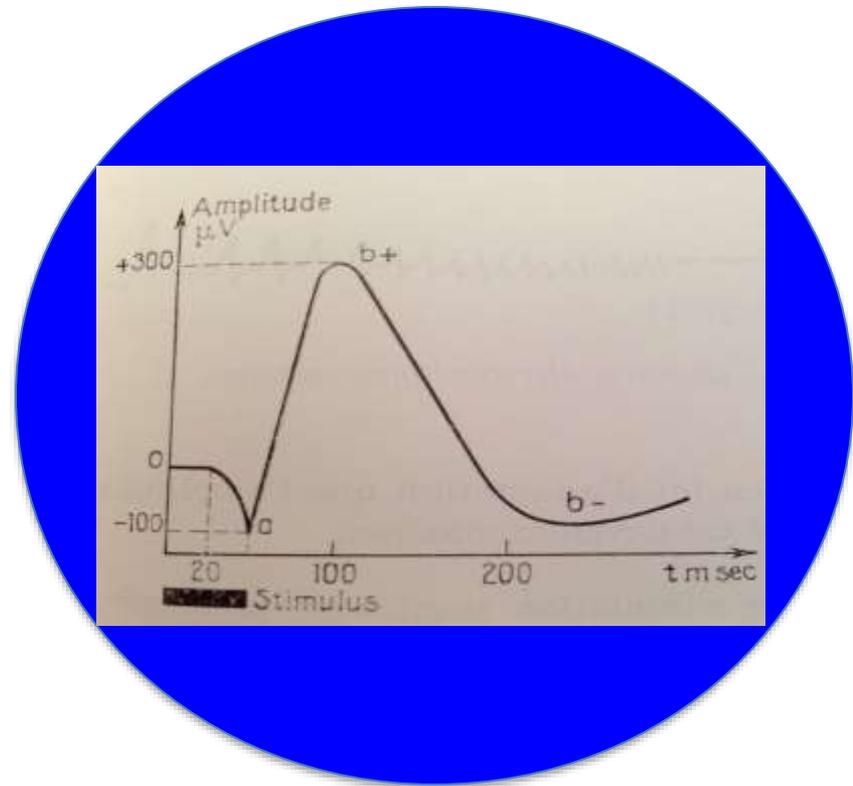
# Origine des ondes de l'ERG:

- « Mixed responses »  
**Réponses mixtes:** en scotopique les flashes photopiques stimulent les deux sortes de photo récepteurs.
- Une onde « a » négative venant des bâtonnets plus nombreux même si ce sont les cônes qui s'hyper polarisent en premier. suivie d'une onde « b » positive des bi polaires.



# Origine des ondes de l'ERG:

- « Rod-responses »:  
**Réponse des Bâtonnets:**  
l'onde « b » est produite par les bi polaires au contact des bâtonnets hyper polarisés.
- L'onde « b » de « mixed responses » traduisant les dépolarisations combinées des cellules bipolaires « ON » des cônes et des bâtonnets.



ERG flash standard  
Caractéristiques des ondes

Sujet normal adulte  
Electrodes actives  
sclérocornéennes

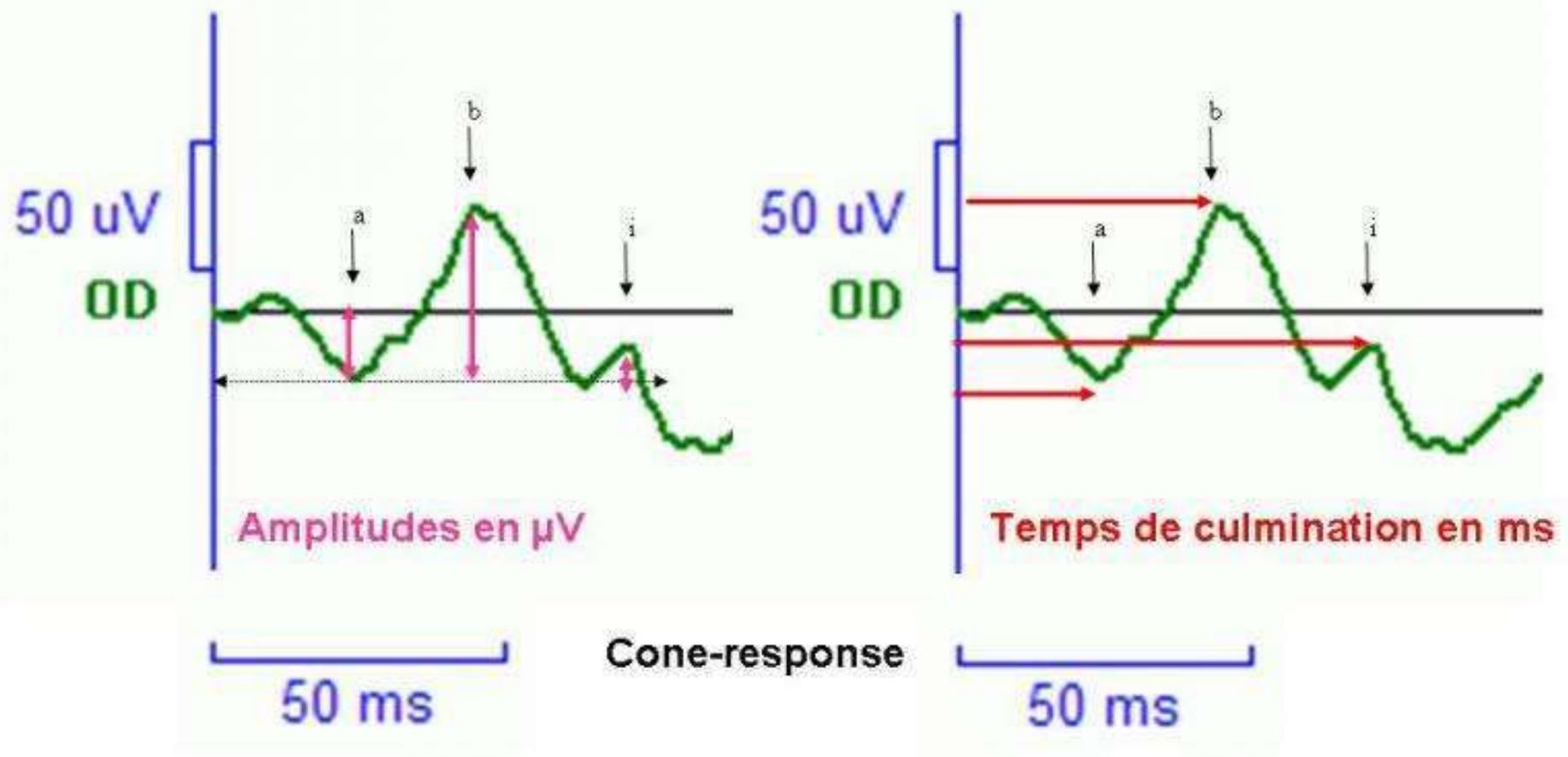


Figure V-3-7

# Correspondances entre l'histologie rétinienne, champ visuel et le recueil des PEV :

- Si le **champ visuel périphérique** est **touché** les PEV resteront normaux.
- Si le bouquet de **cônes centraux** n'est pas atteint mais que la **zone péri fovéale** est **touchée**, même sur peu de surface l'**acuité** sera **préservée**, mais les **PEV** témoins de l'activité de l'ensemble des cônes seront **perturbés ou absents**.
- Une stimulation élective des cônes concernera beaucoup plus que la seule fovéa.

# Choisir la couche cellulaire à étudier:

ERG flash:

1) Ambiance scotopique

niveau des flashes

- Scotopiques

ou

- Photopique (SF)

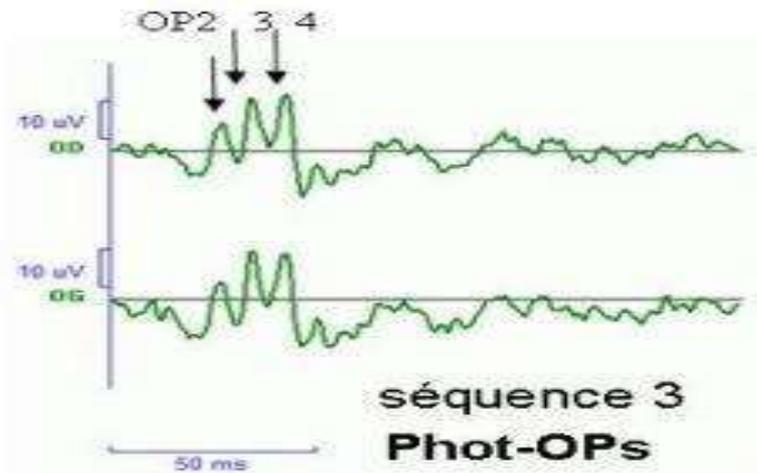
2) Ambiance photopique

Ambiance photopique (30 cd/m<sup>2</sup>)

type cellulaire étudié :

Flash :SF et Ambiance Photopique

Les Phot-Ops reproductibles et facile à obtenir.



Réponses spécifiques **des Cônes**  
**Maculaires** Système  
photopique seulement .Les Ops  
sont **Altérés** chez les achromates  
et dans le glaucome:

# Intérêt de l'ERG

1

- Possible en toutes circonstances, grâce à différentes électrodes.

2

- Même les yeux fermés chez l'enfant ne sont pas un obstacle.(id: filtre rouge)

3

- Pratiquer une angio après l'enregistrement électro physio car l'adaptation est modifiée pendant quelques heures

# Intérêt clinique de l'ERG

Passons sur les indications particulières:

- **Héméralopie** : Le FO est normal, l'**acuité** légèrement **diminuée**, la stimulation de longue durée permet de séparer l'héméralopie de type 1 ou 2.
- Le **rétinoblastome lié à l'X** est lié à l'altération des voies « on ».

# Intérêt clinique de l'ERG

Applications journalières:

En cas de **gêne à l'examen du FO**

(opacification cornéenne...). Si le champ visuel ne peut être pratiqué ou sujet à caution, (coopération limitée, DMLA empêchant une bonne fixation...) **l'ERG altéré prouvera l'atteinte des 2/3 de la rétine** au moins.(intérêt médico-légal).

Une association d'une chirurgie impérative avec une pathologie rétinienne est importante à évoquer en pré opératoire pour **prévenir** le patient et sa famille, car **les complications vasculaires post opératoires sont les plus graves et les plus spectaculaires.**

# Intérêt clinique de l'ERG

- **Dans le glaucome:**

De nombreux auteurs (Burian, Vanysek, François, Pagani dans le glaucome congénital, (Vaegan et al. 1991), et de nombreuses observations personnelles montrent une

- altération des ondes b de l'ERG et des OPs. **Les Ops sont Altérés chez les achromates et dans le glaucome:**

La rétine stimulée par lumière « bleue » en ambiance **scotopique**, ces modifications nous ont paru plus visibles. Henkes, Jacobson et Halberg sont de cet avis.

**L'origine circulatoire** de cette altération est prouvée par la diminution de l'ERG si la Tension Artérielle diminue, et que la PIO augmente, cet état est réversible par injection d'adrénaline chez l'animal.

- Après traitement du glaucome aigu l'ERG s'améliore au contraire du glaucome chronique (Karpe).

# Intérêt clinique de l'ERG

FO normal et ERG anormal

Achromatopsie

Héméralopie essentielle, avitaminose A,

Amaurose congénitale de Leber (mitochondries)

Dystrophie progressive des Cônes

Premiers stades de la rétinopathie pigmentaire

† Rétinopathie toxique

# Les P.E.V. corticaux

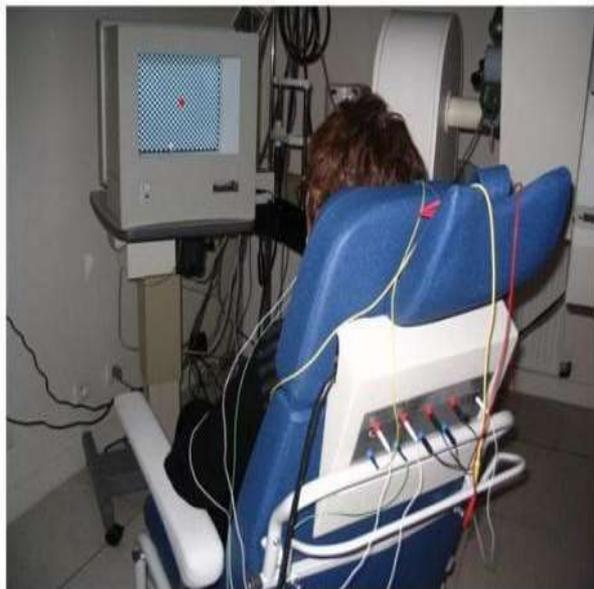
- Réponses corticales évoquées par une variation photopique brève (de luminosité), signal **issu des cônes**, conduit et amplifié le long des voies visuelles dont le recueil est limité à **l'aire visuelle primaire**.

Etudient la perméabilité des voies optiques de la macula au cortex.

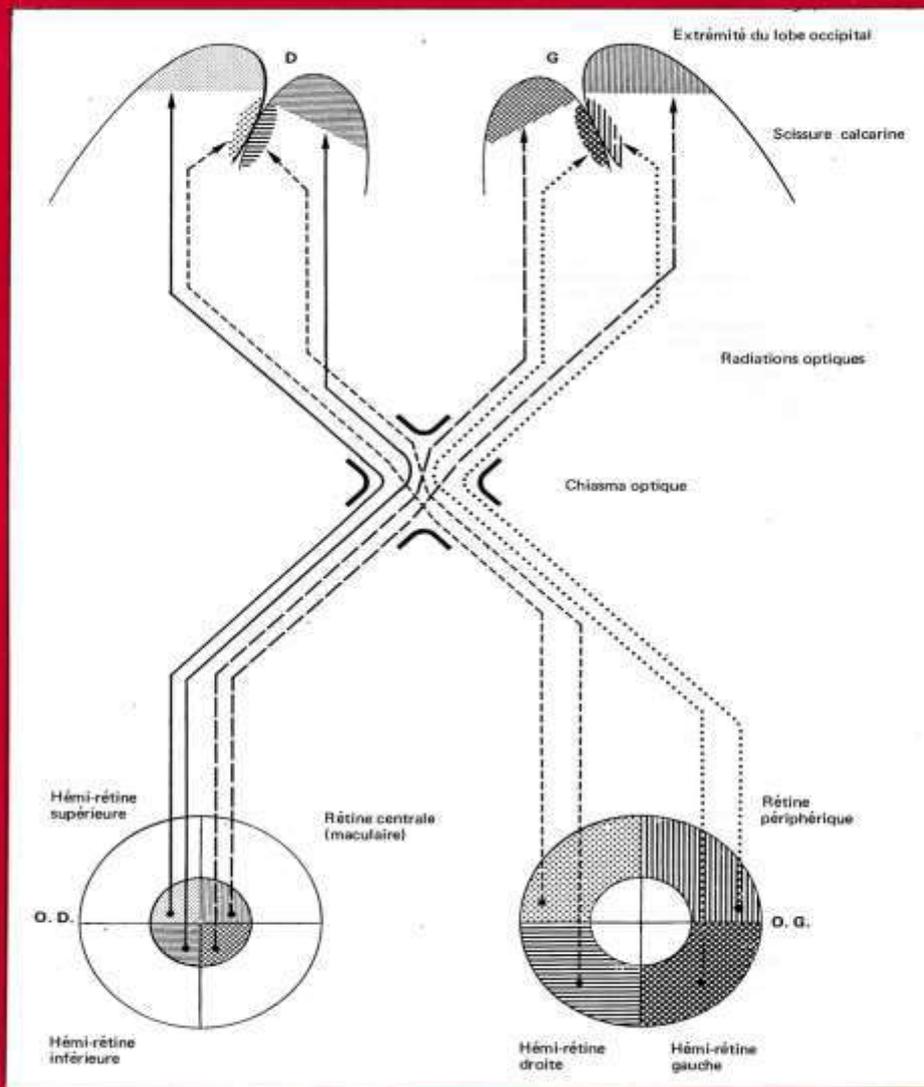
- Ils testent le **système photopique maculaire** si les voies visuelles sont libres, et teste celles-ci lorsque c'est la macula qui est normale.

# Les P.E.V. corticaux

L'électrophysiologie oculaire en pratique courante

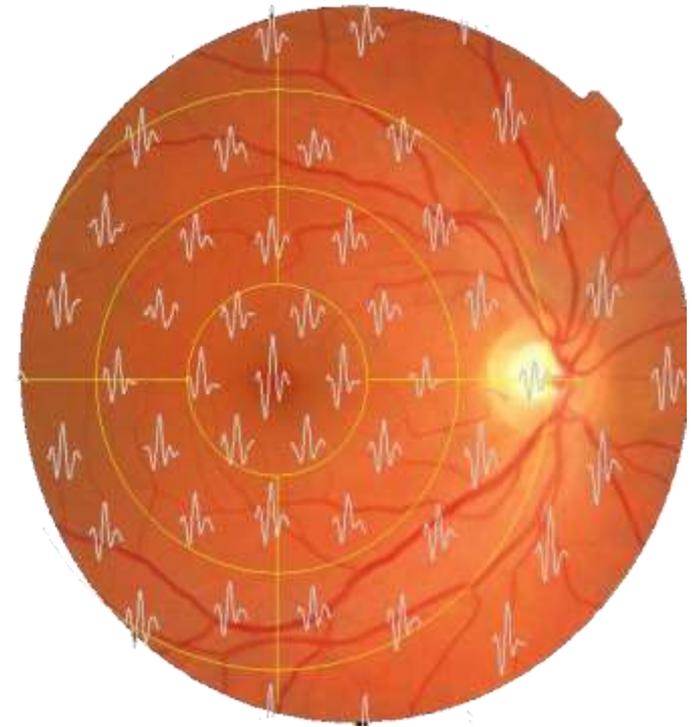


Installation du sujet face à la stimulation en damier



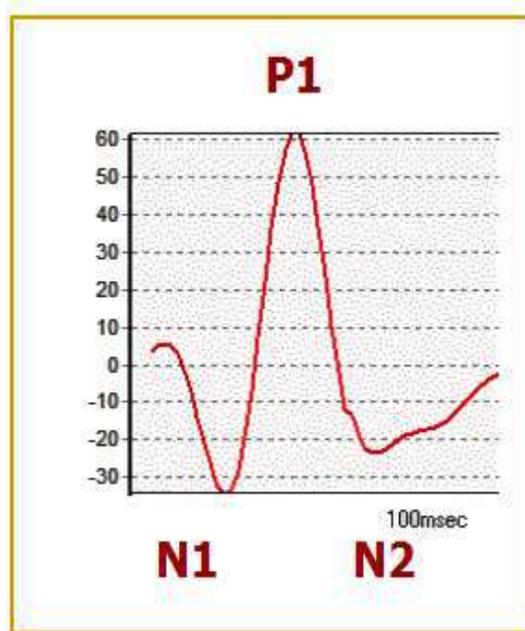
Chaque hémisphère voit (et regarde)  
des deux yeux du côté opposé.

# Réponses de l'ERG local – Comment ? Alternative : codage séquence-m...



## Sujet normal : réponses locales

Ce sont les cellules bipolaires qui donnent des réponses « on » ou « off »



Sujet glaucomateux

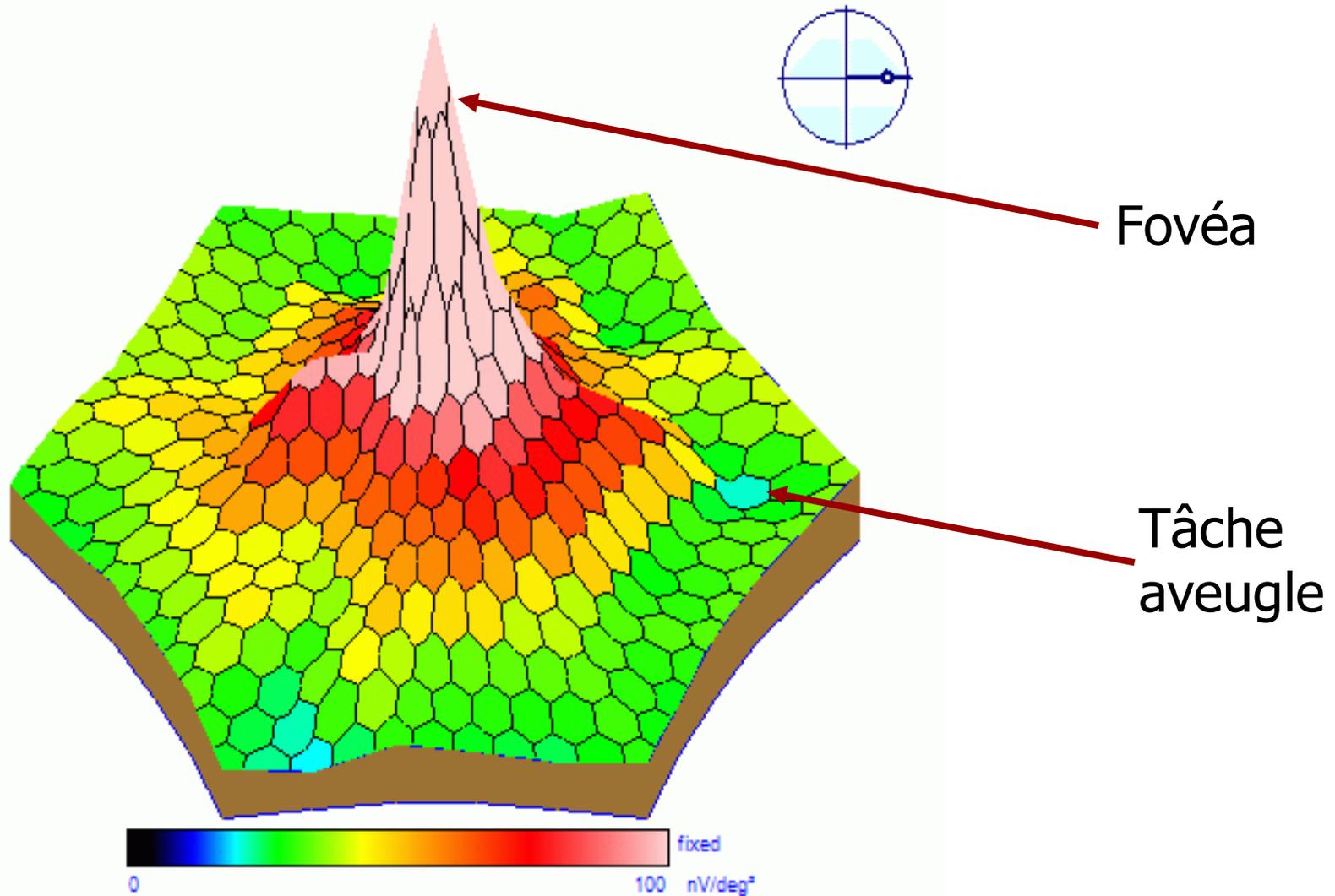
réponses normales sur les zones de scotome:

l'ERG M renseigne sur les couches les plus internes de la rétine, pas sur les cellules ganglionnaires.

Onde de Kernel 1

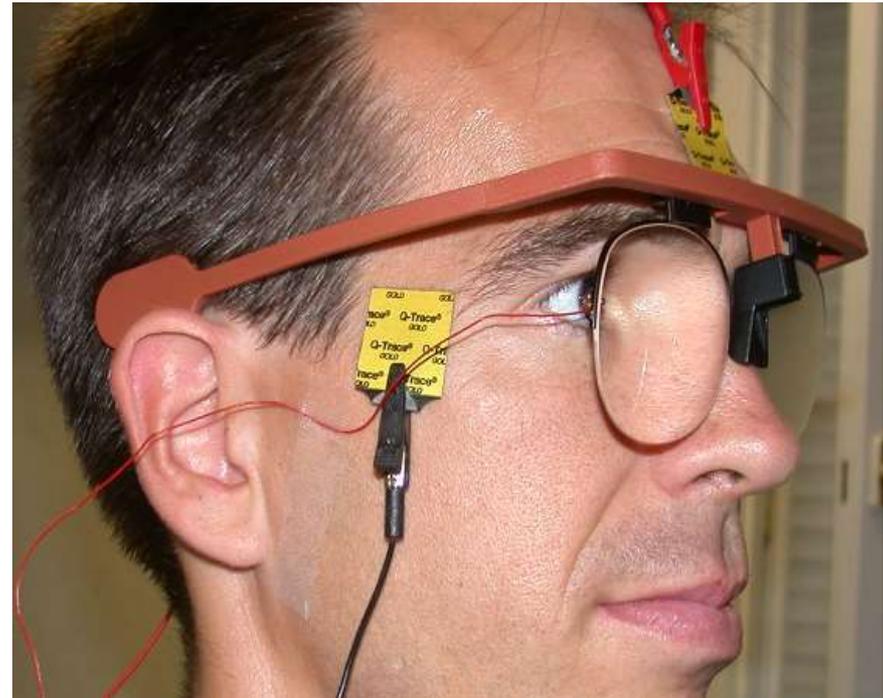
ERG MULTIFOCAL

# Sujet normal : carte 3D de l'amplitude de P1



### MERG: recommandations

- Adaptez le nombre de zones à la capacité de fixation du patient
- Dilatez les pupilles pour obtenir l'intensité maximale de stimulation
- Effectuez l'examen en monoculaire car certains patients peuvent perdre la fixation au niveau de l'oeil non dominant

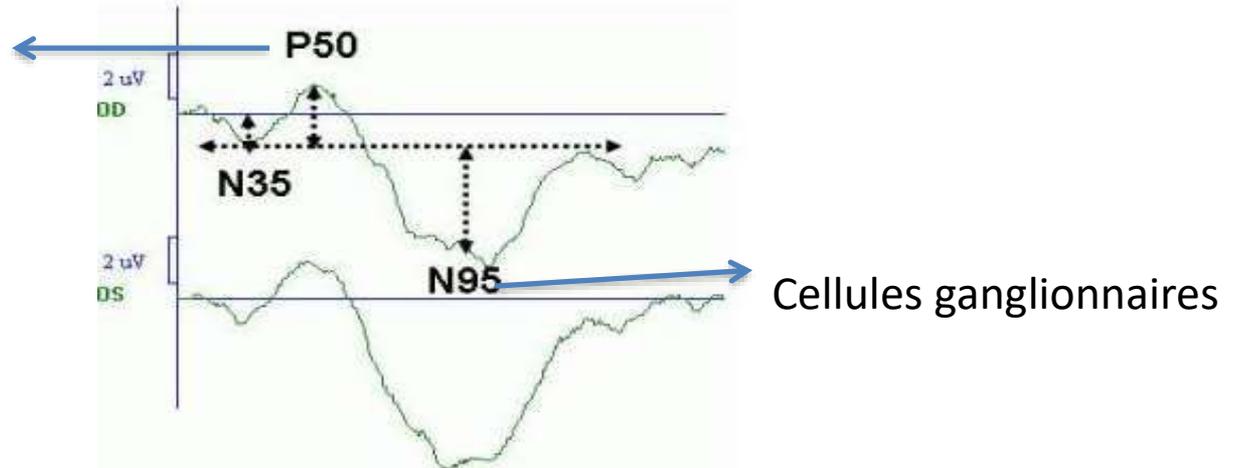


# Intérêt Clinique de l'ERG Multifocal détonateur des P.E.V.

Le binôme cône-bipolaire génère les ondes P50 et N95



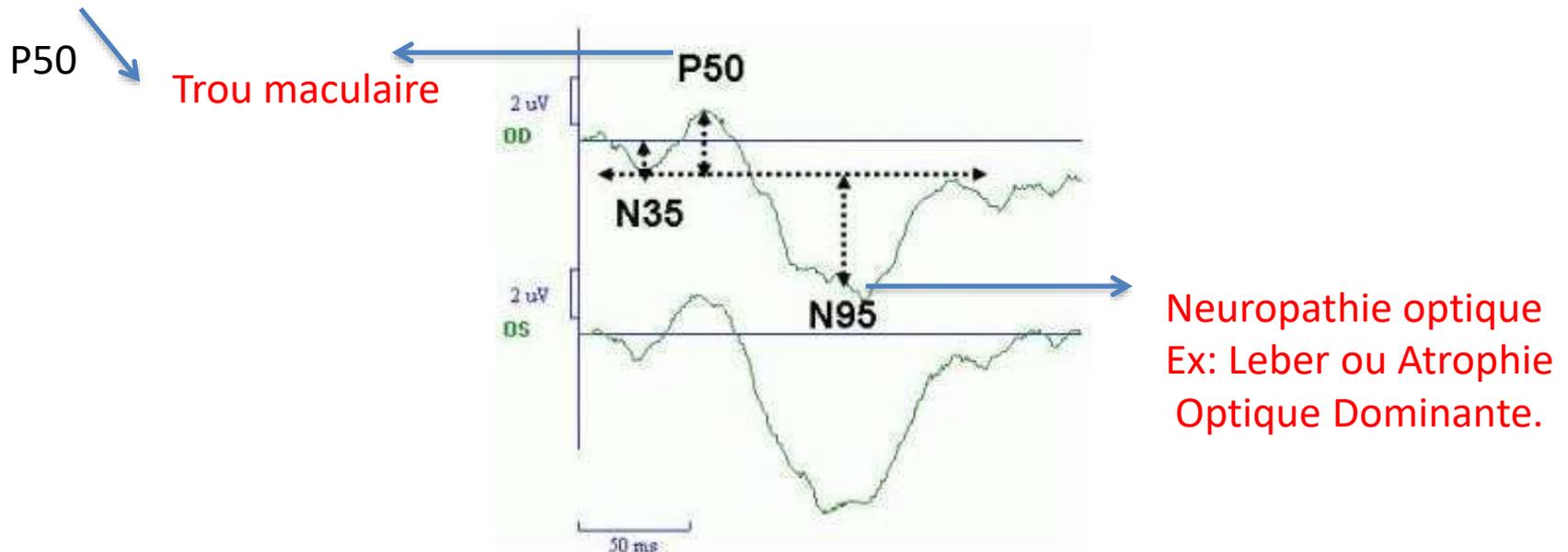
Cônes et bipolaires



L'ERG Patern disparaît si section du nerf optique (animal) et chez l'homme ayant une **névrite optique** transverse.

**Autre intérêt** : maladie de Best (Jarc-Vidmar et al. 2001). maladie de Stargardt, le P-ERG est le plus souvent non discernable même si l'acuité est normale.

# Intérêt Clinique de l'ERG Multifocal détonateur des P.E.V.



## P-ERG : témoin de récupération...

### De la fonction maculaire

rétinopathie diabétique et après photo-coagulation périphérique ou para-maculaire, l'évolution de son amplitude permet de surveiller la récupération de la fonction maculaire (Ciavarella 1997).

Du champ visuel après décompression du NO.

D'une neuropathie toxique optique, (Froehlich-Kaufman,1993).

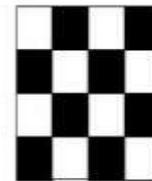
## Les P.E.V. corticaux

*Correspondances périmétriques et campimétriques:*

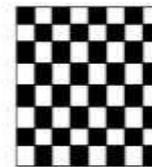
Une altération du champ visuel périphérique est compatible avec des potentiels évoqués visuels normaux.

Par contre, toute altération du champ visuel central, avec conservation de l'acuité visuelle, peut éteindre les potentiels évoqués visuels.

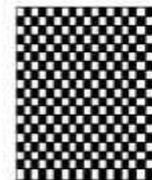
Damiers vus sous un angle de 15 degrés



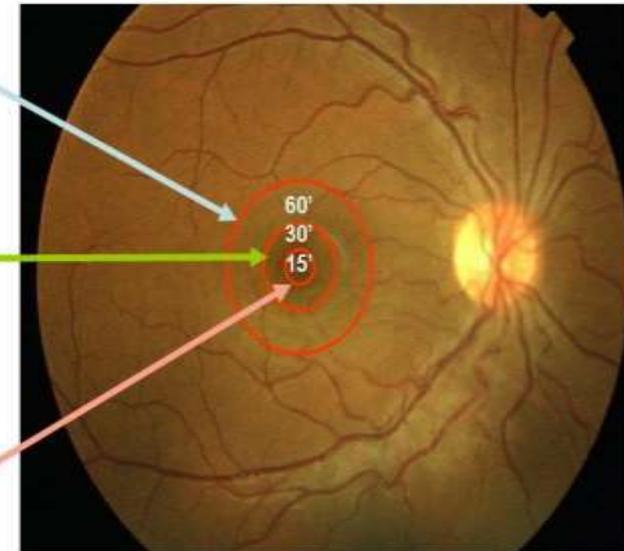
Cases 60'



Cases 30'



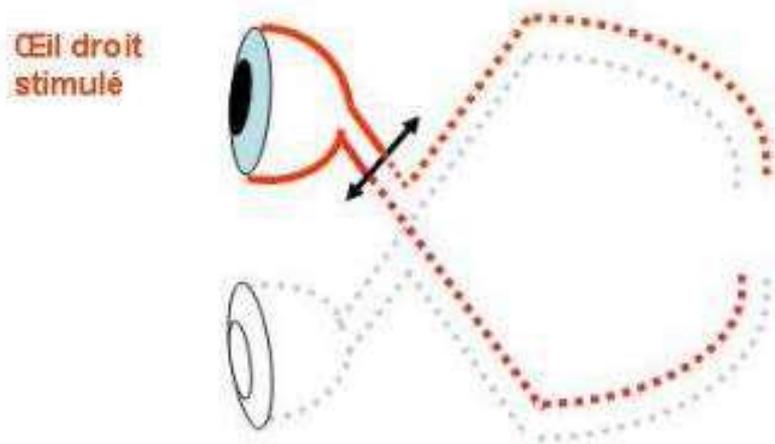
Cases 15'



Trois secteurs maculaires mis préférentiellement en activité par les cases de 60', 30' et 15'

Figure V-5-2

### Atteinte pré-chiasmatique droite



Lobe droit

5 uV

LOBE D

Lobe gauche

5 uV

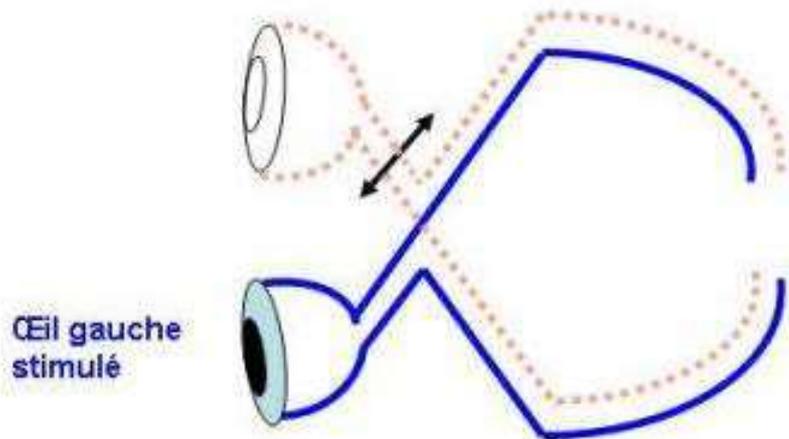
LOBE G

100 ms

ERG flash et P-ERG normaux

PEV damier 30' OD

réponse lobe droit = lobe gauche = 0



Lobe droit

5 uV

LOBE D

Lobe gauche

5 uV

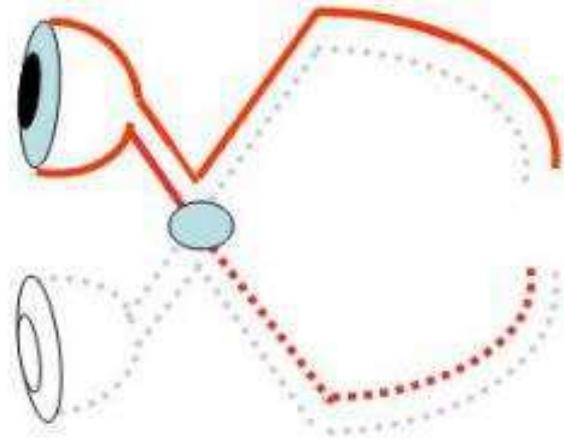
LOBE G

Figure V-5-22

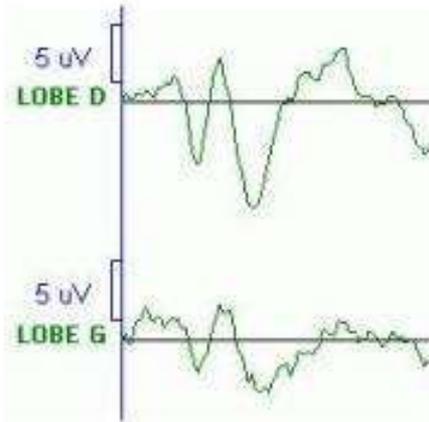
PEV damier 30' OG

réponse lobe droit = lobe gauche = +

Œil droit  
stimulé



Lobe droit

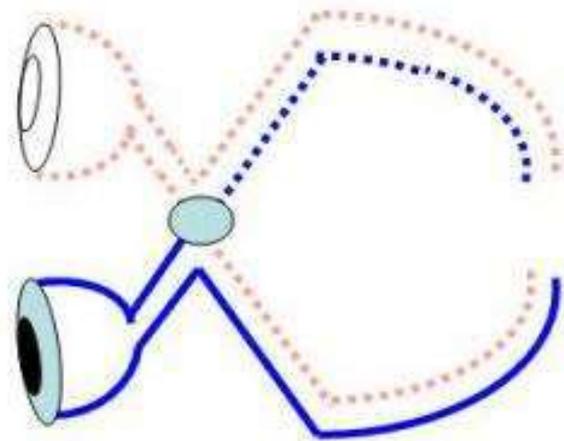


Lobe gauche

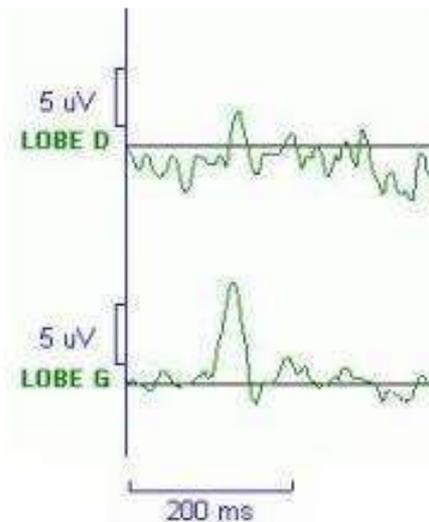
ERG flash normal

PEV damier 30' OD :  
réponse lobe droit > lobe gauche

Œil gauche  
stimulé



Lobe droit

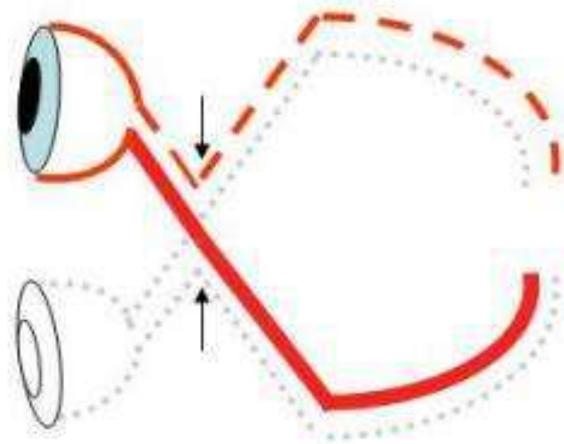


Lobe gauche

Figure V-5-23

PEV damier 30' OG :  
réponse lobe droit < lobe gauche

Œil droit stimulé



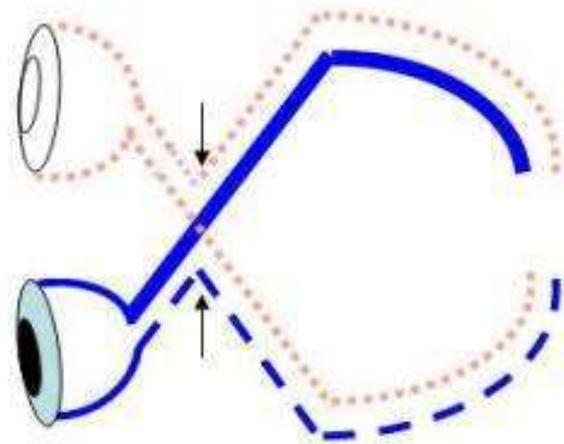
Lobe droit



Lobe gauche



ERG flash normal

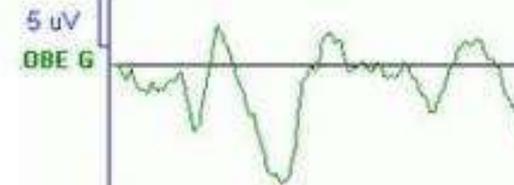


Œil gauche stimulé

Lobe droit

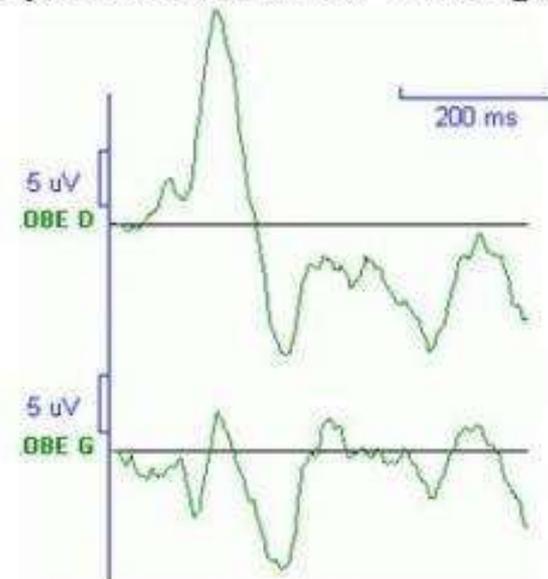


Lobe gauche



PEV flash OD

réponse lobe droit < lobe gauche



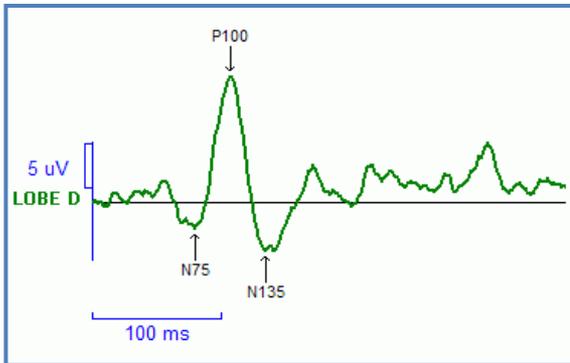
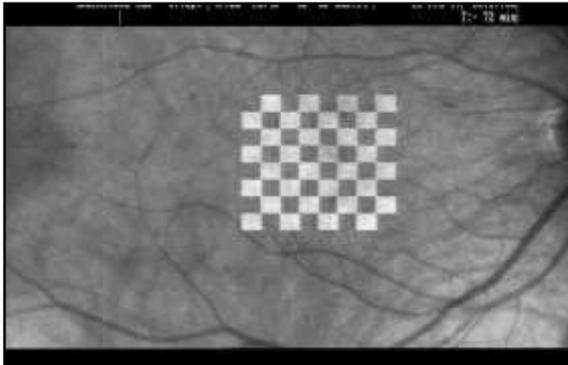
PEV flash OG

réponse lobe droit > lobe gauche

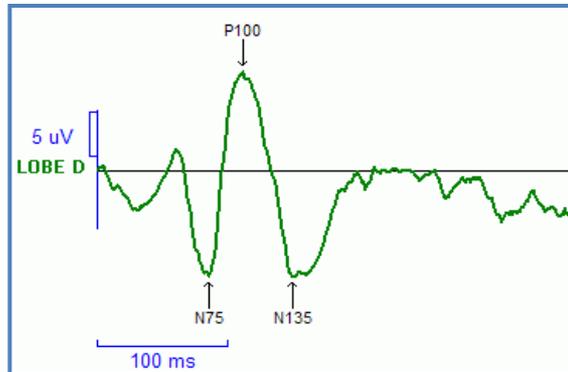
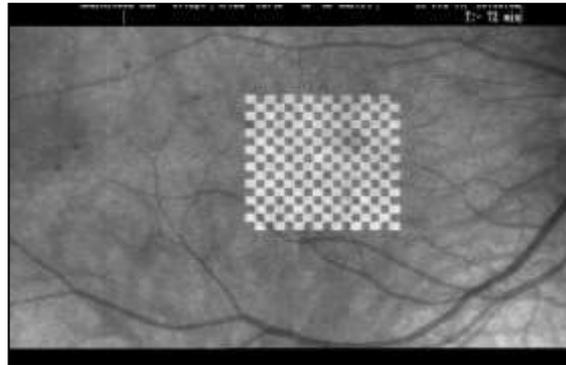
Figure V-5-24

# Estimation de l'acuité visuelle

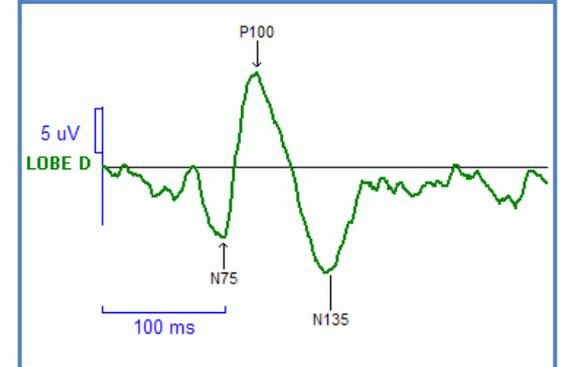
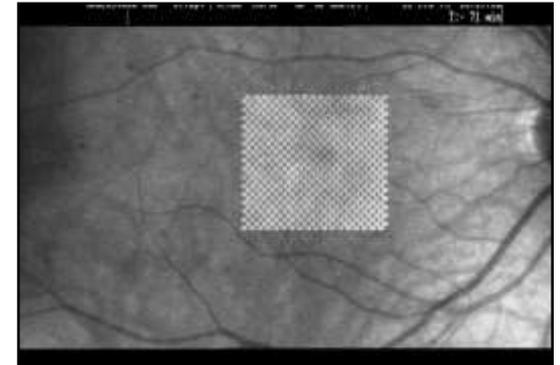
**Check size**  
60 arc min



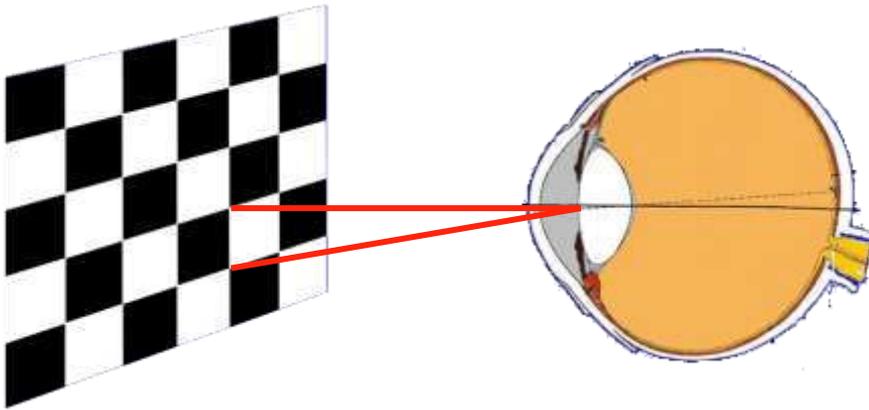
**Check size**  
15 arc min



**Check size**  
7 arc min



## Estimation de l'acuité visuelle



| Check size<br>(arc minute) | Acuité<br>visuelle |
|----------------------------|--------------------|
| 30                         | 0,03               |
| 15                         | 0,07               |
| 7                          | 0,14               |
| 3                          | 0,33               |
| 1                          | 1,0                |

# Indications -Oculaires, Neuro-Ophtalmologiques, Neurologiques

## Indications –Oculaires:

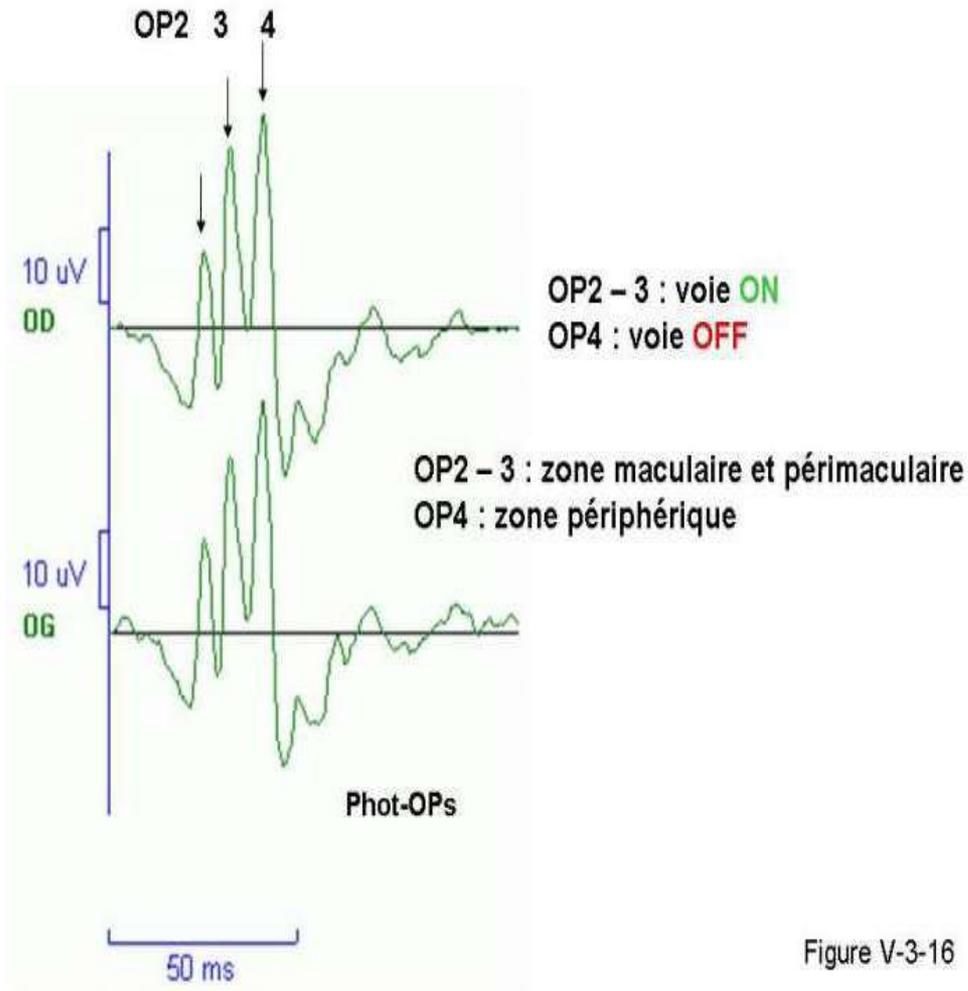
D.M.L.A. souffrance photopique

- Chorio rétinite maculaire réponse dépendant de la localisation et de l'étendue des zones touchées.
- Dyschromatopsie congénitales: le sommet de l'onde b (onde x) est absente dans l'achromatopsie, la protanopie.
- Dyschromatopsie acquise, la composante « x » ici n'est pas abolie.
- Héméralopie: Syndrome scotopique, l'onde b dépend en amplitude de la teneur du sang en Vit A.
- Dégénérescence tapéto-rétiniènne: rétinite pigmentaire, où l'ERG est absent dans la RP primitive.
- Glaucome: Jayle avait déjà trouvé des altérations dans le glaucome congénital.

# Indications -Oculaires, Neuro-Ophthalmologiques, Neurologiques

- Sidéroses oculaires, les perturbations apparaissent progressivement de l'hypernormalité à l'extinction: **les troubles ERG précèdent les signes cliniques.**
- Décollement de rétine, l'ERG dépend de l'étendue, un ERG sub normal sur l'œil adelphe est un signe de prédisposition selon Sédan et Farnarier.
- Uvéites : l'ERG dépend de l'étendue de l'atteinte rétinienne.
- **Cataractes**, opacités cornéennes: débutantes: la diffraction de la lumière donne une légère augmentation de l'amplitude. L'ERG-PEV apporte de précieux **renseignements sur l'état fonctionnel** de la rétine que ne peut apporter l'O.C.T.
- Atrophie optique et névrites optiques, ERG normaux, onde N95 de l'ERG M normal, PEV altérés .

# ERG et Glaucome:



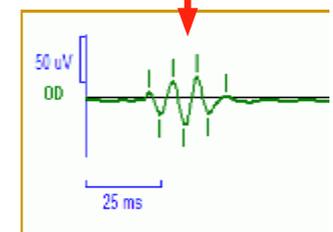
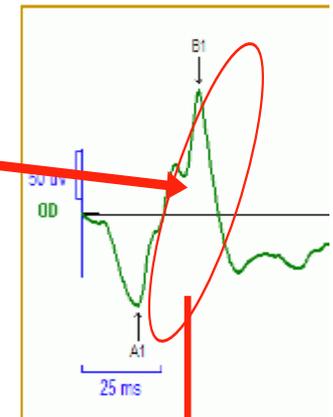
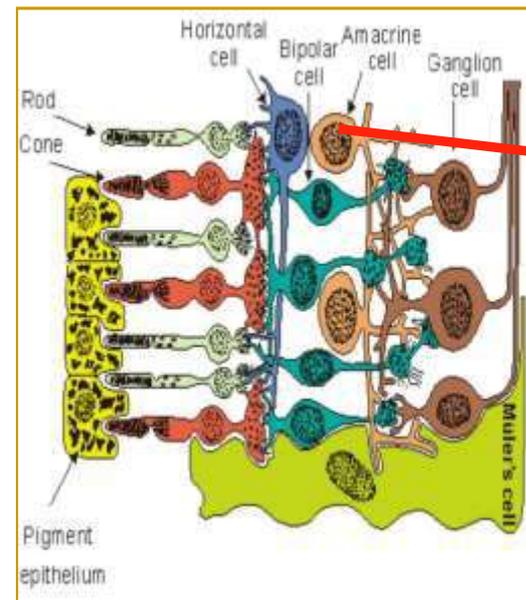
**Glaucome** : diminution de l'amplitude des OPs

Figure V-3-16

# Indications -Oculaires, Neuro-Ophthalmologiques, Neurologiques et générales:

Dans le **diabète** les **potentiels oscillatoires** provenant des cellules **Amacrines** sont altérés

potentiels oscillatoires



# Modifications des P.E.V.

- **L'intérêt économique des PEV** : les injections ( IVT) pour la DMLA coûtent autour de 800€ l'ampoule, le nombre d'injections est basé sur l'évidence de l'amélioration : **L'électro physiologie apporte une preuve d'amélioration scientifiquement sûre sur le plan physiologique.**
- On observe un certain nombre de maculas anatomiquement « guéries » et fonctionnellement désespérément muettes.
- L'électrophysiologie oculaire peut aider à prédire un échec ou justifier un traitement prolongé de coût élevé.

## Modifications des P.E.V.

Conséquences de **la démyélinisation des axones SEP (sur les nerfs optiques et le Chiasma)**.

La SEP altère les séquences d'arrivée dans le temps des signaux au niveau cortical, désynchronise les variations de champs de potentiel corticaux et modifie les caractéristiques des ondes des PEV.

De même un **retard de maturation corticale ou de la myélinisation des voies visuelles** (Syndrome de Beauvieux).

# Baisse d'acuité et aspect normal au FO

Si les ERG sont normaux les PEV parleront de la perméabilité des voies optiques.

Les **pathologies ischémiques, toxiques, et les compressions chiasmatiques** modifieront les PEV.

L'**amblyopie** peut être suivie pendant la rééducation, les PEV se normaliseront en cas d'évolution favorable. Là aussi l'amélioration électro-physiologique précède le résultat final.

## Acuité visuelle normale et neuropathie possible:

Si l'acuité est bonne mais qu'on soupçonne une neuropathie, les PEV seront précieux pour affirmer l'atteinte des voies optiques.

# Ce que vous pourriez retenir:

On observe que le glaucome débutant donnait des modifications des PEV et ERG.

ERG-PEV examen simple

Complémentaire de l'OCT (RNFL)



Dans la DMLA l'intérêt des ERG-PEV est considérable

Examen peu coûteux

Evite des traitements inutiles



Le nombre d'affections où l'électrophysiologie de l'œil est perturbée est aussi important que le nombre de maladies rétiniennes

L'état fonctionnel de la rétine est certifié

Le ménage à trois OCT-ERG-PEV explique l'intérêt de l'ERG focal.

# Conclusion

- ✓ **Premier défi**: il est **technique** bien que d'énormes progrès depuis 70 ans aient été réalisés.
- ✓ **Le deuxième** est d'**étudier attentivement** nos patients en comparant les tracés;

L'expertise de chacun ne s'obtient pas du jour au lendemain mais chaque ville devrait avoir un ophtalmologiste intéressé par ces techniques. Il faut être réaliste, le prix du matériel n'est pas neutre et se situe entre 25 000 € et 35 000 € HT.

L'étude des ERG-PEV dans la nomenclature sous le code ADQP007 est remboursée 80,64€.

- ✓ **Le troisième défi**, est celui de l'accomplissement de **notre devoir déontologique**:

**Garder le cap sur l'objectif: mieux cibler les traitements, pour soigner mieux.**

Merci de votre attention !