



Les différents ERG : qu'en attendre et quand les demander

Christophe Orssaud

Il existe plusieurs électrorétinogrammes (ERG) qui diffèrent par les structures rétinienne activées. Chacun a des indications propres. Il est souvent nécessaire de les associer et de les coupler à d'autres examens électrophysiologiques (potentiels évoqués visuels et électro-oculogramme) et à des tests psycho-visuels (champ visuel et étude du sens chromatique, ...) pour infirmer ou confirmer une atteinte rétinienne ou du nerf optique et en déterminer la nature. Enfin, l'ERG reste un examen complémentaire qui doit être interprété en tenant compte du contexte et des données de l'examen clinique.

Les électrorétinogrammes (ERG) testent le fonctionnement de toute ou partie de la neurorétine réceptrale ou post-réceptrale à l'aide de stimulations lumineuses de caractère structuré (damiers ou mosaïque) ou non (flashes) dont il est possible de faire varier le niveau de luminance, la longueur d'onde, la durée, la surface et la localisation de rétine. Les réponses dépendent également de l'ambiance photopique ou scotopique dans laquelle l'ERG est réalisé, ainsi que de l'adaptation de la rétine du sujet à l'obscurité.

Il est classique de distinguer les « ERG global » des ERG dits locaux. Parmi les « ERG global », l'ERG flash (ERGG) teste séparément le système photopique et scotopique de la totalité de la surface rétinienne. Il est également possible de séparer le fonctionnement des voies on et off de l'ensemble de la rétine grâce à l'ERG on-off ou photopique. Les ERG locaux ne testent que la région maculaire et/ou le système photopique. Il en existe à ce jour deux : l'ERG multifocal (ERGMf) et l'ERG pattern (ERGP).

Le matériel et les conditions générales de réalisation

Quel que soit l'ERG, le matériel suivant est nécessaire à sa réalisation :

1. *Générateur-calculateur* : il s'agit d'un système assurant la calibration des stimulations ainsi que le recueil et le traitement des signaux¹.
2. *Stimulateur* : trois types de stimulateurs peuvent être utilisés :
 - un moniteur télévisé dont la fréquence de balayage doit

être suffisamment élevée pour afficher rapidement les stimulations structurées,

- une coupole dite *Ganzfeld* permettant de stimuler l'ensemble de la rétine à l'aide de flashes,
- des flashes portables.

3. *Electrodes* : le recueil de l'ERG nécessite d'utiliser plusieurs électrodes :

- une électrode de masse, de localisation indifférente,
- une électrode de référence collée au niveau du front ou une électrode pince au niveau du lobe de l'oreille,
- des électrodes actives au niveau de chaque œil. Leur choix dépend du type d'ERG réalisé, du patient et des habitudes de chacun. Toutes sont à usage unique à l'exception des cupules. Il existe :
 - des électrodes scléro-cornéennes, placées sur la cornée après anesthésie topique. Cette technique de référence donne les résultats les plus fiables et les plus amples. Cette électrode ne doit pas altérer la perception visuelle des stimulations structurées. C'est l'intérêt des électrodes « jet » ;
 - des électrodes cutanées (« cupules » ou « collées ») placées au niveau de la face cutanée des paupières inférieures. Celles-ci donnent des réponses peu amples mais sont parfois les seules utilisables chez des patients ne supportant pas les coques scléro-cornéennes ;
 - des électrodes placées dans le cul-de-sac conjonctival inférieur : *gold foil* ou fil conducteur type DTL. Ces électrodes ont plusieurs inconvénients : leur prix et un risque de déplacement pendant l'examen, modifiant l'amplitude des réponses. Mais elles sont un bon compromis chez des patients ne supportant pas les électrodes scléro-cornéennes.

Groupe hospitalier universitaire Paris-Ouest et Hôpital européen Georges-Pompidou

1. Ces appareils seront présentés dans un prochain article.

Clinique

La réalisation

L'amplitude des réponses peut être modifiée par un jeu pupillaire important. C'est pourquoi il est recommandé de dilater les pupilles au maximum avant tout ERG, à l'exception de l'ERGp qui nécessite que le patient puisse accommoder. Le port d'une correction optique en vision de près est indispensable pour l'ERGmf et en vision intermédiaire pour l'ERGp. Cette correction est généralement assurée par des verres spéciaux suffisamment larges. C'est pourquoi il faut impérativement préciser la valeur de cette correction optique lors de toute demande d'examen.

Les ERG globaux

L'ERGg

Le protocole international ISCEV est la technique de référence pour la réalisation de l'ERGg

Ce protocole n'utilise que des stimuli achromatiques d'intensité et de fréquence variables. Il permet de séparer les réponses de la rétine neuro-réceptrice de celles de la rétine neuro-transmettrice, tant pour le système photopique que scotopique. Mais il dure près de 45 minutes, puisqu'il nécessite plusieurs phases d'adaptation de la rétine à l'obscurité puis à la lumière.

Il est possible de réaliser des protocoles courts dans certaines situations, en utilisant soit des flashes achromatiques, soit des flashes de longueur d'onde. Il est habituel d'associer une séquence *flicker* comportant une vingtaine de stimulations photopiques à haute fréquence (30 Hz). Cet ERGg est réalisé à l'aide d'une coupole Ganzfeld.

Enfin, il est possible d'avoir recours à des flashes portables dans certaines circonstances, notamment chez l'enfant.

Les réponses comportent plusieurs ondes et potentiels oscillatoires générés par les différentes structures de la rétine :

- une *onde b*, positive, témoignant du fonctionnement des cellules bipolaires *on* en ambiance scotopique, et des cellules bipolaires *on* et *off* en ambiance photopique,
- et sous stimulation photopique, une *onde a*, négative, due à l'activation des cônes et de certaines cellules bipolaires *off*,
- le *flicker*, d'allure sinusoïdal, témoignant du fonctionnement des bipolaires des cônes.

Il faut analyser la morphologie, le temps de culmination et l'amplitude de ces ondes (figure 1).

La principale indication de l'ERGg est la recherche d'un dysfonctionnement de l'électrogénèse rétinienne

Celui-ci traduit une altération de la structure de cette dernière, quelle que soit son étiologie. Néanmoins, il faut

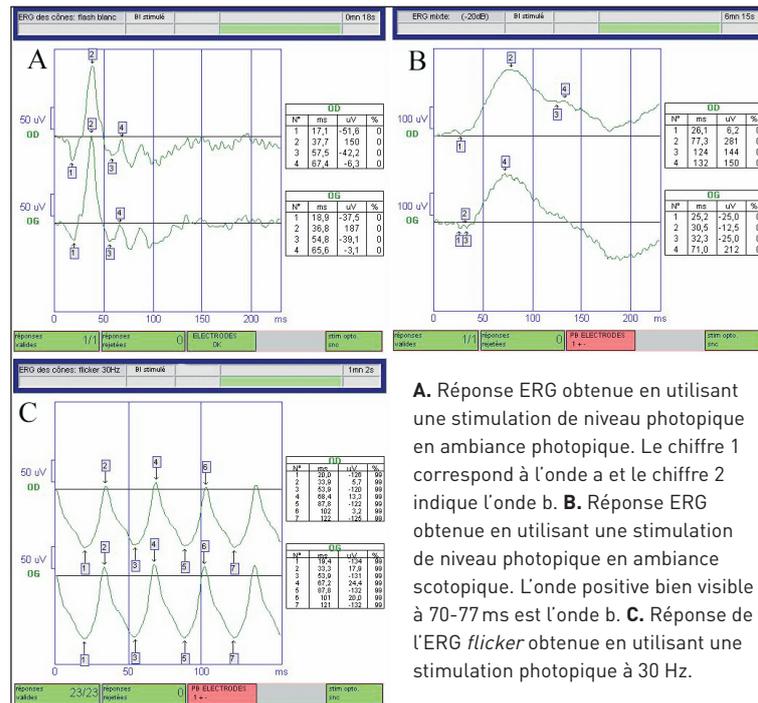


Figure 1. ERG global normal.

que la surface de cette altération soit suffisamment étendue pour qu'une perturbation des réponses puisse être retrouvée. Une atteinte trop localisée risque de n'entraîner qu'une diminution d'amplitude trop limitée pour être décelable.

La plupart des dégénérescences rétinienne d'origine génétique sont particulièrement bien étudiées en ERGg. L'atteinte ERG pouvant précéder les manifestations cliniques, cet examen est indispensable dans le cadre des études génétiques à la recherche de patients porteurs d'une mutation mais sans expression phénotypique.

Cet ERGg est notamment intéressant lorsqu'il existe une baisse d'acuité visuelle ou une réduction du champ visuel sans altération rétinienne clinique évidente. Mais il est généralement nécessaire de le coupler à une étude des PEV, pour éliminer une atteinte associée de la conduction nerveuse, ou à un ERG focal pour éliminer une atteinte maculaire. L'aspect des réponses peut orienter vers des séquelles d'atteinte vasculaire ancienne entraînant une souffrance des couches internes rétinienne ou vers une atteinte diffuse, comme dans le cadre de rétinites paraneoplasiques.

Enfin, cet examen trouve sa place dans le dépistage d'atteintes rétinienne iatrogènes. Il s'agit moins du suivi de traitements par antipaludéens de synthèse, pour lesquels il est recommandé de réaliser une ERGmf, que de traitements tels que le vigabatrin.

L'ERG on-off

Cet examen nécessite des stimulations par flashes de durée longue (plus de 100 ms) en ambiance photopique. Les réponses sont constituées de trois ondes : a, b et d. Les ondes a et b auraient la même origine qu'en ERGg. L'onde d, plus tardive, serait générée par la dépolarisation des cellules bipolaires *off* de cônes.

Les indications de cet ERG, qui n'est pas encore réa-lisé en routine, sont encore discutées.

Les ERG locaux

L'ERG multifocal (ERGMf)

Protocole

Cet ERGMf utilise une stimulation générée sur un moni-teur de télévision et composée de 61 à 103 hexagones de tailles croissantes du centre vers la périphérie. Ceux-ci, dis-posés en cinq ou six anneaux concentriques autour de la fovea, peuvent être blanc ou noir. Chaque hexagone ne change pas nécessairement de niveau lumineux à chaque balayage de la trame (15 fois/seconde). La surface réti-nienne testée varie de 40 à 50° selon le nombre d'hexagones.

La réalisation de l'ERGMf est long : 7 minutes pour 61 hexagones et 10 minutes pour 103. Elle s'effectue par phase de 20 à 30 secondes pendant lesquelles le patient ne doit ni cligner ni bouger pour assurer la stabilité des hexagones sur la rétine. Il faut donc une bonne coopéra-tion de sa part, ce qui limite l'utilisation de cet examen chez les enfants ou lorsque l'acuité visuelle est trop fai-ble pour permettre une fixation correcte.

Réponses

Après traitement du signal de type Kernel 1, les ondes N1 et P1 traduiraient la mise en jeu respectivement des cellules bipolaires *off* et *on* activées par les cônes. La réponse ne dépendrait donc que du second étage rétinien. L'amplitude de ces ondes fait entrer en ligne de compte la densité des cônes et celle des cellules bipolaires. Ces résultats peuvent être présentés selon divers modes : amplitude moyenne par anneau, carte 3D (figure 2).

Cet examen est particulièrement intéressant pour analyser le fonctionnement de la région maculaire

Couplé à l'ERGg et/ou aux PEV, il est très utile en cas de baisse d'acuité visuelle non ou mal expliquée par l'exa-men clinique et les autres explorations complémentaires (OCT, champ visuel maculaire...) ou en cas de doute entre une maculopathie et une neuropathie optique. Il est par-ticulièrement indiqué en cas de suspicion de maculopa-thie occulte.

L'ERGMf est maintenant l'examen de référence pour le suivi des patients sous antipaludéens de synthèse.

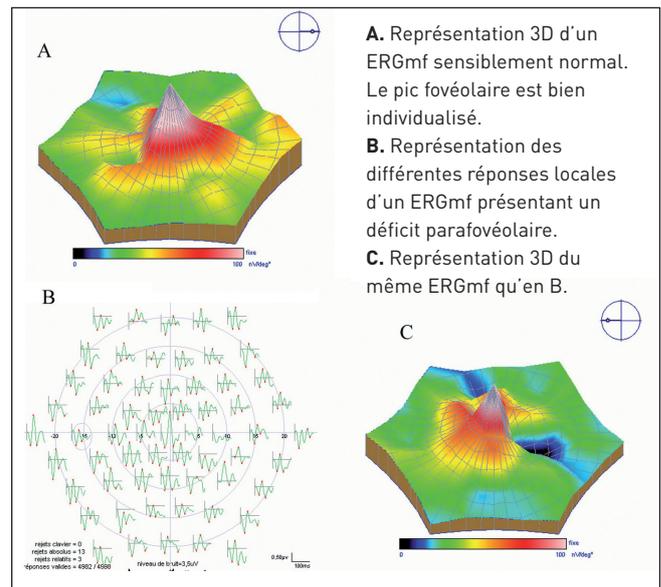


Figure 2. ERG multifocal.

L'ERG pattern (ERGP)

Protocole

L'ERGP utilise une stimulation par damiers alternant (6 à 15 cycles/seconde) constitués de carrés noirs et blancs vus sous un angle d'un degré et générés sur un moniteur de télévision. Cet examen de courte durée (30 secondes environ) teste les 15 à 20 degrés centraux de la rétine. Il nécessite que le patient puisse accom-moder et doit donc être réalisé avant un ERGg, toujours indis-pensable, ou un ERGMf complémentaire.

Réponses

Il est retrouvé trois ondes, deux négatives N35 et N95, respectivement à 35 et 95 ms, et une onde positive P50. Il n'est pris en compte que le temps de culmination et l'am-plitude des ondes N95 et P50. Cette onde P50 est proba-blement due à l'activation des cônes maculaires et de leurs cellules bipolaires, alors que l'onde N95 traduirait la mise en jeu des cellules ganglionnaires. L'ERGP per-met donc d'étudier les trois étages de la région rétinienne centrale..

L'ERGP est indiqué pour rechercher une maculopathie ou une neuropathie optique

Il est donc intéressant en cas de baisse d'acuité visuelle d'étiologie imprécise, notamment si une atteinte des cel-lules ganglionnaires est suspectée. Il est altéré plus pré-cocement que l'ERGg en cas de maculopathie infraclinique. Enfin, il aurait un intérêt pronostique de récupération visuelle après traitement d'une maculopathie ou d'un trou maculaire.