



Matériel d'électrophysiologie oculaire

Christophe Orssaud

Après un premier article montrant ce qu'on pouvait attendre des ERG et quand les demander¹, et en attendant la même analyse sur les PEV et les EOG prévue début 2015, les Cahiers d'Ophthalmologie font le point sur les appareils d'électrophysiologie distribués en France. Sont donc exclus les matériels étrangers disponibles sur Internet mais n'ayant pas de distributeur en France et/ou ne disposant pas des différents marquages CE².

Sont donc passés successivement en revue les appareils de Metrovision et de la société allemande Roland.

La réalisation de bilans électrophysiologiques, qu'il s'agisse d'ERG, de PEV ou d'EOG sensoriels, nécessite de disposer :

- d'un *stimulateur* permettant de délivrer des stimulations visuelles adaptées dans leur structure (flashes ou damiers), durée, intensité, longueur d'onde, fréquence, au type d'examen électrophysiologique effectué. Il peut être fixe, articulé pour s'approcher au plus près de patients peu mobilisables, ou mobile, permettant de se déplacer au lit du patient (flashes portables) ;
- d'une *unité de pilotage du stimulateur* permettant de générer les stimulations à délivrer. Certains systèmes sont *ouverts* permettant de modifier les paramètres de stimulation des différents examens. D'autres appareils ne permettent que de choisir au sein d'un ensemble prédéterminé de programmes de stimulation ;
- d'une *unité de recueil, d'amplification et de traitement des données*. Elle assure également la restitution des résultats de l'examen, parfois sous différentes présentations.

Les latences de certaines ondes sont inférieures à 90 ms. Il est donc indispensable que soit assurée une parfaite synchronisation du recueil des réponses visuelles ou cérébrales avec les stimulations lumineuses. Afin d'optimiser cette étape, les unités de pilotage du stimulateur et de recueil des données sont actuellement couplées au sein de machine plus ou moins compactes ne nécessitant pas d'ingénieur pour les faire fonctionner.

Les différences les plus importantes entre les systèmes d'électrophysiologie portent sur le stimulateur et sur son unité de pilotage. Ainsi, l'acquisition d'un stimulateur-unité de pilotage spécifique peut s'avérer un facteur limitant pour

la réalisation de nouveaux examens ou l'évolution du matériel vers de nouvelles pratiques. Il faut donc bien analyser ses attentes et ses besoins avant de décider d'un achat.

Des différences existent également au niveau des unités de recueil et de traitement des données. Mais ces différences sont plus techniques. De plus, s'agissant de matériel informatique, ces unités de traitement des données peuvent facilement être remises à jour.

Metrovision³

Cette société propose une gamme d'appareils qui, pour certains, permettent la réalisation d'autres examens complémentaires (champ visuel, sensibilité au contraste, adaptation à l'obscurité, pupillométrie, motricité oculaire...) par adjonction de programmes spécifiques. Ce type d'appareil est particulièrement intéressant dans les services où les examens d'électrophysiologie ne sont réalisés que de façon occasionnelle.

Les configurations d'appareils

Les appareils proposés sont tous compatibles avec les standards de l'International Society for Clinical Electrophysiology of Vision (ISCEV) et agréés pour les applications médicales (marquage CE de classe IIA).

1. Orssaud C. *Les différents ERG : qu'en attendre et quand les demander*. Les Cahiers d'Ophthalmologie n° 178 - Mars 2014.

2. C'est la raison pour laquelle nous n'avons pas retenu le matériel de la Société SIEM qui propose des appareils d'électrophysiologie visuelle destinés à la recherche. Mais ceux-ci ne disposent pas du marquage CE nécessaire dans le cadre d'une utilisation clinique.

3. www.metrovision.fr/

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

MonPackONE (figure 1a)

Cet appareil combine en un seul instrument compact les fonctions de stimulation flashes en champ total (Ganzfeld), de stimulation par damiers ou de stimulation multifocale. Le stimulateur est placé sur une table et inclut une mentonnière réglable et un appui-tête pour les examens réalisés à 30 cm. Une table inclinable est disponible en option pour les patients en fauteuil, comme pour le module MonBaby (cf. *infra*). Il possède deux caméras proche infrarouge qui permettent de surveiller le positionnement du patient et sa fixation, tant lors des examens réalisés à 30 cm qu'à une plus grande distance, ainsi que la taille pupillaire.

Cet appareil est constitué d'un moniteur à cristaux liquides de 48 cm de diagonale dont la résolution spatiale maximale est de 1280 x 1024 et la fréquence temporelle de 60 Hz. Des diodes électroluminescentes (LED) assurent le rétroéclairage de ce moniteur et de sa périphérie. Ce dispositif permet trois modes de fonctionnement :

- en stimulation flashes (tableau I) ;
- en stimulation par damiers : la luminance du moniteur est asservie à l'aide d'un capteur qui ajuste de façon instantanée le rétroéclairage de façon à éliminer l'artéfact de luminance produit par les moniteurs LCD standard qui peut fausser les réponses des examens PEV et ERG *pattern*. Le programme permet de contrôler la structure du stimulus (damier, réseaux, champs partiels), son contraste et sa couleur. Il permet également la génération de séquences rapides telles que celles utilisées en PEV *sweep* ;
- en stimulation multifocale : le moniteur contrôle la structure du stimulus et son homogénéité ainsi que le nombre de zones stimulées, leur fréquence et leur luminance (jusque 600 cd/m², améliorant le meilleur rapport signal sur bruit) grâce au rétroéclairage à LED.

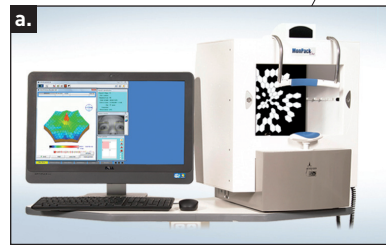
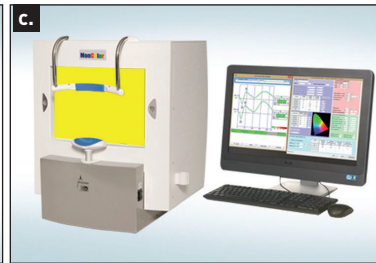


Figure 1. a. Appareil MonPackONE. **b.** Système MonBaby avec une dalle LED. **c.** Appareil MonColor.

**MonBaby (figure 1b)**

Il est constitué d'une dalle de LED émettant des stimulations flashes (tableau I). Il est proposé sous la forme d'une unité d'examen séparée, facilement déplaçable, appelée *MonBabyBox* pour la réalisation d'examens de PEV et ERG par flashes auprès de patients alités, notamment dans les services de soins intensifs ou au bloc opératoire (examen sous anesthésie ou sédation en pédiatrie). Il peut également être branché sur MonPackONE pour examiner des patients trop jeunes pour être placés devant une mentonnière.

MonColor (figure 1c)

Cet appareil permet de délivrer des stimulations flashes (tableau I). Il est proposé soit en combinaison avec MonPackONE, soit comme appareil indépendant. Il est destiné aux examens d'électrophysiologie « avancée » : atteintes des cônes S, M et L, réponses photopiques négatives de l'ERG, courbe de Naka-Rushton... Il s'agit donc d'un appareil plus orienté vers la recherche.

Matériel

MonCvONE

Ce dernier-né de la gamme Metrovision est plutôt dédié à la réalisation d'examen du champ visuel / périmétrie statique et cinétique. Une option permet de réaliser des ERG et PEV en stimulations flashes.

Le logiciel d'analyse et de stockage

Ces différentes configurations sont dotées d'un amplificateur de 2 à 5 voies et pilotées à partir d'un PC standard de type tablette, tour ou portable. La détection des différentes ondes peut être effectuée automatiquement ou manuellement. Le logiciel d'analyse calcule le pourcentage de fiabilité des réponses, indiquant si l'onde considérée se différencie du bruit de fond. Enfin, pour les examens réalisés dans des conditions standard, y compris les ERGmf, les réponses obtenues peuvent être comparées à une base de données de sujets normaux, recueillies dans les mêmes conditions. L'analyse des ERGmf est effectuée d'une manière globale ainsi qu'anneau par anneau.

Roland⁴

Cette société allemande propose une gamme étendue d'appareils d'exploration ophtalmologique et notamment d'électrophysiologie oculaire.

RETGamma (figure 2a)

Cet appareil permet la réalisation des ERG et des PEV flashes et *pattern* et des EOG sensoriels ou moteurs. Il associe plusieurs éléments au sein d'un même ensemble :

- une unité de pilotage fonctionnant sous Windows et permettant de commander les différents éléments de cet appareil et d'afficher les résultats. Ceux-ci peuvent être exportés dans un fichier Excel pour analyse statistique. Un graveur de CD permet l'archivage des résultats.

- Cet appareil est livré avec des programmes permettant la réalisation de différents examens (ERG ou PEV flash et *pattern*). Néanmoins, il est possible de créer des programmes de stimulation personnalisés. Cet appareil est équipé d'un pré-amplificateur et d'un amplificateur digital 4 voies dont la sensibilité va de $10 \mu\text{V}/\text{div}$ à $20 \text{mV}/\text{div}$. Il intègre un DSP (*Digital Signal Processing Filter*) avec des valeurs de filtre passe haut de 0,02 Hz à 1 kHz et de filtre passe bas de 20 Hz à 10 kHz ;
- un couple Ganzfeld de 40 cm de diamètre, équipé de LED. Les caractéristiques des stimulations sont présentées *tableau I*. Cette coupole permet également des stimulations on-off dont la durée peut être programmée de 1 ms à 1000 ms par pas de 1 ms. Il est possible d'ajouter à cette coupole un

4. www.roland-consult.com/cms/

Distributeur en France : Blondet Consultants :

www.bcinstrument.com (Produits / Electrophysiologie visuelle)

tube xénon pour obtenir des stimulations flashes blanches de haute intensité (jusqu'à $95 \text{cd}/\text{m}^2$). Cette coupole comporte un point de fixation (deux pour les EOG) et une caméra pour vérifier la stabilité du patient ;

- un moniteur LCD de 19 pouces de diagonale et de luminance de $80 \text{cd}/\text{m}^2$ pour les stimulations structurées, damiers ou bandes alternantes. Celles-ci peuvent être présentées sur l'ensemble de l'écran, une seule moitié ou au niveau d'un seul cadran. Le contraste de ces stimuli peut être modulé de 3 % à 99 %. Des tests particuliers peuvent être générés pour les examens pédiatriques.

RETGamma + ERGmf / RETGamma Plus

Cet appareil diffère peu du précédent dans ses modules de base, tant au niveau des stimulateurs que du système de préamplification-amplification 4 voies. Le moniteur est légèrement différent, avec une diagonale de 21 pouces permettant une exploration des 30° centraux de la rétine. Il est fourni un logiciel permettant de réaliser des ERGmf (RETGamma + ERGmf) ou des ERGmf et des PEVmf (RETGamma Plus).

RETcompact IIP / RETcompact IIPS

Contrairement au système RETGamma, le RETcompact IIP est un appareil réunissant en une seule unité deux types de stimulateurs : une coupole Ganzfeld pour les stimulations par flashes et un écran vidéo pour les stimulations structurées. Ce système est ainsi d'un encombrement moindre, tout en offrant la possibilité d'effectuer des examens électro-



Figure 2. a. Appareil RETGamma.

La coupole est à gauche sur la table,

le stimulateur LCD au centre et l'écran de visualisation à droite. **b.** Appareil RETImap.

c. Système RETIcom pattern, avec un écran LCD permettant de proposer des stimulations structurées.

Tableau I. Principales caractéristiques des stimulations flashes des différents systèmes.

		METROVISION			ROLAND		
		MonPackONE	MonBaby	MonColor	RETIgamma	RETIcompact IIP / IIPS	RETIcom
Flashes	Durée	dès 2 ms // pas de 1 ms		de 2 à 5000 ms intervalle de 1 à 30000 ms	modulable	modulable	
	Fréquence		jusqu'à 30 Hz		modulable	modulable	
	Luminance	de 0 à 600 cd/m ² // pas de 0,05 unités log	jusqu'à 150 cd/s/m ²	15 cd/s/m ² (150 cd/s/m ² MonColor PLUS)	3 cd/m ² // modulable de -40 dB à +5 dB → flashes blancs de -50 ou -45 dB ou de -5 ou 0 dB → flashes colorés (pas de 5 dB)	2 cd/m ² // modulable de -40 dB à +5 dB → flashes blancs de -50 ou -45 dB ou de -5 ou 0 dB → flashes colorés (pas de 5 dB)	3 cd/m ² // modulable de -2 dB à +5 dB (pas de 5 dB)
	Couleurs	toutes les combinaisons de blanc, rouge, bleu et vert	blanches, bleues et rouges	violet (414 nm), bleu (465 nm), vert (525 nm), rouge (619 nm) et rouge profond (660 nm) et leurs combinaisons	blanc, bleu royal (455 nm), bleu (470 nm), vert (525 nm), ambre (590 nm), rouge (625 nm)	blanc, bleu (470 nm), rouge (625 nm) LED colorées additionnels (bleu royal, vert ou ambre)	
Fond	Luminance	de 0 à 100 cd/m ² // pas de 0,05 unités log			blanc → 1000 cd/m ² , bleu royal → 100 cd/m ² , bleu et rouge → 200 cd/m ² , vert → 500 cd/m ² , ambre → 750 cd/m ²	blanc → 25 cd/m ² , 100 cd/m ² et 450 cd/m ² , colorés → 10 cd/m ² , 15 cd/m ² , 20 cd/m ² , 25 cd/m ² et 50 cd/m ²	25 cd/m ²
	Couleurs						

physiologiques selon les normes ISCEV (ERG et PEV flash, ERG et PEV *pattern*, EOG sensoriel, étude des cônes S, PEV *steady state*). Il est possible d'ajouter des programmes optionnels permettant d'utiliser cette unité pour la réalisation d'autres types d'examen : nystagmographie, sensibilité aux contrastes, mesure de l'acuité visuelle, électromyogramme (en vue de traitement par la toxine botulique). Il comprend :

- une unité de pilotage fonctionnant sous Windows et permettant de commander les différents éléments de cet appareil et d'afficher les résultats. Elle comporte les mêmes caractéristiques que celle du RETIgamma. Le RETIcompact IIP est équipé d'un préamplificateur et d'un amplificateur digital 2 voies dont la sensibilité va de 10 µV/div à 20 mV/div. Il intègre un DSP avec des valeurs de filtre passe haut de 0,02 Hz à 1 kHz et de filtre passe bas de 20 Hz à 10 kHz. Il est possible, en option, d'associer un second amplificateur 2 voies ;
- un couple Ganzfeld de 40 cm de diamètre délivrant des flashes (tableau I). Cette coupole permet également des stimulations on-off dont la durée peut être programmée de 100 ms à 500 ms par pas de 50 ms. Il est possible d'adjoindre à cette coupole un tube xénon pour obtenir des stimulations flashes blanches de haute intensité (jusqu'à 63 cd/m²), des LED colorées (bleu royal, vert ou ambre) pour la génération de flashes colorés ou pour la luminance de fond (longueur d'onde unique ou combinaison de LED colorées). Il est possible d'en faire varier l'intensité par rapport à la luminance. Des lunettes flashes peuvent être utilisées pour la réalisation d'examen chez l'enfant ;
- le moniteur LCD a les mêmes caractéristiques que celui du système RETIgamma.

Le RETIcompact IIPS possède les mêmes caractéristiques, mais permet également la réalisation d'ERGmf avec des stimuli limités à 61 hexagones.

RETIcom

Il s'agit d'un boîtier de stimulation-amplification du signal auquel est connecté un stimulateur flash portable (dit mini Ganzfeld) et un ordinateur portable sous Windows pour le traitement des données, l'affichage et le stockage des résultats. Il permet la réalisation des ERG et PEV flash ou flicker et des ERG on-off. Il est équipé d'un amplificateur digital 2 voies dont la sensibilité est comprise entre 10 µV/div et 20 mV/div et les valeurs de filtre passe haut de 0,02 Hz à 1 kHz et de filtre passe bas de 30 Hz à 10 kHz. Le flash portable est constitué de LED blanches (tableau I).

Une version RETIcom *pattern* (figure 32c) associée au RETIcom un moniteur de 19 pouces de diagonale pour la réalisation de stimuli structurés. Les caractéristiques de ce dernier sont identiques à celles du RETIgamma présenté plus haut.

RETImap (figure 2b)

Cet appareil combine un SLO confocal non mydriatique infrarouge avec deux modules d'électrophysiologie (RETIport et RETIscan), permettant ainsi la réalisation simultanée de bilan électrophysiologique (ERG, ERG *pattern*, PEV flash ou *pattern*, ERGmf) et une étude topographique rétinienne. Ces deux modules permettent la réalisation de bilans électrophysiologiques sur les 30° centraux à l'aide d'un projecteur spécifique.