

# **UTAS**

## **Logiciel multifocal**

### **Manuel de l'utilisateur**

Date d'émission : 2025-11-13



**CE**  
2797

**Rx only**

**Numéro d'article 96-014-FR**

EN - <http://www.lkc.com/IFUs> Printable instructions for use (IFU) in multiple languages are stored on the UTAS computer as PDF files in the IFU folder on the computer desktop screen, or go to [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

DE - Druckbare Nutzungsanweisungen (IFU) in mehreren Sprachen werden auf dem UTAS-Computer als PDF-Dateien im IFU Ordner auf Ihrem Desktop gespeichert. Alternativ können Sie [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs) besuchen.

ES - En el ordenador UTAS hay almacenadas como archivos PDF instrucciones imprimibles de uso en varios idiomas, en la carpeta IFU del escritorio del ordenador, o acceda a [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

FR - Des instructions d'utilisation à imprimer (IFU) dans plusieurs langues sont stockées sur l'ordinateur UTAS sous forme de fichiers PDF dans le dossier IFU présent sur le bureau. Vous pouvez également les obtenir sur [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

IT - Le istruzioni per l'uso stampabili (IFU) in più lingue sono archiviate sul computer UTAS come file PDF nella cartella IFU sul desktop. In alternativa, sono reperibili all'indirizzo [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

PL - Instrukcje obsługi (IFU) do druku w wielu językach przechowywane są na komputerze UTAS jako pliki PDF w folderze IFU na pulpicie komputera lub na stronie [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

### **Données réglementaires européennes**

Les instructions d'utilisation (IFU) dans d'autres langues peuvent être consultées à l'adresse [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

Pour demander une copie imprimée de ce manuel, veuillez envoyer un e-mail à [support@lkc.com](mailto:support@lkc.com) et inclure les informations suivantes :

- 1) Nom de l'entreprise
- 2) Votre nom
- 3) Adresse postale
- 4) Le numéro de série de votre appareil
- 5) Le numéro de référence du manuel dont vous avez besoin  
Pour trouver le bon numéro de pièce, ouvrez le fichier pdf dans le mode d'emploi dans la langue de votre choix et trouvez le numéro de pièce, le numéro de pièce apparaîtra au recto ou au verso du mode d'emploi. Le numéro de pièce du manuel ressemblera à quelque chose comme 96-123-AB.

Votre manuel vous sera expédié dans les 7 jours.

**Référence 96-020 UTAS Hardware Manual pour des informations réglementaires complètes.**

LKC Technologies, Inc.  
20501 Seneca Meadows Parkway Suite 305  
Germantown, MD 20876  
USA  
301.840.1992  
[Support@LKC.com](mailto:Support@LKC.com)  
[www.LKC.com](http://www.LKC.com)

Copyright © 2008 – 2025, LKC Technologies Inc., All Droits réservés

### **POLITIQUE DE DURÉE DE VIE DES PRODUITS LKC**

UTAS est le nom commercial de cet appareil et de tous les logiciels associés. La durée de vie d'un UTAS est de 5 ans à compter de la date d'expédition initiale de l'UTAS. LKC assurera l'entretien de tous les UTAS qui sont dans sa durée de vie.

### **LICENCE D'UTILISATION DU LOGICIEL**

Le logiciel UTAS est un produit protégé par le droit d'auteur de LKC Technologies, Inc. et est inclus avec UTAS en vertu du contrat de licence suivant :

Le logiciel ne peut être utilisé qu'en conjonction avec l'UTAS. L'acheteur de l'UTAS peut faire des copies du logiciel pour la commodité de l'utilisation, à condition que l'avis de droit d'auteur LKC soit conservé avec chaque copie. Cette licence interdit spécifiquement l'utilisation de ce logiciel avec des appareils qui n'incluent pas une unité d'interface UTAS LKC Technologies, Inc.. Des copies supplémentaires du logiciel peuvent être achetées pour produire des rapports de données UTAS à l'aide d'un système informatique autonome.

## Table des matières

|   |    |
|---|----|
| Table des matières .....                          | 4  |
| Objectif visé et utilisateurs visés .....         | 6  |
| Bénéfice clinique.....                            | 6  |
| Groupes cibles visés.....                         | 6  |
| Indications d'utilisation.....                    | 6  |
| Tests multifocaux spécifiques au logiciel .....   | 6  |
| Précautions pour l'installation du logiciel.....  | 7  |
| Configuration d'UTAS .....                        | 8  |
| Agencement du matériel.....                       | 8  |
| Installation du logiciel .....                    | 8  |
| Mise à niveau vers MFERG ou MFVEP.....            | 9  |
| Configuration du logiciel - Préférences .....     | 9  |
| Exportation de données.....                       | 11 |
| Sauvegarde des données .....                      | 12 |
| GRE multifocal .....                              | 13 |
| 1.0 Préambule .....                               | 13 |
| 1.1 Qu'est-ce qu'un test multifocal ? .....       | 13 |
| 1.2 Comment fonctionne un GRE multifocal ?.....   | 13 |
| 1.3 Séquences m et noyaux .....                   | 13 |
| 1.4 Champ de vision .....                         | 14 |
| 1.5 Quand le mfERG est-il utile ?.....            | 14 |
| 1.6 Quand le mfERG n'est-il pas utile ?.....      | 15 |
| 2.0 Préparation d'un enregistrement mfERG.....    | 15 |
| 2.1 Le patient.....                               | 15 |
| 2.2 Électrodes.....                               | 15 |
| 2.4 Éclairage ambiant .....                       | 20 |
| 2.5 Problèmes avec les patients malvoyants .....  | 20 |
| 2.6 Surveillance de la fixation.....              | 20 |
| 3.0 Exécution du test .....                       | 21 |
| 3.1 Type d'essai.....                             | 21 |
| 3.2 Renseignements sur le patient .....           | 22 |
| 3.3 Canaux et étiquettes.....                     | 22 |
| 3.4 Sélection du motif .....                      | 22 |
| 3.5 Données d'enregistrement .....                | 25 |
| 3.6 Enregistrement .....                          | 26 |
| 4.0 Analyse des données et rapport du MFERG.....  | 29 |
| 4.1 Trouver les données d'un patient.....         | 29 |
| 4.2 Analyse des données .....                     | 30 |
| Guide rapide de l'enregistrement MFERG.....       | 36 |
| Guide rapide du rapport MFERG.....                | 37 |
| Guide d'interprétation du MFERG.....              | 38 |
| VEP multifocale.....                              | 46 |
| 1.0 Préambule .....                               | 46 |
| 1.1 Qu'est-ce qu'un test multifocal ? .....       | 46 |
| 1.2 Comment fonctionne une VEP multifocale ?..... | 46 |
| 1.3 Séquences m et noyaux .....                   | 46 |
| 1.4 Champ de vision .....                         | 46 |
| 1.5 Quand le mfVEP est-il utile ? .....           | 47 |
| 1.6 Quand le mfVEP n'est-il pas utile ?.....      | 47 |

|  |    |
|--|----|
| 2 Préparation d'un enregistrement mfVEP.....     | 47 |
| 2.1 Le patient.....                              | 47 |
| 2.2 Électrodes.....                              | 47 |
| 2.3 Éclairage ambiant .....                      | 49 |
| 2.4 Problèmes avec les patients malvoyants ..... | 49 |
| 2.6 Surveillance de la fixation.....             | 49 |
| 3.0 Exécution du test .....                      | 50 |
| 3.1 Type d'essai.....                            | 50 |
| 3.2 Renseignements sur le patient .....          | 51 |
| 3.3 Canaux et étiquettes.....                    | 51 |
| 3.4 Sélection du motif .....                     | 51 |
| 3.5 Données d'enregistrement .....               | 53 |
| 3.6 Enregistrement .....                         | 54 |
| 4.0 Analyse et rapport des données MFVEP.....    | 57 |
| Guide de dépannage multifocal .....              | 59 |
| Nettoyage entre les patients .....               | 60 |
| Nettoyage du front et des mentonnières .....     | 60 |
| Références .....                                 | 61 |

## ***Objectif visé et utilisateurs visés***

UTAS est un appareil d'électrophysiologie utilisé comme aide au diagnostic et à la gestion des maladies dans les dysfonctionnements des voies visuelles ou les troubles ophtalmiques.

UTAS effectue l'électrorétinogramme (ERG), l'électro-oculogramme (EOG), le potentiel évoqué visuel (VEP), l'ERG multifocal / VEP et la mesure des réponses psychophysiques du système visuel, y compris l'adaptométrie sombre.

Ce logiciel n'est proposé à la vente qu'aux professionnels de la santé qualifiés. L'utilisation incorrecte de ce logiciel peut causer des blessures au patient.

## ***Bénéfice clinique***

Aider les professionnels de la santé à diagnostiquer et à prendre en charge les dysfonctionnements ou les maladies des voies ophtalmiques ou visuelles ou à assurer l'innocuité des médicaments.

## ***Groupes cibles visés***

Il n'y a pas de groupes cibles spécifiques.

## ***Indications d'utilisation***

UTAS est indiqué pour une utilisation dans la mesure des potentiels électrophysiologiques visuels, y compris l'électrorétinogramme (ERG) et le potentiel évoqué visuel (VEP). UTAS est également indiqué pour une utilisation dans la mesure des réponses psychophysiques du système visuel, y compris l'adaptométrie sombre. UTAS est conçu comme une aide au diagnostic et à la gestion de la maladie dans les dysfonctionnements des voies visuelles ou les troubles ophtalmiques (e.g.,, rétinopathie diabétique, glaucome).

## ***Tests multifocaux spécifiques au logiciel***

Le logiciel LKC Technologies Multifocal effectue les tests ERG et VEP multifocaux ainsi que Pattern ERG et VEP pour aider au diagnostic et à la gestion des maladies des dysfonctionnements des voies visuelles ou des troubles ophtalmiques.

Le logiciel LKC Technologies Multifocal est uniquement destiné à être utilisé avec des exécutions sur l'appareil UTAS de LKC. Le logiciel ne fonctionnera que sur les ordinateurs utilisant un système d'exploitation Windows 10 ou supérieur et disposant d'un matériel de contrôle vidéo très spécifique. LKC ne prend en charge que les ordinateurs UTAS qui ont été fournis par LKC spécifiquement pour ce logiciel. Reportez-vous au manuel d'utilisation du matériel UTAS 96-020 pour plus de détails sur le matériel UTAS et les informations réglementaires.

## **Précautions pour l'installation du logiciel**

### ***Installation du logiciel***



**AVERTISSEMENT : L'installation de tout logiciel sur l'ordinateur Windows UTAS qui n'est pas fourni directement par LKC peut entraîner l'arrêt du fonctionnement du périphérique UTAS ou un plantage inattendu.**

Le LKC UTAS est un dispositif médical autonome de précision. L'ordinateur fourni avec votre appareil a été spécialement fabriqué et configuré dans un but spécifique.

La garantie de votre UTAS ne couvre pas les problèmes causés par l'installation d'un logiciel non approuvé sur l'ordinateur. L'UTAS est un dispositif médical qui utilise un ordinateur Windows. L'installation d'un logiciel supplémentaire sur l'ordinateur UTAS peut entraîner un mauvais fonctionnement de l'UTAS. Il est de la responsabilité du client de s'assurer que tout logiciel supplémentaire installé sur l'ordinateur UTAS n'affecte pas les performances de son appareil UTAS. LKC n'est pas responsable du mauvais fonctionnement de l'UTAS causé par le logiciel installé par le client.

**Par conséquent, LKC recommande fortement que l'UTAS soit utilisé comme dispositif médical autonome. LKC recommande également fortement que :**

**L'utilisateur ne modifie pas les privilèges d'utilisateur ou les paramètres du logiciel.**

**Aucun produit logiciel non approuvé par LKC ne doit être installé sur l'UTAS.**

**En outre, le logiciel Multifocal fourni n'est pas autonome et est uniquement destiné à être utilisé avec l'UTAS.**

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Access, etc.) a été testé avec notre logiciel et n'interfère pas. Il est donc sûr d'installer Microsoft Office sur le PC de l'UTAS pour générer des rapports et analyser des données. Il est recommandé de fermer toutes les applications Office lors de l'exécution du logiciel Multifocal.



## **Configuration d'UTAS**

### **Agencement du matériel**

Dans la plupart des cas, votre matériel sera installé et arrangé par LKC Technologies Biomedical Engineers. Dans les cas où ce n'est pas le cas, vous devrez suivre ces directives.

Le moniteur multifocal doit être placé derrière la base de la mentonnière. La distance entre l'écran et les yeux du patient détermine le champ de vision angulaire du stimulus multifocal. La distance entre l'écran et le centre de l'appui-front doit correspondre à la dimension indiquée sur l'étiquette à l'avant du moniteur).

La hauteur de la mentonnière doit être ajustée de manière à ce que les yeux d'un sujet normal soient approximativement au niveau de la fixation « X » au centre de l'écran. Pour accueillir 99 % de la population, la mentonnière n'a besoin d'être ajustée que de  $\pm 1$  pouce par rapport à l'emplacement nominal. Ce petit ajustement est généralement inutile car le patient peut regarder légèrement vers le haut ou vers le bas pour se fixer correctement.

La caméra de fixation est montée sur le bord supérieur de l'écran, centrée de droite à gauche. L'inclinaison de l'appareil photo doit être ajustée pour donner une bonne vue des yeux d'un sujet dont le menton est sur la mentonnière.



### **Installation du logiciel**

Dans la plupart des cas, votre logiciel sera installé par LKC Technologies Biomedical Engineers. Dans les cas où ce n'est pas le cas, suivez les instructions suivantes :

- Exécutez (double-cliquez) le fichier MFERGSETUP.EXE.
- Suivez les instructions pour installer le logiciel.

Une fois le logiciel installé, exécutez le logiciel multifocal. Une boîte de dialogue apparaîtra pour vous demander une clé logicielle. Cette clé logicielle doit être générée par le personnel de LKC Technologies et est spécifique à votre ordinateur. mfERG et mfVEP ont deux clés logicielles différentes. Si vous commandez les deux parties du logiciel, vous aurez besoin de deux clés. Pour envoyer les informations nécessaires à LKC afin que les clés puissent être générées :

Attendez que la demande de numéro s'affiche à l'écran, puis appuyez sur la touche PrtScr de votre clavier. Cela copiera une image bitmap de l'écran dans le presse-papiers de Windows.

Ouvrez WordPad (dans le menu Démarrer, cliquez sur All Programmes -> Accessoires -> WordPad) et collez le presse-papiers dans le document.

Enregistrez le document et envoyez-le à LKC.

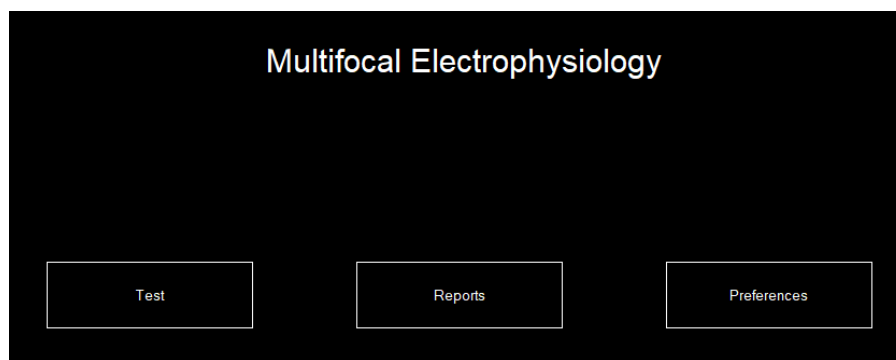
Lorsque la ou les touches multifocales vous sont envoyées, elles seront appelées *MFERG. KEY* et *MFVEP. CLÉ*. Copiez ce fichier dans le répertoire C :\DataMFERG pour activer votre logiciel. Si vous avez des questions, veuillez appeler ou envoyer un e-mail à la ligne d'assistance clientèle de LKC.

## **Mise à niveau vers MFERG ou MFVEP**

Si vous disposez déjà d'une clé de licence pour MFERG ou MFVEP et que vous souhaitez effectuer une mise à niveau vers une configuration MFERG + MFVEP complète, accédez à la page Préférences et notez l'ID d'ordinateur de votre UTAS. Envoyez cet ID # par e-mail à [support@lkc.com](mailto:support@lkc.com) avec une demande de clé de licence MFERG ou MFVEP (des frais peuvent s'appliquer).

## **Configuration du logiciel - Préférences**

Double-cliquez sur l'icône mfERG sur votre bureau.



## Accédez à l'écran Préférences

The screenshot shows a software preferences window. At the top, there are fields for 'Institution Name' (LKC Technologies) and 'Address' (2 Professional Drive, Suite 222, Gaithersburg, MD 20879). A 'Font' dropdown is set to 12. Below this are two main sections: 'MFERG Preferences' and 'MFVEP Preferences'. Each section has a 'Report Format' dropdown (set to 'Multi-focal ERG' for MFERG and 'Multi-focal VEP' for MFVEP) and a 'Font' dropdown (set to 10 for MFERG). Below these are 'Database' sections with a 'Database File' path (C:\Data\MFERG\mfERG.mdb for MFERG and C:\Data\MFERG\mfVEP.mdb for MFVEP) and buttons for 'Select a Database' and 'Create a New Database'. A 'Date Format' section for MFERG shows radio buttons for 'MM/DD/YYYY' (selected) and 'DD/MM/YYYY'. At the bottom, there is a 'Max Report Font Size' dropdown (set to 12), a warning box stating 'Report font size may be reduced to fit on printed page.', and 'System Setup' and 'Back' buttons.

Entrez les informations relatives à votre pratique dans les cases les plus hautes. Cet en-tête sera imprimé sur chaque page du rapport.

Vous pouvez saisir des titres différents pour les rapports MFERG et MFVEP qui apparaîtront sur les rapports imprimés.

### Sélectionner une base de données

En cliquant sur ce bouton, vous pouvez modifier la base de données par défaut. Lorsque vous cliquez sur le bouton, un écran s'affiche répertoriant les noms de toutes les bases de données mfERG disponibles. Double-cliquez sur celui que vous souhaitez sélectionner ou cliquez dessus une fois, puis cliquez sur **OK**. Le nom de la base de données par défaut s'affiche à droite du bouton.

### Créer une nouvelle base de données

En cliquant sur ce bouton, vous serez invité à entrer le nom d'une nouvelle base de données. Vous ne serez pas autorisé à créer une base de données si une base de données du même nom existe déjà. Lorsque vous créez une base de données, celle-ci est automatiquement sélectionnée comme base de données par défaut.

Différentes bases de données sont utilisées pour stocker les données MFERG et MFVEP.

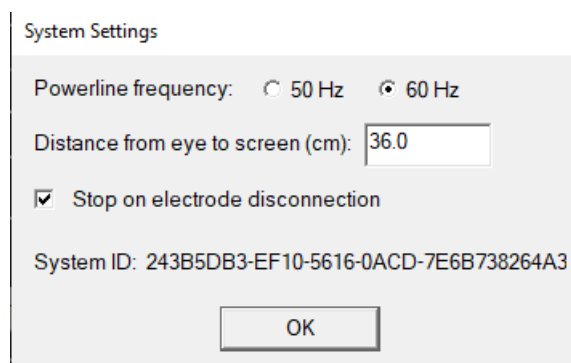
All bases de données multifocales sont stockées dans le dossier C :\Data\MFERG



**Vous ne devez pas stocker les données de mfERG version 2.0.0 ou ultérieure dans une base de données contenant des enregistrements mfERG d'une version antérieure de mfERG. Les enregistrements ne sont pas compatibles.**

## Configuration d'UTAS

En cliquant sur le bouton de configuration du système, les utilisateurs peuvent modifier des paramètres spécifiques du logiciel :



- L'utilisateur peut sélectionner la fréquence CPL principale de l'appareil à définir par défaut pour le filtrage
- L'utilisateur peut ajuster la distance entre l'œil et l'écran en fonction de la taille de l'écran et du champ de vision
- L'utilisateur peut choisir d'activer ou non l'option de déconnexion de l'électrode pendant le test. La désactivation de l'option de déconnexion de l'électrode entraînera l'ignorance des événements de déconnexion de l'électrode par l'appareil.

## Exportation de données

Pour imprimer ou exporter des données ou des graphiques dans l'une des vues d'analyse, cliquez sur l'un des boutons en bas à gauche de l'écran.

Après avoir cliqué sur le **bouton Imprimer**, un écran d'options apparaîtra (voir ci-dessous) permettant de sélectionner l'imprimante et les vues d'analyse souhaitées. All les vues sélectionnées seront imprimées sur la même page. Vous pouvez imprimer une, plusieurs ou toutes les vues d'analyse sur une seule page.

Après avoir cliqué sur le bouton **Exporter les données** ou **Exporter le graphique**, un menu contextuel s'affiche permettant d'envoyer les données/graphiques exportés dans le presse-papiers ou de les enregistrer directement dans un fichier .txt (pour les données), ou un fichier .png, .jpg ou .bmp (pour les graphiques).

Print Settings

Printer

Name: SHARP MX-2640N PCL6 Properties

Status: Ready

Type: SHARP MX-2640N PCL6

Where: 192.168.25.200

Comment:

Print range

☒ All

☐ Pages from: 0 to: 0

☐ Selection

Copies

Number of copies: 1

3 1

Sections

☒ Trace Array ☐ Amplitude Time

☐ 3-D Plot ☐ Region / Ring Ratios

OK Cancel

## Sauvegarde des données

LKC recommande de sauvegarder les bases de données existantes afin de s'assurer que les données des patients ne sont pas perdues de manière inattendue. Par conséquent, il est recommandé de sauvegarder fréquemment les données. La fréquence dépend de la quantité de données susceptibles d'être perdues. Pour sauvegarder une base de données, accédez au lecteur C local. Sous le lecteur C local, recherchez le dossier DataMFERG. Localisez le fichier de base de données souhaité se terminant par le type de fichier .mdb. Copiez la base de données et enregistrez-la sur un disque externe ou un serveur pour la sauvegarder. Il est recommandé de sauvegarder les bases de données sur un système de fichiers différent de celui de la base de données d'origine.

# GRE multifocal

## 1.0 Préambule

### 1.1 Qu'est-ce qu'un test multifocal ?

Le test multifocal est un moyen d'enregistrer un électrorétinogramme (ERG) de nombreuses régions de la rétine pour obtenir une carte de la fonction rétinienne. Un test multifocal utilise un écran d'ordinateur comme stimulateur et le divise en un certain nombre de zones de test plus petites. Chaque zone de test est stimulée à l'aide d'une séquence marche-arrêt qui diffère dans le temps de toutes les autres zones de test. Les réponses évoquées sont collectées simultanément dans toutes les zones stimulées, et les données résultantes sont traitées après l'enregistrement pour extraire les réponses individuelles.

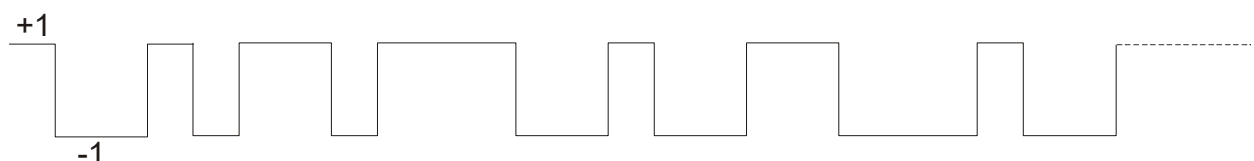
### 1.2 Comment fonctionne un GRE multifocal ?

Dans le mfERG, l'écran que le patient voit est divisé en un certain nombre d'éléments hexagonaux – de 19 à 241. Chaque hexagone stimulera une petite partie de la rétine, et le mfERG permettra d'enregistrer la réponse de cette partie séparément des autres parties de la rétine. L'amplitude de la réponse d'une rétine saine est proportionnelle au nombre de photorécepteurs contenus dans la zone stimulée. Il est conventionnel de mettre à l'échelle les hexagones mfERG de manière à ce qu'un nombre à peu près égal de photorécepteurs soient stimulés par chaque hexagone afin que chaque hexagone ait un rapport signal/bruit similaire. Il en résulte un motif qui a de petits hexagones dans la région centrale et des hexagones plus grands avec une distance croissante de la fovéa.

Les ERG multifocaux sont des tests photopiques (adaptés à la lumière) et fournissent des informations sur la voie visuelle à base de cônes. Comme pour les ERG conventionnels, le signal enregistré par l'œil provient principalement des cônes, des cellules bipolaires activées et off, des cellules de Müller et éventuellement des cellules ganglionnaires. Cependant, le mfERG n'est pas seulement « un petit ERG ». Pour une discussion complète, voir [Hood, 2000].

### 1.3 Séquences m et noyaux

En théorie, tant que chacun des hexagones/secteurs clignote dans un ordre différent, il est possible de récupérer la réponse de chacun. En pratique, la meilleure méthode pour faire clignoter les hexagones est d'utiliser une *séquence binaire pseudo-aléatoire*. Une séquence binaire pseudo-aléatoire a 2 états, désignés +1 et -1, et change d'état dans des intervalles équidistants. Dans chaque intervalle, la probabilité que la séquence soit +1 ou -1 est de 50 %. Une séquence typique pourrait ressembler à ceci :



Chaque environ 1/4" dans le graphique ci-dessus représente une seule période de stimulus (13,9 ms) sur l'écran ; Lorsque la valeur de la séquence est +1, l'hexagone/secteur clignote et lorsque la valeur de la séquence est -1, l'hexagone/secteur n'est pas clignotant. La durée du flash est d'environ 7 ms. Chaque hexagone/secteur a une séquence différente de flashes.

Les séquences binaires pseudo-aléatoires finissent par se répéter. Une séquence qui passe par toutes les permutations possibles d'un groupe d'états contigus avant de se répéter est appelée « séquence maximale » ou m-séquence. Les m-séquences utilisées dans le stimulus 103 hexagones, par exemple, utilisent des permutations d'un groupe de 15 ou 16 états contigus, et se répètent après 32 768 ou 65 536 éléments. C'est ce qu'on appelle les « longues séquences m ».

L'extraction du signal d'un hexagone individuel à partir des données enregistrées est simple : il suffit d'ajouter toutes les traces où le flash s'est produit (valeur de séquence = +1) et d'en soustraire toutes les traces où le flash ne s'est pas produit (valeur de séquence = -1). Le résultat est la réponse de la rétine recouverte par cet hexagone à un éclair de lumière. C'est ce qu'on appelle aussi le noyau de *premier ordre* du mfERG.

En utilisant la séquence binaire pseudo-aléatoire de longueur maximale (*séquence m*), il est également possible d'étudier d'autres effets. Le *noyau de second ordre* du mfERG mesure l'effet d'un flash antérieur sur la réponse au flash actuel, et est donc une mesure de l'adaptation de la rétine (en particulier de l'activité des cellules ganglionnaires). Le noyau de second ordre est plus difficile à enregistrer et à interpréter et n'est généralement pas utilisé en clinique.

## 1.4 Champ de vision

Le champ de vision de la multifocale est déterminé par 2 facteurs : la taille de l'écran du moniteur et la distance entre le moniteur et le patient. La taille des motifs utilisés dans le LKC multifocal dépend de la taille de l'écran, en suivant nos directives pour les distances de vision puis le champ de vision total de 45° ( $\pm 5^\circ$ ). Pour plus d'informations sur le calcul de la sous-tension visuelle des stimuli basés sur un moniteur, consultez les directives d'étalonnage ISCEV. [CSC, 2003]

## 1.5 Quand le mfERG est-il utile ?

Le mfERG est principalement utile pour détecter les troubles de la rétine centrale et périphérique moyenne où il peut y avoir des plaques de dysfonctionnement rétinien. Les troubles dans lesquels le mfERG s'est avéré particulièrement utile comprennent :

- Rétinopathie à hydroxychloroquine (Plaquenil)
- Rétinopathie diabétique
- Dégénérescence maculaire précoce liée à l'âge
- Syndromes du point blanc tels que MEWDS, AZOOR et choroïdite multifocale
- Occlusion de la veine ramifiée et occlusion de la veine centrale de la rétine
- Maladie de Stargardt
- Dystrophie maculaire occulte / dystrophie du cône focal
- Perte visuelle inexplicée

## 1.6 Quand le mfERG n'est-il pas utile ?

Parce que le mfERG s'appuie sur une fixation minutieuse du patient pour obtenir des enregistrements significatifs, il est moins utile dans les troubles où le patient a un grand scotome central. Dans les troubles de ce type, le patient va soit 1) se fixer avec un locus rétinien préféré autre que la fovéa, soit 2) se fixer de manière erratique. Dans les deux cas, des résultats mfERG inexacts ou trompeurs peuvent être obtenus. Les troubles associés à de grands scotomes centraux comprennent :

- Dégénérescence maculaire liée à l'âge avancée
- Œdème maculaire diabétique important
- Maladie de Stargardt avancée
- Rétinite pigmentaire avancée avec détérioration maculaire

D'autres troubles qui peuvent également empêcher un patient de se fixer suffisamment pour le test mfERG comprennent :

- Nystagmus
- Caresser
- Traumatisme crânien

## 2.0 Préparation d'un enregistrement mfERG

### 2.1 Le patient

Avant l'enregistrement, le patient doit être dilaté avec un mydriatique de courte durée tel qu'un tropicamide à 1% (*Mydriacyl* , *Mydral*, etc.). Attendez au moins 15 minutes pour que le médicament fasse effet. Le patient ne doit **pas** être adapté à l'obscurité pour ce test, mais s'il a été exposé à des lumières vives (telles que la lampe à fente, la photographie du fond d'œil, l'angiographie à la fluorescéine), attendez au moins 10 minutes avant le test.

Étant donné que ce test nécessite de longues périodes de fixation sans clignement des yeux (15 secondes à la fois), nous recommandons d'utiliser un anesthésique local dans les deux yeux, même si l'enregistrement n'est effectué qu'à partir d'un œil. L'anesthésie dans l'œil controlatéral permettra au patient d'éviter plus facilement de cligner des yeux pendant le test.

### 2.2 Électrodes



***Un contact d'électrode médiocre ou instable est une cause majeure d'enregistrements mfERG de mauvaise qualité. Nous vous recommandons de porter une attention particulière à la préparation, au placement et au nettoyage appropriés des électrodes pour l'enregistrement mfERG.***



### 2.2.1 Électrode active

Les meilleurs enregistrements mfERG seront obtenus à l'aide d'électrodes de lentilles de contact bipolaires telles que l'électrode de Burian-Allen montrée à droite, ou l'électrode bipolaire Mayo. Si vous utilisez une électrode bipolaire, branchez la lentille de contact (fil blanc ou rouge) dans le canal 1 + et le spéculum (fil noir) dans le canal 1 -. Si vous enregistrez à la jumelle, branchez la deuxième électrode de la même manière dans le canal 2. L'électrode de Burian-Allen est également disponible dans une configuration monopolaire ; Les électrodes monopolaires de Burian-Allen nécessitent l'utilisation d'une électrode indifférente séparée (voir section 2.2.2). L'anesthésique doit être utilisé sur l'œil avec cette électrode.



Vous pouvez obtenir de bons enregistrements mfERG en utilisant l'électrode DTL. L'électrode DTL Plus (disponible chez LKC Technologies) dispose de 2 coussinets en mousse adhésifs pour maintenir le fil en place. Nettoyez le nez près du canthus nasal et la peau près du canthus temporal avec de l'alcool et laissez-le sécher. Placez le plus petit tampon en mousse adhésive au niveau du canthus nasal avec le fil pointé vers l'œil. Pendant que le patient lève les yeux, drapiez le fil sur la sclérotique au-dessus de la paupière inférieure, puis fixez le plus grand coussinet en mousse adhésive à la peau près du canthus temporal. Lorsque le patient regarde droit devant lui, le fil doit être en contact avec la cornée. L'anesthésie est facultative avec cette électrode.



Les électrodes ERG Jet peuvent également être utilisées comme électrodes monopolaires. Ces électrodes sont des électrodes à lentilles de contact avec une région de contact en anneau doré. L'anesthésique doit être utilisé sur l'œil avec cette électrode.

### 2.2.2 Électrode indifférente

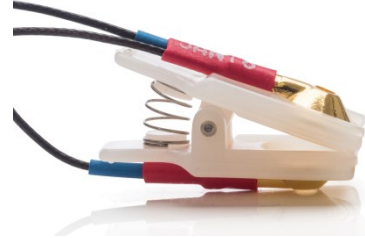
Si vous utilisez une électrode monopolaire, placez l'électrode indifférente (de référence) près du canthus temporal de l'œil à partir duquel vous enregistrez, ou alternativement sur le front. Quoi qu'il en soit, nettoyez le site de l'électrode avec un tampon de préparation ou de l'alcool pour éliminer les huiles de la peau, le maquillage, etc. avant de fixer l'électrode.

Si vous utilisez le canthus temporal, utilisez une électrode à coupe en or (VEP) avec de la crème d'électrode (pas de gel) et placez-la aussi près que possible du canthus temporal. (Si vous avez utilisé une électrode DTL Plus, mettez d'abord le DTL car le tampon en mousse adhésive doit être situé avec précision. Placez ensuite l'électrode indifférente.) Connectez les électrodes actives au canal 1 + (et 2 + si vous enregistrez à partir de deux yeux) et l'électrode indifférente au canal 1 - (et 2 - ).

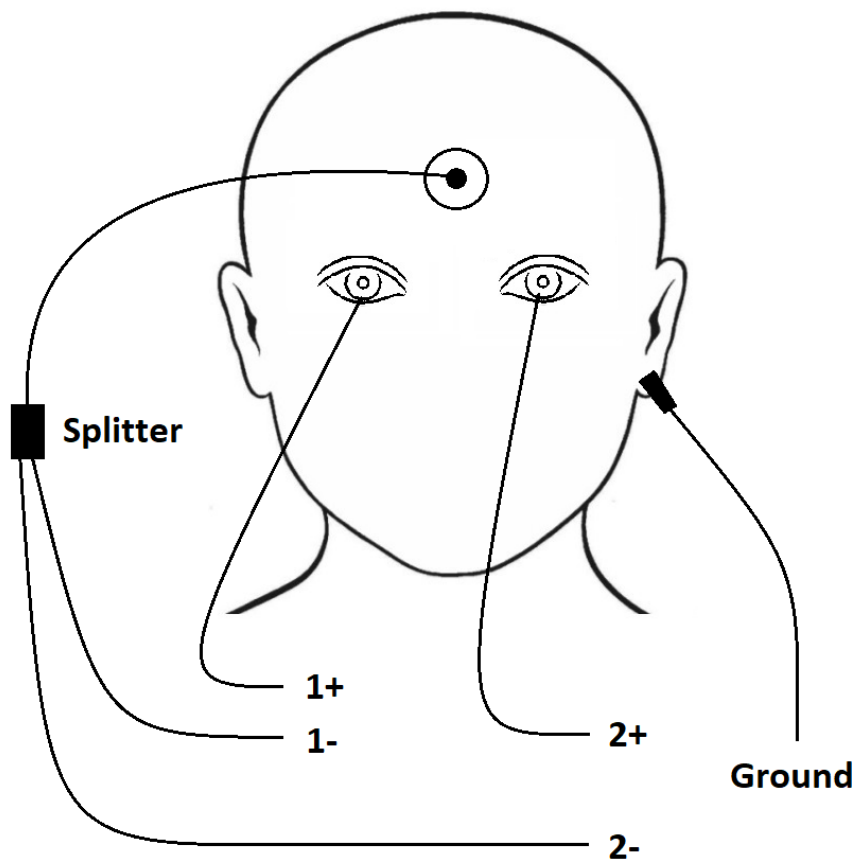
Si vous choisissez le front pour votre électrode indifférente, utilisez une électrode ECG et un clip de masse. Ou vous pouvez utiliser une électrode à coupe en or (VEP) avec de la crème d'électrode.

### 2.2.3 Électrode de masse

Une électrode à clip d'oreille constitue une excellente mise à la terre. Nettoyez un lobe d'oreille avec de l'alcool et laissez-le sécher. Placez le gel d'électrode (pas de crème) dans les deux tasses de l'électrode et placez-le sur le lobe d'oreille préparé. Connectez cette électrode à l'entrée de masse (G).

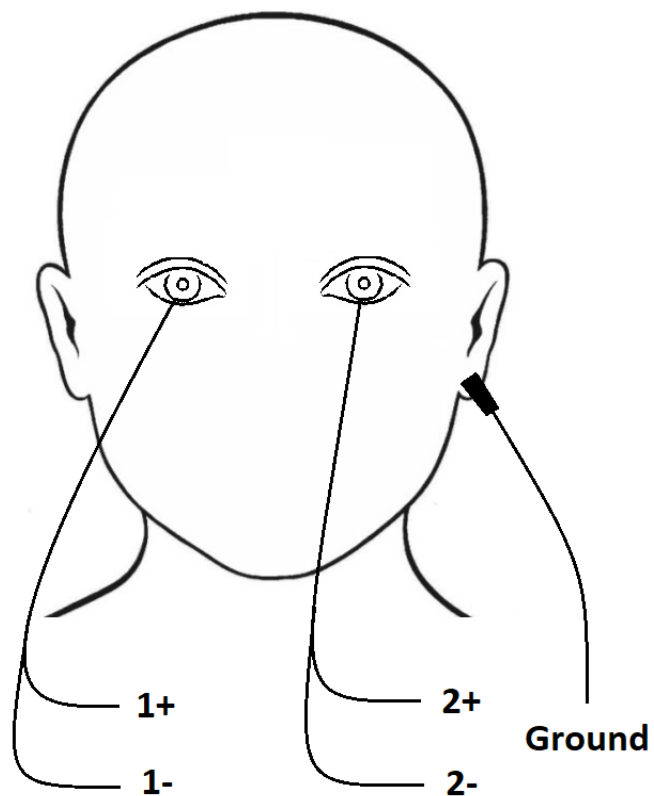


**Configuration de l'ERG à l'aide d'électrodes monopolaires (c.-à-d. ERG-Jet, DTL).** Notez que l'électrode de mise à la terre est un clip d'oreille rempli de gel, les électrodes de référence sont des électrodes à coupelle en or remplies de crème, et l'électrode positive ou active est illustrée ici avec une électrode de type lentille cornéenne monopolaire (conservez la même configuration pour tout autre type d'électrode ERG monopolaire).



**Placement d'électrodes monopolaires (ERG-Jet, DTL...)**

**Mise en place ERG/MFERG à l'aide d'électrodes bipolaires (Burian-Allen).** Notez que l'électrode de mise à la terre est un clip d'oreille rempli de gel.



**Placement de l'électrode des lentilles de contact bipolaires**

## 2.3 Réfraction

« Il y a une certaine controverse sur la question de savoir si l'acuité est critique pour le mfERG, au moins dans une plage de  $\pm 6D$  de l'emmétropie, de sorte que certains experts jugent la réfraction inutile dans ces limites. » [Marmor, 2003]

Si vous choisissez de réfracter vos patients avant l'enregistrement, nous vous recommandons d'inclure un ajout de +3 D (lentille dioptrique) pour compenser la distance de l'écran d'enregistrement (~30 cm). De plus, vous devez savoir qu'une correction réfractive importante modifiera la taille de la rétine des éléments du motif et peut limiter votre capacité à comparer les résultats entre les patients.

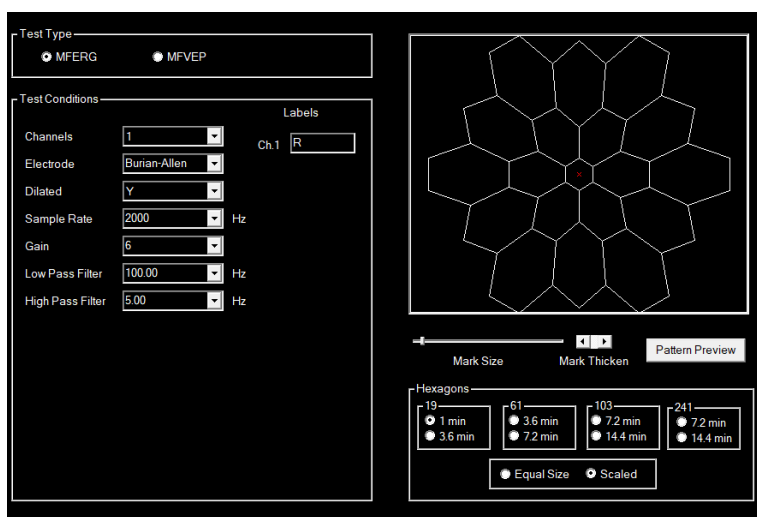
## 2.4 Éclairage ambiant

Le mfERG est un test photopique et doit être effectué avec les lumières de la pièce allumées. L'intensité lumineuse idéale pour les lumières de la pièce est celle qui produit un éclairage au sujet proche de celui de la moyenne de l'écran de stimulus ( $100 \text{ cd} / \text{m}^2$ ). Si les lumières de la pièce sont trop vives, il peut y avoir des reflets de l'écran du patient qui interféreront avec l'enregistrement du mfERG.

## 2.5 Problèmes avec les patients malvoyants

Les patients présentant une déficience visuelle centrale importante auront de la difficulté à se fixer sur l'écran. La cible de fixation habituelle est un petit « X » au milieu de l'hexagone central. Cette cible de fixation peut être allongée et épaissie. La **commande Taille du repère** détermine la longueur des pattes du « X », tandis que la commande **Epaissir la marque** détermine l'épaisseur des pattes.

Les patients ayant une mauvaise vision centrale peuvent parfois se fixer en centrant le « X » élargi dans leur vision restante. Ceci, cependant, est un mouvement de désespoir car il est peu probable que leur fixation reste suffisamment stable pour de bons enregistrements mfERG. En général, vous ne devez pas modifier la fixation « X » par rapport à la taille par défaut, car cela masquerait une plus grande proportion des hexagones mfERG, ce qui entraînerait une diminution de l'amplitude de réponse.



## 2.6 Surveillance de la fixation

Une caméra est fournie pour vous permettre de surveiller le patient lors des tests multifocaux. La caméra est montée sur le bord supérieur du moniteur du stimulateur. L'image de la caméra s'affiche sur l'écran de l'opérateur de l'ordinateur. Cette caméra vous permet de voir si :

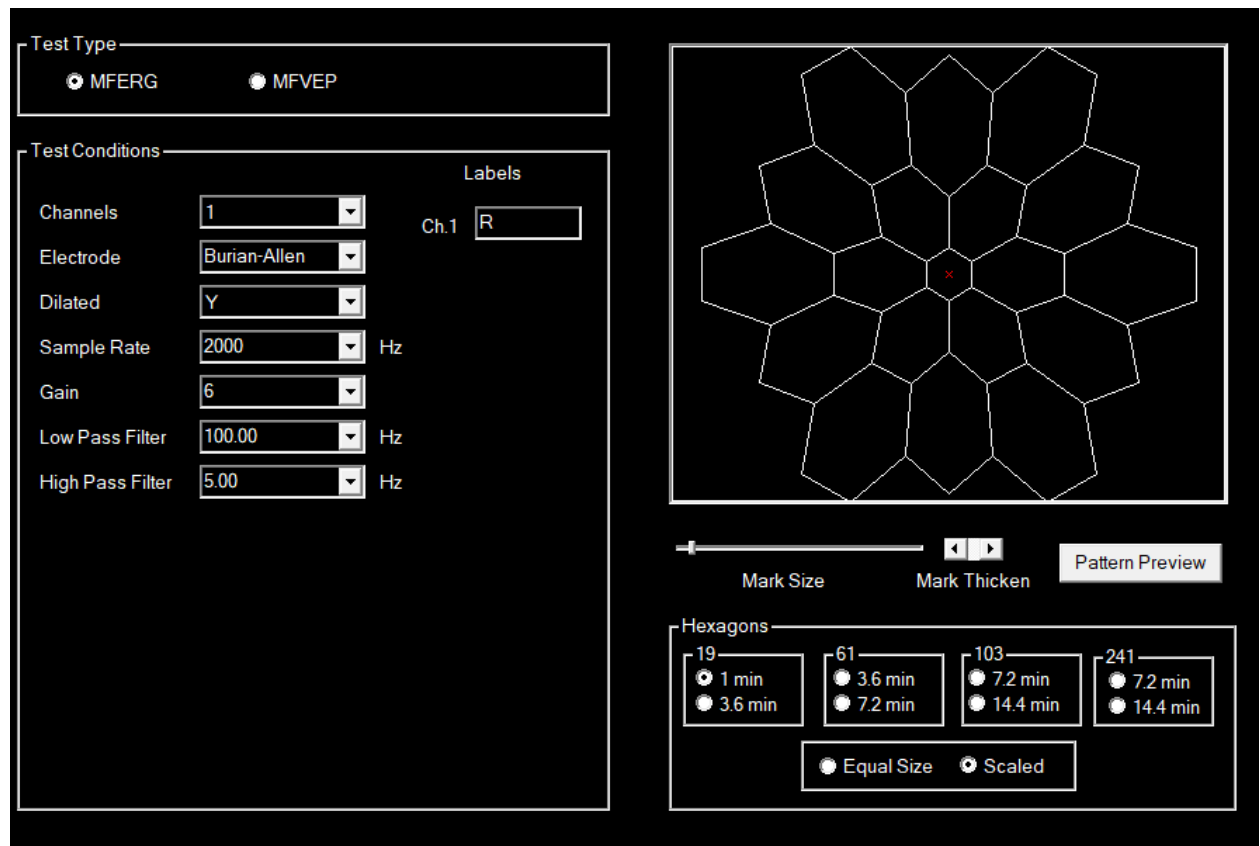
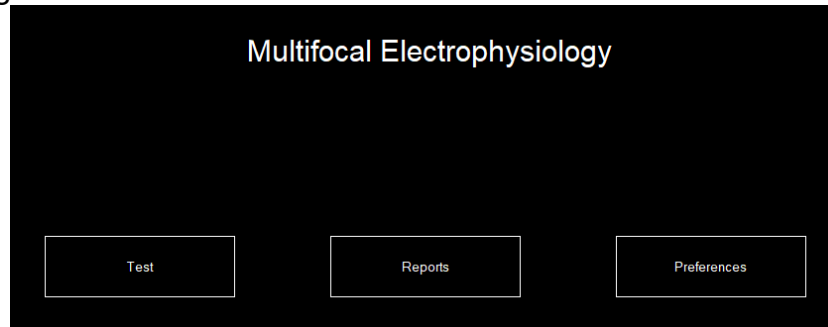
- le patient cligne des yeux ou bouge les yeux,
- une électrode est tombée, ou

- Le patient est grossièrement défixant.

La caméra ne vous permet pas de déterminer si le patient est légèrement décalé comme dans le cas d'un patient avec un scotome central en utilisant un autre locus rétinien préféré. Rien de moins qu'une caméra rétinienne ne vous permettra de déterminer si l'hexagone central tombe directement sur la fovéa.

### 3.0 Exécution du test

Ouvrez le logiciel Multifocal et sélectionnez *Tester*.

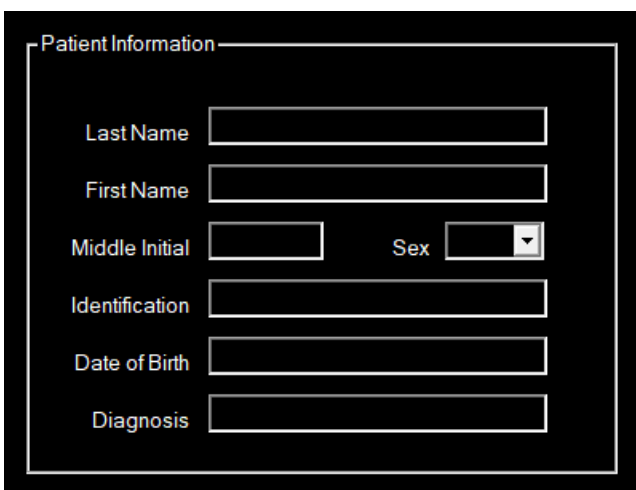


### 3.1 Type d'essai

Sélectionnez MFERG, si l'option n'apparaît pas, cela signifie que vous n'avez pas de licence MFERG. Reportez-vous à la section Configuration UTAS de ce manuel pour effectuer la mise à niveau.

### 3.2 Renseignements sur le patient

Le nom de famille ou l'identification et la date de naissance sont requis pour commencer un test.



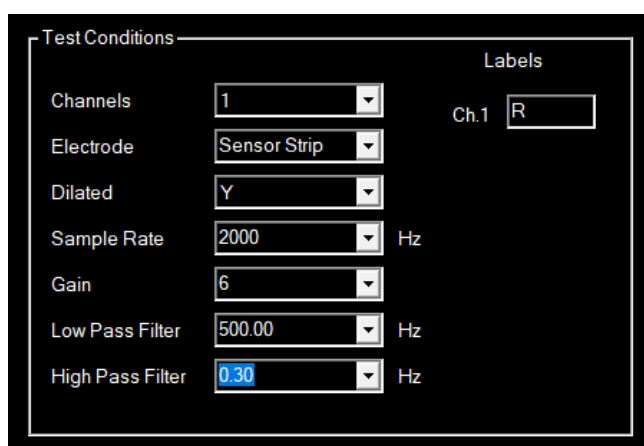
A screenshot of a 'Patient Information' form. It contains several input fields: 'Last Name', 'First Name', 'Middle Initial', 'Identification', 'Date of Birth', and 'Diagnosis'. There is also a 'Sex' field with a dropdown arrow. The form is enclosed in a black border with a white title bar.

### 3.3 Canaux et étiquettes

Numéro de canal : tous les UTAS peuvent enregistrer de manière monoculaire ou binoculaire. Le logiciel utilise automatiquement par défaut l'œil droit dans le canal 1 et l'œil gauche dans le canal 2.



**Si vous n'enregistrez qu'à partir d'un seul œil/1 canal à la fois, utilisez toujours le canal 1.**



A screenshot of a 'Test Conditions' form. It has two main sections: 'Test Conditions' and 'Labels'. The 'Test Conditions' section includes dropdown menus for 'Channels' (set to 1), 'Electrode' (Sensor Strip), 'Dilated' (Y), 'Sample Rate' (2000 Hz), 'Gain' (6), 'Low Pass Filter' (500.00 Hz), and 'High Pass Filter' (0.30 Hz). The 'Labels' section has a 'Ch.1' label with a dropdown set to 'R'.

### 3.4 Sélection du motif

Il y a trois éléments à prendre en compte dans le choix d'un test mfERG :

- Nombre d'hexagones
- Mise à l'échelle des hexagones
- Longueur de la séquence  $m$

Le logiciel mfERG vous offre plusieurs choix de nombre d'hexagones et de longueur de séquence  $m$  pour répondre à vos besoins cliniques.

#### *Nombre d'hexagones*

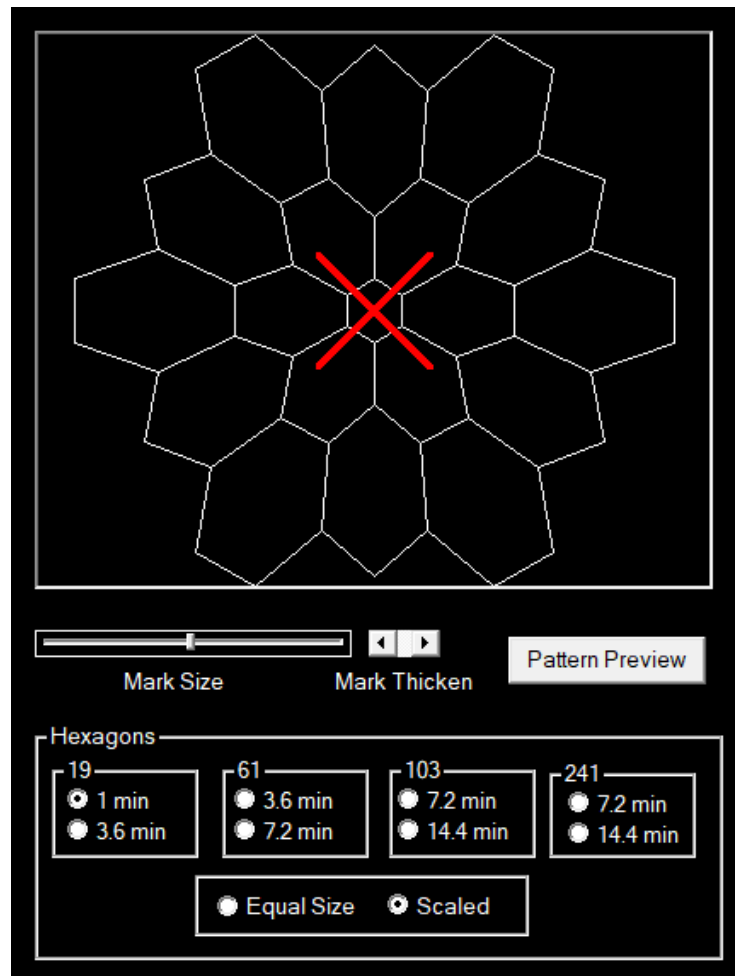
Plus le nombre d'hexagones à partir desquels vous enregistrez est grand, plus le signal de chaque hexagone sera petit. Étant donné que le bruit généré pendant l'enregistrement est indépendant de la taille de l'hexagone, des hexagones plus grands (qui produisent des signaux plus élevés) donnent un meilleur rapport signal/bruit et permettent ainsi des temps d'enregistrement plus courts d'un patient. Ainsi, en général, vous devez enregistrer en utilisant le plus petit nombre d'hexagones

qui vous permettront de résoudre le trouble. Nous constatons que 61 hexagones constituent un bon compromis pour de nombreux troubles.

### Mise à l'échelle des hexagones

Si vous enregistrez à l'œil nu, nous vous recommandons d'utiliser les hexagones à l'échelle. La mise à l'échelle des hexagones avec l'excentricité est telle que chaque hexagone stimule à peu près le même nombre de cônes, ce qui conduit à des réponses d'amplitude à peu près égales dans chaque hexagone.

Si vous enregistrez à partir d'animaux, nous vous recommandons d'utiliser des hexagones de taille égale. Les mfERG utilisant des hexagones de taille égale sont plus faciles à interpréter lorsque la fixation est incertaine. De plus, de nombreuses espèces animales ont des profils de densité de cônes qui sont significativement différents de ceux des humains.



### Séquences m

Des séquences m *plus longues* permettent une plus grande moyenne des données et fournissent ainsi des enregistrements plus silencieux. Lors de l'utilisation d'électrodes plus bruyantes, telles que les électrodes DTL, une séquence m plus longue doit être utilisée. En général, le bruit diminue de la racine carrée de la durée d'enregistrement, de sorte qu'un enregistrement 4 fois plus long réduira le bruit à environ 1/2 de sa valeur d'origine. LKC classe les m-séquences en fonction du temps approximatif nécessaire pour terminer un enregistrement. (Puisque nous présentons des stimuli à la vitesse de 72 Hz, il y a  $72 \times 60 = 4320$  stimuli par minute.)

| Time d'enregistrement | Longueur de la séquence m |
|-----------------------|---------------------------|
| 1 min (en anglais)    | 4 096 (12 bits)           |
| 4 min (en anglais)    | 16 384 (14 bits)          |
| 8 min (en anglais)    | 32 768 (15 bits)          |
| Durée : 15 min        | 65 536 (16 bits)          |



Les durées d'enregistrement recommandées pour les différentes électrodes sont les suivantes :

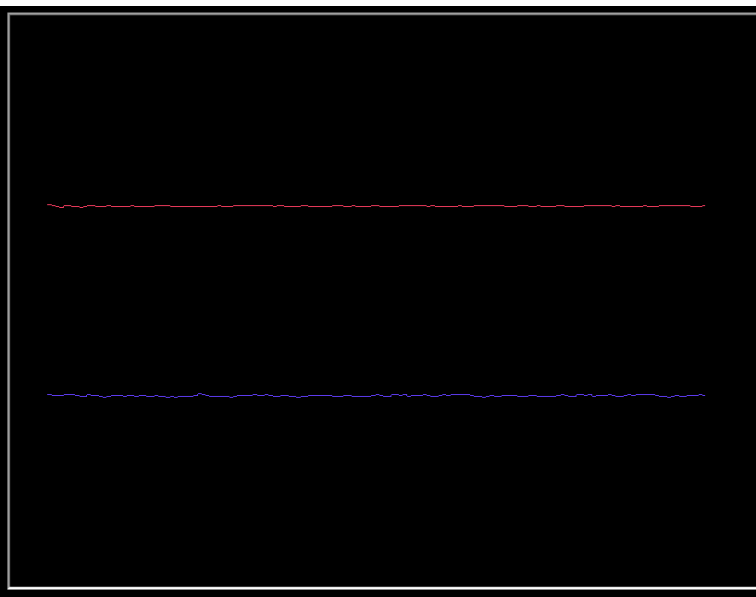
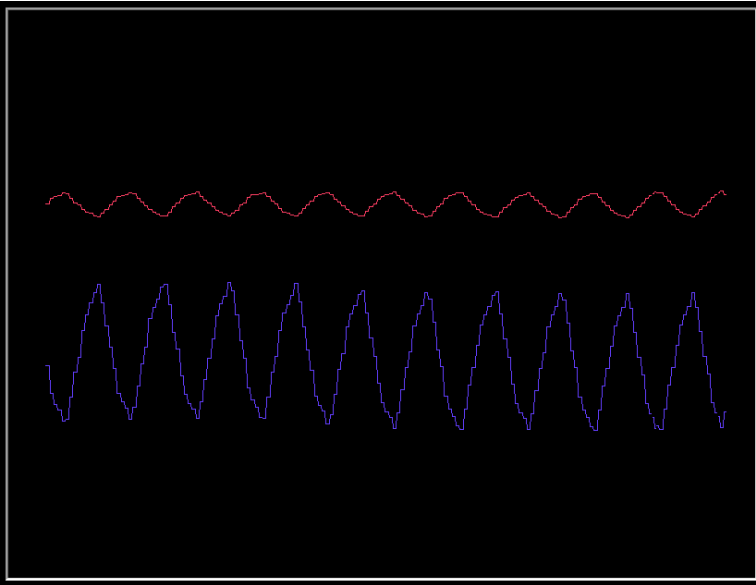
| Hexagones | Enregistrement avec des électrodes Burian-Allen | Enregistrement avec des électrodes DTL ou ERG Jet |
|-----------|---|---|
| 19        | 1 min (en anglais)                              | 4 min (en anglais)                                |
| 61        | 4 min (en anglais)                              | 8 min (en anglais)                                |
| 103       | 8 min (en anglais)                              | Durée : 15 min                                    |
| 241       | 8 min enregistré deux fois et moyenné           | 15 minutes enregistrées 4 fois et moyenne         |

### 3.5 Données d'enregistrement



#### Ligne de base

Une fois que les électrodes sont placées sur le patient et connectées à l'amplificateur ou au câble du patient, vous devez exécuter la ligne de base pour vous assurer que les connexions fonctionnent toutes correctement et que le patient est capable de maintenir une fixation stable. Demandez au patient de mettre son menton dans la mentonnière et d'ajuster la hauteur de l'appui-tête si nécessaire. Ensuite, demandez au patient de regarder directement la fixation rouge « X » sur l'écran. Cliquez sur **Ligne de base**. L'UTAS commencera à collecter des données sans présenter de stimulus et vous permettra d'observer les données de base du patient. Des exemples de bons et de mauvais tracés de base sont présentés ci-dessous.

|   |   |
|---|---|
| <p>Bonne base de référence</p>  |   |
| <p>Mauvaise base de référence</p> <p>Cette ligne de base a un bruit secteur excessif (50/60 Hz). Il est très probablement causé par une mauvaise connexion de l'électrode, bien qu'il existe d'autres explications possibles au bruit.</p> <p>L'analyse comprend l'élimination des interférences des lignes électriques, de sorte que l'élimination complète des interférences des lignes électriques n'est pas nécessaire.</p> |  |

### 3.6 Enregistrement

Le logiciel LKC mfERG divise les enregistrements en une série de **segments**. Au cours de chaque segment, le patient doit se fixer sur la cible de fixation sans cligner des yeux. Après chaque segment, le patient peut cligner des yeux ou se reposer avant de continuer. Les *m-séquences* plus longues ont plus de segments.

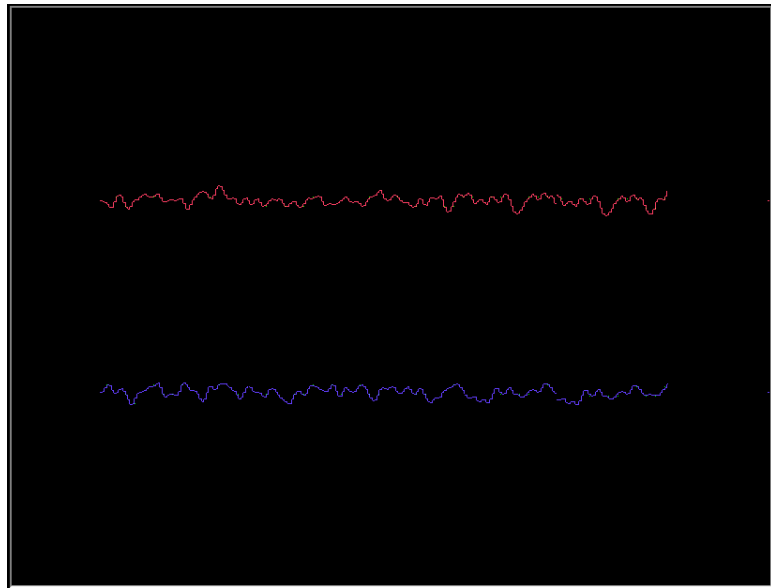
Chaque segment se compose d'un certain nombre d' **étapes**. Chaque étape est une présentation de stimulus, il y a donc 72 étapes par seconde. Il y a 1024 étapes par segment, donc un segment a une durée de  $1024 / 72 = 14$  secondes, plus une autre fraction de seconde pour la synchronisation et la fusion des segments. La progression de chaque segment est affichée à l'écran sous la forme d'une fraction du nombre total

d'étapes du segment, par exemple 257/1024. La progression du segment est mise à jour toutes les 16 étapes.

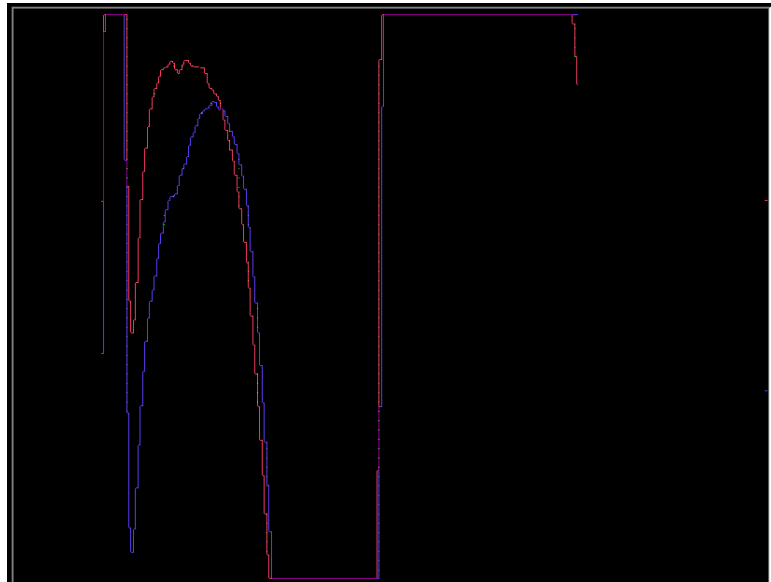
Pendant l'enregistrement, une fenêtre affichera les données de chacune des 16 étapes. Vous devez surveiller attentivement les données affichées pour vous assurer qu'aucun mouvement oculaire ou autre artefact ne contamine l'enregistrement. Des exemples de bons et de mauvais tracés sont présentés ci-dessous. En général, si les données enregistrées semblent sortir de la fenêtre, l'artefact est d'une taille inacceptable et ce segment doit être réenregistré.

Lors de l'enregistrement d'un segment, **l'interruption** peut être utilisée si le patient a cligné des yeux ou s'est déplacé et que vous devez répéter le segment en cours.

Il s'agit d'une bonne trace d'enregistrement lors de l'acquisition.

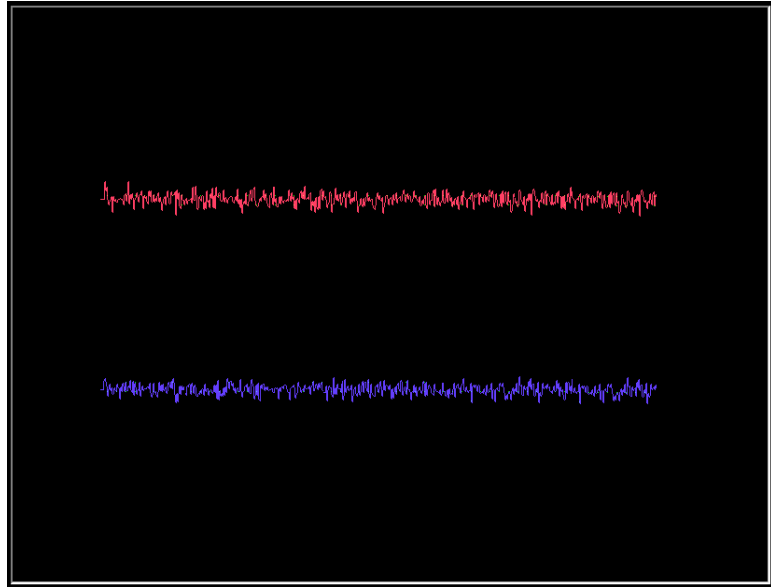


Il s'agit d'un exemple d'artefact de clignement pendant l'enregistrement. Si trop d'artefacts de clignement se produisent, le segment doit être interrompu (cliquez sur le bouton **Interrompre**) et répété (cliquez sur le bouton **Répéter**).

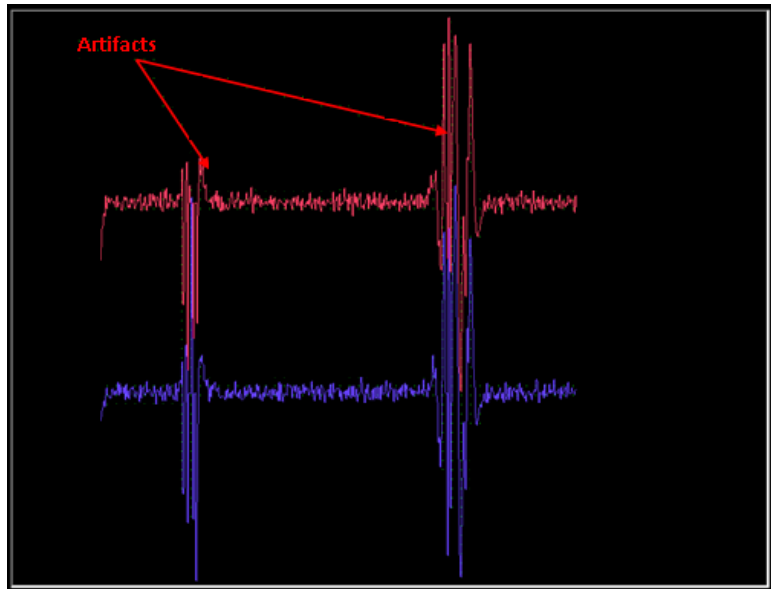


À la fin du segment, un traitement initial visant à éliminer les artefacts est effectué et le segment est affiché. À ce stade, le segment peut être répété ou vous pouvez continuer avec le **segment Next**.

C'est un bon enregistrement. La réponse de l'œil au signal mfERG est visible (petites ondelettes), il n'y a pas de grands mouvements oculaires et toutes les données sont dans les limites de l'écran et sont relativement cohérentes en amplitude.



Il s'agit d'un segment contenant deux grands mouvements oculaires. Le mouvement oculaire a une amplitude plus grande que le reste de la forme d'onde. Les artefacts de clignotement seront supprimés par les algorithmes de traitement. Toutefois, si le pourcentage d'artefacts affichés au-dessus du graphique est supérieur à quelques pour cent, le segment doit être réenregistré. Dans ce cas, sélectionnez **Répéter le segment** pour réenregistrer.



Continuez à enregistrer jusqu'à ce que tous les segments soient terminés. Cliquez ensuite sur **Enregistrer le test** pour stocker les données.

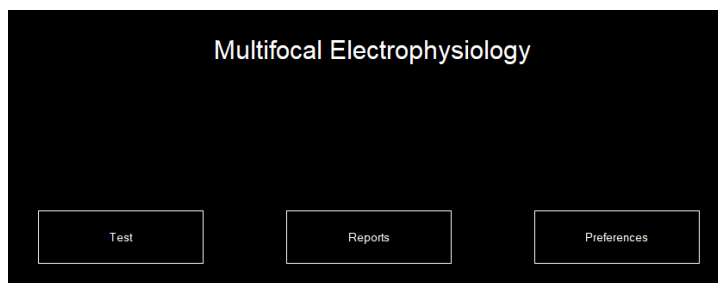
Une fois les données stockées, l' écran **d'analyse** s'affiche.

## 4.0 Analyse des données et rapport du MFERG

Les résultats mfERG peuvent être influencés par le stimulateur exact utilisé, par conséquent, le fabricant et le modèle du stimulateur doivent être inclus dans les rapports pour aider à comparer les données mfERG aux résultats d'un UTAS utilisant un type de stimulateur différent.

### 4.1 Trouver les données d'un patient

The screenshot shows a software window titled "Multifocal Electrophysiology". At the top, there is a "Test Type" section with two radio buttons: "MFERG" (selected) and "MFVEP". Below this is a "Patient Information" section containing several input fields: "Last Name" (Dowd), "First Name" (Elwood), "Middle Initial" (P), "Gender" (M with a dropdown arrow), "Date of Birth" (02-20-1904), "ID", "Diagnosis", and "Test Date". At the bottom of the form are three buttons: "Search", "Clear All", and "Back".



Démarrez Multifocal Software et accédez à **Rapports**.

Sélectionnez MFERG dans le type de test

Entrez ensuite vos paramètres de recherche (exemple à droite)

Cliquez sur **Rechercher** pour afficher tous les enregistrements mfERG avec les paramètres correspondants.

**Clear All** effacera tous les champs d'informations sur le patient

Cliquez sur **Retour** pour accéder au Main Menu

Sélectionnez jusqu'à 4 enregistrements dans la liste. Les enregistrements devront être du même **type** de test et **de la même durée de test** afin d'être récupérés ensemble.

Sélectionnez en cliquant avec le bouton gauche de la souris.

| Index | Name      | BirthDate  | TestDate   | TestType | TestLength | Label/Eye |  |
|-------|-----------|------------|------------|----------|------------|-----------|--|
| 0     | test      | 01/01/2011 | 09/23/2019 | 19       | 1 min      | R         |  |
| 1     | test      | 01/01/2011 | 09/23/2019 | 19       | 1 min      | R         |  |
| 2     | Doe, John | 03/01/1970 | 09/23/2019 | 19       | 1 min      | R         |  |
| 3     | Doe, John | 03/01/1970 | 09/23/2019 | 19       | 1 min      | L         |  |
| 4     | Doe, John | 03/01/1970 | 09/23/2019 | 61       | 3.6 min    | R         |  |
| 5     | Doe, John | 03/01/1970 | 09/23/2019 | 61       | 3.6 min    | L         |  |
| 6     | Doe, John | 03/01/1970 | 09/23/2019 | 103      | 7.2 min    | R         |  |
| 7     | Doe, John | 03/01/1970 | 09/23/2019 | 103      | 7.2 min    | L         |  |
| 8     | mf-557    | 08/08/1999 | 10/30/2019 | 19       | 1 min      | R         |  |
| 9     | JS        | 09/06/1990 | 10/31/2019 | 61       | 7.2 min    | R         |  |
| 10    | JS        | 09/06/1990 | 10/31/2019 | 61       | 7.2 min    | L         |  |
| 11    | mf570     | 08/08/1999 | 11/18/2019 | 19       | 1 min      | R         |  |
| 12    | mf553     | 08/08/1999 | 11/18/2019 | 19       | 1 min      | Right     |  |
| 13    | mf553     | 08/08/1999 | 11/18/2019 | 19       | 1 min      | Left      |  |

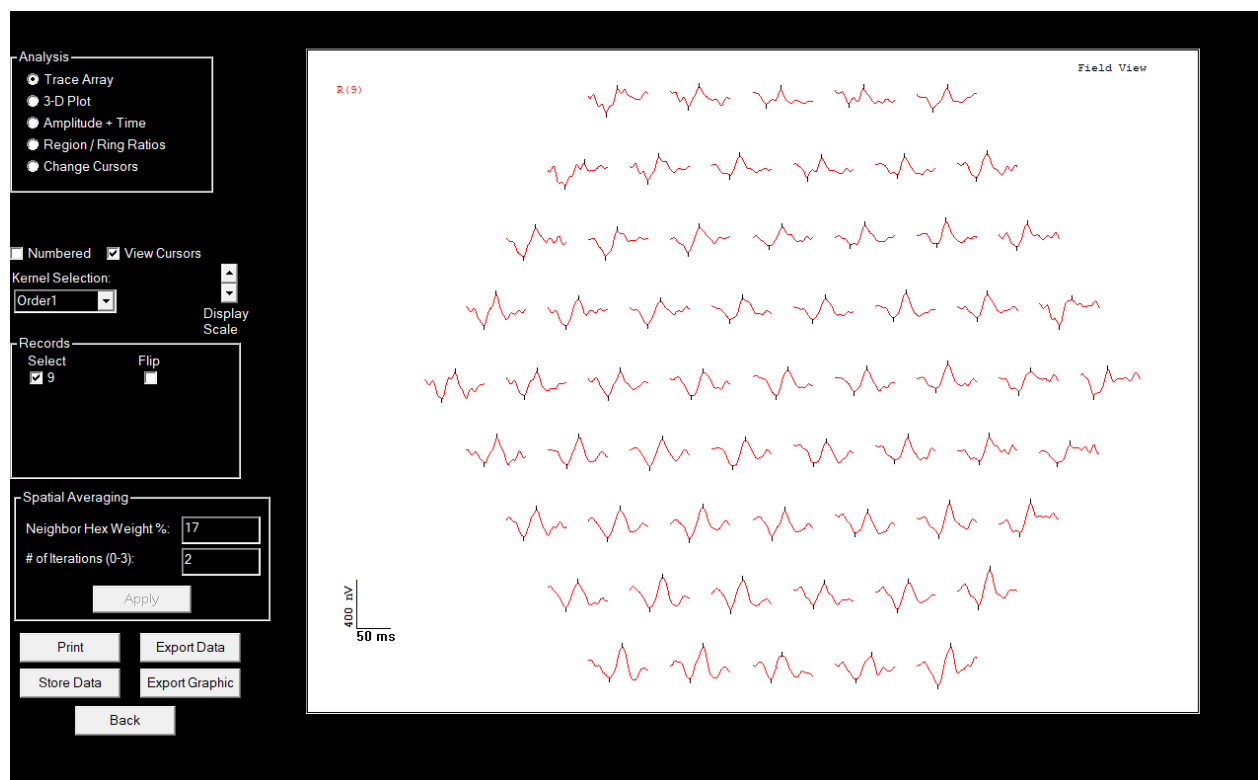
Cliquez sur **Next** pour accéder à la page Analyse

## 4.2 Analyse des données

Pour toutes les analyses mfERG, le noyau de 1er ordre est la sélection par défaut.

### Tableau de traces

La vue **Trace Array** affiche les formes d'onde mfERG individuelles pour chaque hexagone. Il s'agit de la vue la plus importante de vos données, car elle indique si des artefacts sont présents et vous permet d'interpréter au mieux les formes d'onde mfERG. Vous devez toujours imprimer la vue Trace Waveform dans le cadre d'un rapport. Les réseaux de traces sont présentés dans la vue de champ : la forme d'onde la plus à droite résulte de l'hexagone le plus à droite de l'écran (sauf si l'**option Inverser** est cochée) et la ligne supérieure de formes d'onde résulte de la rangée supérieure d'hexagones à l'écran.



Vous pouvez régler l'agrandissement des formes d'onde à l'écran à l'aide du curseur **Échelle d'affichage**. En cliquant sur la flèche vers le haut, les formes d'onde s'agrandissent. L'échelle en bas à gauche de l'écran changera pour que l'amplitude correcte de la forme d'onde soit affichée.

- **Numéroté** Active la numérotation séquentielle des pistes individuelles.
- **Afficher les repères** placés par le logiciel pour N1 et P1 (coché par défaut)
- **Chiquenaude** Reflète les formes d'onde autour d'une ligne verticale. Il fait apparaître un œil droit comme un œil gauche ou vice-versa. Il peut être utile pour chevaucher les yeux droit et gauche.

Dans cet écran, vous devez regarder le placement des curseurs sur les formes d'onde (la case **Afficher les curseurs** doit être cochée pour voir les curseurs). S'il y a des hexagones pour lesquels les curseurs semblent mal placés, vous pouvez les ajuster à l'aide de l'option **Modifier les curseurs** en cours d'analyse dans le coin supérieur gauche de l'écran, comme décrit ci-dessous.

Si vous avez sélectionné plusieurs enregistrements, vous pouvez activer ou désactiver l'affichage des formes d'onde individuelles en cochant la case **Sélectionner** en regard de celles-ci.

Cochez la case **Moyenne** pour afficher la moyenne de toutes les formes d'onde sélectionnées.

## Modifier les curseurs



Les curseurs sont automatiquement placés sur les formes d'onde à l'aide d'une routine d'étirement de modèle. [Hood 1998]. Bien que cette technique place presque toujours les curseurs pour N1 et P1 au bon endroit, vous devez revoir le placement des curseurs sur la forme d'onde. Si vous estimez qu'ils doivent être ajustés, vous pouvez le faire dans l' **écran Modifier les curseurs**. Si vous cliquez sur la case d' **option Modifier les curseurs**, l'écran de droite s'affiche.



Vous pouvez voir la réponse de chaque hexagone en cliquant sur le curseur en haut à gauche de l'écran. Si vous n'êtes pas d'accord avec la position du curseur, vous pouvez utiliser la souris pour ajuster le placement des curseurs sur N1 et P1.

**Cliquez sous la forme d'onde pour placer le curseur sur N1**

**Cliquez au-dessus de la forme d'onde pour placer le curseur sur P1**

Une fois que vous avez corrigé les erreurs de placement du curseur, vous êtes prêt à poursuivre l'analyse de vos formes d'onde. Remarque : Les réglages de la position du curseur ne sont pas enregistrés avec la forme d'onde.

Si plusieurs formes d'onde ont été sélectionnées et qu'une moyenne a été calculée, l'**option Modifier les curseurs** vous permet de modifier l'emplacement du curseur sur la moyenne des formes d'onde sélectionnées.

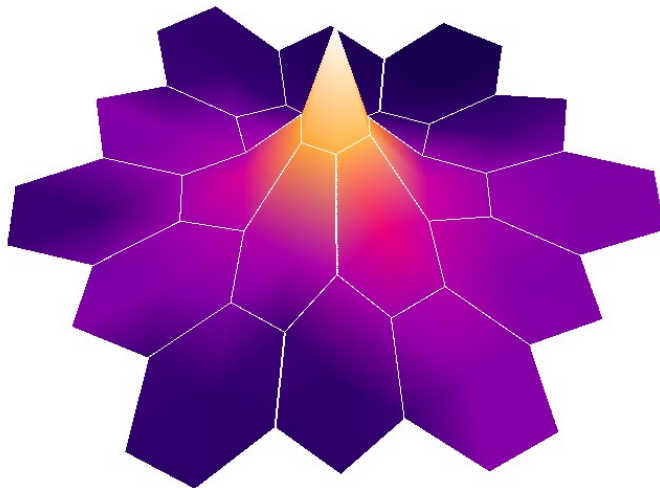
## Amplitude et Time

Si vous souhaitez afficher les valeurs numériques des amplitudes hexagonales individuelles et des temps implicites, cliquez sur l' **analyse Amplitude et Time**. L'écran vous montrera l'amplitude de la forme d'onde (P1 – N1) sous forme de tension et le temps implicite de P1 en millisecondes. Ceci est indiqué par la légende en bas à gauche de la zone graphique. Vous pouvez désactiver la numérotation des hexagones en décochant la **case Numéroté**.



Si plusieurs formes d'onde ont été sélectionnées et moyennées, cette vue affichera l'amplitude et le temps des curseurs de la forme d'onde moyennée.

## Tracé 3D

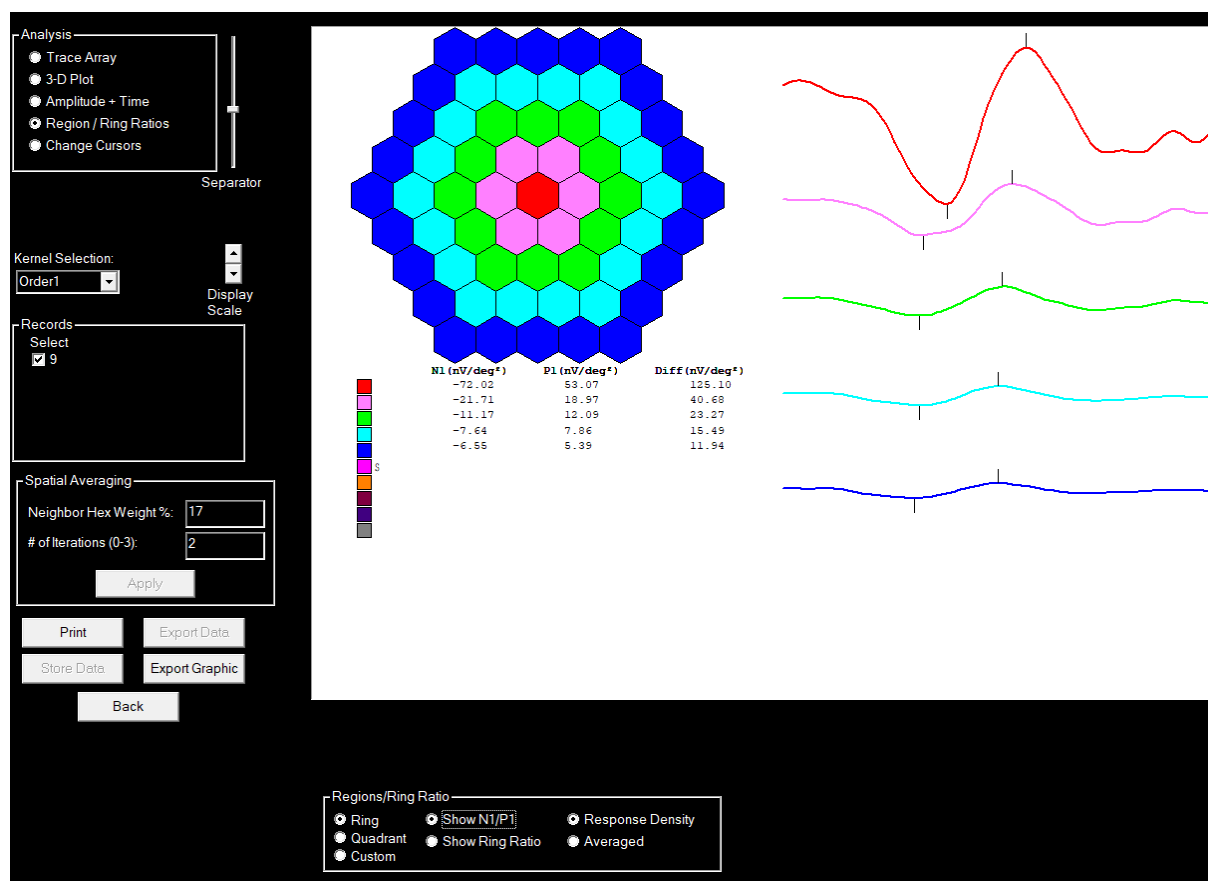


Le tracé 3D est sans doute le plus mal utilisé des affichages de données mfERG, dans le graphique 3D, les données sont représentées en  $nV/\text{deg}^2$ . C'est-à-dire que la valeur du mfERG pour un hexagone est divisée par l'aire de l'hexagone (en degrés carrés d'angle visuel). Étant donné que la densité de cônes est la plus élevée dans la fovéa, le graphique 3D doit montrer un pic d'amplitude à la fovéa. Cependant, le Dr Don Hood de l'Université Columbia a montré qu'un tracé 3D convaincant et normal peut être généré en plaçant les électrodes dans un b cher de solution saline. Cela est vrai parce que le bruit dans chaque hexagone est constant, de sorte que le tracé 3D   l'échelle a une apparence presque normale. Par conséquent, il est important de visualiser les formes d'onde de trace avant d'essayer d'interpréter le tracé 3D.

Vous pouvez modifier l'apparence du tracé 3D en inclinant l'un des 2 plans à l'aide des curseurs immédiatement à droite et immédiatement en dessous de la zone graphique.

## Calcul de la moyenne des régions

Dans certains troubles, le mfERG est affecté selon un schéma régional. Par exemple, dans la toxicité du Plaquenil, les amplitudes mfERG sont affectées dans les anneaux péricentraux. Dans ces cas, il peut être judicieux de regrouper les régions du mfERG à des fins d'analyse. Voir [Lyons 2007] pour un bon exemple. Lorsque vous cliquez pour la première fois sur le **bouton Region/Ring Ratio**, vous verrez apparaître un écran où tous les hexagones sont moyennés en une seule réponse.



Le logiciel mfERG vous offre la possibilité de créer vos propres régions, ainsi que deux groupes régionaux par défaut communs.

## **Créer vos propres régions**

Pour créer une région de votre propre conception, vous devez d'abord cliquer sur **Personnalisé** dans la case **Régions/Rapport d'anneau**. Et puis sélectionnez l'une des cases colorées en bas à gauche de l'écran. Une petite lettre « S » doit apparaître à côté de la case, indiquant qu'elle est sélectionnée. Cliquez sur les hexagones que vous souhaitez inclure dans cette région. Continuez à sélectionner des groupes et à inclure des hexagones jusqu'à ce que tous vos groupes soient définis. Il est possible de définir jusqu'à 10 groupes.

## **Régions prédéfinies**

Les régions les plus courantes pour l'analyse des données mfERG sont les anneaux et les quadrants.

Si vous sélectionnez **Sélectionner les régions d'anneau**, le logiciel créera automatiquement des régions d'anneau, comme indiqué dans l'image en haut de la page. Voir l'exemple d'une région d'anneau mfERG à 19 hexagones ci-dessus.

Si vous sélectionnez **des régions de quadrants**, le logiciel divisera automatiquement les hexagones en quadrants. Certains hexagones peuvent être inclus dans plus d'un quadrant ; Cela sera indiqué sur le graphique si c'est le cas.

## **Mesure**

Une fois vos régions définies, vous pouvez les mesurer en sélectionnant **Afficher N1/P1** dans le menu. Le logiciel placera automatiquement des curseurs sur les formes d'onde moyennes pour chaque région et déterminera l'amplitude et la latence de N1, P1 et P1-N1. Ceux-ci seront affichés dans la zone graphique. Vous pouvez ajuster manuellement le placement de ces curseurs en cliquant sur la case correspondant à la couleur de la vague que vous souhaitez ajuster (un « S » apparaîtra à côté de la case sélectionnée pour indiquer qu'elle a été sélectionnée), puis en cliquant et en faisant glisser les curseurs vers la position souhaitée. Les valeurs d'amplitude et de latence sont automatiquement mises à jour au fur et à mesure que vous apportez des modifications.

Si l'anneau a été sélectionné en tant que **sélection de région**, vous pouvez également sélectionner **Afficher le rapport de sonnerie** comme mesure.

## **Unités d'analyse de l'anneau**

Il existe deux choix d'unités pour afficher les formes d'onde, soit **la densité de réponse** qui vous donne les moyennes des anneaux mises à l'échelle avec la taille de l'hexagone en nV/deg<sup>2</sup> ou **la moyenne** qui est la moyenne simple de tous les hexagones de la même couleur en nV.

## **Guide rapide de l'enregistrement MFERG**

1. Avant de commencer les tests, le patient doit être complètement dilaté (voir le manuel sur la réfraction du patient).
2. Sur l'ordinateur, fermez toutes les autres applications et lancez le logiciel multifocal.
3. Sélectionnez MFERG comme type de test. Entrez toutes les informations applicables sur le patient et les informations sur les canaux (sélectionnez 2 canaux si vous enregistrez avec des jumelles). Au minimum, le nom de famille ou l'identification et la date de naissance doivent être spécifiés.
4. Choisissez le motif souhaité (19 hexagones – 1 min, 61 – 4 min, 103 hexagones – 8 min, 241 hexagones – enregistrez 8 minutes deux fois).
5. Lorsque vous êtes dans une pièce modérément éclairée, fixez les électrodes conformément au schéma d'installation mfERG. Assurez-vous d'anesthésier les yeux avec un anesthésique local et de remplir la lentille de contact avec du goniosol ou un autre 2% de méthylcellulose. Placez les électrodes selon le dessin. **REMARQUE : SI VOUS N'ENREGISTREZ QU'À PARTIR D'UN ŒIL, UTILISEZ TOUJOURS LE CANAL 1 POUR ENREGISTRER** Anesthésiez l'œil controlatéral si vous n'enregistrez qu'à partir d'un œil pour réduire le clignement.
6. Placez le patient sur la mentonnière à 14 po du moniteur de motifs. Ajustez la caméra de fixation si nécessaire.
7. Lancez l'**aperçu du motif**, puis ajustez la taille de la marque afin que le patient puisse la fixer (changer la taille ou l'épaisseur).
8. Cliquez sur **Next** pour accéder à l'écran d'enregistrement. Cliquez sur **Ligne de base** pour vérifier le niveau de bruit. La ligne de base doit être relativement exempte de bruit.
9. Une fois que vous avez une ligne de base relativement plate, sélectionnez le **bouton Enregistrer**. Cela commencera à enregistrer le premier segment.
10. Si le segment d'enregistrement était sans clignotant, passez au segment suivant en cliquant sur **Next Segment** (si vous souhaitez refaire ce segment, cliquez sur **Repeat Segment**).
11. Parcourez tous les segments (4 segments pour 19 hexagones, 16 pour 61 hexagones et 32 segments pour 103 hexagones...). À la fin de tous les segments, stockez les données en cliquant sur le **bouton Enregistrer le test**.
12. L'écran **Analyse** s'affiche. Évaluez les résultats et répétez l'enregistrement si nécessaire.
13. Si vous enregistrez à partir du modèle de 241 hexagones, vous devrez enregistrer deux fois pour chaque œil et faire la moyenne plus tard.
14. Retirez les électrodes du patient.
15. Voir le manuel d'utilisation LKC pour l'analyse des données.

## ***Guide rapide du rapport MFERG***

1. Sur l'ordinateur, lancez le logiciel multifocal et accédez aux rapports
2. Sélectionnez MFERG dans le type de test
3. Saisissez le nom de famille du patient ou le numéro d'identification et cliquez sur **Rechercher**
4. Sélectionner le(s) enregistrement(s)
5. Sélectionnez l'enregistrement que vous souhaitez imprimer (e.g., 19 hexagones de l'œil droit). Dans le cas de 241 hexagones, vous devriez avoir enregistré deux fois – sélectionnez les deux enregistrements et faites-en la moyenne.
6. Examinez le placement du curseur dans la **vue Réseau de** traces, déplacez les curseurs si nécessaire dans la **vue Déplacer le curseur**
7. Imprimez les vues souhaitées

## **Guide d'interprétation du MFERG**

### ***Introduction***

Il existe un certain nombre de façons de visualiser et d'analyser le GRE multifocal. Voici des lignes directrices générales pour comprendre et interpréter les données mfERG.

### ***Tableaux de traces***

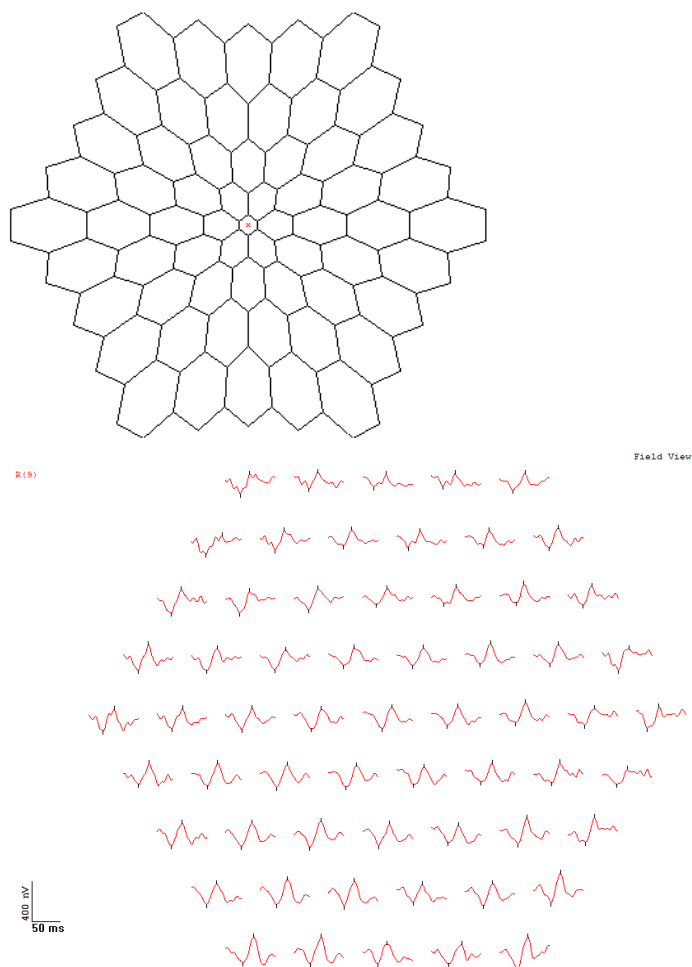
« Le réseau de traces est l'affichage de base de l'ERGm et doit toujours être inclus dans le rapport des résultats cliniques. »

— Ligne directrice de l'ISCEV mfERG [2]

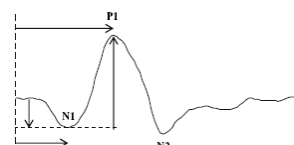
Le Trace Array est le moyen le plus utile de visualiser et de comprendre l'ERG multifocal. Vous devez toujours commencer votre analyse d'un mfERG en examinant le tableau de traces.

### ***À quoi ressemble un bon enregistrement ?***

Le Trace Array est l'affichage des ondelettes ERG multifocales individuelles disposées de la même manière que la présentation du stimulus. Les hexagones du stimulus multifocal sont mis à l'échelle de manière à ce que chez les sujets normaux, la réponse mfERG soit approximativement de la même amplitude dans chaque hexagone. Le tableau de stimulus mis à l'échelle et un tableau de traces hexagonales typique de 61 à partir d'un sujet normal sont présentés ci-dessous.



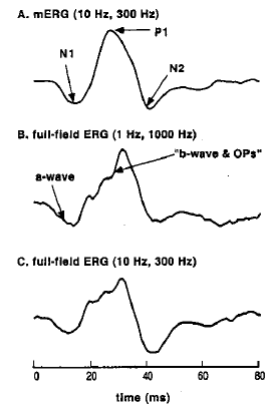
Chaque ondelette multifocale a 3 caractéristiques principales, une déviation négative initiale (N1), suivie d'une déviation positive (P1), suivie d'une autre déviation négative (N2). Un exemple est illustré à droite (Image tirée de [2]).



La réponse multifocale de l'ERG à chaque hexagone peut être considérée comme un « mini ERG photopique ». Les composants du tracé mfERG ne sont pas exactement les mêmes que ceux d'un ERG photopique ganzfeld, mais ils sont très similaires. N<sub>1</sub> est composé des mêmes composants que le a-wave de l'ERG ganzfeld et P1 est composé des mêmes composants que les b-wave et OP de l'ERG ganzfeld. Reportez-vous à la section [1] à la page 42 pour plus de détails. Une comparaison avec les composantes de l'ERG photopique standard est présentée à droite (Image tirée de [1]). Le tracé supérieur montre un tracé ERG multifocal. Les 2 tracés du bas montrent un ERG ganzfeld photopique avec des réglages normaux de l'amplificateur et du filtre et avec des réglages d'amplificateur et de filtre qui correspondent aux conditions d'enregistrement du mfERG. Notez que le P<sub>1</sub> apparaît plus tôt dans le mfERG que la b-wave dans le ganzfeld ERG.



La mesure diagnostique la plus utile du tracé mfERG individuel est l'amplitude de P1, mesurée à partir de N1. C'est ce qu'on appelle « l'amplitude N 1-P1 ». L'amplitude N 1-P1 est généralement exprimée en nanovolts (1 nV = 0,001  $\mu$ s). Δανσ χερταινσ cas, l'amplitude N1-P1 est normalisée par l'aire de l'hexagone stimulant en degrés carrés ; c'est ce qu'on appelle la « densité de réponse » et est exprimée en nanovolts par degré carré (nV / deg<sup>2</sup>). Une autre mesure diagnostique qui est parfois utilisée est le temps implicite P1 – le temps jusqu'au pic de P1. Les caractéristiques de N2 ne sont pas d'importance clinique.

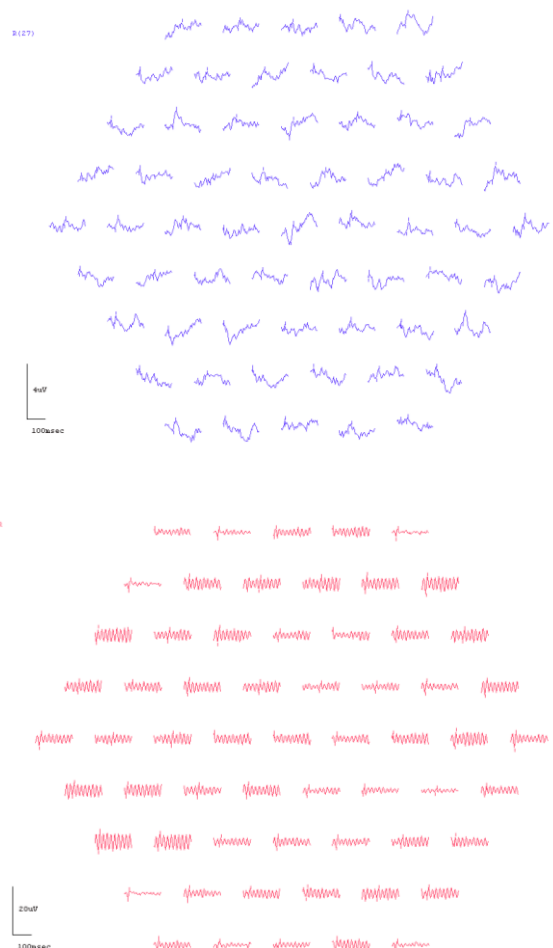


L'amplitude d'une forme d'onde ERG est proportionnelle à la surface stimulée (mesurée en degrés carrés) et à la densité moyenne des photorécepteurs. Dans un ERG ganzfeld, la zone stimulée de l'œil (environ 150° x 120°) est de l'ordre de 20 000 deg<sup>2</sup>, tandis qu'un hexagone multifocal typique (pour un stimulus de 61 hexagones) est de l'ordre de 100 deg<sup>2</sup>. Ainsi, alors que l'amplitude d'un ERG photopique ganzfeld normal est de l'ordre de 100  $\mu$ s, λαμπλυδε δουν hexagone mfERG typique est de l'ordre de 1/2  $\mu$ s, σοιτ ενπιρον 500 nV.

*Pour ceux qui débutent avec mfERG, nous suggérons fortement d'enregistrer une série d'au moins 10 contrôles normaux. Cela garantira que 1) la technique d'enregistrement est correcte et 2) que vous serez en mesure de reconnaître un mfERG normal.*

### Sources d'artefacts dans le mfERG.

**Mouvements oculaires.** La source la plus courante d'artefact dans le mfERG est probablement le mouvement excessif des yeux, le plissement des yeux et le clignement des yeux. Étant donné que le signal musculaire (EMG) provenant des mouvements des yeux ou des paupières peut mesurer des centaines de



$\mu$ s, ιλ πευτ φαχυλεμεντ οβσχυρχιρ λε σιγναλ μυλτιφοχαλ σουσ-φαχεντ. Λα πρινχιπ αλε χαραχτριστιθυε δαιδεντιφιχατιον δε χετ αρτεφαχτ εστ υνε λιγνε δε βασε ινχλιν ε απεχ πευ ου πασ δε forme d'onde mfERG reconnaissable. La pente peut être positive ou négative.

**Bruit du réseau.** Le bruit du réseau résulte de l'interférence de la ligne électrique couplée aux électrodes utilisées pour enregistrer le mfERG. La cause la plus fréquente de contamination par le bruit du réseau est un mauvais contact avec les électrodes. Le bruit du réseau est facilement reconnaissable à son aspect sinusoïdal périodique. Un exemple d'interférence du réseau (enregistré avec des lignes électriques de 60 Hz) est illustré à droite. Il n'y a pas de signal mfERG présent dans cet enregistrement ; C'est un pur artefact. Si votre mfERG ressemble à ceci, il doit être réenregistré.

**Surveillez l'artefact.** Le moniteur utilisé pour enregistrer le mfERG génère une petite quantité d'interférences en synchronisation avec la présentation du stimulus. Ces interférences peuvent être captées par les électrodes et apparaître dans le cadre du traçage mfERG. La cause habituelle de l'interférence est un mauvais contact avec l'électrode ou le fait que les fils de l'électrode soient trop proches du moniteur. L'interférence se manifeste sous la forme d'un pic (qui peut être positif ou négatif) au début de la forme d'onde de trace. Un exemple d'artefact de moniteur est illustré dans de nombreux tracés de l'enregistrement à droite.



### Qu'en est-il de l'angle mort ?

Dans les enregistrements mfERG utilisant les motifs hexagonaux 19, 61 ou 103, il est très possible qu'aucun hexagone de stimulus ne tombe entièrement à l'intérieur du disque optique. De plus, de petites quantités d'instabilité de fixation peuvent provoquer une certaine stimulation de la rétine adjacente, même si un hexagone tombe en grande partie à l'intérieur du disque optique. Ainsi, pour les hexagones 19 et 61, l'angle mort ne sera probablement pas visible ; Pour le motif hexagonal 103, l'angle mort peut être visible ou non. Avec un affichage de 241 éléments, au moins un hexagone doit tomber entièrement à l'intérieur du disque optique si une fixation stable est maintenue, ce qui entraîne un angle mort visible sur le réseau de traces mfERG.

### Les effets de l'âge sur le mfERG

mfERG N1-L'amplitude P1 présente une diminution linéaire avec l'âge d'environ 0,9 % par an de 10 à 80 ans, tandis que le temps implicite P1 augmente au rythme d'environ 1,3 % par an. [5Ce changement d'âge doit être pris en considération lors de l'examen des résultats numériques pour un patient particulier.

### Les effets des troubles de la rétine sur le mfERG

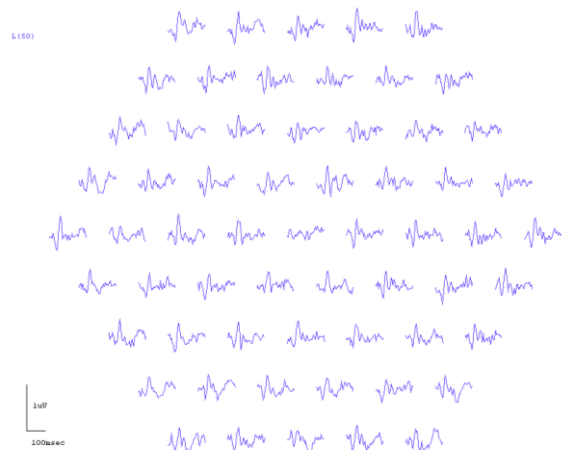
Étant donné que le mfERG mesure l'ERG localement, il est très utile pour identifier les sites de la maladie localisée ou, dans le cas de maladies comme la rétinopathie pigmentaire, les sites de la fonction restante localisée. L'effet principal de la plupart des troubles de la rétine est de réduire l'amplitude de P1.

Pour la plupart des conditions dans lesquelles le mfERG est utile, le tableau de traces affichera certaines zones de fonctionnement normal et d'autres zones de fonctionnement anormal. Par exemple, un patient atteint de dégénérescence

maculaire précoce présentera généralement des tracés périphériques normaux et des ondelettes mfERG atténuées au centre du réseau de traces.

Un tracé AMD simulé peut être vu à droite. La simulation a été créée en bloquant la lumière de l'hexagone central lors de l'enregistrement à partir d'un œil normal.

D'autres troubles se manifesteront dans le réseau de traces sous forme de zones d'amplitude N1 – P1 diminuée dans les zones présentant une déficience fonctionnelle.



## Sites et mécanismes des lésions rétinienne et des modifications de l'ERGmf

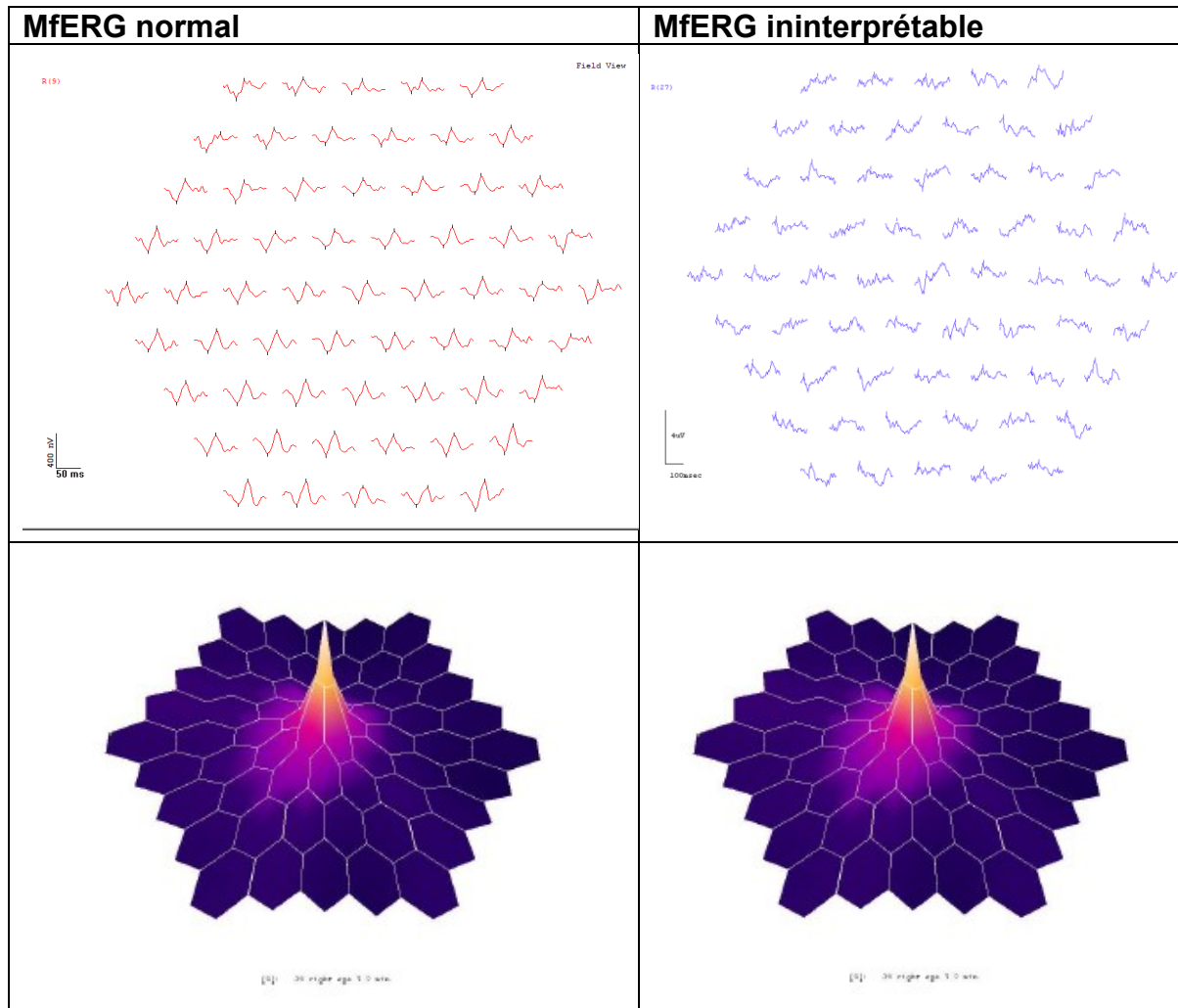
[Adapté de la référence 1]

| Dommages à                   | Mécanisme  | P1 Amplitude                               | P1 Time                  |
|------------------------------|--|--|--------------------------|
| Récepteur conique            | Dommages au segment extérieur                                | Petite                                     | Retard modéré            |
|                              | Perte cellulaire   | Petite                                     | Normal                   |
| Couche plexiforme extérieure | Altération de la transmission synaptique                     | Plus petit ou plus grand                   | Retard important         |
| Cellules bipolaires          | Perte cellulaire   | Petite                                     | Retard modéré            |
| Cellules non bipolaires      | Perte cellulaire   | Grandes                                    | Un peu plus rapide ( ? ) |
| Couche plexiforme intérieure | Altération de la transmission synaptique ou perte cellulaire | Normal approximatif (changements de forme) | Petit retard             |
| Cellules ganglionnaires      | Perte cellulaire   | Env. normal                                | Env. normal              |

## L'intrigue 3D

Le tracé 3D est un tracé d'aire d'amplitude P1 – N1 mis à l'échelle par la taille de l'hexagone. Elle est donc exprimée en nanovolts par degré carré (nV/deg<sup>2</sup>). En théorie, cela permet de visualiser la fonction dans la région fovéale. Bien que le tracé 3D fournisse une jolie image, il n'est généralement pas utile pour le diagnostic.

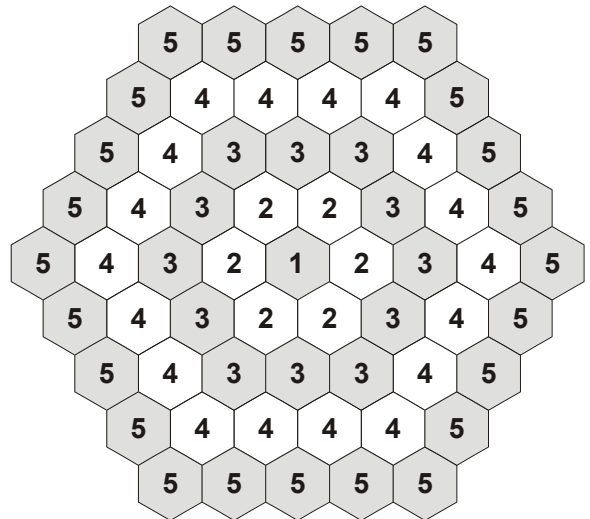
On ne le dira jamais assez : **le tracé 3D peut être extrêmement trompeur dans son apparence et ne doit pas, en général, être utilisé pour le diagnostic.** Vous trouverez ci-dessous des exemples d'un bon mfERG et d'un mfERG complètement ininterprétable et leurs tracés 3D correspondants :



Notez que le mfERG « poubelle » à droite a un tracé 3D d'apparence tout à fait normale. Un éminent chercheur mfERG (Don Hood de l'Université Columbia) a démontré qu'un tracé 3D d'apparence normale résulte du placement des électrodes d'enregistrement dans un b cher de solution saline.

## Rapports d'anneau

Les rapports d'anneaux mfERG sont des mesures de la densité de réponse (en nV/deg<sup>2</sup>) créées en faisant la moyenne d'anneaux concentriques au point de fixation. Ils sont le plus souvent utilisés avec le mfERG hexagonal 61, qui est illustré à droite. (La mise à l'échelle des hexagones avec la densité des cônes n'est pas indiquée pour plus de clarté.) Les rapports d'anneau sont créés en prenant le rapport de la densité de réponse de l'hexagone central (anneau 1) à la densité de réponse moyenne d'un anneau périphérique.



Les rapports d'anneaux ont plusieurs propriétés diagnostiques utiles : ils ne varient pas avec l'âge, et leur variabilité (coefficient de variation) est bien inférieure à celle des moyennes d'anneaux.

Les rapports d'anneau permettent une détection précoce très sensible et spécifique de la toxicité du Plaquenil. [3] Des valeurs élevées de R1 :R2 et/ou R1 :R3 indiquent une toxicité chez les patients prenant du Plaquenil. Les rapports de sonnerie calculés par le logiciel mfERG peuvent être comparés aux limites publiées dans [3, 4].

Les rapports d'anneau sont également utiles dans la détection de la maladie maculaire, où faibles valeurs de R1:R4 peut indiquer une diminution significative de la réponse maculaire par rapport à la périphérie. Les limites inférieures de la normale pour l'évaluation de la maladie maculaire se trouvent dans [4].

### **Stimulus Source**

Le type exact de stimulateur utilisé sur un mfERG peut affecter l'amplitude et la forme d'onde des mfERG, il est donc essentiel de signaler le type d'affichage et de spécifier les détails du fabricant et du modèle lors de la communication des résultats qui peuvent être comparés aux UTAS avec différents stimulateurs.

## Références:

1. Hood DC. Assessing retinal function with the multifocal technique. *Progr Retin Eye Res.* 19:607-46, 2000.
2. Hoffmann, M.B., Bach, M., Kondo, M. et al. ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG) (2021 update). *Doc Ophthalmol* 142, 5–16 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10633-020-09812-w>
3. Lyons JS, Severns ML. Détection précoce de la toxicité rétinienne de l'hydroxychloroquine renforcée par l'analyse du rapport annulaire de l'électrorétinographie multifocale. *Am J Ophthalmol* 143:801-9, 2007.
4. Lyons JS, Severns ML. Utilisation de rapports d'anneaux ERG multifocaux pour détecter et suivre la toxicité rétinienne de Plaquenil : une revue. *Doc Ophthalmol* 118:29-36, 2009.
5. Tzekov RT, Gerth C, Werner JS. Scenescence des composants d'un électrorétinogramme multifocal humain : une approche localisée. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 242:549-60, 2004.

# VEP multifocale

## 1.0 Préambule

### 1.1 Qu'est-ce qu'un test multifocal ?

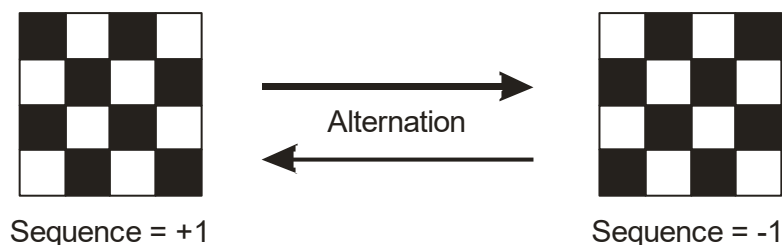
Le test multifocal est un moyen d'enregistrer un potentiel visuellement évoqué (VEP) de nombreuses régions pour obtenir une carte de la fonction visuelle. Un test multifocal utilise un écran d'ordinateur comme stimulateur et le divise en un certain nombre de zones de test plus petites. Chaque zone de test est stimulée à l'aide d'une séquence marche-arrêt qui diffère dans le temps de toutes les autres zones de test. Les réponses évoquées sont collectées simultanément dans toutes les zones stimulées, et les données résultantes sont traitées après l'enregistrement pour extraire les réponses individuelles.

### 1.2 Comment fonctionne une VEP multifocale ?

Dans le mfVEP, l'écran que le patient visualise est divisé en plusieurs secteurs, de 4 à 60. Chaque section stimulera une petite partie de la rétine et l'information sera transférée au cortex visuel via le nerf optique. mfVEP permettra d'enregistrer la réponse de cette partie séparément des autres parties du cortex visuel.

### 1.3 Séquences m et noyaux

Veuillez consulter la section sur les « m-séquences et noyaux » dans la section mfERG de ce manuel pour comprendre les bases. Contrairement au mfERG, le stimulus dans le mfVEP n'est généralement pas un stimulus clignotant. Il s'agit plutôt d'une alternance du modèle dans un secteur particulier.



Un stimulus est obtenu à partir du modèle VEP uniquement lorsqu'une alternance se produit, c'est-à-dire lorsque le motif est dans un état pendant une image et l'autre état pendant la trame suivante. Pour extraire le signal d'un secteur individuel à partir des données enregistrées, on additionne toutes les traces où il y a eu une alternance (séquence changée de +1 → -1 ou de -1 → +1) et on soustrait toutes les traces où un changement ne s'est pas produit (valeur de séquence +1 → +1 ou -1 → -1). Le résultat est la réponse du système visuel (de la rétine au cortex visuel primaire en passant par le nerf optique) au stimulus alternatif. C'est ce qu'on appelle le *noyau de second ordre* du mfVEP.

### 1.4 Champ de vision

Le champ de vision du stimulus multifocal est déterminé par 2 facteurs : la taille de l'écran du moniteur et la distance entre le moniteur et le patient. Positionnez le moniteur de manière à ce que la distance entre le patient et le moniteur corresponde

à la distance spécifiée sur l'étiquette à l'avant du moniteur. En suivant la distance de visualisation à l'avant de l'écran, le champ de vision total est de 45° ( $\pm 5^\circ$ ). Pour plus d'informations sur le calcul de la sous-tension visuelle des stimuli basés sur un moniteur, consultez les directives d'étalonnage ISCEV. [CSC, 2003]

## 1.5 Quand le mfVEP est-il utile ?

mfVEP fournit une évaluation objective de la fonction visuelle topographique. Pour un sujet normal, les mfVEP de l'œil gauche et de l'œil droit sont presque identiques. Toute différence significative entre deux yeux indique une anomalie. mfVEP a une haute résolution spatiale dans la région fovéale.

Utilise:

- Aide au diagnostic du glaucome.
- Pour confirmer que le test du champ visuel n'est pas fiable.
- Aide au diagnostic de la névrite optique, de la SEP et de la tumeur compressive dans la voie visuelle. La latence du mfVEP sera modifiée par ces conditions. Notez que la neuropathie optique ischémique (ION) est très similaire à la phase aiguë de la SEP en termes de syndrome, mais ne produit aucun retard dans la VEP.
- Pour confirmer le champ visuel fonctionnel.

## 1.6 Quand le mfVEP n'est-il pas utile ?

Le mfVEP nécessite à la fois une fixation adéquate et une mise au point appropriée pour un enregistrement précis. Tout trouble qui empêche une fixation adéquate (e.g., scotome central) ou une concentration adéquate (e.g., cataracte dense ou mydriase)

## 2 Préparation d'un enregistrement mfVEP

### 2.1 Le patient

- Le patient ne doit **pas** être adapté à l'obscurité pour ce test. S'ils ont été exposés à des lumières très vives (telles que la lampe à fente, la photographie du fond d'œil, l'angiographie à la fluorescéine), attendez au moins 10 minutes avant le test.
- Le patient ne doit **pas** être dilaté pour ce test.
- Une bonne réfraction proche est importante. L'ensemble de l'écran doit être mis au point, de sorte que les patients presbytes avec des lentilles multifocales (y compris les lentilles bifocales / trifocales) doivent être réfractés à l'aide de montures d'essai avec une addition plus pour compenser la distance de l'écran (nécessitant environ 3,5D plus l'addition).

### 2.2 Électrodes



***Un contact d'électrode médiocre ou instable est une cause majeure d'enregistrements mfVEP de mauvaise qualité. Nous vous recommandons de porter une attention particulière à la préparation, au placement et au nettoyage appropriés des électrodes pour l'enregistrement mfVEP.***



Les électrodes d'enregistrement sont des électrodes à coupelle d'or, comme indiqué à droite. Une de ces électrodes est nécessaire pour chaque site d'enregistrement (jusqu'à 3 canaux). Une autre électrode pour la masse, généralement placée sur le front ou le lobe de l'oreille, et une autre pour la référence, généralement placée à Cz.



Nettoyez soigneusement pour éliminer toutes les huiles de la peau et autres débris qui pourraient nuire à un bon contact et laissez sécher l'alcool.

À l'aide de séparateurs 2 pour 1 ou 3 pour 1, rassemblez les positions négatives (-) du canal de référence du front. Branchez l'électrode de référence (Cz) dans le répartiteur.

Localisez chaque emplacement d'électrode d'enregistrement. Séparez les cheveux pour exposer le cuir chevelu sur le site d'enregistrement et frottez *vigoureusement* avec un tampon de préparation d'électrodes. (Si les cheveux du patient sont longs, des épingles à cheveux peuvent aider à maintenir les cheveux à l'écart pendant ce processus.)

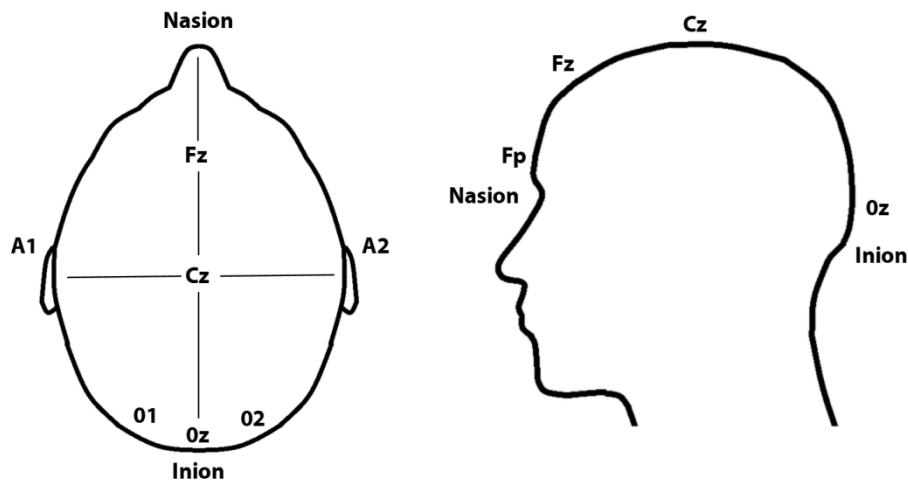
**Il est important de bien nettoyer le cuir chevelu pour obtenir un bon contact avec les électrodes.**

À l'aide d'une généreuse cuillerée de crème pour électrodes (pas de gel), collez les cheveux de chaque côté de la raie sur le cuir chevelu. C'est salissant, mais c'est le meilleur moyen de garder le cuir chevelu exposé. Une fois les cheveux collés, mettez une généreuse portion de crème pour électrodes dans la tasse de l'électrode et appuyez fermement sur l'électrode en place. Couvrez l'électrode d'un carré de papier de soie de 2 à 3 cm (1 à 1 1/2 pouce) et appuyez fermement à nouveau.

Répétez cette procédure pour chaque électrode. Branchez les électrodes sur le côté positif (+) de l'amplificateur, en notant quelle électrode est branchée sur quel canal.

Placement suggéré des électrodes (il existe de nombreux arrangements d'électrodes possibles) :

| Emplacement de l'électrode                                | Connexion de l'amplificateur |
|---|------------------------------|
| Masse au niveau du Fp ou du lobe de l'oreille             | Terre                        |
| Référence à Cz avec un répartiteur 1 à 3                  | 1- 2- et 3-                  |
| Électrode d'enregistrement #1 à Oz                        | 1+                           |
| Électrode d'enregistrement #2 un pouce au-dessus d'Oz     | 2+                           |
| Électrode d'enregistrement #3 à un pouce en dessous d'Oz. | 3+                           |



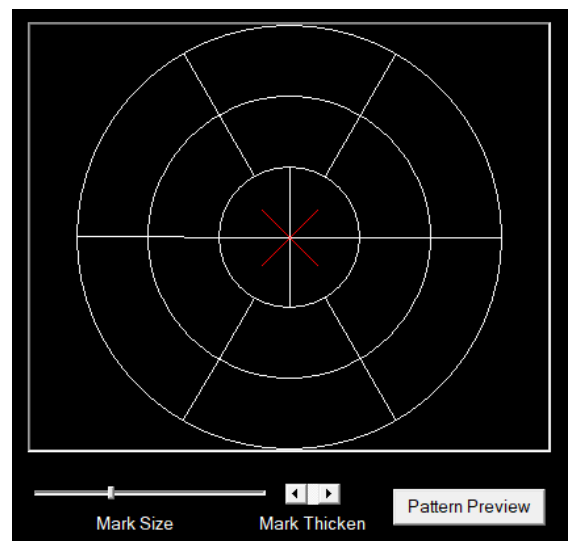
## 2.3 Éclairage ambiant

Le mfVEP doit être effectué avec les lumières de la pièce allumées. L'intensité lumineuse idéale pour les lumières de la pièce est celle qui produit un éclairage au sujet proche de celui de la moyenne de l'écran de stimulus ( $100 \text{ cd} / \text{m}^2$ ). Si les lumières de la pièce sont trop vives, il peut y avoir des reflets sur l'écran du patient qui interféreront avec l'enregistrement du mfVEP.

## 2.4 Problèmes avec les patients malvoyants

Les patients présentant une déficience visuelle centrale importante auront de la difficulté à se fixer sur l'écran. La cible de fixation habituelle est un petit « X » au centre de l'écran. Cette cible de fixation peut être allongée et épaissie. La **commande Taille du repère** détermine la longueur des pattes du « X », tandis que la commande **Épaissir la marque** détermine l'épaisseur des pattes.

Les patients ayant une mauvaise vision centrale peuvent parfois se fixer en centrant le « X » élargi dans leur vision restante.



## 2.6 Surveillance de la fixation

Une caméra est fournie pour vous permettre de surveiller le patient lors des tests multifocaux. La caméra est montée sur la mentonnière en dessous et devant le moniteur du stimulateur de motif. L'image de la caméra s'affiche sur l'écran de l'opérateur de l'ordinateur. Cette caméra vous permet de voir si :

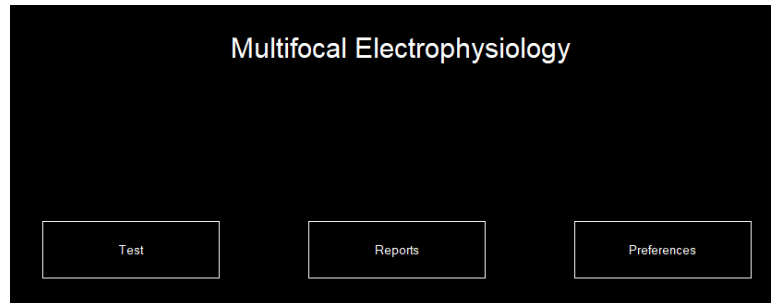
- le patient ferme les yeux,
- Le patient est grossièrement défixant.

La caméra ne vous permet pas de déterminer si le patient est légèrement décalé comme dans le cas d'un patient avec un scotome central en utilisant un autre locus

rétinien préféré. Rien de moins qu'une caméra rétinienne ne vous permettra de déterminer si le stimulus est centré sur la fovéa.

### 3.0 Exécution du test

Ouvrez le logiciel Multifocal et sélectionnez *Tester*.

The screenshot shows the configuration screen of the 'Multifocal Electrophysiology' software. It is divided into several sections:

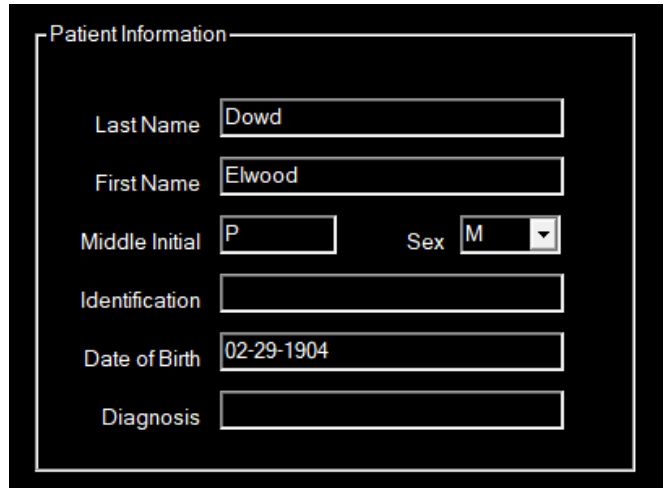
- Patient Information:** Fields for Last Name, First Name, Middle Initial, Sex (dropdown), Identification, Date of Birth, and Diagnosis.
- Test Type:** Radio buttons for MFERG and MFVEP (selected).
- Test Conditions:**
  - Channels: 2
  - Electrode: Gold Cup
  - Sample Rate: 2000 Hz
  - Gain: 6
  - Low Pass Filter: 100.00 Hz
  - High Pass Filter: 5.00 Hz
- Labels:** Ch. 1: Horizontal, Ch. 2: Vertical
- Eyes Tested:** Radio buttons for Right, Left, and Both (selected).
- Mark Size / Mark Thicken:** A slider control.
- Pattern Preview:** A circular diagram showing the test pattern.
- Sectors:** Three boxes for 4, 16, and 60 sectors, each with a time value (1.8 min, 3.6 min, 7.2 min respectively). A 'Reversal' button is also present.
- Navigation:** 'Back' and 'Next' buttons at the bottom right.

### 3.1 Type d'essai

Sélectionnez MFVEP, si l'option n'apparaît pas, cela signifie que vous n'avez pas de licence mfVEP. Reportez-vous à la section Configuration UTAS de ce manuel pour savoir comment effectuer la mise à niveau.

### 3.2 Renseignements sur le patient

Le nom de famille ou l'identification et la date de naissance sont requis pour commencer un test.



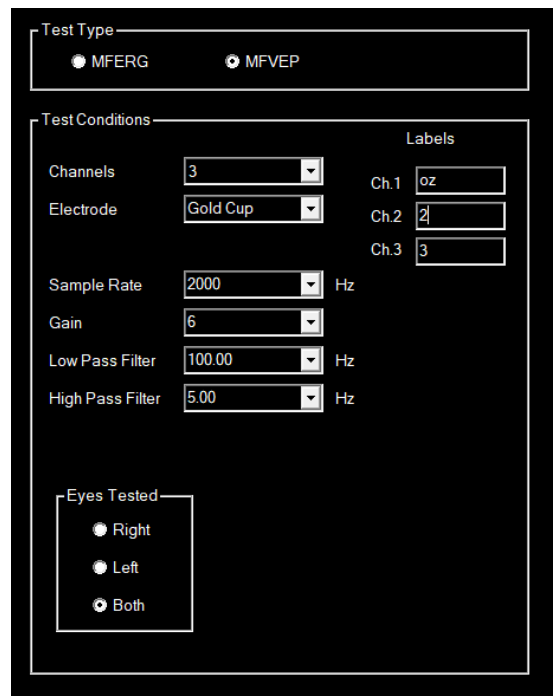
A screenshot of a 'Patient Information' form. It contains several input fields: 'Last Name' with 'Dowd', 'First Name' with 'Elwood', 'Middle Initial' with 'P', 'Sex' with a dropdown menu showing 'M', 'Identification' (empty), 'Date of Birth' with '02-29-1904', and 'Diagnosis' (empty).

### 3.3 Canaux et étiquettes

Plus vous enregistrez de chaînes, meilleur est le résultat.

Sélectionnez le nombre de canaux à partir desquels enregistrer et saisissez des étiquettes.

Sélectionnez l'œil ou les yeux à tester. Appliquez un patch sur les yeux qui ne doivent pas être testés.



A screenshot of a 'Test Type' and 'Test Conditions' form. The 'Test Type' section has two radio buttons: 'MFERG' (selected) and 'MFVEP'. The 'Test Conditions' section has several dropdown menus: 'Channels' (3), 'Electrode' (Gold Cup), 'Sample Rate' (2000 Hz), 'Gain' (6), 'Low Pass Filter' (100.00 Hz), and 'High Pass Filter' (5.00 Hz). To the right, there is a 'Labels' section with three input fields: 'Ch.1' (02), 'Ch.2' (2), and 'Ch.3' (3). At the bottom, there is an 'Eyes Tested' section with three radio buttons: 'Right', 'Left', and 'Both' (selected).

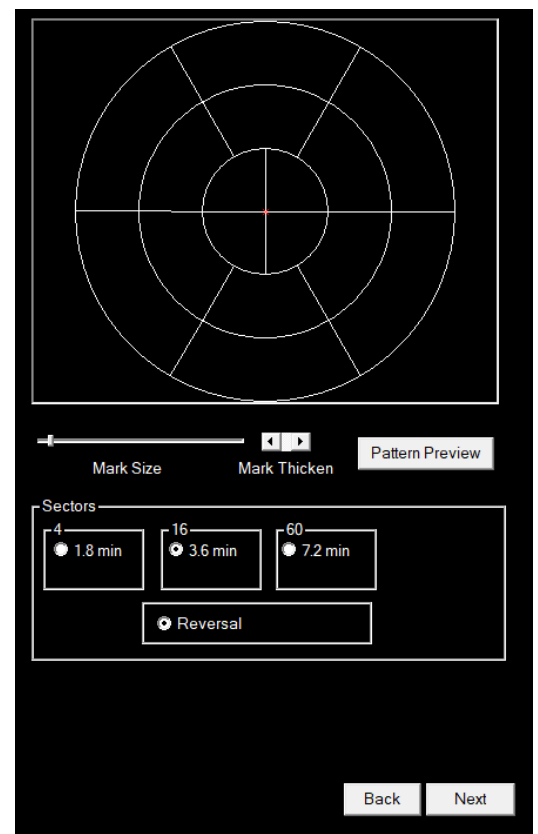
### 3.4 Sélection du motif

Le logiciel mfVEP vous offre plusieurs choix de nombre de segments d'anneaux (secteurs) et de longueur de *séquence m* pour répondre à vos besoins cliniques.

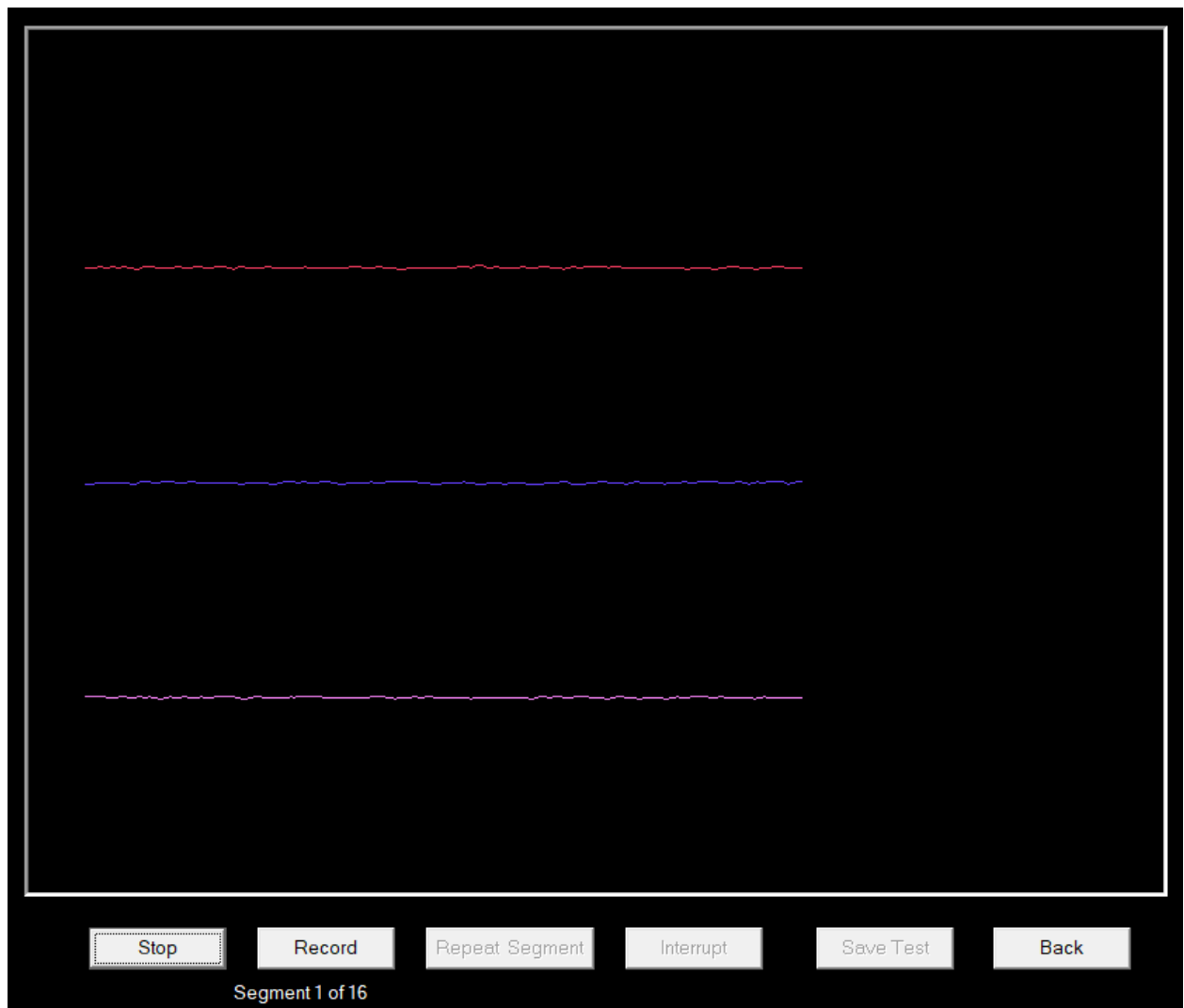
### **Nombre de secteurs**

Plus le nombre de secteurs à partir desquels vous enregistrez est grand, plus le signal de chaque secteur sera petit. Étant donné que le bruit généré pendant l'enregistrement est indépendant de la taille du secteur, les secteurs plus grands (qui produisent des signaux plus élevés) donnent un meilleur rapport signal/bruit, et permettent ainsi des temps d'enregistrement plus courts d'un patient.

La commande **Taille du repère** détermine la longueur des pattes du « X », tandis que la commande **Epaissir la marque** détermine l'épaisseur des pattes.

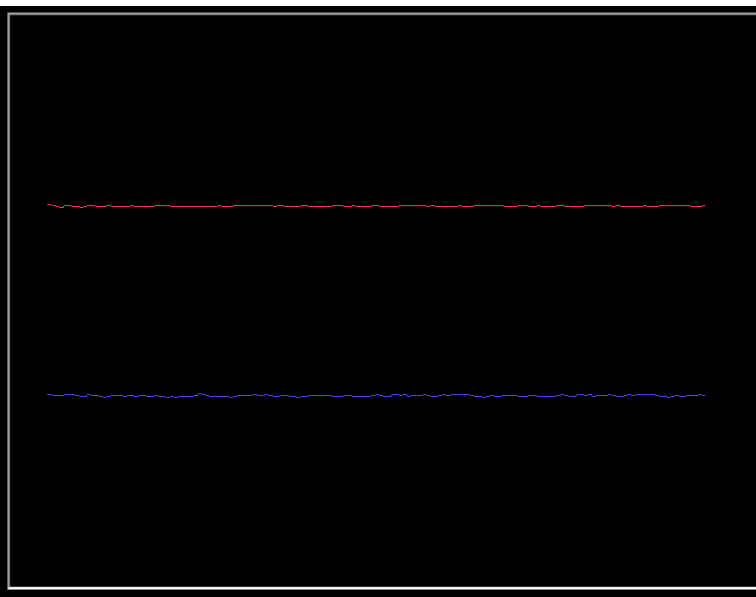
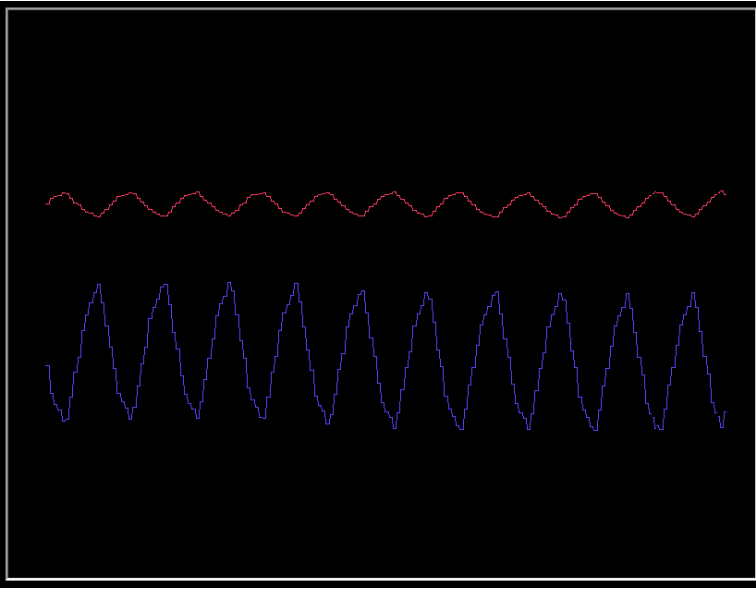


### 3.5 Données d'enregistrement



#### Ligne de base

Une fois que les électrodes sont placées sur le patient et connectées à l'amplificateur ou au câble du patient, vous devez exécuter la ligne de base pour vous assurer que les connexions fonctionnent toutes correctement et que le patient est capable de maintenir une fixation stable. Demandez au patient de mettre son menton dans la mentonnière et d'ajuster la hauteur de l'appui-tête si nécessaire. Ensuite, demandez au patient de regarder directement la fixation rouge « X » sur l'écran. Cliquez sur **Ligne de base**. L'UTAS commencera à collecter des données sans présenter de stimulus et vous permettra d'observer les données de base du patient. Des exemples de bons et de mauvais tracés de base sont présentés ci-dessous.

|   |   |
|---|---|
| <p>Bonne base de référence</p>  |   |
| <p>Mauvaise base de référence</p> <p>Cette ligne de base a un bruit secteur excessif (50/60 Hz). Il est très probablement causé par une mauvaise connexion de l'électrode, bien qu'il existe d'autres explications possibles au bruit.</p> <p>L'analyse comprend l'élimination des interférences des lignes électriques, de sorte que l'élimination complète des interférences des lignes électriques n'est pas nécessaire.</p> |  |

### 3.6 Enregistrement

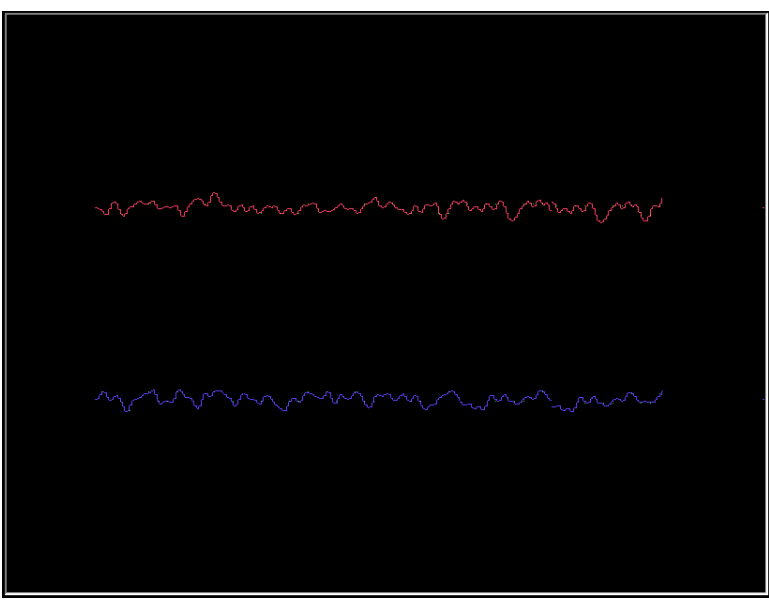
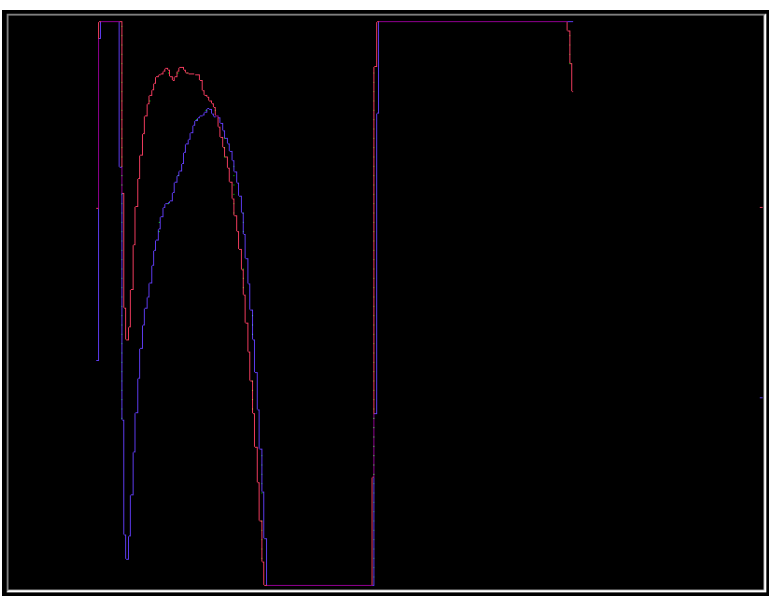
Le logiciel LKC mfERG divise les enregistrements en une série de **segments**. Au cours de chaque segment, le patient doit se fixer sur la cible de fixation sans cligner des yeux. Après chaque segment, le patient peut cligner des yeux ou se reposer avant de continuer. Les *m-séquences* plus longues ont plus de segments.

Chaque segment se compose d'un certain nombre d' **étapes**. Chaque étape est une présentation de stimulus, il y a donc 72 étapes par seconde. Il y a 1024 étapes par segment, donc un segment a une durée de  $1024 / 72 = 14$  secondes, plus une autre fraction de seconde pour la synchronisation et la fusion des segments. La progression de chaque segment est affichée à l'écran sous la forme d'une fraction du nombre total

d'étapes du segment, par exemple 257/1024. La progression du segment est mise à jour toutes les 16 étapes.

Pendant l'enregistrement, une fenêtre affichera les données de chacune des 16 étapes. Vous devez surveiller attentivement les données affichées pour vous assurer qu'aucun mouvement oculaire ou autre artefact ne contamine l'enregistrement. Des exemples de bons et de mauvais tracés sont présentés ci-dessous. En général, si les données enregistrées semblent sortir de la fenêtre, l'artefact est d'une taille inacceptable et ce segment doit être réenregistré.

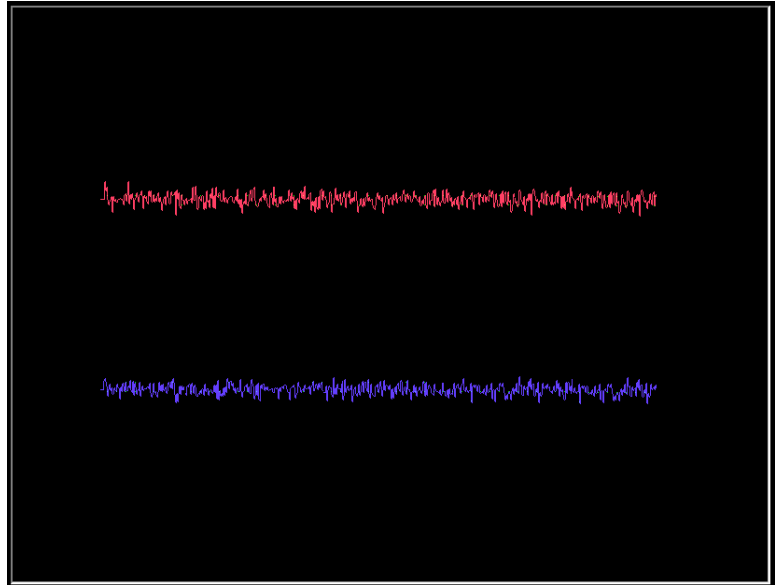
Lors de l'enregistrement d'un segment, **l'interruption** peut être utilisée si le patient a cligné des yeux ou s'est déplacé et que vous devez répéter le segment en cours.

|  |  |
|--|--|
| <p>Il s'agit d'une bonne trace d'enregistrement lors de l'acquisition.</p>   |   |
| <p>Il s'agit d'un exemple d'artefact de clignement ou de contraction musculaire pendant l'enregistrement. Si trop d'artefacts de clignement se produisent, le segment doit être interrompu (cliquez sur le <b>bouton Interrompre</b>) et répété (cliquez sur le bouton Répéter).</p> |  |

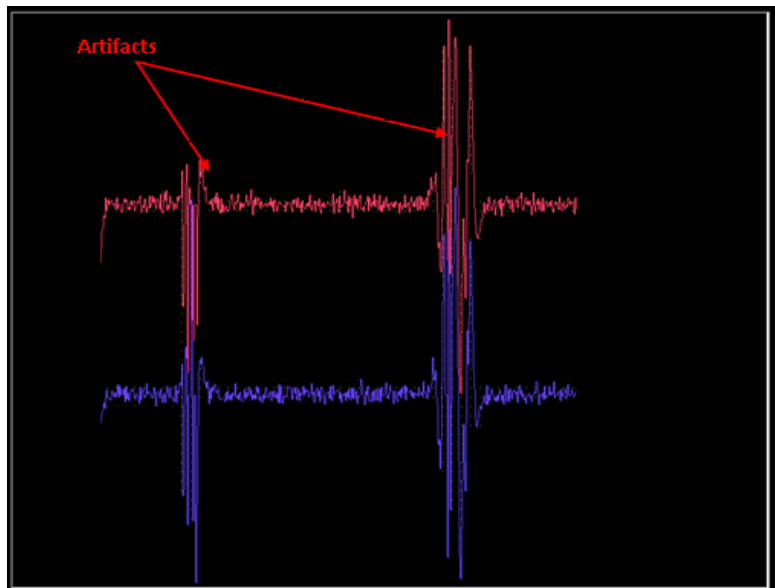
À la fin du segment, un traitement initial visant à éliminer les artefacts est effectué et le segment est affiché. À ce stade, le segment peut être répété ou vous pouvez continuer avec le **segment Next**.



C'est un bon enregistrement. La réponse de l'œil au signal mfERG est visible (petites ondelettes), il n'y a pas de grands mouvements oculaires et toutes les données sont dans les limites de l'écran et sont relativement cohérentes en amplitude



Il s'agit d'un segment contenant deux grands mouvements oculaires. Le mouvement oculaire a une amplitude plus grande que le reste de la forme d'onde. Les artefacts de clignotement seront supprimés par les algorithmes de traitement. Toutefois, si le pourcentage d'artefacts affichés au-dessus du graphique est supérieur à quelques pour cent, le segment doit être réenregistré. Dans ce cas, sélectionnez **Répéter le segment** pour réenregistrer.



Continuez à enregistrer jusqu'à ce que tous les segments soient terminés. Cliquez ensuite sur **Enregistrer le test** pour stocker les données.

Une fois les données stockées, l'écran **d'analyse** s'affiche.

**Afin d'obtenir un MFVEP de bonne qualité, il est recommandé de répéter l'enregistrement au moins 2 fois de plus, puis de faire la moyenne des résultats.**

## 4.0 Analyse et rapport des données MFVEP

Démarrez Multifocal Software et accédez à **Rapports**.

**Clear All** effacera tous les champs d'informations sur le patient

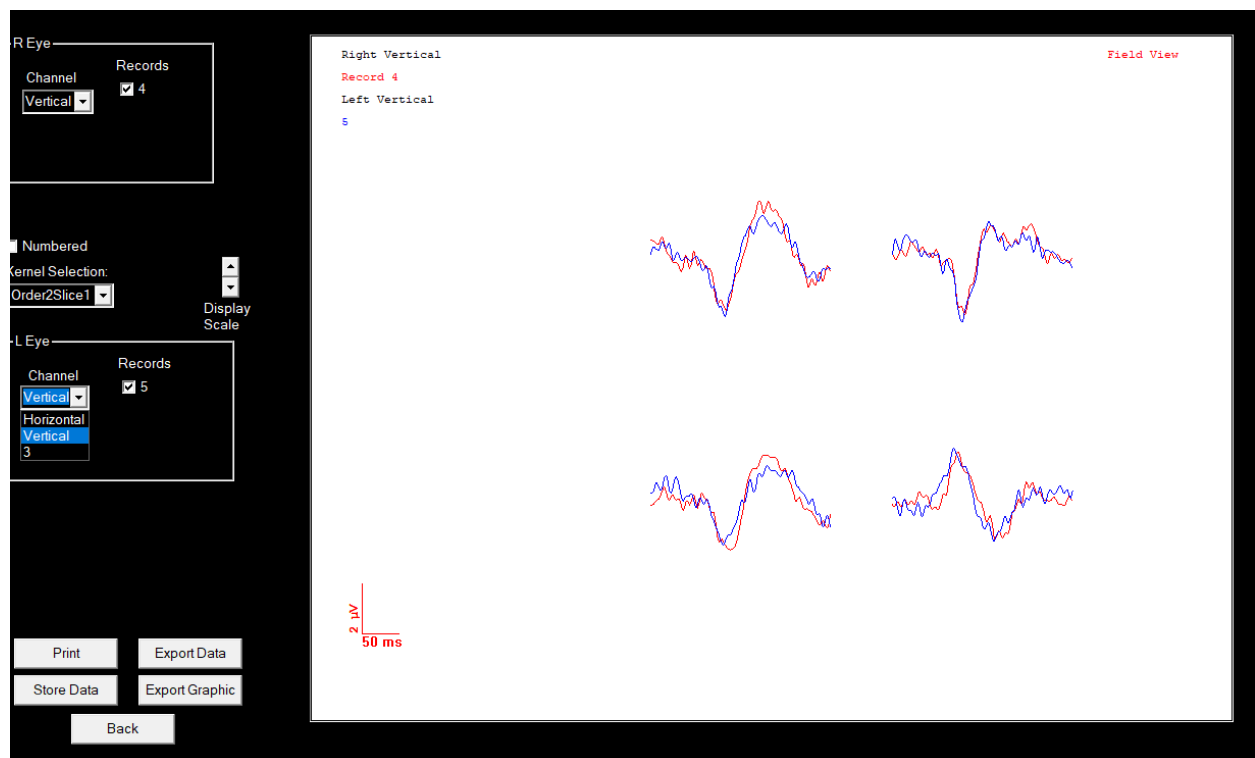
Cliquez sur **Retour** pour accéder au Main Menu

Sélectionnez **MFVEP** sous **Type de test**, la base de données affichera alors tous les tests stockés.

Saisissez le nom de famille ou l'identifiant du patient pour lequel vous souhaitez créer un rapport et cliquez sur **Rechercher**.

Sélectionnez jusqu'à 4 enregistrements au total. Les enregistrements de l'œil droit peuvent être sélectionnés avec des enregistrements de l'œil gauche ou des deux yeux, les enregistrements de l'œil gauche peuvent être sélectionnés avec des enregistrements de l'œil droit ou des deux yeux, mais les enregistrements de l'œil gauche, de l'œil droit et des deux yeux ne peuvent pas être analysés simultanément. Les enregistrements doivent également être du même **type de test** et de la même **durée de test** afin d'être récupérés ensemble.

Sélectionnez en cliquant avec le bouton gauche de la souris. Sélectionnez **Next** et l'écran d'analyse s'affichera



Assurez-vous que les enregistrements appropriés sont vérifiés pour examiner les formes d'onde souhaitées. Comparez chaque canal et examinez les formes d'onde pour détecter tout défaut.

Vous pouvez utiliser les flèches vers le haut et vers le bas de l' **échelle** d'affichage pour ajuster la taille de la forme d'onde.

Pour modifier les canaux, utilisez la liste déroulante dans la zone R de l'œil. Dans cet exemple, nous avons utilisé 3 électrodes d'enregistrement étiquetées à la position horizontale, verticale et 3.

D'un point de vue qualitatif, les réponses déprimées ou retardées représentent des anomalies. L'examen de chaque canal vous donnera un aperçu des zones de perte visuelle par rapport aux secteurs adjacents ou aux canaux séparés.

Les réponses mfVEP peuvent être utilisées pour déterminer des réponses VEP localisées dans l'espace. Comme les électrodes sont placées sur la région occipitale, l'enregistrement permet des réponses dominées par une composante du cortex visuel primaire. Il existe un certain nombre d'applications de ce test dans le domaine de la neuro-ophtalmologie en tant qu'aide au diagnostic. Il s'agit notamment des éléments suivants :

1. **Sclérose en plaques, glaucome, atrophies optiques, neuropathies optiques ischémiques** : il a été démontré que les réponses mfVEP peuvent être corrélées linéairement à des changements locaux dans les tests comportementaux sensibles mesurés, tels que les champs visuels de Humphrey. Cela suggère que le mfVEP est une méthode de caractérisation de la perte de cellules ganglionnaires rétiniennes. Dans certains cas, l'utilisation de mfVEP peut montrer des anomalies dans des zones localisées avant les anomalies du champ visuel. Il peut également être utilisé sur les patients qui ont des difficultés à effectuer le test HVF.
2. **Perte visuelle non organique** : Semblable à la VEP conventionnelle, la mfVEP peut être utilisée pour exclure la perte visuelle fonctionnelle. Il offre également l'avantage de produire une représentation topographique de la perte visuelle, qui peut ensuite être corrélée aux champs visuels du patient.

**Bien que la VEP multifocale ait une variété d'applications cliniques, elle est encore explorée et développée dans un contexte clinique et de recherche.**

## Guide de dépannage multifocal

| Symptôme   | Actions suggérées   |
|--|---|
| L'écran encastré avec l'image de la caméra est manquant dans la fenêtre d'enregistrement.              | Assurez-vous que l'appareil photo est branché sur un port USB<br>Essayez de redémarrer le logiciel – parfois, l'appareil photo ne s'enregistre pas la première fois.      |
| J'obtiens une ligne complètement plate lors de l'exécution de la ligne de base ou de l'enregistrement. | Débranchez la connexion USB de l'UBA à l'ordinateur, puis rebranchez-la.  |
| Interférences excessives de 50 Hz / 60 Hz  | Il se peut qu'une électrode n'établisse pas un bon contact. Vérifier les électrodes de référence et d'enregistrement Un fil peut être cassé à l'intérieur de l'électrode. |
| Électrode de Burian-Allen cassée (lentille ou spéculum cassé)  | Remplacer l'électrode   |

## **Nettoyage entre les patients**

### **Nettoyage du front et des mentonnières**

Le patient entrera en contact avec le repose-front et le repose-menton pendant le test. Ceux-ci doivent être nettoyés et désinfectés entre les utilisations pour éviter la propagation d'infections cutanées.

La méthode la plus simple pour nettoyer et désinfecter le repose-front et le repose-menton consiste à les essuyer avec une solution d'alcool isopropylique à 70%. L'utilisation d'une lingette désinfectante est un bon moyen de le faire. Vous pouvez également nettoyer le repose-front et la mentonnière à l'aide d'une solution de glutaraldéhyde.

## Références

Les publications ci-dessous sont référencées dans le manuel.

- [CSC 2003] Calibration Standards Committee of ISCEV. Guidelines for calibration of stimulus and recording parameters used in clinical electrophysiology of vision. *Documenta Ophthalmologica* 107: 185–93, 2003.
- [Hood 1998] Hood DC, Li J. A technique for measuring individual multifocal ERG records. In Yager D (ed.) *Non-invasive assessment of the visual system. Optical Society of America, Trends in Optics and Photonics* 11:33-41, 1998.
- [Hood 2000] Hood DC. Assessing retinal function with the multifocal technique. *Prog Retinal Eye Res* 19:607-646, 2000.
- [Hood 2002] Hood DC, Zhang X, Hong J, and Chen C. Quantifying the benefits of additional channels of multifocal VEP recording. *Documenta Ophthalmologica* 104:303-320, 2002.
- [Hood 2002] Hood DC. The multifocal electroretinographic and visual evoked potential techniques. *Principles and practice of clinical electrophysiology of vision* 197-205, 2006.
- [Hoffman 2021] Hoffmann, M.B., Bach, M., Kondo, M. *et al.* ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG) (2021 update). *Doc Ophthalmol* **142**, 5–16 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10633-020-09812-w>
- [Marmor 2003] Marmor M, et al. Guidelines for basic multifocal electroretinography (mfERG). *Doc Ophthalmol* 106:105-15, 2003.
- [Lyons 2007] Lyons JS, Severns ML. Detection of early hydroxychloroquine toxicity enhanced by ring ration analysis of multifocal electroretinography. *Am J Ophthalmol* 143:801-9, 2007.
- [Sutter 1986] Retinal area response mapping using simultaneous multi-area stimulation with binary sequences and objective response analysis. US Patent Number 4,846,567.
- [Sutter 2001] Sutter EE. Imaging visual function with the multifocal m-sequence technique. *Vision Res* 41:1241-55, 2001.