Université Claude Bernard Lyon I

MEMOIRE

DIPLOME UNIVERSITAIRE (DU) 2008

Explorations et rééducation des troubles de l'équilibre

Présenté par
Philippe MAGNIN
Kinésithérapeute (Genève)

Le logiciel POSTURO-PRO et ses ondelettes….

Utilisation au quotidien en cabinet de kinésithérapie.

Lyon Sud

Dr. Chantal VIART-FERBER
Professeur Christian DUBREUIL

Maître de stage : M. Alain ZEITOUN, Kinésithérapeute, CANNES

REMERCIEMENTS

A Madame le Docteur Chantal VIART-FERBER, directrice de l'enseignement, pour l'organisation de cette formation.

A Monsieur le Professeur DUBREUIL, pour la supervision de cet enseignement.

A Monsieur Alain ZEITOUN, pour sa compétence et son goût à partager ses connaissances, son accueil chaleureux et sa convivialité.

A tous les intervenants:

Monsieur le Dr.M.BONNEFOY
Monsieur le Dr.A.COSMIDIS
Monsieur le Dr.P.FROENLICH
Monsieur le Dr.E.IONESCU
Monsieur le Dr.M.MERMIER
Monsieur le Dr.J-B.NOTTET
Monsieur le Dr.X.PERROT
Madame le Dr.C.TILIKETE
Monsieur le Dr.E.TRUY
Monsieur L.GARIN (rééducateur)
Monsieur N.FOUQUET (rééducateur)
Monsieur A.ZEITOUN (rééducateur)

A ma femme, pour son aide précieuse et son soutien non moins précieux.

PLAN

I / INTRODUCTION Page 1

II / MATERIEL UTILISE Page 2

Plate forme de posturographie statique et dynamique,
Multitest de Framiral

III / LE LOGICIEL POSTURO PRO Page3

Le logiciel Posturo Pro en exploration et rééducation
des troubles de l'équilibre

Application des nouvelles méthodes d'analyse mathématique
au traitement du signal stabilométrique et utilité en pratique
quotidienne

La décomposition en ondelettes
Analyse qualitative
Analyse quantitative

IV / PROTOCOLE D'UTILISATION ET CAS CLINIQUES Page 6

V / DISCUSSION Page 43

VI / CONCLUSION Page 44

VII / BIBLIOGRAPHIE Page 45

I / INTRODUCTION

Plusieurs de mes confrères ont déjà abordé d'une façon forte intéressante l'étude du logiciel Posturo-Pro, logiciel mettant à la disposition de l'utilisateur plusieurs séquences permettant de parfaire ses bilans et ses rééducations.

S'agissant de :

- L'analyse de diffusion
- L'analyse fractale
- Les ondelettes
- Le temps d'annulation
- La puissance

Ces différentes analyses intéressant tant le plan antéro-postérieur que médio-latéral.

Pour ce mémoire, et pour plus de clarté, je me suis limité à l'étude de la décomposition en ondelettes des stabilogrammes en X et en Y afin d'en saisir l'intérêt et notamment d'essayer d'en établir la force de performance et l'importance de leur apport dans le bilan du praticien.

Pour ce faire, j'ai choisi de comparer les bilans obtenus avec le logiciel standard du Multitest Equilibre, et ceux établis avec le logiciel Posturo Pro.

Concernant la décomposition en ondelettes, j'ai limité l'étude comparative aux ondelettes dans le plan antéro-postérieur, ne considérant pas celles dans le plan médio-latéral car celles-ci étaient moins significatives.

II / MATERIEL UTILISE

Plate-forme statique et dynamique asservie, motorisée, libre dans les 3 plans de l'espace, à angulation variable, le Multitest de Framiral.

Appareil composé d'un plan d'appui monté sur ressorts dont on peut moduler électriquement et par l'intermédiaire de vérins pneumatiques les degrés de liberté dans toutes les directions, pour arriver d'une stabilité parfaite à une instabilité totale. (plate-forme asservie)

Ce bilan fait suite à l'examen clinique et aux explorations ORL traditionnelles et permettra d'étudier le comportement du patient dans différentes situations.

Six conditions d'examen :
plateau fixe + yeux ouverts et cible fixe
plateau fixe + yeux fermés
plateau fixe + vision trompée (stimulation optocinétique)
plateau asservi + yeux ouverts et cible fixe
plateau asservi + yeux fermés
plateau asservi + vision trompée

Ce bilan comporte six séquences de 30s chacune espacées de 15s, fournissant des données telles : la surface décrite par la projection du centre de gravité du sujet, la vitesse moyenne de déplacement du centre de gravité, la distance parcourue, le taux de stabilité, le poids du sujet, le quotient de Rhomberg, l'analyse des chutes….

L'apparition des plates formes motorisées et asservies a permis de mettre en évidence la fonction vestibulaire jusque là délaissée. Et ainsi de mettre en évidence la notion d'omission vestibulaire par exemple.

Caractéristiques techniques : 50 à 100 Hz, 16 bits, 30 s (modulables) d'examen dans chaque situation.

Ces nouvelles caractéristiques techniques ont permis d'introduire l'utilisation du logiciel Posturo-Pro qui a besoin de ces hautes performances techniques pour s'exprimer,
Posturo-Pro venant au secours de la posturographie classique qui ne met pas en évidence les doléances du patient (par exemple la dépendance visuelle).

A l'heure actuelle, les études ont porté sur les situations de test avec plateau fixe, et c'est ce que nous retiendrons également comme protocole.
Des études sont en cours de réalisation, concernant les situations de tests avec plateau mobile.

III / INTERETS DU LOGICIEL « POSTURO-PRO » EN EXPLORATION ET REEDUCATION DES TROUBLES DE L`EQUILIBRE

L'idée princeps qui a présidé à l'élaboration d'un nouveau logiciel de traitement des signaux stabilométriques repose sur le triple constat suivant :

- les paramètres standards utilisés en clinique de routine avec plate-forme de stabilométrie statique, restent très insuffisants pour l'établissement d'un diagnostic de déficit postural, qu'elle que soit son origine.

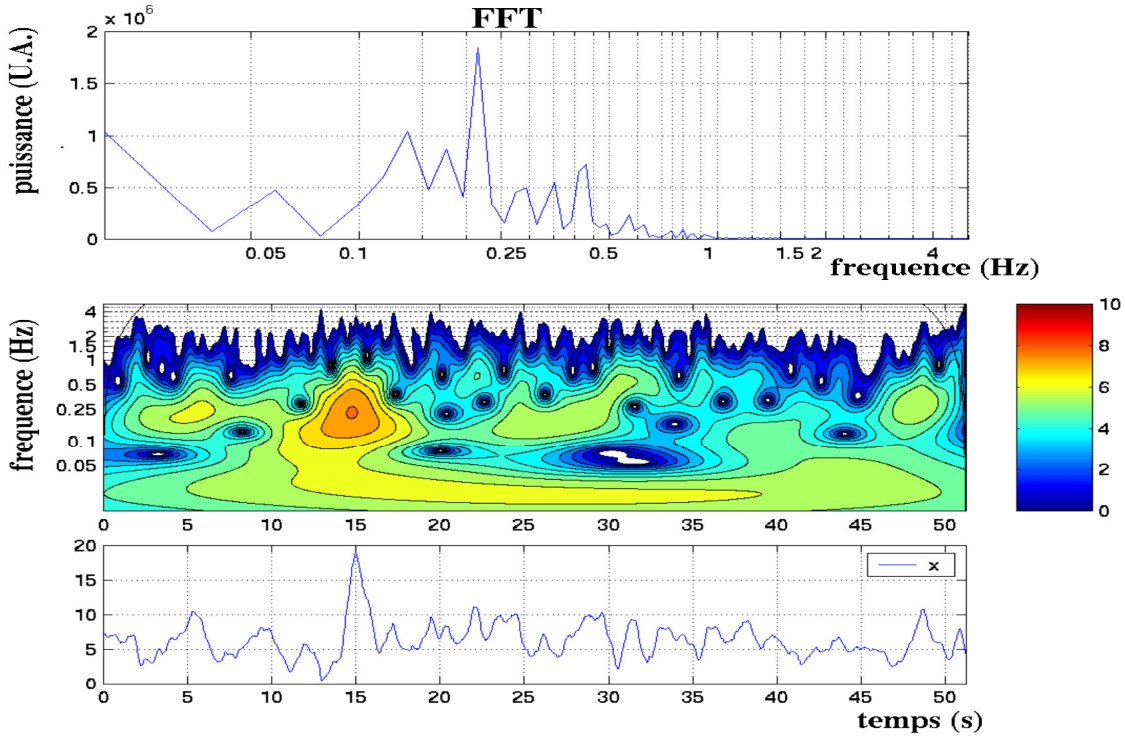
- les méthodes de traitement du statokinésigramme et des stabilogrammes en X et en Y sont utilisées depuis longtemps bien que l'on sache qu'elles ne sont pas applicables à l'analyse des signaux stabilométriques.

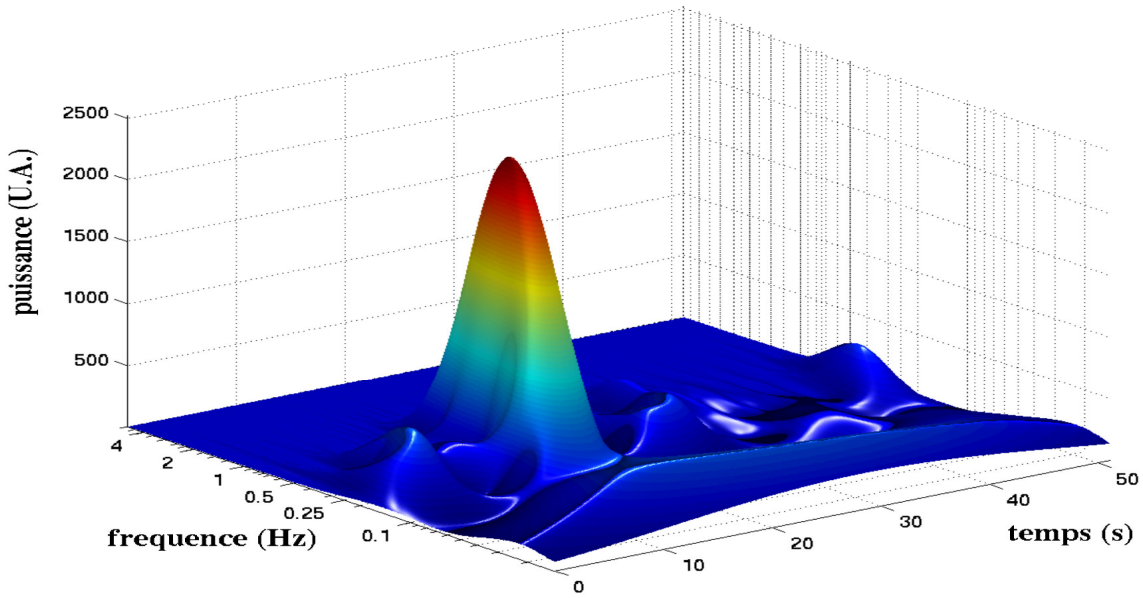
- les méthodes d'analyse mathématique plus récentes permettent de s'affranchir des limitations de ces techniques d'analyse du signal stabilométrique et de porter un regard neuf sur les mécanismes de régulation de la posture.

Elles autorisent ainsi au logiciel posturo-Pro à apporter une analyse qualitative et quantitative saisissable immédiatement et visuellement.

Possibilités d'analyser le contenu fréquentiel en fonction du temps (décomposition par ondelettes), possibilités de déterminer les relations de causalité entre deux points d'échantillonnage (analyse fractale, analyse de diffusion), et par conséquent de savoir si les déplacements du centre de pression sont aléatoires ou déterminés par l'intervention de boucles de régulation rétroactive.

1) Analyse qualitative :





La décomposition en ondelettes des stabilogrammes en X et en Y fournit une carte tridimensionnelle des déplacements de centre de pression. (CdP)

Posturo-Pro établit donc une cartographie 3D de l'enregistrement postural, semblable aux courbes de niveaux des cartes d'état major, avec le temps en abscisses, la fréquence en ordonnées et la puissance du contenu séquentiel figurée par un code couleurs.

Les couleurs chaudes (jaune, orangé, rouge) représentant des puissances élevées (pics) tandis que les couleurs froides (vert, bleu, blanc) traduisent des puissances faibles ou nulles (creux), pour une fréquence donnée ou une bande de fréquences déterminées.

Un premier regard sur la carte permet de savoir :

-si le sujet dépense (prédominance chaude) ou non (prédominance froide) une grande quantité d'énergie pour maintenir son équilibre postural.

-si le sujet présente un contenu séquentiel de type normal (entre 2 et 2,5Hz) ou non. Des fréquences élevées pouvant témoigner de processus pathologiques (tremblement physiologique, SEP…)

-si la représentation cartographique de signal posturographique est homogène dans le temps (puissance constante d'une fréquence) ou accidentée (accroissement subit d'une puissance due à une instabilité posturale transitoire, très limitée dans le temps, de type artéfactuel ou non).

Dans ce cas, intérêt de recommencer de suite le test pour avoir déjà un élément de réponse.

2) Analyse quantitative :

Nous ne retiendrons que les informations rapidement lisibles et interprétables.

Par exemple, les fréquences du sujet, sachant qu'un sujet normal se situera entre 0,5 Hz et 2,5Hz.

Les fréquences supérieures à 3 Hz dans les conditions yeux ouverts/yeux fermés pourraient être un signe de centralité.

IV / PROTOCOLE D'UTILISATION ET CAS CLINIQUES

Protocole :

Comme nous l'avons vu précédemment, nous utiliserons la plate forme Multitest en mode statique, le sujet ayant les yeux ouverts (référence), puis fermés, et enfin sera soumis, dans l'obscurité, à des stimulations optocinétiques en champ total.

Nous allons examiner les résultats obtenus chez 12 patients présentant des troubles de l'équilibre dus à des pathologies différentes en cherchant à comparer l'interprétation et la présentation par les deux logiciels des informations recueillies.

Pour chaque patient, nous présentons, à la fin du dossier, le bilan complet issu du logiciel du Multitest-Equilibre sachant que seules les données recueillies sur plan stable nous intéressent dans cette étude.

Nous avons isolé et présenté en premier les stabilogrammes obtenus afin de mieux aborder leur comparaison avec les ondelettes de Posturo-Pro.

Tentant de montrer, tant la rapidité d'interprétation visuelle de la situation donnée que sa pertinence, nous ne tiendrons pas compte des données chiffrées indiquées par ce bilan, même si celles-ci sont bien entendu indispensables dans notre pratique pour la compréhension du cas.

Pour chaque patient nous présentons un bilan partiel issu du logiciel Posturo-Pro où n'apparaissent que les ondelettes dans le plan antéro-postérieur, l'analyse fractale et l'indice d'instabilité.

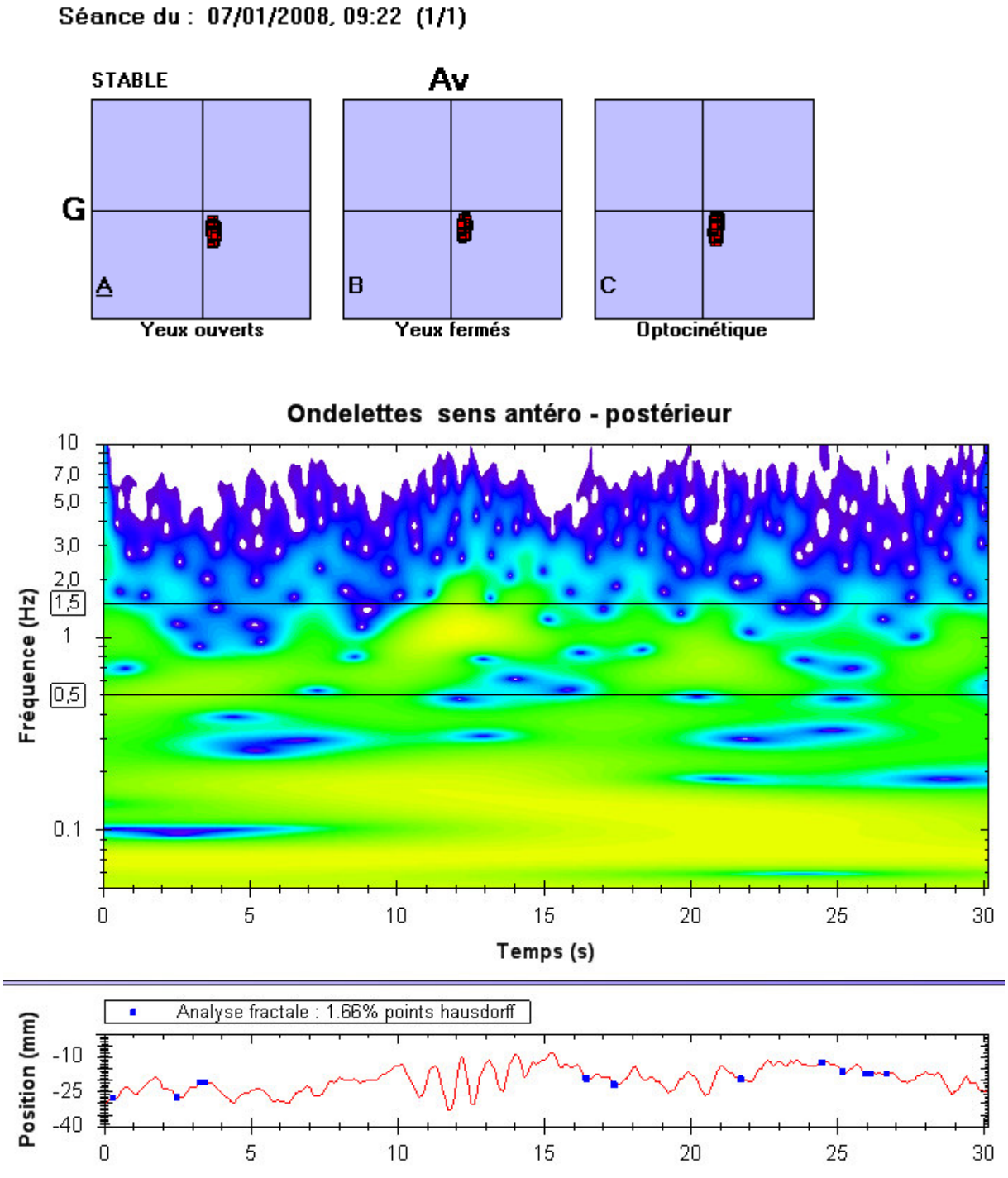
Si nous ne nous intéressons ici qu'aux ondelettes sagittales, nous ne pouvons là non plus ignorer dans l'interprétation au quotidien de notre bilan, l'ensemble des données que sont les ondelettes dans le plan médio-latéral, les temps d'annulation, l'analyse de diffusion…., puisque ces données sont partie intégrale du bilan.

Mais, dans un souci de limpidité de notre présentation, toutes les données du bilan n'apparaissent pas ici puisqu'elles ne sont pas le sujet de cette étude.
Les données indiquées étant toutefois suffisantes pour permettre au lecteur d'aller plus en avant dans la comparaison des résultats.

Cas cliniques :

Monsieur J.

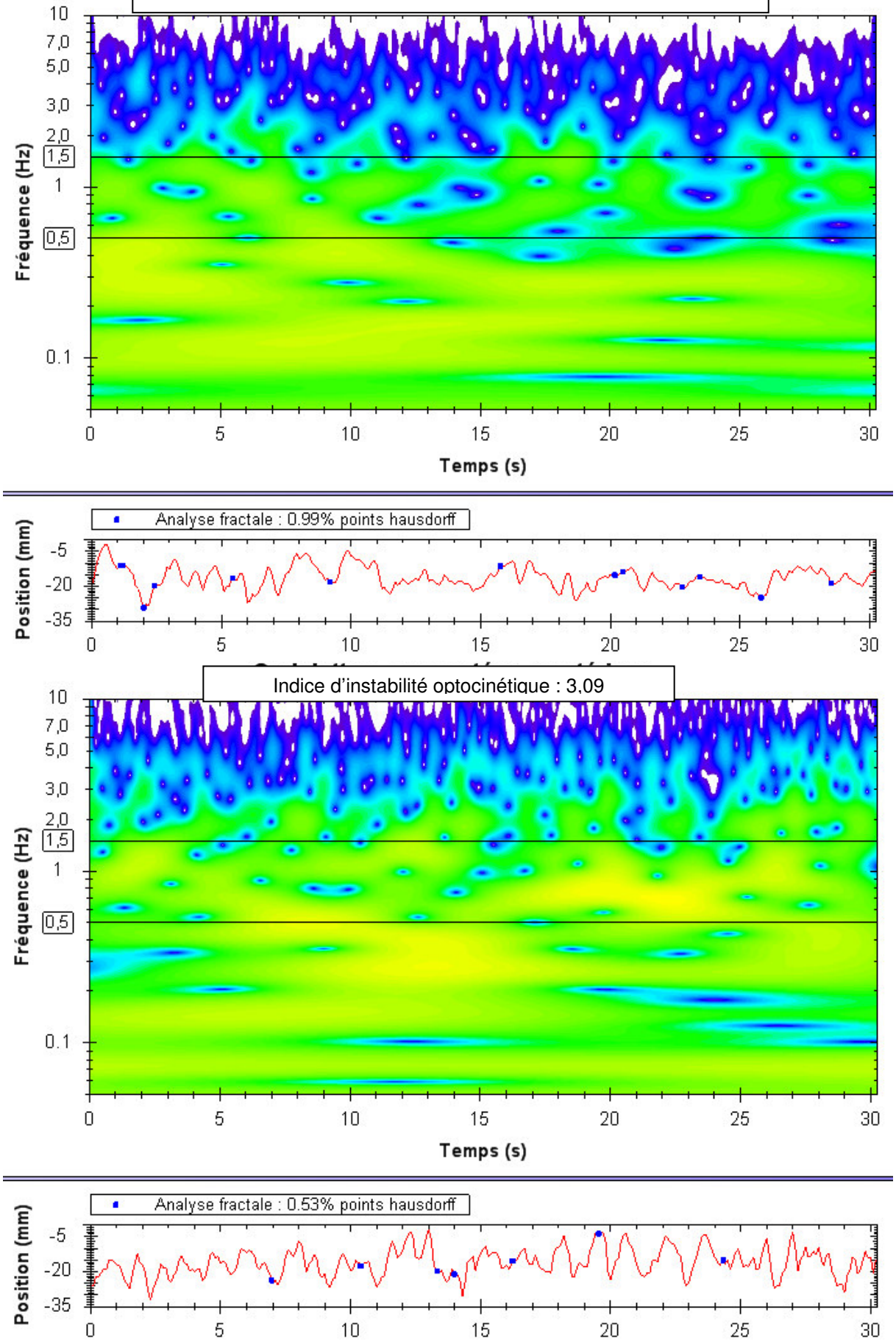
On constate avec surprise à l'observation de Posturo-Pro, que ce patient consomme beaucoup d'énergie, avec des fréquences très élevées. On était loin de l'envisager au regard du logiciel de Multitest.
Ce patient est instable à la marche et dépendant visuel. On suppose un problème central au vu des temps d'annulation, ce qui n'est pas dans notre sujet.



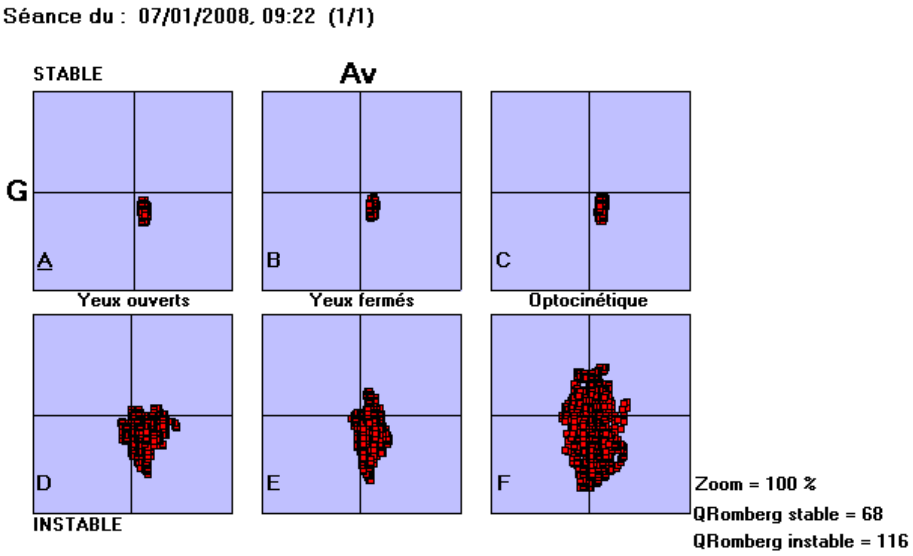
Indice d'instabilité yeux ouverts : 2,34

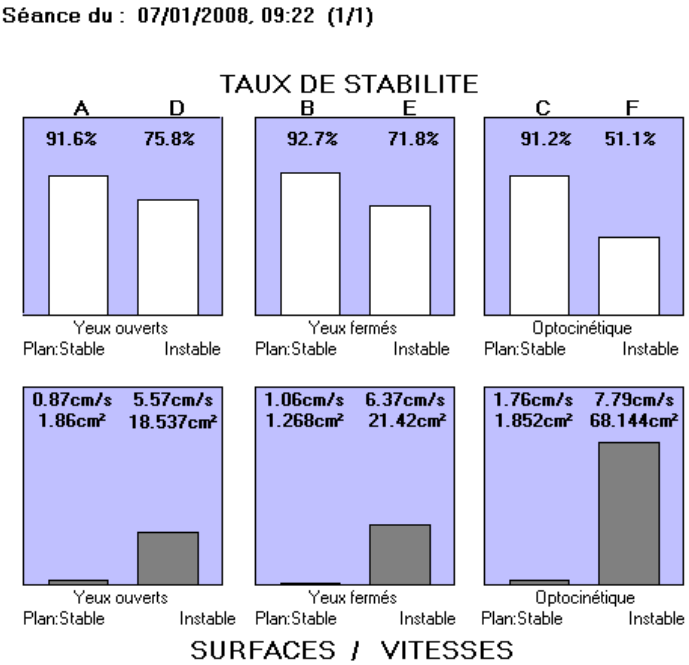
Ondelettes sens antéro-postérieur

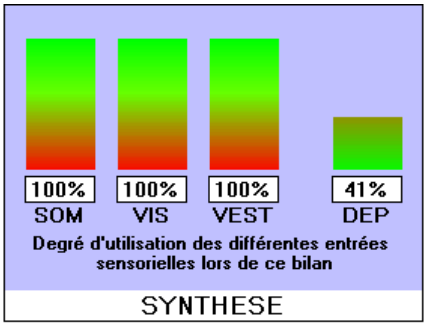
Indice d'instabilité yeux fermés : 2,43



Résultats avec Multitest-équilibre

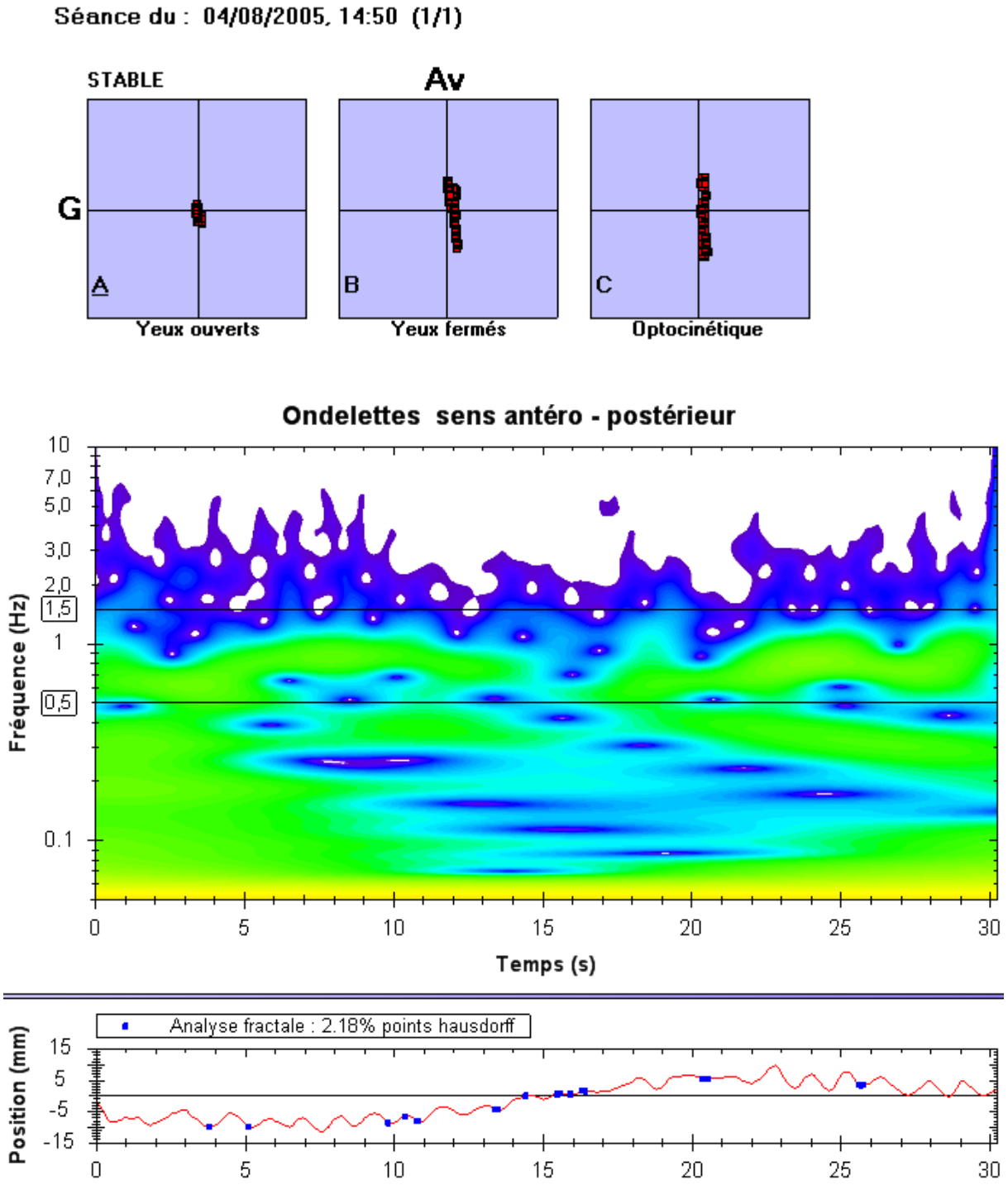






Madame L.

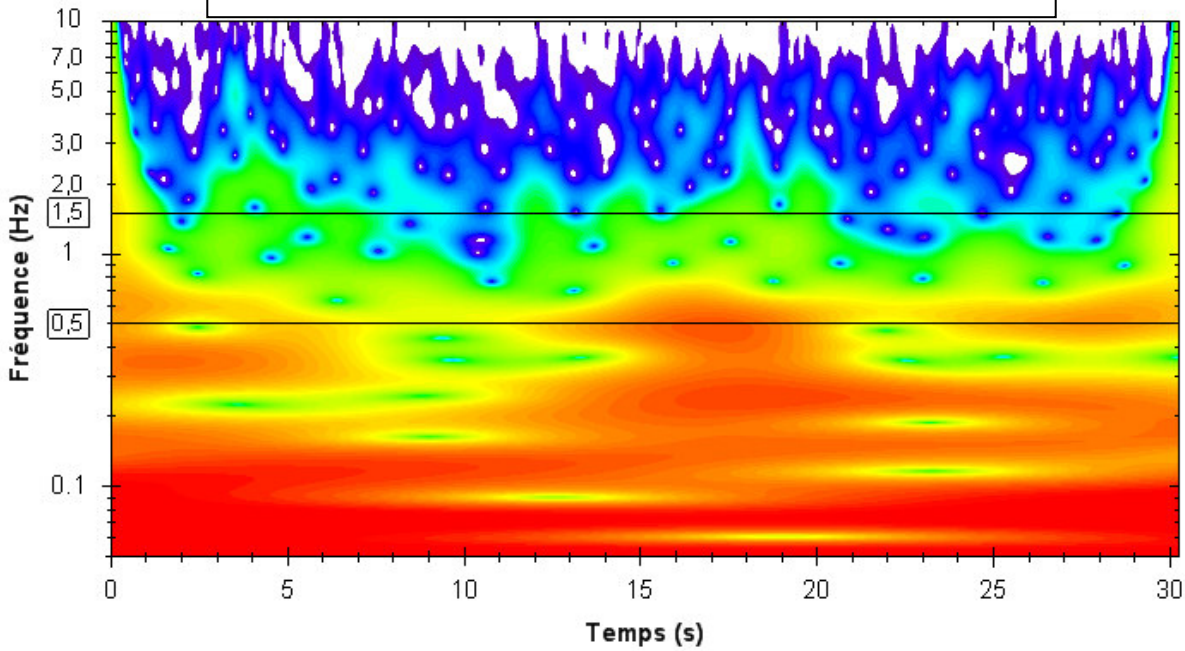
La visualisation des ondelettes nous permet de voir la forte dépense énergétique de la patiente (couleurs chaudes) ainsi que des fréquences élevées. Les résultats obtenus avec Multitest ne pouvaient le laisser supposer.
Cette patiente souffre d'une désorganisation neurosensorielle.

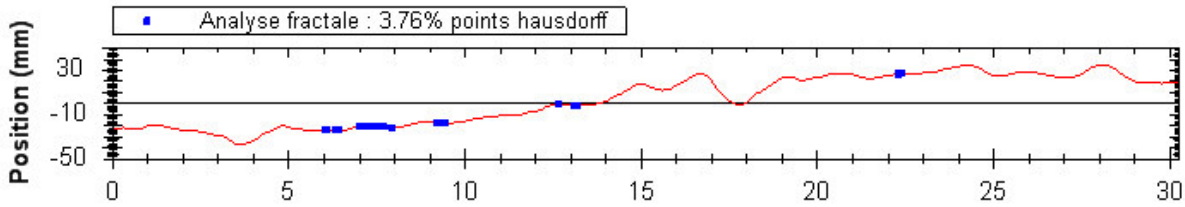


Indice d'instabilité yeux ouverts : 1,17

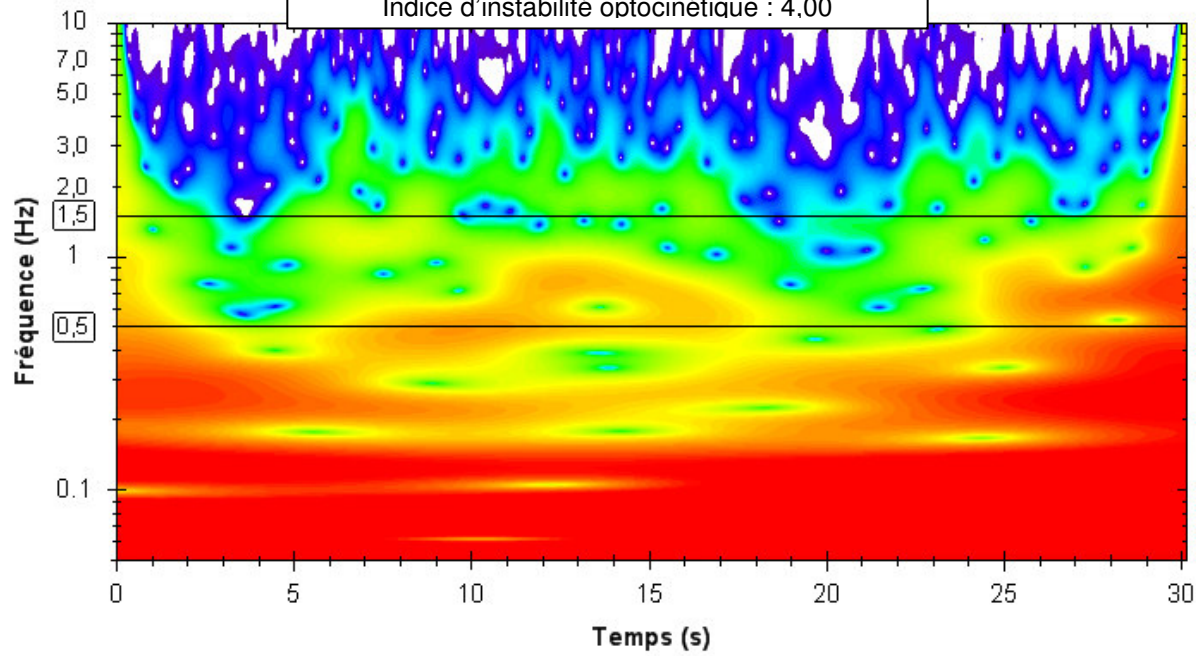
Ondelettes sens antério-postérieur

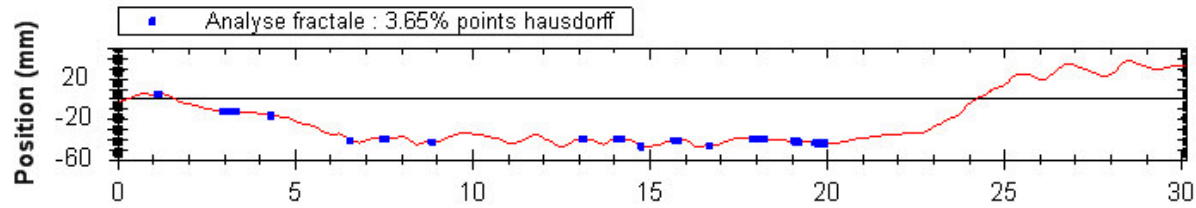
Indice d'instabilité yeux fermés : 3.39



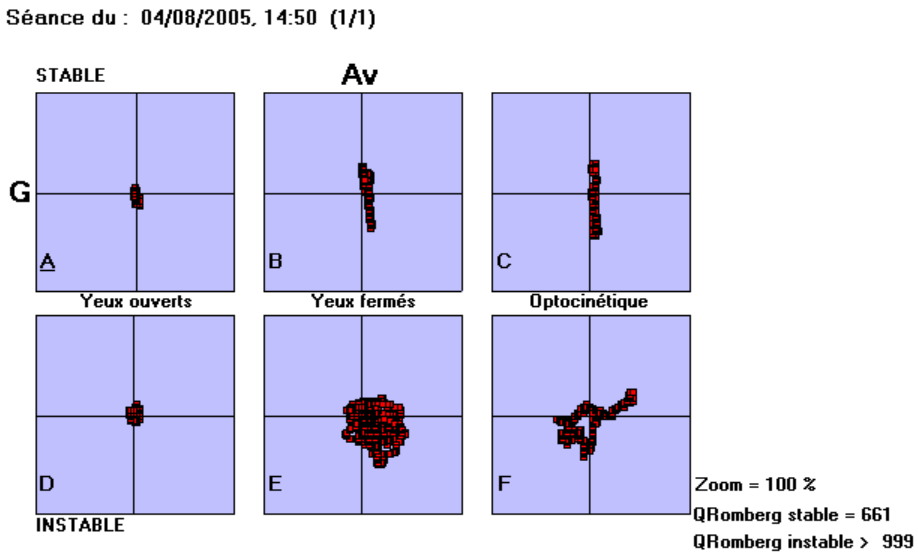


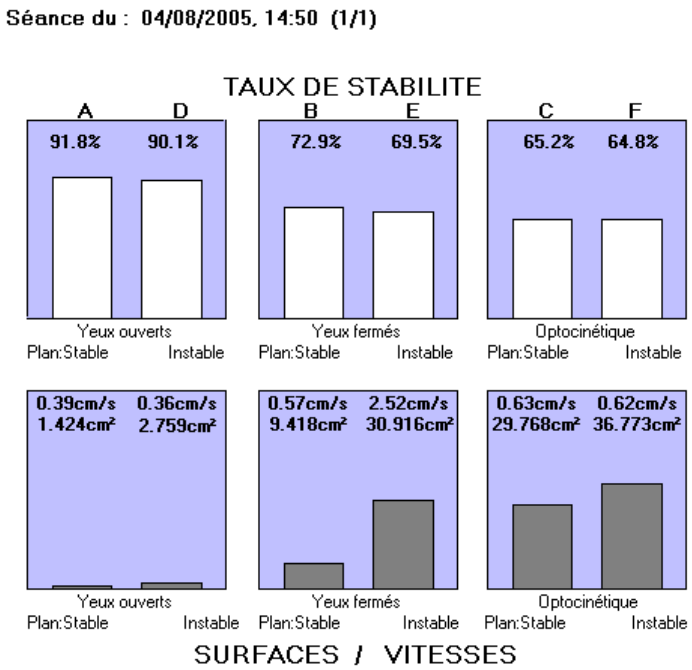
Indice d'instabilité optocinétique : 4,00

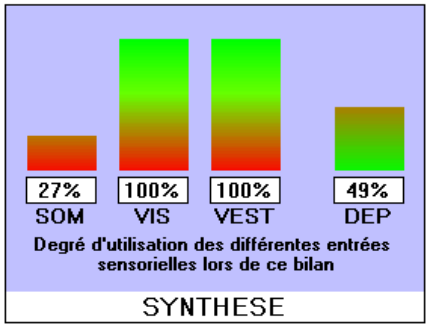




Résultats avec multitest-équilibre

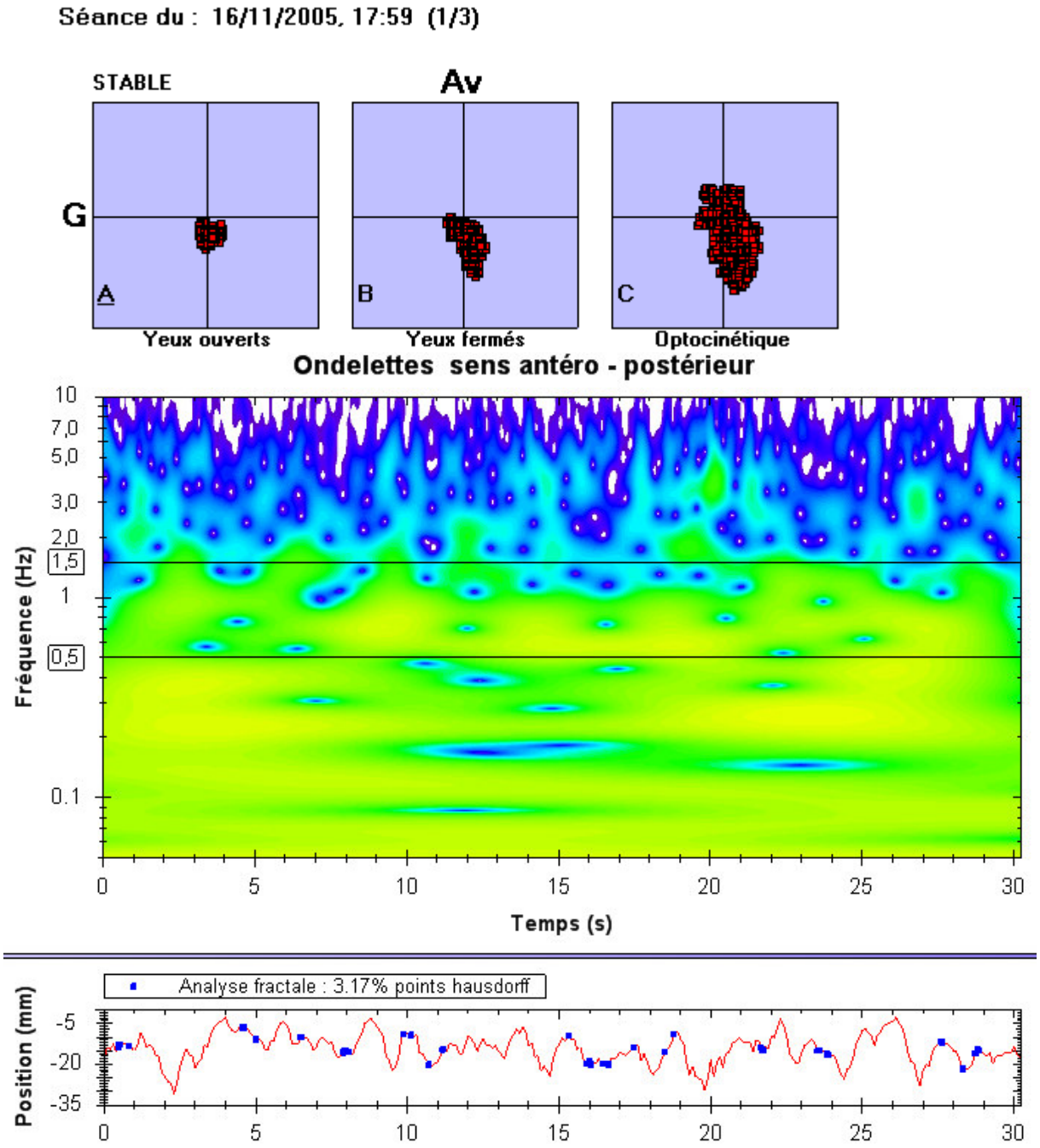






Monsieur L.

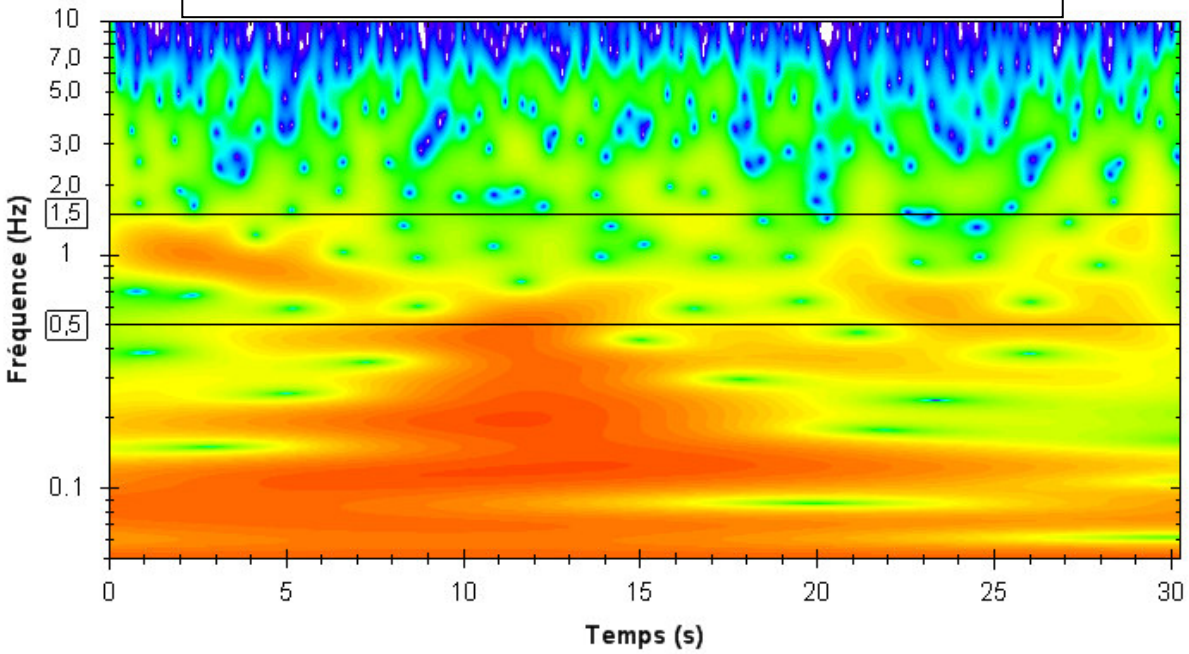
Situation déjà instable avec Multitest, mais Posturo-Pro nous la précise indiquant notamment de très fortes fréquences et une forte consommation d'énergie.
Il s'agit d'un Parkinson débutant.

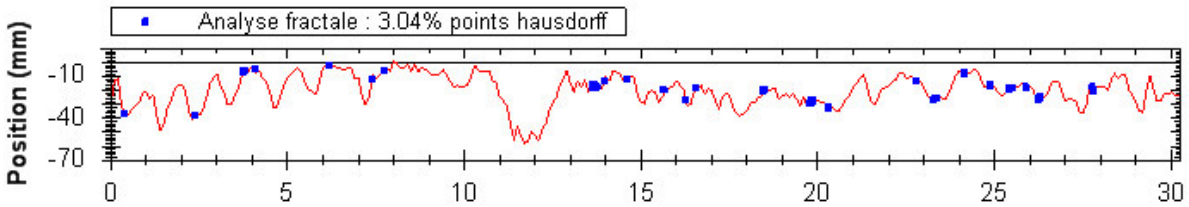


Indice d'instabilité yeux ouverts : 2,70

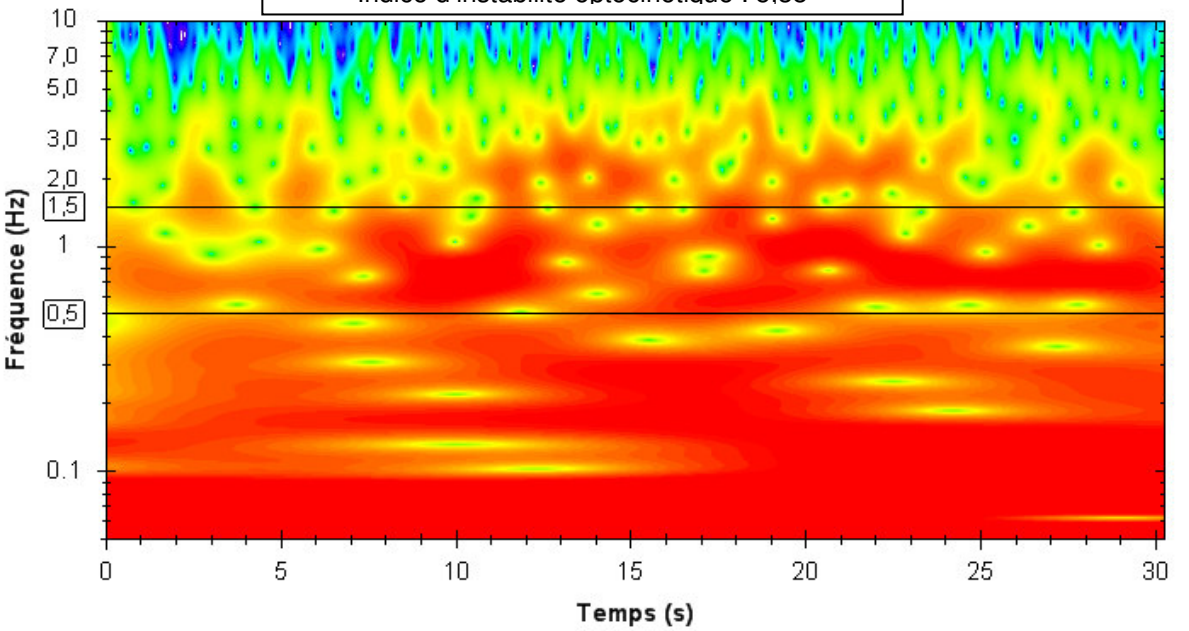
Ondelettes sens antério-postérieur

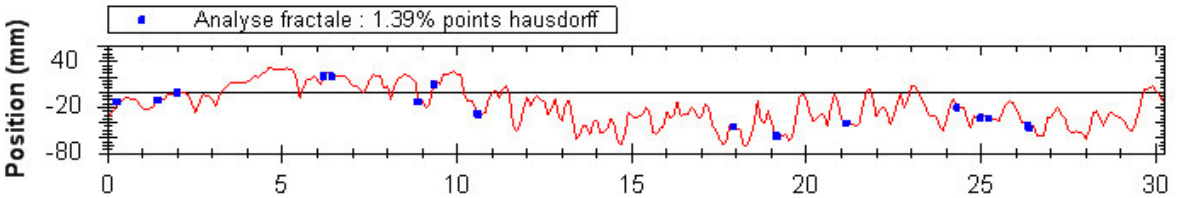
Indice d'instabilité yeux fermés : 4,05





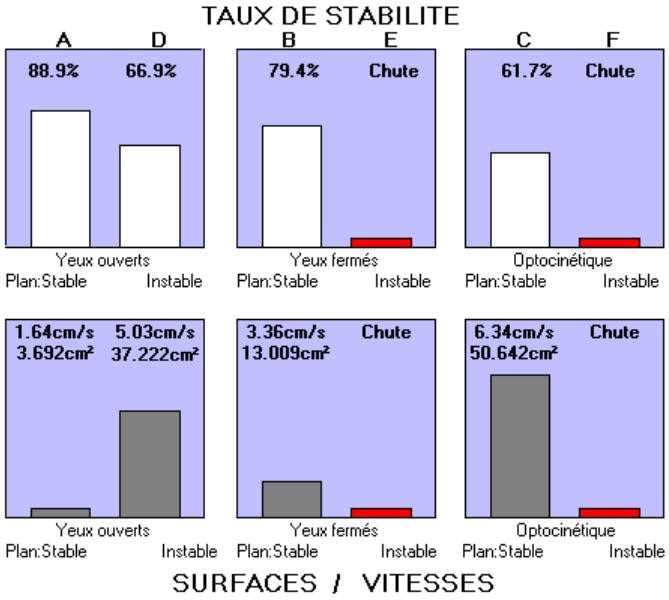
Indice d'instabilité optocinétique : 5,38



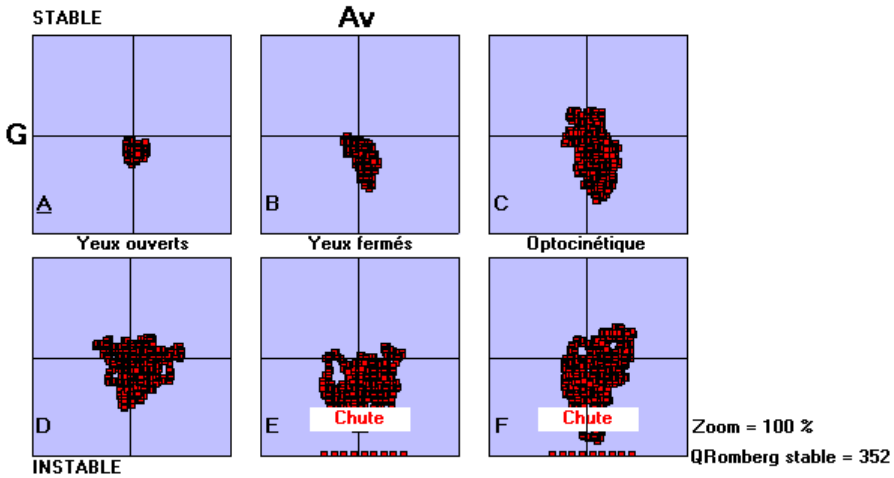


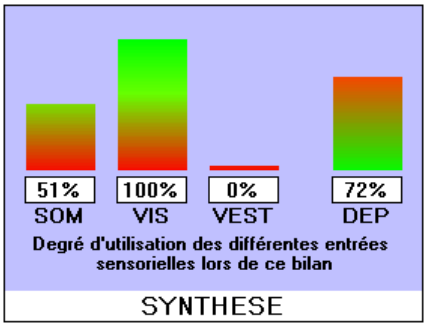
Résultats avec Multitest-équilibre

Séance du : 16/11/2005, 17:59 (1/3)



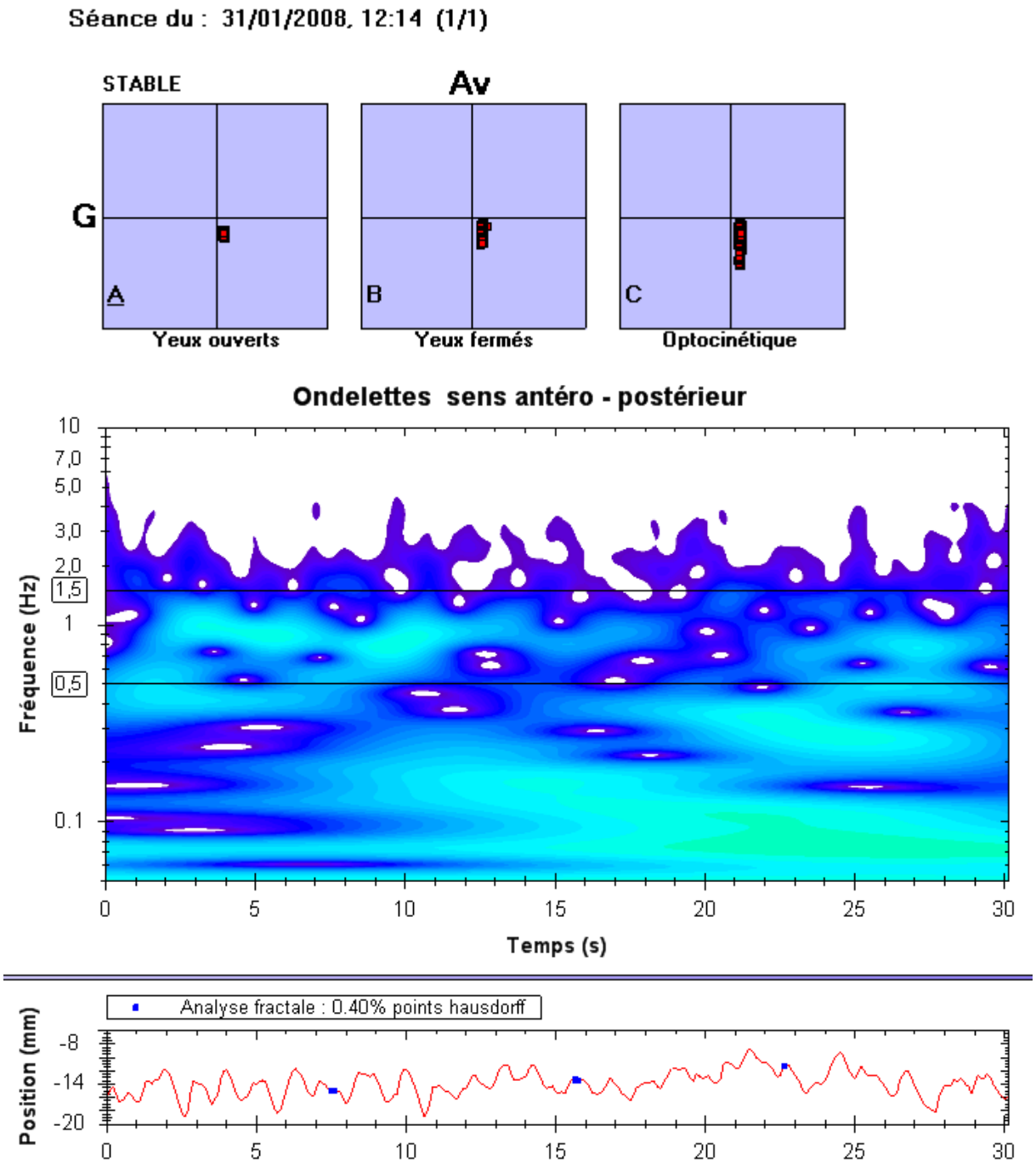
Séance du : 16/11/2005, 17:59 (1/3)





Monsieur B.

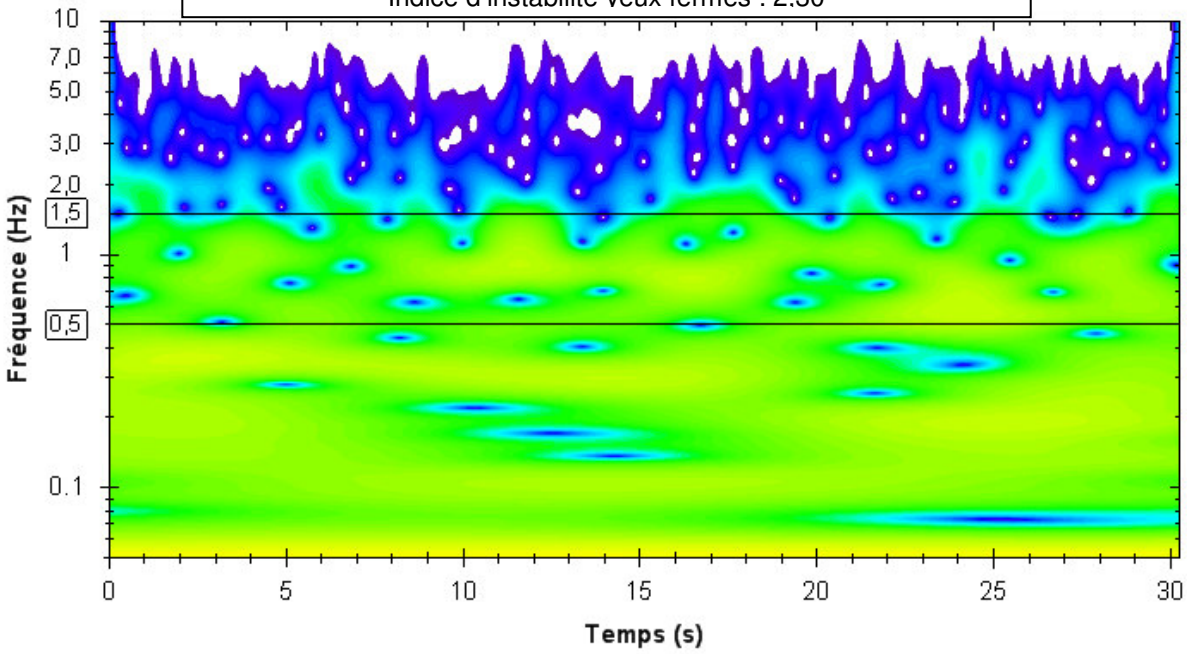
Réponses satisfaisantes avec Multitest, là encore grosse différence des résultats de Posturo-Pro, (avec des temps d'annulation montrant des signes de centralité, ce qui n'est toutefois pas le sujet)

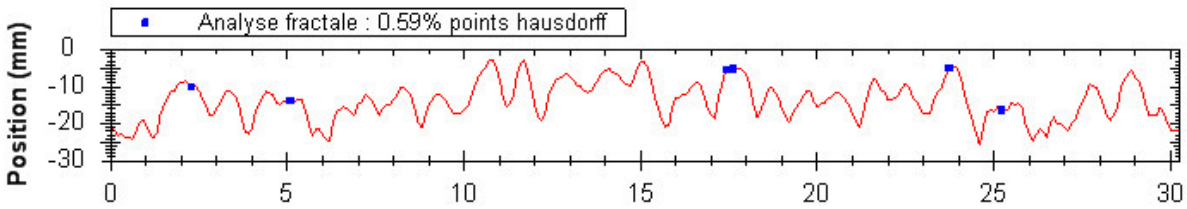


Indice d'instabilité yeux ouverts : 0,73

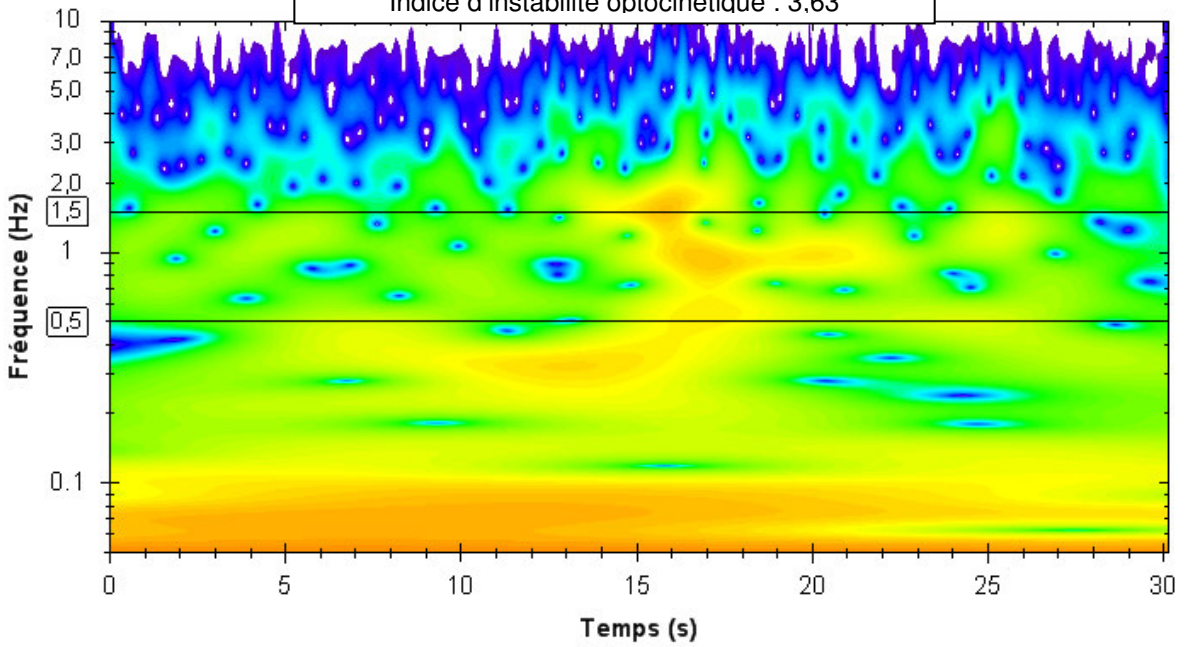
Ondelettes sens antério-postérieur

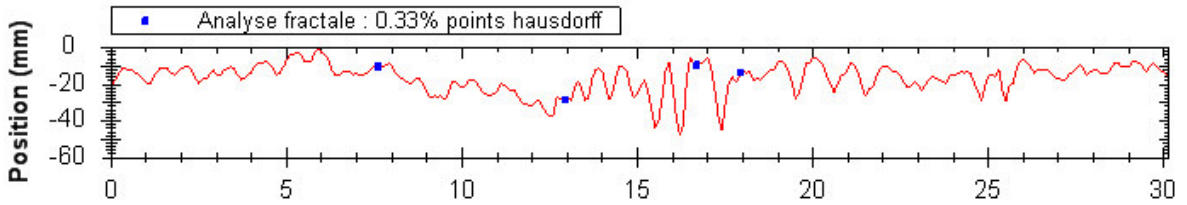
Indice d'instabilité veux fermés : 2.30





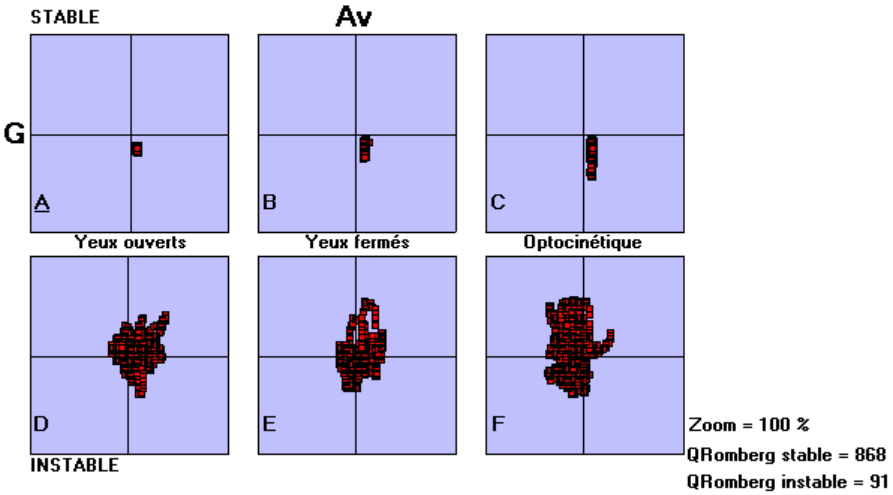
Indice d'instabilité optocinétique : 3,63



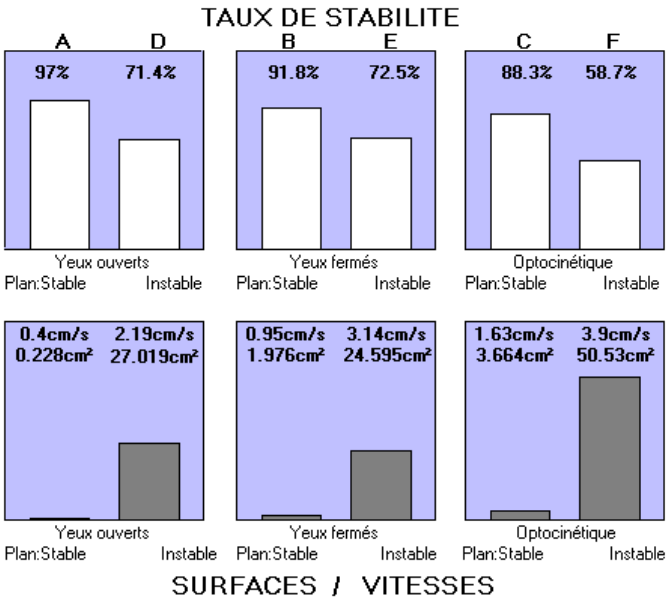


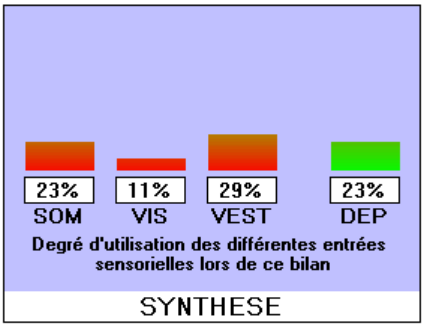
Résultats avec Multitest-équilibre

Séance du : 31/01/2008, 12:14 (1/1)



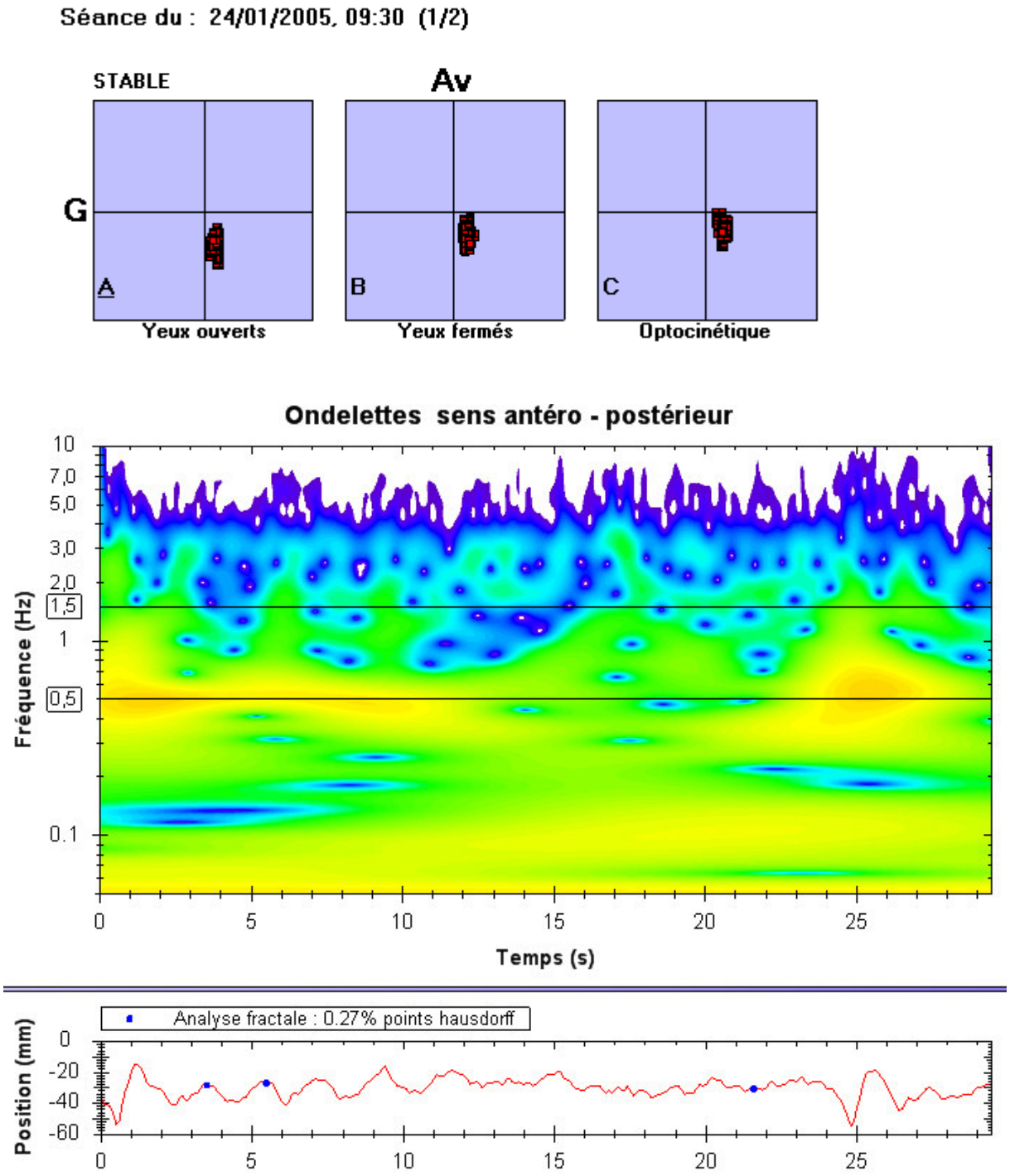
Séance du : 31/01/2008, 12:14 (1/1)





Monsieur R.

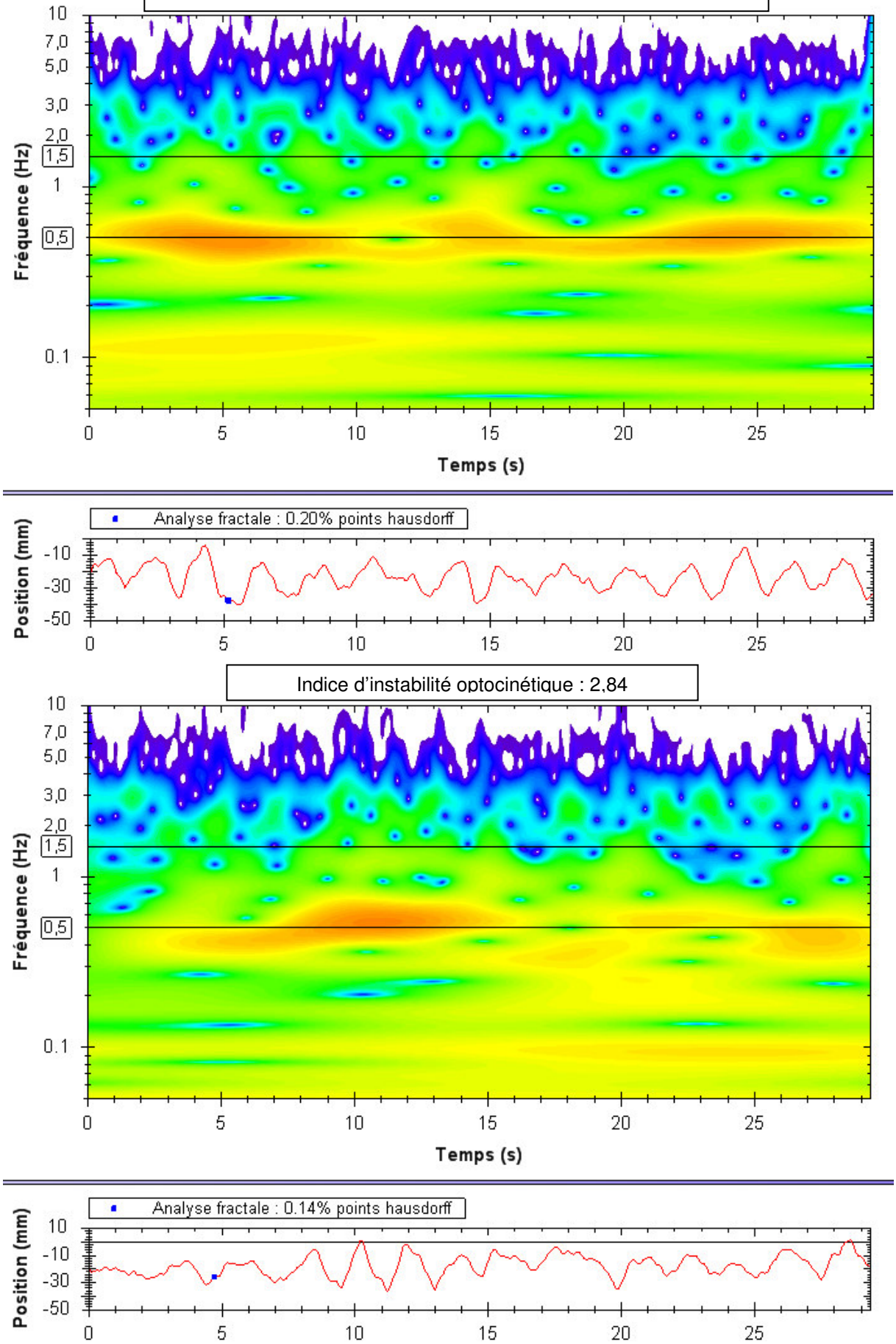
Les mêmes observations peuvent être faites chez ce patient atteint d'un syndrome cérébelleux sévère.



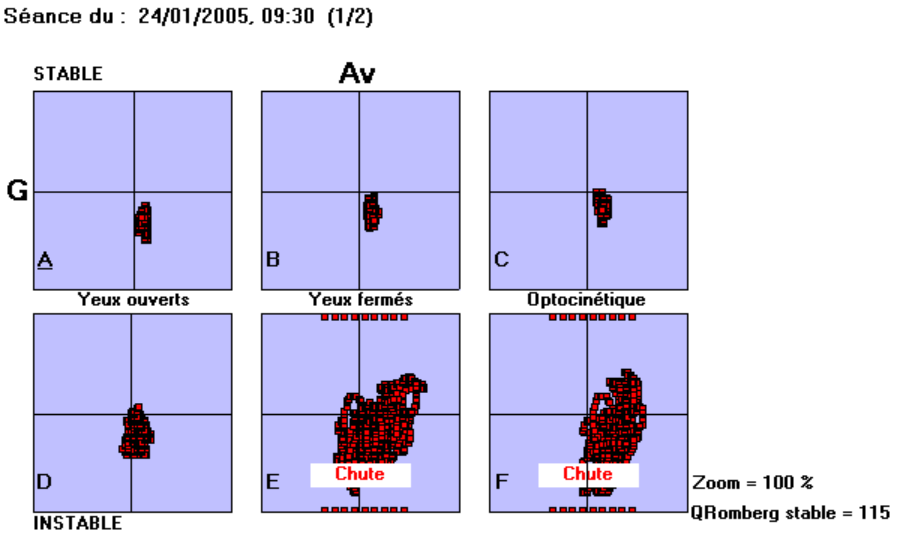
Indice d'instabilité yeux ouverts : 2,66

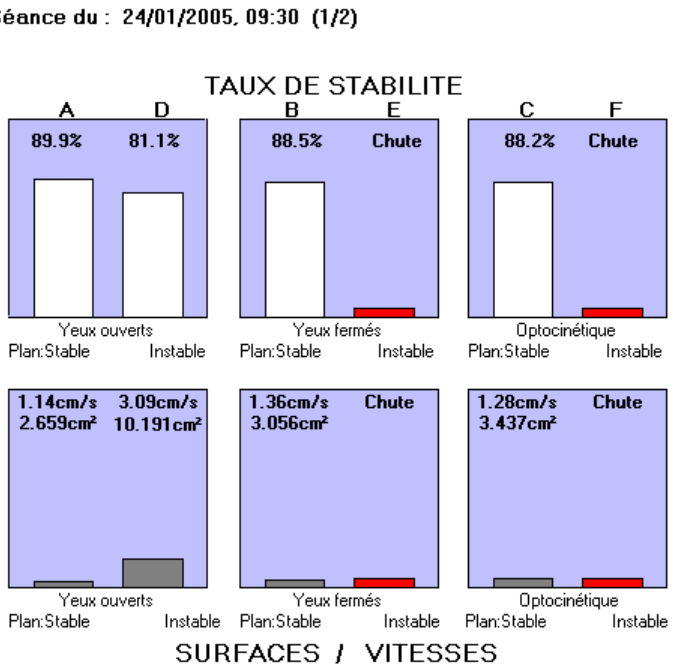
Ondelettes sens antério-postérieur

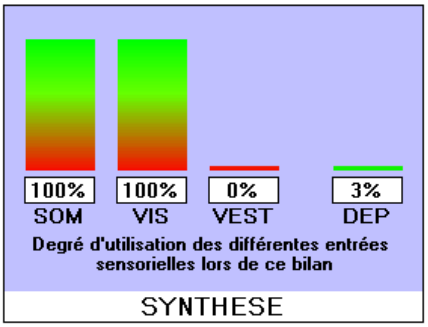
Indice d'instabilité yeux fermés : 2,84



Résultats avec Multitest-équilibre

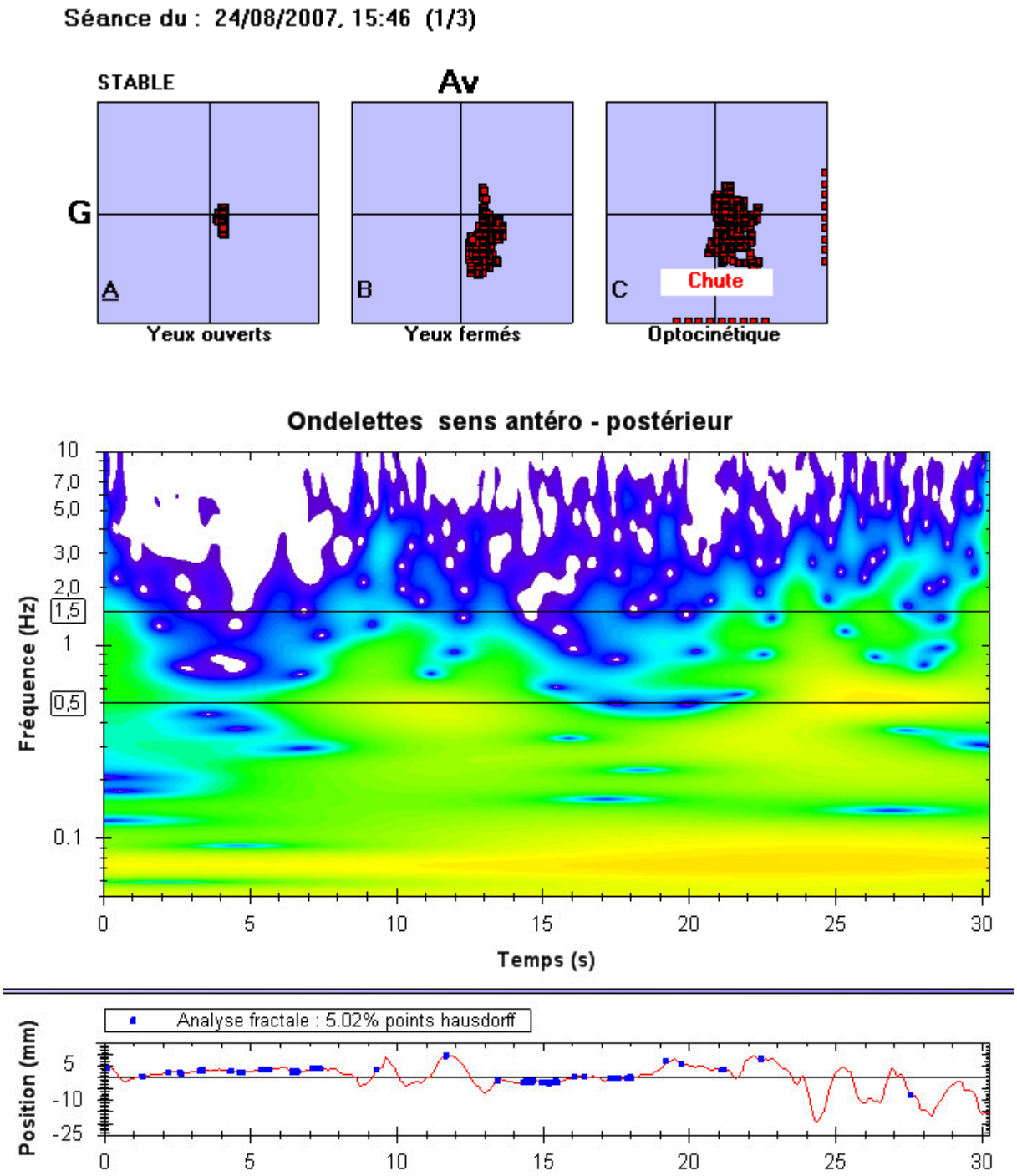






Madame G.

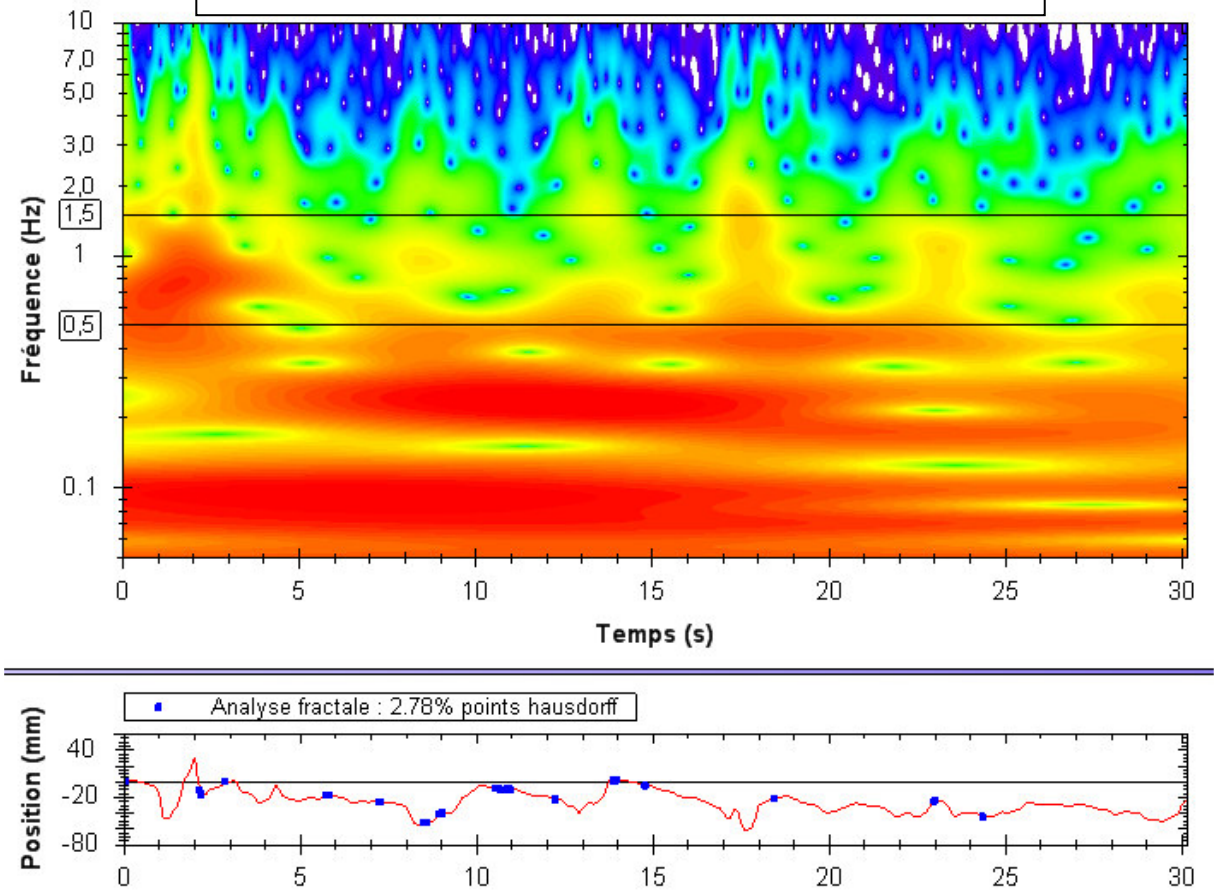
Les mêmes observations chez cette patiente gênée par une désorganisation neurosensorielle.



Indice d'instabilité yeux ouverts : 2,17

Ondelettes sens antério-postérieur

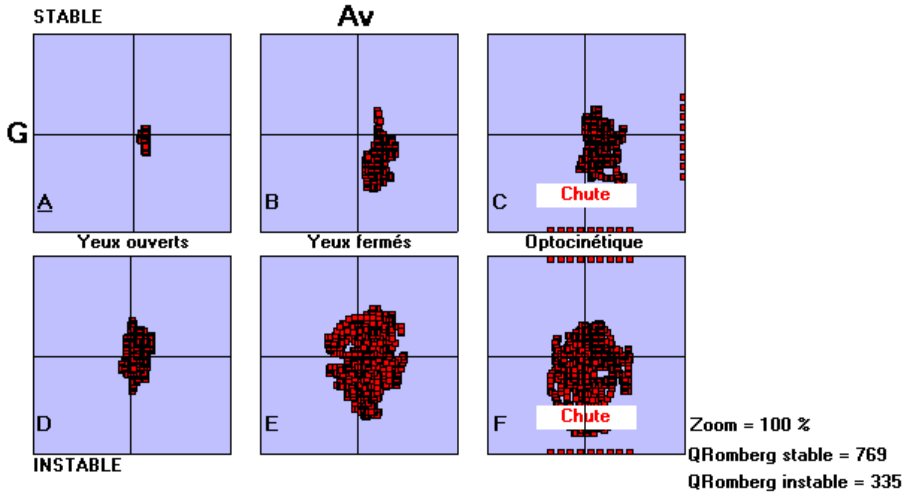
Indice d'instabilité yeux fermés : 4,07



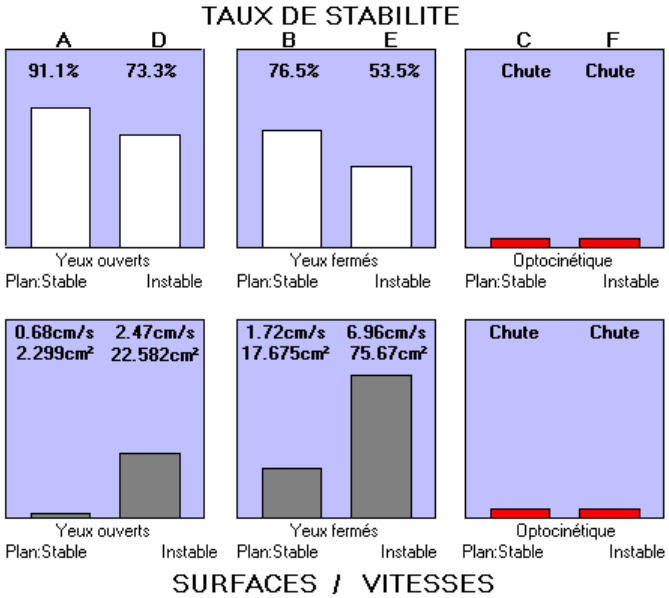
Pas de résultat car chute

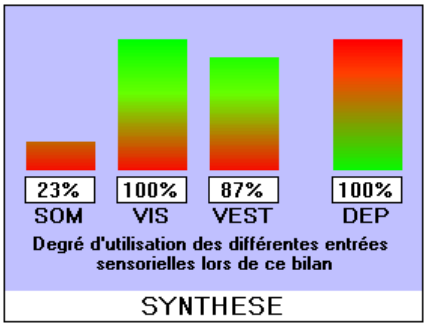
Résultats avec Multitest-équilibre

Séance du : 24/08/2007, 15:46 (1/3)



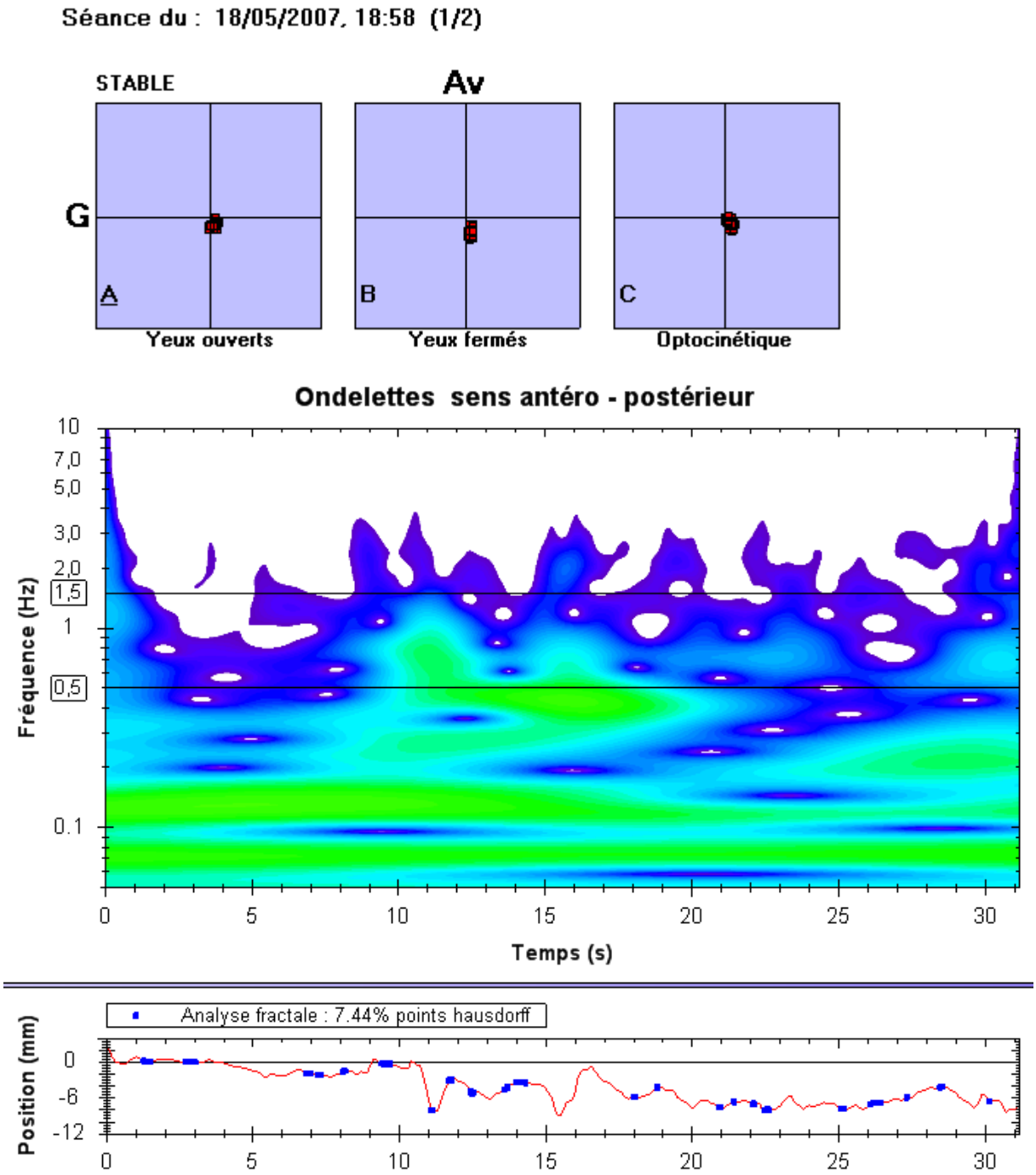
Séance du : 24/08/2007, 15:46 (1/3)





Madame L.

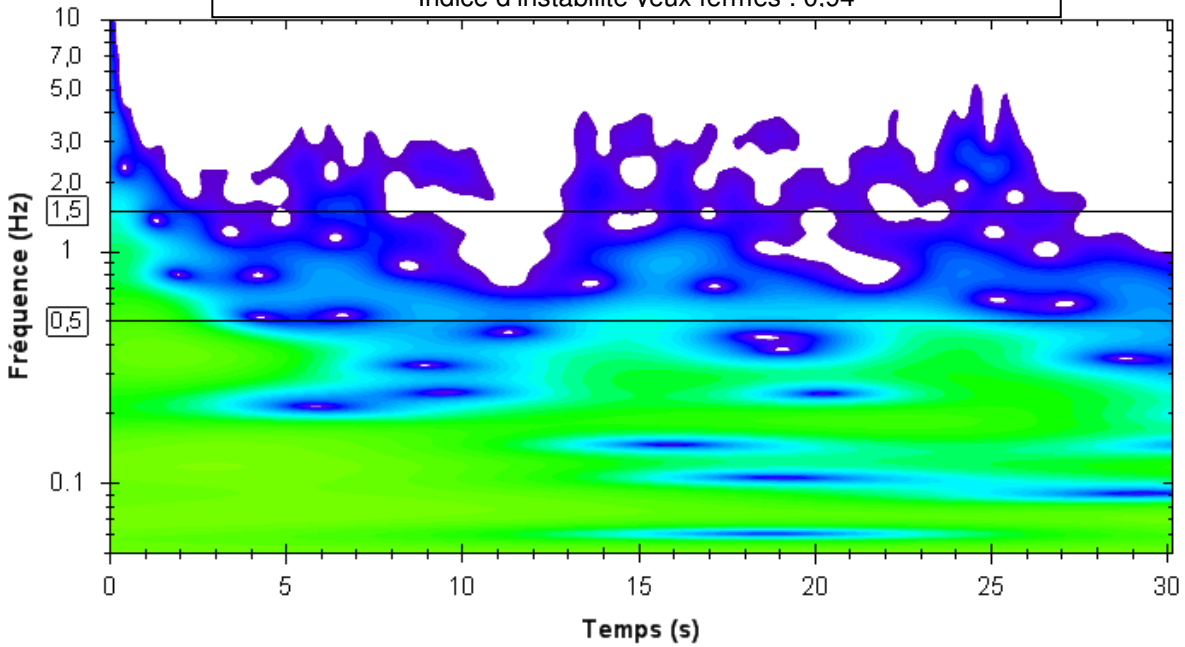
Chez cette patiente qui a de très bons scores sur Multitest, on voit tout de même sur Posturo-Pro des pics de hautes fréquences, même si les couleurs restent froides.

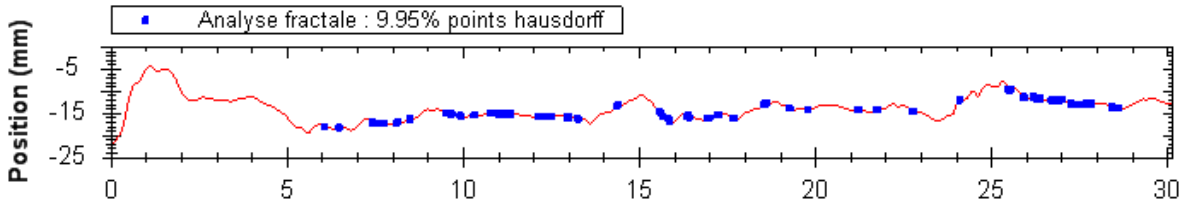


Indice d'instabilité yeux ouverts : 0,87

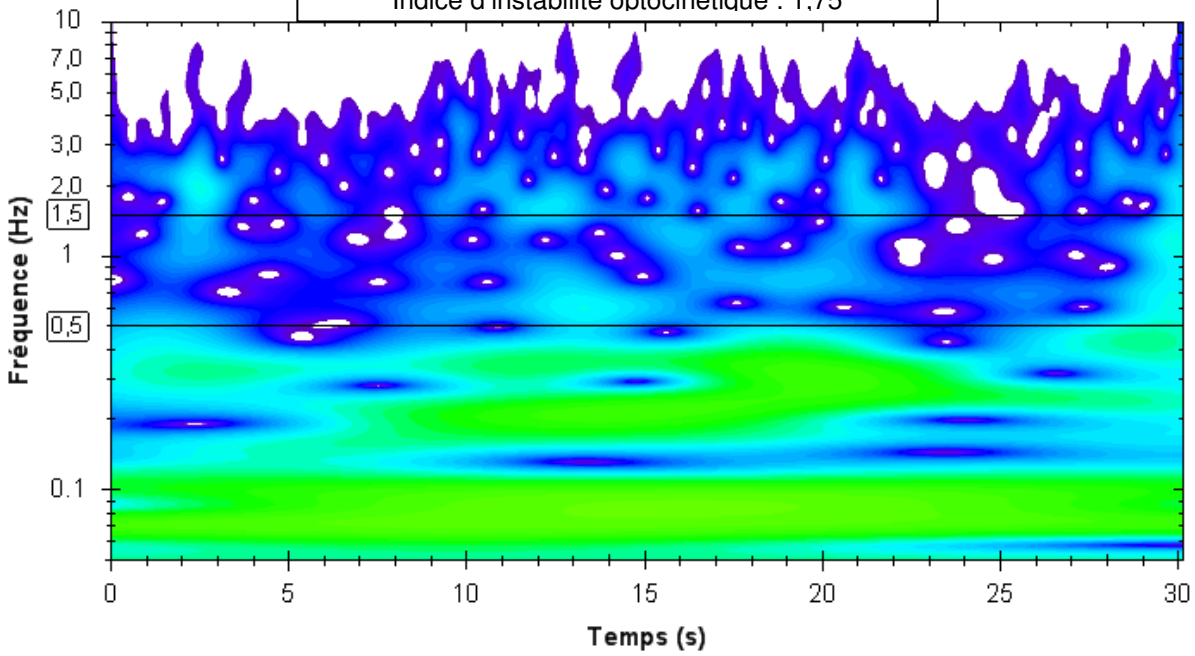
Ondelettes sens antério-postérieur

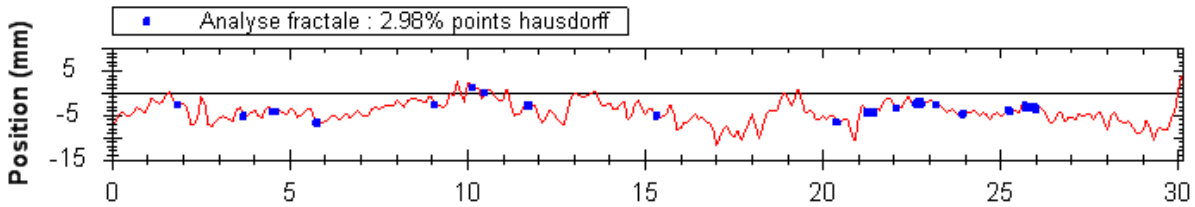
Indice d'instabilité veux fermés : 0.94





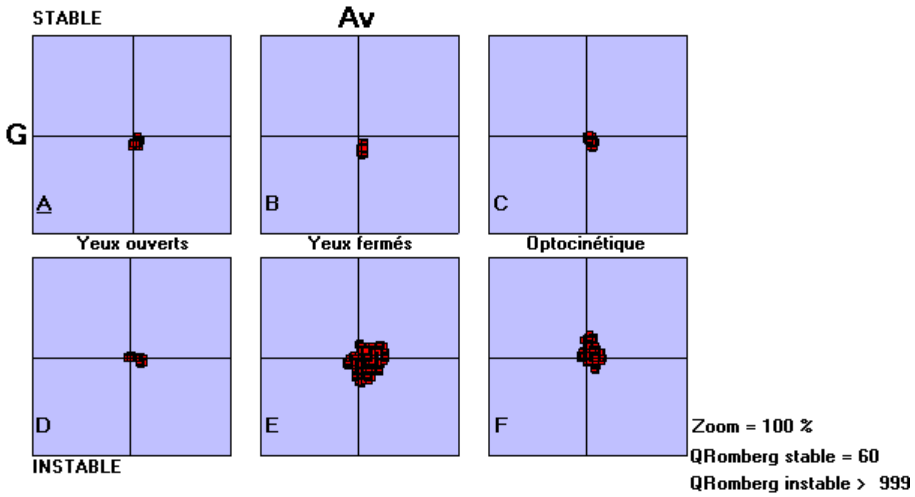
Indice d'instabilité optocinétique : 1,75



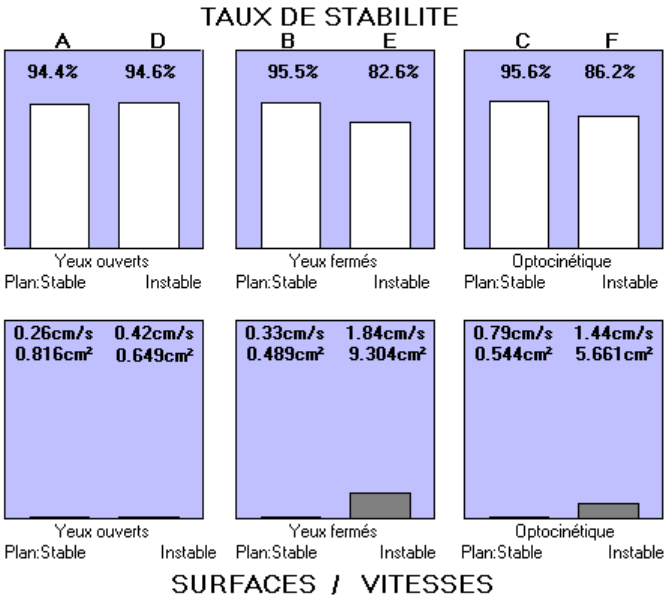


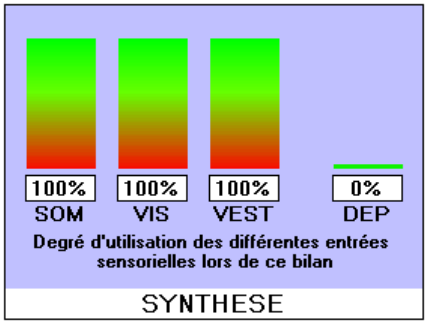
Résultats avec Multitest-équilibre

Séance du : 18/05/2007, 18:58 (1/2)



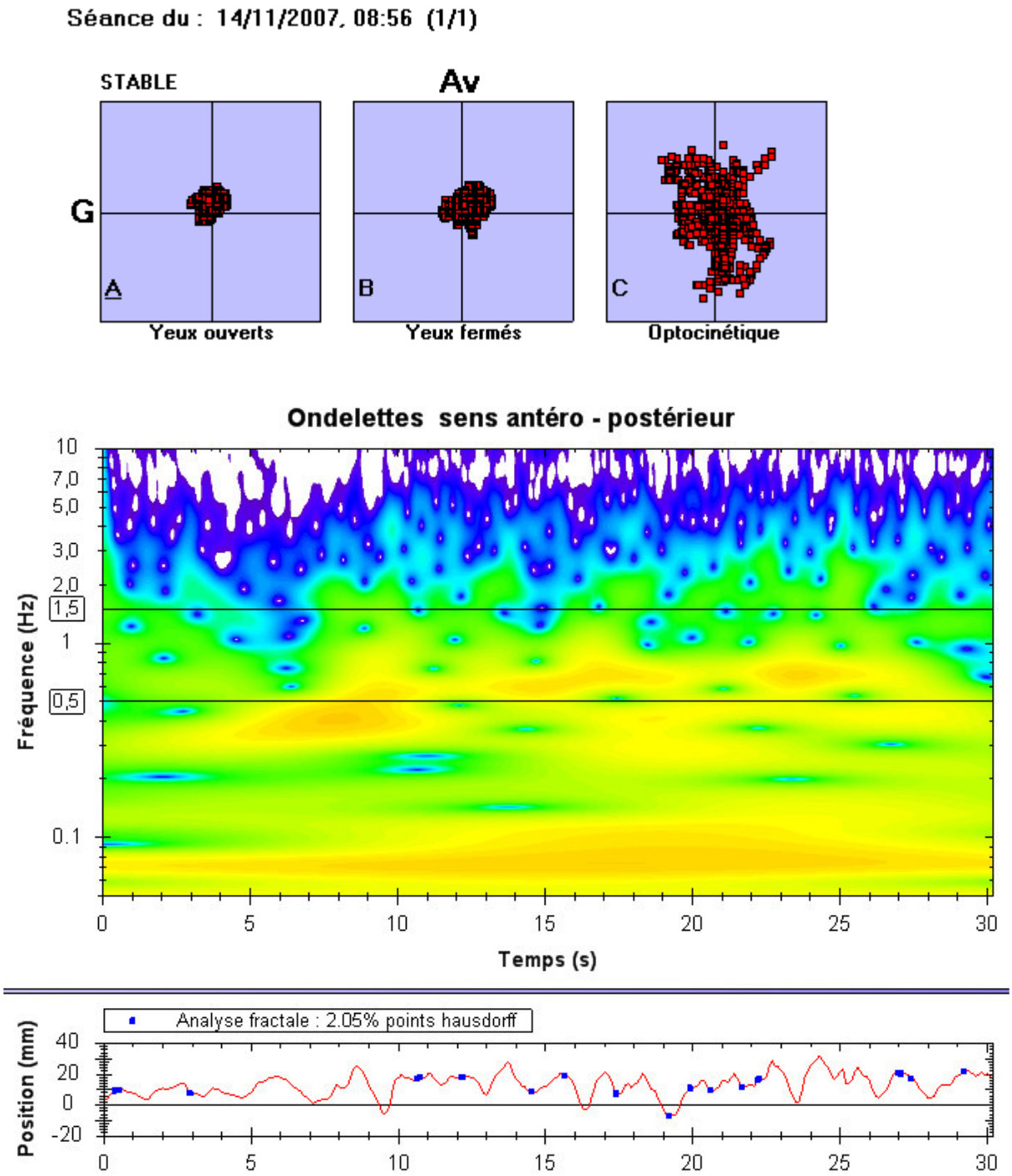
Séance du : 18/05/2007, 18:58 (1/2)





Madame N.

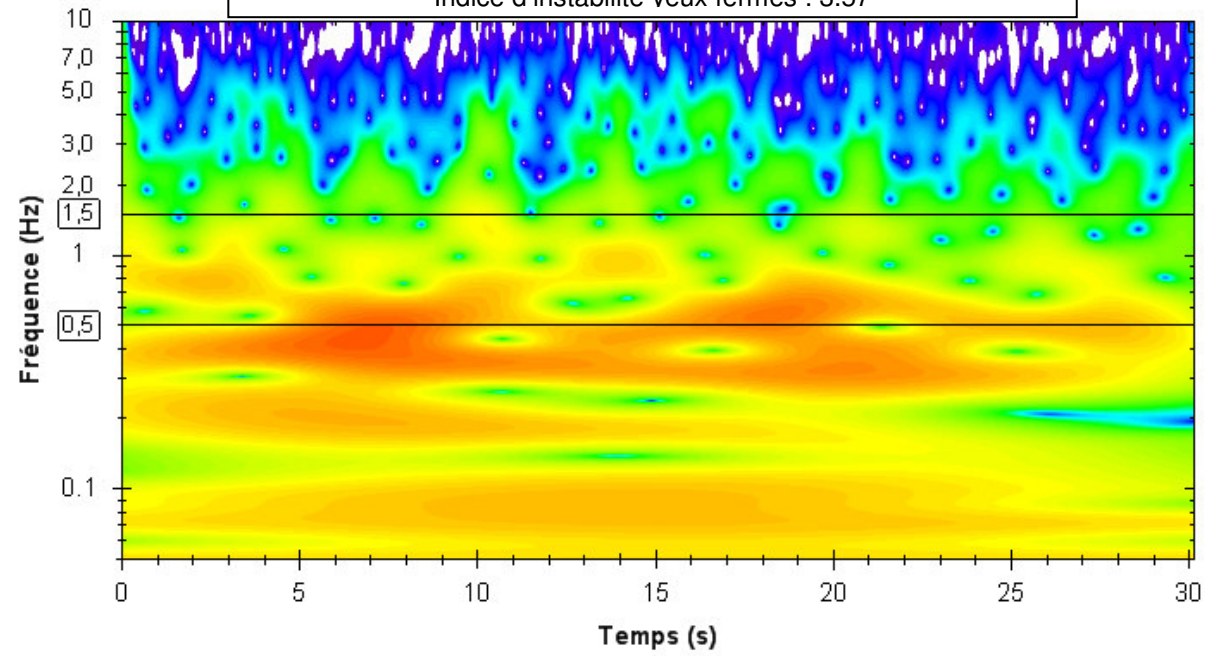
Multitest le montrait, Posturo-Pro le confirme !
Très hautes fréquences, très forte dépense énergétique, chez cette patiente atteinte d'une méningite aïgue avec neuropathie.

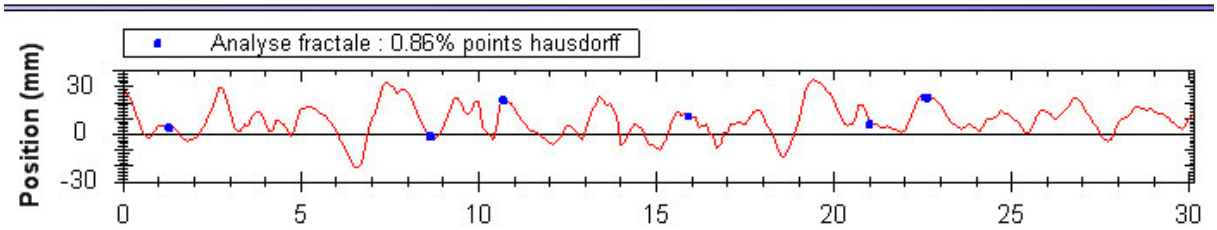


Indice d'instabilité yeux ouverts : 3,01

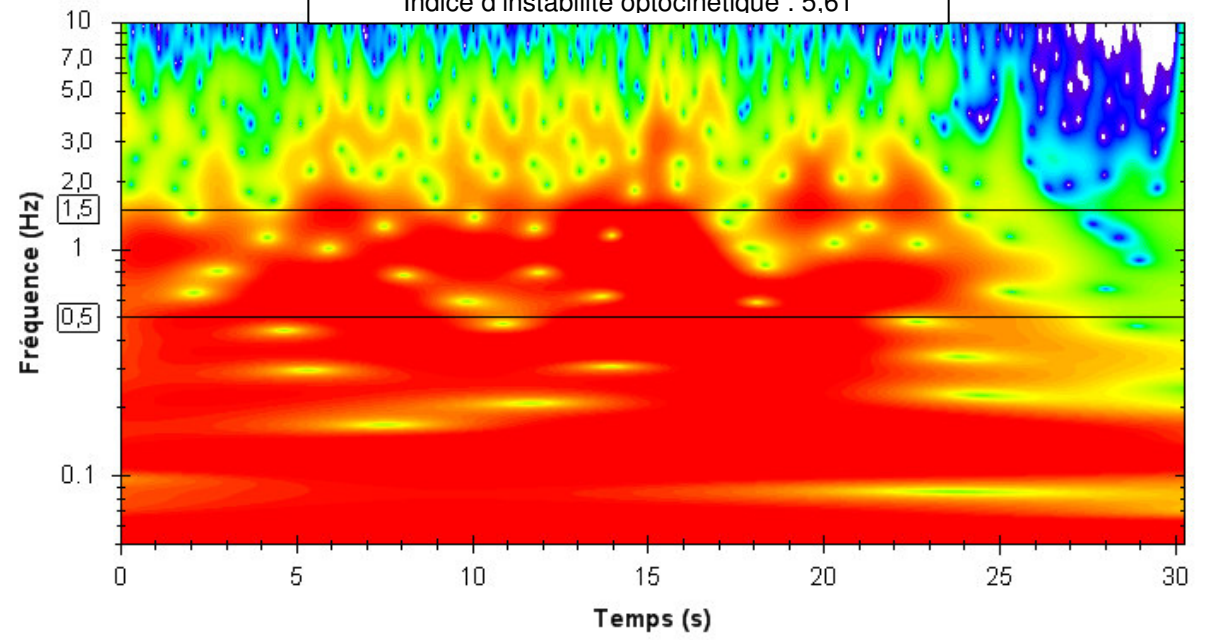
Ondelettes sens antério-postérieur

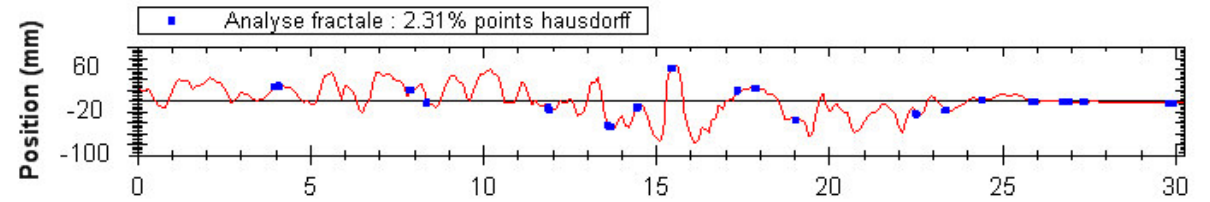
Indice d'instabilité veux fermés : 3.57





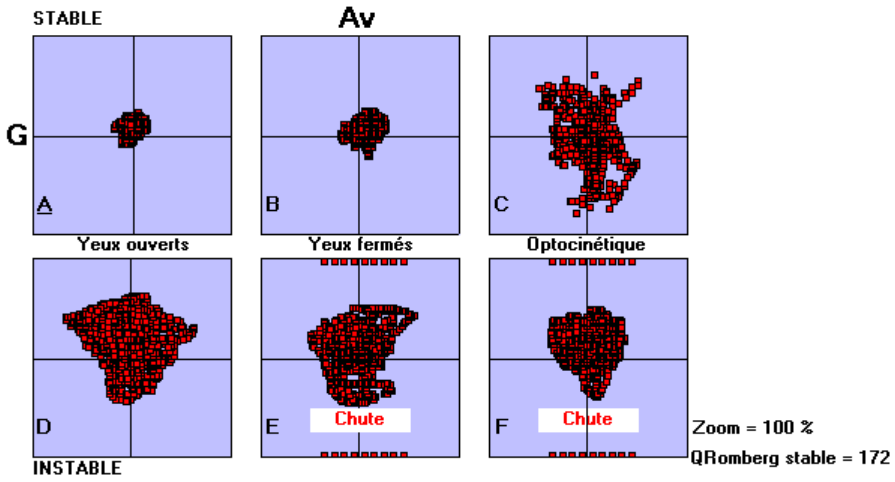
Indice d'instabilité optocinétique : 5,61



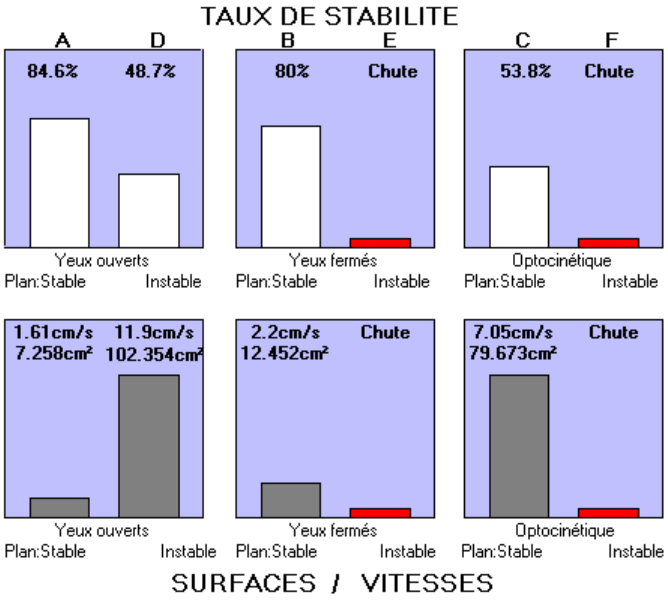


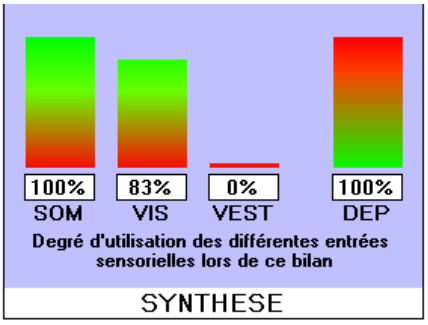
Résultats avec Multitest-équilibre

Séance du : 14/11/2007, 08:56 (1/1)



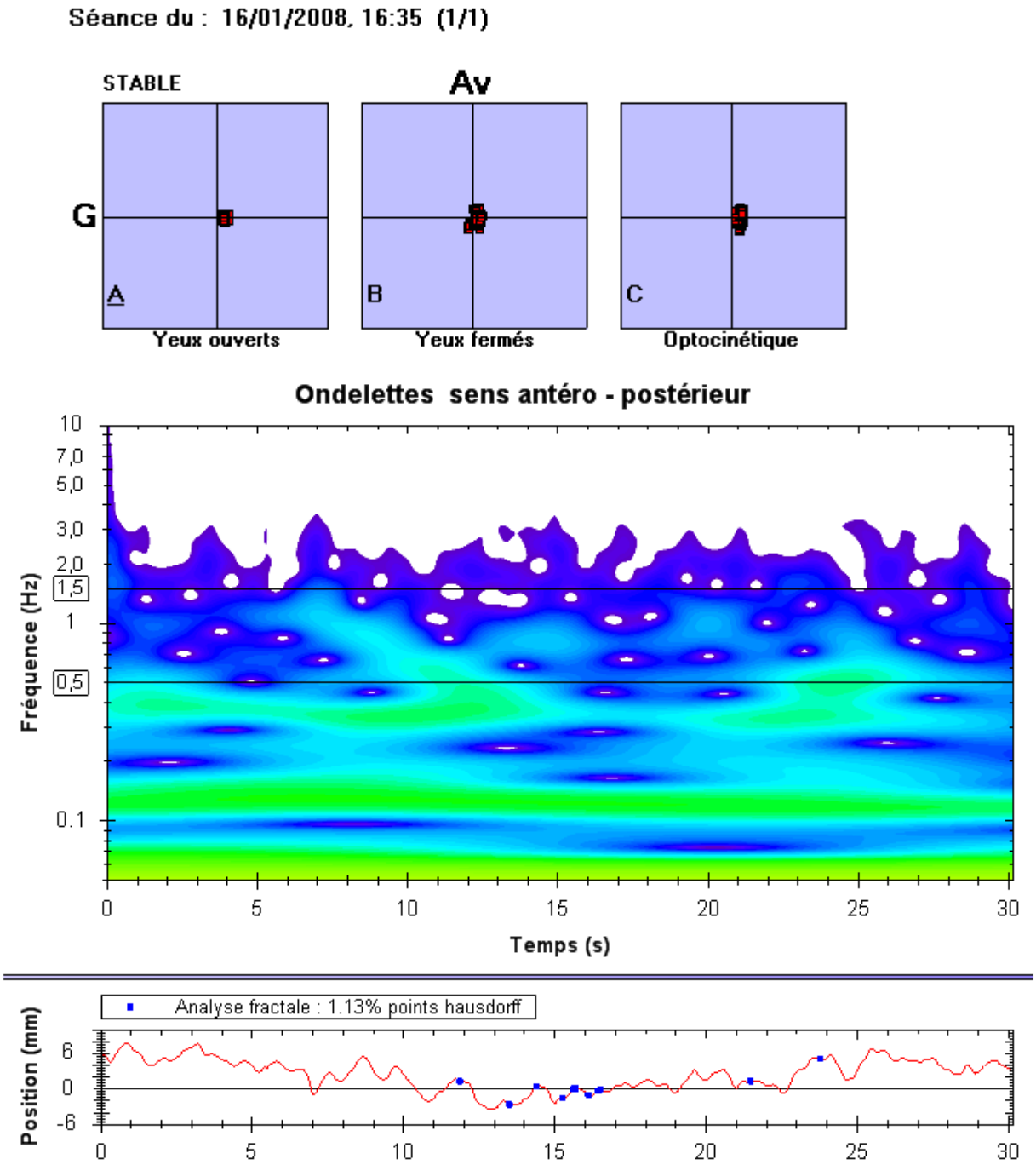
Séance du : 14/11/2007, 08:56 (1/1)





Madame M.

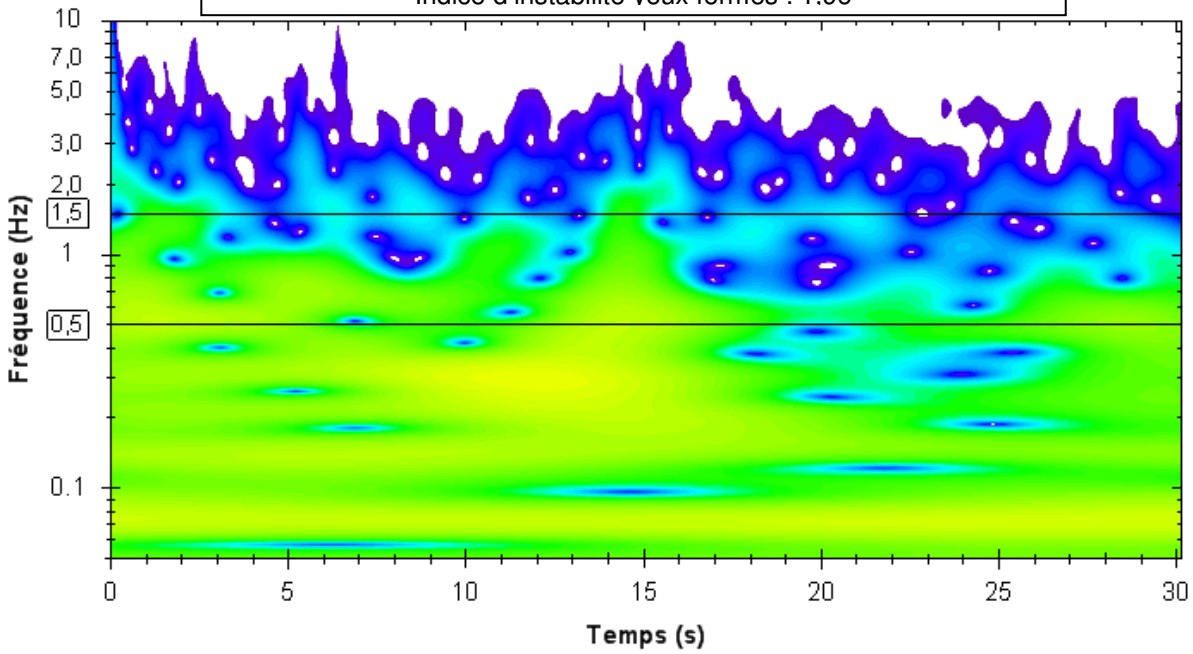
Là encore, les images parlent d'elles même chez cette patiente souffrant d'une désorganisation neurosensorielle, avec des signes de centralité.
Multitest ne laissait pas supposer tant de difficultés chez cette patiente.

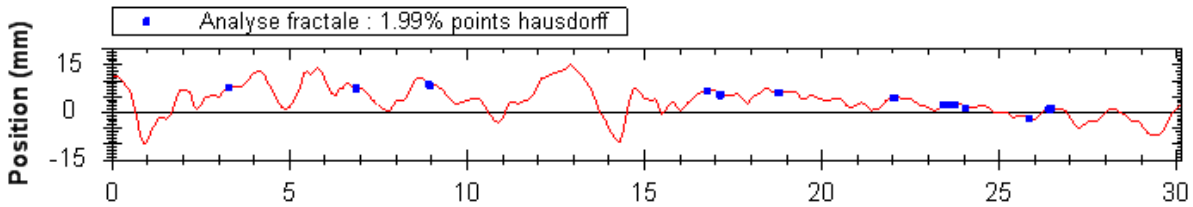


Indice d'instabilité yeux ouverts : 0,75

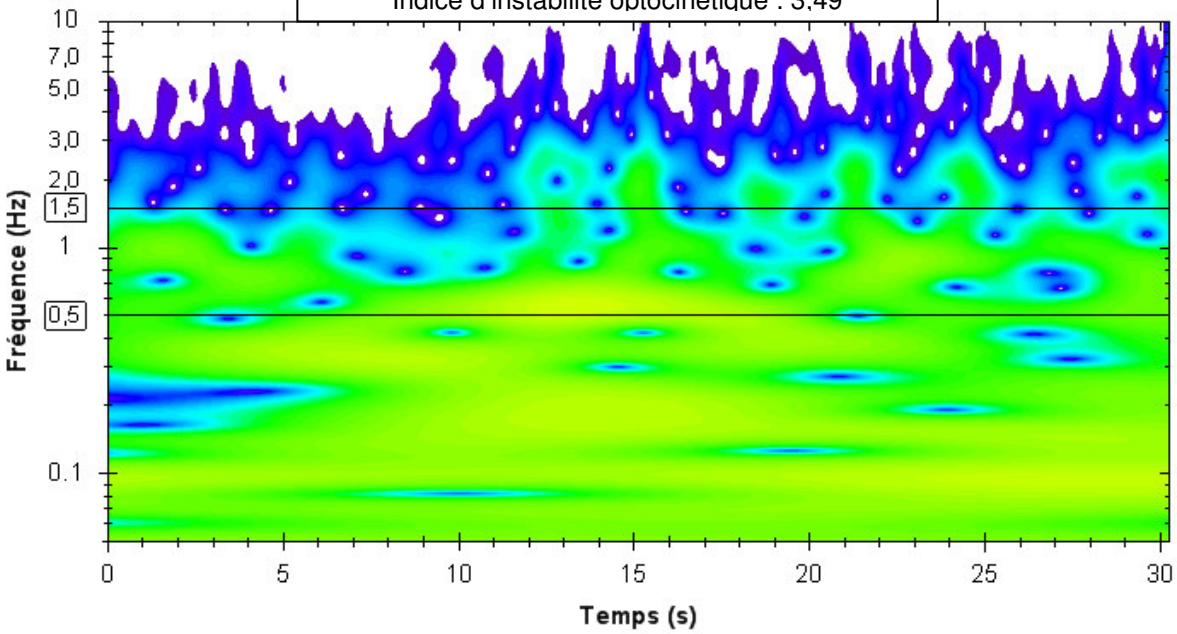
Ondelettes sens antério-postérieur

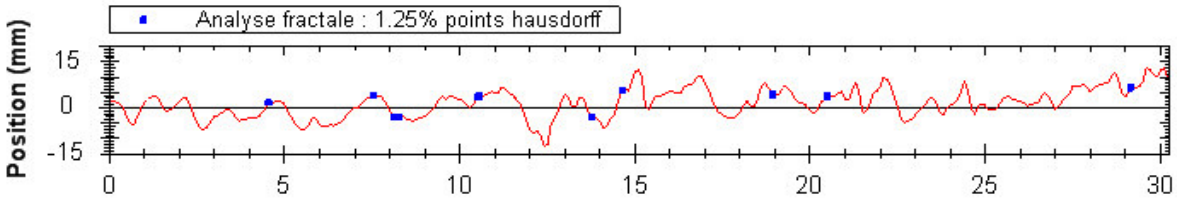
Indice d'instabilité veux fermés : 1.96





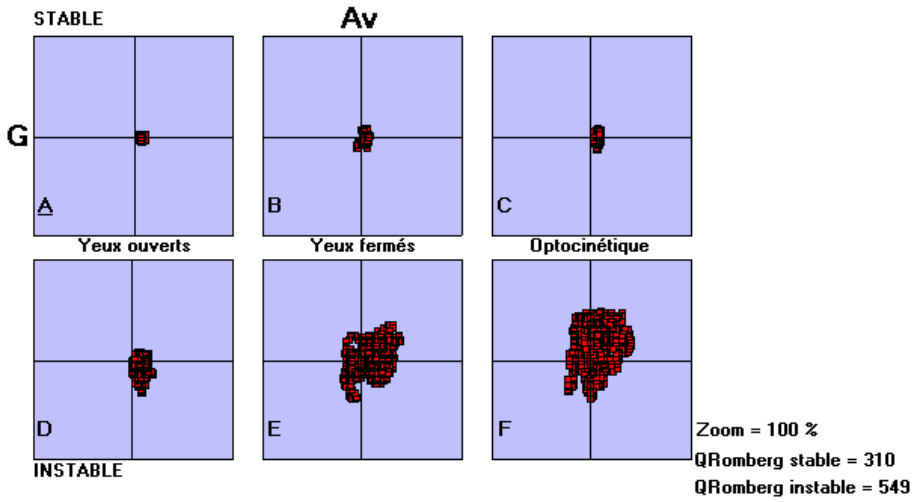
Indice d'instabilité optocinétique : 3,49



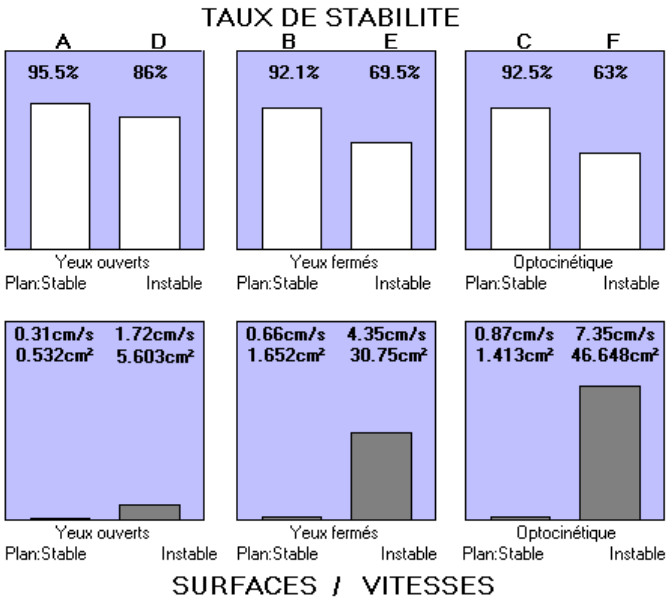


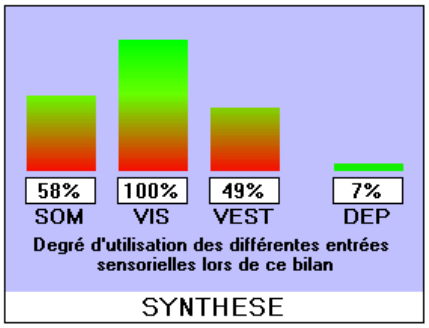
Résultats avec Multitest-équilibre

Séance du : 16/01/2008, 16:35 (1/1)



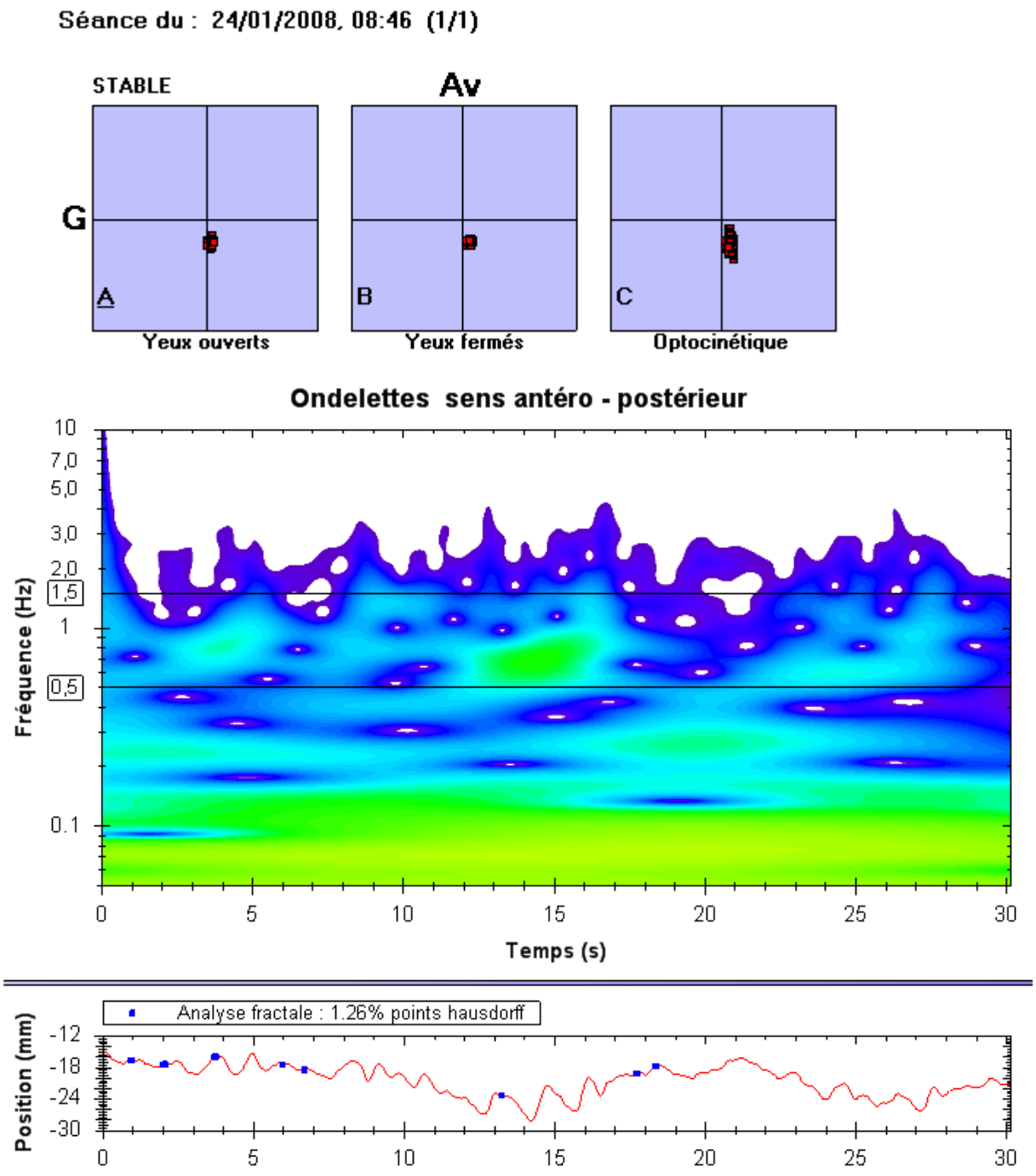
Séance du : 16/01/2008, 16:35 (1/1)





Madame P.

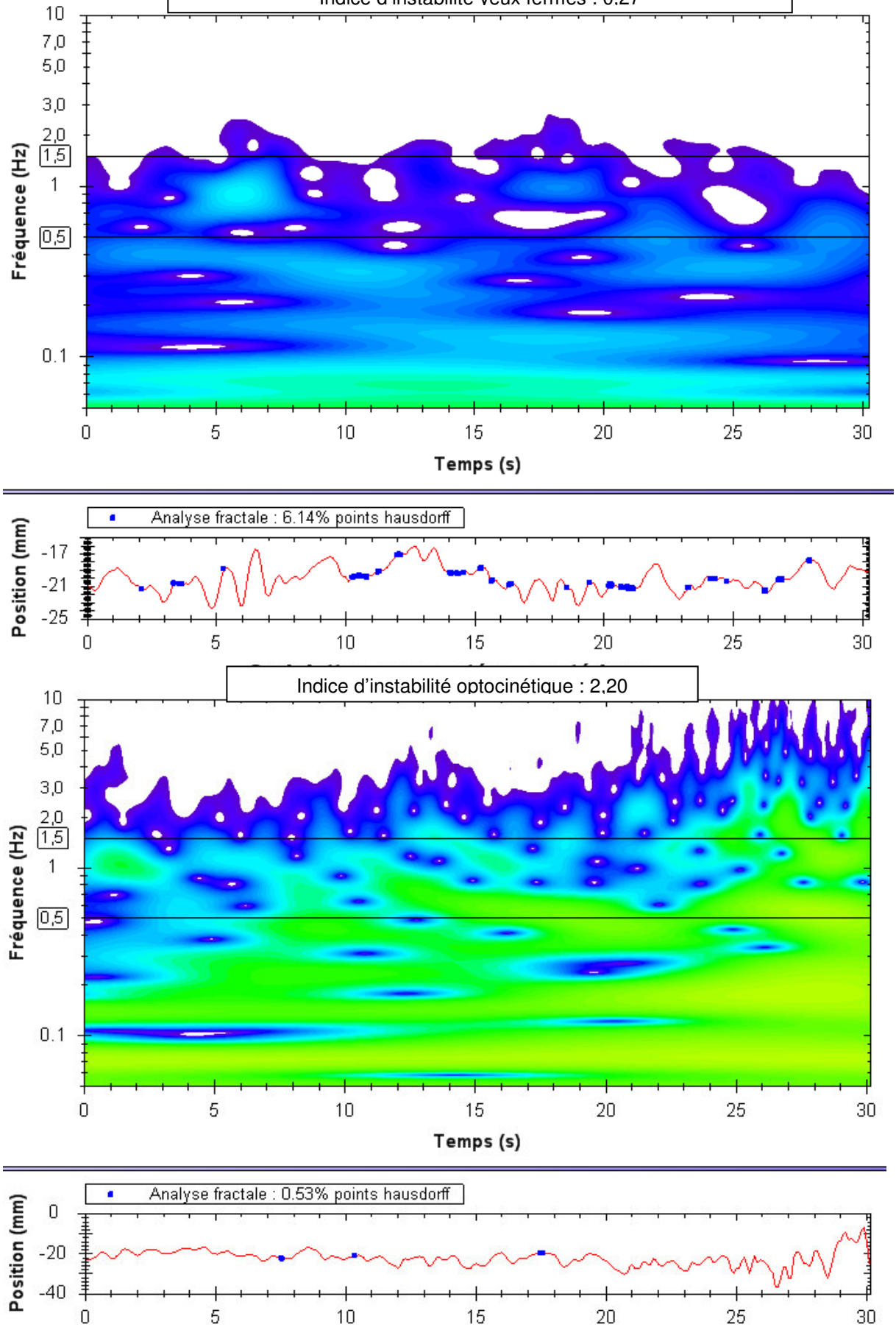
Patiente souffrant du syndrome de défilement.
On constate bien avec Posturo-Pro qu'elle est très gênée par les stimulations optocinétiques ce que ne laissait pas forcément apparaître Multitest.



Indice d'instabilité yeux ouverts : 0,93

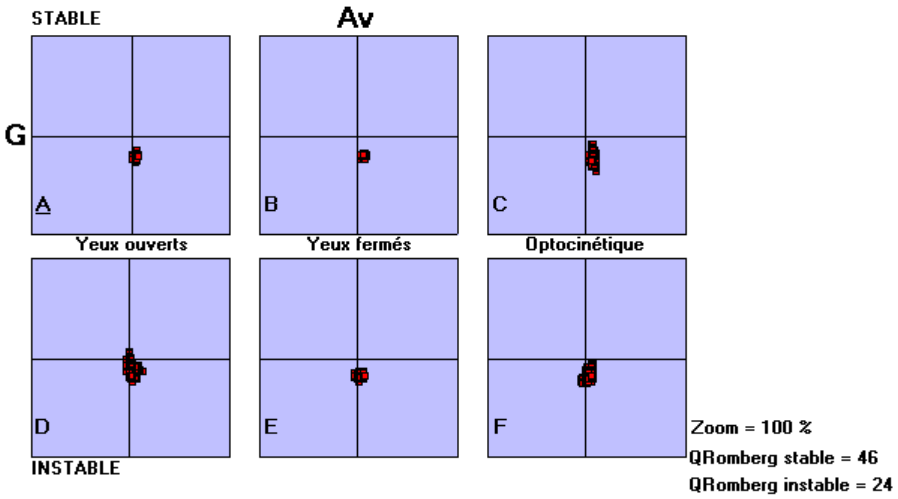
Ondelettes sens antério-postérieur

Indice d'instabilité veux fermés : 0.27

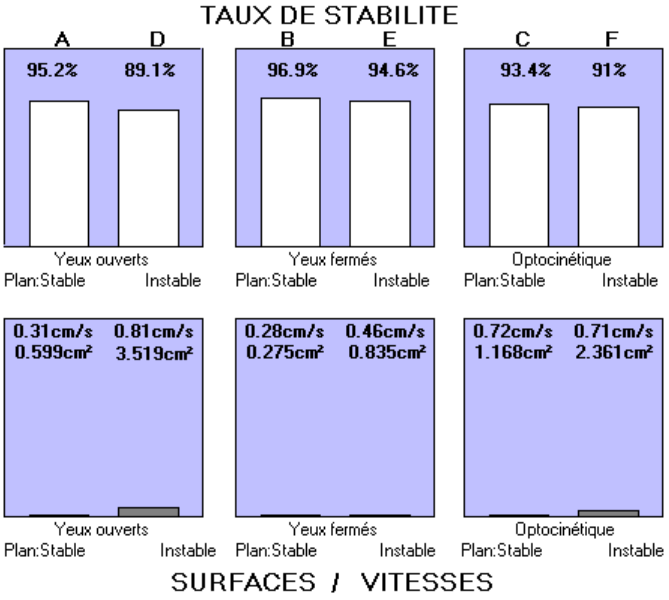


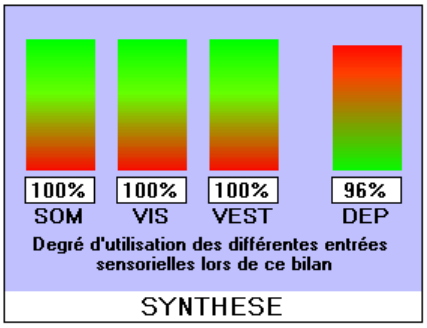
Résultats avec Multitest-équilibre

Séance du : 24/01/2008, 08:46 (1/1)



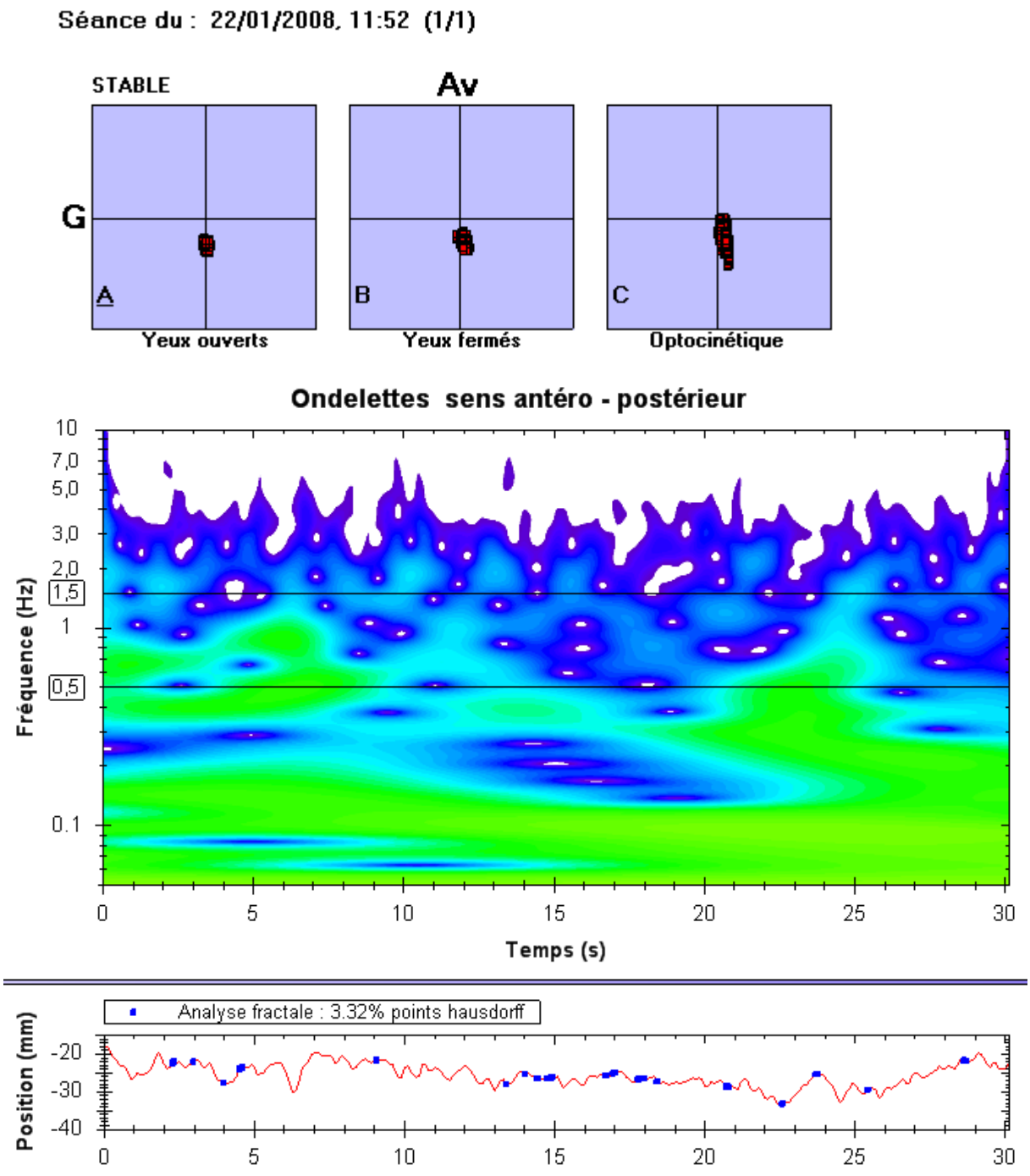
Séance du : 24/01/2008, 08:46 (1/1)





Monsieur V.

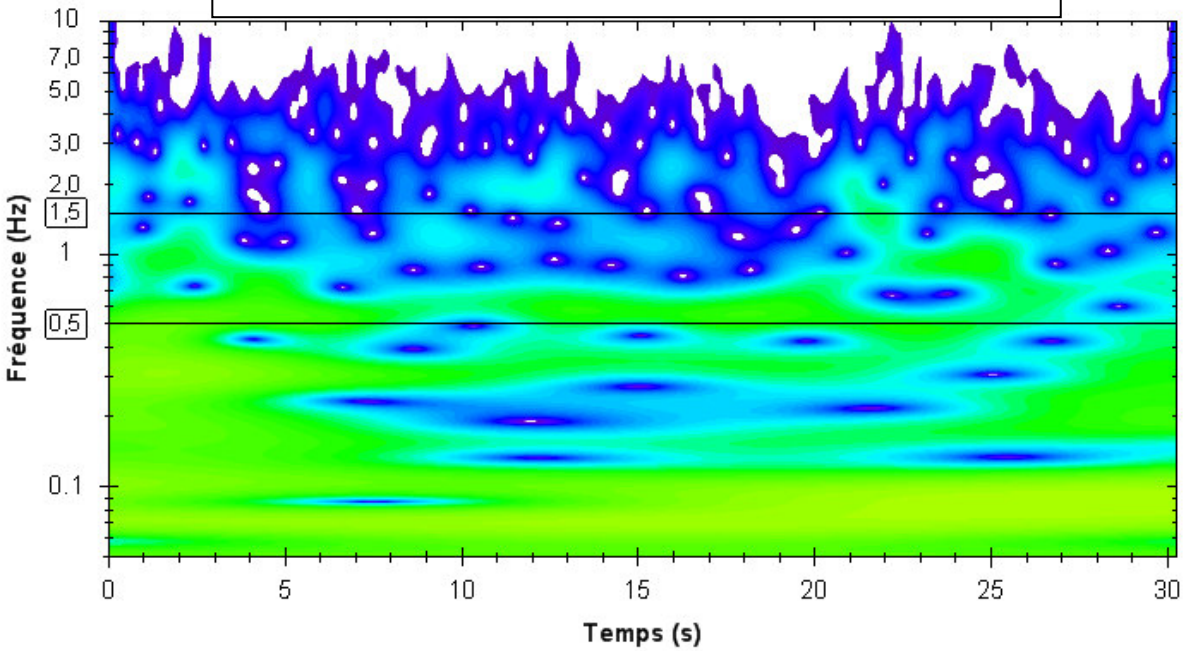
Patient dépendant visuel, dont Posturo Pro confirme la dépendance en indiquant en plus des signes de centralité. Là encore, on est surpris de l'importance des troubles que ne laissait pas supposé Multitest.

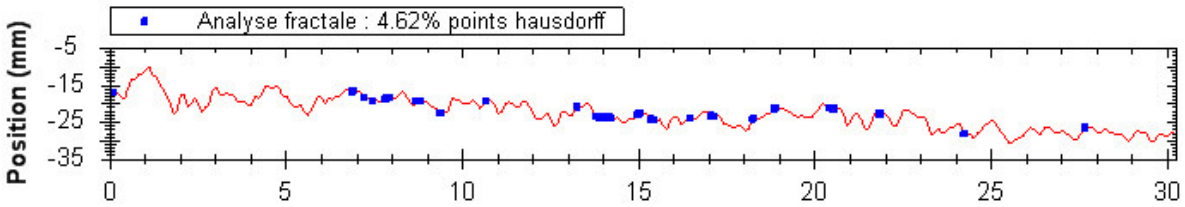


Indice d'instabilité yeux ouverts : 1,56

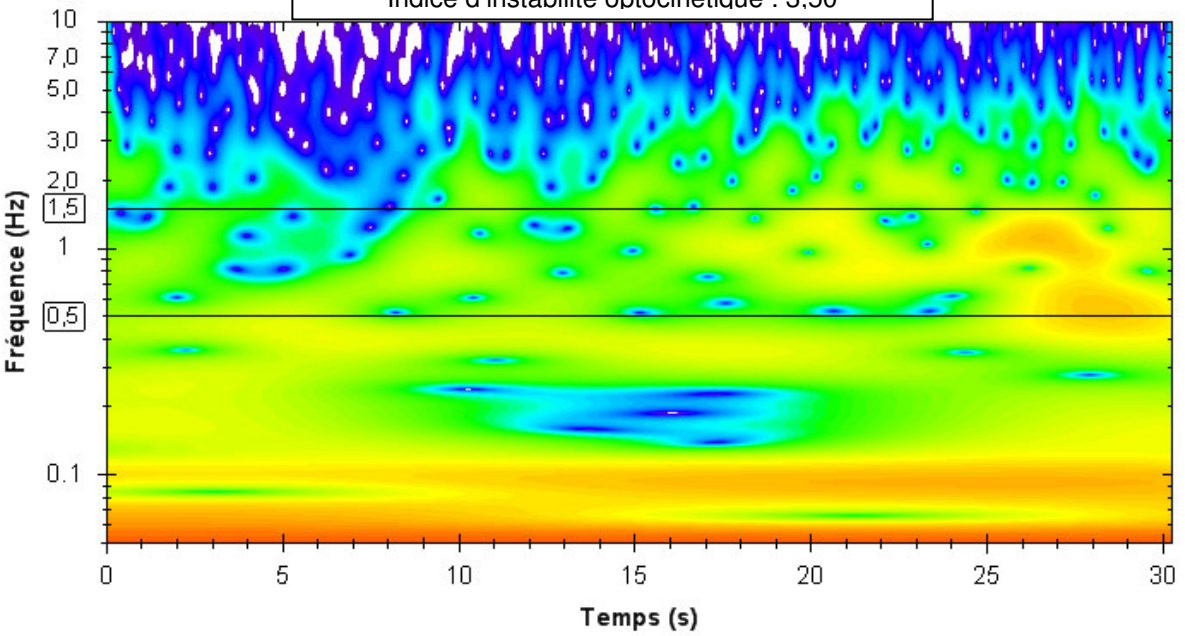
Ondelettes sens antério-postérieur

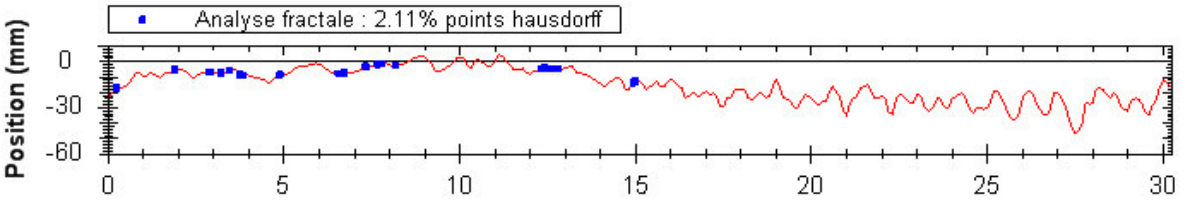
Indice d'instabilité yeux fermés : 1,98





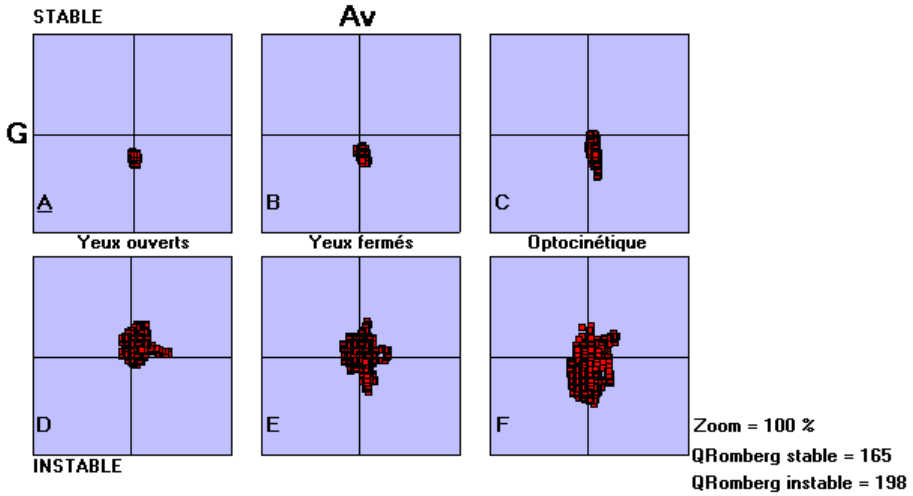
Indice d'instabilité optocinétique : 3,50



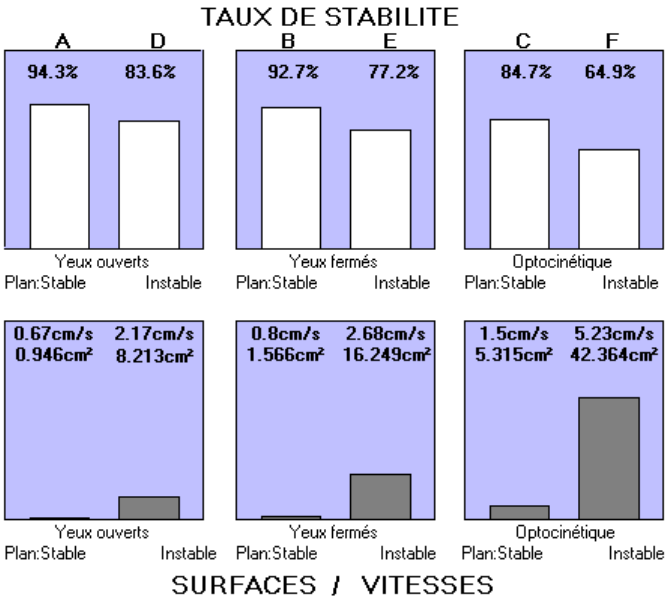


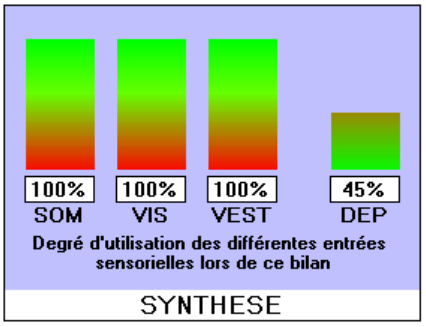
Résultats avec Multitest-équilibre

Séance du : 22/01/2008, 11:52 (1/1)



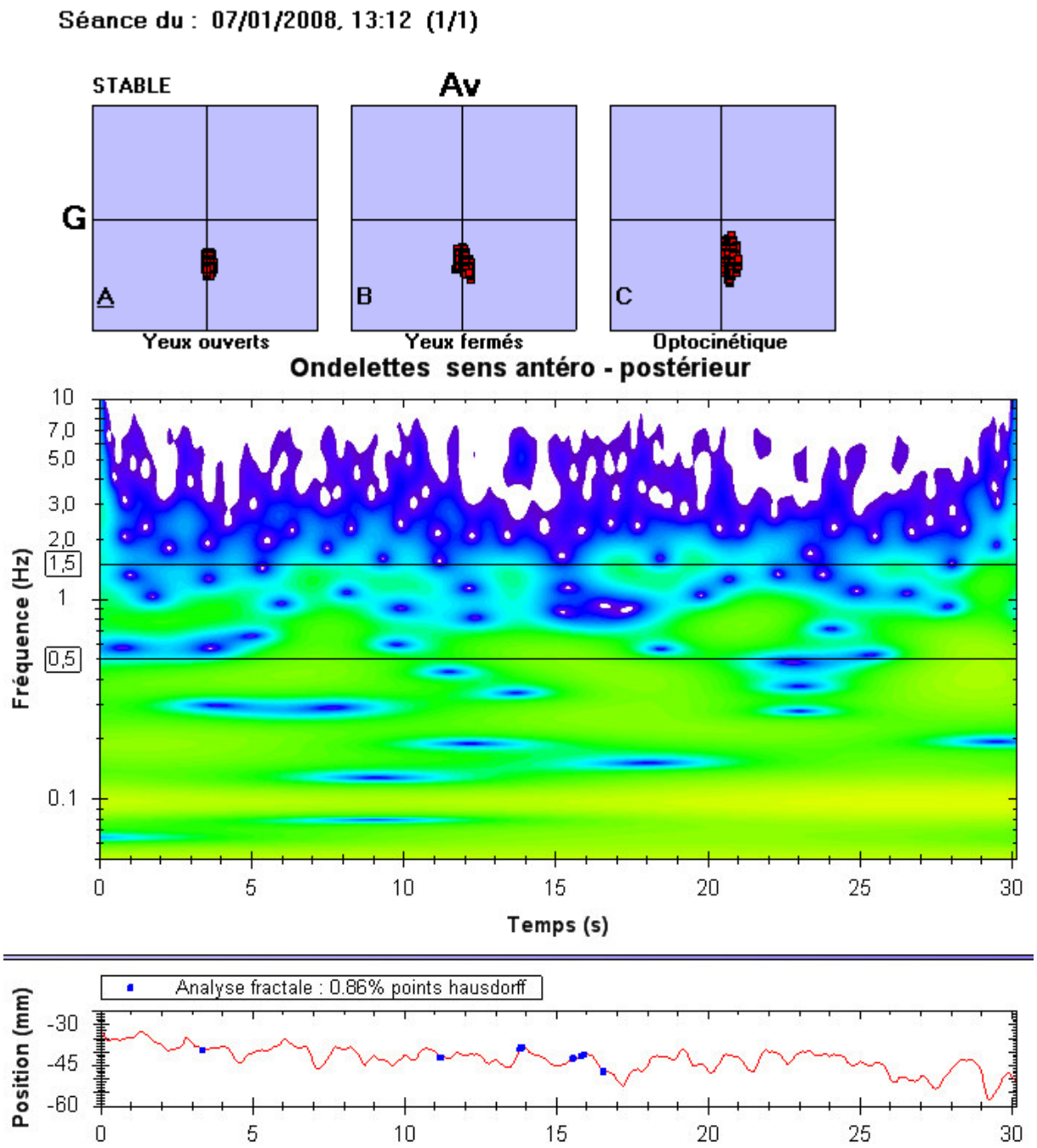
Séance du : 22/01/2008, 11:52 (1/1)





Monsieur H.

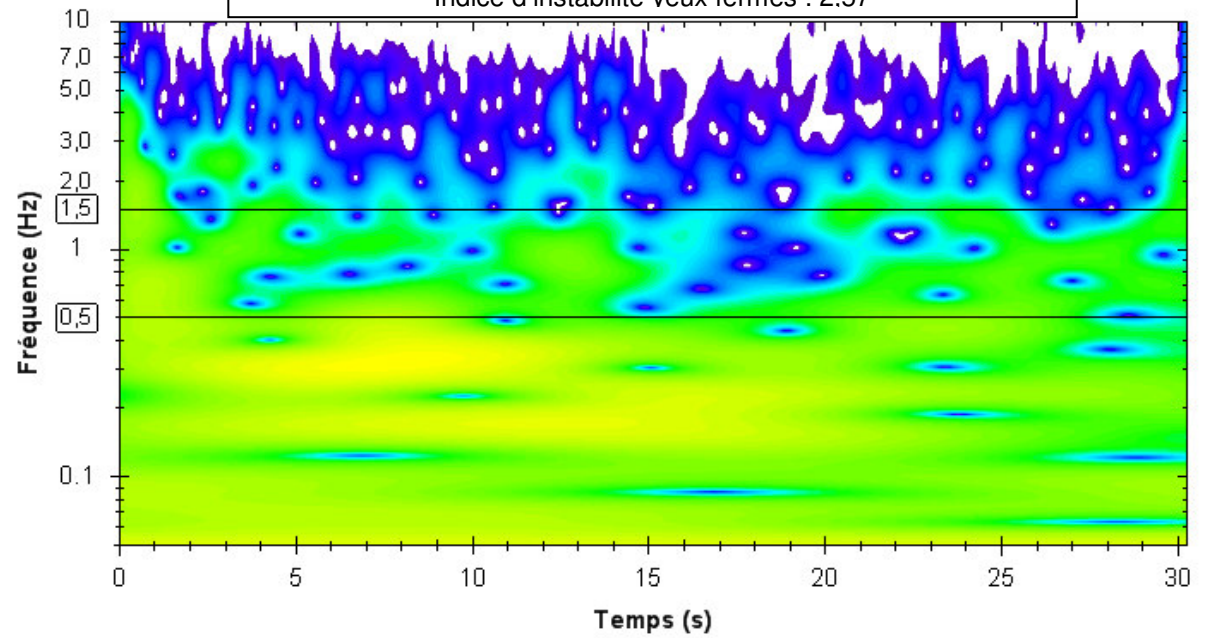
Patient ayant fait deux petits accidents vasculaires cérébraux, chez qui on constate peu de différence entre les 2 situations de test ainsi que des résultats corrects avec le logiciel du Multitest mais chez qui on voit une très forte consommation d'énergie et de très hautes fréquences utilisées avec Posturo-Pro.

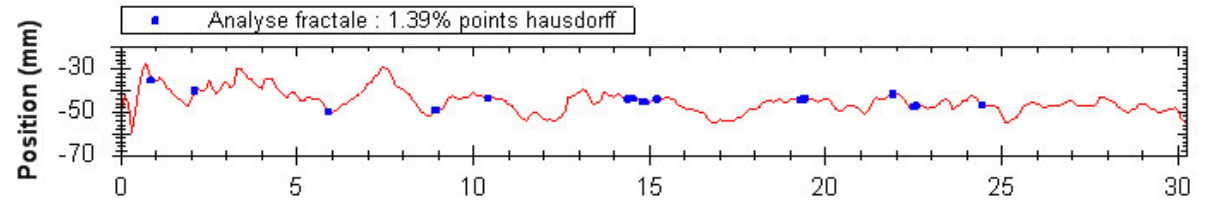


Indice d'instabilité yeux ouverts : 1,89

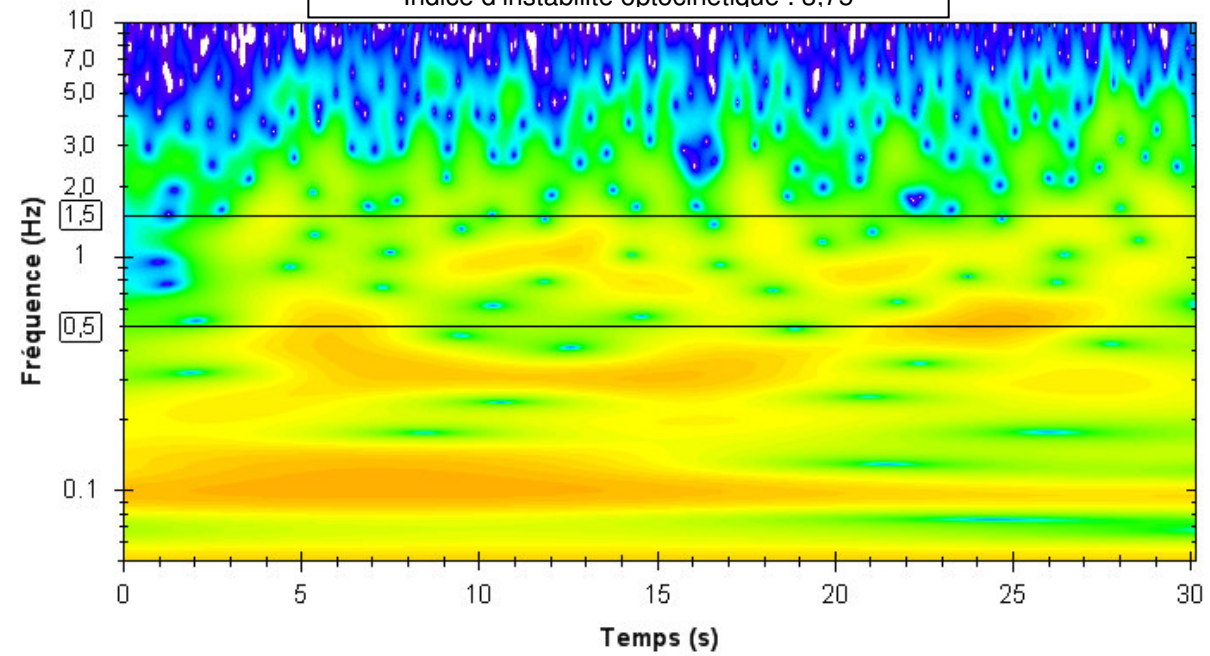
Ondelettes sens antério-postérieur

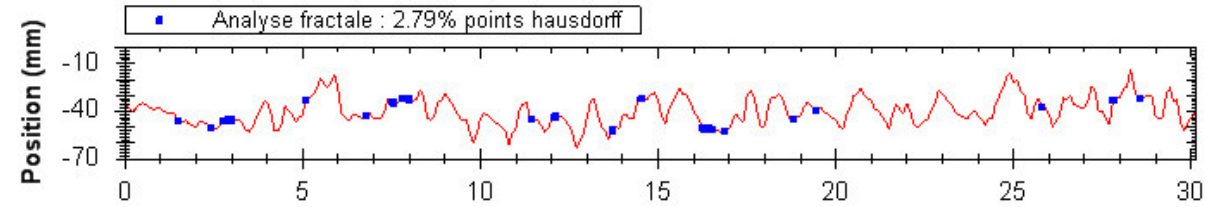
Indice d'instabilité veux fermés : 2.57





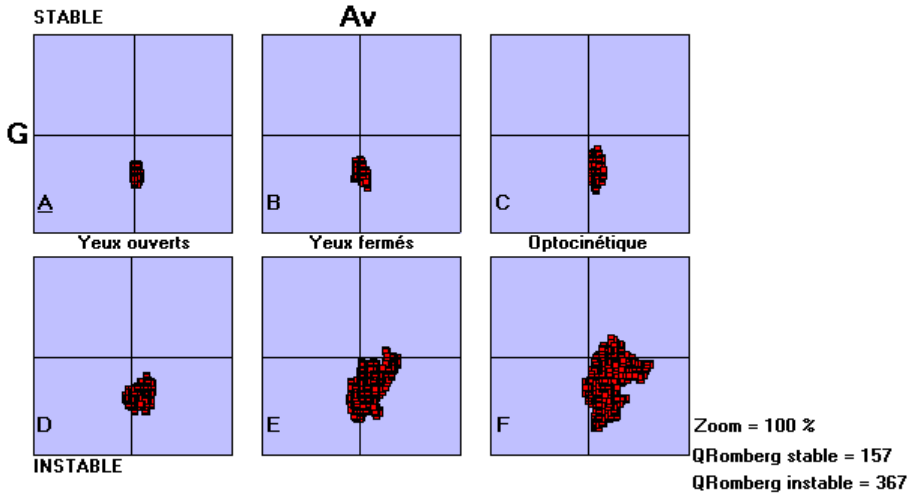
Indice d'instabilité optocinétique : 3,75



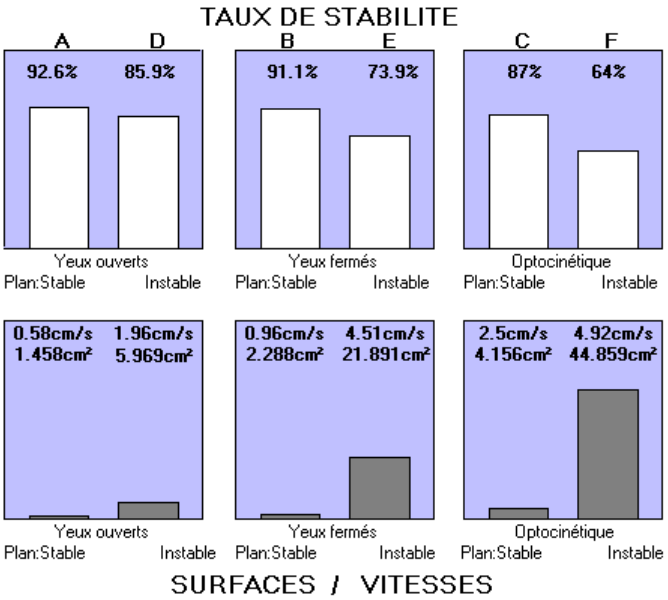


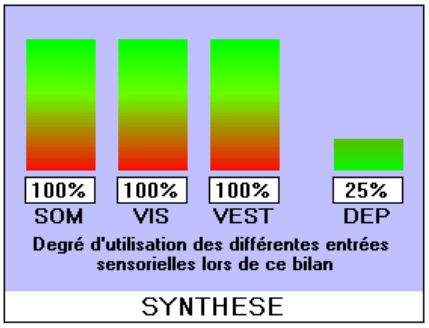
Résultats avec Multitest-équilibre

Séance du : 07/01/2008, 13:12 (1/1)



Séance du : 07/01/2008, 13:12 (1/1)





V / DISCUSSION

Dans les différents cas que nous venons d'examiner, on peut dire que la décomposition en ondelettes par le logiciel Posturo-Pro apporte un éclairage résolument nouveau et complémentaire au bilan déjà fort intéressant donné par le logiciel du Multitest-Equilibre.

En effet, ce dernier quantifie les différentes entrées sensorielles que représentent, la somesthésie, la vision et la fonction vestibulaire, indiquant notamment la surface décrite par la projection du centre de gravité, la vitesse moyenne du déplacement du centre de gravité et la distance parcourue, le taux de stabilité exprimé en pourcentage, le poids du sujet, le quotient de Romberg, l'analyse temporelle et fréquentielle (FFT) et l'analyse des chutes.

Le bilan donné par le logiciel Posturo-Pro; outre l'analyse fractale, les temps d'annulation, l'indice d'instabilité, l'IC, la puissance, nous apporte par la décomposition en ondelettes des données nouvelles puisqu'il montre la quantité d'énergie dépensée pour assurer l'équilibre, par une gamme de couleurs (chaudes et froides) ainsi que les fréquences requises.

Ceci permet notamment de mieux appréhender le ressenti des patients qui ont souvent de la peine à l'exprimer, car si ceux-ci se plaignent de tangage, fatigue, maux de tête, manque de concentration, certaines de leurs doléances sont désormais davantage objectivables.

A la vue des ondelettes, on comprend aussitôt l'effort déployé, l'énergie requise et on admet plus facilement l'existence de toutes ces sensations accompagnatrices dues en grande partie à l'état de fatigue.

Il sera très intéressant dans un avenir proche, de pouvoir utiliser les informations données par le logiciel Posturo-Pro en mode dynamique, quand celles-ci auront été étalonnées.

Ceci d'autant plus que nous pourrons alors mieux évaluer la fonction vestibulaire puisque celle-ci intervient le plus dans les situations de test avec vision occultée et vision leurrée sur un plateau asservi.

VI / CONCLUSION

La décomposition des stabilogrammes et X et en Y sous forme d'ondelettes permise par le logiciel Posturo-Pro autorise pour le praticien que nous sommes, une approche et une interprétation rapide et claire de la stratégie d'équilibre d'un patient.

Parce que, les résultats apparaissent de façon très parlante et discriminante tant pour les couleurs (couleurs chaudes ou froides) que pour les fréquences.

Elle permet notamment d'affiner l'interprétation faite, par le logiciel du Multitest par exemple lors de résultats similaires dans deux conditions d'examen différentes.

Force est de constater la pertinence des informations délivrées par le Logiciel Posturo Pro, notamment à partir de l'examen des analyses par décomposition par ondelettes, informations complétées avantageusement par d'autres données, comme les indices d'instabilité, les temps d'annulation ou l'analyse fractale.

Enfin, je pense que l'utilisation de ce logiciel nous permet une meilleure compréhension de nos patients, ce qui est nouveau et essentiel à mon sens.

VII / BIBLIOGRAPHIE

M. DUMITRESCU, M. LACOUR : Analyse mathématique par décomposition en ondelettes des signaux stabilométriques – avantages par rapport à l'approche classique de la FFT.
In : M. LACOUR, (Ed) Solal, Marseille 2004.

M. LACOUR : Nouvelles méthodes de traitement du signal posturographique, applications en recherche fondamentale et clinique (Collection Posture & Equilibre, Solal 2004).

Sarl Framiral, Manuel d'utilisation du logiciel Posturo-Pro.

A. MADHI : Mémoire de Diplôme Universitaire Exploration et rééducation des troubles de l'équilibre. (D.U 2006)

L. BARGE : Mémoire de Diplôme Universitaire Exploration et rééducation des troubles de l'équilibre. (D.U 2007)

Ph. ROBIN, A. ZEITOUN : De nouvelles méthodes du traitement du signal stabilométrique à l'épreuve de la pratique quotidienne. Besoin ou nécessité ?