

Université Claude Bernard Lyon 1

MEMOIRE

Diplôme Universitaire (DU) 2009

Explorations et rééducation des troubles de l'équilibre

Présenté par

Michel SAUVAGEOT

Kinésithérapeute (Charnay-Lès-Mâcon)

*Les yeux ouverts ou les yeux fermés dans l'obscurité :
Quelle incidence sur la posturographie dynamique ?*

Analyse par Multitest et Posturo-Pro

LYON-SUD

Dr Chantal VIART-FERBER

Professeur Christian DUBREUIL

Maitre de stage : M. Alain ZEITOUN, Kinésithérapeute, Cannes

Remerciements

Dans le cadre de ce mémoire, je tiens tout particulièrement à remercier :

- Madame le Docteur Chantal FERBER-VIART pour son enseignement et ses précieux conseils,
- Tous les intervenants des cours du DU « explorations et rééducation des troubles de l'équilibre (Université Claude Bernard LYON 1) » pour la qualité de leur cours,
- Monsieur Alain ZEITOUN pour son accueil, son appui et sa disponibilité,
- Monsieur François BILLAUX pour son assistance dans l'analyse statistique des résultats,
- Mon épouse pour son aide indispensable et sa patience.

Sommaire

1. INTRODUCTION	page 5
2. RAPPELS	page 6
2.1. Mécanisme de l'équilibration	page 6
2.2. La Posturographie dynamique	page 7
3. POPULATION	page 9
4. MATERIEL UTILISE	page 10
4.1. Plate-forme de posturographie MULTITEST EQUILIBRE	page 10
<i>4.1.1. Le logiciel Multitest</i>	<i>page 11</i>
<i>4.1.2. Le logiciel Posturo-Pro</i>	<i>page 12</i>
4.2. Vidéo-Nystagmoscope	page 16
5. PROTOCOLE	page 17
5.1. Description des 4 étapes de l'étude	page 17
5.2. Enregistrements	page 17
6. ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS	page 18
6.1. Analyse qualitative visuelle des statokinésigrammes obtenus par le logiciel MULTITEST-EQUILIBRE Version 5.2	page 18
6.2. Analyse statistique des paramètres chiffrés obtenus par le logiciel MULTITEST-EQUILIBRE version 5.2	page 20
<i>6.2.1. Taux de stabilité</i>	<i>page 20</i>
<i>6.2.2. Vitesse de déplacement</i>	<i>page 21</i>
<i>6.2.3. Superficie</i>	<i>page 22</i>

6.3. Analyse qualitative visuelle des ondelettes obtenues par le logiciel POSTURO-PRO	page 23
---	----------------

6.4. Analyse statistique des paramètres chiffrés obtenus par le logiciel POSTURO-PRO	page 24
--	----------------

6.4.1. <i>Fréquence de crête (ondelettes antéropostérieures)</i>	page 25
6.4.2. <i>IP1 - (0.05-0.5 Hz)</i>	page 26
6.4.3. <i>IP2 - (0.5-1.5 Hz)</i>	page 27
6.4.4. <i>IP3 - (1.5-10 Hz)</i>	page 28
6.4.5. <i>ICP1 - (0.05-0.5 Hz)</i>	page 29
6.4.6. <i>ICP2 - (0.5-1.5 Hz)</i>	page 30
6.4.7. <i>ICP3 - (1.5-10 Hz)</i>	page 31
6.4.8. <i>IIP</i>	page 31
6.4.9. <i>Analyse de diffusion</i>	page 32
6.4.10. <i>Points de HAUSDORFF</i>	page 33

7. CONCLUSION	page 34
----------------------------	----------------

BIBLIOGRAPHIE	page 36
----------------------------	----------------

ANNEXES :

Annexe 1 - Bilan Type	page 37
Annexe 2 - Photographie d'un sujet sur la plateforme MULTITEST-EQUILIBRE	page 39
Annexe 3 - Taux de stabilité (en %)	page 40
Annexe 4 - Vitesse (en cm/s)	page 41
Annexe 5 - Superficie (en cm²)	page 42
Annexe 6 - Fréquences (Ondelettes)	page 43
Annexe 7 - Indice de puissance	page 44
Annexe 8 - Indice de contrôle postural	page 45
Annexe 9 - Indice d'Instabilité Posturale	page 46
Annexe 10 - Analyse de diffusion	page 47
Annexe 11 - Analyse Fractale	page 48

1. INTRODUCTION

L'équilibration est une fonction complexe qui permet à chaque individu de se tenir debout. Elle fait intervenir un grand nombre d'informations provenant de trois origines différentes qui sont par ordre de priorité : la **VUE**, le **VESTIBULE** et la **SOMESTHESIE**.

La **VUE** est en effet l'information à laquelle un sujet, en recherche d'informations sur l'espace dans lequel il évolue, a systématiquement recours pour s'équilibrer et ne pas tomber. Cette information visuelle ne lui demande que peu d'effort et c'est ainsi qu'il s'en sert en premier lieu.

Lorsqu'on supprime l'information visuelle, on peut se demander quelle sera la réaction adaptative du sujet pour tenir en position érigée. Il y a deux façons chez un sujet de faire disparaître l'information visuelle, soit de fermer les yeux, soit de se placer volontairement dans l'obscurité.

A priori, un sujet dans l'obscurité qui ouvre les yeux sera moins stable qu'un sujet qui garde les yeux fermés, car en vain, il est en quête d'information visuelle. Ce sujet dépense une grande énergie à la recherche d'un point de repère qu'il ne trouvera jamais. A l'inverse, les yeux fermés, il concentre toute son énergie à sa fonction d'équilibration.

On se propose donc, au travers de cette étude, de faire apparaître s'il existe une différence de résultat entre la posturographie d'un sujet les yeux ouverts dans l'obscurité totale et celle de ce même sujet les yeux fermés volontairement, par occlusion des paupières. Autrement dit, le sujet, qui a décidé de fermer volontairement les yeux, modifie-t-il sa stratégie d'équilibration par rapport à un sujet qui garde les yeux ouverts dans l'obscurité ?

Les données de posturographie des sujets sont analysées par les deux logiciels Multitest et Posturo-Pro.

2. RAPPELS

2.1. Mécanisme de l'équilibration

L'équilibre est une fonction essentielle dont le bon fonctionnement permet à l'individu une vie de relation adaptée à son environnement physique.

La fonction d'équilibration est complexe. Elle nécessite l'analyse et l'intégration d'informations plurimodales visuelles vestibulaires et proprioceptives. Si les informations analysées parvenant aux centres de l'équilibre sont concordantes, la fonction d'équilibre sera inconsciente.

L'équilibration se définit par :

- des entrées, c'est-à-dire des informations qui sont fournies par les capteurs sensoriels ;
- un intégrateur de ces informations ;
- un comparateur en rapport avec un système de stockage des situations antérieurement vécues (banque de données) ;
- des sorties, sous forme d'ordres donnés aux organes effecteurs, permettant des réactions d'adaptation.

Les récepteurs sensoriels explorent l'espace de façon distincte :

- La **vue** est un élément essentiel qui permet de fixer un point de repère et de comprendre l'espace dans lequel nous évoluons.

On peut voir les objets dans un champ visuel assez large (vision périphérique) mais la meilleure image n'est obtenue que sur un angle central de un degré (vision fovéale). Pour la vision précise d'une cible, même en cas de mouvement de la tête ou de la cible, l'œil devra à chaque instant se mouvoir rapidement pour centrer l'image sur la fovéa. Ces mouvements de l'œil sont permis grâce aux six muscles oculomoteurs par globe : ils vont amener puis maintenir la cible sur la fovéa. Dans ce cas, ils sont commandés de façon automatique par le vestibule postérieur, la vue étant asservie au labyrinthe.

La vision centrale est certes essentielle pour voir avec précision une cible, mais il ne faut jamais oublier le rôle primordial de la vision périphérique dans l'équilibration car elle nous renseigne à chaque instant de la survenue de tout nouvel obstacle potentiel dans notre champ visuel et génère une réaction adaptative immédiate du sujet.

- La **somesthésie** superficielle et surtout profonde, informe sur la disposition générale des segments de membre et sur le degré de tension et de pression subi par les tendons, muscles et articulations. Les muscles du mollet, de la sole plantaire et de la nuque jouent un rôle plus particulièrement important. Le sujet connaît, de façon inconsciente et à chaque instant, la position et le déplacement de ses membres les uns par rapport aux autres.

- Les deux labyrinthes droit et gauche contenus dans la tête ;

Le labyrinthe antérieur (ou cochlée) est un capteur auditif qui permet de localiser une source sonore.

Le labyrinthe postérieur (3 canaux semi-circulaires, utricule et saccule) nous informe sur les accélérations subies par la tête. L'accélération linéaire, dont le vecteur de référence est habituellement la gravité terrestre, est perçue par les macules utriculaire et sacculaire sensibilisées par les otolithes. L'accélération angulaire est perçue par les récepteurs ampullaires des canaux semi-circulaires orientés dans les trois plans de l'espace. Il participe à la coordination du regard et à la mobilité de la tête. Ces deux vestibules postérieurs fonctionnent en couple droite-gauche et les informations transmises aux noyaux vestibulaires du tronc cérébral seront toujours symétriques.

Il est difficile de délimiter avec précision le rôle respectif de ces trois systèmes. L'équilibration est une construction individuelle personnelle qui correspond à l'expression de chacun. Il s'agit d'une véritable stratégie neurosensorielle propre à chaque individu qui peut même changer en fonction du moment considéré.

Pour faire l'analyse de cette stratégie d'équilibration, nous avons recours à la posturographie dynamique qui permet de peser le poids des différentes entrées sensorielles à un instant t.

2.2. La posturographie dynamique

La posturographie dynamique consiste en un véritable test d'organisation sensorielle qui permet de mesurer, chez un sujet donné, la participation respective de chaque entrée sensorielle à la fonction d'équilibration et la stratégie de compensation adoptée par le sujet en cas de déficience de l'un des trois systèmes d'information sensorielle.

Le sujet est testé dans six conditions sensorielles différentes :

- **A - Plate-forme stable** : le sujet a les **yeux ouverts** et fixe une cible. Il utilise ses trois afférences sensorielles pour s'équilibrer ;
- **B - Plate-forme stable** : le sujet **ferme les yeux**. Il ne peut donc utiliser que son vestibule et sa proprioception pour s'équilibrer ;
- **C - Plate-forme stable** : la vue du sujet est faussée par des stimulations optocinétiques dans l'obscurité ou un environnement visuel asservi. Le sujet ne peut faire confiance à sa vue et utilise son vestibule et sa proprioception pour s'équilibrer ;
- **D - Plate-forme asservie** : le sujet a les **yeux ouverts** et fixe une cible. Le sujet utilise son vestibule et sa vue pour s'équilibrer. Il ne peut faire confiance en ses informations proprioceptives puisque la plate-forme accompagne tous ses mouvements ;
- **E - Plate-forme asservie** : le sujet **ferme les yeux**. Il ne reste que le vestibule au sujet pour s'équilibrer ;

- **F** - Plate-forme **asservi** : la vue du sujet est faussée par des stimulations optocinétiques ou un environnement visuel asservi. Le sujet ne peut utiliser que son vestibule pour s'équilibrer.

A partir de ces six conditions, le logiciel réalise des calculs permettant des comparaisons d'une situation par rapport à une autre et établit une synthèse qui nous donnera la stratégie sensorielle utilisée par le sujet pour s'équilibrer.

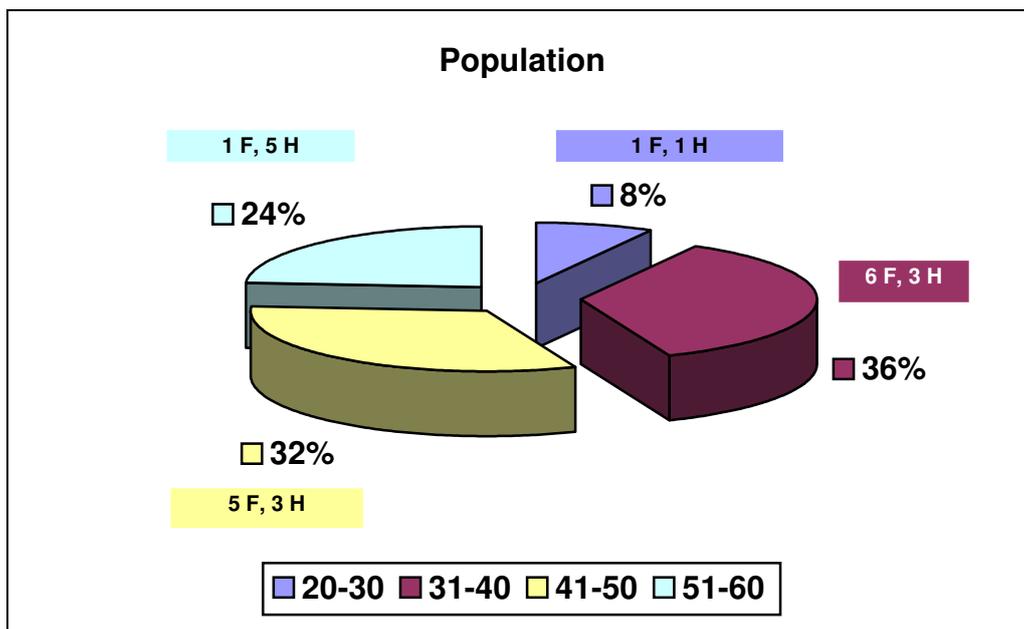
3. POPULATION

Tous les sujets sont ici **sans doléance**.

Avant de réaliser cette étude, on s'est assuré que chaque sujet n'est porteur d'aucune pathologie de l'équilibre. Un bilan a été réalisé avec les moyens dont dispose le cabinet : il repose principalement sur l'interrogatoire du sujet, l'observation d'un éventuel nystagmus spontané (VNS) ainsi que sur quelques tests rapides (Romberg, Fukuda, HST (sous VNS) et fauteuil rotatoire) (Cf. bilan type en annexe 1).

La population est composée de 25 personnes, dont 13 femmes et 12 hommes. La moyenne d'âge est de 43.4 ans, le plus jeune a 26 ans et le plus âgé a 58 ans. La moyenne d'âge des femmes est de 42.8 ans et celle des hommes est de 44.2 ans.

La répartition de la population par classe d'âge est la suivante :



4. MATERIEL UTILISE

4.1. Plate-forme de posturographie dynamique Multitest Equilibre

Le Multitest-Equilibre est une plate-forme statique et dynamique asservie, motorisée, libre dans les 3 plans de l'espace, à angulation variable et enregistrable.

C'est un appareil simple et robuste 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 de l'espace, pour passer d'une stabilité parfaite à une instabilité totale (plate-forme asservie). Plus nous augmentons les degrés de liberté de ce plan d'appui, plus l'efficacité de la proprioception s'amenuise et plus l'entrée vestibulaire est sollicitée. Avec sa plate-forme de pression (capteurs) informatisée et un logiciel adéquat, elle permet d'effectuer des bilans sensoriels quantifiés et de comprendre la stratégie adoptée par le sujet à un instant donné pour s'équilibrer.

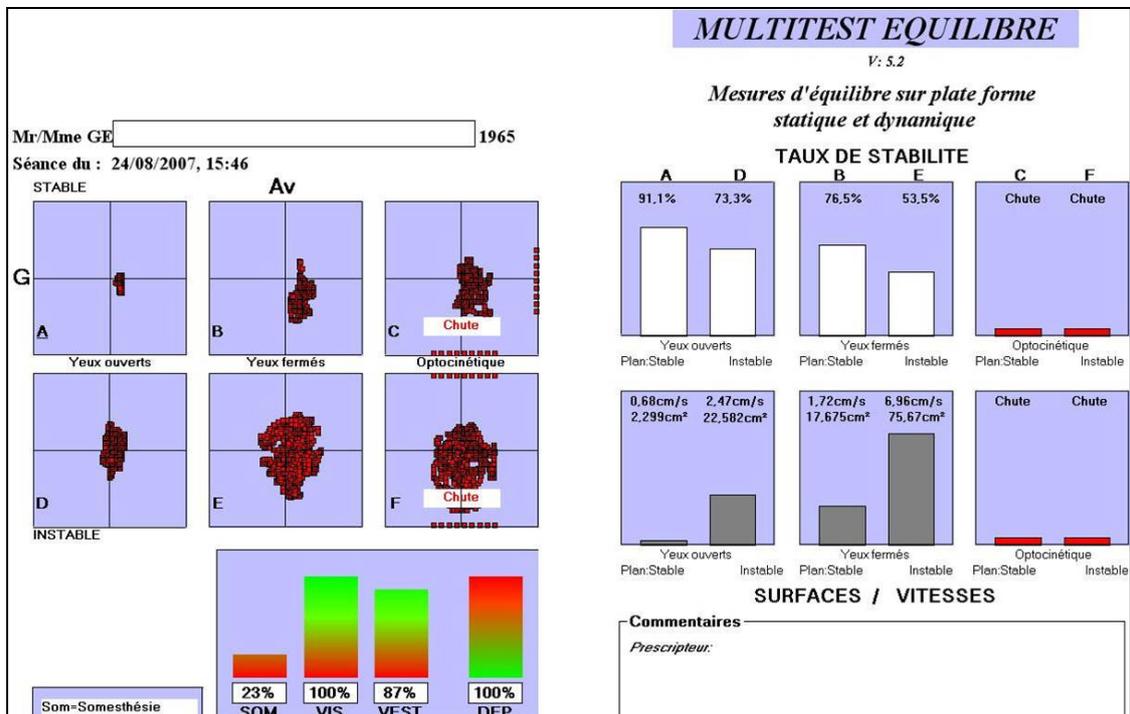


4.1.1. Le logiciel Multitest

Le logiciel traditionnel « Multitest » fournit des informations précieuses sur l'équilibre du sujet :

- visualisation du statokinésigramme dans chacune des 6 situations ;
- surface décrite par le centre de pression du sujet ;
- vitesse moyenne de déplacement du centre de pression et distance parcourue par ce même point ;
- taux de stabilité en % ;
- poids du sujet ;
- quotient de Romberg (surfaces Yeux fermés / Yeux ouverts) ;
- synthèse graphique montrant l'utilisation des différentes entrées sensorielles ;
- angulation du plateau par rapport à l'horizontale (au 1/10 près) ;
- analyse des chutes.

Les résultats obtenus peuvent être imprimés sous la forme suivante :



4.1.2. Le logiciel Posturo-Pro

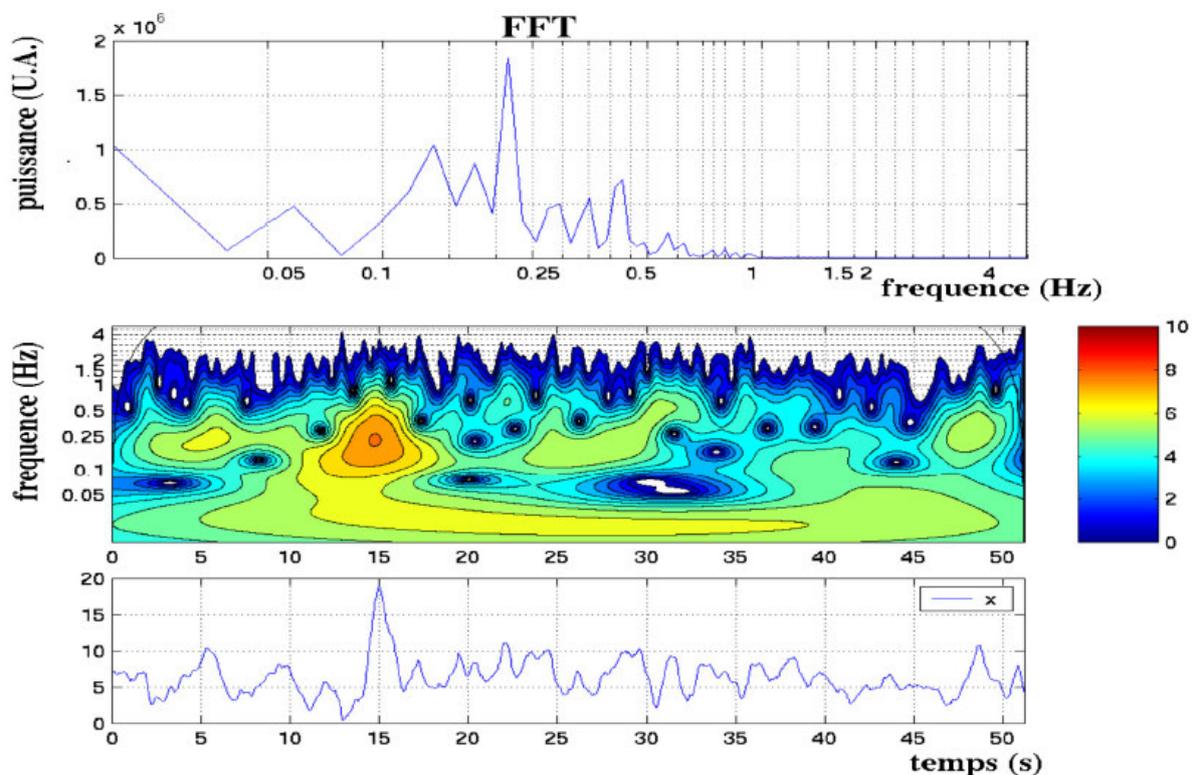
Ce nouvel outil incorpore des algorithmes de traitement basés sur des méthodes d'analyses mathématiques qui s'avèrent plus pertinents et plus sensibles que les critères classiques. Il a été mis au point par Michel DUMITRESCU et Michel LACOUR de l'Université de Provence Aix-Marseille I.

✓ Analyse qualitative par les ondelettes

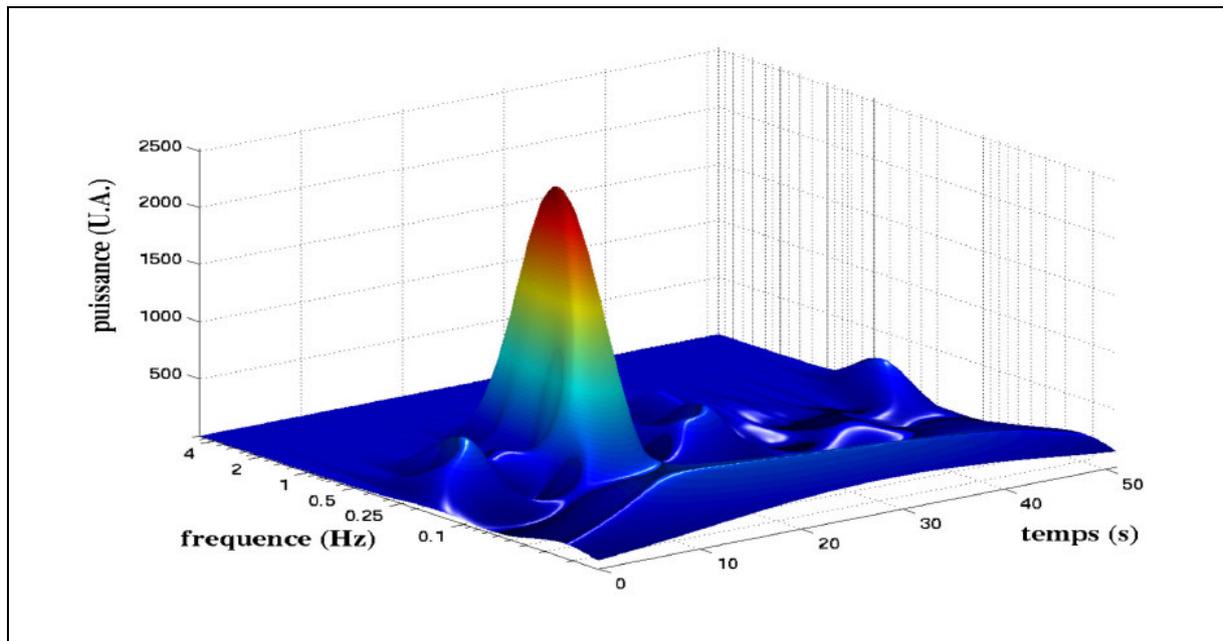
Ce logiciel permet d'établir une cartographie en 3 dimensions de l'enregistrement postural, semblable aux courbes de niveaux des cartes d'état major, avec le temps en abscisse, la fréquence en ordonnée et la puissance du contenu fréquentiel figurée par des codes de couleurs.

Si le sujet examiné dépense **beaucoup** d'énergie pour maintenir son équilibre, les couleurs sont **chaudes (Rouge/Orange/Jaune foncé)** et si le sujet dépense **peu** d'énergie, les couleurs sont **froides (Bleu, vert, jaune clair)**.

De plus, sur la carte couleur, la fréquence moyenne de crête peut être lue facilement.



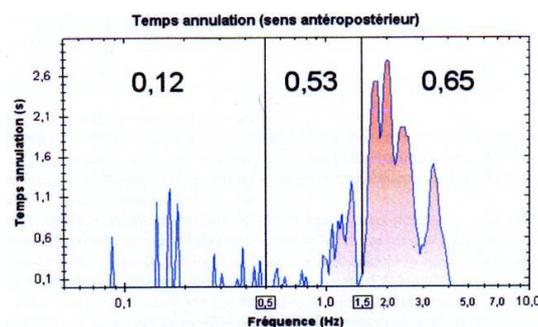
La représentation graphique en 3D est illustrée ci dessous :



✓ **Analyse quantitative**

1 - Temps d'annulation - Indice de contrôle postural ICP

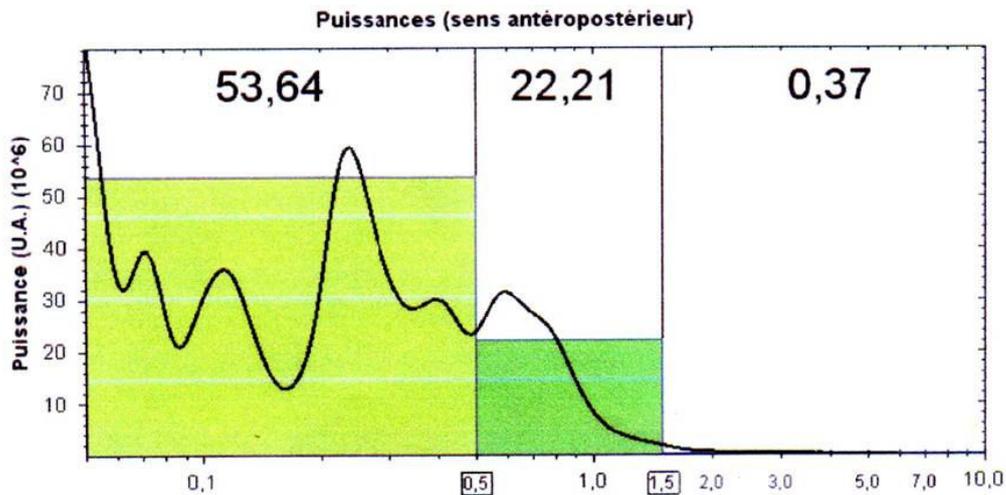
A partir de la carte 3D, le logiciel calcule les temps d'annulation d'une fréquence donnée. Ces temps d'annulation sont présentés sous forme de graphe à partir desquels est calculée l'intégrale des surfaces correspondantes à ces temps d'annulation.



Un ICP élevé signe un bon contrôle postural.

2 - Indice de Puissance IP ou Indice de Stabilité Posturale ISP

A partir des puissances des fréquences, une courbe est tracée avec la fréquence en abscisse et la puissance en ordonnée. L'intégrale, c'est-à-dire la surface sous la courbe, donne les valeurs d'ISP.



Plus l'ISP est faible, plus le sujet est stable.

3 - Indice d'Instabilité Posturale (IIP)

L'IIP calculé selon la formule suivante permet une évaluation de l'instabilité posturale du sujet :

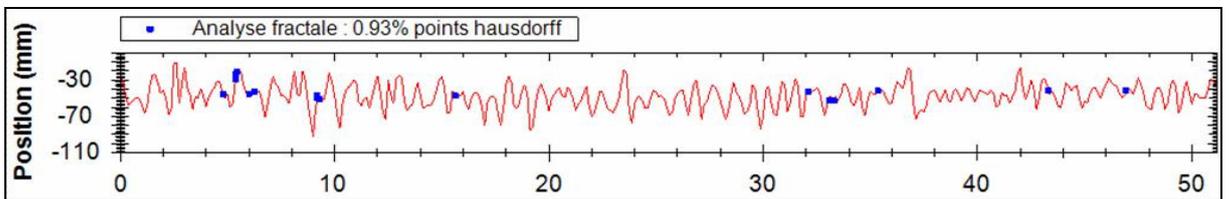
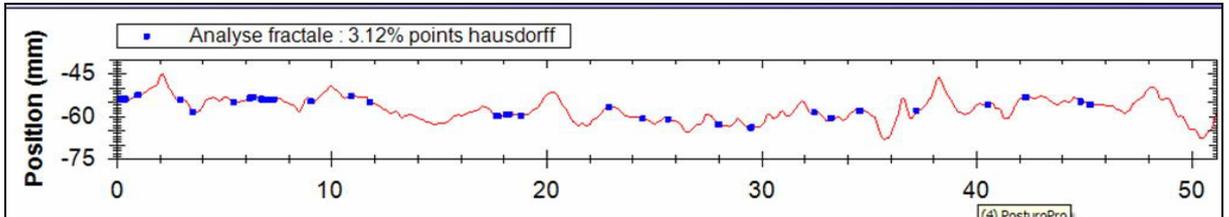
$$\text{IIP} = \text{ISP} / \text{ICP}$$

4 - Analyse fractale

La dimension fractale permet de déterminer si deux points consécutifs de l'échantillonnage du signal stabilométrique sont corrélés ou non et ainsi s'ils sont liés par une relation causale.

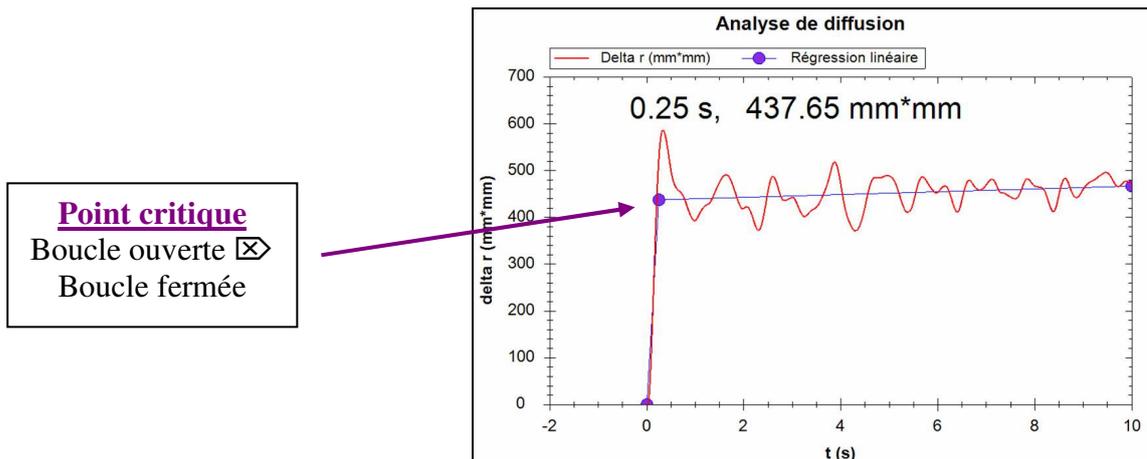
La dimension fractale s'exprime par le rapport n/N où n est le nombre de points non corrélés et N est le nombre de points total de l'échantillonnage.

Quand le rapport n/N tend vers 1, la **stabilité** du sujet est **grande**, quand il tend vers 0, l'**instabilité** du sujet est **importante**. En d'autres termes, plus le chapelet est rempli de « perles », plus le sujet est stable.



5 - Analyse de diffusion

L'analyse de diffusion détermine sur le statokinésigramme les coordonnées du point critique et le coefficient de diffusion. Ces indices signalent le mode de fonctionnement en boucle ouverte ou en boucle fermée.



La plate-forme et ses logiciels ne sont pas utilisés ici pour réaliser un bilan complet de posturographie, mais pour faire **un test qui comportera quatre phases** :

- Le sujet, les yeux **ouverts** dans l'obscurité, est debout sur la plate-forme **stable** ;
- Le sujet, les yeux **fermés** dans l'obscurité, est debout sur plate-forme **stable** ;
- Le sujet, les yeux **ouverts** dans l'obscurité, est debout sur plate-forme **asservie** ;
- Le sujet, les yeux **fermés** dans l'obscurité, est debout sur plate-forme **asservie**.

4.2. Vidéo-Nystagmoscope

C'est un masque étanche à la lumière, très léger, équipé d'une caméra vidéo infrarouge de très grande sensibilité et de haute résolution, restituant une image nette d'excellente qualité de l'œil. La liaison avec le moniteur se fait par l'intermédiaire d'onde radio HF et nous dispense de tout câble gênant.

Dans le cas présent, ce masque sera utilisé, non pas pour observer un nystagmus, mais pour s'assurer que le sujet est plongé dans une obscurité totale (étanchéité parfaite du masque à la lumière grâce à sa jupe) et **pour vérifier l'ouverture ou l'occlusion des yeux par utilisation intermittente et aléatoire de la caméra IR.**



5. PROTOCOLE

5.1. Description des 4 étapes de l'étude

Le sujet monte sur la plate-forme, la protection étant fermée. Les pieds nus sont positionnés sur les marques prévues à cet effet, les bras ballants le long du corps. Sur son visage est installé le masque de VNS sans fil complètement étanche à la lumière permettant une obscurité parfaite. La caméra permet de vérifier à chaque instant et de façon aléatoire si les yeux du sujet sont ouverts ou fermés comme il lui a été demandé (2 vérifications ont été effectuées par séquence en moyenne) (Cf. annexe 2).

Entre chaque étape, un temps de **15** secondes est respecté :

1 - La plate-forme est **stable**, le sujet garde les yeux **ouverts** sous le masque, l'enregistrement commence et dure **30** secondes ;

2 - La plate-forme est toujours **stable**, le sujet **ferme** les yeux sous le masque, l'enregistrement commence et dure **30** secondes ;

3 - La plate-forme est rendue **instable et asservie**, le sujet garde les yeux **ouverts** sous le masque, l'enregistrement commence et dure **30** secondes ;

4 - La plateforme est toujours **instable et asservie**, le sujet **ferme** les yeux sous le masque, l'enregistrement commence et dure **30** secondes.

5.2. Enregistrements

Pour chaque sujet, la sauvegarde de ces quatre enregistrements est effectuée.

Dans un premier temps, on procède à l'analyse des résultats par l'intermédiaire du logiciel classique du Multitest-Equilibre. Les **statokinésigrammes** apportent des informations de nature qualitative. Les **résultats chiffrés** tels que le **pourcentage d'équilibre**, la **surface** et la **vitesse** sont consignés dans un tableau où figure également le nom, l'âge du sujet et son sexe (Cf. tableaux joints en annexes 3, 4 et 5).

Dans un second temps, on procède à l'analyse des quatre enregistrements par l'intermédiaire du logiciel POSTURO-PRO. Les résultats obtenus sont de nature qualitative pour l'**observation des ondelettes** (couleur chaude ou froide) et quantitatifs pour la **fréquence**, l'**indice de Puissance**, l'**indice de Contrôle Postural**, l'**Indice d'Instabilité Posturale**, les **coordonnées du point critique** et le **pourcentage des points de Hausdorff**. Ces paramètres sont calculés par le logiciel et consignés dans les tableaux des annexes 6, 7, 8, 9, 10 et 11.

6. ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

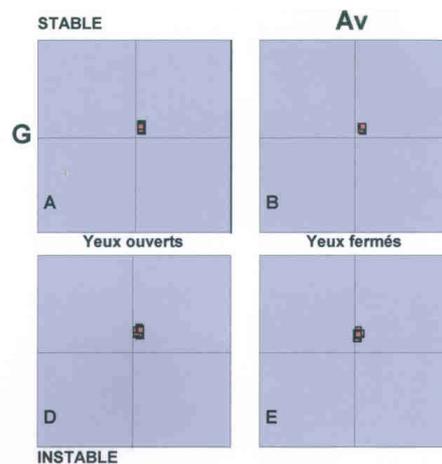
6.1. Analyse qualitative visuelle des statokinésigrammes obtenus par le logiciel MULTITEST-EQUILIBRE Version 5.2

Par **comparaison visuelle de chaque statokinésigramme** des différents sujets, les observations sont les suivantes :

- Pour **18 cas sur 25** (soit **72%**), il n'y a pas d'incidence sur la **surface** que le sujet soit dans l'obscurité (**N**), les Yeux Ouverts (**YON**) ou les Yeux Fermés (**YFN**) sur plan stable et plan instable ;

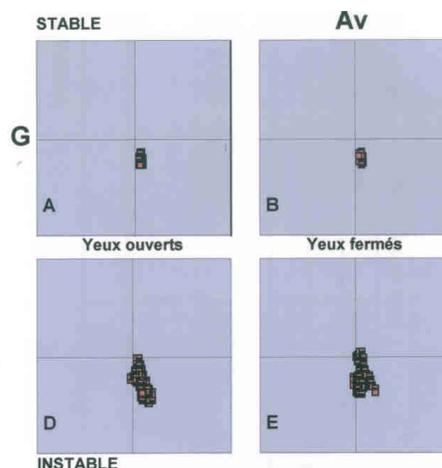
Sur ces 18 cas :

- ✓ 6 sujets présentent des résultats de surface identiques pour les 4 modalités :



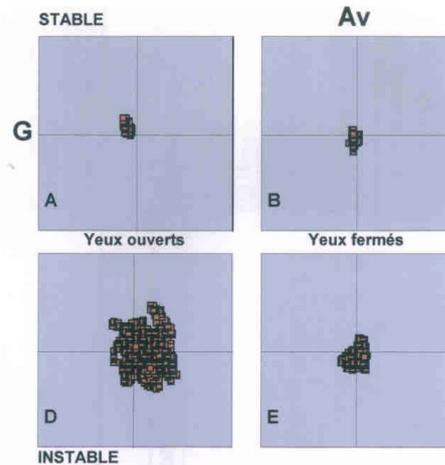
Exemple de Sophie1

- ✓ 12 sujets présentent des surfaces plus grandes sur plan instable que sur plan stable :



Exemple de Florian

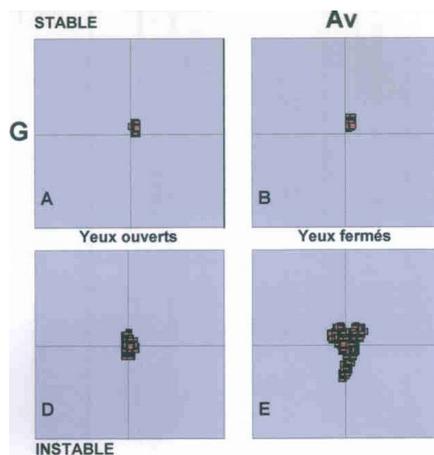
- **6 cas sur 25** (soit **24%**) ne présentent pas de différence sur plan stable mais sur plan instable, une **surface plus importante** est observée les **YON** par rapport aux YFN:



Exemple de Paul

Ce phénomène est très certainement imputable à la **descente** de la plateforme lors de l'enchaînement des séquences du test avec passage du plan stable au plan instable. Le sujet est surpris par l'instabilité de la plateforme.

- **1 seul cas sur 25** (soit **4%**) est constaté sur plan instable avec une surface **plus importante** les **YFN** que les YON :



Exemple de Nicole

6.2. Analyse statistique des paramètres chiffrés obtenus par le logiciel MULTITEST-EQUILIBRE version 5.2 (Taux de stabilité, vitesse et superficie)

Un plan d'expérience complet à 3 facteurs (Plan, Yeux et Sexe) avec deux modalités par facteur a été appliqué pour l'analyse statistique des résultats. Le facteur « âge » n'a pas été pris en compte, considérant que la population est une population adulte (de 26 ans à 58 ans) et qu'il n'était pas utile de la segmenter en classe.

Sur la base des répétitions réalisées, à savoir 12 pour les hommes et 13 pour les femmes, les résultats ont été interprétés par :

- une analyse de la variance en utilisant le modèle linéaire généralisé et
- des résultats de comparaison de moyennes 2 à 2 par les tests de Bonferroni et Tukey.

Le niveau de risque considéré est de 5% ce qui signifie que le facteur ou l'interaction est considéré significatif(ve) quand la probabilité est inférieure à 0.05.

L'analyse statistique a été réalisée en utilisant le logiciel MINITAB.

6.2.1. Taux de stabilité

L'analyse de la variance met en évidence un effet attribuable aux facteurs Plan et Sexe ainsi qu'aux interactions Plan/Sexe et plus légèrement Plan/Yeux :

Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,000	S
Yeux	0,110	NS
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,042	S légèrement
Plan*Sexe	0,000	S
Yeux*Sexe	0,490	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,268	NS

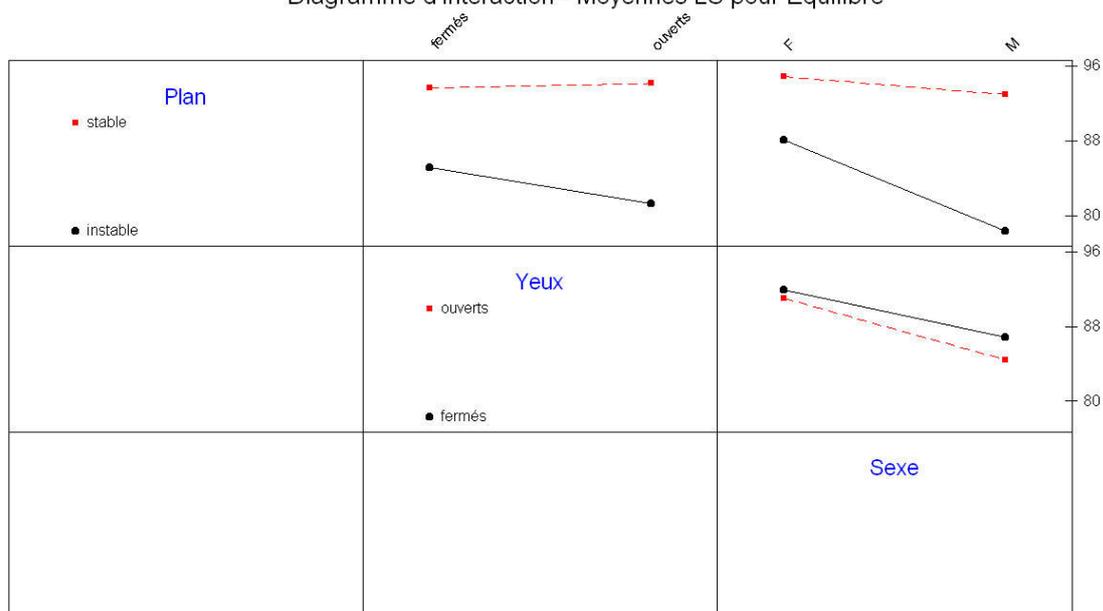
S = Significatif

NS = Non significatif

L'analyse des interactions illustrée sur le schéma ci-dessous conduit aux conclusions suivantes :

- le taux de stabilité est supérieur pour les femmes vis à vis des hommes sur plan instable (88.13 % / 78.35%) ;
- Il n'y a pas d'incidence, dans l'obscurité, de l'occlusion des yeux que le plan soit stable ou instable.

Diagramme d'interaction - Moyennes LS pour Equilibre



6.2.2. Vitesse de déplacement

L'analyse de la variance met en évidence un effet attribuable aux facteurs Plan et Sexe ainsi qu'à l'interaction Plan/Sexe :

Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,000	S
Yeux	0,324	NS
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,233	NS
Plan*Sexe	0,001	S
Yeux*Sexe	0,388	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,377	NS

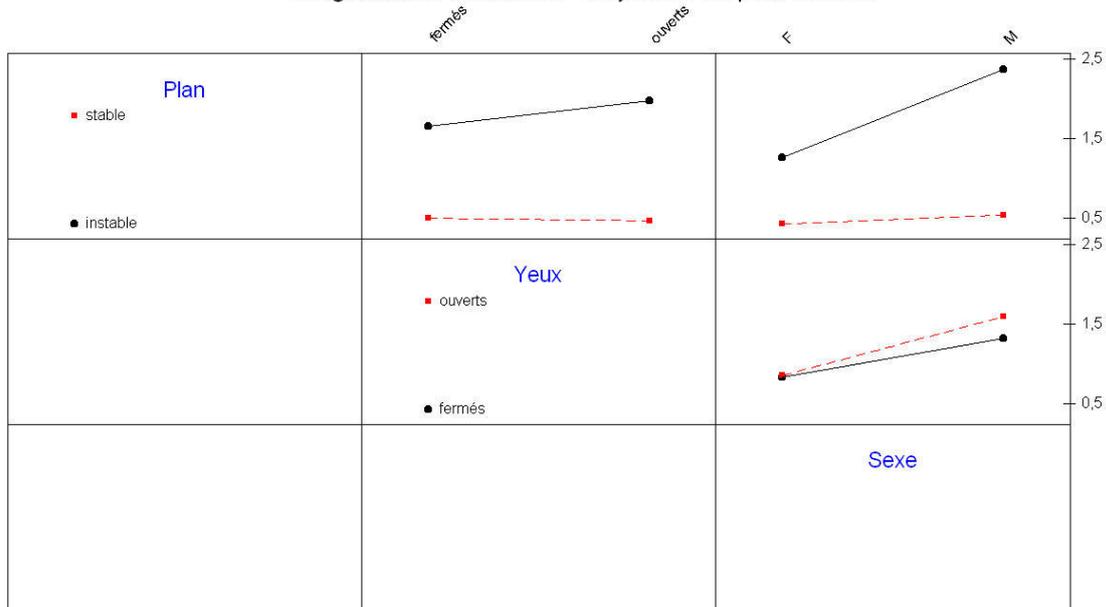
S = Significatif

NS = Non significatif

L'analyse de l'interaction Plan/Sexe met en évidence une vitesse de déplacement plus faible pour les femmes que pour les hommes sur plan instable (1.27 cm/s – 2.37 cm/s) (Cf. schéma ci-dessous). Elles sont donc plus stables sur plan instable que les hommes.

Le facteur Yeux n'est pas significatif.

Diagramme d'interaction - Moyennes LS pour Vitesse



6.2.3. Superficie

Un effet attribuable aux facteurs Plan, Yeux et Sexe ainsi qu'aux interactions Plan/Yeux et Plan/Sexe est noté :

Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,000	S
Yeux	0,040	S légèrement
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,029	S
Plan*Sexe	0,000	S
Yeux*Sexe	0,178	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,146	NS

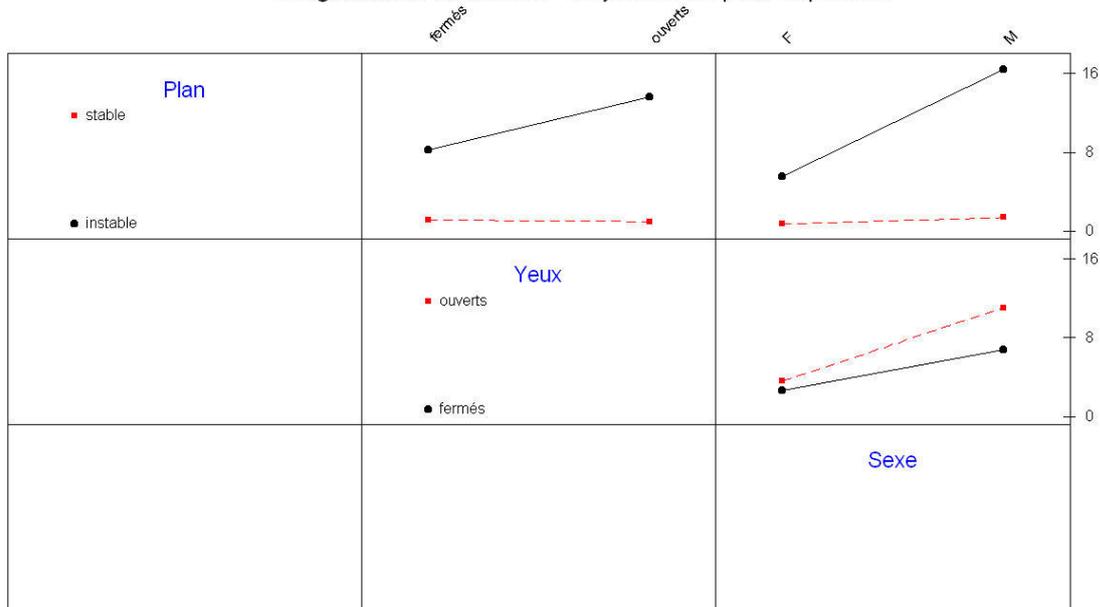
S = Significatif

NS = Non significatif

Les deux interactions analysées nous permettent de conclure que :

- La superficie couverte en cm² sur plan instable est plus importante quand les yeux sont ouverts dans l'obscurité (13.7 cm² / 8.34 cm²) ; le sujet recherche désespérément un point de repère visuel, dépense de l'énergie pour cela et parcourt une plus grande surface ;
- La superficie couverte sur plan instable par les femmes est plus faible que celle des hommes (5.62 cm² / 16.44 cm²). Sur plan instable, les femmes sont plus stables que les hommes.

Diagramme d'interaction - Moyennes LS pour Superficie



6.3. Analyse qualitative visuelle des ondelettes obtenues par le logiciel POSTURO-PRO

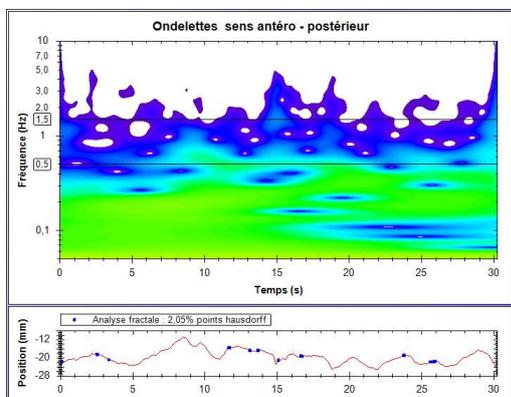
Pour chaque sujet, on procède à l'observation des ondelettes et plus particulièrement des couleurs (chaudes ou froides) prédominantes dans chacune des 4 situations du test. Nous ne considérerons que les ondelettes de l'axe antéropostérieur car le grand axe du statokinésigramme est très majoritairement antéropostérieur.

Dans le tableau ci-dessous, figurent les couleurs bleu (B), vert (V), jaune (J), orange (O) et rouge ® rencontrées selon le test réalisé :

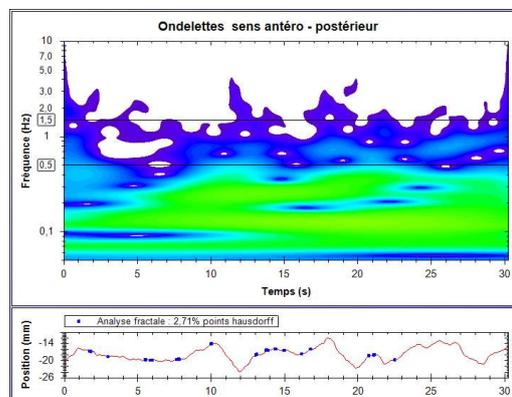
	Couleurs	Nombre YON*	Nombre YFN**
Plan stable	B	0	1
	B+V	23	17
	B+V+J	1	6
	B+V+J+O	1	1
	B+V+J+O+R	0	0
	Total	25	25
Plan instable	B	0	0
	B+V	4	8
	B+V+J	4	5
	B+V+J+O	8	5
	B+V+J+O+R	9	7
	Total	25	25

*YON=Yeux Ouverts dans l'obscurité - **YFN=Yeux Fermés dans l'obscurité

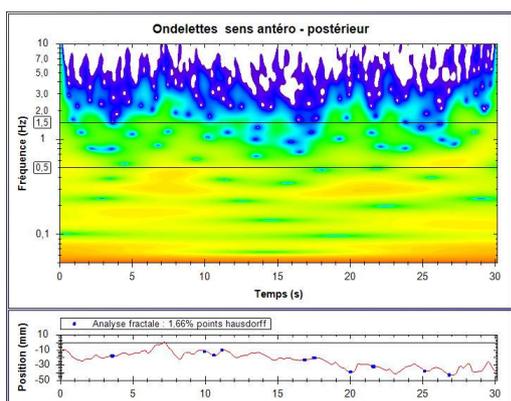
Les couleurs sont beaucoup plus chaudes lorsque la plateforme est instable par rapport au plan stable et il n'y a **pas de différence notable** entre les deux modalités YON et YFN :



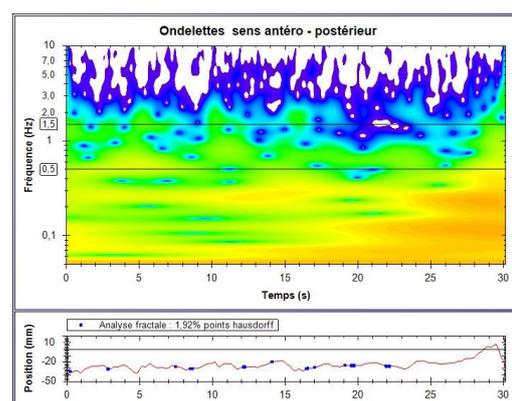
Plan stable – YON



Plan stable – YFN



Plan instable – YON



Plan instable – YFN

Exemple de Florian

6.4. Analyse statistique des paramètres chiffrés obtenus par le logiciel POSTURO-PRO

L'analyse statistique a été conduite de manière identique à celle réalisée pour le logiciel Multitest (Cf. § 6.2.).

6.4.1. Fréquence de crête (ondelettes antéropostérieures)

L'analyse de la variance met en évidence un effet attribuable aux facteurs Plan et Sexe ainsi qu'à l'interaction Plan/Sexe :

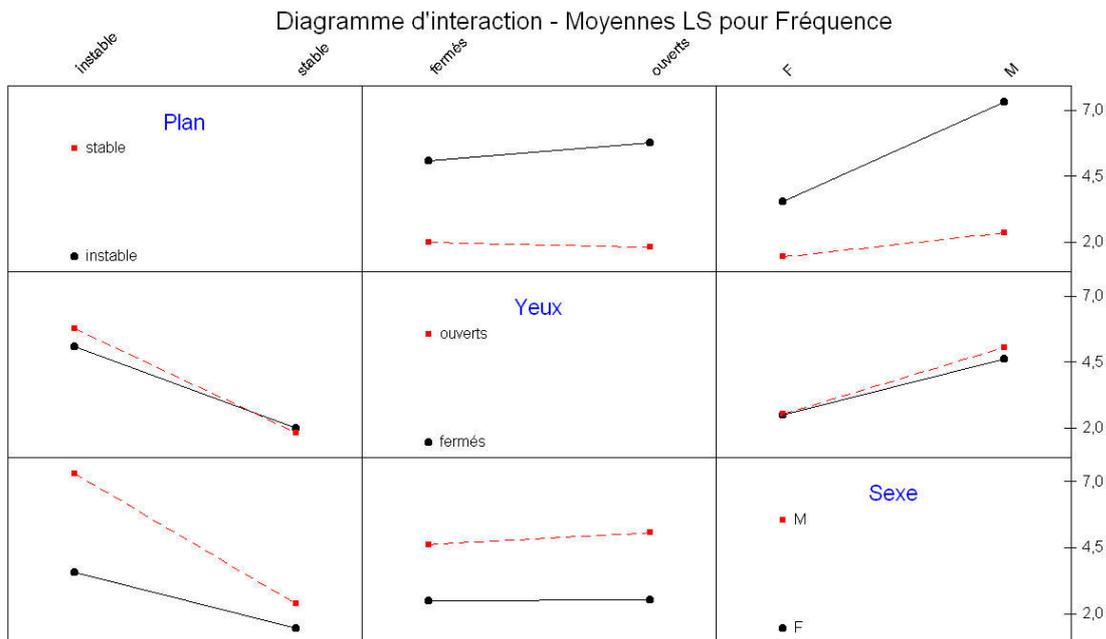
Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,000	S
Yeux	0,518	NS
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,266	NS
Plan*Sexe	0,000	S
Yeux*Sexe	0,602	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,491	NS

S = Significatif

NS = Non significatif

L'analyse des interactions illustrée sur le schéma ci-dessous conduit aux conclusions suivantes :

- la fréquence de crêtes est supérieure pour les hommes vis à vis des femmes sur plan instable (7.33 Hz / 3.57 Hz) ;
- il n'y a pas d'incidence, dans l'obscurité, de l'occlusion des yeux que le plan soit stable ou instable.



6.4.2. IP1 - (0.05-0.5 Hz)

L'analyse de la variance met en évidence un effet attribuable aux facteurs Plan et Sexe ainsi qu'à l'interaction Plan/Sexe :

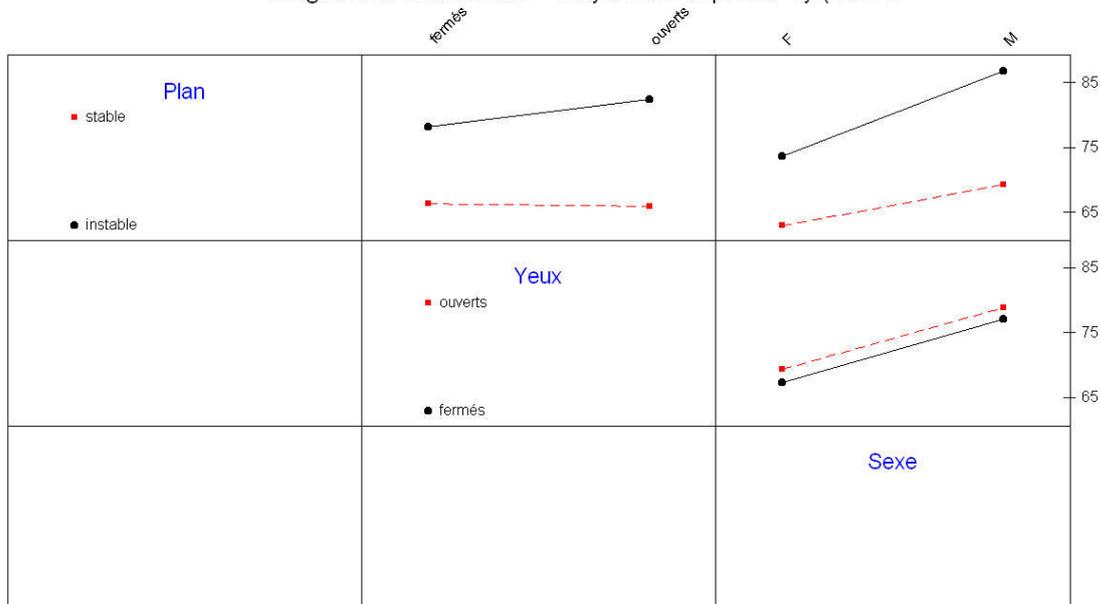
Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,000	S
Yeux	0,247	NS
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,166	NS
Plan*Sexe	0,046	S légèrement
Yeux*Sexe	0,911	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,498	NS

S = Significatif

NS = Non significatif

L'analyse de l'interaction Plan/Sexe souligne que l'indice de puissance IP1 est plus faible pour les femmes que pour les hommes sur plan instable (73.78 / 86.80) mettant en évidence leur meilleure stabilité.

Diagramme d'interaction - Moyennes LS pour IP1y (0.05-0)



6.4.3. IP2 - (0.5-1.5 Hz)

Les facteurs Plan et Sexe ainsi que l'interaction Plan/Sexe sont significatifs :

Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,000	S
Yeux	0,256	NS
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,117	NS
Plan*Sexe	0,029	S
Yeux*Sexe	0,879	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,520	NS

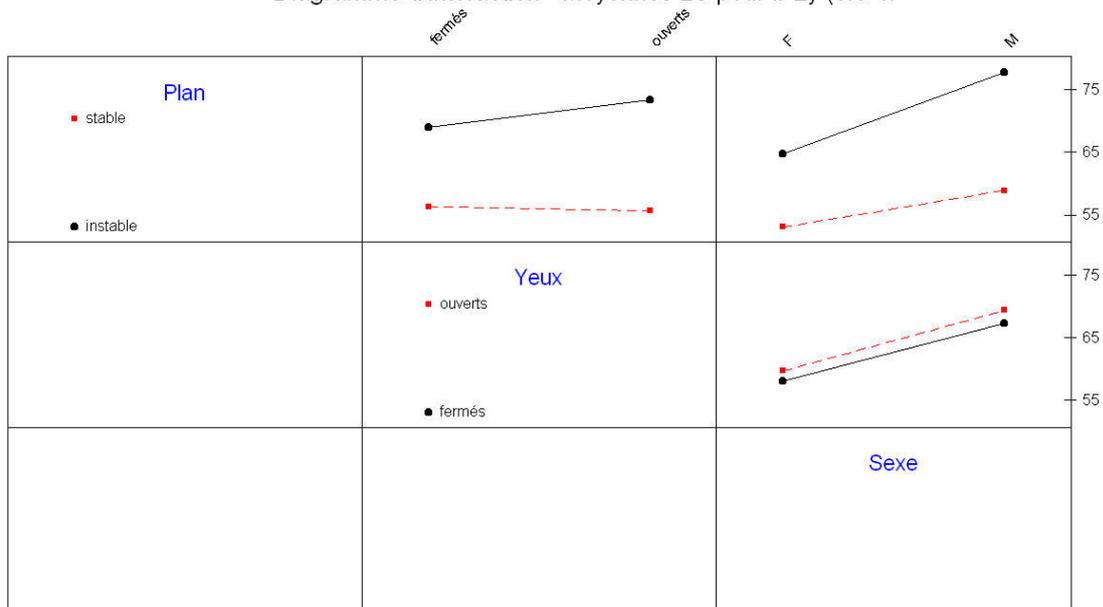
S = Significatif

NS = Non significatif

L'analyse de l'interaction Plan/Sexe souligne que l'indice de puissance IP2 est également plus faible pour les femmes que pour les hommes sur plan instable (64.79 / 77.81) mettant en évidence de nouveau leur meilleure stabilité.

Sur plan stable, la différence est très légèrement non significative (P=0.0686 pour le test de BONFERRONI et P=0.0547 pour TUKEY) et conduit à la même conclusion.

Diagramme d'interaction - Moyennes LS pour IP2y (0.5-1.



6.4.4. IP3 - (1.5-10 Hz)

Les facteurs Plan et Sexe sont significatifs et dans ce cas, l'interaction Plan/Sexe est à la limite de la significativité :

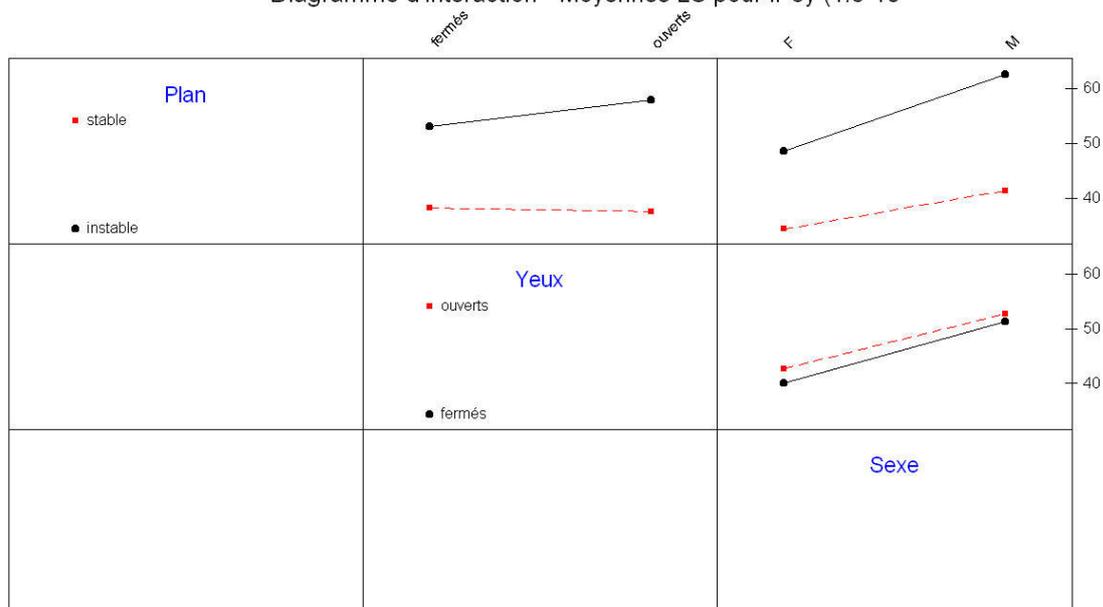
Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,000	S
Yeux	0,252	NS
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,133	NS
Plan*Sexe	0,053	NS légèrement
Yeux*Sexe	0,761	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,683	NS

S = Significatif

NS = Non significatif

L'analyse de l'interaction Plan/Sexe souligne à nouveau que l'indice de puissance IP3 est plus faible pour les femmes que pour les hommes sur plan instable (48.62 / 62.64) et dans une moindre mesure sur plan stable (34.44 / 41.51) mettant en évidence de nouveau leur meilleure stabilité.

Diagramme d'interaction - Moyennes LS pour IP3y (1.5-10)



6.4.5. ICP1 - (0.05-0.5 Hz)

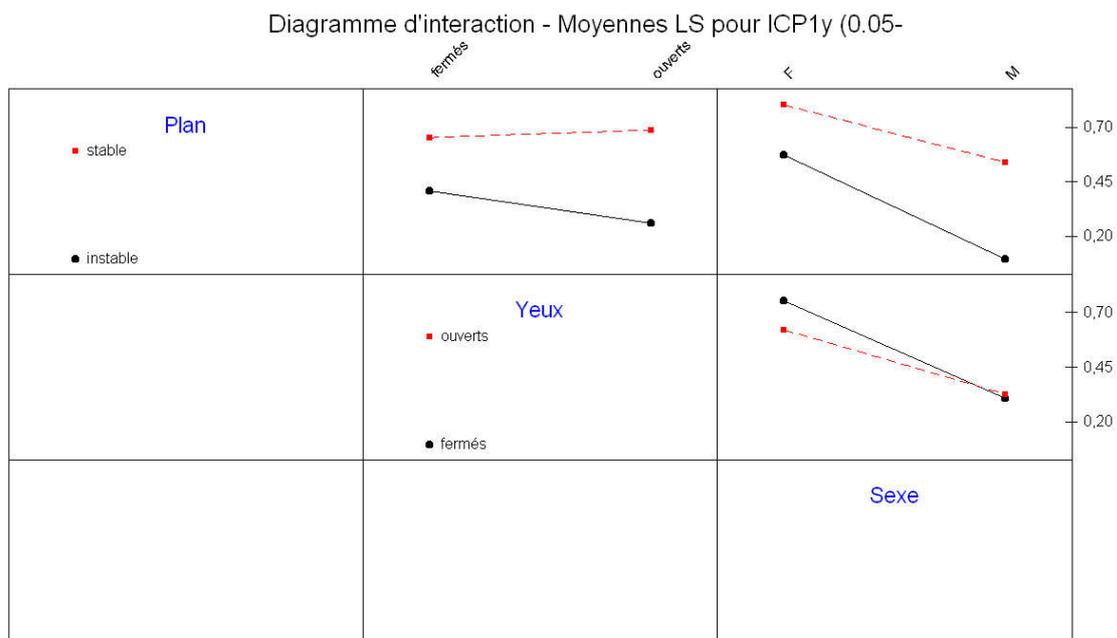
Seuls, les facteurs Plan et Sexe sont significatifs :

Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,001	S
Yeux	0,559	NS
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,352	NS
Plan*Sexe	0,275	NS
Yeux*Sexe	0,444	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,817	NS

S = Significatif

NS = Non significatif

Si l'on conserve l'interaction la moins non significative Plan/Sexe, l'indice de contrôle postural est plus élevé sur plan instable pour les femmes que pour les hommes (0.57 / 0.096).



6.4.6. ICP2 - (0.5-1.5 Hz)

Pour l'ICP2, seul le *facteur Yeux* est *significatif* :

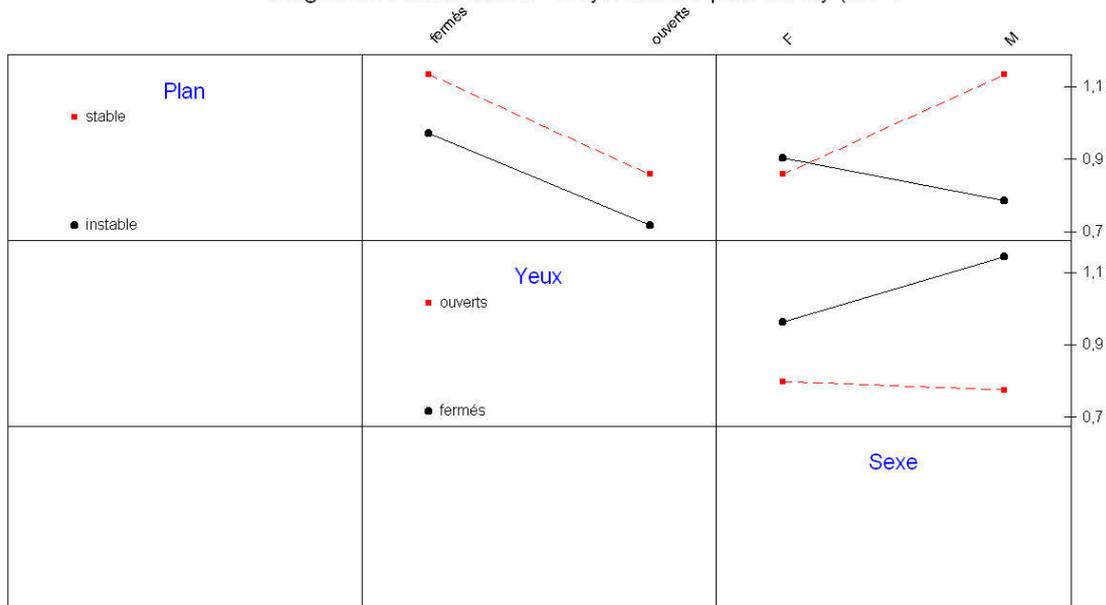
Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,201	NS
Yeux	0,026	S
Sexe	0,506	NS
Plan*Yeux	0,931	NS
Plan*Sexe	0,097	NS
Yeux*Sexe	0,389	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,677	NS

S = Significatif

NS = Non significatif

La comparaison des moyennes du facteur Yeux nous indique une *meilleure stabilité* dans *l'obscurité en occlusion* (Yeux fermés = 1.05 / Yeux ouverts = 0.79).

Diagramme d'interaction - Moyennes LS pour ICP2y (0.5-1



6.4.7. ICP3 - (1.5-10 Hz)

Seul le Plan est un facteur significatif :

Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,000	S
Yeux	0,902	NS
Sexe	0,273	NS
Plan*Yeux	0,912	NS
Plan*Sexe	0,654	NS
Yeux*Sexe	0,404	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,382	NS

S = Significatif

NS = Non significatif

6.4.8. IIP

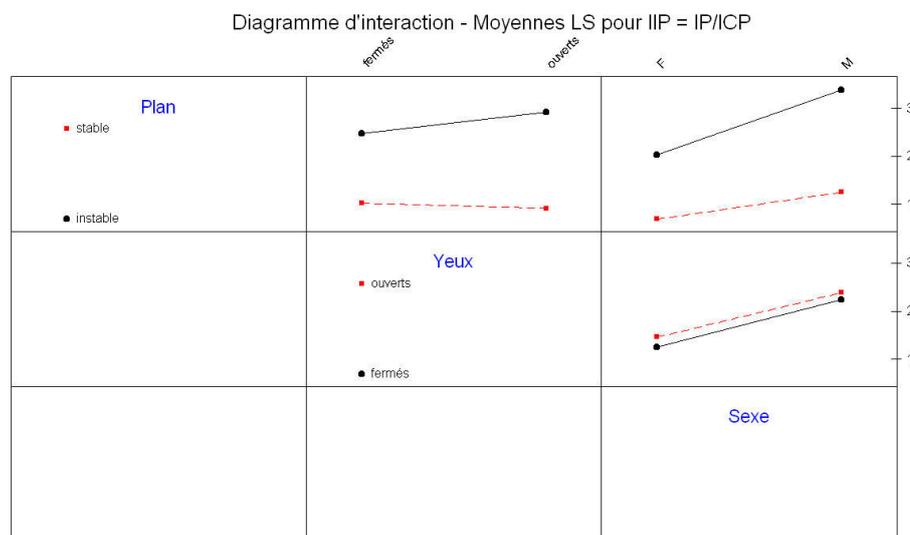
Les facteurs Plan et Sexe ainsi que l'interaction Plan/Sexe sont significatifs :

Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,000	S
Yeux	0,280	NS
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,082	NS
Plan*Sexe	0,014	S
Yeux*Sexe	0,838	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,729	NS

S = Significatif

NS = Non significatif

L'analyse de l'interaction Plan/Sexe souligne que l'indice d'instabilité posturale est plus faible pour les femmes que pour les hommes sur plan instable (2.03 / 3.39) confirmant leur meilleure stabilité.



6.4.9. Analyse de diffusion

✓ *Temps critique :*

Seul, le facteur Plan est significatif :

Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,007	S
Yeux	0,373	NS
Sexe	0,436	NS
Plan*Yeux	0,077	NS
Plan*Sexe	0,533	NS
Yeux*Sexe	0,567	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,330	NS

S = Significatif

NS = Non significatif

✓ *Amplitude :*

Les trois facteurs principaux Plan, Yeux, Sexe, les interactions doubles ainsi que l'interaction triple sont significatives :

Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,000	S
Yeux	0,046	S
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,053	NS légèrement
Plan*Sexe	0,001	S
Yeux*Sexe	0,061	NS légèrement
Plan*Yeux*Sexe	0,047	S légèrement

S = Significatif

NS = Non significatif

L'analyse de l'interaction triple conduit aux conclusions suivantes :

- Sur plan instable, la population masculine présente une amplitude plus élevée quand ils ont les yeux ouverts (320.34 / 150.16) ;
- Sur plan instable et yeux ouverts, les femmes présentent une amplitude plus faible que les hommes (81.83 / 320.34).

L'interaction double Plan/Yeux met en évidence :

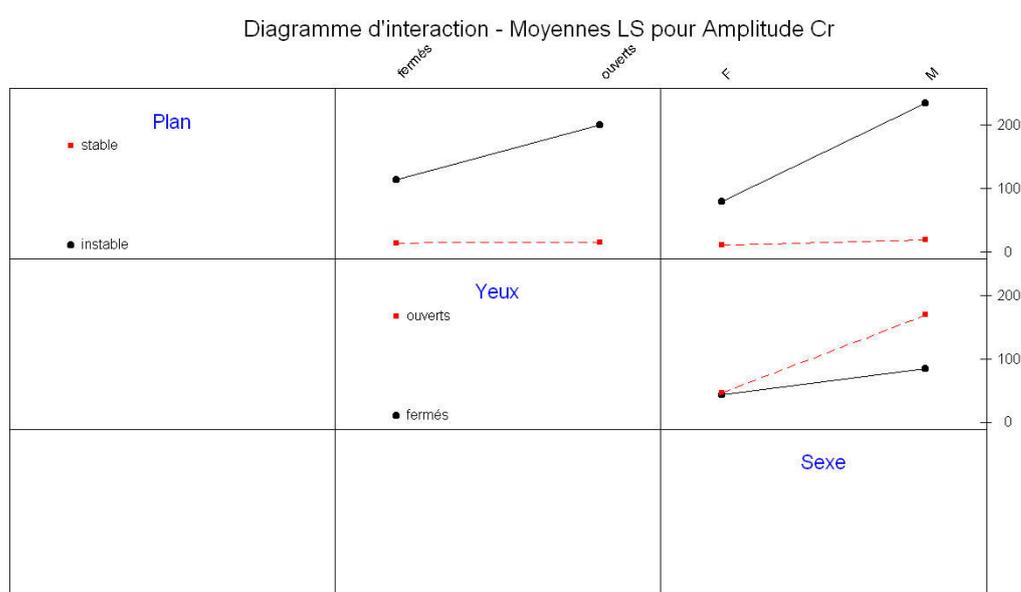
- Sur plan instable, l'amplitude est plus élevée les yeux ouverts (201.09 / 115.14).

L'interaction double Plan/Sexe met en évidence :

- Sur plan instable, l'amplitude est plus faible pour les femmes (80.97/ 235.25).

L'interaction double Yeux/Sexe met en évidence :

- La population masculine présente une amplitude plus élevée quand ils ont les yeux ouverts (170.02 / 85.48) ;
- Les yeux ouverts, les femmes présentent une amplitude plus faible que les hommes (47.53 /170.02).



6.4.10. Points de HAUSDORFF

Seul, le facteur Sexe est significatif :

Source	Probabilité	Significativité
Plan	0,413	NS
Yeux	0,173	NS
Sexe	0,000	S
Plan*Yeux	0,256	NS
Plan*Sexe	0,717	NS
Yeux*Sexe	0,780	NS
Plan*Yeux*Sexe	0,980	NS

S = Significatif

NS = Non significatif

La comparaison des moyennes du facteur Sexe nous donne 3.13 % pour les femmes et 1.31 % pour les hommes.

7. CONCLUSION

Pour la population étudiée, constituée de 13 femmes et 12 hommes âgés de 26 ans à 58 ans, les constatations suivantes ont pu être établies :

- L'analyse qualitative des statokinésigrammes n'a pas mis en évidence d'incidence de l'occlusion des yeux sur la posturographie dynamique des sujets analysés sur plan stable et plan instable ;
- L'analyse statistique des données fournies par le logiciel Multitest conduit aux interprétations ci dessous :
 - ✓ La stabilité des femmes est significativement supérieure à celle des hommes sur plan instable dans l'obscurité (yeux ouverts ou fermés), ce phénomène se vérifiant sur les trois paramètres taux de stabilité, vitesse de déplacement et superficie ;
 - ✓ L'occlusion des yeux dans l'obscurité est sans effet sur le taux de stabilité et la vitesse de déplacement du sujet, sur plan stable comme sur plan instable ;
 - ✓ **Sur plan instable, la superficie couverte est légèrement plus importante quand les yeux sont ouverts dans l'obscurité pouvant s'expliquant par une recherche en vain de repère visuel.**
- L'analyse qualitative des ondelettes n'a pas révélé de différences entre les deux modalités « yeux ouverts » et « yeux fermés » dans l'obscurité sur plan stable ou plan instable ;
- L'analyse statistique des résultats obtenus par le logiciel Posturo-Pro démontre également que :
 - ✓ La stabilité des femmes est significativement supérieure à celle des hommes sur plan instable dans l'obscurité (yeux ouverts ou fermés), ce phénomène se vérifiant sur les paramètres fréquence de crête, les indices de puissance IP1, IP2 et IP3, l'indice d'instabilité posturale IIP et l'amplitude (analyse de diffusion) quand les sujets ont les yeux ouverts dans l'obscurité ;
 - ✓ Sur plan stable ou instable, l'occlusion des yeux est sans effet sur la fréquence de crête, les indices de puissance, les indices de contrôle postural ICP1 et ICP3, l'indice d'instabilité posturale IIP, le temps critique de l'analyse de diffusion ainsi que sur les points de HAUSDORFF ;
 - ✓ **Sur plan stable et plan instable, l'indice de contrôle postural ICP2 (fréquence comprise entre 0.5 Hz et 1.5 Hz) souligne une meilleure stabilité des sujets lorsqu'ils ont les yeux fermés dans l'obscurité ; ce phénomène est observé également sur plan instable pour la population masculine par l'analyse de l'amplitude.**

Ainsi, seuls les paramètres « **superficie** » (logiciel Multitest) quand le plan est instable et « **indice de contrôle postural ICP2** » (logiciel Posturo-Pro) que le plan soit stable ou instable mettent en évidence une incidence de l'occlusion des yeux dans l'obscurité sur la posturographie : la stabilité des sujets est améliorée quand ils ont les yeux fermés dans l'obscurité.

Par conséquent, il est difficile de conclure sur la base de ces deux résultats que l'occlusion dans l'obscurité conduise à une différence de la posturographie dynamique et qu'il soit essentiel d'intégrer ce paramètre dans les protocoles de rééducation de l'équilibre et des instabilités.

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 et Equilibre, Solal 2004.

Ph. ROBIN (Centre Hospitalier de Cannes), **A. ZEITOUN** (Cannes), **M. LACOUR** (UMR 6149 CNRS, Université de Provence Aix-Marseille I, Marseille), **M. BELTRAN** (Centre Hospitalier de Cannes, Cannes) : De nouvelles méthodes de traitement du signal stabilométrique : besoin ou nécessité ? - revue ORL Pneumo Allergologie.

SARL FRAMIRAL : Manuel d'utilisation du logiciel Posturo-Pro.

Mémoires de Diplôme Universitaire « Exploration et rééducation des troubles de l'équilibre » de **A. MADHI** (D.U 2006), **L. BARGE** (D.U 2007) et **B. FRECHARD** (D.U 2008) - Université Claude Bernard Lyon I.

Annexe 1

Bilan Type

NOM :	Diagnostic médical :	Date :
Prénom :		<input type="checkbox"/> ORL :
Age :		<input type="checkbox"/> Généraliste :

<input type="checkbox"/> Grand vertige rotatoire	<input type="checkbox"/> Instabilité	Médicaments :	
		<input type="checkbox"/> Antivertigineux	
		<input type="checkbox"/> Hypertension	
		<input type="checkbox"/> Hypotension	
		<input type="checkbox"/> Anxiolytique	
		<input type="checkbox"/> Antidépresseur	
		<input type="checkbox"/> Somnifère	
		<input type="checkbox"/> Changement médicament récent :	
		Examens complémentaires :	
		<input type="checkbox"/> Rx Rachis cervical	<input type="checkbox"/> Caloriques (VNG)
		<input type="checkbox"/> PEA	
		<input type="checkbox"/> Scanner	
		<input type="checkbox"/> IRM	
		<input type="checkbox"/> Audiométrie	
		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Nausées	<input type="checkbox"/> Audition	Chirurgie :	
<input type="checkbox"/> Acouphènes			
SENSIBILITE VESTIBULAIRE	<input type="checkbox"/> Fort	<input type="checkbox"/> Moyen	<input type="checkbox"/> Faible
		<input type="checkbox"/> Spasmo	<input type="checkbox"/> Hypotension ortho

RVS		
ROMBERG	Début	Fin
Regard droit devant		
Tête en rotation G		
Tête en rotation D		
Sensibilisé		
FUKUDA (<i>Stepping –test – Enter Berger</i>)		
BABINSKI (<i>Marche en étoile</i>)		

RVO				
ERI (1/2 tour en 9 s sous VNS)	Per ROT (5 s. → 9 s.)		Post ROT (0 s. → 2 s.)	
	Début	Fin	Début	Fin
Rot H				
Rot AH				

NYSTAGMUS SPONTANÉ	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> G	<input type="checkbox"/> D	Grade
				<input type="checkbox"/> I
				<input type="checkbox"/> II
				<input type="checkbox"/> III

COUNTER ROLLING NYSTAGMUS	<input type="checkbox"/> G	<input type="checkbox"/> D

EPREUVE ROTATOIRE EN HAUTE FREQUENCE AU FAUTEUIL (HF) → 5 tours à 360 / s.

Observations du Nystagmus post-rotatoire
(H : Rotation Horaire interrogeant le vestibule G - AH : Rotation antihoraire interrogeant le vestibule D)

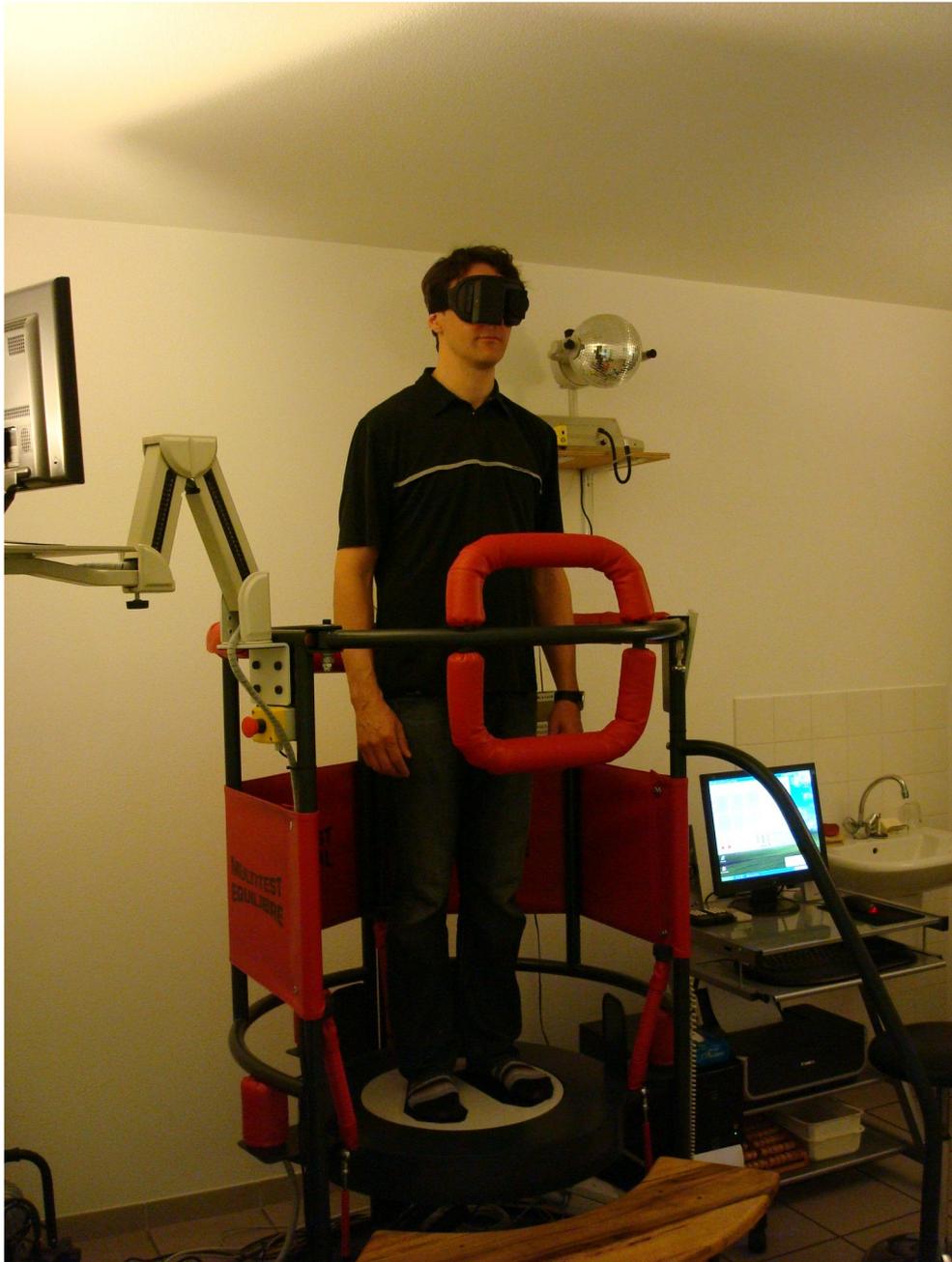
Date														
FIXATION	H													
	AH													
VECTION	H													
	AH													

HST (Durée 15 s.) → Réponse entre 2s. et 8 s.

VPPB						
HALLPIKE / BRANDT(Canal Postérieur)			TEST DU CANAL HORIZONTAL		Commentaires :	
- à G :		Retour :		- à G :		
- à D :		Retour :		- à D :		

Annexe 2

Photographie d'un sujet sur la plateforme MULTITEST-EQUILIBRE



Annexe 3

Taux de stabilité (en %)

TAUX DE STABILITE						
Sujets			Plan stable		Plan instable	
Prénoms	Sexe	Age	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés
JULIE	F	26	95,5	95,2	83,3	94,5
FLORIAN	M	27	94,2	94,9	81,1	85,9
LAURENT	M	33	94,4	93,7	76,7	82
FRANCE	F	33	95	94,8	82,3	84,1
JEAN PHI	M	34	94,5	94,9	81	79,2
BEATRICE	F	35	94,1	95,5	84,5	86,8
FABIEN	M	37	93,5	93,6	75	69,4
SOPHIE1	F	37	96,8	98,3	96,3	96,9
MARGARET	F	37	96,2	95,8	96,6	96,7
SOPHIE 2	F	39	94,3	94,5	91,5	94
NATHALIE	F	40	94,9	94,5	74,9	85,4
MARLENE	F	43	93,6	93,9	87	91,5
EVELYNE	F	45	96,1	94,8	85,2	77
MIREILLE	F	45	91,4	89,6	73,8	78
LUC	M	47	95,2	89,5	87,6	91,4
CATHY	F	47	95,4	95,7	92,7	94,6
NICOLE	F	48	94,9	96,1	91,6	83,7
THIERRY	M	49	93,9	91,1	67,3	72,9
YVES	M	50	92,7	94,2	85,7	92,3
PATRICE	M	54	87,7	89,4	69,4	74,1
HENRI	M	54	95,6	94,3	74,9	83,3
PHILIPPE	M	55	93	90,4	72,1	82,6
JOSE	M	56	94,6	94,4	72,4	78,6
MARIA	F	57	95,8	94,9	93,1	95,3
PAUL	M	58	92,2	90,1	62,3	83,3
MOYENNE	13F 12M	43,4	94,2	93,8	81,5	85,3
MAX		58	96,8	98,3	96,6	96,9
MIN		26	87,7	89,4	62,3	69,4

Annexe 4

Vitesse (en cm/s)

VITESSE						
Sujets			Plan stable		Plan instable	
Prénoms	Sexe	Age	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés
JULIE	F	26	0,32	0,42	1,83	0,47
FLORIAN	M	27	0,35	0,29	1,02	0,91
LAURENT	M	33	0,37	0,42	2,37	1,94
FRANCE	F	33	0,67	0,67	2,44	2,69
JEAN PHI	M	34	0,4	0,36	1,65	1,39
BEATRICE	F	35	0,55	0,43	1,68	1,27
FABIEN	M	37	0,57	0,45	2,74	5,04
SOPHIE1	F	37	0,2	0,18	0,3	0,22
MARGARET	F	37	0,34	0,36	0,35	0,42
SOPHIE 2	F	39	0,33	0,28	1,21	0,3
NATHALIE	F	40	0,52	0,65	2,71	2,02
MARLENE	F	43	0,31	0,37	0,96	0,61
EVELYNE	F	45	0,3	0,32	1,44	3,34
MIREILLE	F	45	0,38	0,36	1,27	1,13
LUC	M	47	0,38	0,47	1,13	0,84
CATHY	F	47	0,76	0,84	1,15	1,2
NICOLE	F	48	0,42	0,46	0,97	1,94
THIERRY	M	49	0,55	0,53	4,31	3,3
YVES	M	50	0,5	0,62	1,27	0,95
PATRICE	M	54	1,11	1,12	3,26	2,34
HENRI	M	54	0,45	0,56	3,8	2,74
PHILIPPE	M	55	0,81	0,95	3,36	2,18
JOSE	M	56	0,41	0,47	3,06	1,96
MARIA	F	57	0,29	0,42	0,58	0,43
PAUL	M	58	0,43	0,5	4,02	1,33
MOYENNE	13F 12M	43,4	0,5	0,5	2,0	1,6
MAX		58	1,11	1,12	4,31	5,04
MIN		26	0,2	0,18	0,3	0,22

Annexe 5

Superficie (en cm²)

SUPERFICIE						
Sujets			Plan stable		Plan instable	
Prénoms	Sexe	Age	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés
JULIE	F	26	0,575	0,625	8,407	0,849
FLORIAN	M	27	0,83	0,753	9,209	5,144
LAURENT	M	33	0,906	1,132	17,321	9,795
FRANCE	F	33	0,717	0,771	9,606	7,716
JEAN PHI	M	34	0,856	0,714	10,908	13,413
BEATRICE	F	35	0,931	0,502	7,184	5,259
FABIEN	M	37	1,155	0,895	20,04	27,776
SOPHIE1	F	37	0,276	0,078	0,28	0,277
MARGARET	F	37	0,38	0,499	0,311	0,292
SOPHIE 2	F	39	0,924	0,852	2,052	1,028
NATHALIE	F	40	0,685	0,869	20,29	6,391
MARLENE	F	43	1,095	1,006	5,053	2,127
EVELYNE	F	45	0,389	0,781	6,109	15,957
MIREILLE	F	45	2,148	2,743	20,937	12,306
LUC	M	47	0,522	2,426	4,601	1,926
CATHY	F	47	0,546	0,513	1,513	0,77
NICOLE	F	48	0,611	0,366	2,002	7,438
THIERRY	M	49	0,959	2,267	35,294	23,203
YVES	M	50	1,452	0,969	6,214	1,718
PATRICE	M	54	4,296	3,321	30,936	21,633
HENRI	M	54	0,529	0,933	17,768	7,932
PHILIPPE	M	55	1,413	2,149	23,942	8,873
JOSE	M	56	0,844	0,616	25,029	14,226
MARIA	F	57	0,501	0,542	1,308	0,62
PAUL	M	58	1,74	2,916	49,486	8,219
MOYENNE	13F 12M	43,4	1,0	1,2	13,4	8,2
MAX		58	4,296	3,321	49,486	27,776
MIN		26	0,276	0,078	0,28	0,277

Annexe 6

Fréquences (Ondelettes)

FREQUENCE						
Sujets			Plan stable		Plan instable	
Prénoms	Sexe	Age	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés
JULIE	F	26	1,52	1,5	4,4	1,6
FLORIAN	M	27	1,37	1,03	5,23	3,79
LAURENT	M	33	1,32	1,89	6,86	6,52
FRANCE	F	33	1,89	2,28	8,55	8,5
JEAN PHI	M	34	1,5	1,4	7,34	5,5
BEATRICE	F	35	1,57	1,28	3,31	3,5
FABIEN	M	37	2,36	2,17	9,15	10
SOPHIE1	F	37	0,5	0,44	1,08	0,5
MARGARET	F	37	0,85	0,87	0,72	0,98
SOPHIE 2	F	39	1,3	1	1,83	1,32
NATHALIE	F	40	1,57	1,26	7,72	8,13
MARLENE	F	43	1,5	1,62	2,89	2,13
EVELYNE	F	45	1,03	1,62	4,41	5,6
MIREILLE	F	45	1,92	1,8	5,8	4,5
LUC	M	47	1,5	2,57	2,99	2,79
CATHY	F	47	2,09	2,24	2,61	3
NICOLE	F	48	1,62	1,5	2,4	3,42
THIERRY	M	49	2,4	3,66	10	10
YVES	M	50	1,8	1,8	4,8	2,79
PATRICE	M	54	5,69	4,5	10	10
HENRI	M	54	1,5	2,24	10	10
PHILIPPE	M	55	3,14	3,31	10	7
JOSE	M	56	2,28	2,32	8,41	6,52
MARIA	F	57	0,95	2,4	2,1	1,9
PAUL	M	58	2,24	3,14	10	6,2
MOYENNE	13F 12M	43,4	1,8	2,0	5,7	5,0
MAX		58	5,69	4,5	10	10
MIN		26	0,5	0,44	0,72	0,5

Annexe 7
Indice de puissance

Sujets		IP1y (0.05-0.5 Hz)				IP2y (0.5-1.5 Hz)				IP3y (1.5-10 Hz)			
		Plan stable		Plan instable		Plan stable		Plan instable		Plan stable		Plan instable	
Prénoms	Age	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés
JULIE	26	62,17	63,63	78,35	62,5	49,86	54,87	67,85	56,05	31,71	35,16	55,61	37,7
FLORIAN	27	68,06	66,3	83,45	83,15	54,17	48,96	75,52	70,81	35,83	31,82	56,39	52,55
LAURENT	33	65,76	67,63	86,61	79,31	52,51	54,64	78,11	71,37	36,64	38,33	63,17	56,7
FRANCE	33	63,43	65,02	85,22	82,81	58,62	58,64	74,44	72,82	40,83	40,31	61,87	62,18
JEAN PHI	34	65,46	63,92	84,51	84,02	54,19	51,66	74,14	74,05	34,02	32,01	59,25	56,57
BEATRICE	35	64,94	61,78	81,79	76,85	59,47	55,47	71,54	69,76	40,17	31,99	56,92	52,39
FABIEN	37	67,73	69,71	91,36	95,81	59,04	57,52	81,72	83,12	42,47	40,98	66,82	71,61
SOPHIE1	37	56,05	46,51	61,12	55,67	39,11	32,9	48,36	40,1	22,21	15,75	27,95	22,22
MARGARET	37	57,22	55,01	56,5	55,34	47,15	49,29	46,21	49,39	27,7	27,38	29,04	30,97
SOPHIE 2	39	64,4	63,87	72,89	64,27	53,97	47,58	64,81	53	35,32	29,17	50,51	32,1
NATHALIE	40	62,89	61,04	89,22	78,95	57,25	53,46	80,04	73,01	35,21	35	66,39	56,81
MARLENE	43	71,51	70,16	78,54	71,27	53,33	59,09	70,93	61,71	36,36	36,39	55,34	45,3
EVELYNE	45	61,6	64,91	82,11	89,28	51,97	53,28	74,95	79,85	32,36	35,25	59,77	64,49
MIREILLE	45	74,57	77,03	92,94	94,08	60,41	62,14	77,96	75,67	39,64	40,65	62,84	56,13
LUC	47	65,73	76,87	76,43	73,53	55,64	66,39	69,19	67,37	34,56	47,66	54,21	49,63
CATHY	47	60,48	57,91	62,1	61,19	57,26	54,73	61,29	59,94	40,92	40,75	46,7	45,77
NICOLE	48	63,94	58,29	72,35	83,71	54,18	52,45	64,36	75,24	36,99	36,66	49,78	60,69
THIERRY	49	68,7	74,18	96,28	92,07	60	60,86	85,59	80,85	43,36	47,1	73,57	70,38
YVES	50	69,76	61,21	79,98	69,53	57,12	57,81	70,41	65,84	38,53	39,64	53,77	46,42
PATRICE	54	79,57	76,32	94,99	89,94	72	69,78	84,82	76,95	54,5	51,87	72,31	67,16
HENRI	54	62,9	64,42	92,59	84,41	52,83	55,41	89,53	81,46	37,73	42,01	71,44	66,37
PHILIPPE	55	70	76,99	95,65	87,74	65,25	71,1	85,72	77,59	47,17	50,73	72,37	64,78
JOSE	56	67,91	70,92	91,85	89,86	56,82	58,78	82,94	81,07	39,11	41,53	67,03	63,75
MARIA	57	61,76	67,8	67,34	61,88	48,89	56,41	59,75	55,59	32,4	39,24	38,96	35,77
PAUL	58	70,7	74,07	98,87	81,33	59,61	64,25	90,13	69,26	42,69	45,86	70,89	56,26
MOYENNE	43,4	65,9	66,2	82,1	77,9	55,6	56,3	73,2	68,9	37,5	38,1	57,7	53,0
MAX	58	79,57	77,03	98,87	95,81	72	71,1	90,13	83,12	54,5	51,87	73,57	71,61
MIN	26	56,05	46,51	56,5	55,34	39,11	32,9	46,21	40,1	22,21	15,75	27,95	22,22

Annexe 8
Indice de contrôle postural

Sujets		ICP1y (0.05-0.5 Hz)				ICP2y (0.5-1.5 Hz)				ICP3y (1.5-10 Hz)			
		Plan stable		Plan instable		Plan stable		Plan instable		Plan stable		Plan instable	
Prénoms	Age	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés
JULIE	26	1,29	0,82	0,63	2,68	0,37	1,35	1,83	0,5	0	0	0,14	0
FLORIAN	27	0,46	0,37	0,08	0,11	0,15	0,75	0,58	0,87	0	0	0,02	0,01
LAURENT	33	0,35	0,58	0,08	0,1	1,33	1,31	0,77	0,84	0	0	0,05	0,02
FRANCE	33	0,55	0,91	0,04	0,07	1,47	0,57	0,86	1,55	0	0	0,3	0,55
JEAN PHI	34	0,26	0,68	0,06	0,07	0,59	1,19	0,67	0,97	0	0	0,05	0,14
BEATRICE	35	0,74	1,1	0,43	0,09	0,95	0,76	0,94	1,42	0	0	0,01	0,01
FABIEN	37	0,47	0,46	0,05	0,02	1,37	2,21	0,9	0,79	0,02	0	0,18	0,57
SOPHIE1	37	0,49	1,96	0,67	1,1	0	0	0,13	0	0	0	0	0
MARGARET	37	2,78	1,42	0,86	2,36	0,2	0,03	0,16	0,25	0	0	0	0
SOPHIE 2	39	0,54	0,24	0,52	0,57	1,41	0,16	1,08	0,49	0	0	0,43	0
NATHALIE	40	0,7	0,57	0,08	0,29	0,86	0,82	0,33	1,1	0	0	0,4	0,49
MARLENE	43	0,35	0,27	0,43	0,24	1,06	0,2	0,69	1	0	0	0,02	0,01
EVELYNE	45	0,63	1,17	0,12	0,04	0,52	1,95	0,88	0,58	0	0	0,12	0,79
MIREILLE	45	0,3	0,37	0,09	0,03	0,26	0,96	0,57	0,7	0	0	0,02	0,02
LUC	47	0,47	0,18	0,27	0,3	0,58	1,27	1,27	2,2	0	0	0,07	0,05
CATHY	47	0,88	0,75	1,3	1,21	1,25	2,2	1,76	3,29	0,05	0,03	0,12	0,11
NICOLE	48	0,39	0,76	0,25	0,06	0,62	2,54	1,42	1,07	0	0	0	0,14
THIERRY	49	1,2	0,5	0,02	0,04	1,22	1,58	0,56	1,44	0,05	0	0,3	0,28
YVES	50	1,19	0,98	0,11	0,28	0,54	1,09	0,52	0,76	0	0	0,03	0,01
PATRICE	54	0,25	0,44	0,02	0,04	0,88	0,84	0,38	0,72	0,14	0,22	0,47	0,4
HENRI	54	0,74	1,31	0,03	0,13	0,66	1,59	0,22	0,33	0	0,01	0,59	0,16
PHILIPPE	55	0,17	0,1	0,02	0,03	1,38	0,69	0,53	0,83	0,05	0,03	0,17	0,11
JOSE	56	0,51	0,06	0,07	0,13	1,15	1,96	0,21	0,67	0	0,01	0,35	0,07
MARIA	57	0,69	0,23	0,44	0,36	0,75	1,09	0,43	0,5	0	0	0	0
PAUL	58	0,95	0,31	0,03	0,21	1,79	1,11	0,39	1,46	0	0	0,3	0,08
MOYENNE	43,4	0,7	0,7	0,3	0,4	0,9	1,1	0,7	1,0	0,0	0,0	0,2	0,2
MAX	58	2,78	1,96	1,3	2,68	1,79	2,54	1,83	3,29	0,14	0,22	0,59	0,79
MIN	26	0,17	0,06	0,02	0,02	0	0	0,13	0	0	0	0	0

Annexe 9

Indice d'Instabilité Posturale

IIP = IP/ICP						
Sujets			Plan stable		Plan instable	
Prénoms	Sexe	Age	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés
JULIE	F	26	0,4	0,65	2,88	0,86
FLORIAN	M	27	0,72	0,42	2,7	2,33
LAURENT	M	33	0,83	1,01	3,56	3,27
FRANCE	F	33	1,15	1,11	3,31	3,33
JEAN PHI	M	34	0,62	0,47	3,08	2,89
BEATRICE	F	35	1,1	0,46	2,86	2,49
FABIEN	M	37	1,32	1,16	3,76	4,18
SOPHIE1	F	37	0,05	0	0,2	0,02
MARGARET	F	37	0,15	0,28	0,26	0,33
SOPHIE 2	F	39	0,68	0,3	2,07	0,47
NATHALIE	F	40	0,72	0,82	3,76	2,83
MARLENE	F	43	0,75	0,79	2,58	1,64
EVELYNE	F	45	0,45	0,65	3,01	3,48
MIREILLE	F	45	1,07	1,19	3,34	2,71
LUC	M	47	0,63	1,81	2,52	2
CATHY	F	47	1,16	1,15	1,85	1,64
NICOLE	F	48	0,8	0,76	2,02	3,1
THIERRY	M	49	1,38	1,73	4,46	4,16
YVES	M	50	1	1,17	2,59	1,76
PATRICE	M	54	2,5	2,26	4,27	3,82
HENRI	M	54	0,85	1,25	4,18	3,66
PHILIPPE	M	55	1,76	2,13	4,27	3,5
JOSE	M	56	0,99	1,21	3,86	3,45
MARIA	F	57	0,43	0,99	1,04	0,72
PAUL	M	58	1,33	1,63	4,24	2,8
MOYENNE	13F 12M	43,4	0,9	1,0	2,9	2,5
MAX		58	2,5	2,26	4,46	4,18
MIN		26	0,05	0	0,2	0,02

Annexe 10
Analyse de diffusion

Sujets			Temps critique (seconde)				Amplitude Critique (mm X mm)			
			Plan stable		Plan instable		Plan stable		Plan instable	
Prénoms	Sexe	Age	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés
JULIE	F	26	1,85	0,89	0,52	0,83	11,55	9,63	76,43	11,72
FLORIAN	M	27	1,18	1,82	0,38	0,86	13,5	17,2	24,72	55,43
LAURENT	M	33	1,9	1,54	0,64	0,57	19,51	18,52	210,38	103,43
FRANCE	F	33	0,58	0,72	0,82	0,69	13,43	14,05	165,4	135,17
JEAN PHI	M	34	1,1	1,09	1,15	1,16	14,57	12,01	168,71	143,62
BEATRICE	F	35	0,64	0,81	0,71	0,78	11,31	10,1	96,62	89,88
FABIEN	M	37	0,8	1	0,72	1,02	17,03	14,25	269,68	292,45
SOPHIE1	F	37	1,92	1,47	1,09	1,95	4,59	1,56	6,84	4,29
MARGARET	F	37	0,7	0,69	0,97	0,8	3,59	5,3	4,18	5,42
SOPHIE 2	F	39	1,24	1,23	0,91	0,83	10,52	10,36	27,51	7,19
NATHALIE	F	40	0,71	0,53	0,71	0,69	10,85	12	215,21	105,14
MARLENE	F	43	1,78	1,27	0,81	1,19	26,65	19,73	74,22	33,87
EVELYNE	F	45	0,97	1,13	0,64	0,51	8,64	7,9	72,07	75,95
MIREILLE	F	45	2,54	0,15	1,55	1,71	44,1	0,73	255,83	446,47
LUC	M	47	0,93	0,68	0,48	0,51	11,21	14,5	39,96	23,82
CATHY	F	47	0,5	0,5	0,39	0,44	9,38	9,4	15,27	14,09
NICOLE	F	48	0,89	0,71	0,63	0,63	9,41	6,64	33,07	102,19
THIERRY	M	49	0,86	0,88	0,79	0,68	15,09	13,11	546,46	300,78
YVES	M	50	0,93	0,48	0,79	0,52	21,09	12,78	75,44	30,34
PATRICE	M	54	0,73	0,76	0,88	0,83	48,99	51,12	311,64	159,5
HENRI	M	54	0,99	0,79	0,5	0,51	10,92	9,43	364,74	161,47
PHILIPPE	M	55	0,64	0,67	0,78	0,69	27,21	44,59	488,03	170,24
JOSE	M	56	1,47	1,17	0,77	0,68	20,59	25,56	427,29	256,61
MARIA	F	57	1,19	1,1	0,75	0,77	8,04	16,84	21,17	10,08
PAUL	M	58	1,18	0,77	0,87	1,18	16,62	16,57	917,06	104,28
MOYENNE	13F 12M	43,4	1,1	0,9	0,8	0,8	16,3	15,0	196,3	113,7
MAX		58	2,54	1,82	1,55	1,95	48,99	51,12	917,06	446,47
MIN		26	0,5	0,15	0,38	0,44	3,59	0,73	4,18	4,29

Annexe 11

Analyse Fractale

Sujets			% POINTS HAUSDORFF			
			Plan stable		Plan instable	
Prénoms	Sexe	Age	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés
JULIE	F	26	3,57	2,44	1,87	1,06
FLORIAN	M	27	2,05	2,71	1,66	1,92
LAURENT	M	33	1,26	0,66	0,6	1,26
FRANCE	F	33	2,05	2,45	2,32	5,28
JEAN PHI	M	34	1,59	1,92	1,72	1,79
BEATRICE	F	35	3,25	3,71	1,59	2,52
FABIEN	M	37	0,53	0,66	1,26	7,62
SOPHIE1	F	37	10,3	9,68	6,23	7,76
MARGARET	F	37	6,42	5,24	5,68	4,62
SOPHIE 2	F	39	2,11	4,95	4,71	2,98
NATHALIE	F	40	2,58	2,72	1,13	2,19
MARLENE	F	43	1,72	2,52	0,66	1,79
EVELYNE	F	45	1,45	1,06	4,44	7,43
MIREILLE	F	45	0,86	0,73	0,99	1,33
LUC	M	47	1,13	1,39	0,8	1,06
CATHY	F	47	2,25	3,58	3,3	4,17
NICOLE	F	48	0,6	1,19	1,26	5,61
THIERRY	M	49	0,99	0,86	0,86	2,32
YVES	M	50	0,73	0,8	1,06	0,6
PATRICE	M	54	0,93	0,66	2,59	2,58
HENRI	M	54	0,99	0,99	0,79	1,53
PHILIPPE	M	55	0,53	0,4	0,8	0,92
JOSE	M	56	1,59	0,8	0,66	0,33
MARIA	F	57	1,19	0,66	0,99	1,79
PAUL	M	58	0,93	1,06	0,53	1,46
MOYENNE	13F 12M	43,4	2,1	2,2	1,9	2,9
MAX		58	10,3	9,68	6,23	7,76
MIN		26	0,53	0,4	0,53	0,33