

# ORL PNEUMO AL

Pr

**Mai 2008**



## MISE AU POINT

Allergie aux parfums, toujours en évolution...

8



## CONGRÈS

American Academy of Allergy Asthma and Immunology, 14-18 mars 2008, Philadelphie

11



## ARTI

Toux  
N'oub



## ENTRETIEN

Trouble obstructif associé à un emphysème : penser à un déficit en alpha-1 antitrypsine

10



## TABACOLOGIE PRATIQUE

D'étude en étude, les progrès du sevrage tabagique

12



## CLIN

Syndr  
et ins

## INFO

## KIOS

## De nouvelles méthodes de traitement du signal stabilométrique : besoin ou nécessité ?

Ph. Robin\*, A. Zeitoun\*\*, M. Lacour\*\*\*, M. Beltran\*

\*Centre hospitalier de Cannes, \*\*Cannes, \*\*\*UMR 6149 CNRS, université de Provence Aix-Marseille I, Marseille

De nombreux cliniciens utilisent dans leur pratique quotidienne les plates-formes de force comme outils d'aide au diagnostic des déficits posturaux, mais surtout comme instruments de suivi d'une rééducation. Ce suivi peut être effectué dans des conditions très simples d'enregistrement de la performance posturale (plate-forme stable, sujet debout yeux ouverts ou yeux fermés), ou dans des conditions plus complexes nécessitant un contrôle postural plus élaboré (plate-forme dynamique, vision perturbée, etc.).

[SUITE EN PAGE 2]

## Un virus contre

A. Londero  
HEGP, Paris

Une équipe anglaise de l'*Institute of Cancer* état, lors de la 5<sup>e</sup> réunion annuelle de la *Brit* à Edimbourg en Écosse, de résultats prélimi d'une thérapeutique novatrice des cancers ( Le principe révolutionnaire de cette approch combinaison avec d'autres traitements plus l'association chimiothérapique carboplatine/ d'un virus capable d'infecter électivement le Le reovirus (acronyme de *Respiratory Enteri* développé par la société de biotechnologie possède les droits de commercialisation sou ubiquitaire présent dans les systèmes respiri totalité des adultes ont été en contact avec et non pathogène. Son action potentielle ant propension à se développer *in vitro* dans les Les cellules tumorales expriment générale production de la protéine RAS. Elles sont de réponse de la cellule hôte au reovirus par dé protéine dite PKR capable d'en limiter la pro contre normalement produite par les cellules d'activation de la voie RAS et qui présentent Le reovirus peut donc se multiplier librement réplication virale peut éventuellement provo

Actualité

Technique



L'intérêt des plates-formes de posturographie dynamique comme élément de rééducation n'est plus à démontrer. L'apport des bilans sensoriels quantifiés fournis par ces plates-formes fut un grand pas dans le diagnostic fonctionnel et le suivi évolutif objectif des troubles de l'équilibre. Mais jusqu'à présent, la majeure partie des paramètres mesurés concernant les déplacements du centre de pression des pieds (CdP), sortie globale du système postural, ont eu un intérêt restreint pour le diagnostic étiologique et se sont révélés souvent peu efficaces dans le suivi d'une rééducation<sup>1</sup>. Plus récemment, des outils nouveaux ont été développés en posturographie dynamique à partir de l'étude des réactions posturales à des déplacements translationnels du support dans les directions antéro-postérieure et médio-latérale<sup>2</sup>. Ces outils se sont révélés efficaces dans la détection du risque de chute chez le sujet instable<sup>3</sup> et le bilan de l'équilibre dynamique de sujets chuteurs<sup>4</sup>. Des développements intéressants encore plus récents ont été apportés par le groupe de Michel Lacour à Marseille grâce à l'application de nouvelles méthodes mathématiques d'analyse au signal stabilométrique. L'analyse par décomposition en ondelettes<sup>5</sup>, ainsi que l'analyse fractale et l'analyse de diffusion du stabilogramme sont aujourd'hui disponibles avec le logiciel PosturoPro (Framiral) travaillant sur tous les types de plates-formes. Ces nouveaux outils ont été expérimentés dans différents groupes de sujets présentant un vieillissement normal<sup>6</sup> ou pathologique comme le malade de Ménière<sup>7</sup>, le patient cérébelleux ou atteint de sclérose en plaques<sup>8</sup>, ou encore chez des sujets âgés se plaignant d'instabilités posturales<sup>7</sup>. Dans tous les cas, les paramètres quantitatifs issus de ces nouvelles méthodologies d'analyse du signal stabilométrique se sont révélés extrêmement sensibles et beaucoup plus discriminants que les critères conventionnels classiques (surface et longueur du stabilogramme, analyse de Fourier rapide ou FFT).

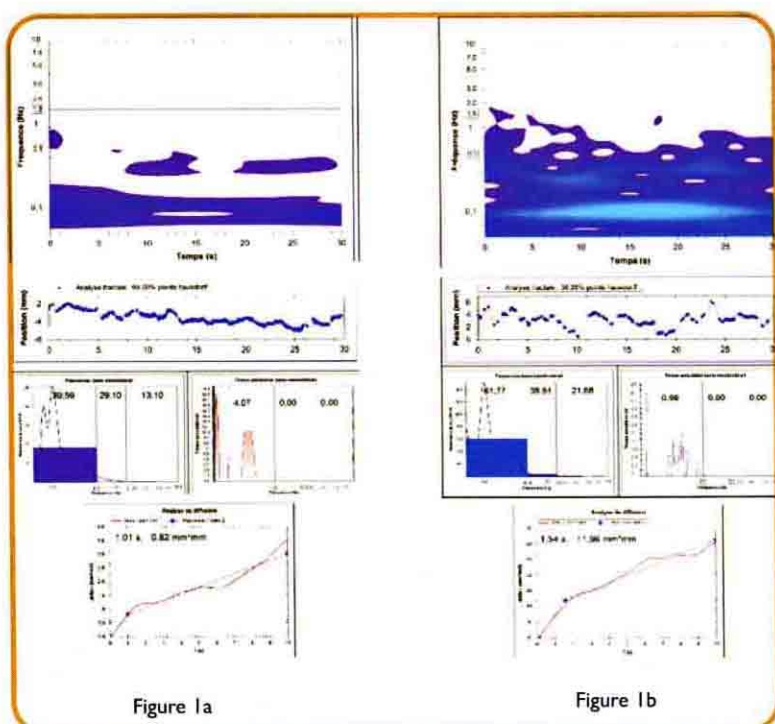


Figure 1.

## Décomposition en ondelettes

Les applications de cette méthode<sup>9</sup> n'avaient jamais été utilisées en posturographie. Les premiers à avoir appliqué la décomposition en ondelettes à l'analyse du contrôle postural<sup>5</sup> indiquent qu'elle fournit la première description tridimensionnelle du signal posturographique. Elle présente l'avantage par rapport à la FFT d'une double résolution fréquence-temps (abscisses et ordonnées), et procure avec une grande précision les variations des puissances des fréquences tout au long de l'enregistrement, sous forme d'un code couleur donnant accès à la 3<sup>e</sup> dimension. Cet outil d'analyse donne donc la signature posturographique en 3D de sujets normaux ou pathologiques. Une analyse qualitative par simple observation de la carte 3D permet déjà de savoir, à partir des couleurs (chaudes versus froides) et du domaine des fréquences observées (< ou > 1,5 Hz-2 Hz), s'il s'agit d'un sujet normal ou présentant des anomalies de son contrôle postural. Les paramètres quantitatifs développés dans PosturoPro (indice d'instabilité posturale, entre autres) permettent de confirmer cette impression et de donner des valeurs précises situant le sujet dans les limites ou non de la normalité, tout en autorisant un suivi précis de son évolution après traitement.

## Analyse fractale

Basée sur le calcul de la dimension fractale au sens de Hausdorff, cette méthode détermine cette dimension localement sur une fenêtre temporelle étroite (10 intervalles d'échantillonnage) déplacée sur toute la durée de l'enregistrement, et la compare à la dimension fractale d'une suite aléatoire\*.

Si les valeurs sont similaires, cela signifie qu'il n'y a pas de corrélation entre deux points successifs de l'enregistrement stabilométrique (points non corrélés), qu'il n'y a pas de relations de cause à effet entre eux, et que l'on peut considérer qu'il s'agit d'un « bruit » physiologique ne nécessitant pas de cor-

rections au plan postural (seules les statues sont immobiles !). À l'inverse, des points corrélés témoignent d'un déterminisme causal entre deux événements. Il existe dans ce cas un lien direct entre un point d'échantillonnage (CdP se déplaçant vers l'arrière, par exemple) et le point suivant (correction compensatrice par déplacement du CdP vers l'avant, par exemple), qui souligne la mise en jeu de mécanismes de contrôle postural actifs visant à corriger des déplacements du CdP.

## Analyse de diffusion

L'analyse de diffusion définie par Collins et De Luca<sup>10</sup> utilise une approche similaire à l'analyse fractale puisqu'elle est basée sur la méthode mathématique des mouvements browniens fractionnaires. L'hypothèse sur laquelle repose l'analyse de diffusion est l'existence d'un point critique, défini en termes d'amplitude au carré (en mm<sup>2</sup>) et de temps (en secondes) en deçà desquels le système postural est sensé travailler en boucle ouverte, et au-delà desquels interviennent les boucles fermées de rétroaction contrôlant la posture.

C'est ainsi qu'un sujet normal, par exemple, présente un déplacement quadratique moyen d'environ 20 mm<sup>2</sup>, un sujet âgé sans problèmes posturaux en moyenne de 40 mm<sup>2</sup>, et que des valeurs très supérieures témoignent d'instabilités posturales vraisemblablement d'origine pathologique qui nécessitent des rétroactions correctives quasi permanentes pour éviter la chute. Dans ces exemples, cela signifie qu'un jeune adulte fera intervenir ses mécanismes correctifs de la posture pour de très faibles amplitudes de déplacement de son CdP (environ 4,47 mm), d'une amplitude plus importante pour un sujet âgé (environ 6,33 mm), et encore plus grande pour un sujet pathologique. Lorsque l'amplitude du déplacement est trop importante, la chute devient inévitable car le fonctionnement correctif en boucle fermée demeure inopérant car dépassé ou sollicité trop tardivement.

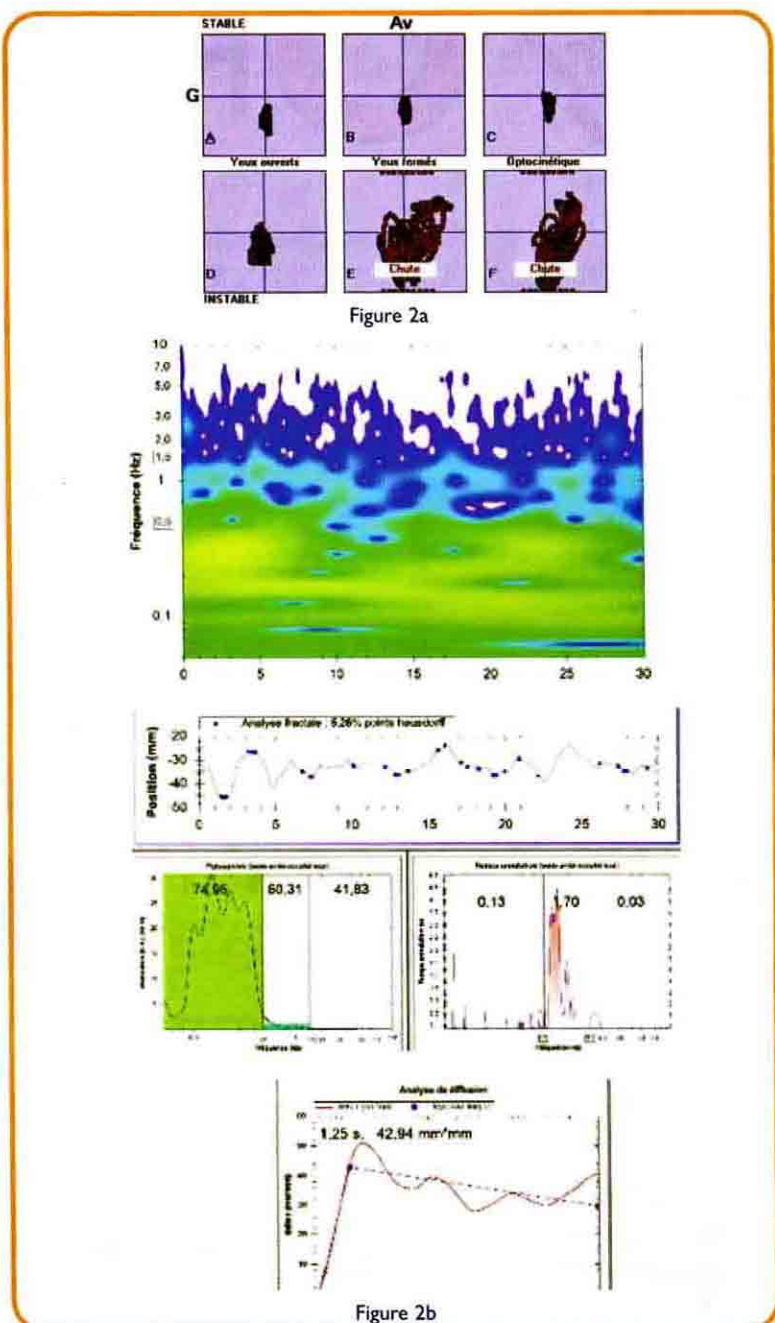


Figure 2.

## RÉSULTATS : POSTUROPRO À L'ÉPREUVE DE LA PRATIQUE QUOTIDIENNE

### Utilisation du logiciel PosturoPro chez le sujet normal

À titre de curiosité intellectuelle, et pour bien comprendre la signification des nouvelles méthodes et des paramètres de quantification fournis par PosturoPro, nous avons tout d'abord placé au centre de la plate-forme une statue pesant 80 kg. L'hypothèse était que, puisqu'il n'y avait aucun déplacement de la statue sur la plate-forme, aucune variation du CdP ne serait enregistrée ; et donc la carte 3D serait vide, le nombre de points non corrélés égal à l'unité (soit 100 %) et l'analyse de diffusion donnerait un tracé plat, signifiant qu'aucune correction n'est survenue. C'est ce qui est effectivement enregistré. On notera que la carte étant vide, cela signifie que les capteurs de la plate-forme ne génèrent pas de bruits qui seraient source d'artefacts sur l'enregistrement posturographique d'un patient.

Si l'on place cette fois un sujet normal et jeune sur une plate-forme stable, mais en lui demandant de se tenir à l'arceau de sécurité placé autour du dispositif, on voit alors apparaître :

- une carte 3D avec des oscillations de très faibles puissances (couleurs froides), traduisant un coût énergétique très bas pour maintenir l'équilibre, situées dans les basses fréquences et souvent absentes pendant de longues périodes sur

la totalité de l'enregistrement (le sujet se tenant n'a plus à maintenir activement sa posture) ;

- que le nombre de points non corrélés reste très élevé ;
- et que l'analyse de diffusion du stabilogramme présente pour le déplacement quadratique moyen une valeur typique d'un sujet très stable (figure 1a). Si cette fois le même sujet normal a pour consigne de se tenir debout sur la plate-forme, sans bouger, les bras le long du corps et les yeux ouverts, la carte 3D enregistrée présente la signature posturographique typique d'un sujet jeune et normal, pour qui la tâche posturale est sans difficulté réelle. Les couleurs restent froides, les fréquences d'oscillation ne dépassent pas 1,5 Hz-2 Hz, et on note l'existence de nombreux temps d'annulation des fréquences d'oscillation (tâches blanches dans la carte) qui témoignent d'un processus de contrôle postural. Le nombre de points non corrélés est un peu réduit, et l'analyse de diffusion montre une valeur de déplacement quadratique moyen très faible (< 20 mm<sup>2</sup>) et typique d'un sujet de cet âge sans aucun problème postural (figure 1b).

### Utilisation du logiciel PosturoPro chez des patients atteints d'une neuronite vestibulaire

En pratique quotidienne, les neuronites vestibulaires constituent un terrain de réflexion fertile ; c'est un modèle clinique assez fréquemment rencontré de déficit vestibulaire aigu, profond et isolé (sans atteinte auditive ou neurologique).



Suite de la page 2 : De nouvelles méthodes de traitement du signal stabilométrique

Les résultats obtenus par les données classiques de la posturographie dynamique sont déjà assez stéréotypés (figure 2a, p. 2). C'est sur un plan instable et les yeux fermés (condition E) que l'entrée vestibulaire est la plus sollicitée. Et c'est dans cette condition que le sujet est le plus instable et chute fréquemment. Qu'apportent les méthodes d'analyse de PosturoPro ? Les résultats obtenus dans cette pathologie en conditions statiques, plateau stable, montrent des différences notoires avec des sujets normaux, alors que les paramètres classiques de la posturographie statique restaient peu discriminants. En effet, la carte 3D d'un patient atteint de neurite vestibulaire (figure 2b, p. 2) montre des fréquences d'oscillations plus élevées (jusqu'à 3 Hz), des couleurs un peu plus chaudes et notamment à la fréquence de 0,25 Hz où s'exprime normalement l'entrée vestibulaire. Le nombre de points de Hausdorff est plus faible et le déplacement quadratique moyen fourni par l'analyse de diffusion est anormalement élevé (56,5 mm<sup>2</sup>). Ces nouvelles méthodes de traitement du signal stabilométrique sont donc plus sensibles et plus discriminantes que les méthodes classiques, alors que la tâche posturale statique reste une tâche simple. Les analyses avec ces nouvelles méthodes appliquées en conditions dynamiques sur plateau instable sont en cours. Elles devraient contribuer à enrichir encore le bilan postural dans cette pathologie.

## Utilisation du logiciel PosturoPro chez des patients atteints d'une pathologie neurologique connue

L'intérêt des résultats exposés précédemment et la facilité de manipulation du logiciel PosturoPro nous ont conduit à l'utiliser dans tous nos bilans posturographiques. Ceux-ci, réalisés sur la plate-forme Multitest Equilibre en quelques minutes sont déjà systématiques dans l'exploration de tout patient vertigineux ou instable.

Il nous est ainsi apparu qu'il existait un pattern commun à tous nos patients atteints d'une pathologie neurologique. Si l'on considère les déplacements du CdP d'un sujet atteint d'un syndrome cérébelleux, il apparaît que sa posture est possible uniquement sur plateau stable, yeux ouverts ou fermés, et qu'il chute souvent dans toutes les autres conditions (figure 3a). La décomposition en ondelettes du stabilogramme de ce sujet enregistré en condition statique montre sans ambiguïté une carte 3D anormale, avec présence d'oscillations posturales à haute fréquence (>6 Hz) jamais observées chez le sujet normal ni dans une atteinte vestibulaire périphérique, ainsi que des puissances plus élevées aux basses fréquences (figure 3b). Les points non corrélés de Hausdorff sont en nombre très restreints et l'analyse de diffusion témoigne d'un déplacement quadratique moyen

de type pathologique. Mais ce sont les ondelettes qui seules fournissent ici le témoin d'une atteinte centrale par la présence d'oscillations posturales à haute fréquence.

## Utilité du logiciel PosturoPro dans l'interprétation des schémas d'organisation sensorielle

En dehors de l'aide au diagnostic étiologique que peuvent apporter ces nouvelles méthodes d'analyse de la posture, il est des cas où le logiciel PosturoPro nous a aidé dans la compréhension des tracés posturographiques. Les déplacements du CdP obtenus sur plate-forme Multitest Equilibre dans les 6 conditions d'enregistrement chez une patiente montrent, notamment dans les conditions yeux fermés sur plateau instable, des tracés aux limites de stabilité et de la chute, attestés par le fait que la patiente s'est rassurée en posant une fois le doigt sur le cadre de sécurité de la plate-forme (figure 4a). La rééducation de cette patiente va dépendre de l'interprétation que le clinicien peut faire : soit il considère qu'elle a maintenu son équilibre (figure 4b), soit qu'elle a chuté (figure 4c). En fonction de cette interprétation, la patiente sera traitée comme une atteinte vestibulaire ou comme un sujet dépendant visuel.

L'énorme avantage de la méthode des ondelettes, eu égard à ces tracés, est de nous montrer une stabilité posturale là où l'on pouvait supposer une réelle instabilité (condition E par exemple, i.e. yeux fermés sur plateau instable) (figure 4d). Dans cette condition, les indices de contrôle postural et d'instabilité posturale calculés par PosturoPro sont dans la fourchette de sujets souffrant d'une atteinte vestibulaire. La prise en charge, ainsi orientée, a été un rapide succès.

Dans d'autres cas, les schémas d'organisation sensorielle peuvent évoquer une déficience de l'entrée somesthésique. Un exemple est donné avec les enregistrements d'une autre patiente (figure 5a) puisque le degré d'utilisation calculé pour l'entrée somesthésique est de 39% (figure 5b). En fait, l'examen de la carte posturographique 3D de cette patiente enregistrée en condition B, yeux fermés sur plateau stable, montre un artefact en fin d'enregistrement qui vient perturber ces calculs. Cette carte est tout à fait normale, sauf en fin d'enregistrement où l'on note une déstabilisation posturale liée à un mouvement volontaire de la patiente, créant de ce fait une augmentation de l'énergie dépensée pour contrôler sa posture et faussant les résultats de la synthèse posturographique (figure 5c).

## CONCLUSIONS

Nous avons illustré ici nos premiers pas réalisés avec ces nouvelles méthodes d'analyse du signal posturographique propo-

sées avec PosturoPro. Ce logiciel nous apporte des éléments nouveaux d'information d'une grande richesse que nous avons d'abord confrontés aux conditions statiques de notre bilan, ne menant que de brèves incursions dans le domaine dynamique pour essayer de répondre à des questions précises.

C'est donc en premier lieu dans ces conditions statiques où aucun paramètre ne s'était, jusqu'à présent, montré suffisamment discriminant, que nous avons pu constater la supériorité de ces nouvelles méthodes de traitement du signal postural par rapport aux méthodes conventionnelles basées sur la surface, la longueur... du déplacement du CdP. Le logiciel PosturoPro s'est révélé, à nos yeux, être un outil à la fois plus sensible et plus précis.

En pratique quotidienne, une fois passée la phase de familiarisation avec les cartes 3D et les nouveaux paramètres de quantification, la combinaison des différentes méthodes d'analyse incorporées dans PosturoPro s'est avérée fort utile à la compréhension des déficits posturaux. Avec ce logiciel, on dispose d'un outil permettant d'éliminer des variations du CdP sans signification neurobiologique fonctionnelle (présence d'artéfacts dans l'enregistrement), et qui peut se révéler d'une aide utile au diagnostic. Il devrait devenir nécessaire au clinicien dans sa démarche diagnostique. Par ailleurs, c'est un très bon outil pour le suivi d'une rééducation, et il répond déjà à un besoin du rééducateur pour optimiser sa prise en charge. ■

## Références

1. Di Fabio RP. Meta-analysis of the sensitivity and specificity of platform posturography. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1996 ; 122 : 150-6.
2. Ghulyan V, Paolino M, Lopez C, Dumitrescu M, Lacour M. A new translational platform for evaluating aging or pathology-related postural disorders. *Acta Otolaryngol (Stockholm)* 2005 ; 125 : 607-17.
3. Ghulyan V, Paolino M. Évaluation posturographique du risque de chute chez le sujet âgé instable. *Oto-Rhino-Laryngologie Française* 2005 ; 88 : 97-103.
4. Ghulyan V, Paolino M. Étude comparative de l'équilibre dynamique des chuteurs et des non-chuteurs. *Oto-Rhino-Laryngologie Française* 2005 ; 88 : 89-96.
5. Dumitrescu M, Lacour M. Analyse mathématique par décomposition en ondelettes des signaux stabilométriques : avantages par rapport à l'approche classique de la FFT. In Lacour M (Ed), *Nouvelles méthodes de traitement du signal stabilométrique*, collection « Posture et Équilibre », Solal, Marseille, 2004 : 13-24.
6. Demanze L, Dumitrescu M, Jimeno P, Lacour M. Age-related differences in human posture control are differentially affected by postural and cognitive tasks complexity. *J Gerontol A Biol Sci Med* 2007 (in press).
7. Dumitrescu M, Lacour M. Nouveaux critères quantitatifs d'analyse du contrôle postural : illustrations en pathologie et chez la personne âgée. In Pérennou D, Lacour M (Eds), *Efficience et déficiences du contrôle postural*, collection « Posture et Équilibre », Solal, Marseille, 2006 : 65-75.
8. Dumitrescu M, Vinci M, Thoumie P, Lacour M. Apport de la méthode des ondelettes en posturographie : application à des cas de sclérose en plaques. In Rougier P, Lacour M (Eds), *De Marey à nos jours : un siècle de recherches sur la posture et le mouvement*, collection « Posture et Équilibre », Solal, Marseille, 2006 : 179-90.
9. Meyer Y. Wavelets and applications. In Masson (Ed), *Research notes in applied mathematics* (Paris) 1992 ; vol 20.
10. Collins JJ, De Luca CJ. Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of centre of pressure trajectory. *Exp Brain Res* 1993 ; 95 : 308-18.

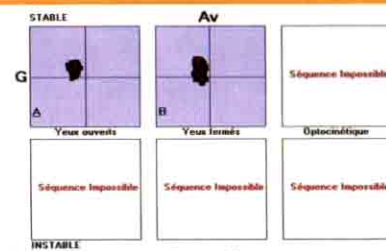


Figure 3a

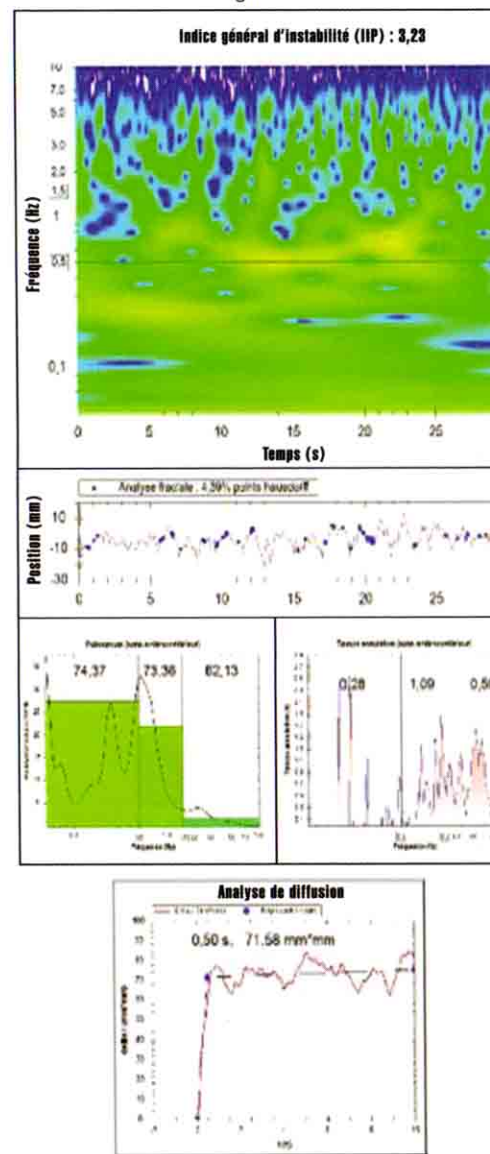


Figure 3b

Figure 3.

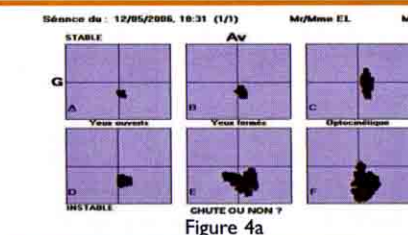


Figure 4a

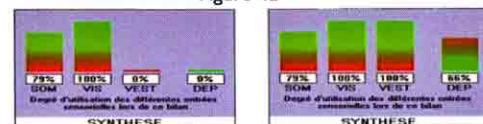


Figure 4c

Figure 4b

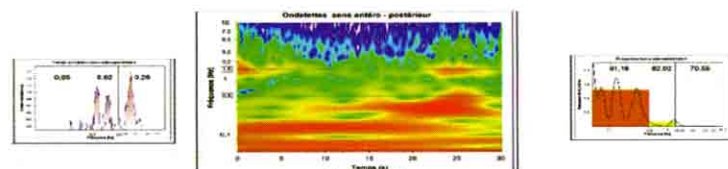


Figure 4d

Figure 4.

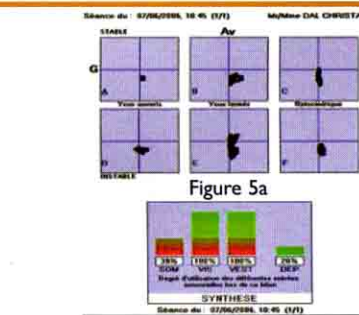


Figure 5a

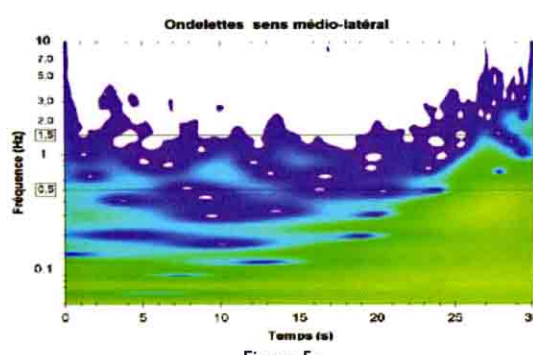


Figure 5b



Figure 5c

Figure 5.