

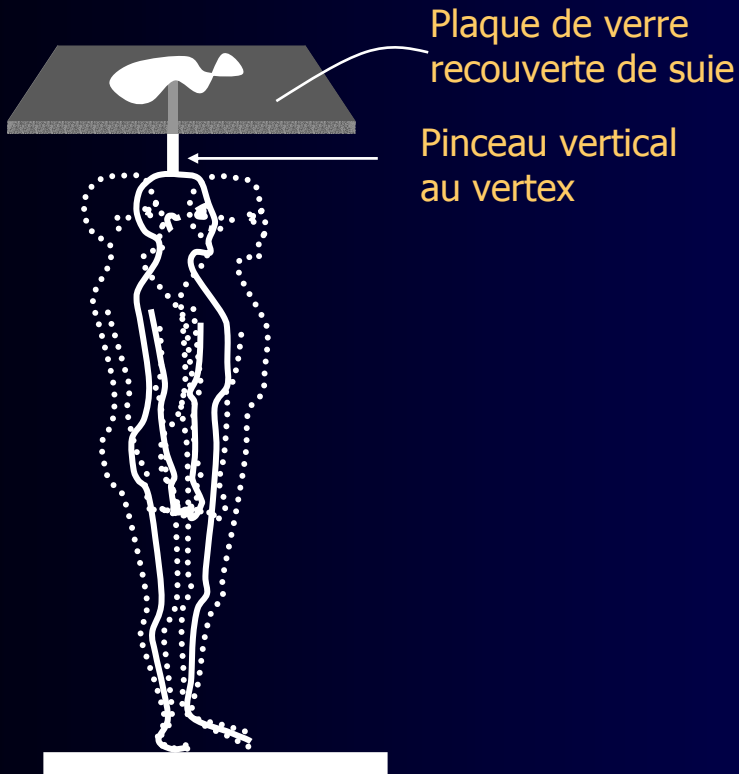
Exploration de la posture

Maurice Ouaknine

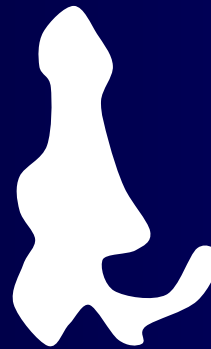


Laboratoire d 'Audio-Phonologie Clinique
Université de la Méditerranée. CHU Timone . Marseille

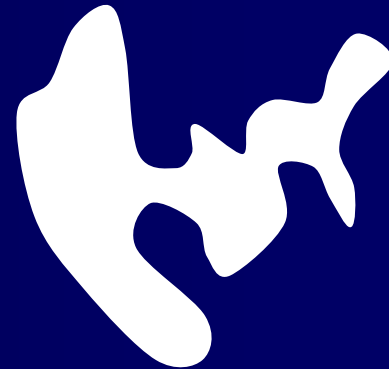
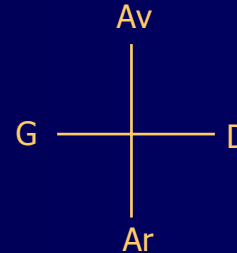
Tenir debout par Karl Vierordt (1877)



Oscillations du corps



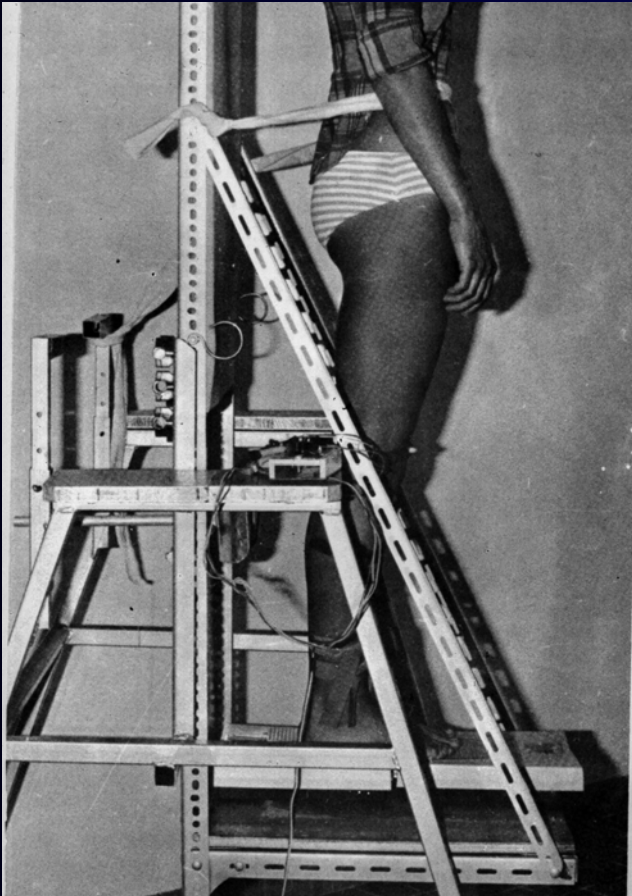
Posture militaire
yeux ouverts



yeux fermés

Stehen und Ortsbewegungen (Station debout et mouvements locaux)

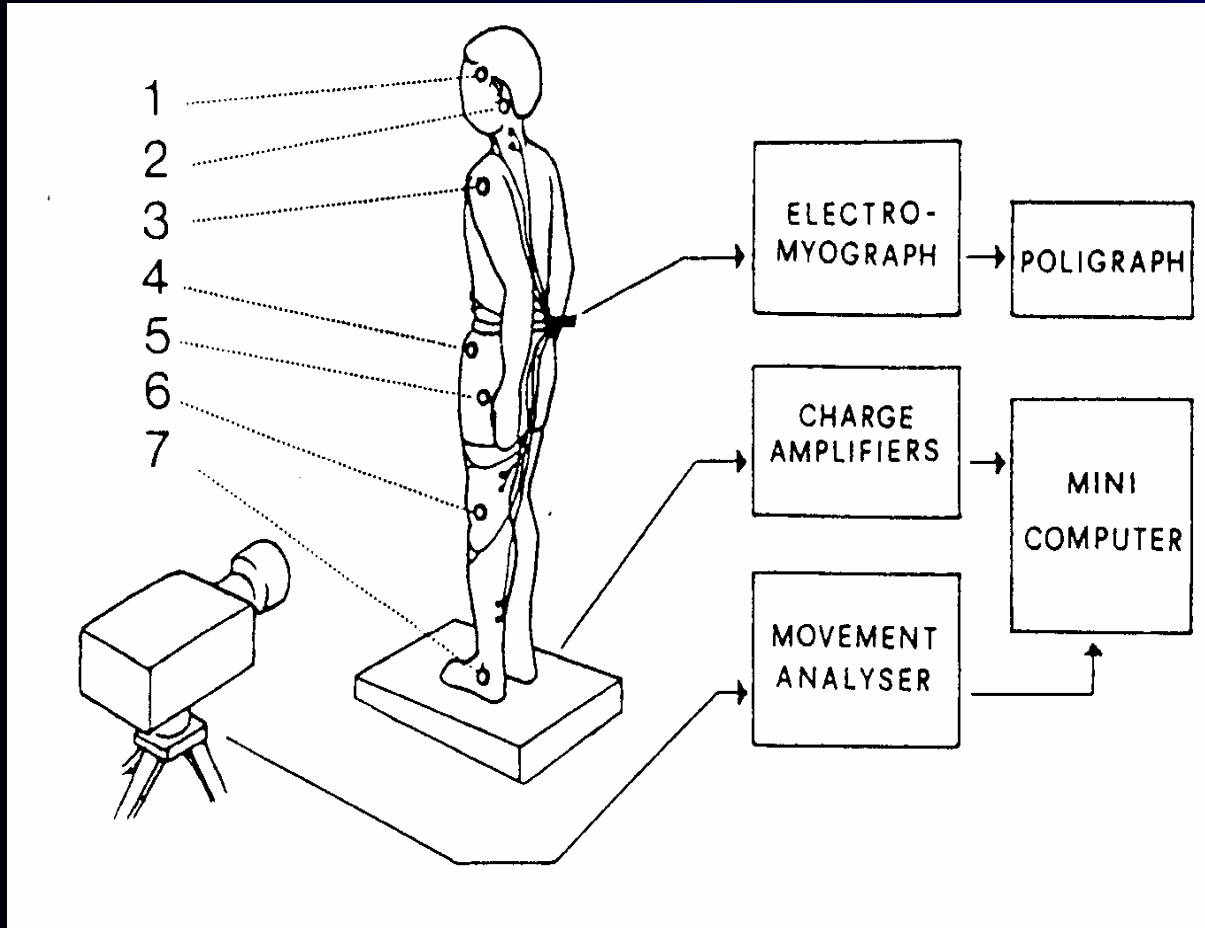
Mesure mécanique de la distribution antéro-postérieure du poids



- 2 pèse-personnes
 - 1 sous les talons
 - 1 sous les métatarsiens

Lab de Neurophysiologie Pr Hugon (1973)

Stabilométrie analytique



- 7 marqueurs
- 4 paires d'électrodes de surface EMG

Tiré de P.Crenna et al, Exp Brain Res 1987

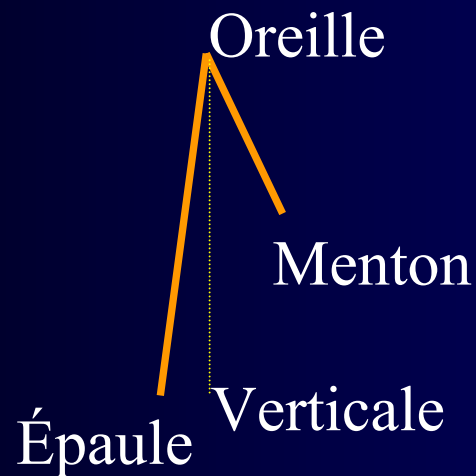
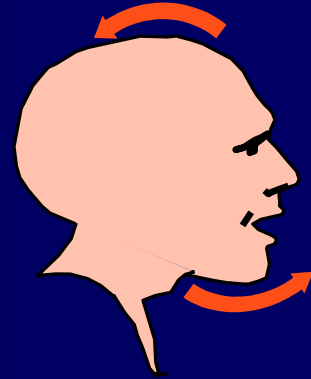
Moyens d'analyse des variations posturales

- Les transducteurs
 - d'accélération
 - d'angle
 - de position
 - etc
- L'analyse cinématique
- Les EMG
- Equitest ®
- La Plate-forme de posturologie et ses extensions :

Mesures cinématiques

- Analyse dynamique

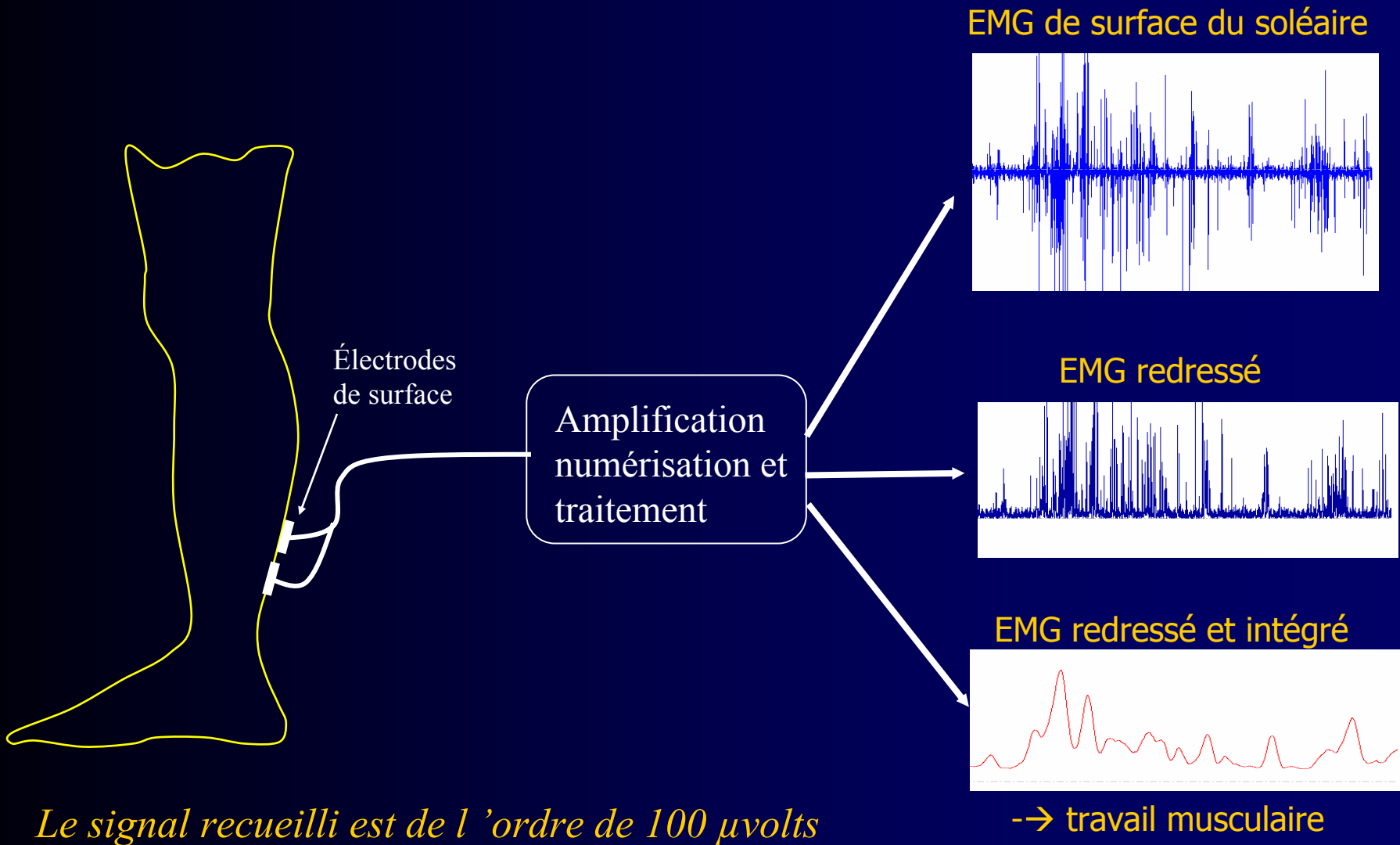
- Accélération , inclinaison



- Analyse kinématique (vidéo)

- Angles , segments

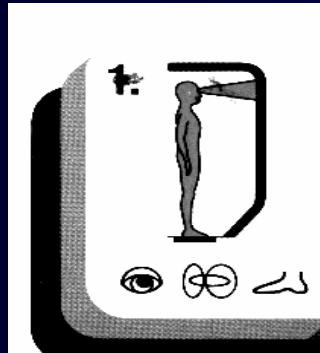
Enregistrements EMG



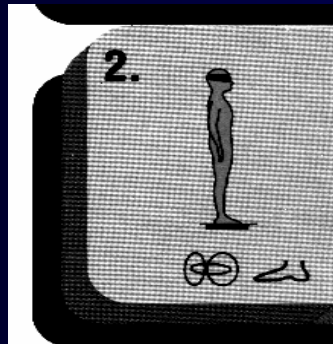
STABILOMETRIE DYNAMIQUE

EQUITEST (Neurocom Int. Clakamas, Oregon)

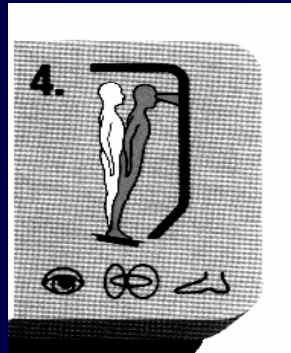
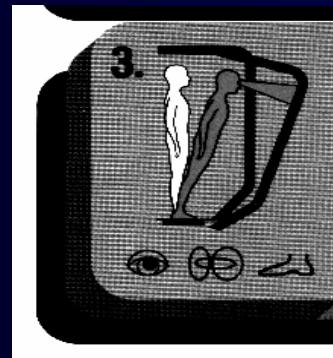
- 1: S. debout à l'aise sur P-F stable, bras le long du corps, Yeux ouverts



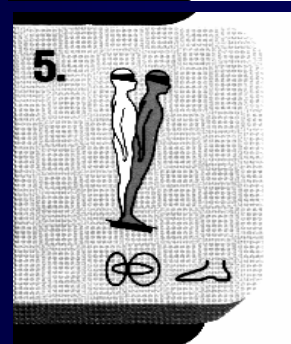
- 2: Idem mais Yeux fermés



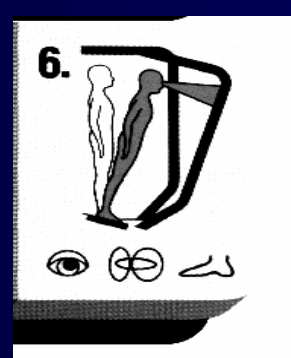
- 3: L'environnement visuel oscille en même temps que le sujet qui ne dispose alors que des entrées vestibulaires et somatosensorielles.



- 4: La P-F bascule de façon à annuler les oscillations du CdeF. L'angle de cheville est constant : Pas d'entrée somatosensorielle.



- 5: Idem, YF, la seule donnée sensorielle disponible est labyrinthique, la vision ne disant rien.



- 6: La P-F et l'environnement visuel oscillent de façon asservie aux oscillations. la seule entrée disponible est labyrinthique.(conflit)

La Plate-forme « instable » dite de Bessou

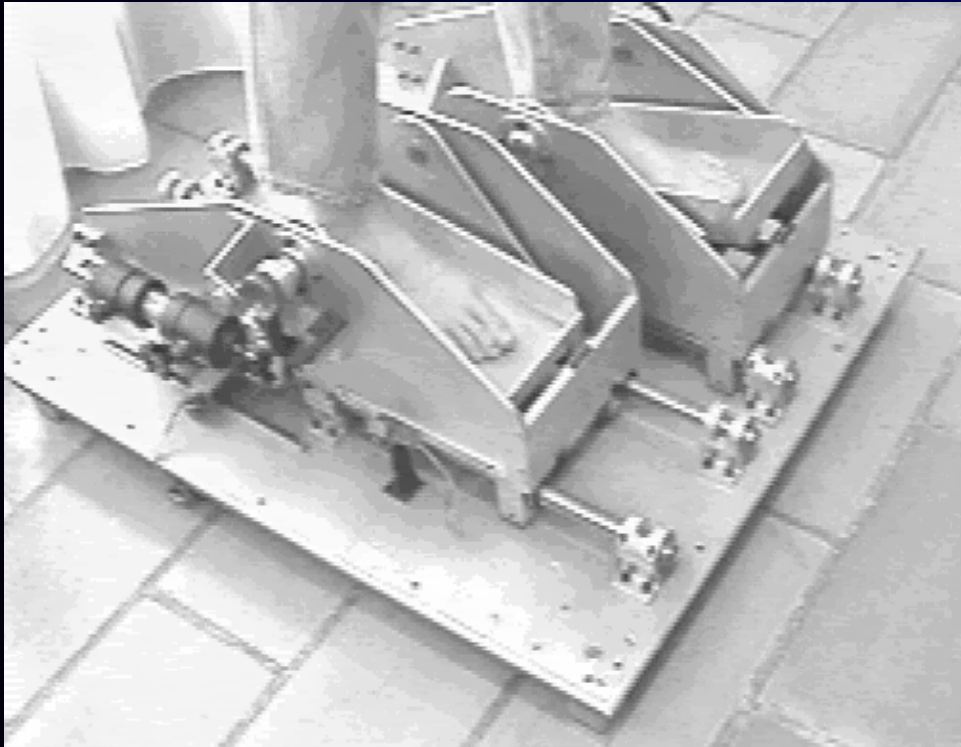
planche supportée par un segment de cylindre



- mouvements de roulis ou de tangage selon placement du sujet.
- stimulation des entrées vestibulaires.

Plate-forme dynamique asservie expérimentale

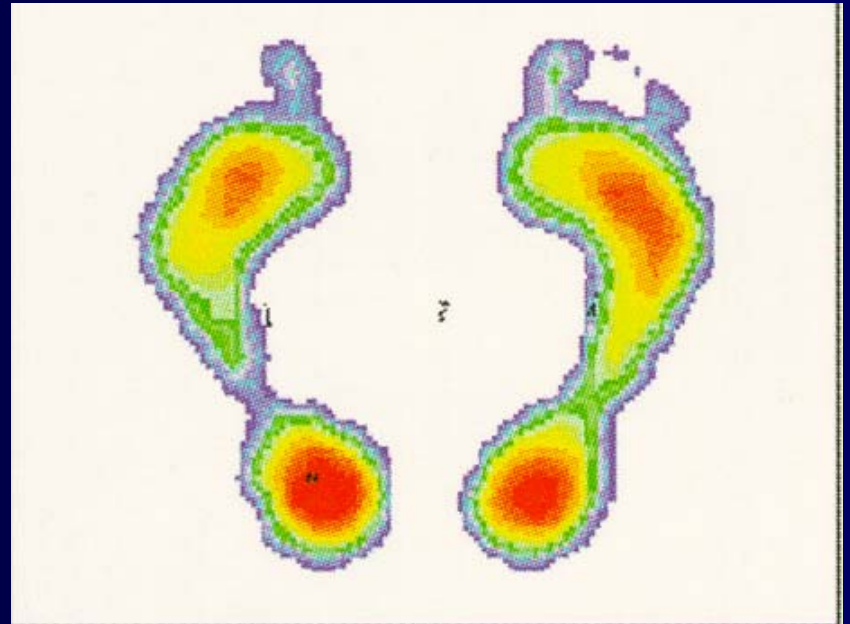
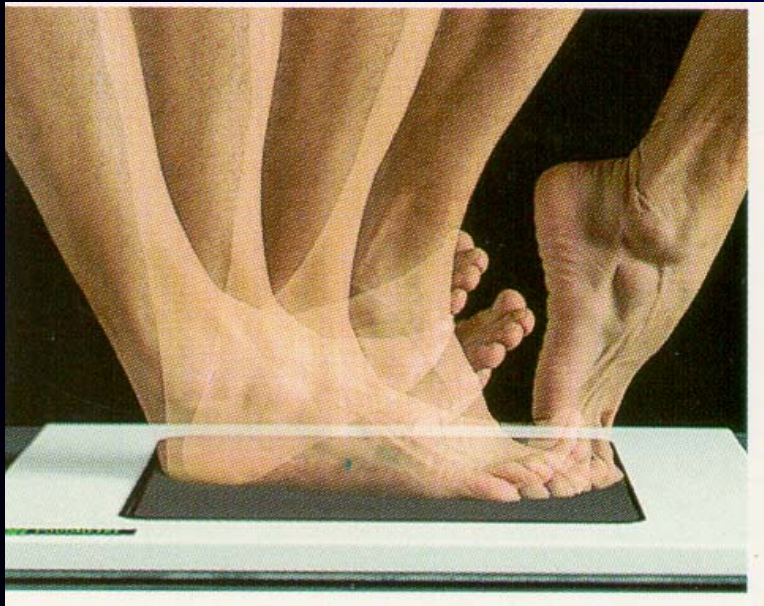
- mouvements de translation et de rotation pour chaque pied \Rightarrow 4 degrés de liberté pilotés par ordinateur



- recueil des centres de pressions de chaque pied
- analyse du système postural en réponse impulsionnelle \rightarrow fonction de transfert

Le Podomètre électronique

- Analyse statique et dynamique
- Déroulé du pas



- cartographie de la distribution des forces podales (~ thermographie)

Photos, MIDI CAPTEURS

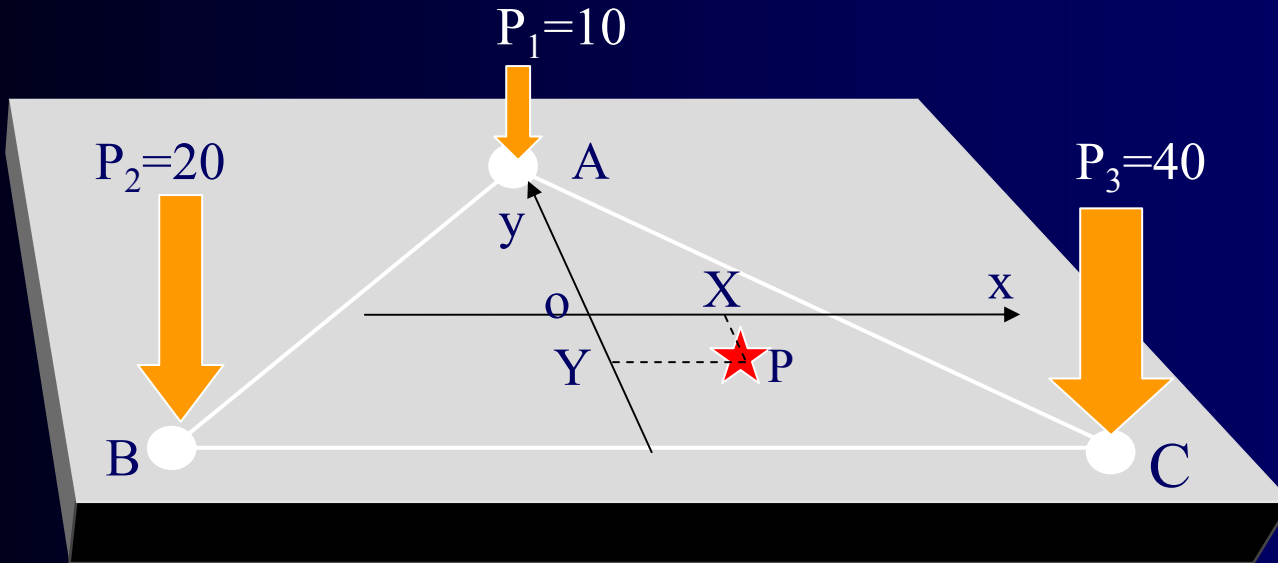
Stabilométrie statique : protocole

Caractériser l'équilibre général du S. et sa stabilité par l'étude des variations des appuis au sol est l'objet premier de la stabilométrie



- Le sujet est debout sur la plate-forme
- Face à une cible à hauteur du regard
- En position de repos, bras le long du corps
- Pieds à 30° selon Normes AFP 85
- Dans une cabine d'isolement

Plate-forme de stabilométrie aux normes AFP : détermination du centre des forces



Types de PF

$$AB=BC=AC=l=400\text{ mm} ; P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

$$X = \frac{l(P_3 - P_2)}{2P_T}$$

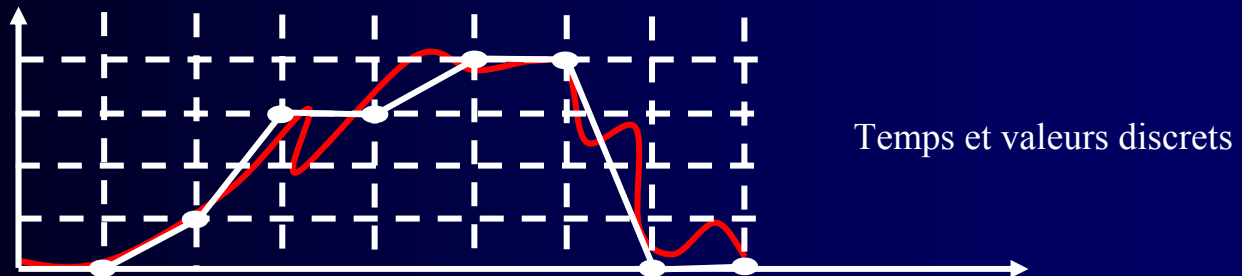
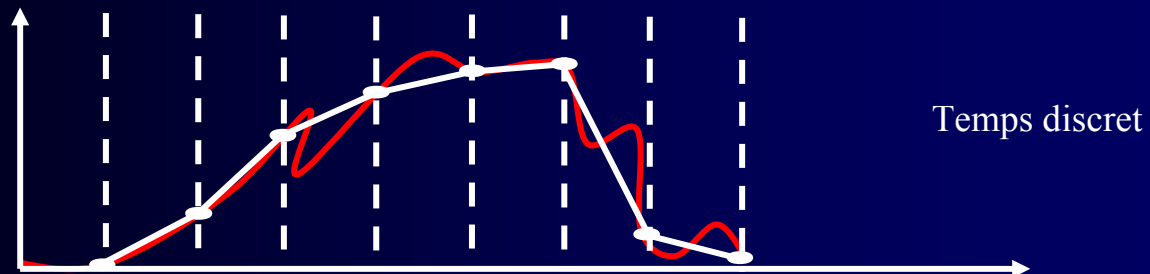
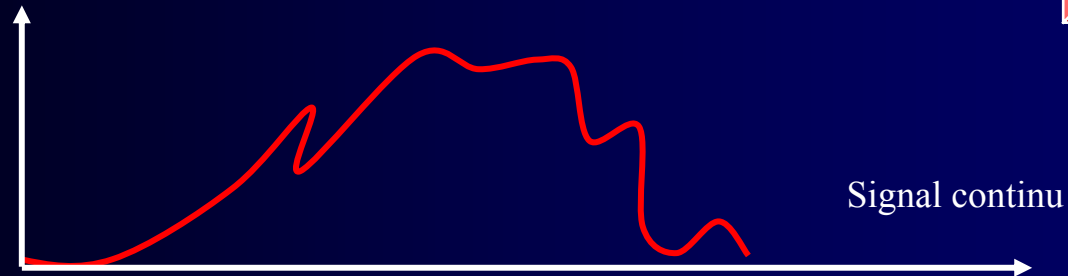
$$Y = \frac{l\sqrt{3}(2P_1 - (P_2 + P_3))}{6P_T}$$

$$X = \frac{400 (40 - 20)}{2 (10 + 20 + 40)} = +57,14\text{ mm}$$

$$Y = \frac{400\sqrt{3}(2*10 - (20 + 40))}{6*70} = -66\text{ mm}$$

Numérisation du signal

? Signal



Erreur de quantification

1 Échantillonnage

Théorème de Shannon : La fréquence d'échantillonnage F_e doit être au moins le double de la fréquence la plus haute à transmettre

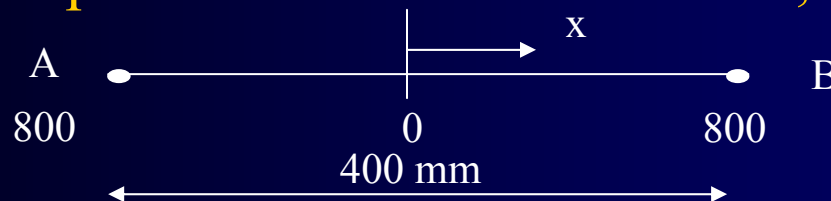
2 Conversion

Soit un sujet de 60Kg également réparti sur les 3 pesons. Pour un convertisseur de 12 bits on a 4000 points pour 100 kg, ce qui fait 800 points pour 20 Kg

$$x = \frac{P_B - P_A}{P_B + P_A} 200$$

$$dx = \pm \frac{2}{1600} 200 \Rightarrow \pm 0,25 \text{ mm}$$

L'imprécision est de l'ordre de 0,5 mm



Pour un convertisseur de 16 bits, l'imprécision est de 0,02mm

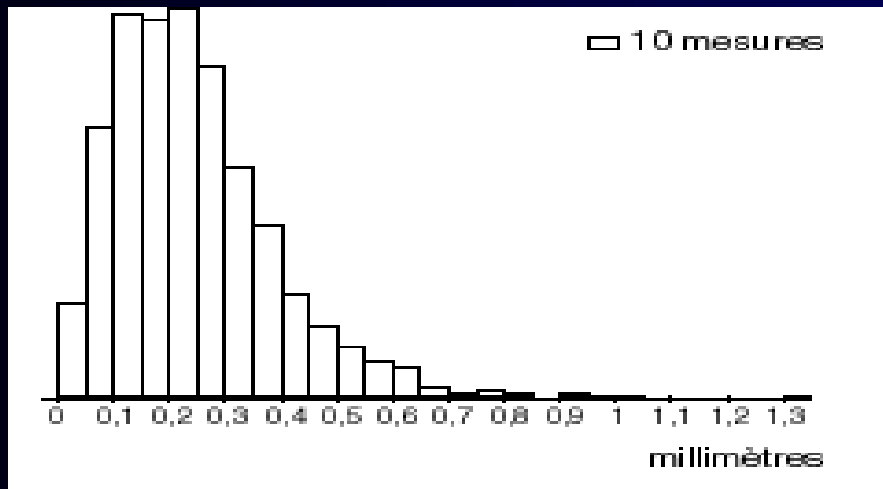
Plate-forme de stabilométrie : normes AFP

➤ La plate-forme AFP 5/12

Quantification

- Fréquence d'échantillonnage (Fe) : 5 Hz
- Quantification (Q) : 12 bits (4095 points)

➤ La plate-forme AFP 40/16 : P.M. Gagey, M. Ouaknine, O. Sasaki



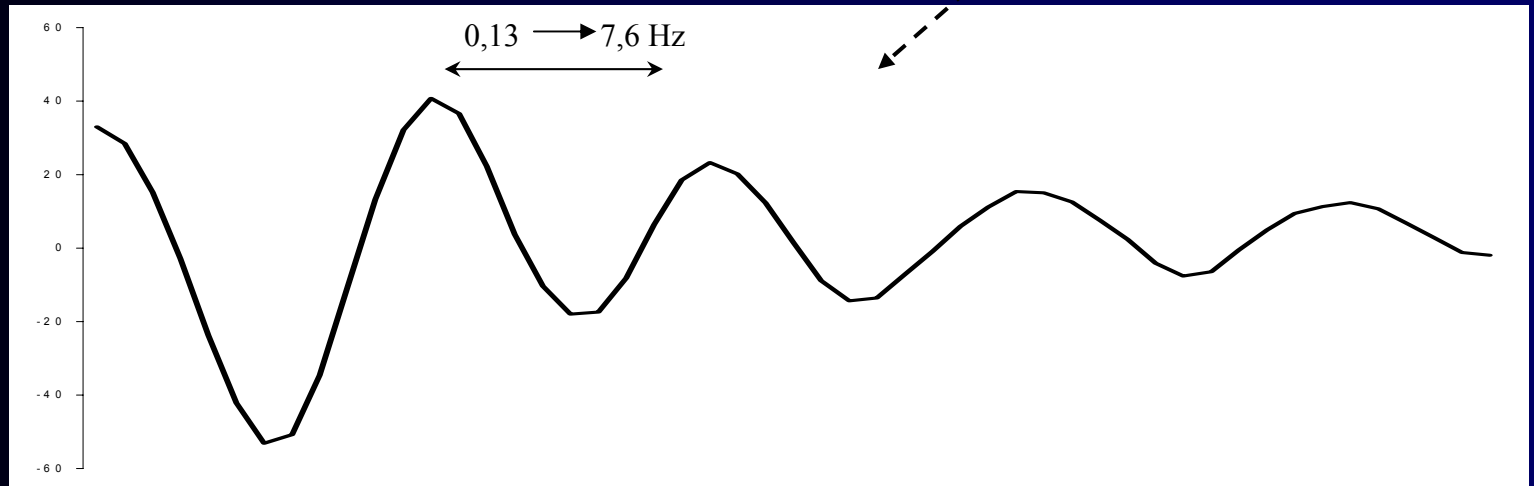
- Fe : 40 Hz
- Q : 16 bits (65536 points)

Erreur théorique : 20 μ

Erreur mesurée : 200 μ

Histogramme des longueurs de déplacements élémentaires

Sensibilité de la plate-forme : Balisto-cardiogramme



Réponse percussive endogène ?

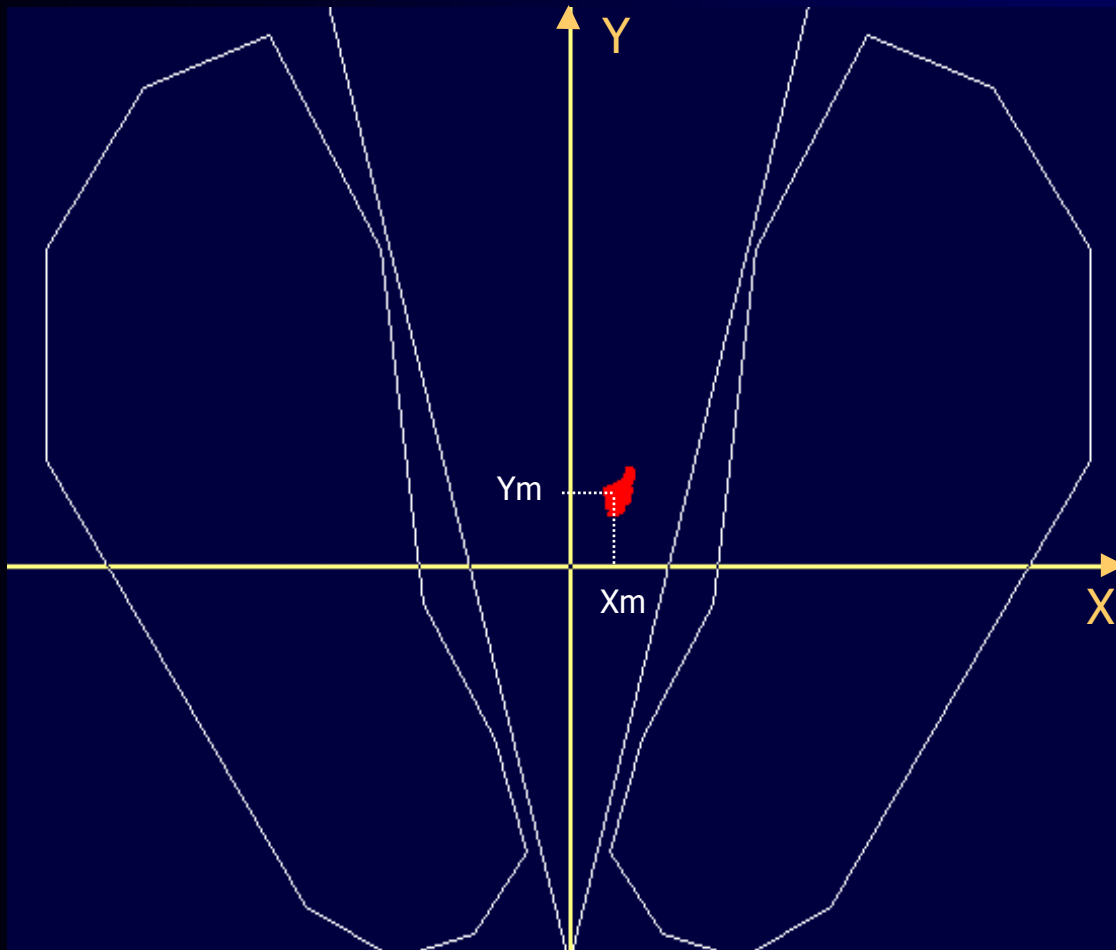
Descripteurs de la stabilométrie

*Selon Normes 85 de l'Association Française
de Posturologie*

- Placement moyen du centre de gravité et ses composantes :
 - Frontale - X_{moy}
 - Sagittale - Y_{moy}
- Surface de l'ellipse de confiance à 90%
 - Pente du grand axe
- Quotient de Romberg
- Longueur du Stato-kinésigramme (STKG)
 - Longueur du STKG rapporté à sa surface
 - Vitesse moyenne des déplacements
 - Variance de la vitesse
 - Composantes spectrales selon les deux axes
 - Auto et Inter-corrélation

Descripteurs à dimensions spatiales

Placement du Centre de Forces moyen

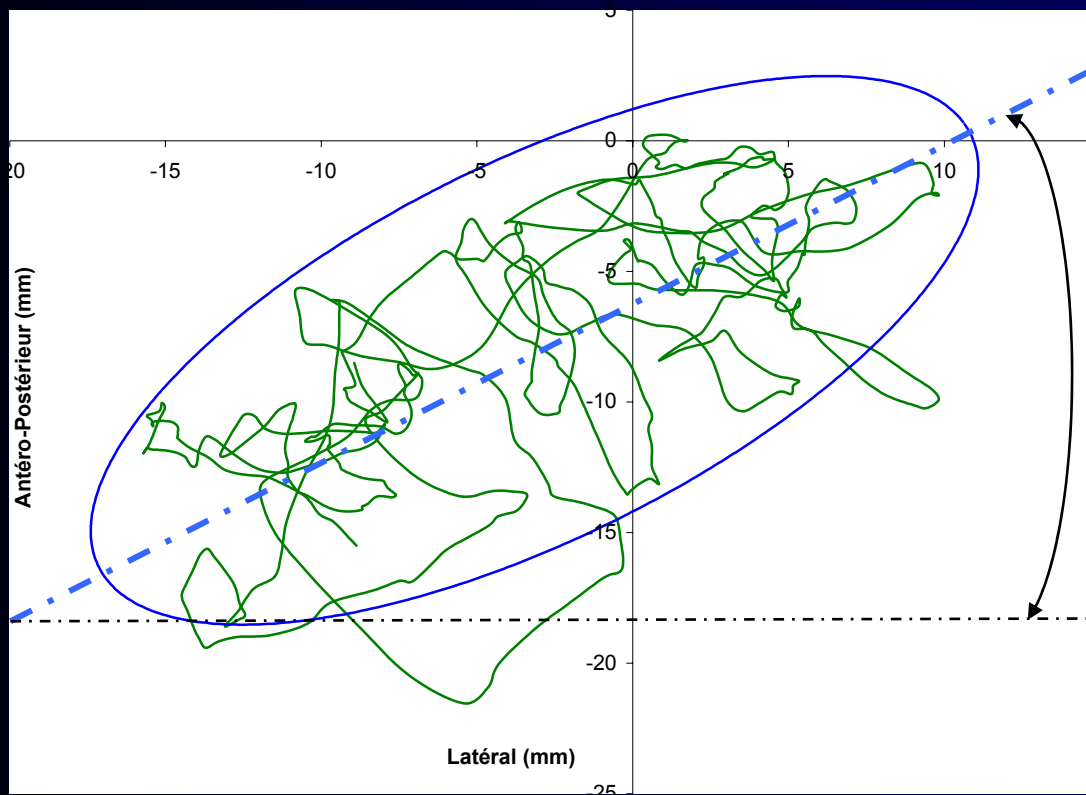


- Coordonnées X moyen et Y moyen rapportées au centre électrique de la plate-forme ou au centre géométrique des appuis au sol

Descripteurs à dimensions spatiales

Ellipse de confiance à 90% des positions instantanées du Centre de Forces

↑
Avant

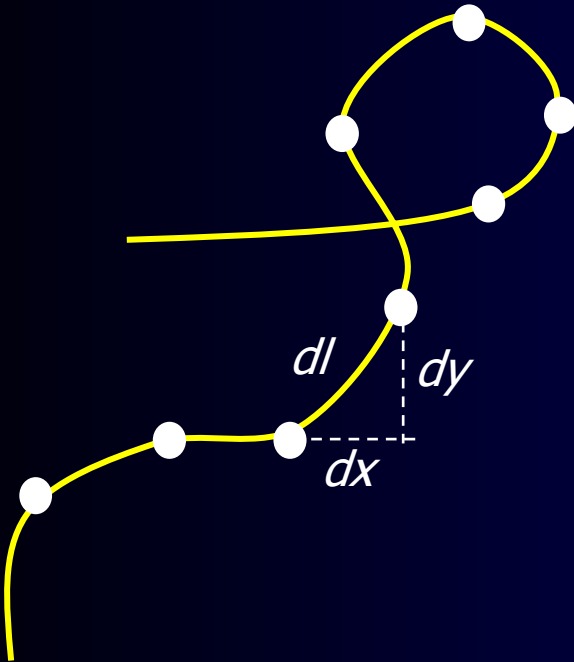


« Spaghetti »

- surface de l'ellipse
- Pente du grand axe

Droite →

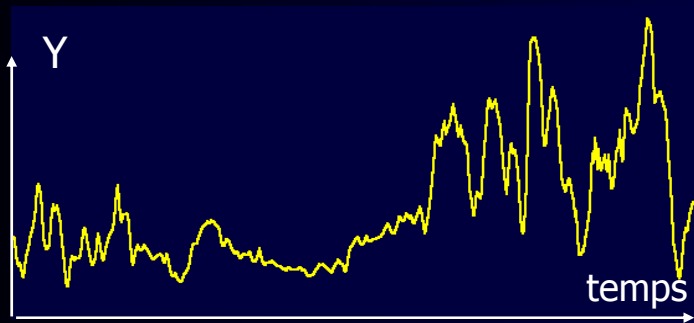
Descripteurs à dimensions spatiales



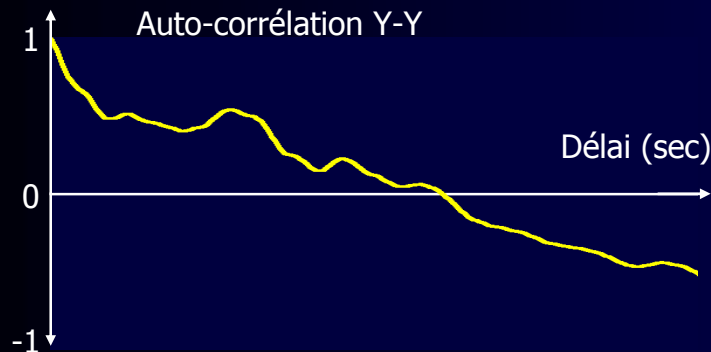
$$dl = \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

- Longueur de la trajectoire du Centre de Forces rapportée à la durée d'observation
- Relation longueur de la trajectoire/surface de l'ellipse (LFS)
- variance de la vitesse de la trajectoire et sa relation avec l'inclinaison A-P moyenne (VFY)

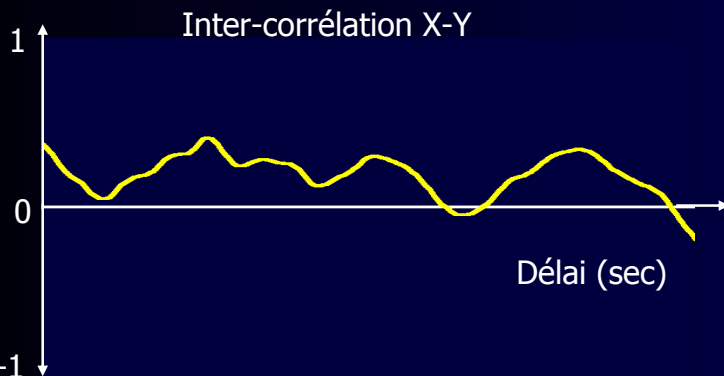
Descripteurs à dimensions temporelles



- Composantes (stabilogramme) A-P et G-D des excursions du C.de F en fonction du temps

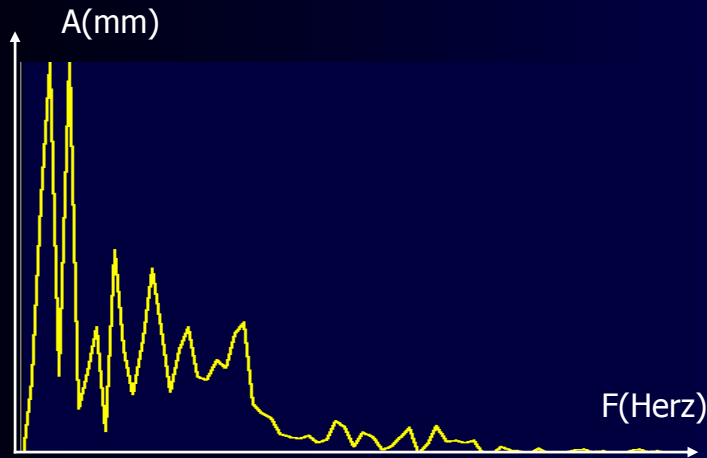


- Fonction d'autocorrélation $X-X(\tau)$ et $Y-Y(\tau)$

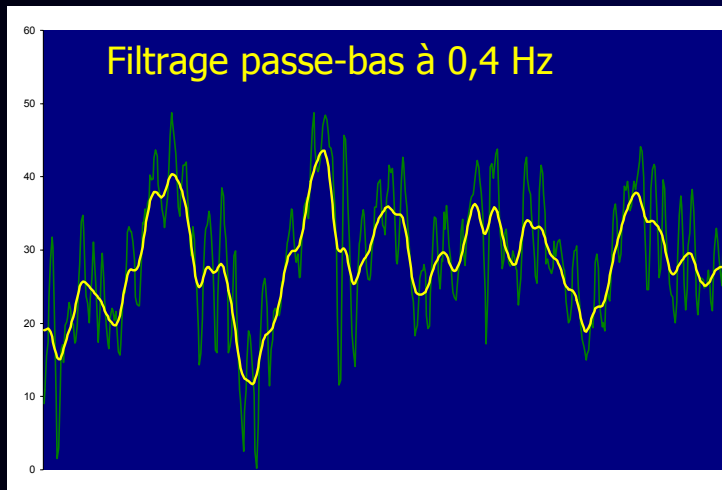


- Fonction d'intercorrélation entre X et Y

Descripteurs à dimensions Fréquentielles



- Analyse fréquentielle en amplitude et puissance des composantes A-P et G-D

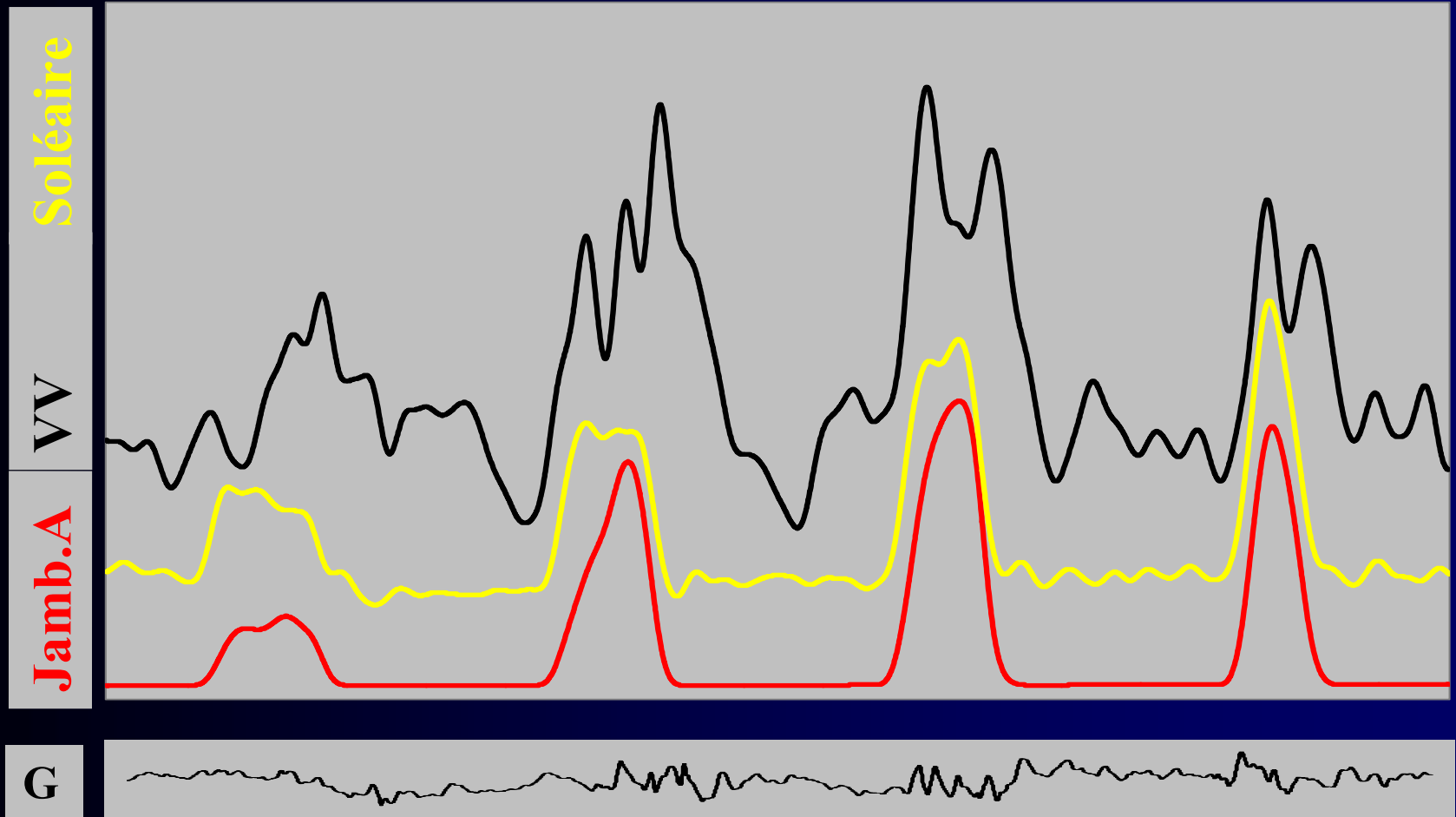


- Filtrage des composantes A-P et G-D
 - $< 0,2 \text{ Hz}$: oscillation du centre de gravité
 - $2 \text{ Hz} - 10 \text{ Hz}$ composantes dues aux contractions musculaires tricipitales

Quelques indices simples et faciles à comprendre permettent de dire si sont normaux;

- *la symétrie du tonus postural : X-moyen,*
- *la stabilité du sujet : surface du STKG,*
- *la dépense d 'énergie : LFS, Var.Vit.,*
- *la viscoélasticité des muscles postérieurs des jambes : VFY,*
- *le poids de la vision dans le contrôle postural :
quotient de Romberg*

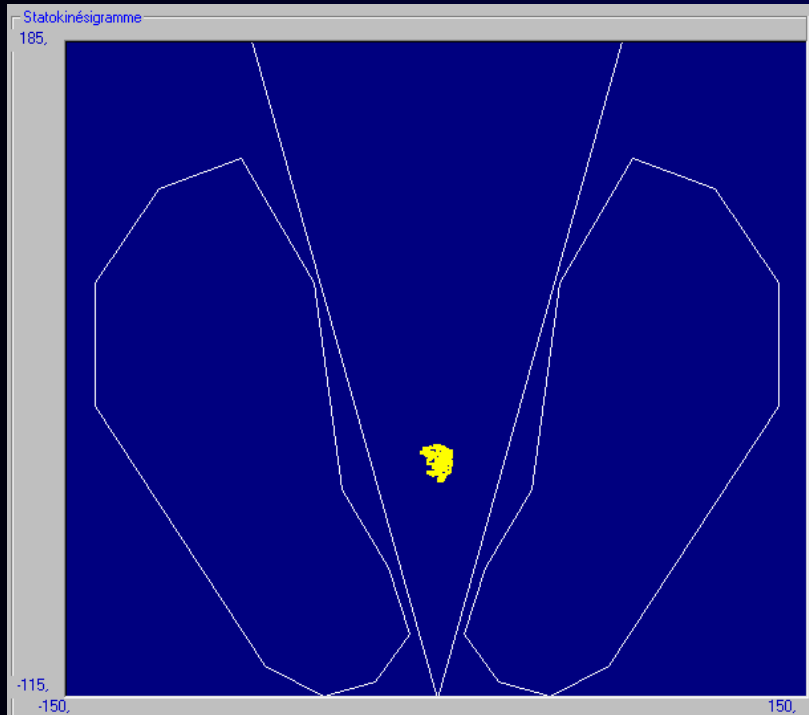
Activité musculaire et VV avec consigne de raidissement sans inclinaison



Normalité / Anormalité

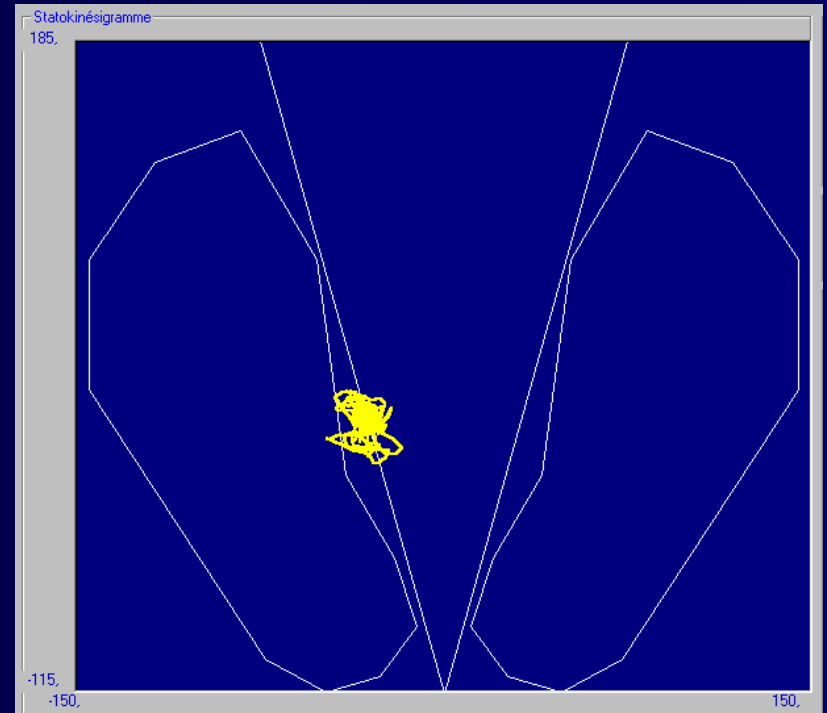
Asymétrie posturale

Normal



$X = 1 \text{ mm}$

Anormal

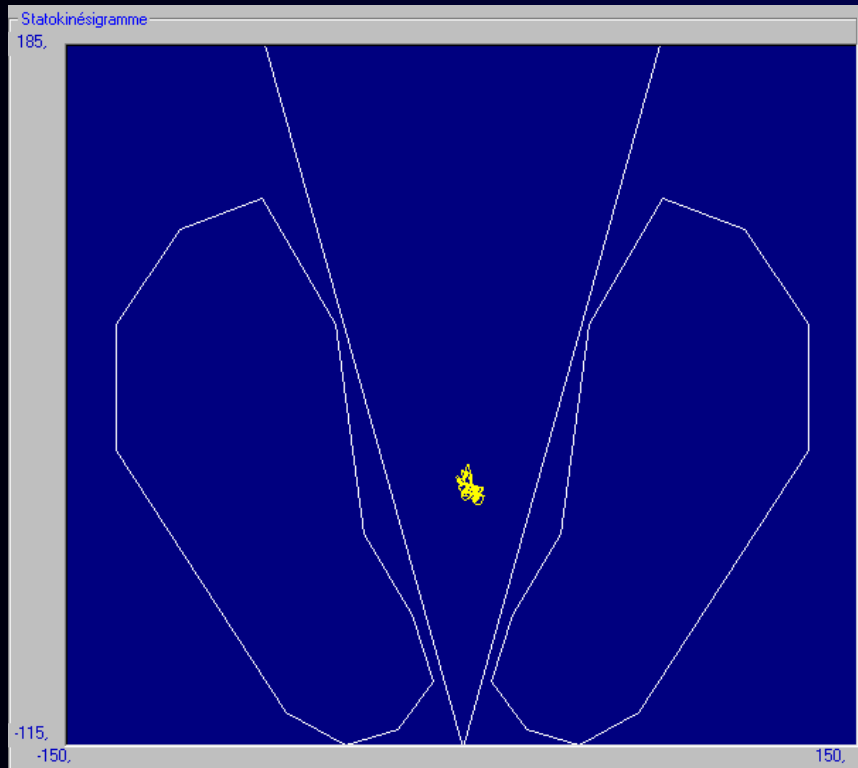


$X = -31 \text{ mm}$: forte asymétrie gauche

Normalité / Anormalité

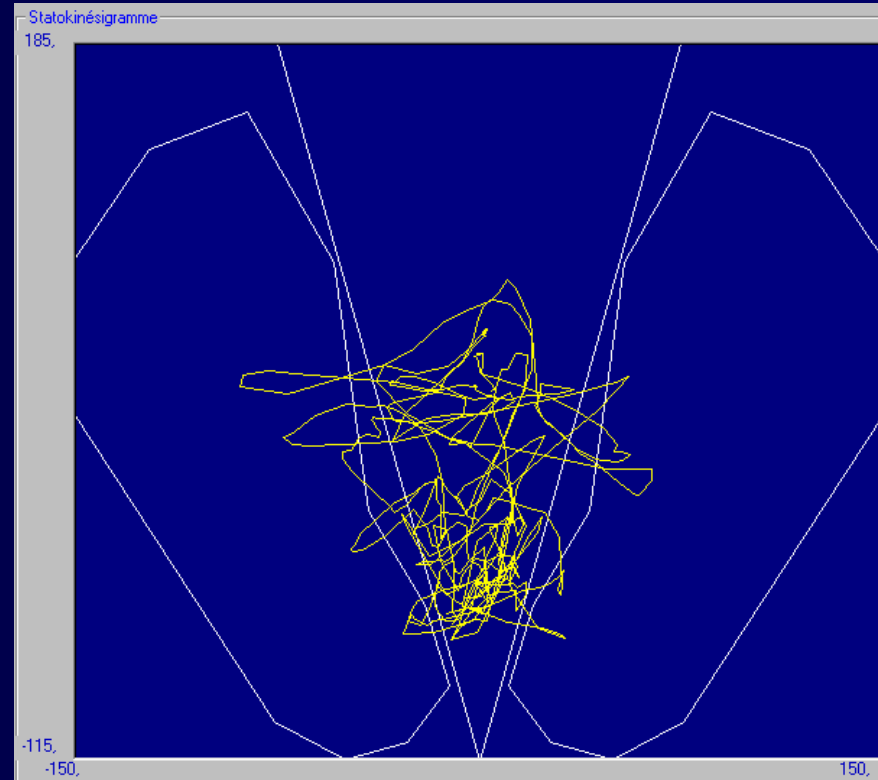
Instabilité

Normal



$S = 106 \text{ mm}^2$: Moy 225 (79/638)

Anormal

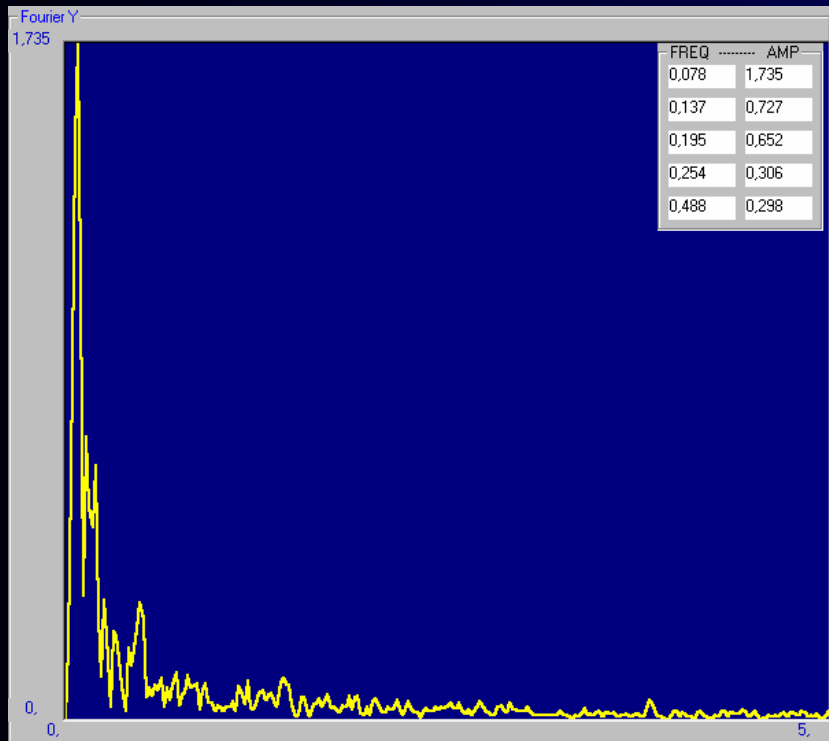


$S = 12000 \text{ mm}^2$: forte instabilité

Normalité / Anormalité

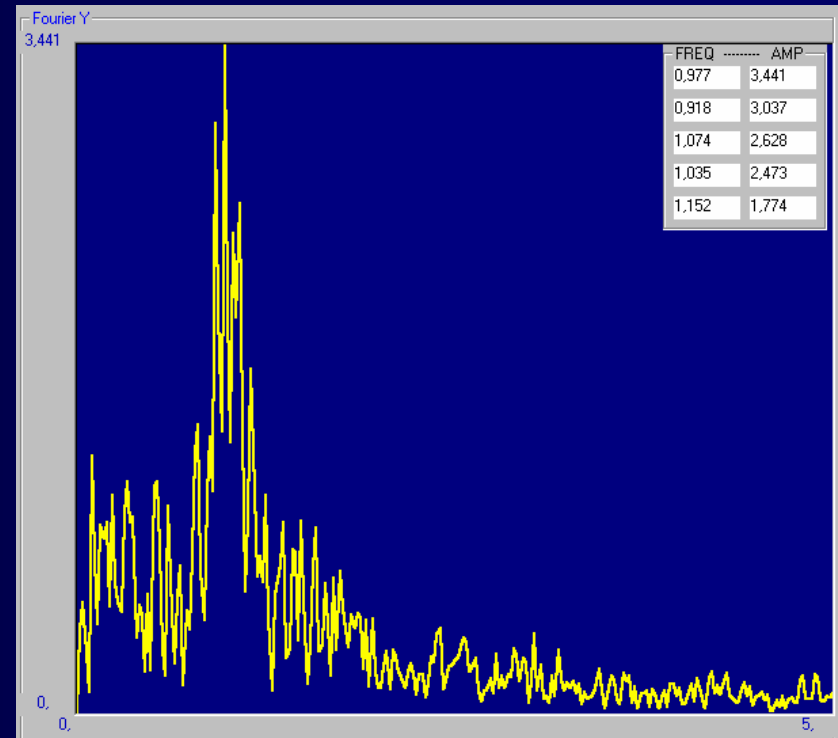
Composantes spectrales

Normal



Oscillations normales dans la bande 0;0.6Hz

Anormal

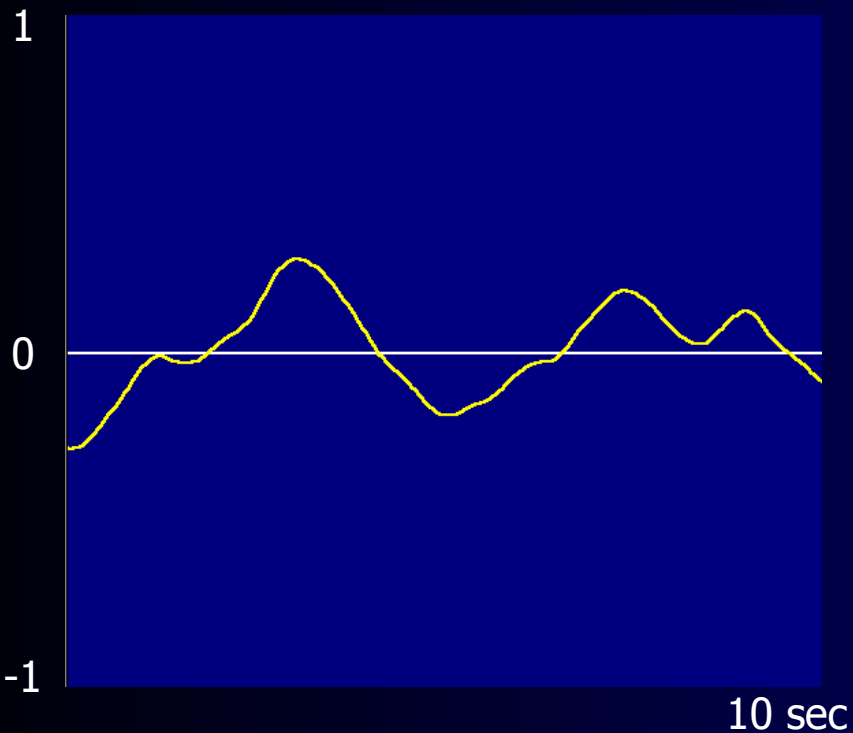


Oscillations anormales dans la bande 1; 2 Hz

Normalité / Anormalité

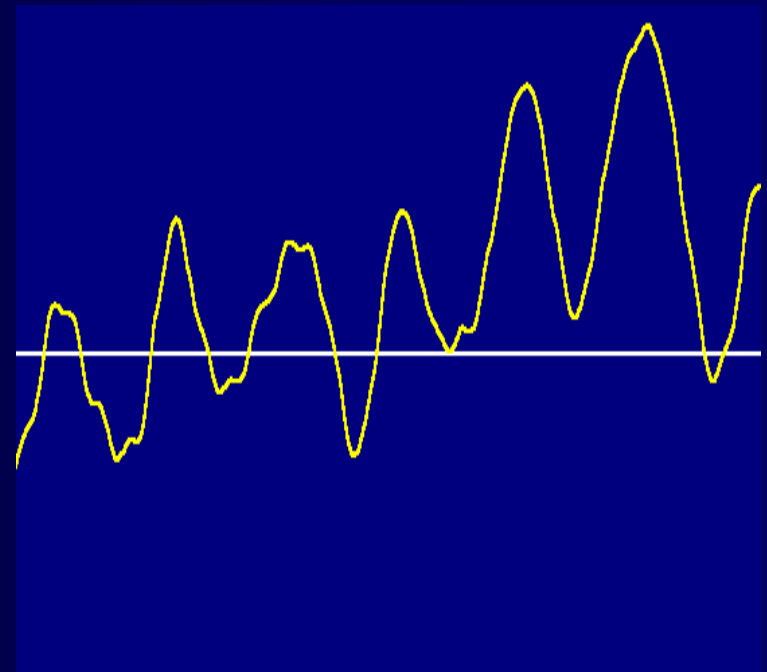
Inter-corrélation des oscillations frontales/sagittales

Normal



Indépendance des oscillations X et Y

Anormal

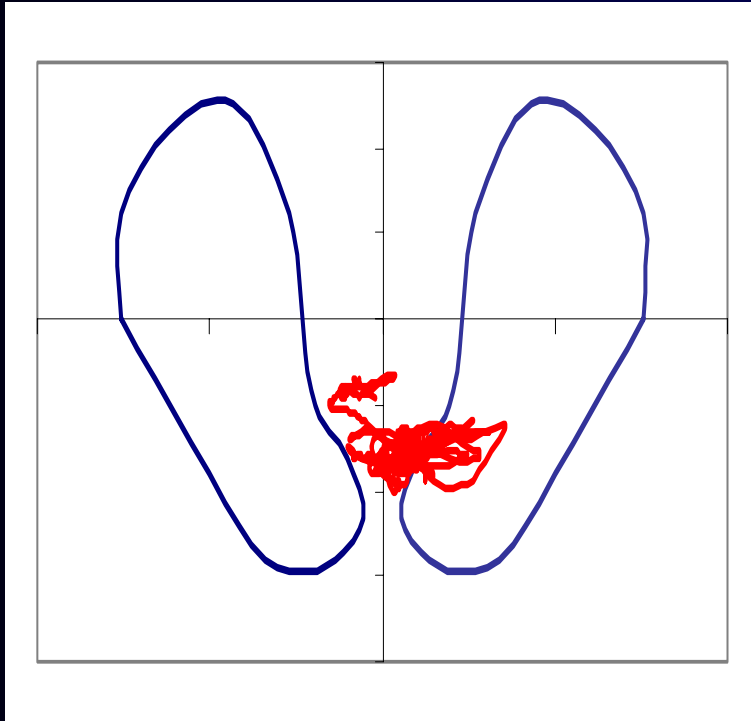


Oscillations X et Y corrélés

Cas clinique

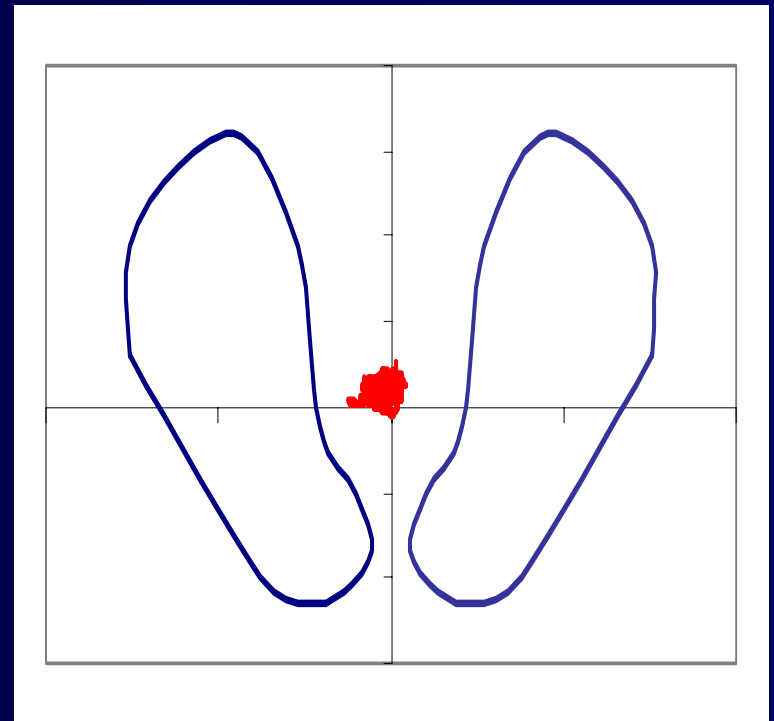
Patient Giar., homme 44 ans

Menière avec hyporéflexie vestibulaire Droite.



Examiné 1 jour avant
neurotomie.

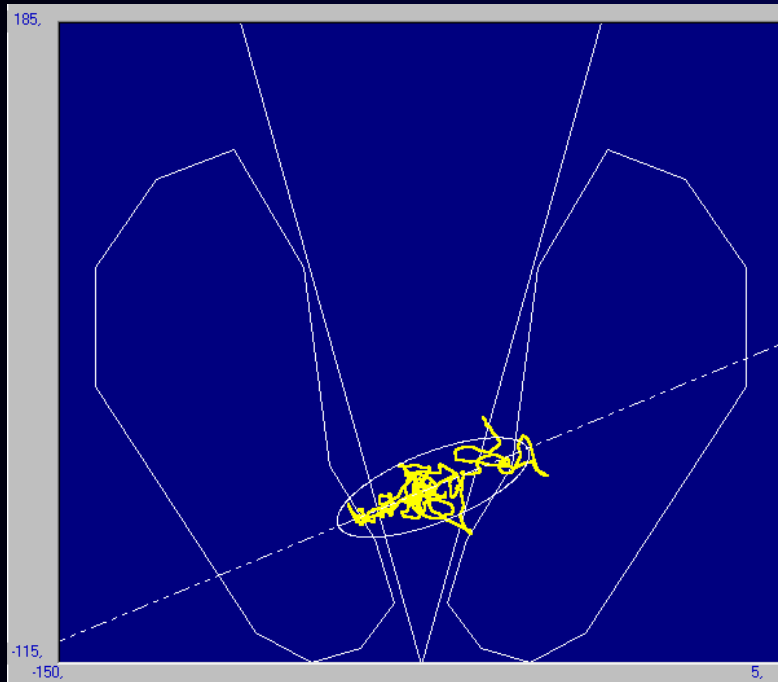
Très instable : $S = 3595 \text{ mm}^2$ et
très en arrière



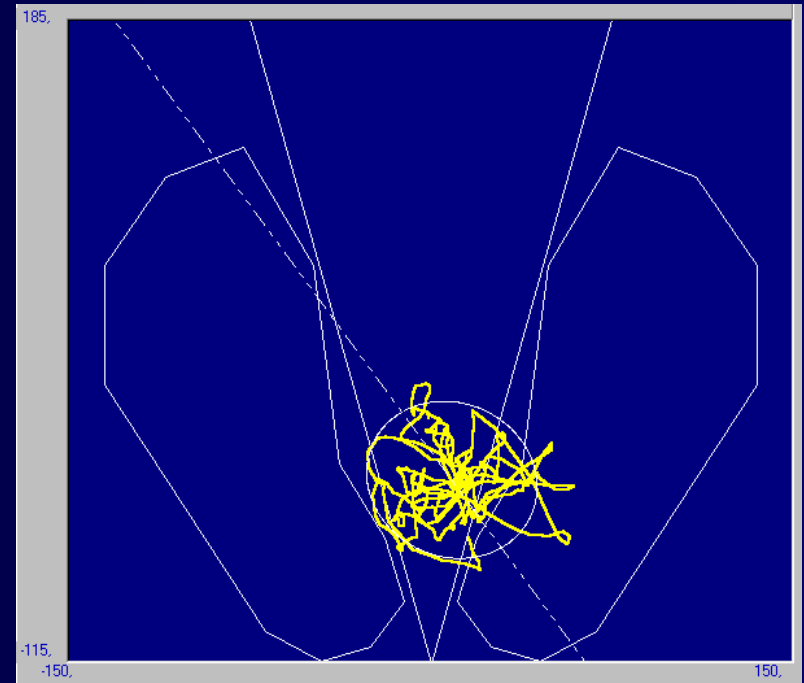
Examiné à j+30 . Très bonne
compensation marquée par une
surface réduite et par une
avancée du C de G

Cas clinique

*Patient Per., femme 32 ans : Menière **bilatéral***



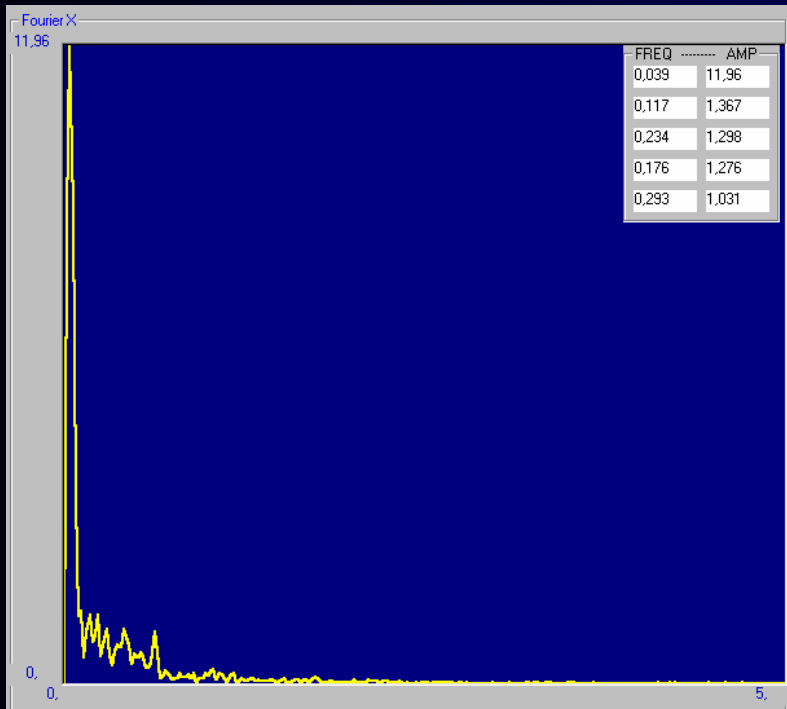
Yeux ouverts. Très instable :
 $S = 2234 \text{ mm}^2$, **Var.Vit. = 97**



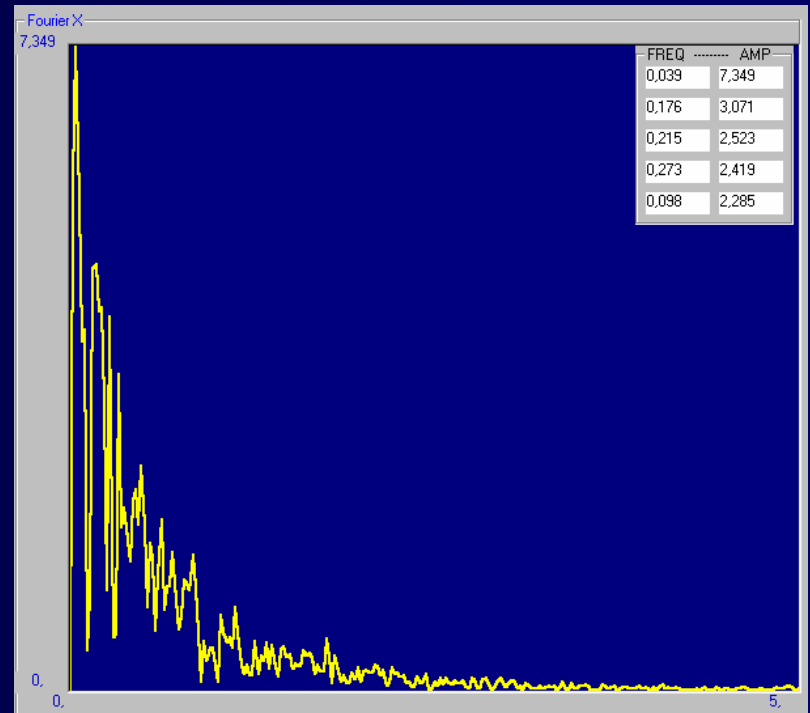
Yeux fermés : $S = 4075 \text{ mm}^2$,
QRBG = 185 , **Var.Vit. = 8144**

Cas clinique

*Patient Per., femme 32 ans : Menière **bilatéral***



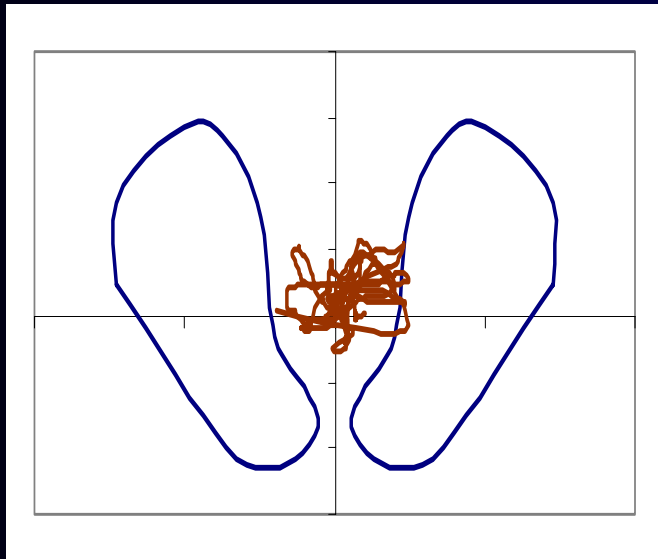
Yeux ouverts. FFT montrant une faible activité tricipitale



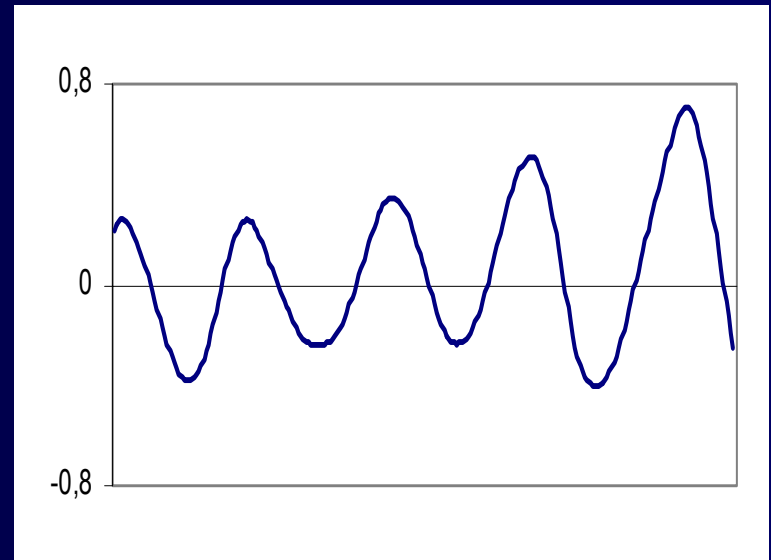
Yeux fermés : Raidissement des muscles de la jambe pour suppléer le déficit visuel et labyrinthique.

Cas clinique

*Patient Bou., homme 55 ans
vertiges post-traumatiques. Examen vestibulaire normal*



Forte instabilité,
marquée par une surface
de 4234 mm² et une
longueur de 1503 mm

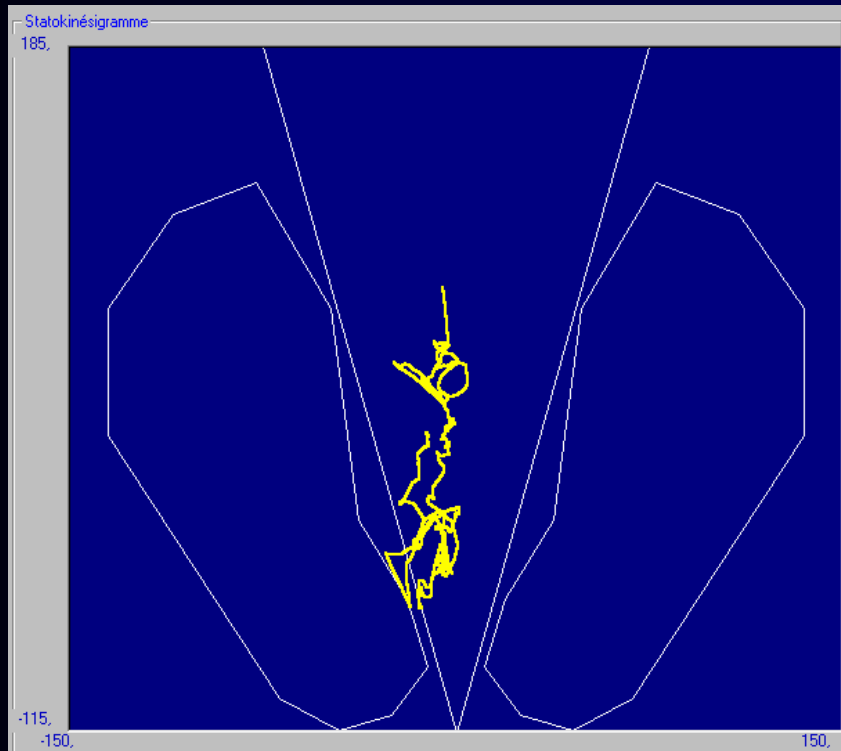


Inter corrélation A-P et D-G
montrant des excursions du C
de G surcontrolées. Il peut
s'agir d'un simulateur

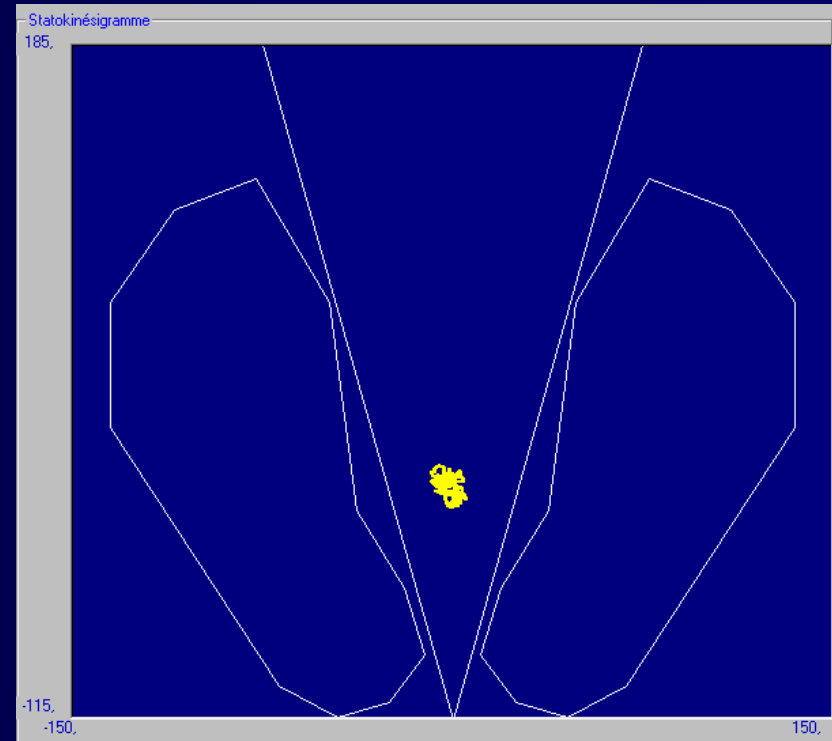
Cas clinique

Patient Larg, homme 54ans

Neurinome droit. Examen yeux ouverts



(j-1) ; Surf = 2867 mm²

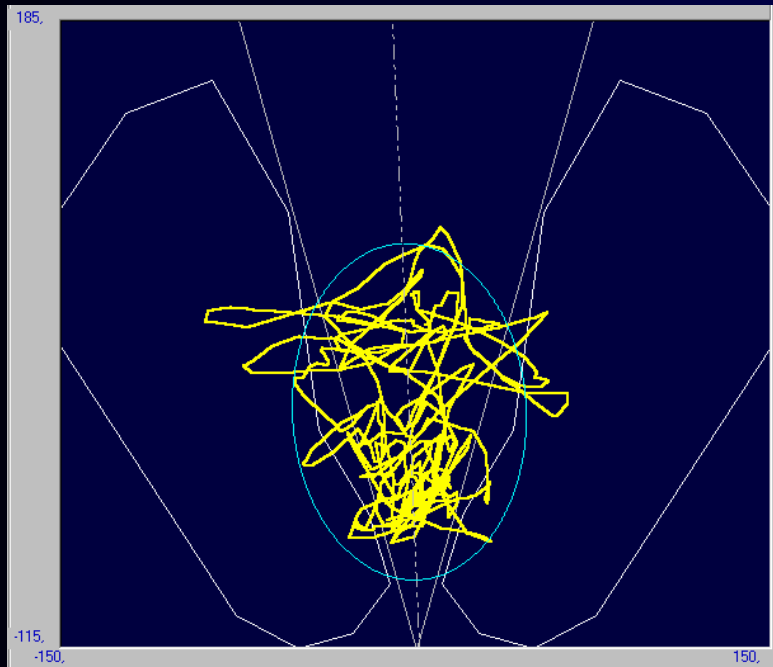


(j+1) ; Surf = 149 mm²

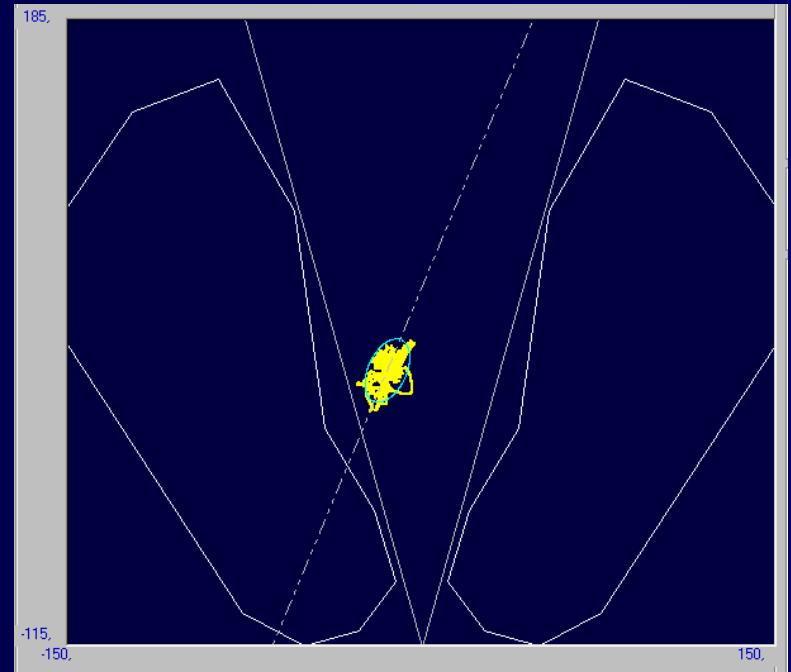
Cas clinique

Patient Nob, homme 47ans

Neurinome gauche. Examen yeux fermés



(j-1) ; Surf = 12556 mm²

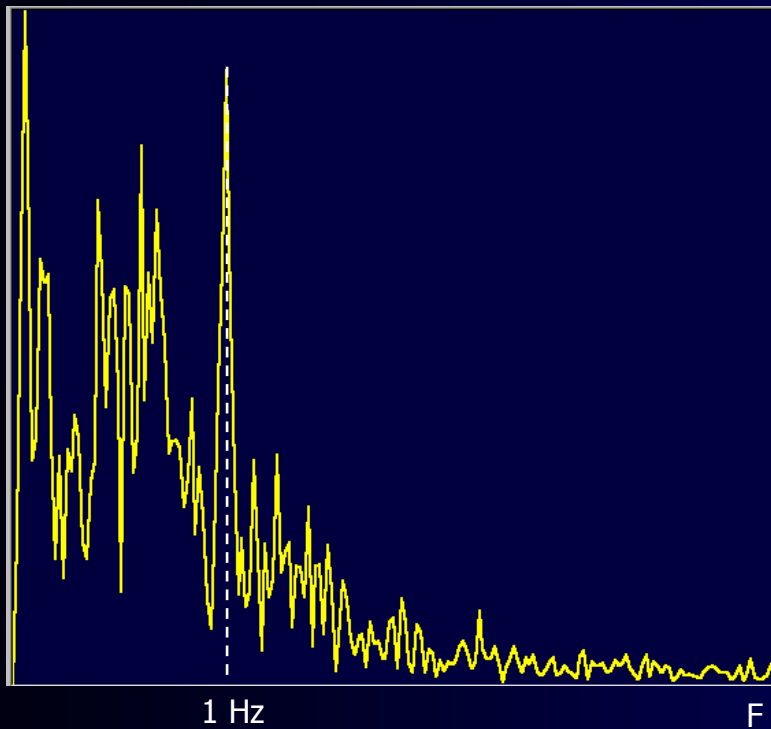


(j+1) ; Surf = 412 mm²

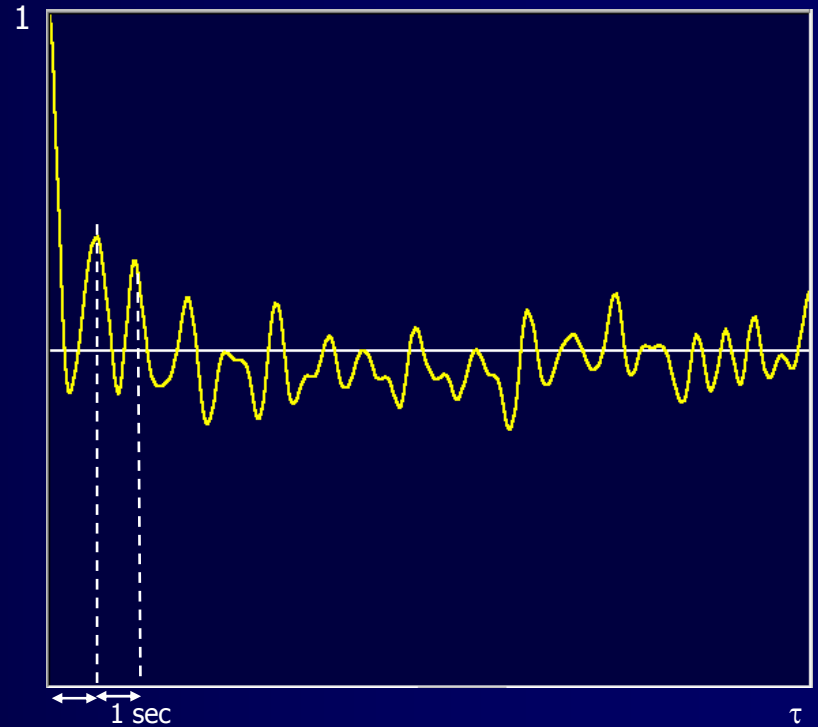
Cas clinique

Patient Ros., homme 53 ans

Traumatisme crânien



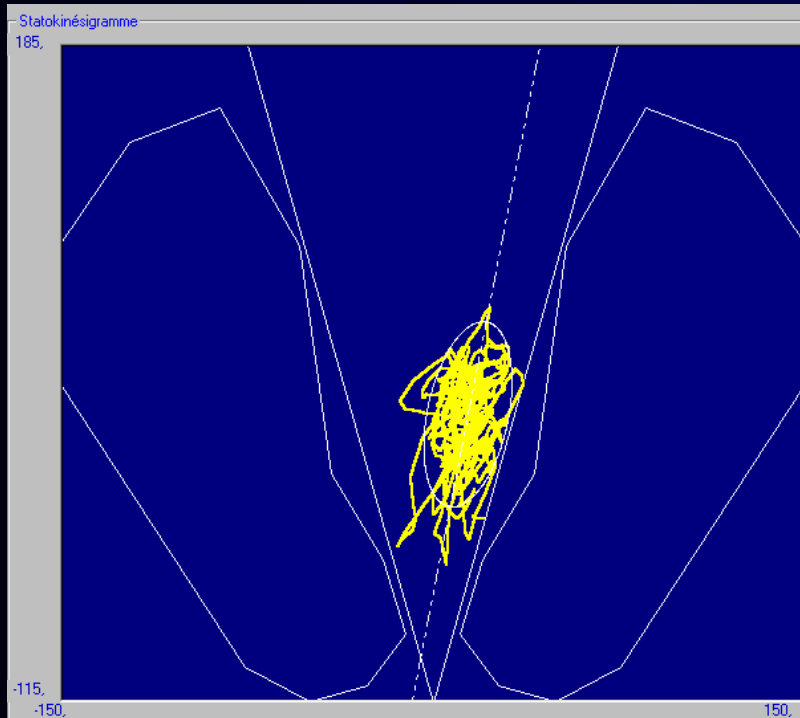
FFT X : trémor à 1Hz



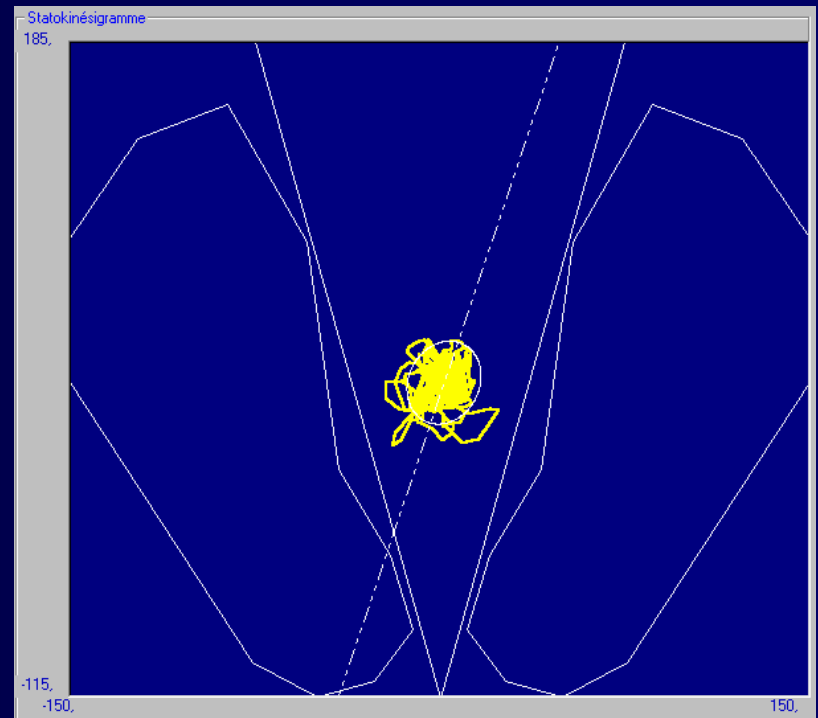
Auto-corrélation X à 1sec

Cas clinique

Patient Peau., homme 43 ans : SADAM



Yeux fermés sans gouttière. Très instable : $X=14\text{ mm}$, $S = 2234\text{ mm}^2$

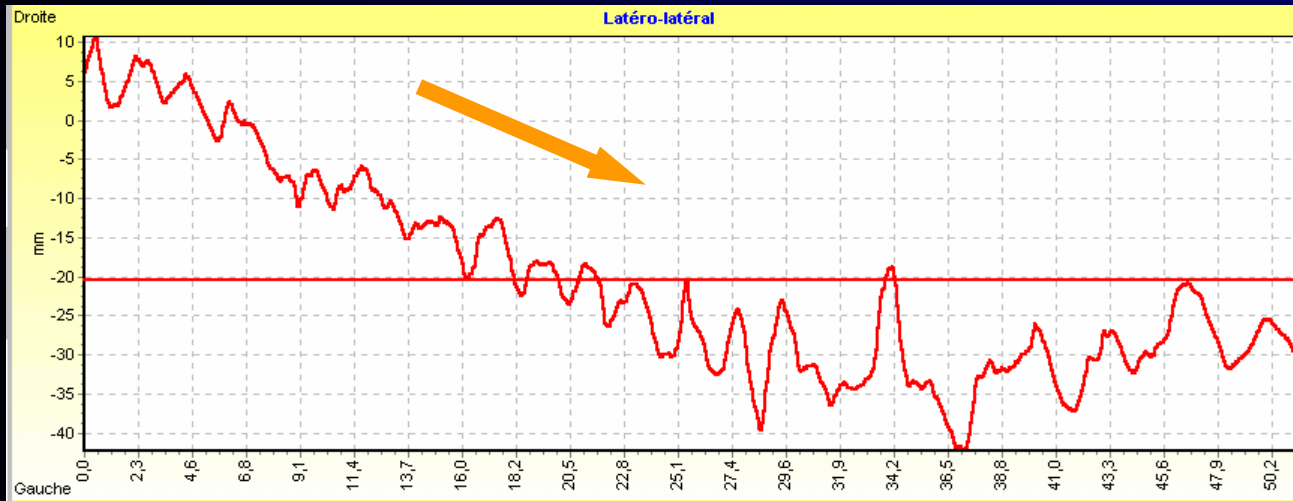


Yeux fermés avec gouttière. Plus stable : $X=1.5\text{ mm}$, $S = 893\text{ mm}^2$

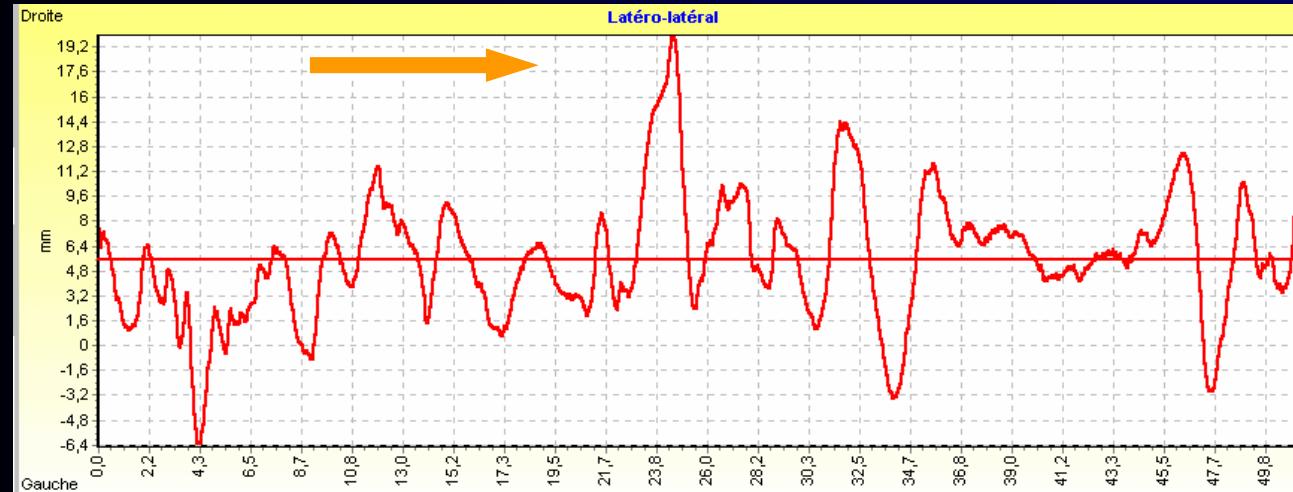
Cas clinique

Patient Maz., homme : troubles de l'Articulation Mandibulaire (ATM)

Stabilogramme frontal yeux fermés



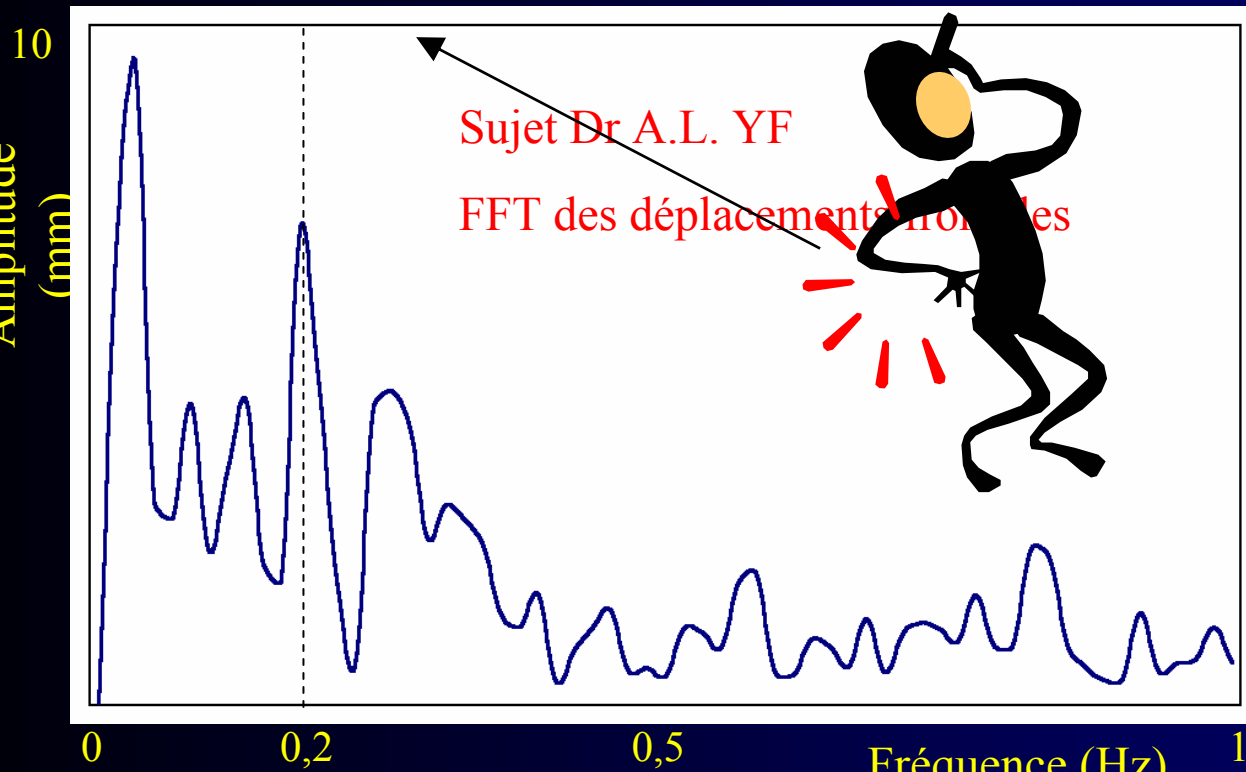
Maz., sans cale
Importantes dérives latérales (40 mm)



Maz. Avec cale de 2mm
Réduction de la dérive

Lombalgique ou vestibulaire ?

- 0,2 Hz = 12 cycles par minute
- Les mouvements de la cage thoracique lors de la ventilation chez le sujet sain, n'apparaissent pas sur les stabilogrammes. *Gurfinkel et al. (1971 ; 1972)*

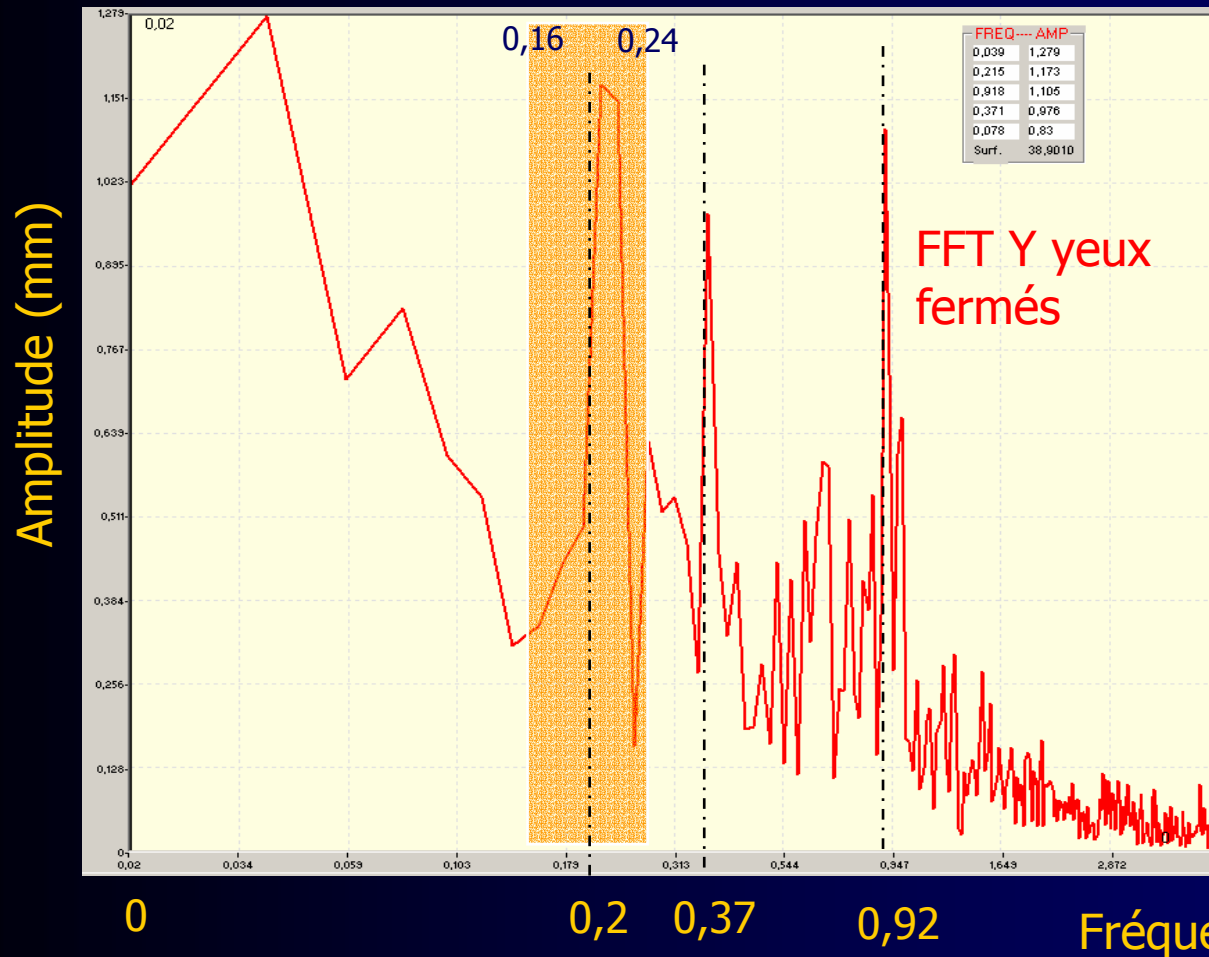


- La bande des 0,2 Hz est présente chez les lombalgiques et chez les vestibulaires : dysfonctionnement de la synergie entre mouvements ventilatoires et mouvements posturaux. *Gagey (1997)*

Lombalgique et vestibulaire

Cas clinique

Patient Leb., femme 75 ans: neurinome et sciatique en phase aiguë

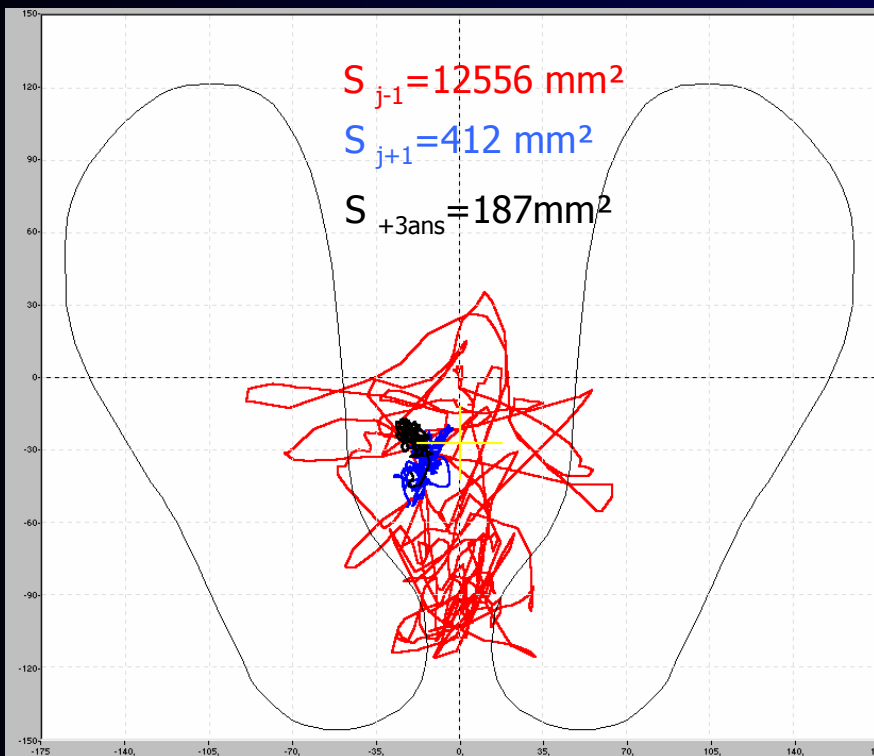


- 0,2 Hz → sciatique
- 0,4 Hz → vestibule
- 0,9 Hz ~ raideur ?

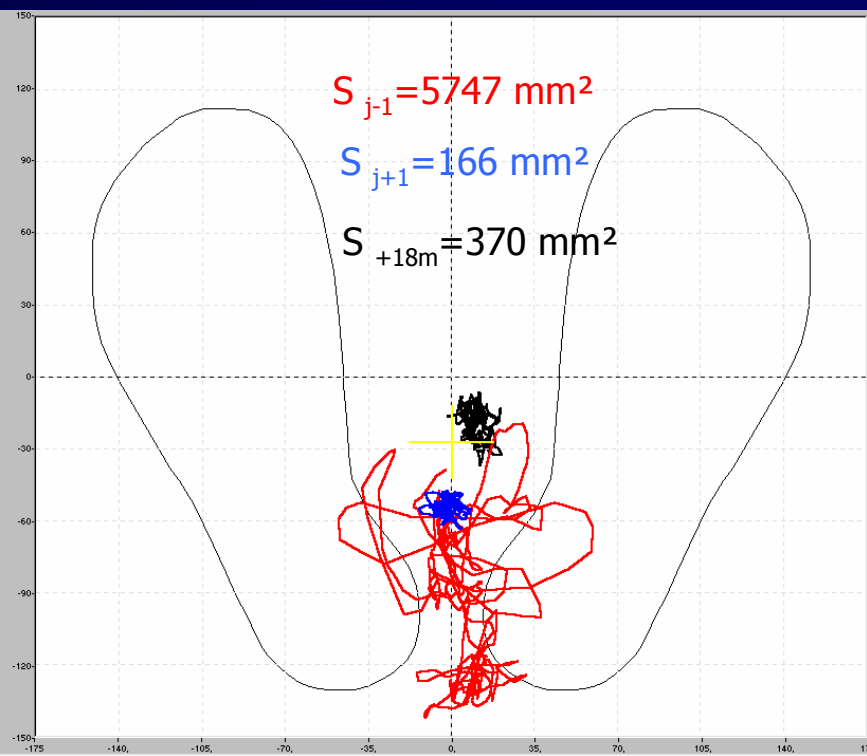
La Variance de la vitesse passe de 75 (Y.O) à 190 (Y.F)

Effets posturaux du Gamma Knife : 2 cas

Sur la surface du statokinésigramme



Pat : Nob. ; pointure 43
Age : 47 ; Neu. G

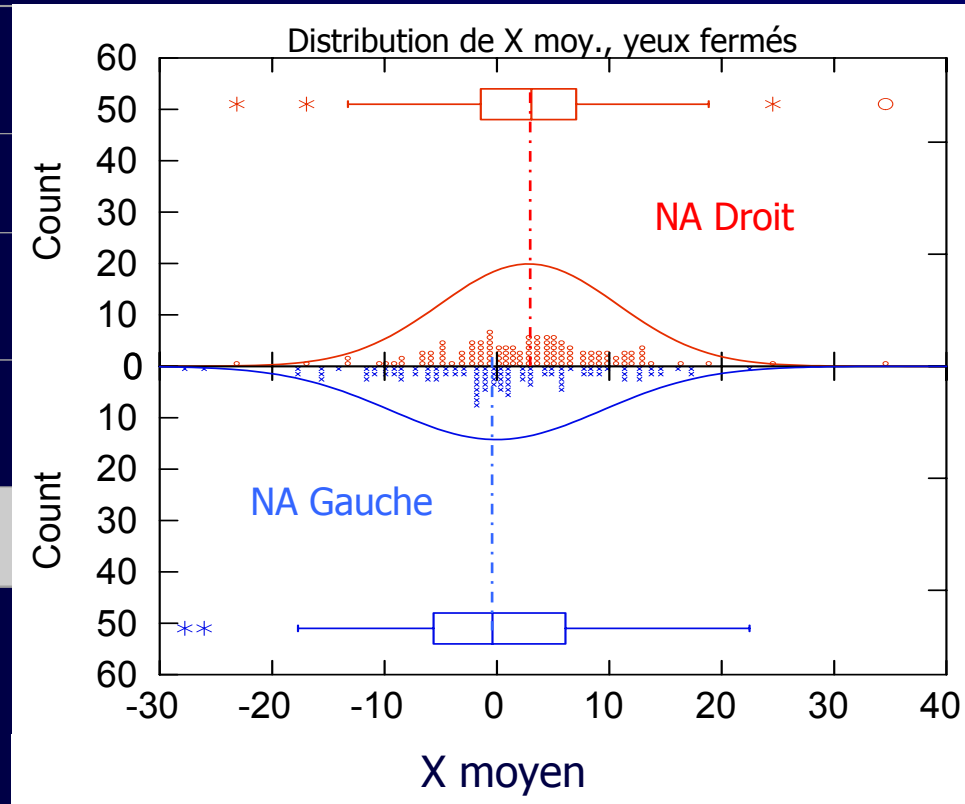


Pat : Qui. ; pointure 39
Age : 58 ; Neu. D

Asymétries posturale chez les « Vestibulaires »

Comparaison (test de Student) entre les deux groupes de neurinomes sur les données (X et S) à J-1, dans les deux conditions visuelles

Paramètre (j-1)	X moyen	
Yeux	Ouverts	Fermés
NA-D ; n: 118	0,42 mm	2,8 mm
NA-G ; n :100	0,16 mm	-0,06 mm
P	0,8	0,014

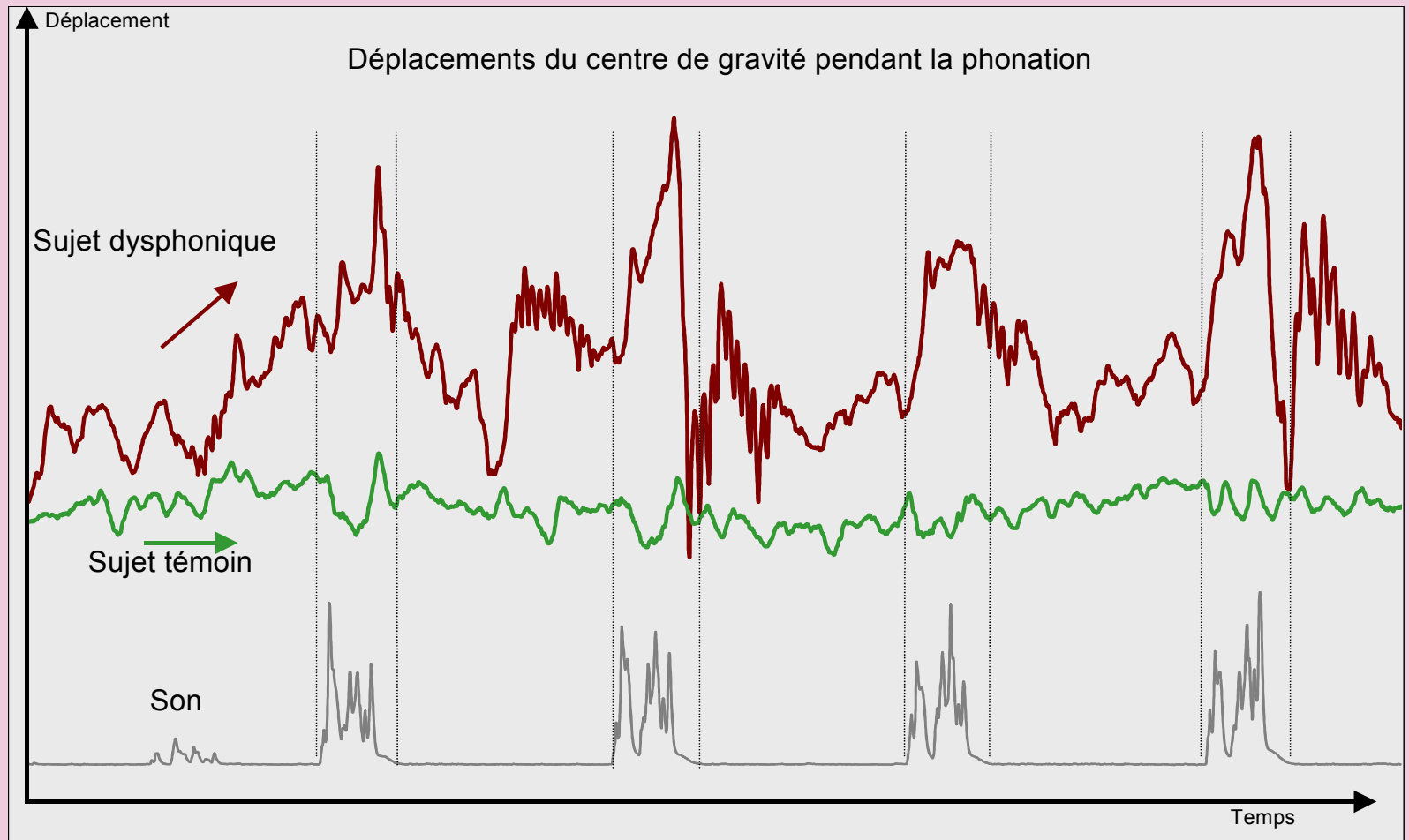


L'inclinaison (yeux fermés) est homolatérale au coté lésé

Posture en phonation des sujets dysphoniques

A
V
A
N
T

A
R
R
I
È
R
E



Intérêt limitation et perspective (stabilométrie orthostatique)

+

- Rationalisation : normes AFP 85
- Simplicité, précision, coût, encombrement
- Bonne reproductibilité
- Aide au diagnostique et à la rééducation
- Performant si associé à d'autres dispositifs (stabilométrie analytique)

-

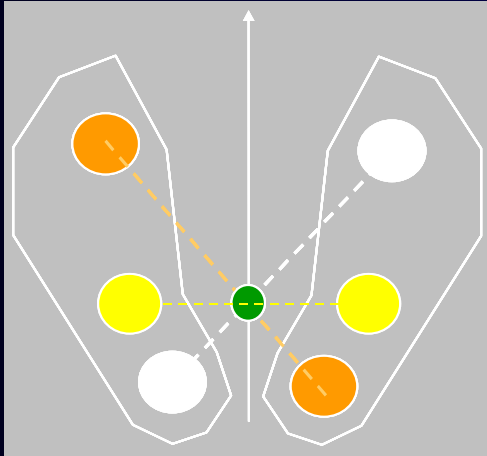
- Sources et origines des instabilités difficiles à établir
- Les mécanismes et les capteurs mis en jeu dans une consigne d'immobilité ne permettent pas une exploration complète de la dynamique posturale

Quelques travaux actuels

- Diffusion Brownienne (Collins et al)
- Dynamique non-linéaire
- Étude des asymétries par recueil séparé des SKG de chaque pied

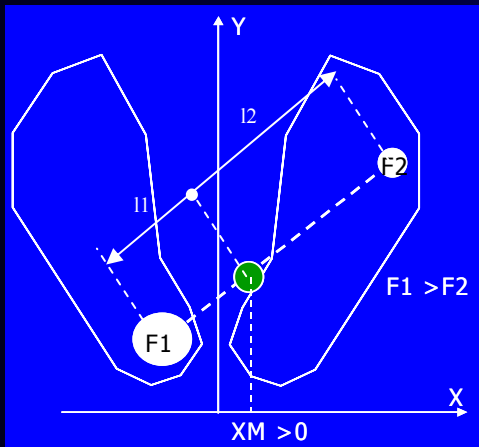
Analyse critique des mesures sur PF :Statique

1) Distribution des forces podales et centre de forces



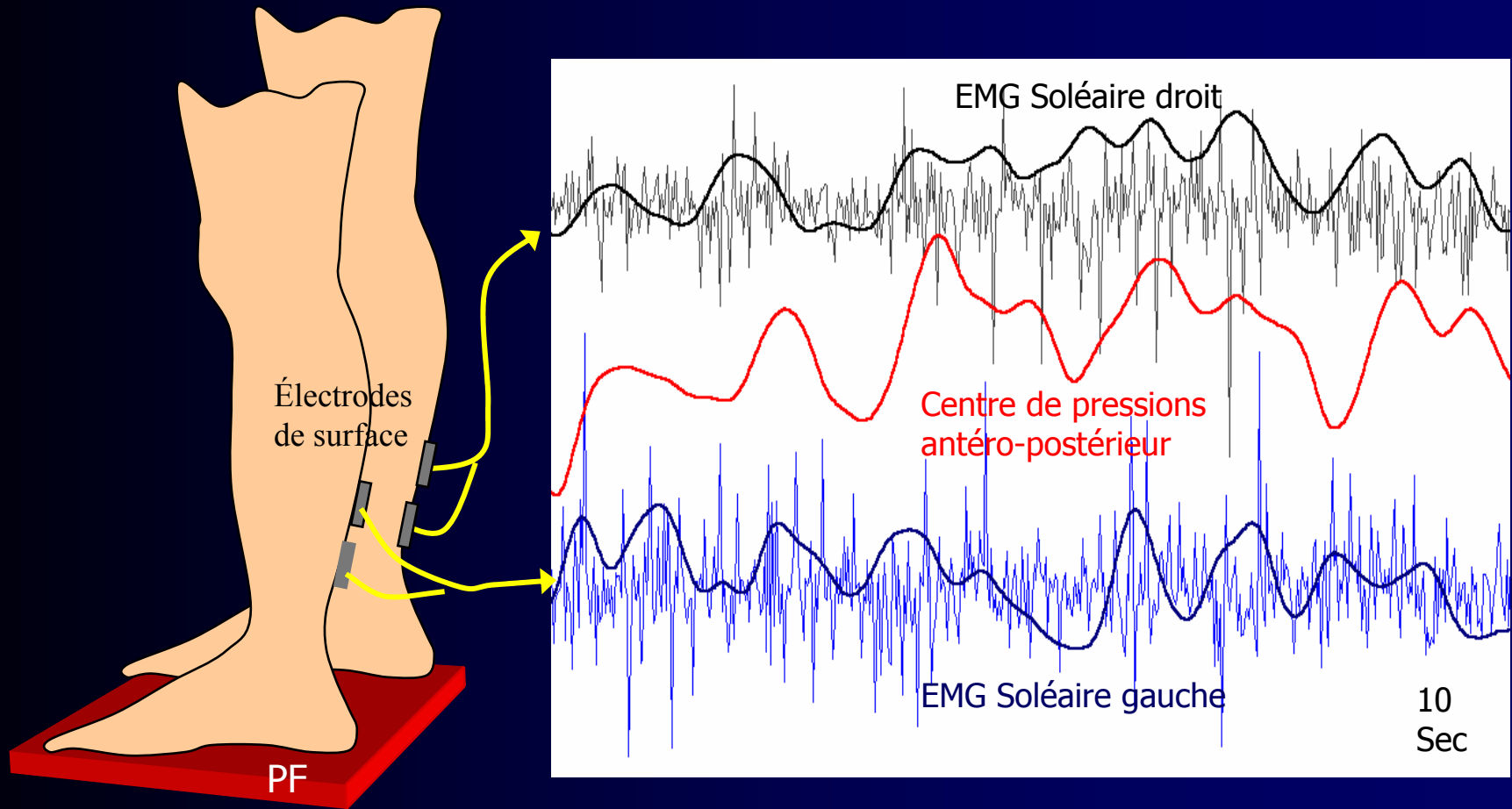
Un appui diagonal talon-gauche, métatarse-droit par exemple réalise le même placement qu'un appui diagonal talon-droit, métatarse-gauche

2) Asymétrie posturale et pied d'appui



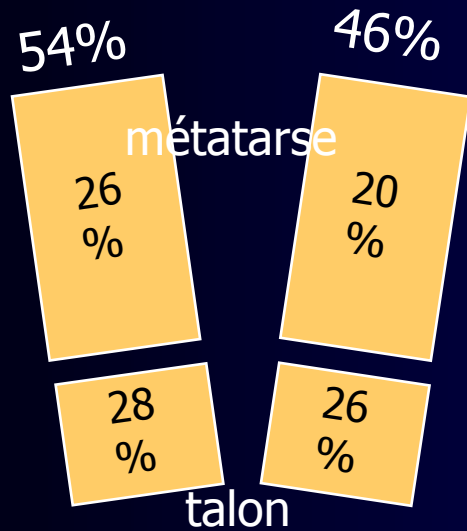
Le pied gauche porte majoritairement la charge corporelle (pied d'appui) sur le talon alors que le pied droit porte une moindre charge, mais sur le métatarse : incohérence du pied d'appui et de la composante frontale moyenne du centre de pressions.

Analyse critique des mesures sur PF : dynamique



Le bilan mécanique des activités tricipitales des pieds se lit sur la plateforme. Il ne dit rien sur leur contribution → tonicité différentielle

Asymétries de type statique



La répartition moyenne de la charge pondérale sur les quatre appuis (talon, métatarse de chaque pieds)

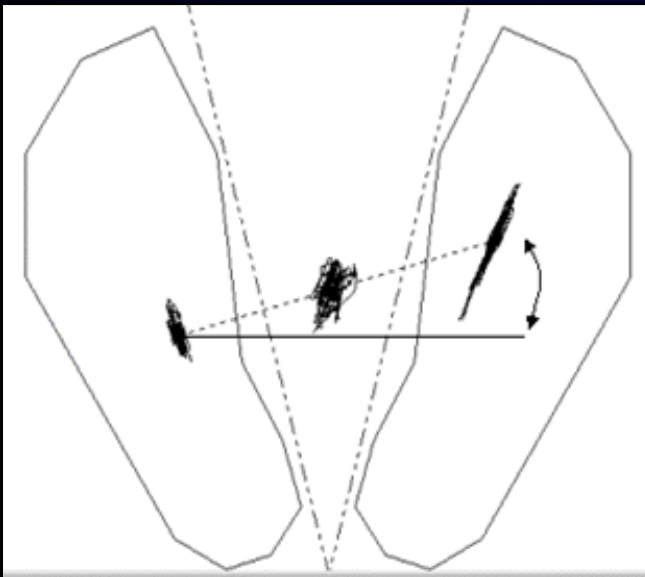


Balance bipodale : pied d'appui

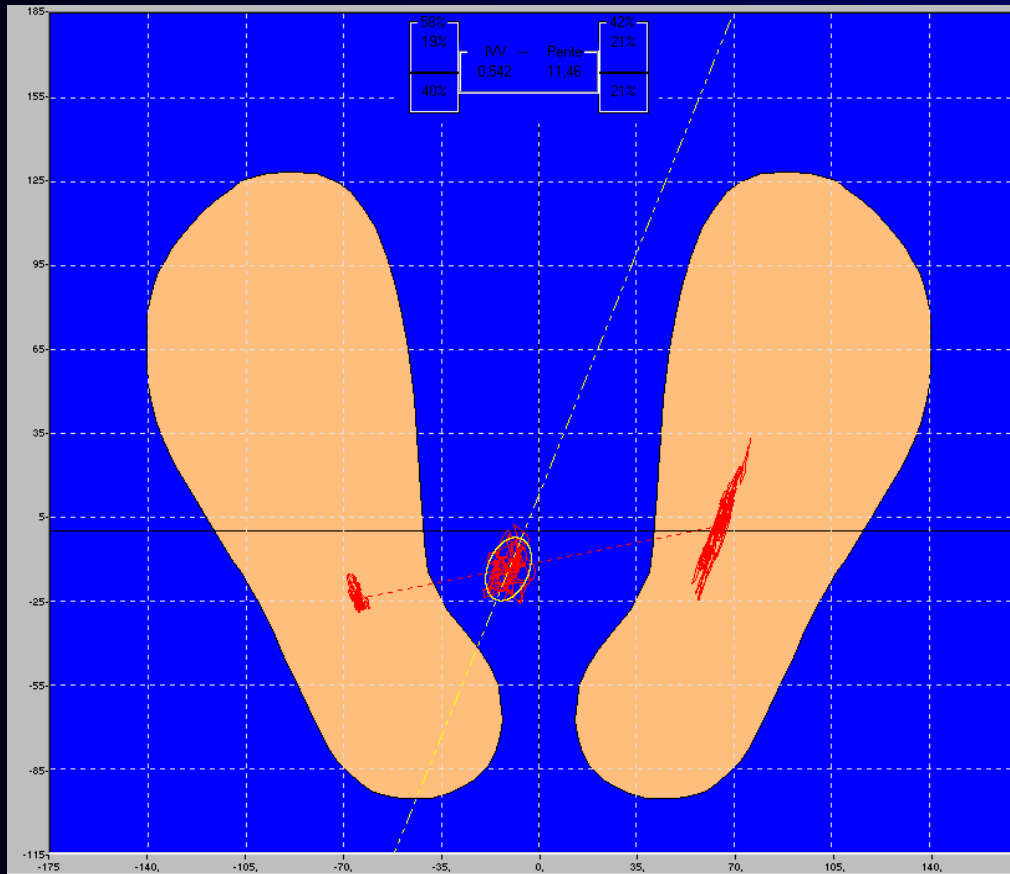
Balance podale entre talon et avant-pied



Différence entre les placements du centre de forces de chaque pied



Asymétries de type dynamique



L'expression posturale des deux pieds n'est jamais identique. L'activité musculaire des jambes met en évidence un pied plus expressif.

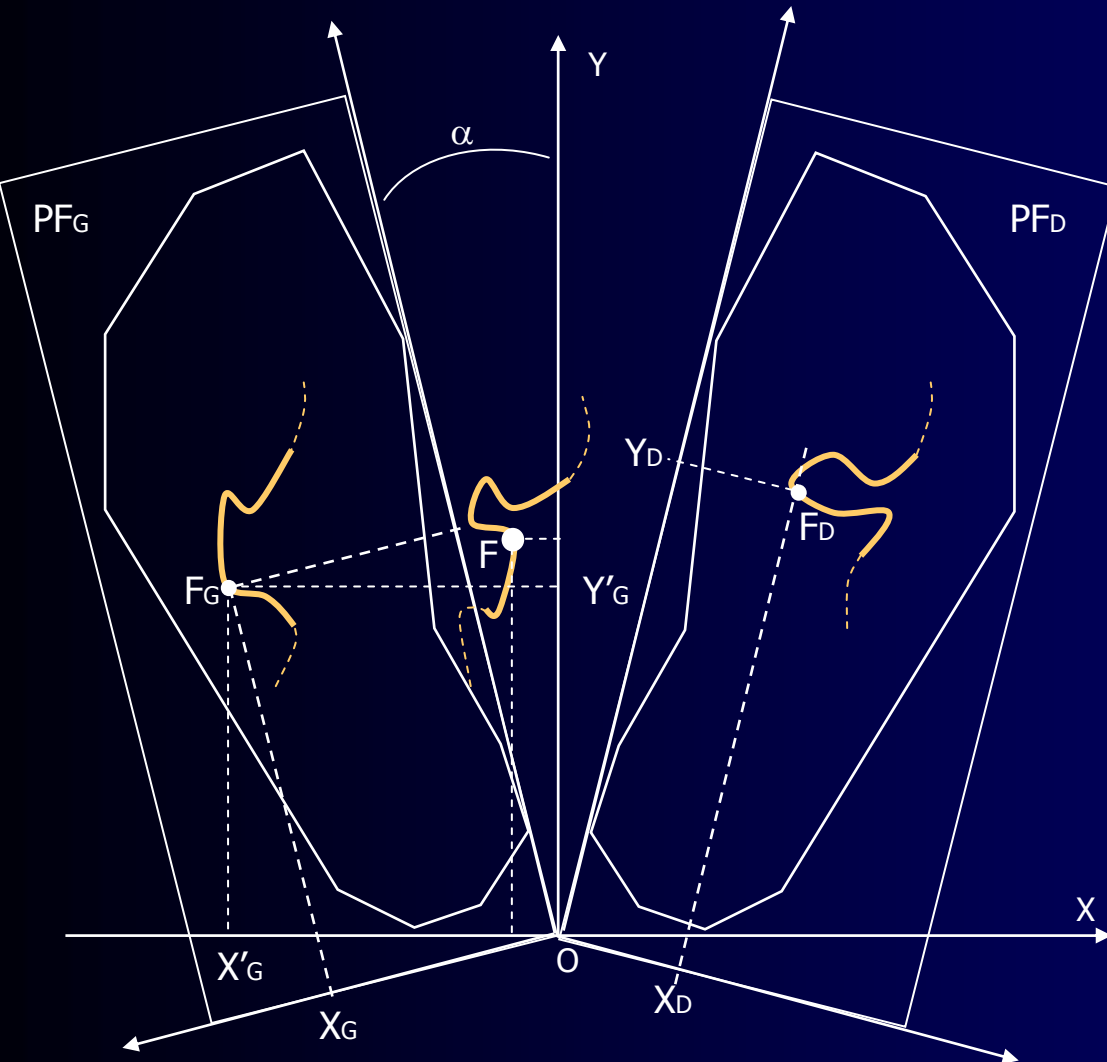


Asymétrie « motrice »

L'activité posturale du pied droit > pied gauche

Reconstruction du Stato-kinésigramme

- A partir des données de deux plate-formes



Dans le référentiel XOY

$$X'_G = -X_G \cos \alpha - Y_G \sin \alpha$$

$$Y'_G = -X_G \sin \alpha + Y_G \cos \alpha$$

$$X'_D = X_D \cos \alpha + Y_D \sin \alpha$$

$$Y'_D = -X_D \sin \alpha + Y_D \cos \alpha$$

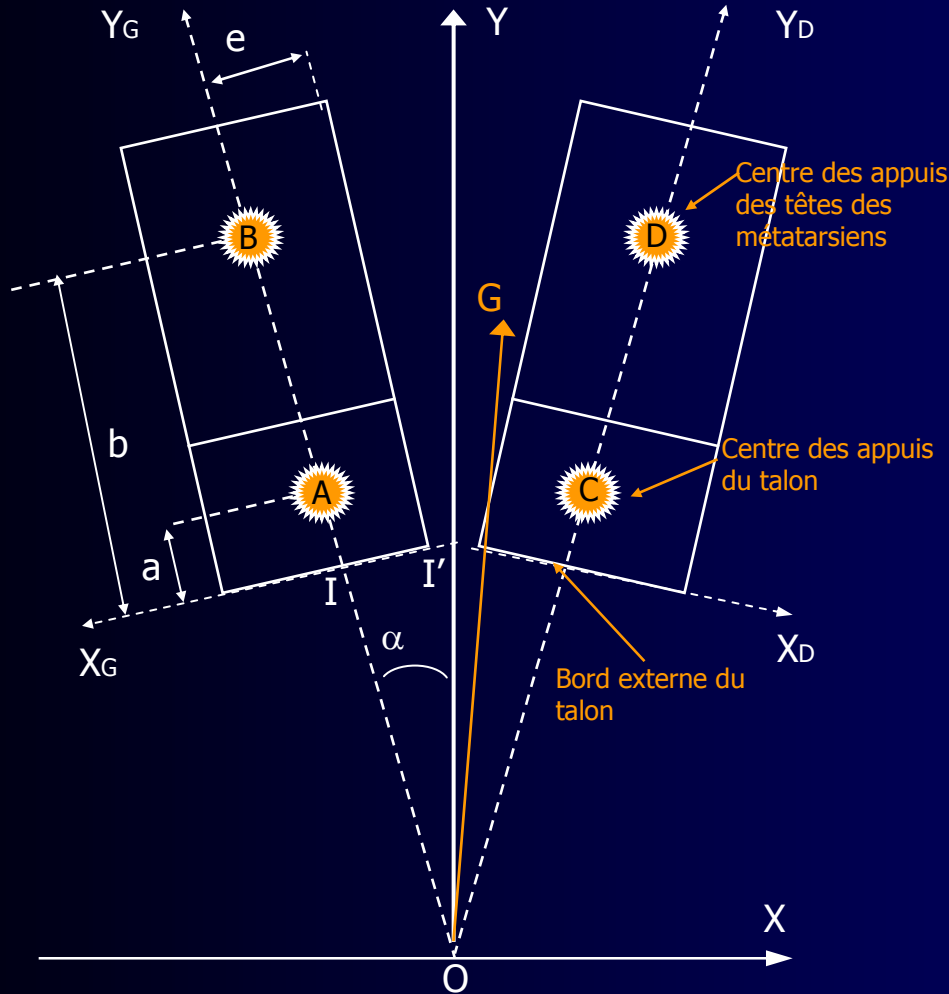
Coordonnées de la résultante F

$$X = \frac{F_G X'_G + F_D X'_D}{F_G + F_D}$$

$$Y = \frac{F_G Y'_G + F_D Y'_D}{F_G + F_D}$$

Reconstruction du Stato-kinésigramme

- A partir des données de quatre plaques à un ou plusieurs capteurs



$$\overrightarrow{OG} = \frac{\overrightarrow{OA} P_A + \overrightarrow{OB} P_B + \overrightarrow{OC} P_C + \overrightarrow{OD} P_D}{P_A + P_B + P_C + P_D}$$

Si on pose $OA = OC = t = OI + a$

$OB = OD = p = OI + b$

$OI = II' / \tan \alpha$

$P_T = P_A + P_B + P_C + P_D$

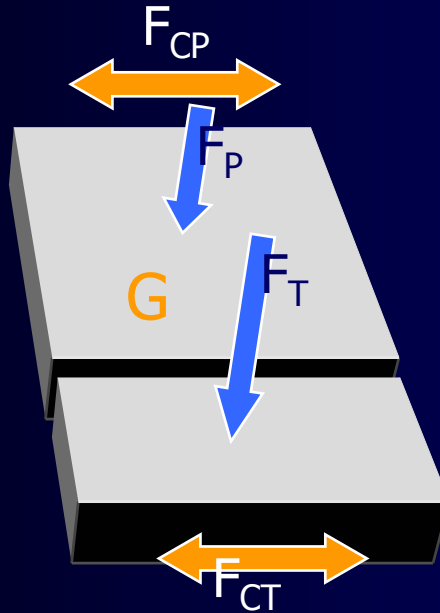
$$G_X = \frac{1}{P_T} \sin \alpha [t(P_C - P_A) + p(P_D - P_B)]$$

$$G_Y = \frac{1}{P_T} \cos \alpha [t(P_C + P_A) + p(P_D + P_B)]$$

Degrés de liberté

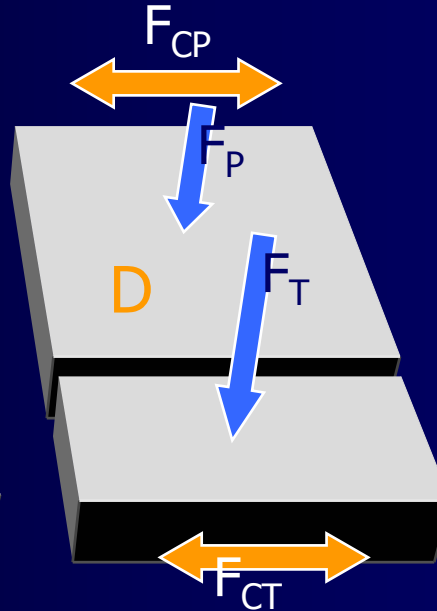
Pied gauche

- tangage
- lacet
- dérive



Pied droit

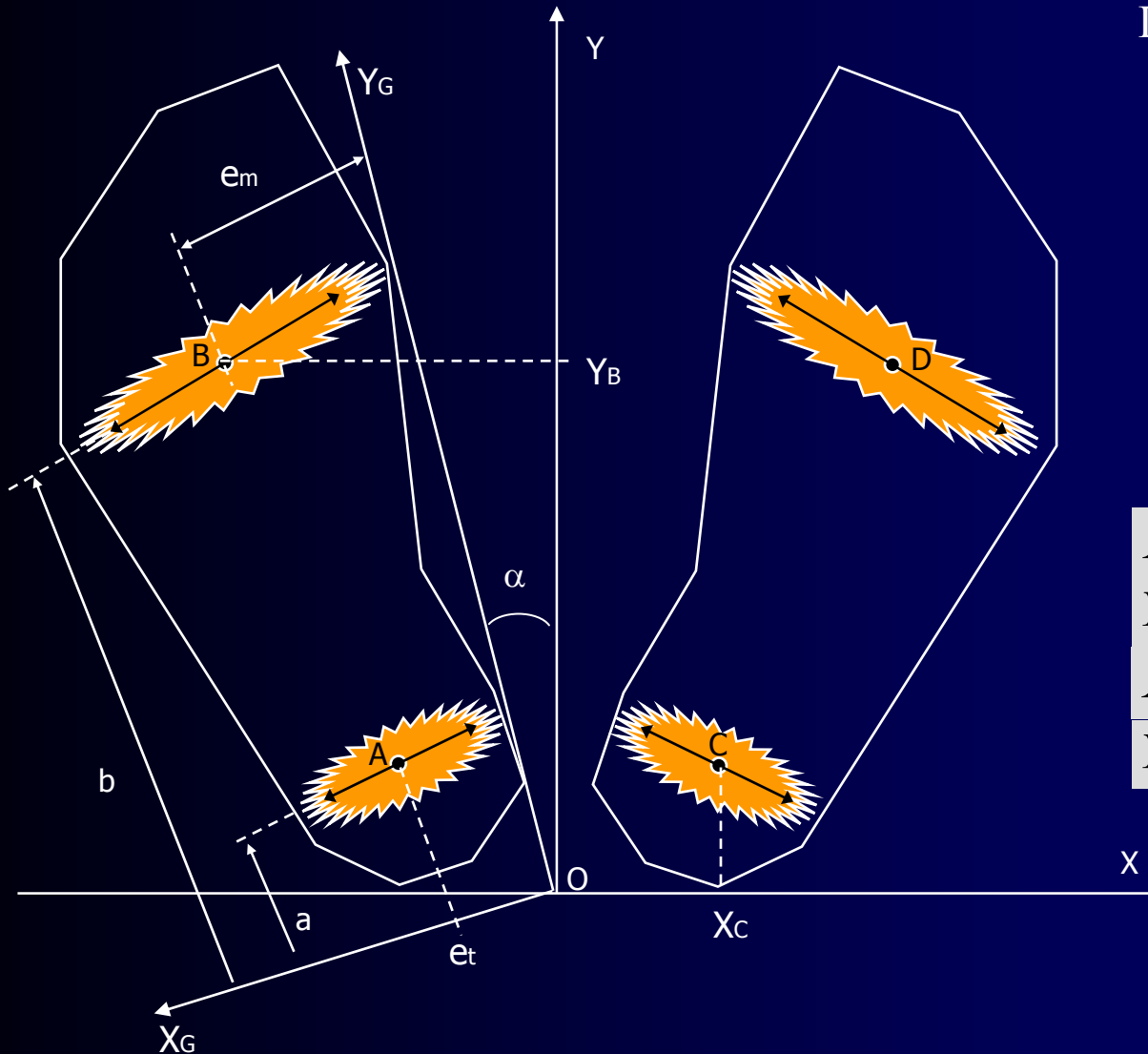
- tangage
- lacet
- dérive



roulis du sujet assimilé à un pendule inversé

Stato-kinésigramme de chaque pied

Excursion du centre de pression le long de la ligne des têtes des métatarsiens et du talon



Dans le référentiel $X_G O Y_G$

$$A_X = \frac{e_t(P_A - P_C)}{P_A + P_C} + e_t$$

$$B_X = \frac{e_m(P_B - P_D)}{P_B + P_D} + e_m$$

$$A_y = a$$

$$B_y = b$$

Dans le référentiel XOY

$$X_A = -A_X \cos \alpha - A_Y \sin \alpha$$

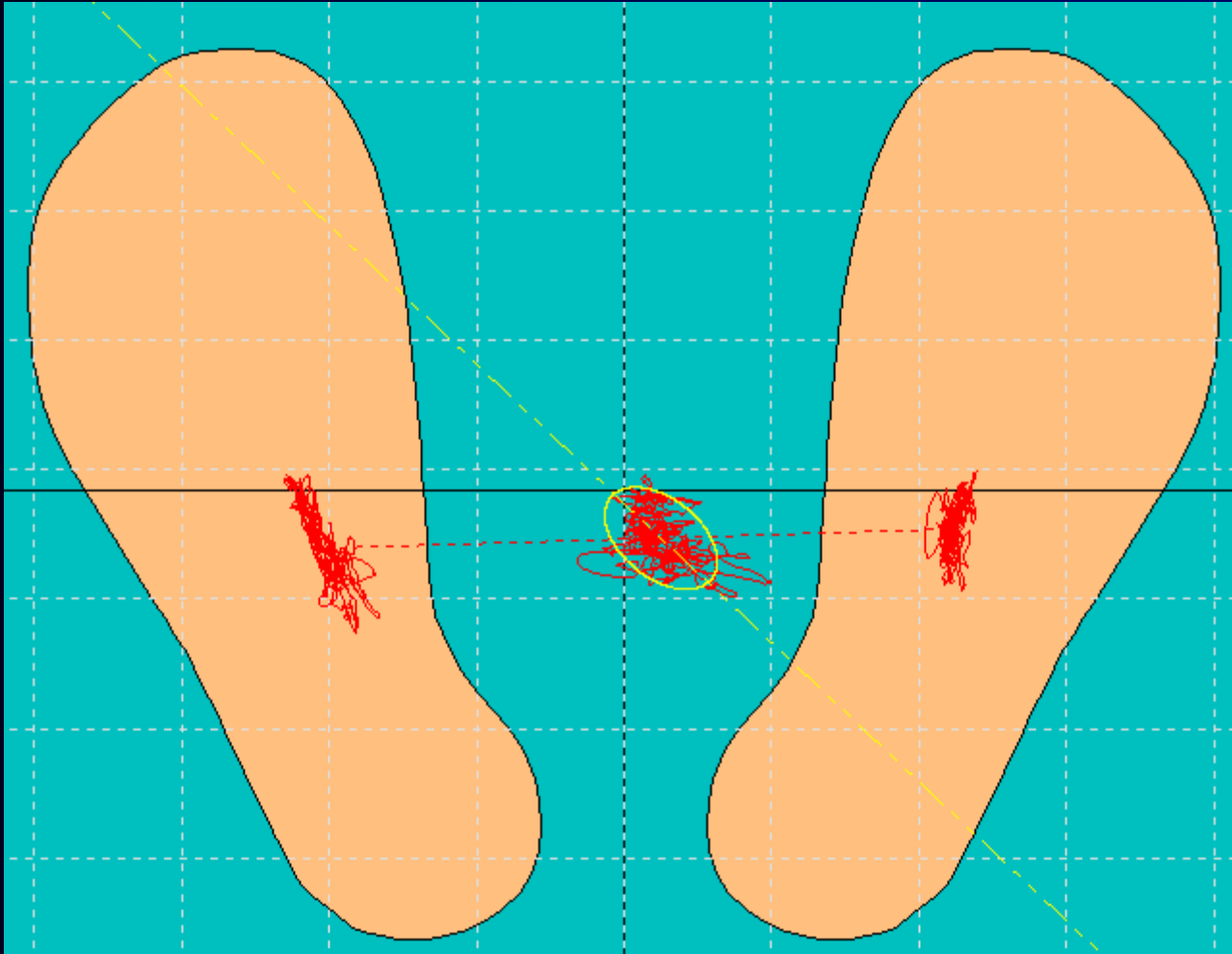
$$Y_A = -A_X \sin \alpha + A_Y \cos \alpha$$

$$X_B = -B_X \cos \alpha - B_Y \sin \alpha$$

$$Y_B = -B_X \sin \alpha + B_Y \cos \alpha$$

Construction des Stato-kinésigrammes

Le STKG central est topologiquement équivalent à celui obtenu sur plate-forme.



Ceux de droite et de gauche sont construits à partir des oscillations sagittales de chaque pied et des oscillations frontales du sujet assimilé à un pendule inversé

Les sabots dynamométriques

Disposition libre

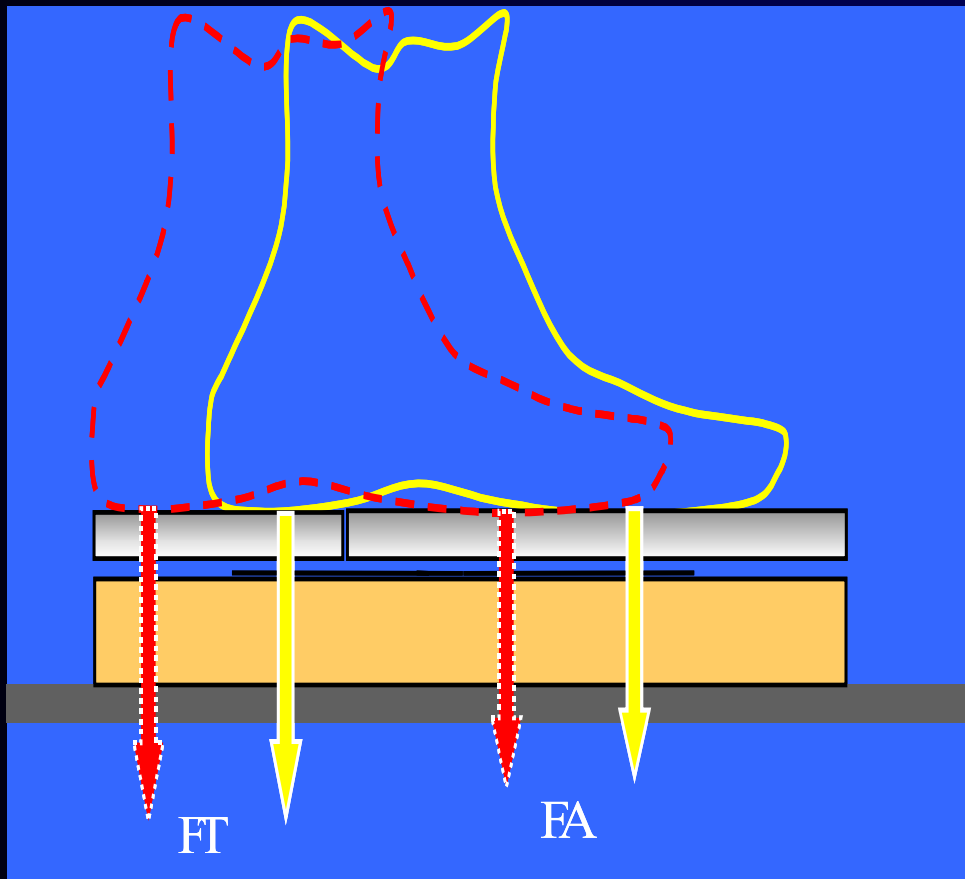


Disposition selon normes AFP



Gabarit de
positionnement

Caractéristiques remarquables des sabots



Monobloc



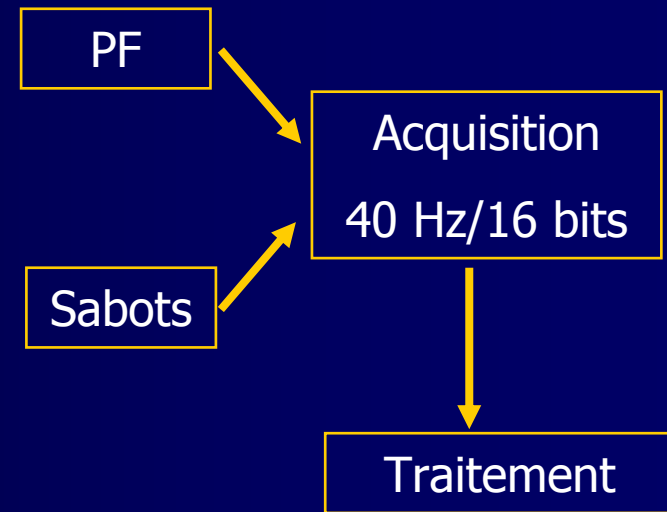
- Robustes

Pas de :

- contraintes thermiques,
- frottements,
- points durs, hystérésis
- Forces quasi-indépendantes de leur points d'application
- Calibrage aisé

Étude comparative PF-Sabots : protocole

- Les sabots sont positionnés sur la plate-forme.
- Les référentiels des systèmes sont superposés

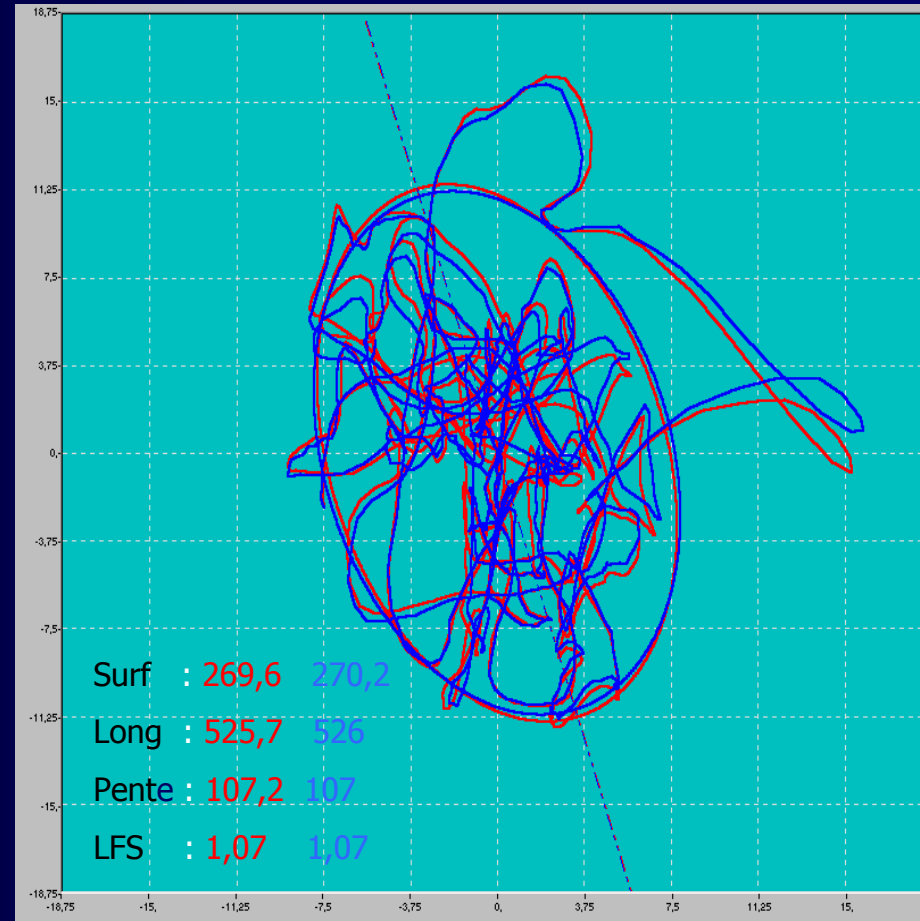
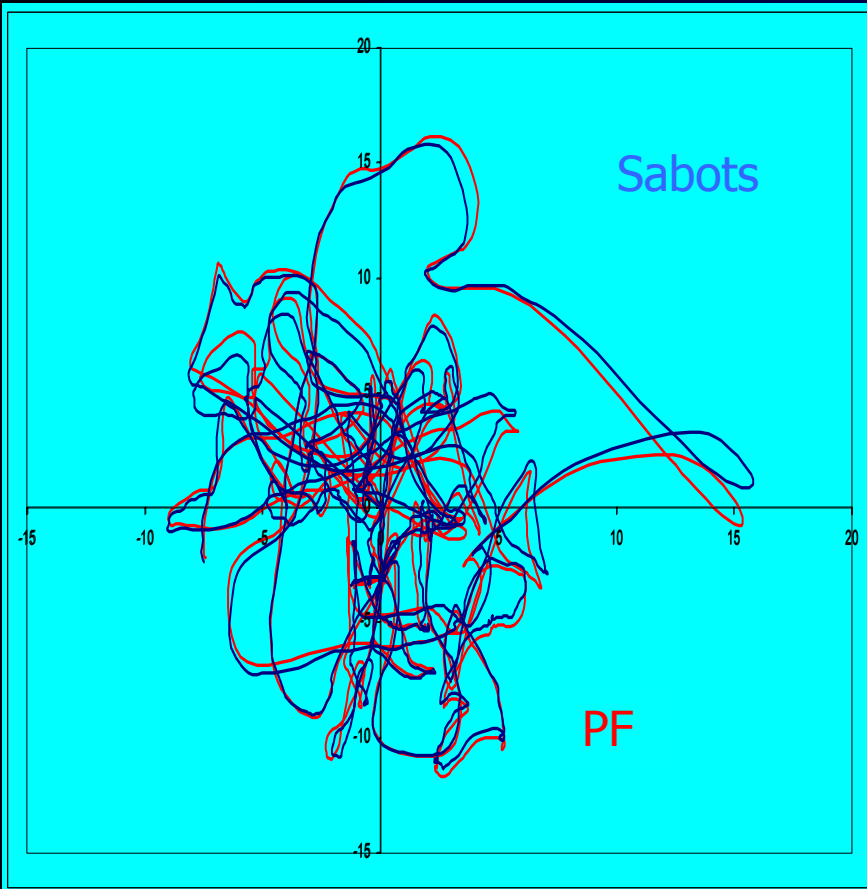


Étude comparative PF-Sabots : Les statokinésigrammes et ellipses de confiance

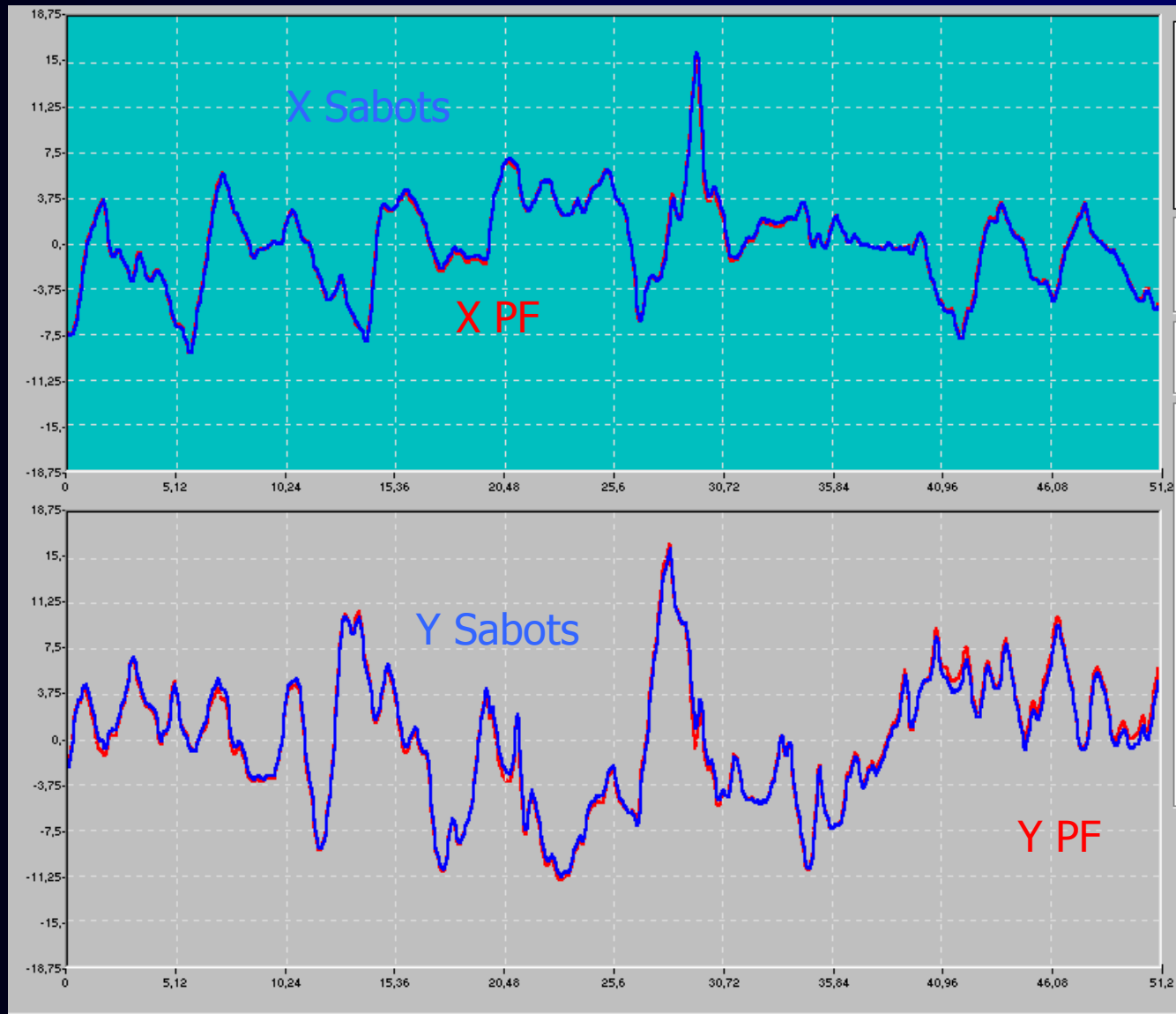
Sujet F. peinture 38

Superposition

Ellipses à 90%



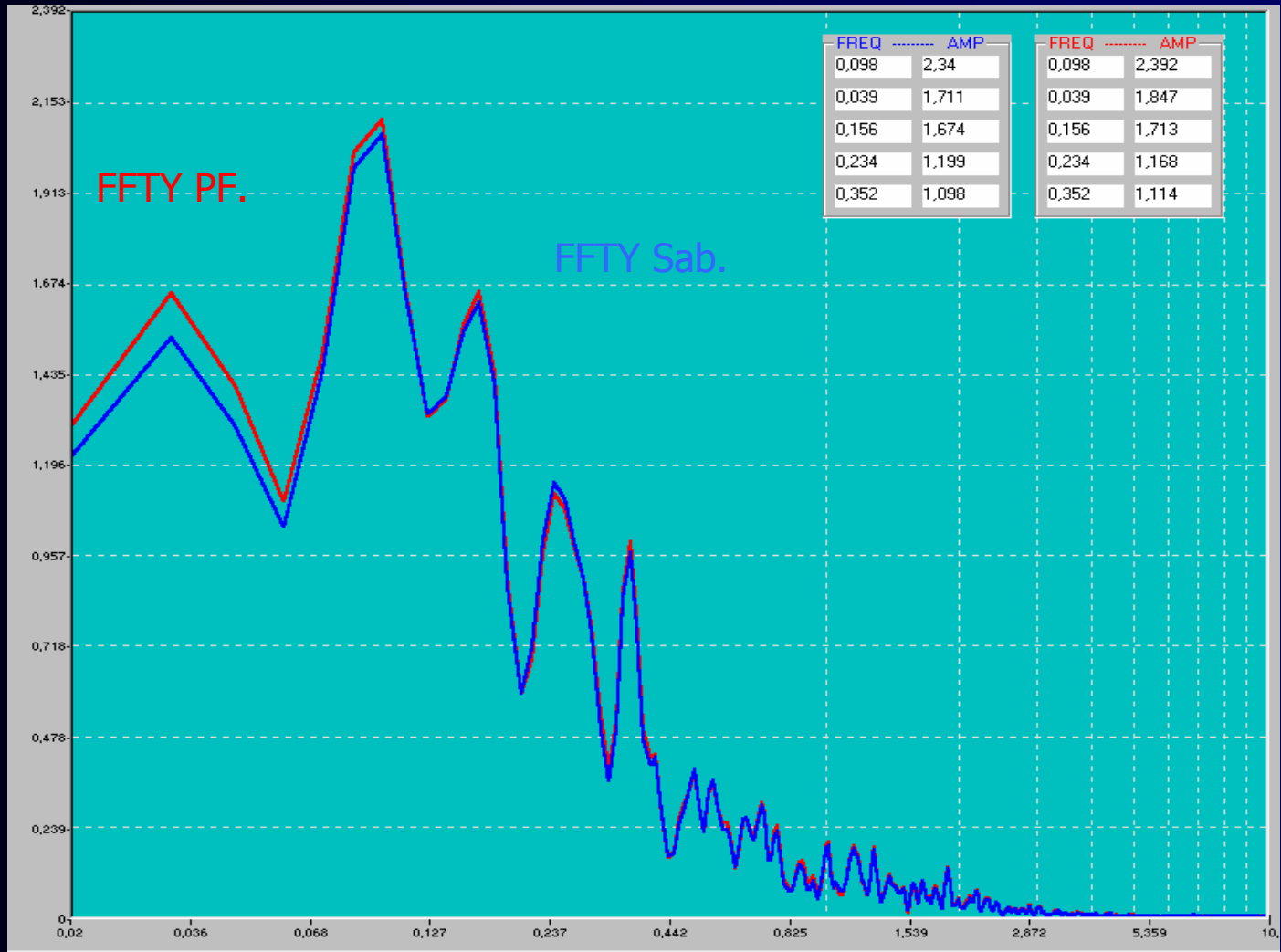
Étude comparative PF-Sabots : Les stabilogrammes



Étude comparative PF-Sabots : FFTX

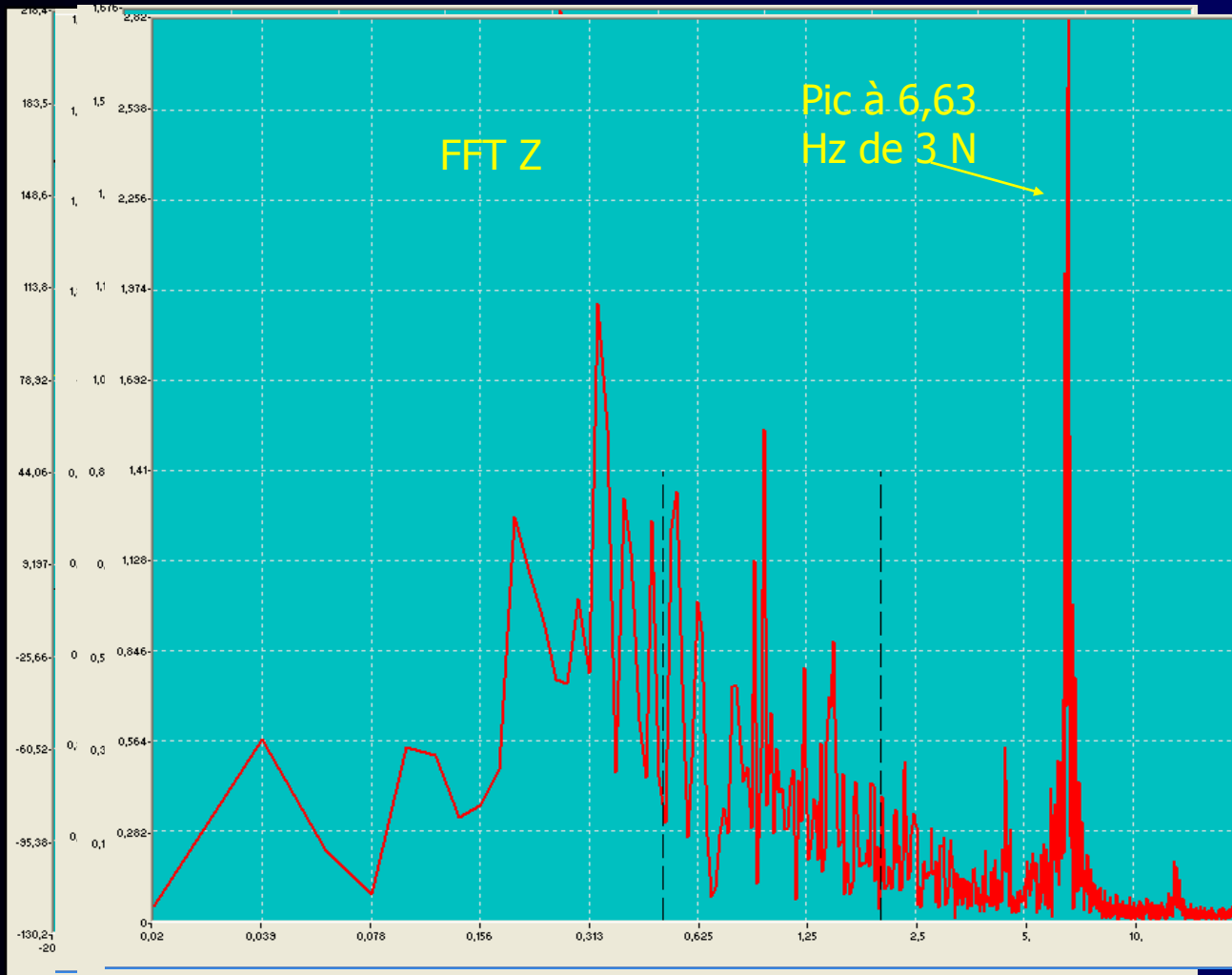


Étude comparative PF-Sabots : FFTY



Cas clinique (Sabots)

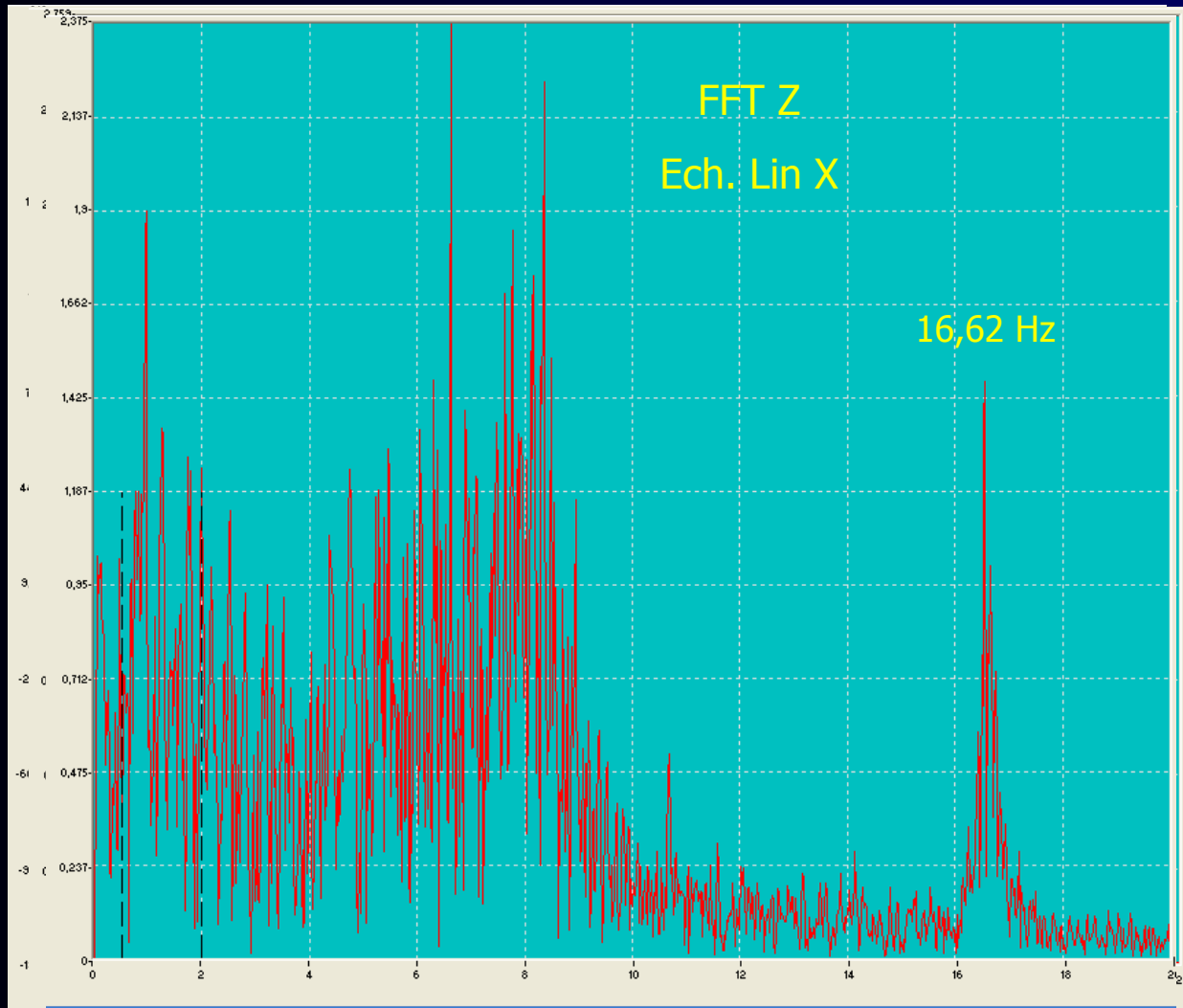
*Patient Chap., homme 31 ans: fente syringomyélique de D5 à D10 ;
Babinski gauche ; syndrome pyramidal gauche*



- Asymétrie 42/58%
- $S=730 \text{ mm}^2$
- Var.Vit = 360

Cas clinique (Sabots)

Patient Joy., F 47 ans: Tremblements évalués entre 14 et 16 Hz à St-Antoine

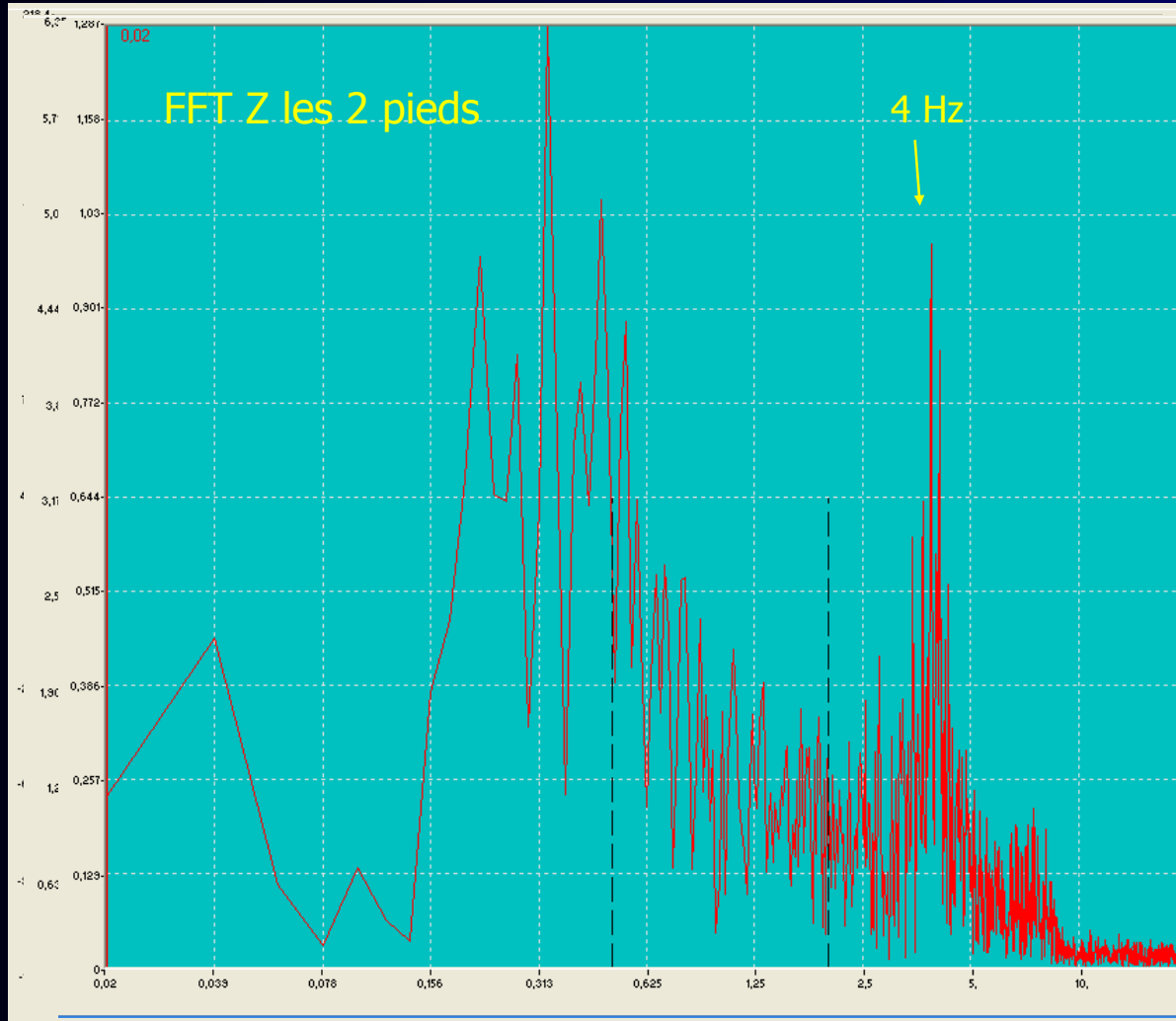


- Asymétrie 40/60%
- $S=1545 \text{ mm}^2$
- Var.Vit = 1962

Patient de Lionel Barbier

Cas clinique (Sabots)

Patient Kwar., homme 81 ans: Tremblements ; Parkinson? ; Clonus ?



- Asymétrie 53/47 % ;
Ag/Tg : 34/19 %
Ad/Td : 40/7 %
- S=484 mm²
- Var.Vit =156

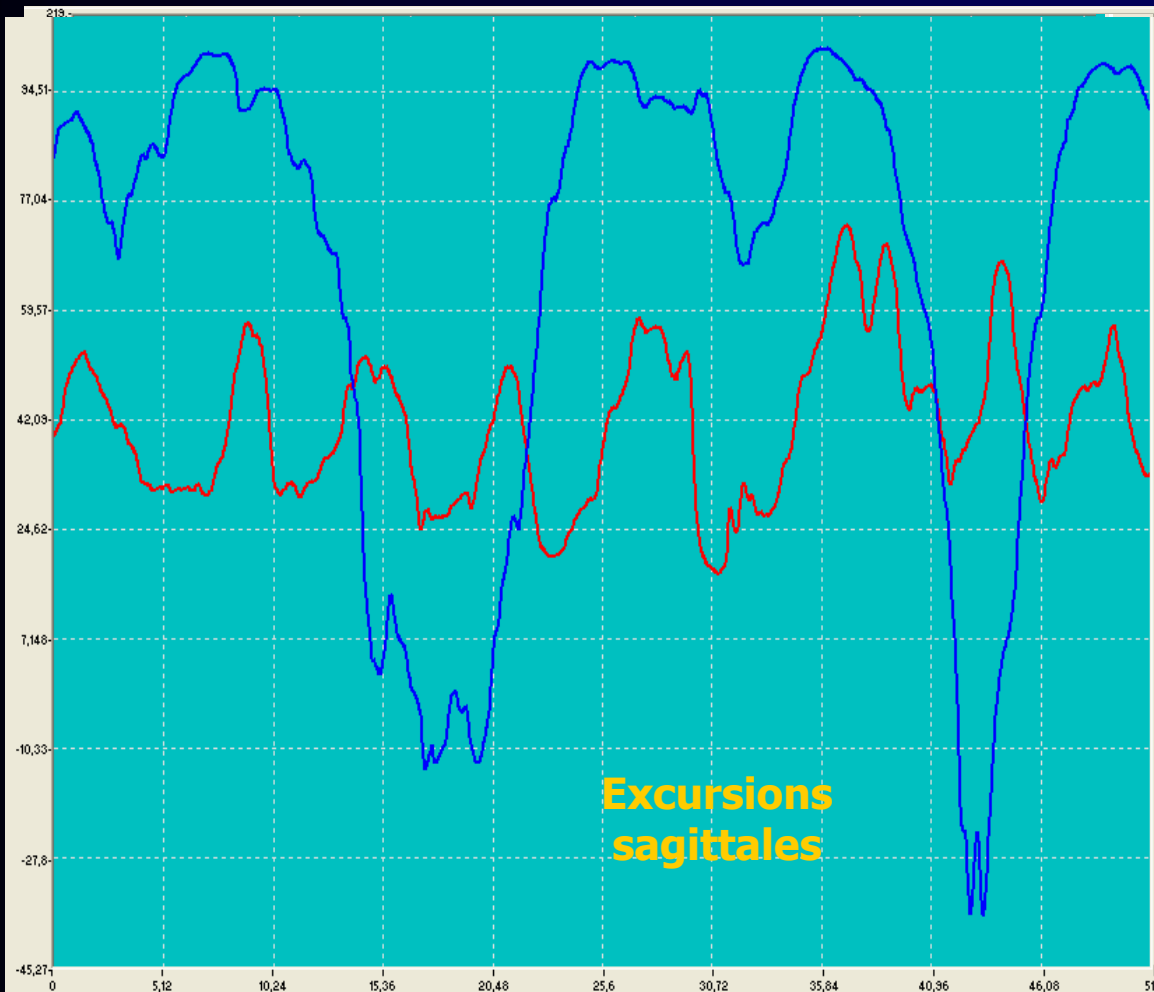
Patient de Lionel Barbier

Influence de la chaussure (Sabots)

Sujet Dur., JF 13 ans: pieds nus et baskets

P.Nus

Baskets



Pat / Nu

2 / 2

2 / 4

Yeux

fermés

fermés

Xmoy

-1,218

4,432

Ymoy

41,56

66,15

Surface

815,2

6108,

Longueur

764,3

1090,

LongX

336,2

573,

LongY

618,8

788,9

Pente

83,25

86,58

AN02X

18,8

29,95

AN02Y

38,01

11,85

LFS

0,821

0,017

QRBG

31,62

236,9

VFY

6,636

9,472

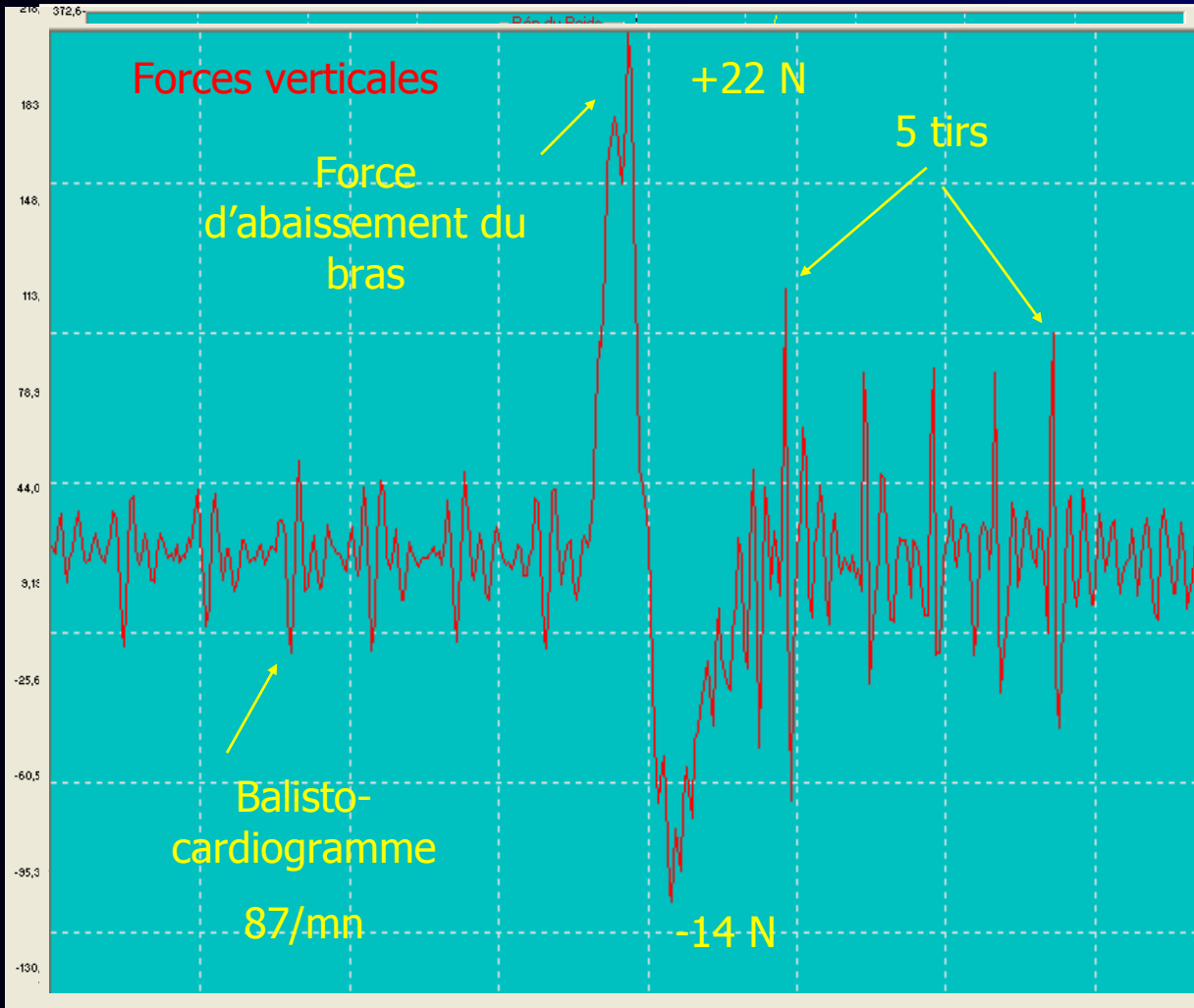
Var.Vit

131,2

281,7

Tireur d'élite (Sabots)

Sujet Ber., H 30 ans: pieds nus



Position normalisée
(51,2 sec)

- Bonne stabilité et symétrie

Position Tir (12,8 sec)

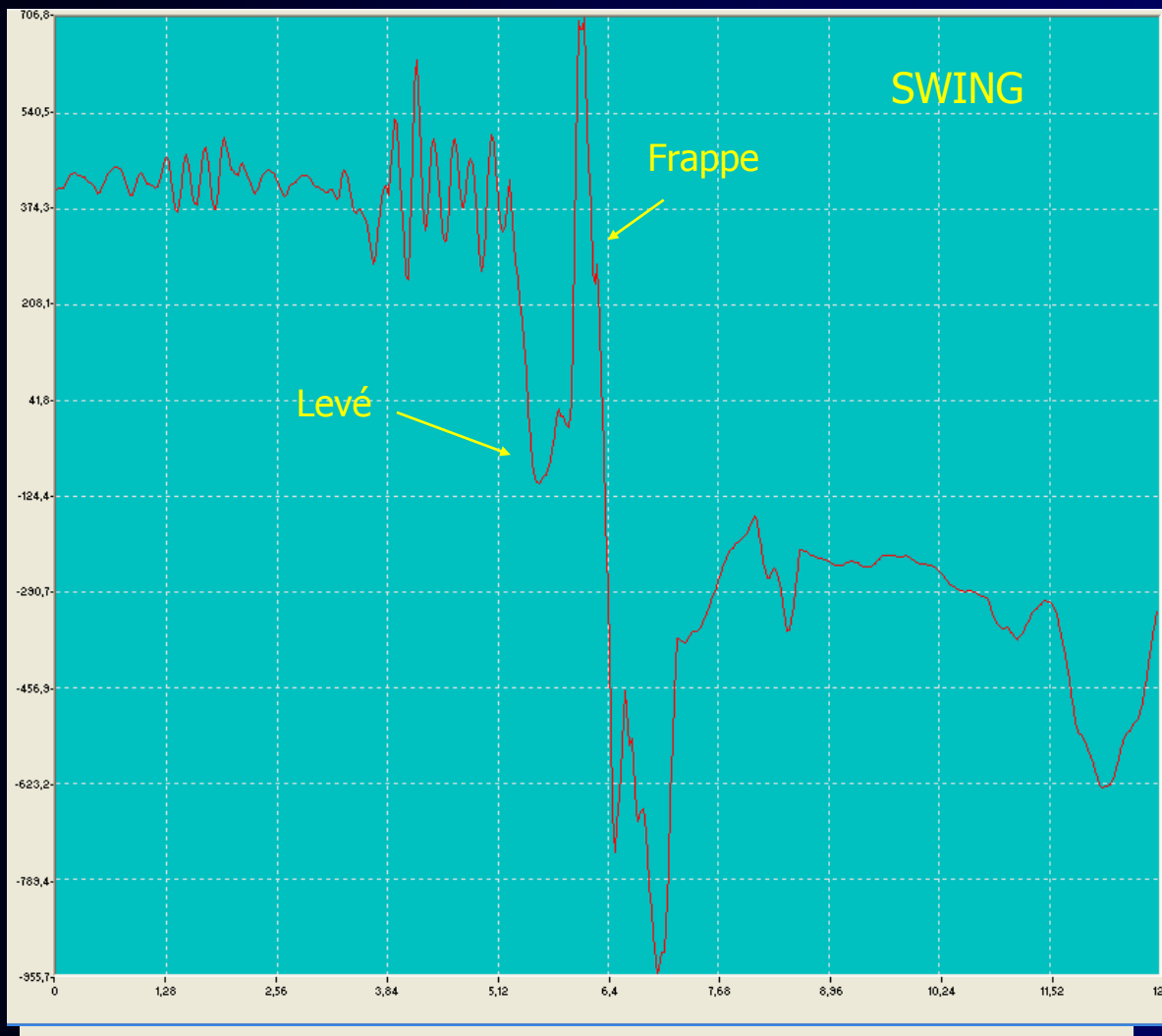
- Asymétrie 43/57 %

Position Tir (12,8 sec)

- Analyse des forces verticales

Golfeur (Sabots)

Sujet H 41 ans: pieds nus



Position normalisée
(51,2 sec)

- Bonne stabilité et symétrie

Swing (12,8 sec)

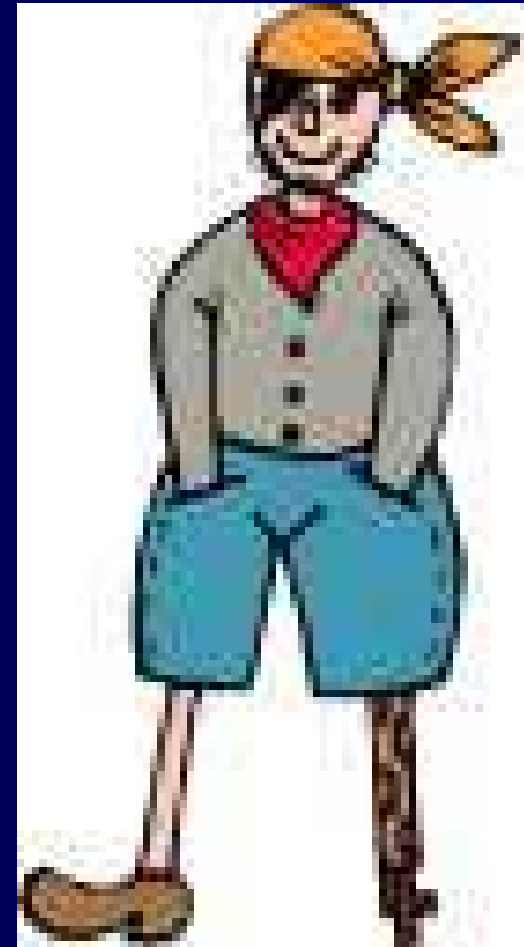
- Asymétrie 65/35 %

Swing (12,8 sec)

- Analyse des forces verticales

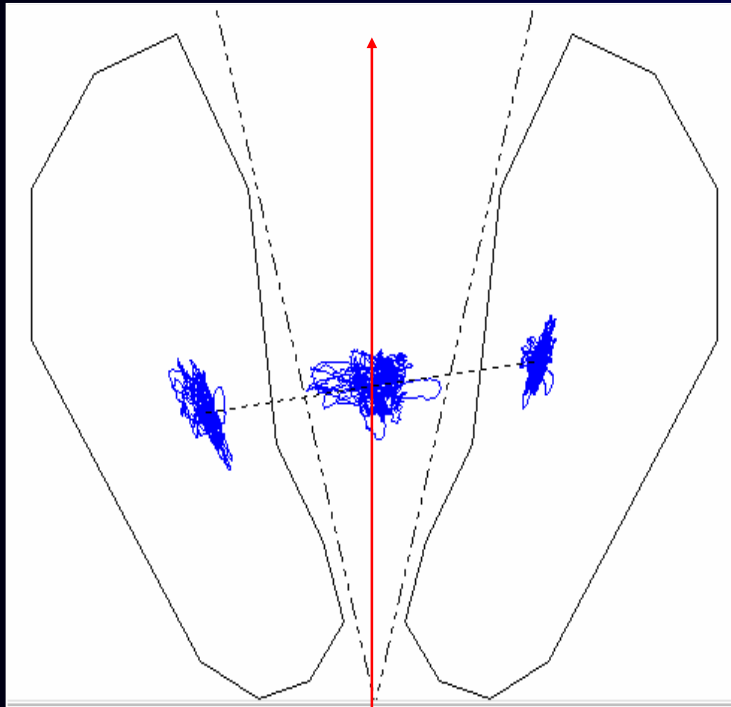
Pied Pilier-Pied Ballant : quels critères?

- Activité posturale Pied Ballant > Pied Pilier ?
 - tactique de la « Jambe de bois »
- Sur plate-forme, un seul indice : X moyen
- Sur semelles : tous les indices

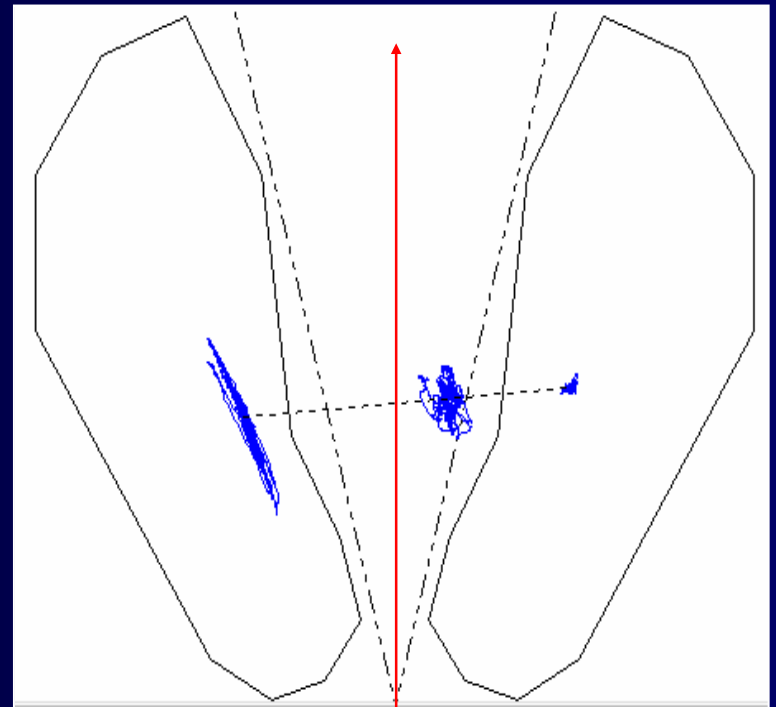


Premiers résultats n : 66

Notion de « Pied Pilier-Pied Ballant »?



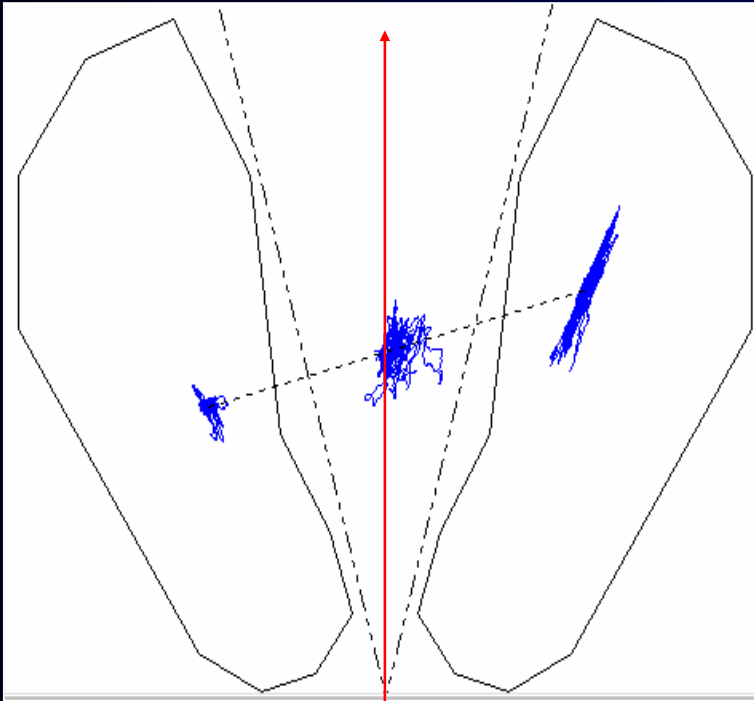
X centré ; Pilier alterné



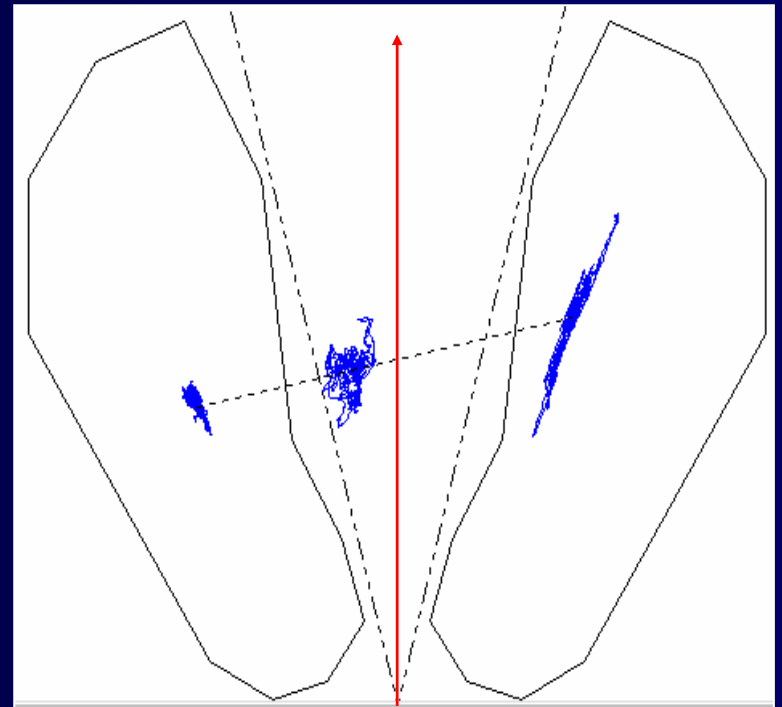
X droit ; Pilier droit

Premiers résultats n : 66

Notion de « Pied Pilier-Pied Ballant »?



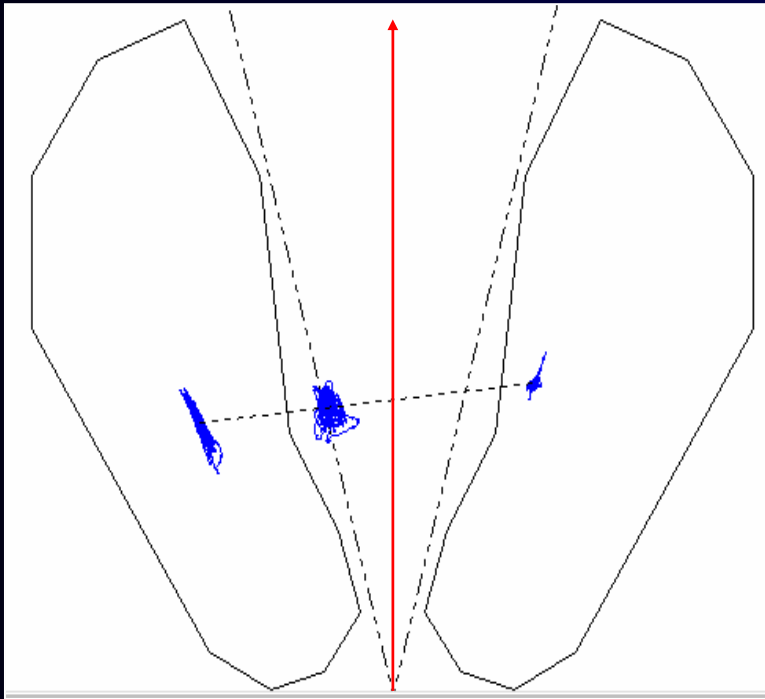
X droit ; Pilier gauche



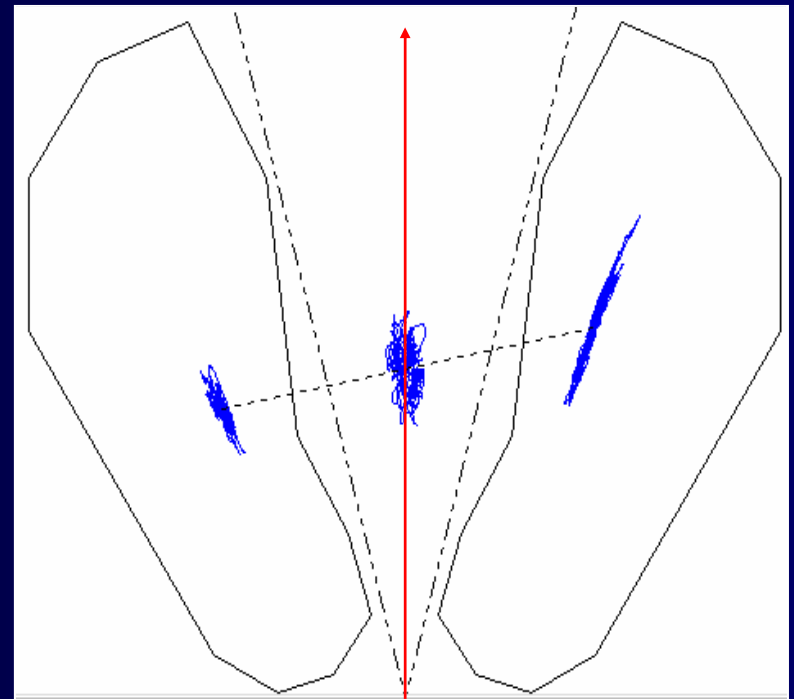
X gauche ; Pilier gauche

Premiers résultats n : 66

Notion de « Pied Pilier-Pied Ballant »?



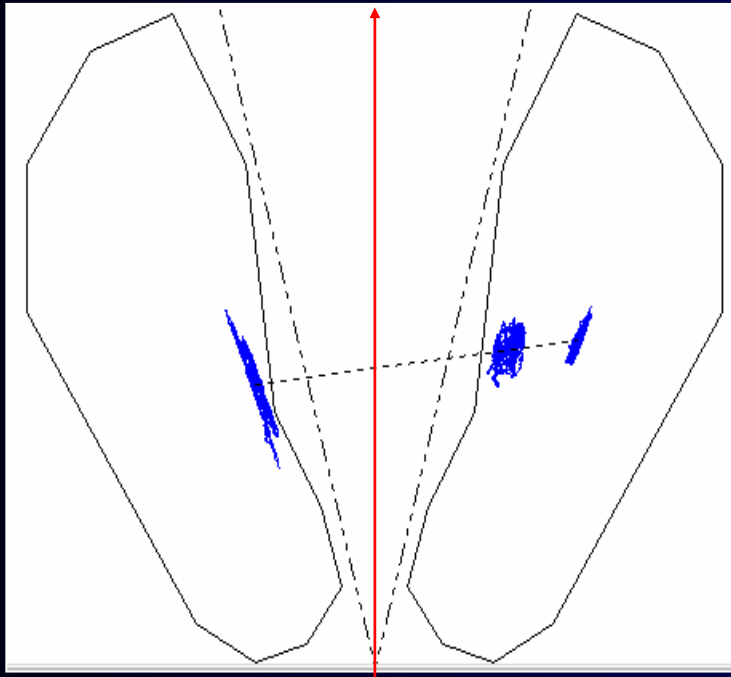
X gauche ; Pilier droit



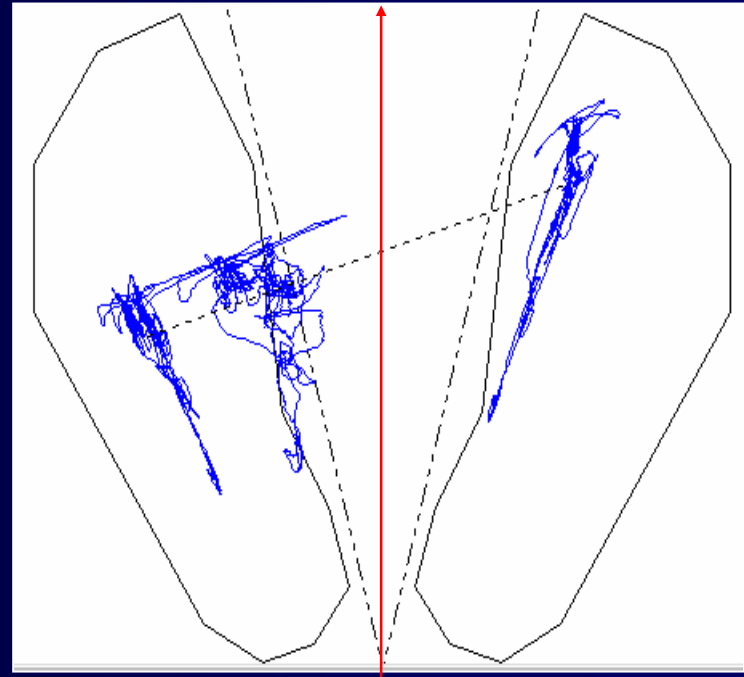
X centré ; Pilier gauche

Premiers résultats n : 66

Notion de « Pied Pilier-Pied Ballant »?



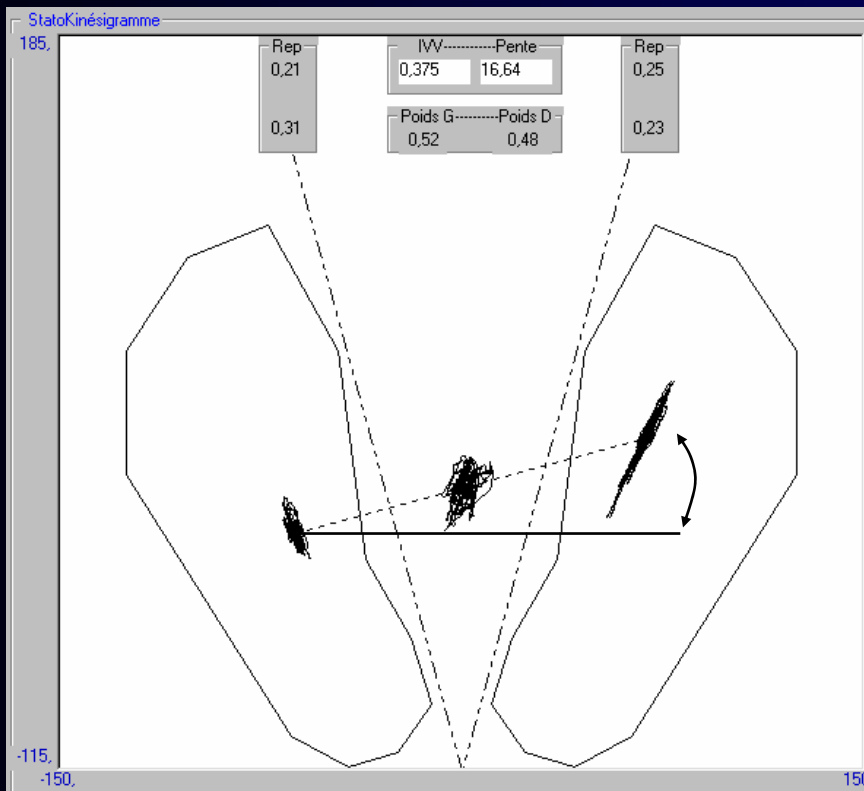
Appui quasi unipodal



Instabilité bi-podale

Pied Pilier-Pied Ballant : Indices proposés

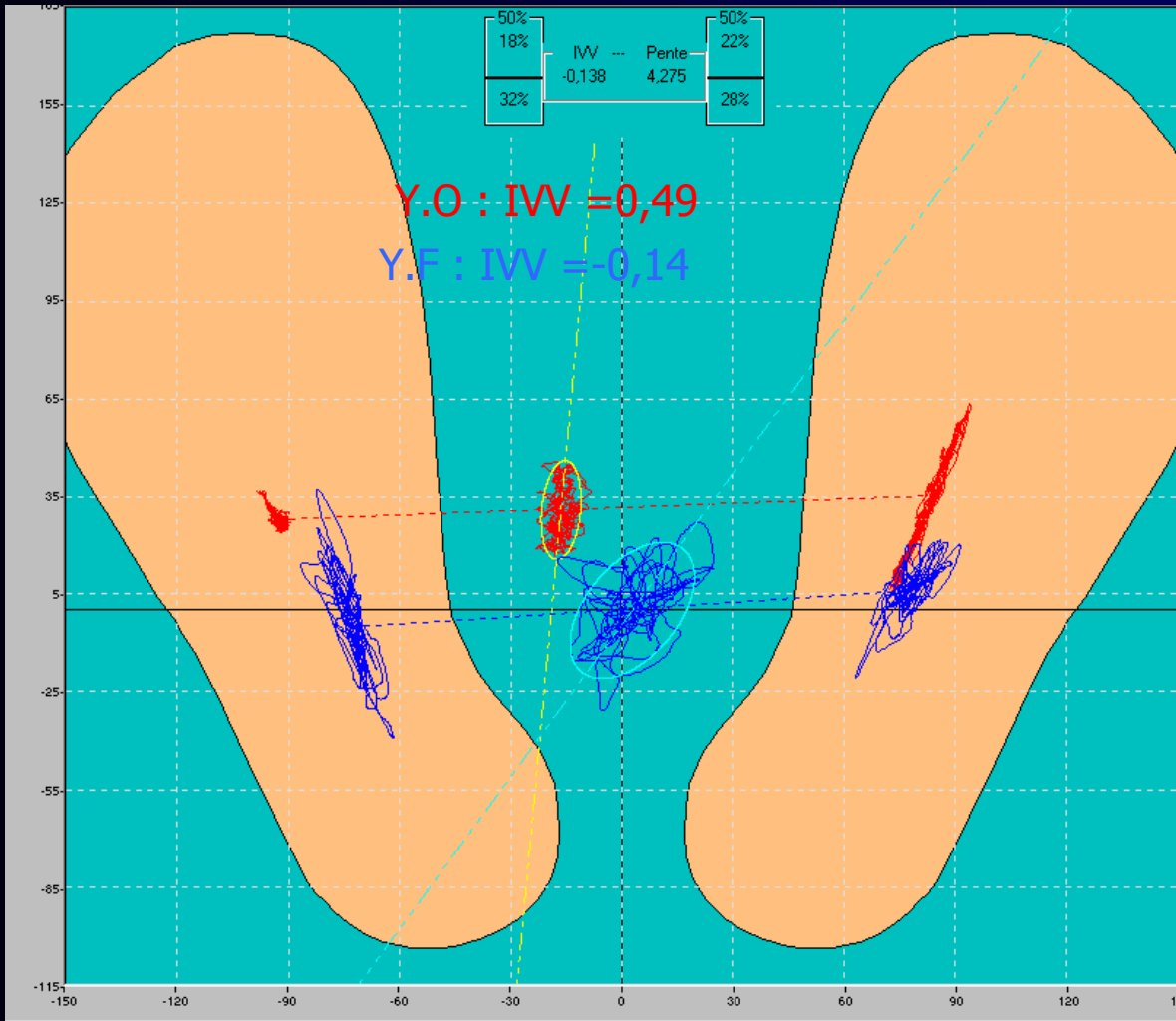
- Indice de placement moyen (IPM) → pente de la droite des X moyens
- Indice de vitesse (IVV) i.e entre la variance de la vitesse du pied droit (VVD) et la variance de la vitesse du pied gauche (VVG)



$$IVV = (VVD - VVG) / (VVD + VVG)$$

Cette variable (centrée et réduite) varie de -1 à +1

Pied Pilier-Pied Ballant : stratégie



- Y.O : pied Ballant droit
- Y.F : pied Ballant gauche

Premiers résultats

Sur une population 66 enfants de la classe d'âge 8/9 ans :

- Yeux ouverts :

IVV : Moyenne = 0,226 ; Écart-type = 0,198

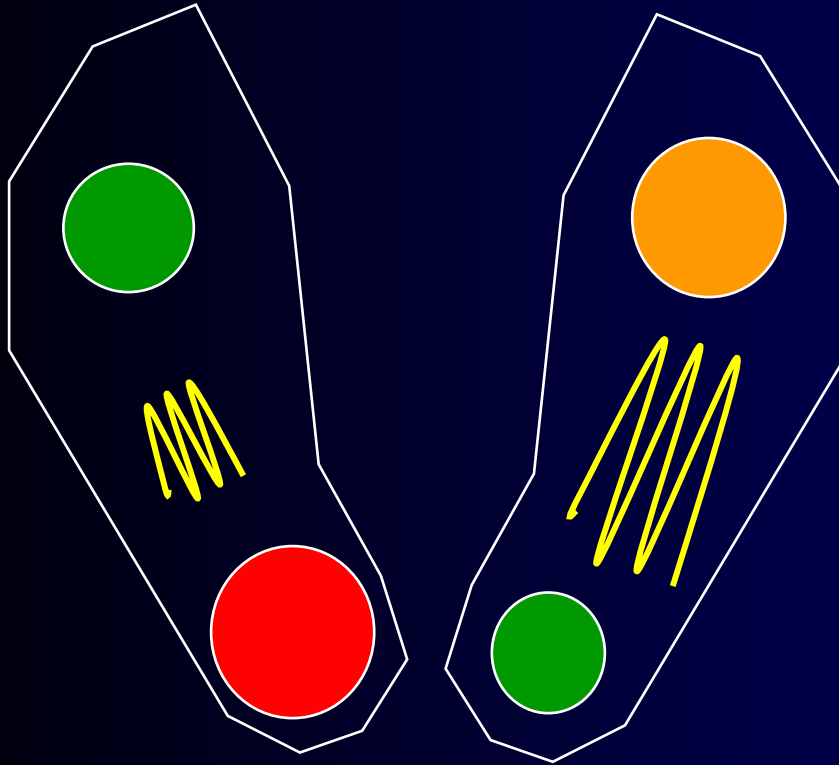
IPM : Moyenne = 12,08 °; Écart-type = 5,11°

- Yeux fermés :

IVV : Moyenne = 0,234 ; Écart-type = 0,18

IPM : Moyenne = 12,59 °; Écart-type = 5,33°

Conclusion



- Prédominance des appuis « talon gauche, avant-pied droit » : $IPM > 12^\circ$
- Le pied droit est plus « nerveux » : $IVV > 0,2$

Ces résultats demandent confirmation sur un effectif plus représentatif de la population.