

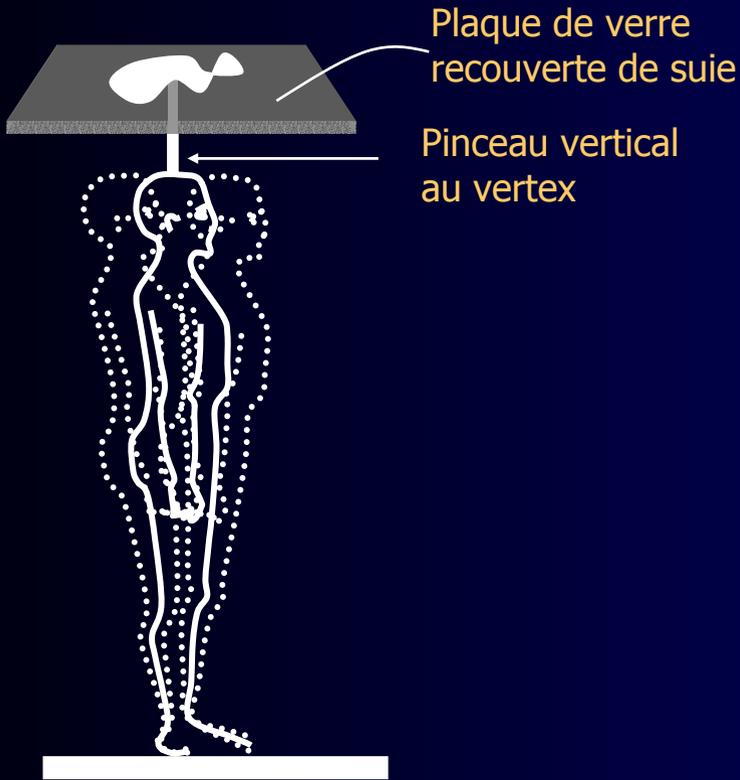
# Exploration de la posture

Maurice Ouaknine



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

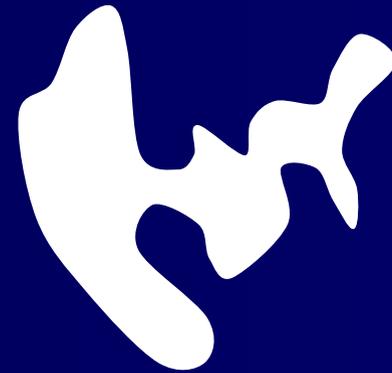
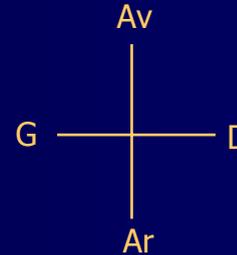
# Tenir debout par Karl Vierordt (1877)



## Oscillations du corps



Posture militaire  
yeux ouverts



yeux fermés

Stehen und Ortsbewegungen (Station debout et mouvements locaux)

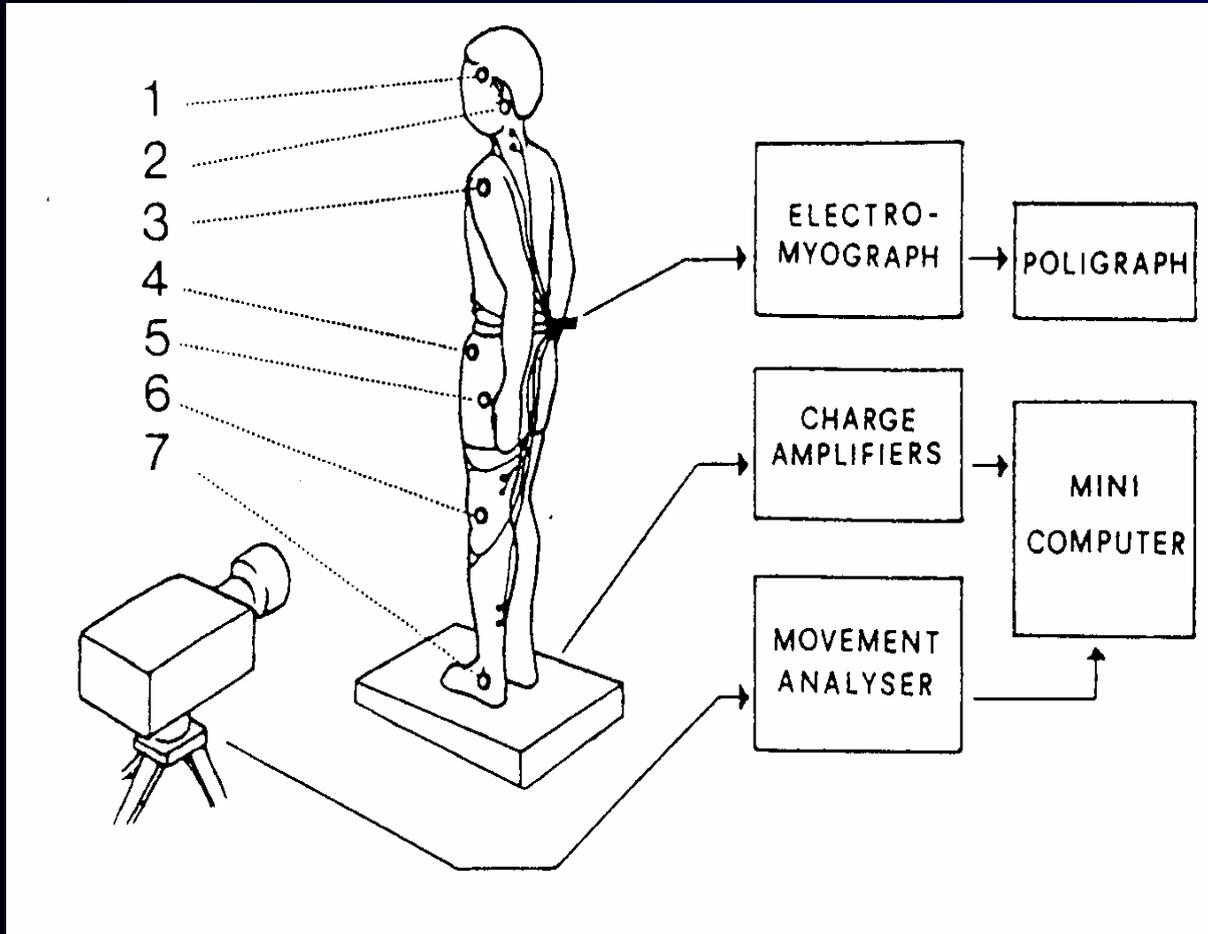
# Mesure mécanique de la distribution antéro-postérieure du poids



- 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*

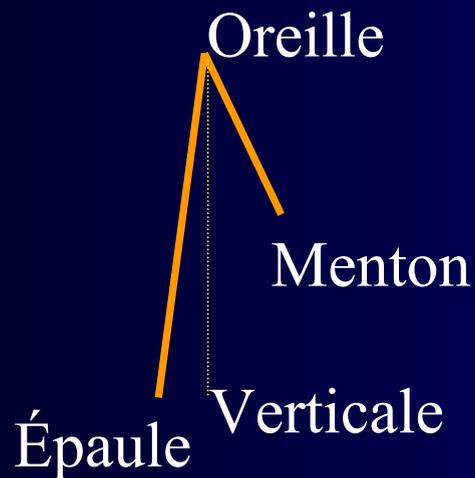
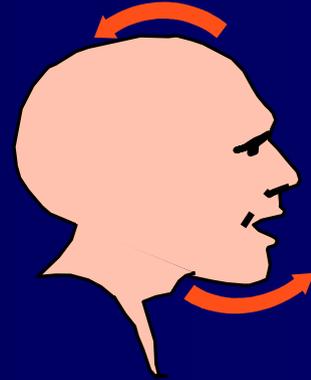
# Moyens d'analyse des variations posturales

- 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

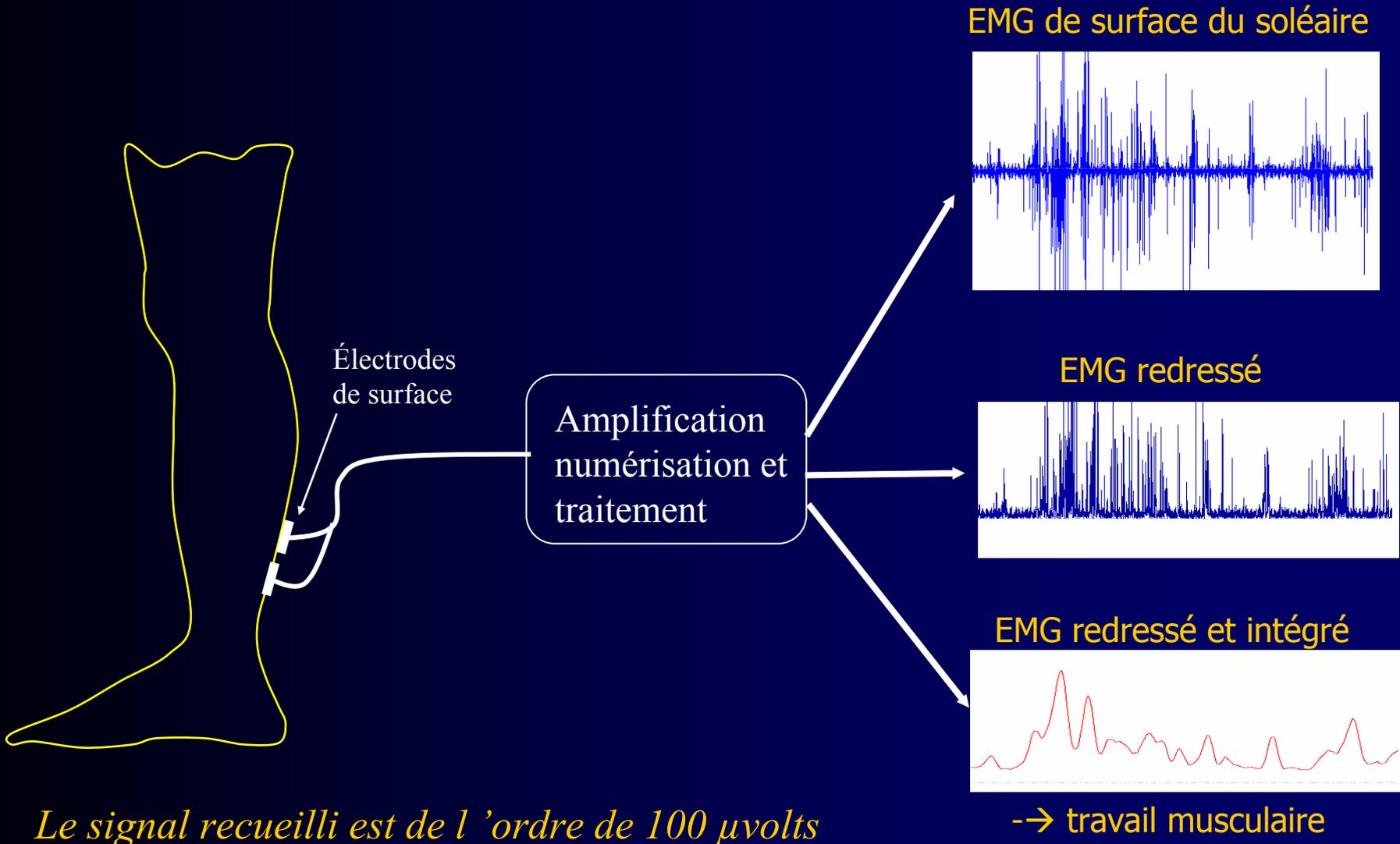
- Accélération , inclinaison



- Analyse cinématique (vidéo)

- Angles , segments

# Enregistrements EMG

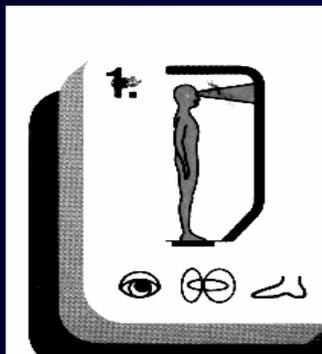


*Le signal recueilli est de l'ordre de 100  $\mu$ volts*

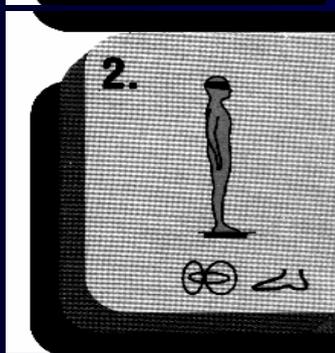
# STABILOMETRIE DYNAMIQUE

EQUITEST (Neurocom Int. Clakamas, Oregon)

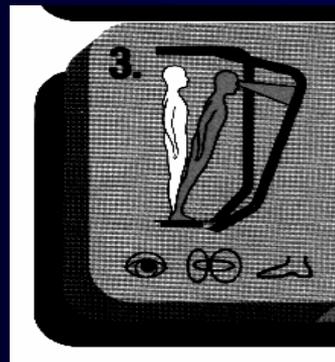
- 1: S. debout à l'aise sur P-F stable, bras le long du corps, Yeux ouverts



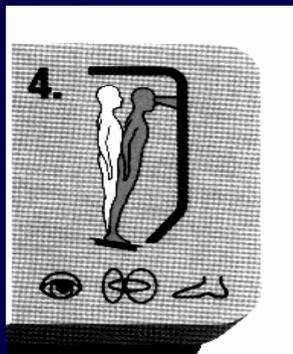
- 2: Idem mais Yeux fermés



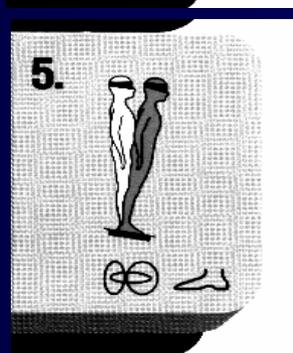
- 3: L'environnement visuel oscille en même temps que le sujet qui ne dispose alors que des entrées vestibulaires et somatosensorielles.



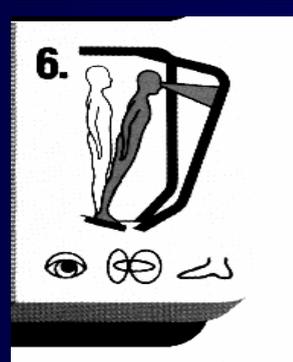
- 4: La P-F bascule de façon à annuler les oscillations du CdeF. L'angle de cheville est constant : Pas d'entrée somatosensorielle.



- 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

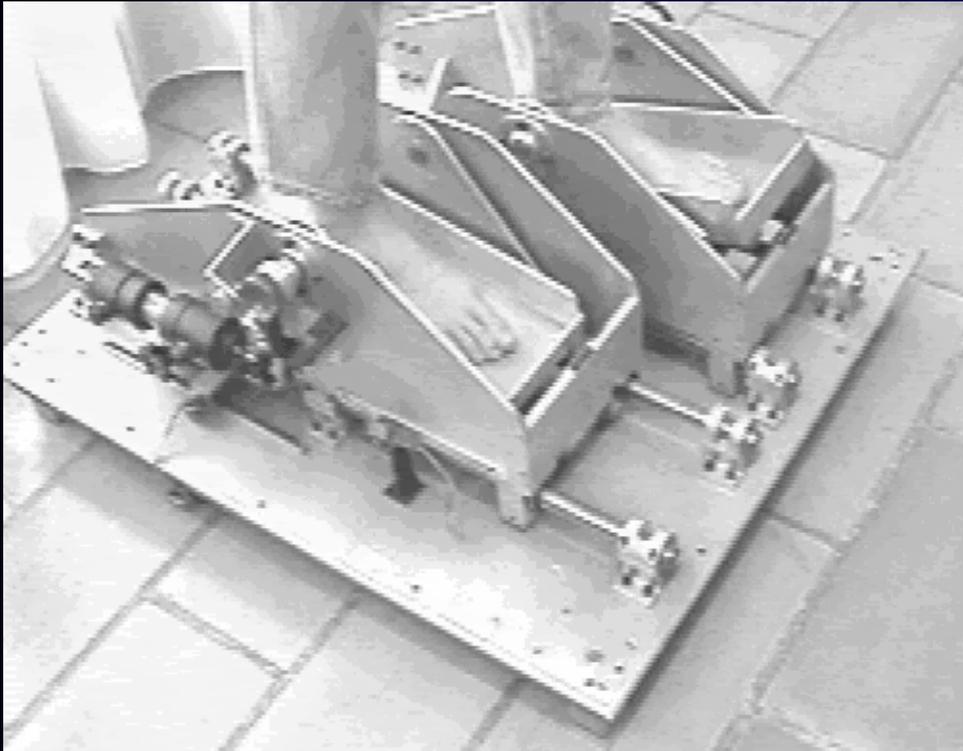
planche supportée par un segment de cylindre



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

# Plate-forme dynamique asservie expérimentale

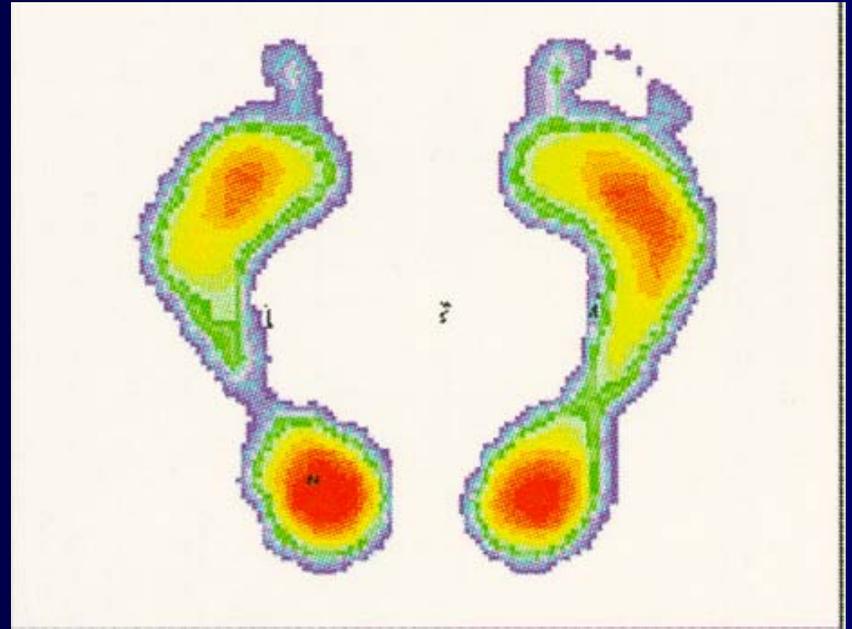
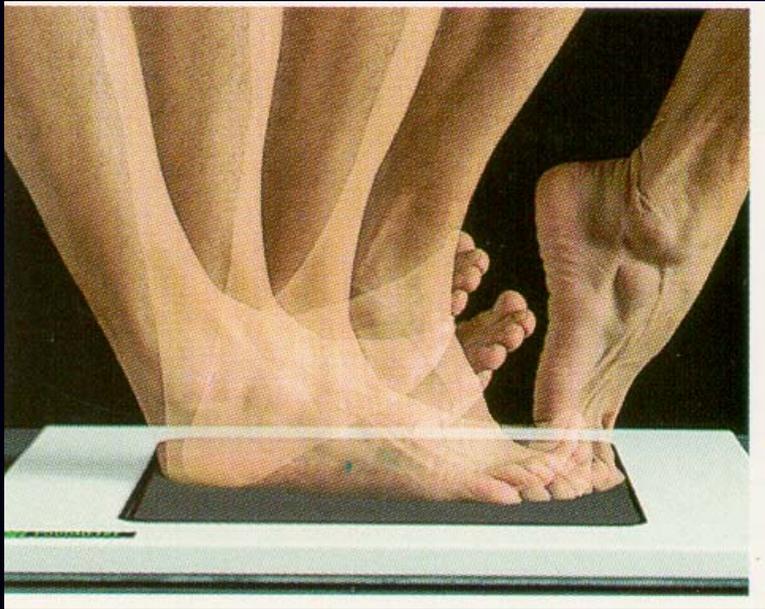
- mouvements de translation et de rotation pour chaque pied  $\Rightarrow$  4 degrés de liberté pilotés par ordinateur



- 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)

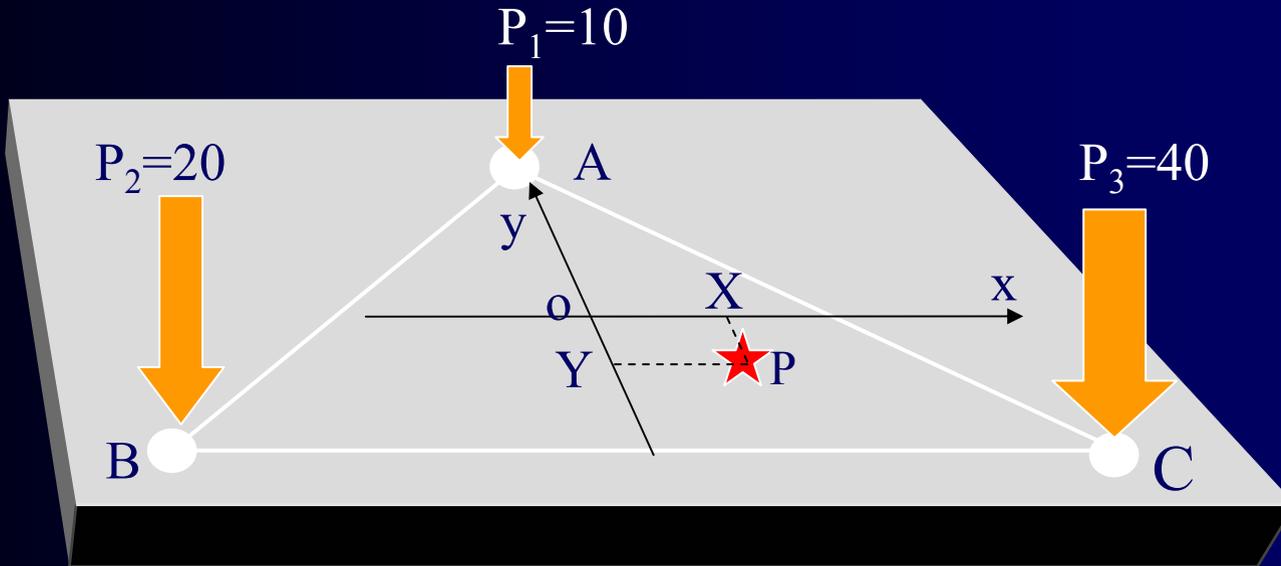
# Stabilométrie statique : protocole

*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

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

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

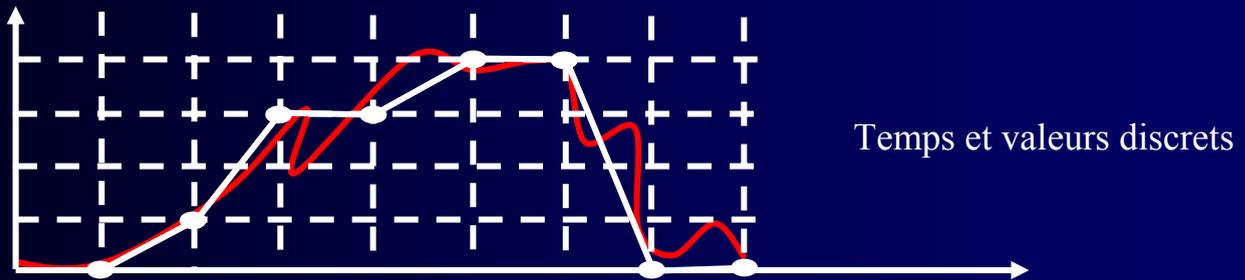
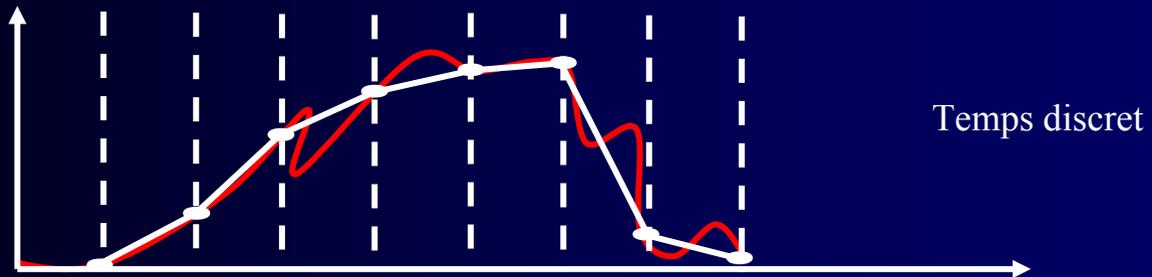
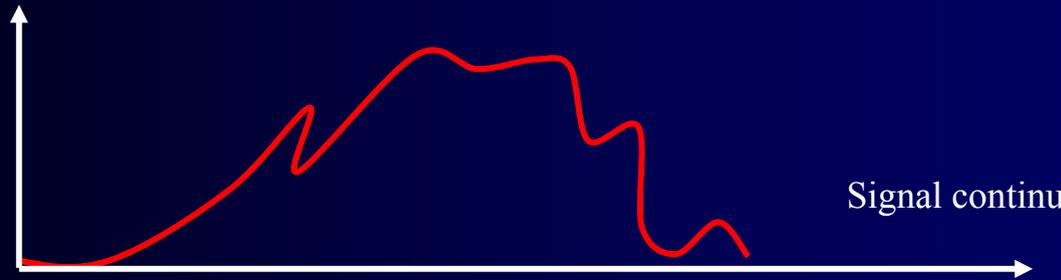
$$Y = \frac{l\sqrt{3}(2P_1 - (P_2 + P_3))}{6P_T}$$

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

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

# 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

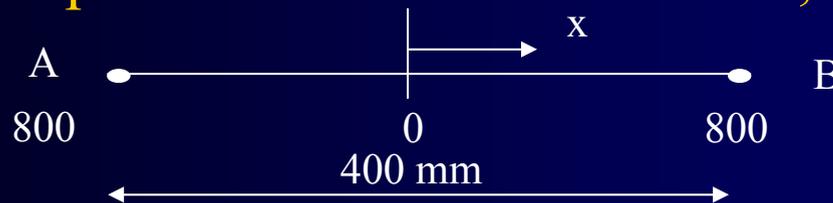
## 2 Conversion

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

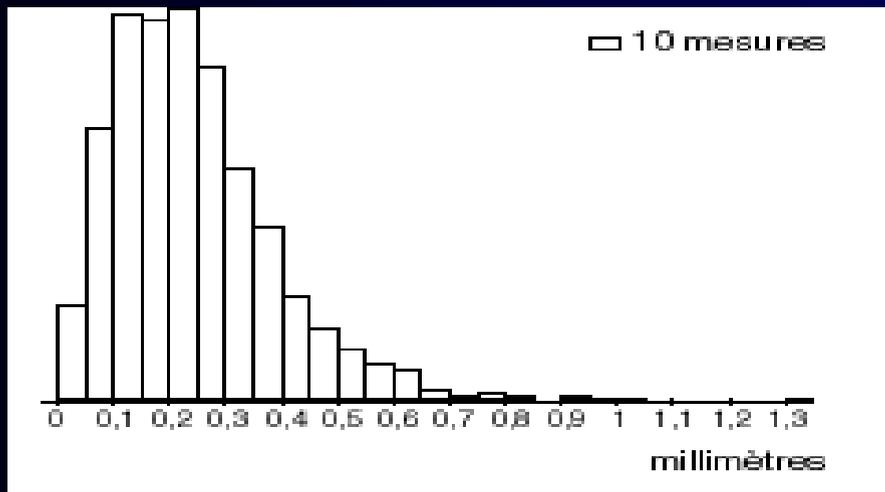
# Plate-forme de stabilométrie : normes AFP

## ➤ 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



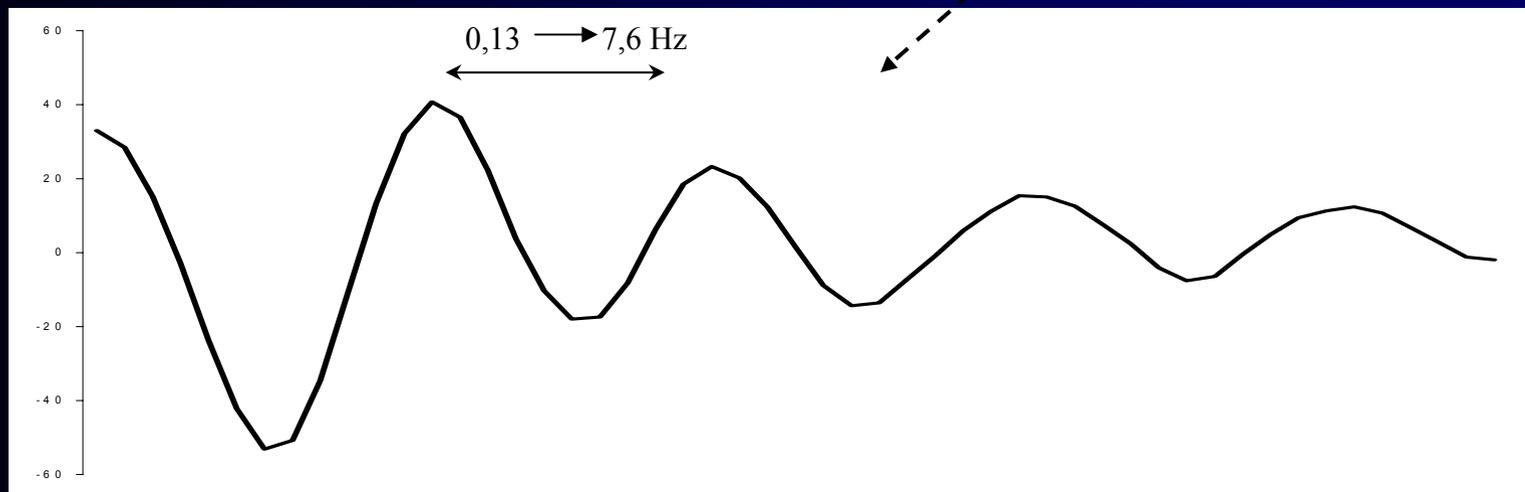
- Fe : 40 Hz
- Q : 16 bits (65536 points)

*Erreur théorique : 20  $\mu$*

*Erreur mesurée : 200  $\mu$*

*Histogramme des longueurs de déplacements élémentaires*

# Sensibilité de la plate-forme : Balisto-cardiogramme



*Réponse percussive endogène ?*

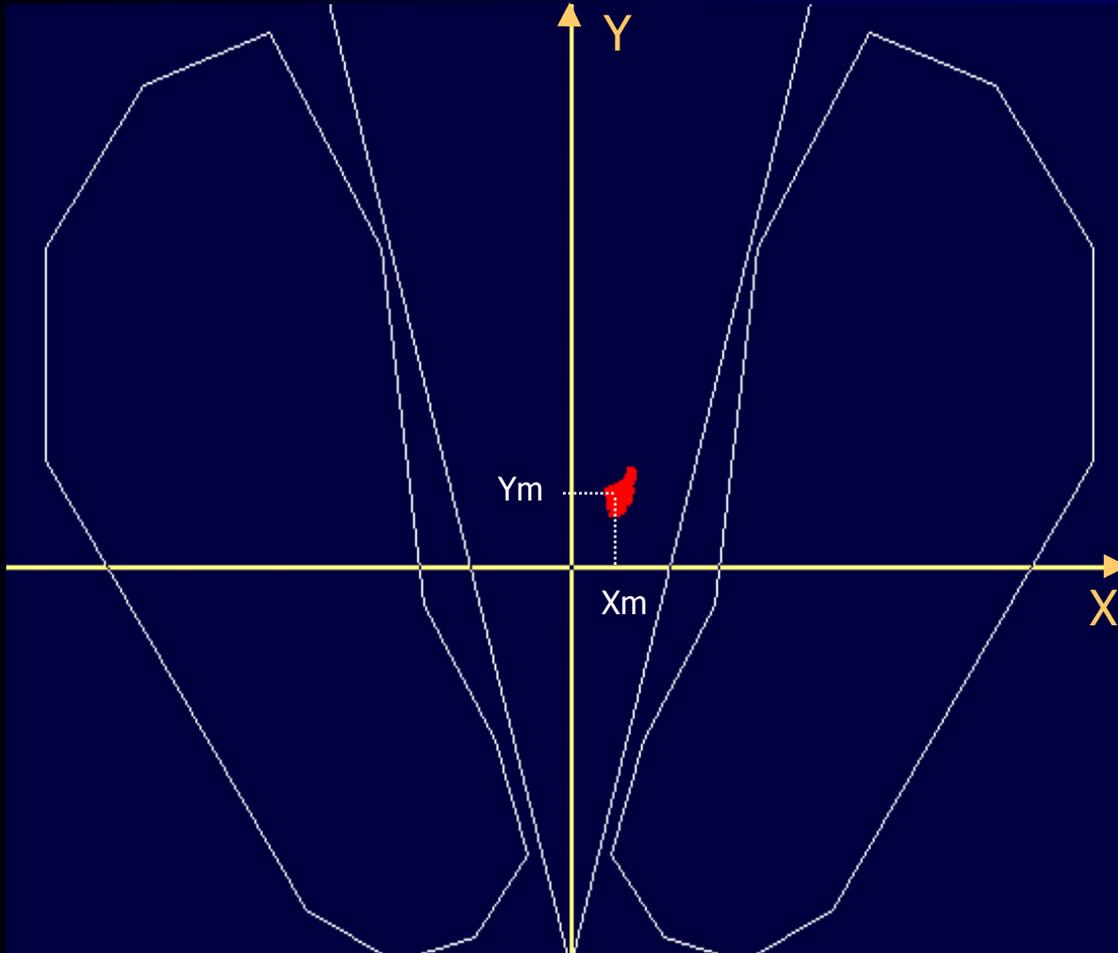
# Descripteurs de la stabilométrie

*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

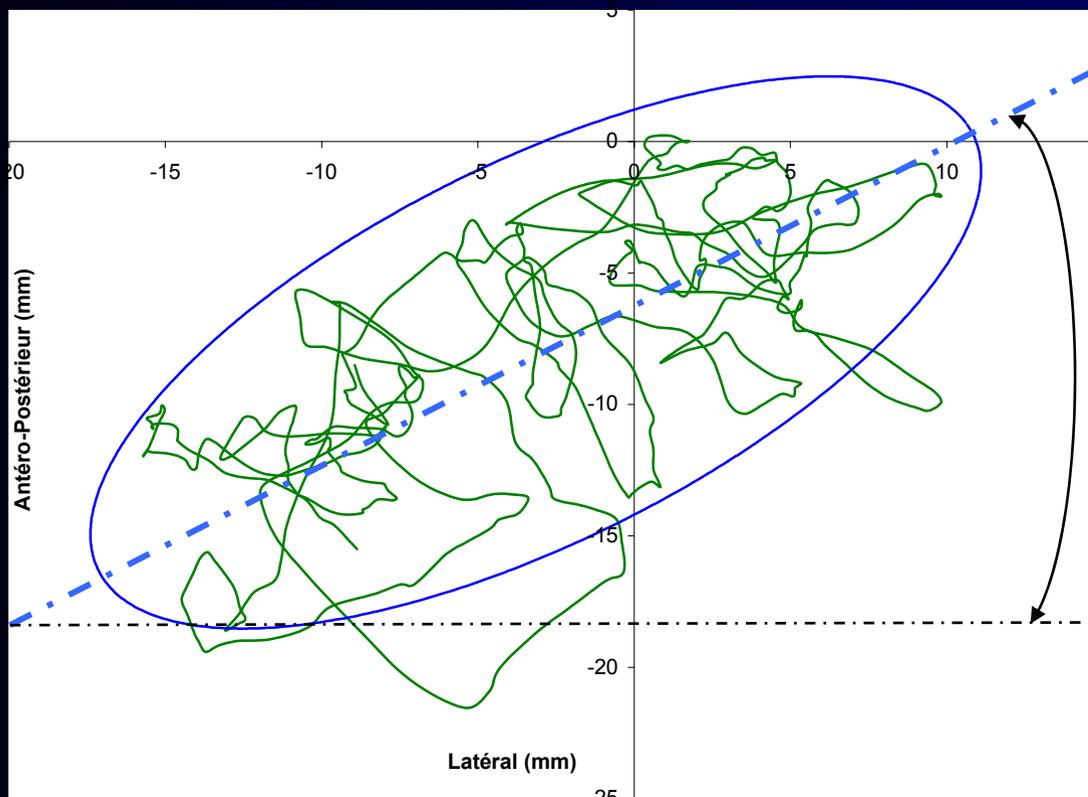


- Coordonnées X moyen et Y moyen rapportées au centre électrique de la plate-forme ou au centre géométrique des appuis au sol

# Descripteurs à dimensions spatiales

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

↑  
Avant

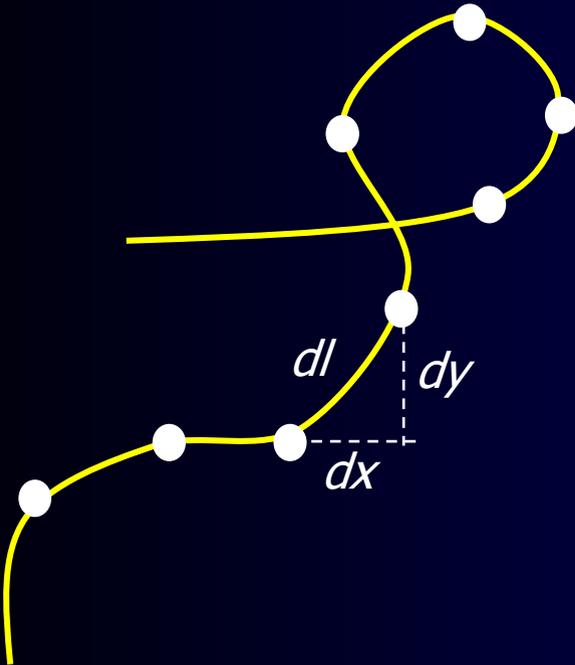


« Spaghetti »

- surface de l'ellipse
- Pente du grand axe

Droite →

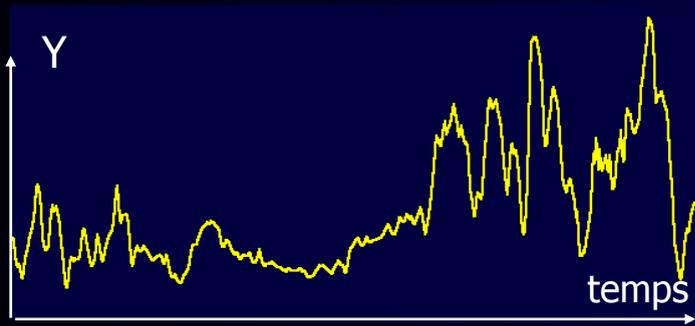
# Descripteurs à dimensions spatiales



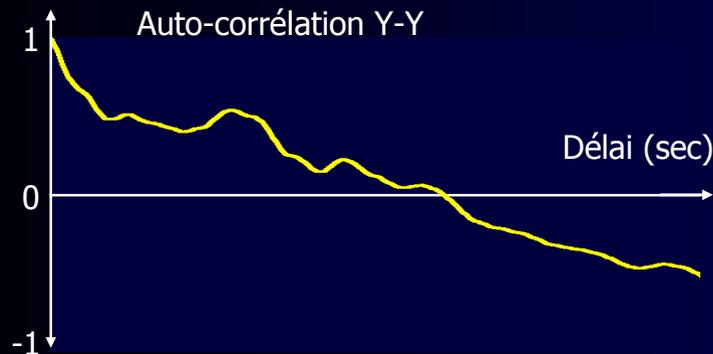
$$dl = \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

- 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)

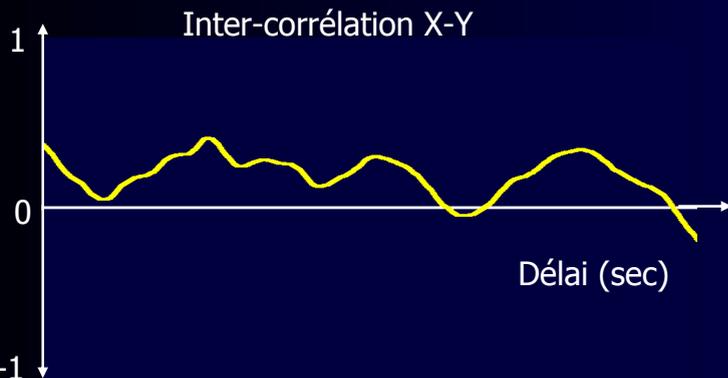
# Descripteurs à dimensions temporelles



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

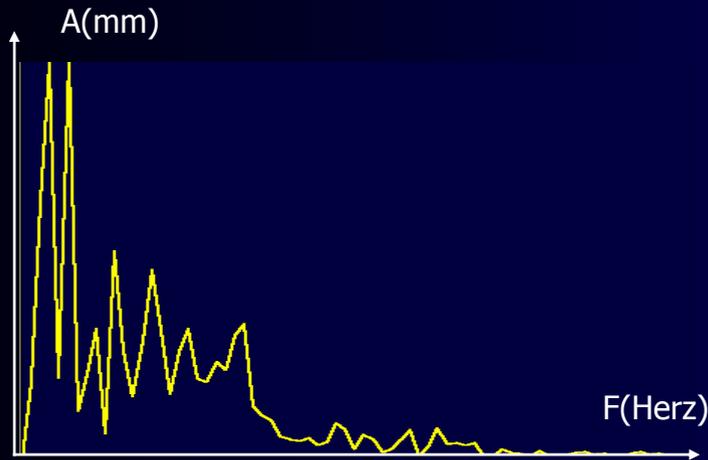


- Fonction d'autocorrélation  $X-X(\tau)$  et  $Y-Y(\tau)$

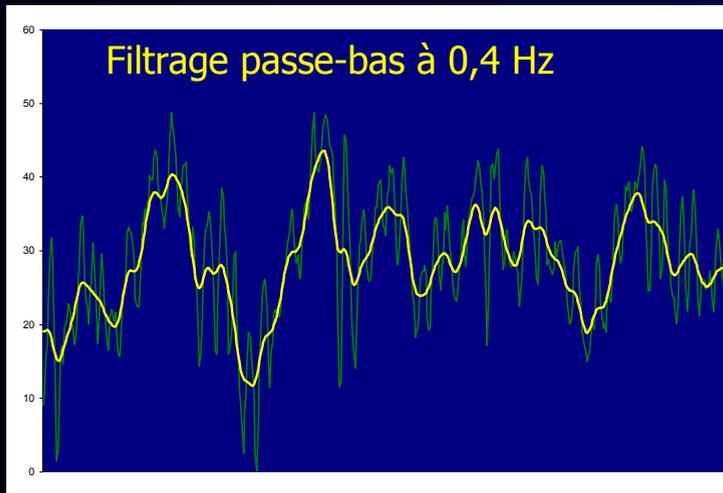


- Fonction d'intercorrélation entre X et Y

# Descripteurs à dimensions Fréquentielles



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

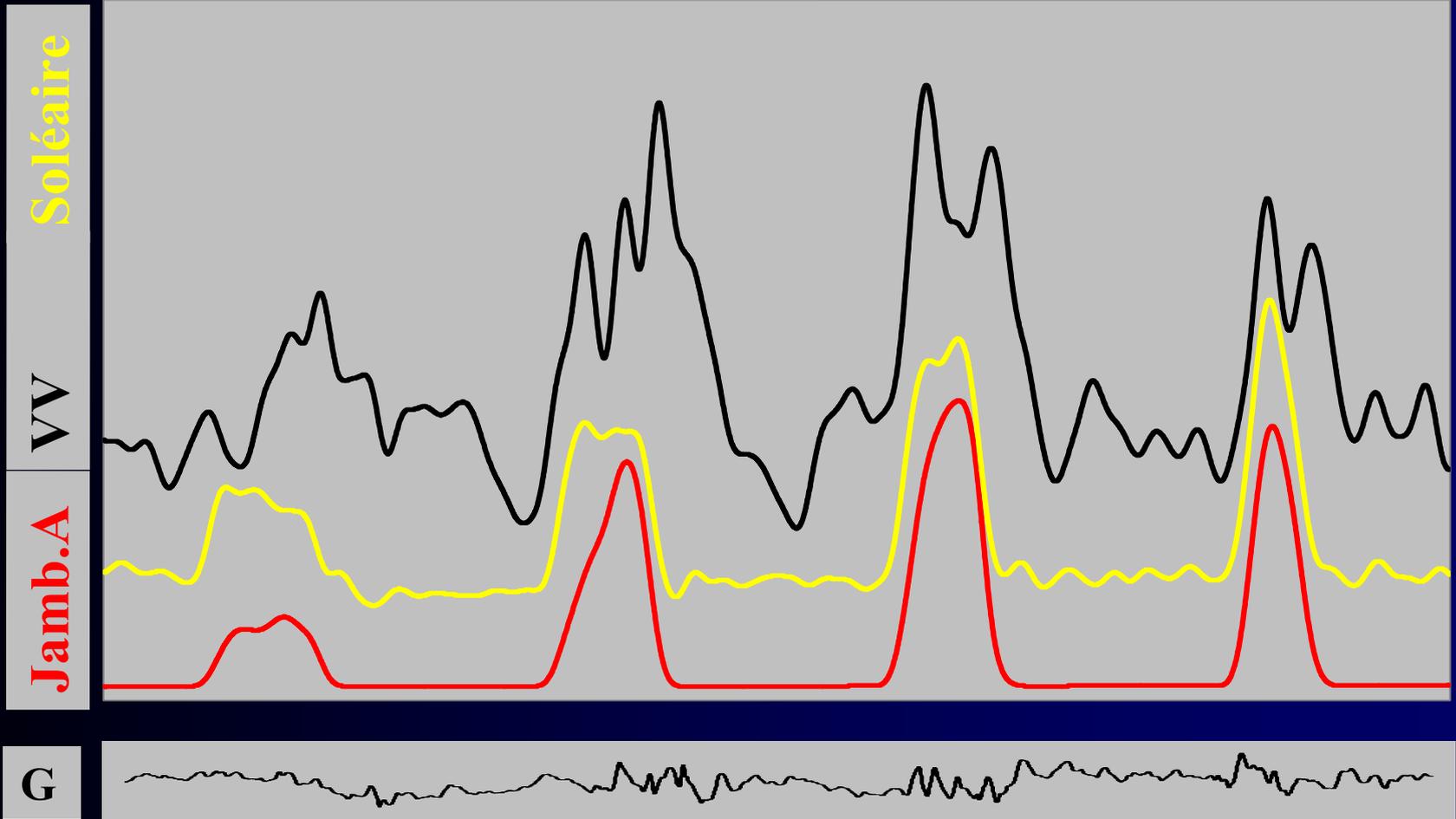


- Filtrage des composantes A-P et G-D
  - $< 0,2$  Hz : oscillation du centre de gravité
  - 2 Hz – 10 Hz composantes dues aux contractions musculaires tricipitales

## 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*

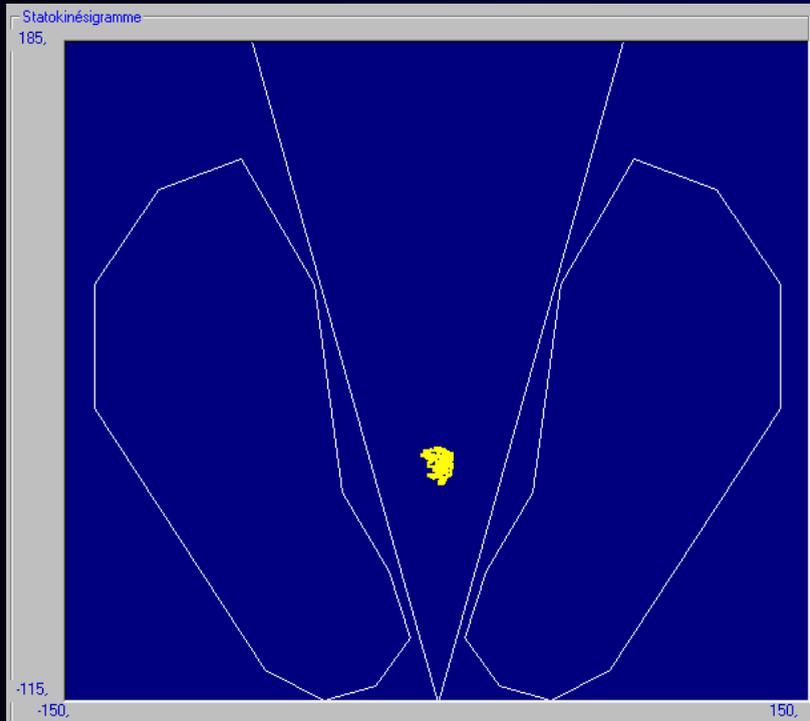
# Activité musculaire et VV avec consigne de raidissement sans inclinaison



# Normalité / Anormalité

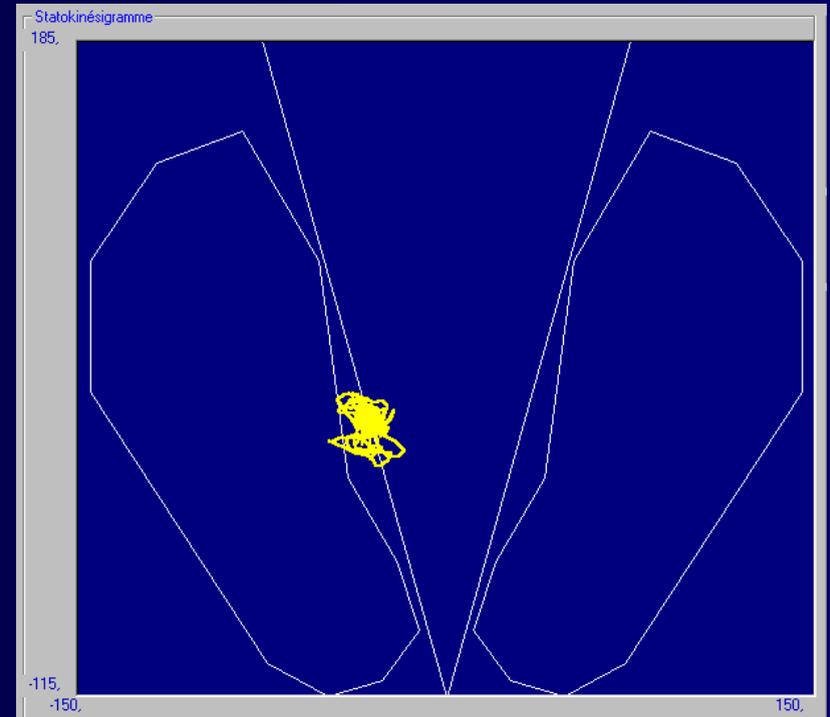
## Asymétrie posturale

Normal



$X = 1 \text{ mm}$

Anormal

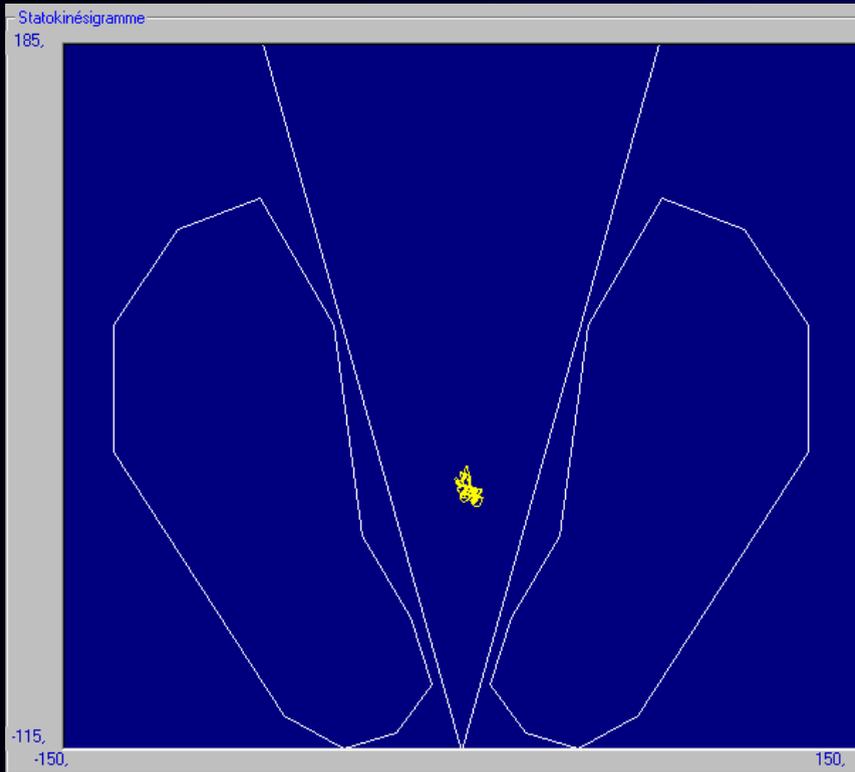


$X = -31 \text{ mm}$  : forte asymétrie  
gauche

# Normalité / Anormalité

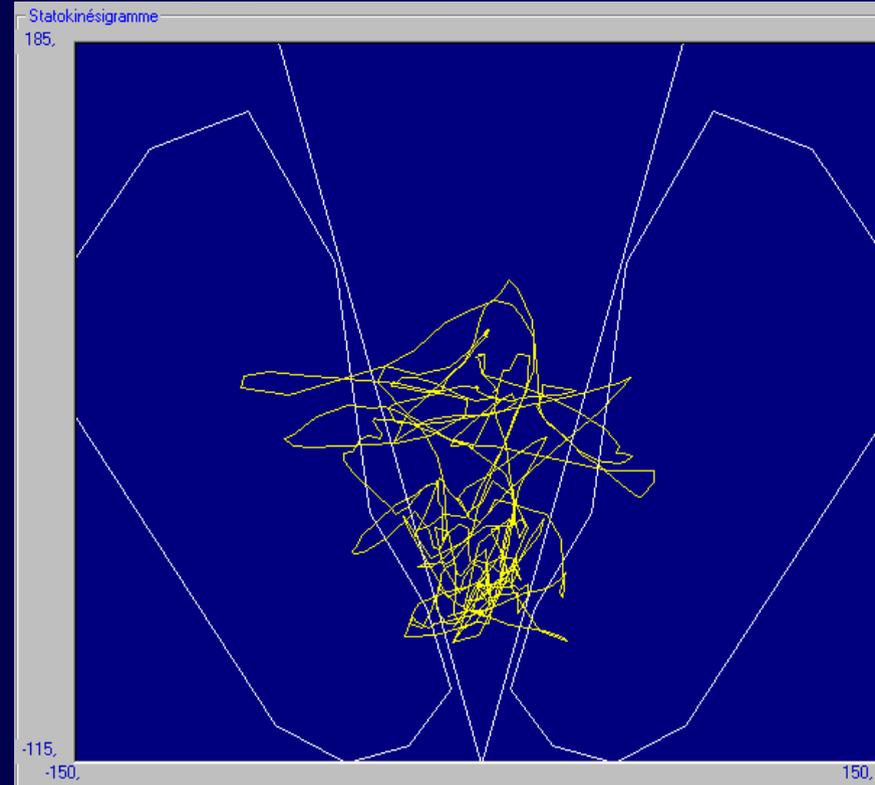
## Instabilité

Normal



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

Anormal

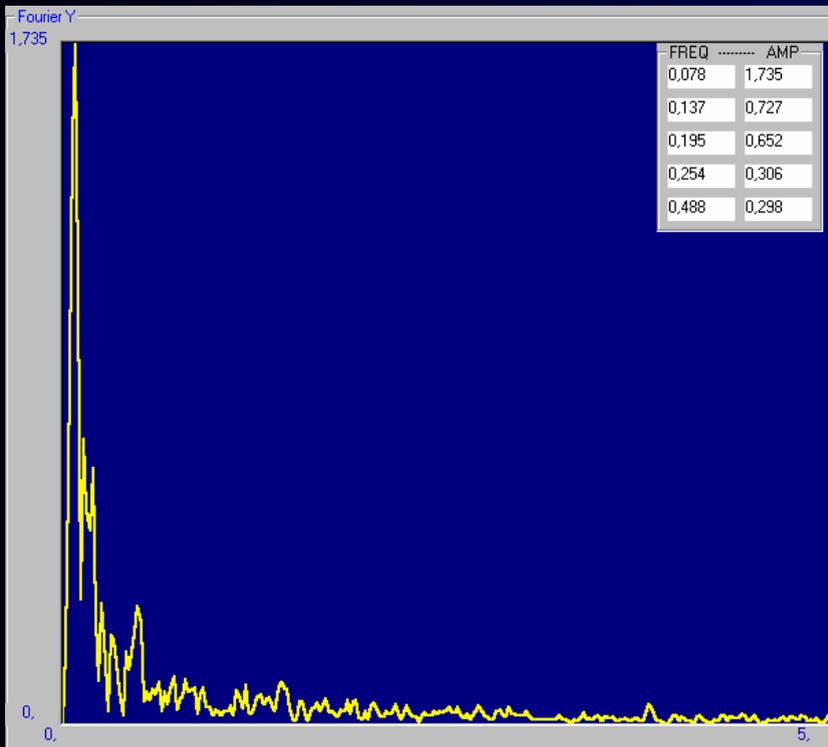


$S = 12000 \text{ mm}^2$  : forte instabilité

# Normalité / Anormalité

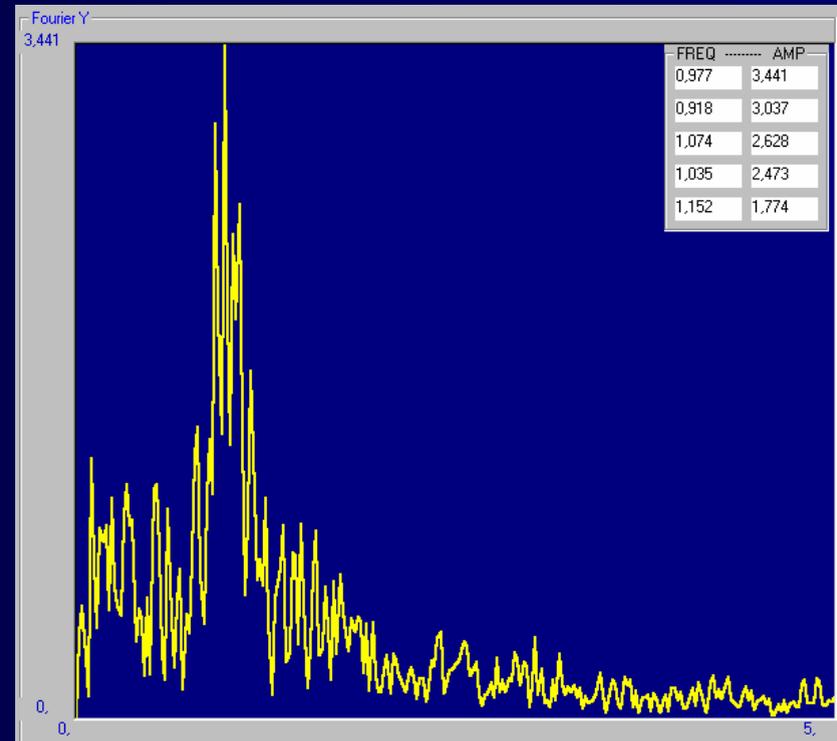
## Composantes spectrales

Normal



*Oscillations normales dans la bande 0;0.6Hz*

Anormal

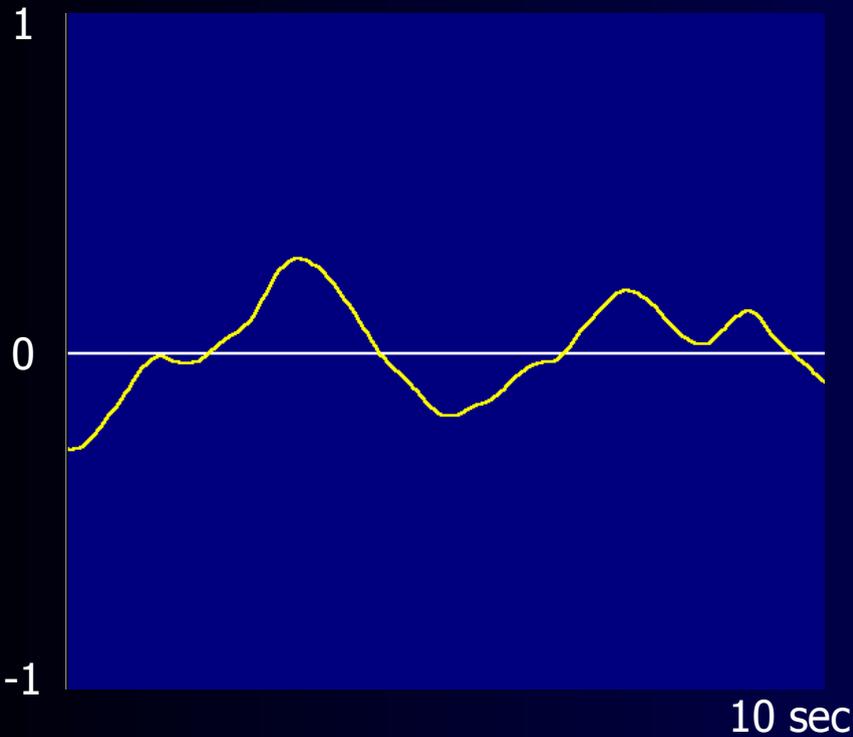


*Oscillations anormales dans la bande 1; 2 Hz*

# Normalité / Anormalité

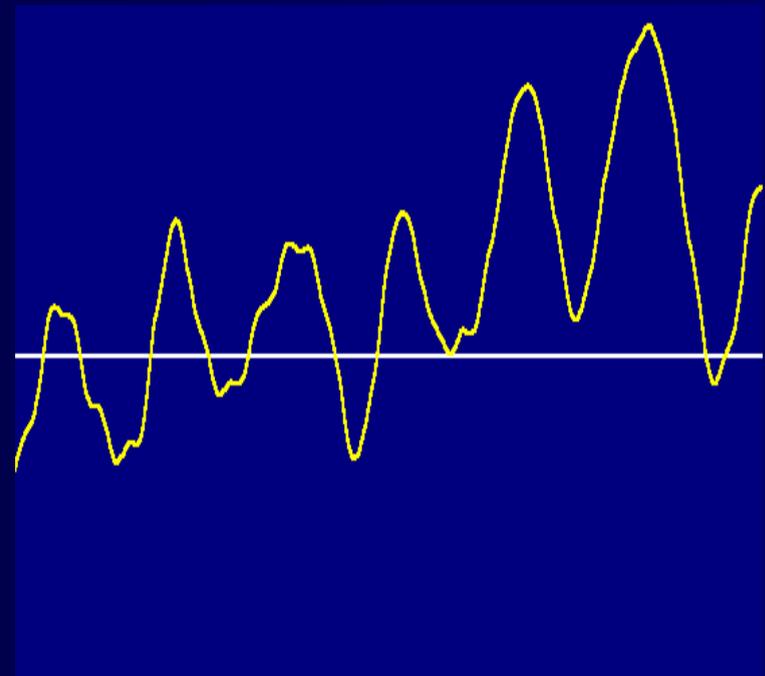
## Inter-corrélation des oscillations frontales/sagittales

Normal



*Indépendance des oscillations X et Y*

Anormal

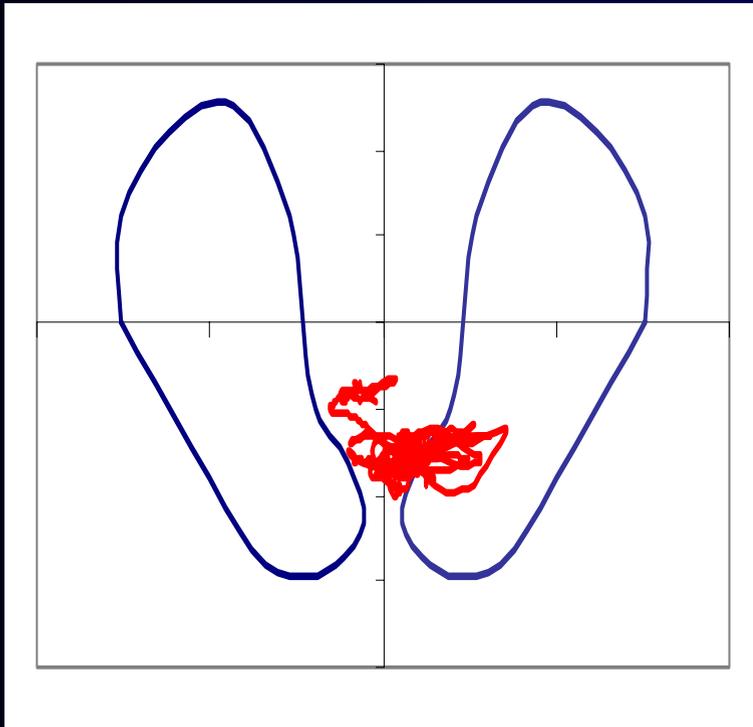


*Oscillations X et Y corrélés*

# Cas clinique

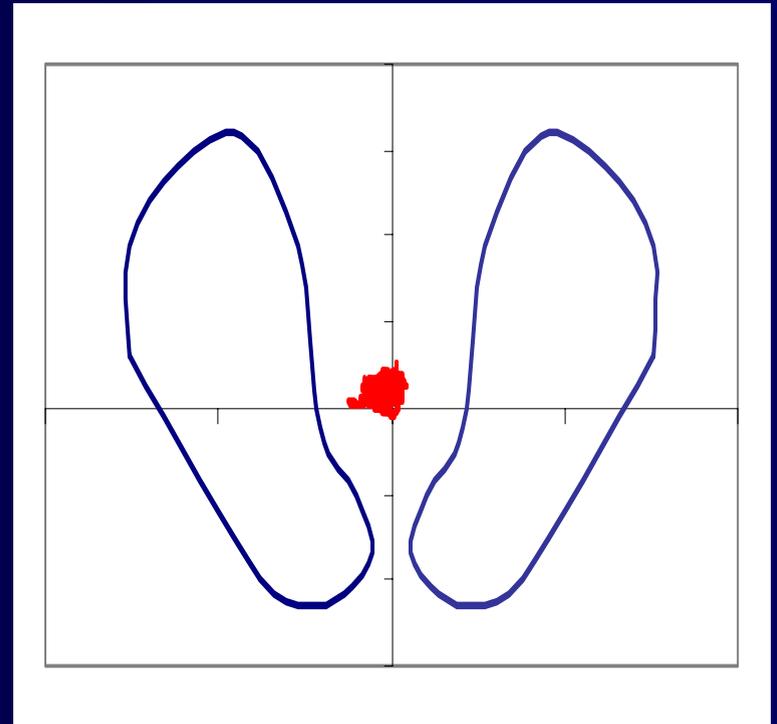
*Patient Giar., homme 44 ans*

*Menière avec hyporéflexie vestibulaire Droite.*



Examiné 1 jour avant  
neurotomie.

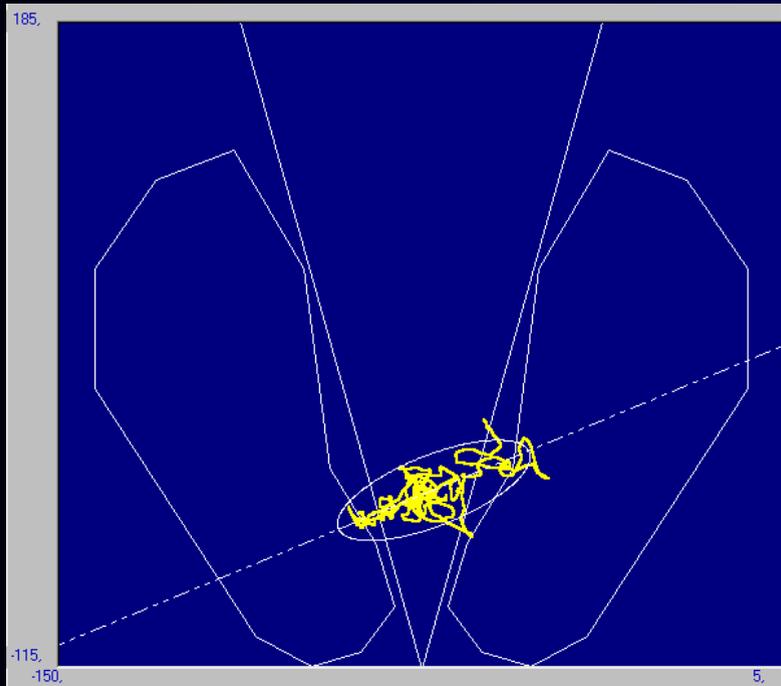
Très instable :  $S = 3595 \text{ mm}^2$  et  
très en arrière



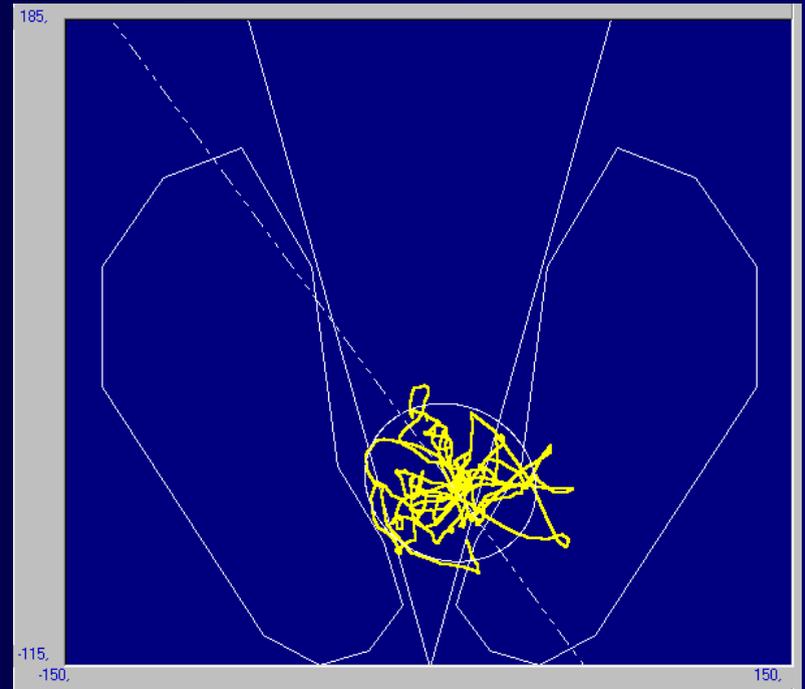
Examiné à j+30 . Très bonne  
compensation marquée par une  
surface réduite et par une  
avancée du C de G

# Cas clinique

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



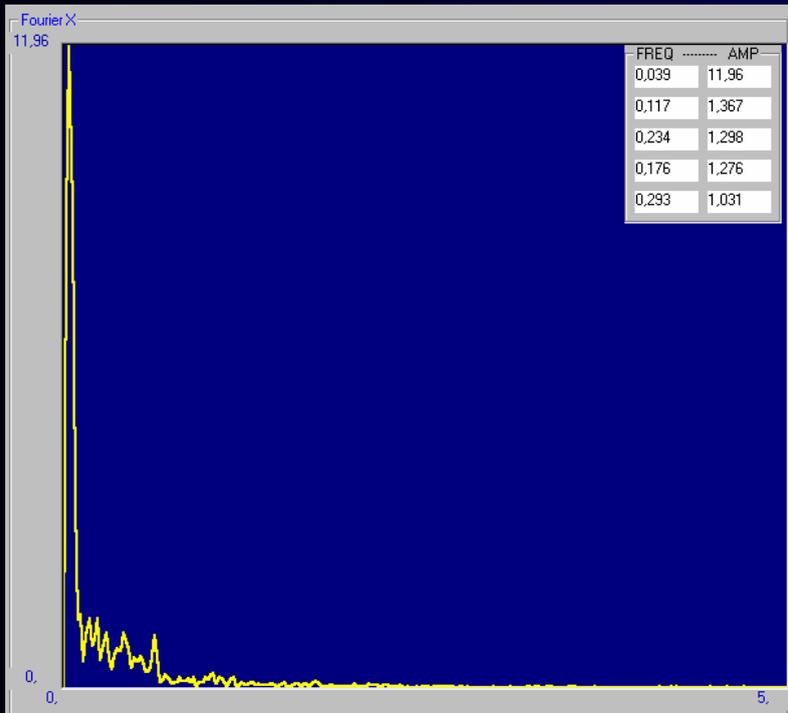
Yeux ouverts. Très instable :  
 $S = 2234 \text{ mm}^2$  , **Var.Vit. = 97**



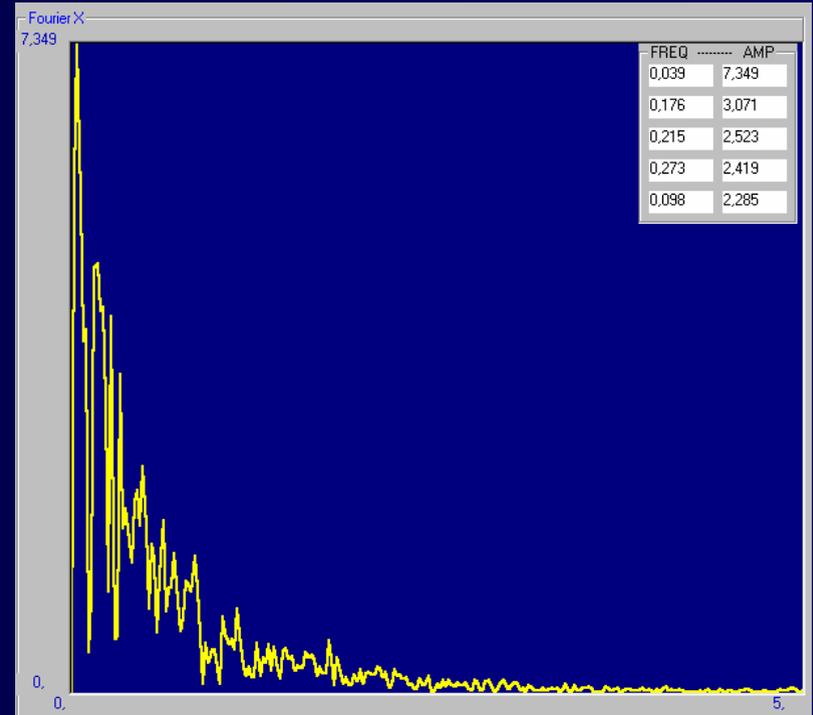
Yeux fermés :  $S = 4075 \text{ mm}^2$  ,  
QRBG = 185 , **Var.Vit. = 8144**

# Cas clinique

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



Yeux ouverts. FFT montrant une faible activité tricépitale

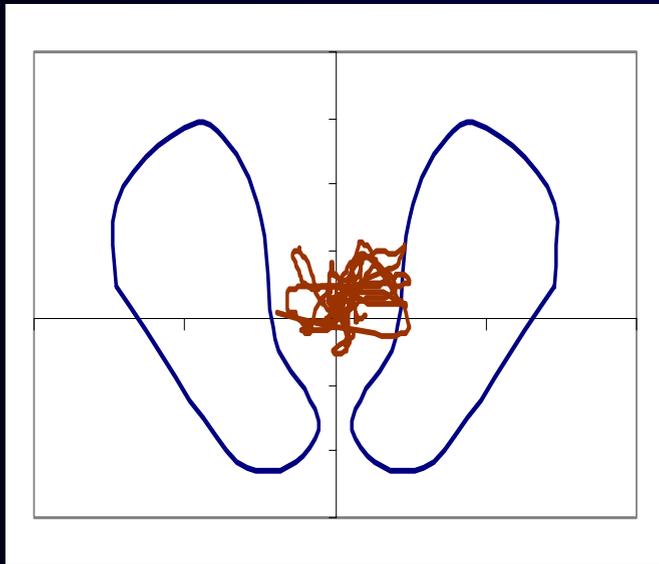


Yeux fermés : Raidissement des muscles de la jambe pour suppléer le déficit visuel et labyrinthique.

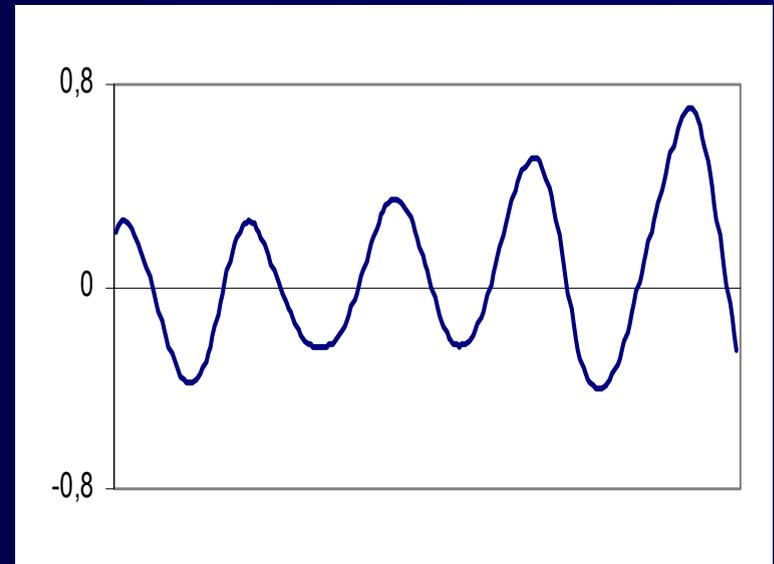
# Cas clinique

*Patient Bou., homme 55 ans*

*vertiges post-traumatiques. Examen vestibulaire normal*



Forte instabilité,  
marquée par une surface  
de 4234 mm<sup>2</sup> et une  
longueur de 1503 mm

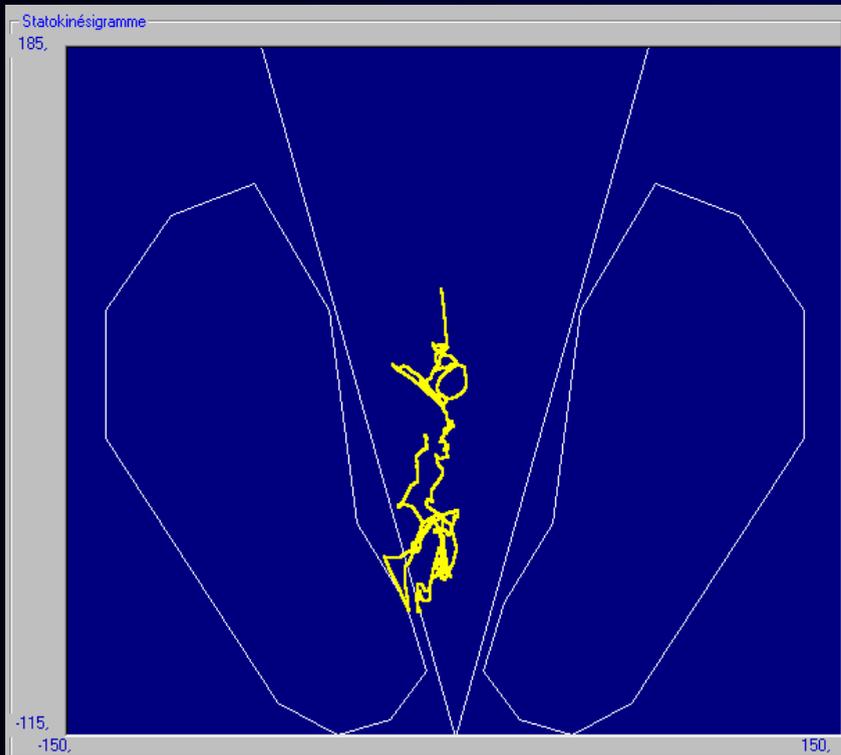


Inter corrélation A-P et D-G  
montrant des excursions du C  
de G surcontrolées. Il peut  
s'agir d'un simulateur

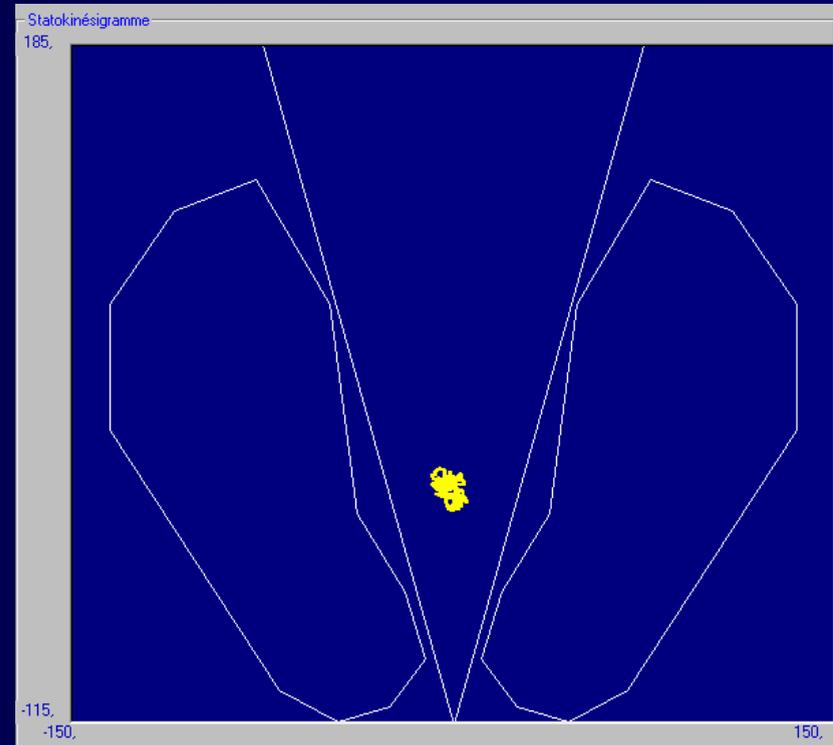
# Cas clinique

*Patient Larg, homme 54ans*

*Neurinome droit. Examen yeux ouverts*



*(j-1) ; Surf = 2867 mm<sup>2</sup>*

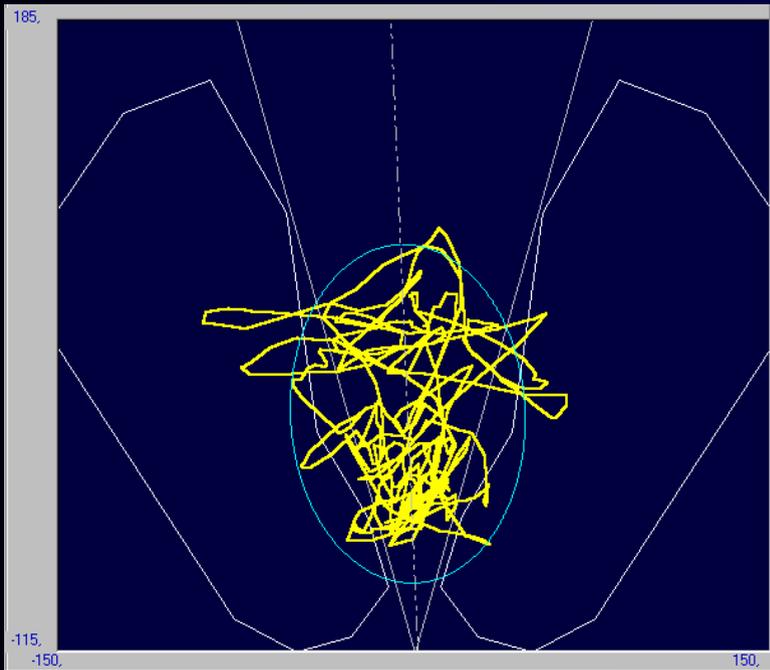


*(j+1) ; Surf = 149 mm<sup>2</sup>*

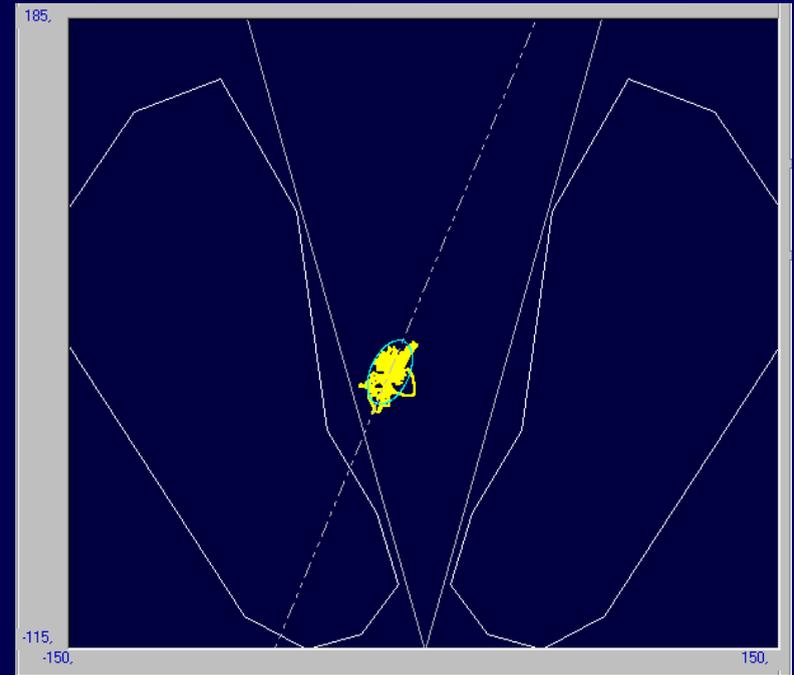
# Cas clinique

*Patient Nob, homme 47ans*

*Neurinome gauche. Examen yeux fermés*



*(j-1) ; Surf = 12556 mm<sup>2</sup>*

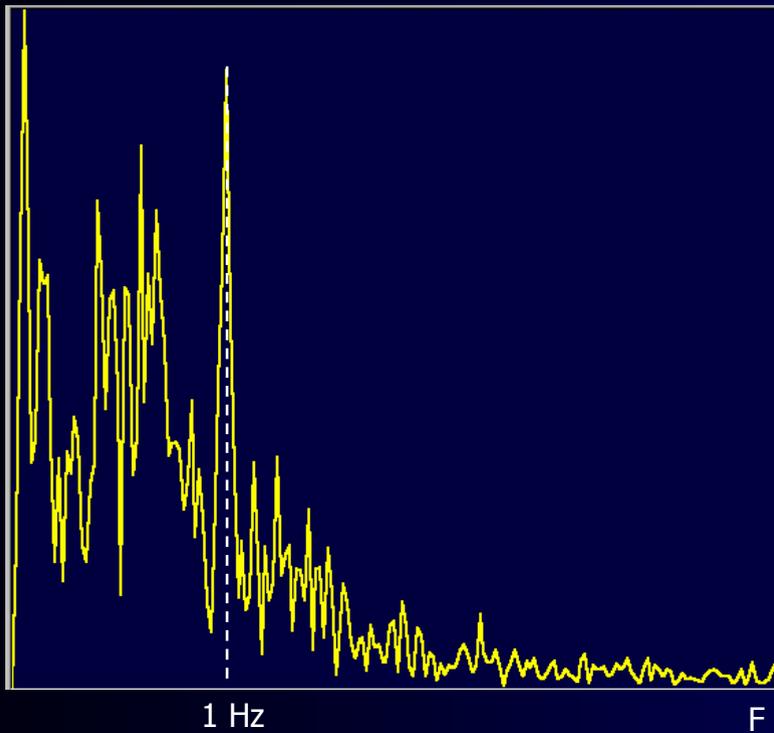


*(j+1) ; Surf = 412 mm<sup>2</sup>*

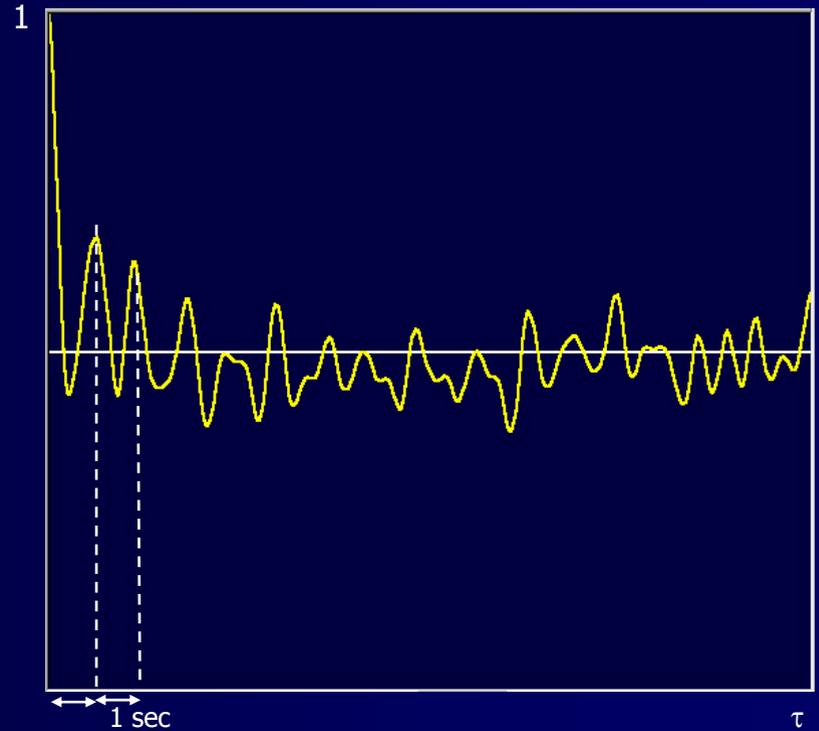
# Cas clinique

*Patient Ros., homme 53 ans*

*Traumatisme crânien*



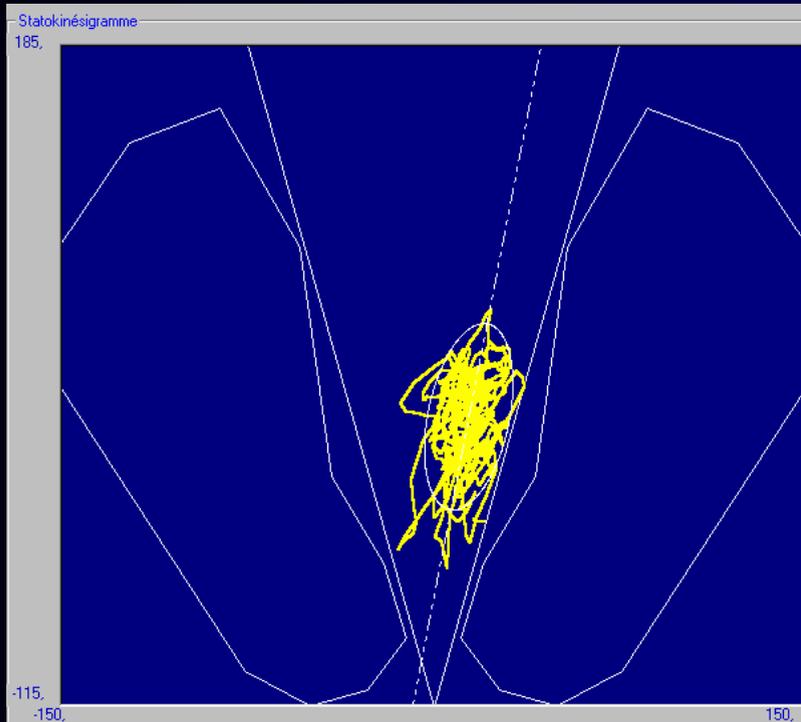
FFT X : trémor à 1Hz



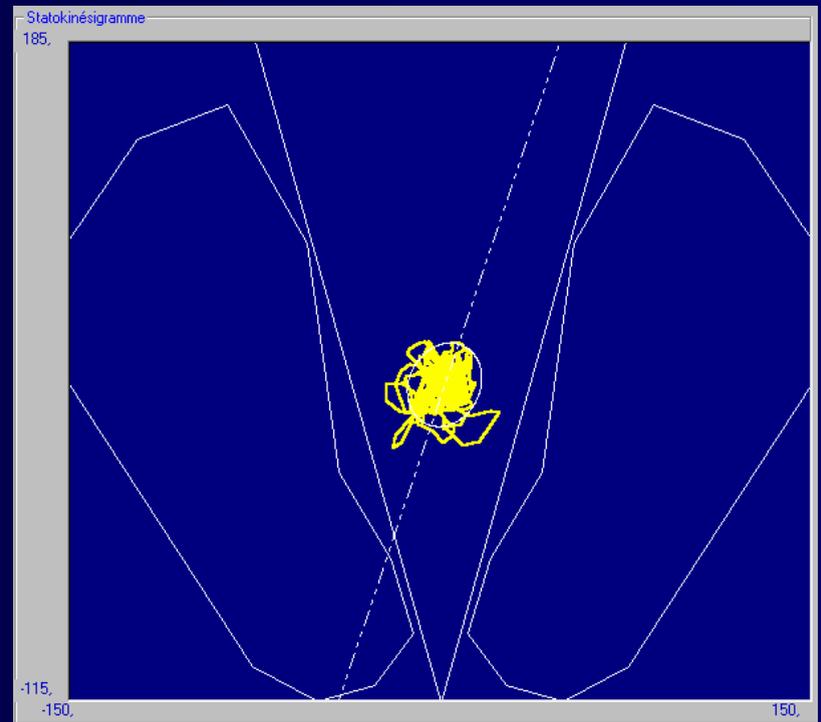
Auto-corrélation X à 1sec

# Cas clinique

*Patient Peau., homme 43 ans : SADAM*



Yeux fermés sans gouttière. Très instable :  $X=14$  mm,  $S = 2234$  mm<sup>2</sup>



Yeux fermés avec gouttière. Plus stable :  $X=1.5$  mm,  $S = 893$  mm<sup>2</sup>

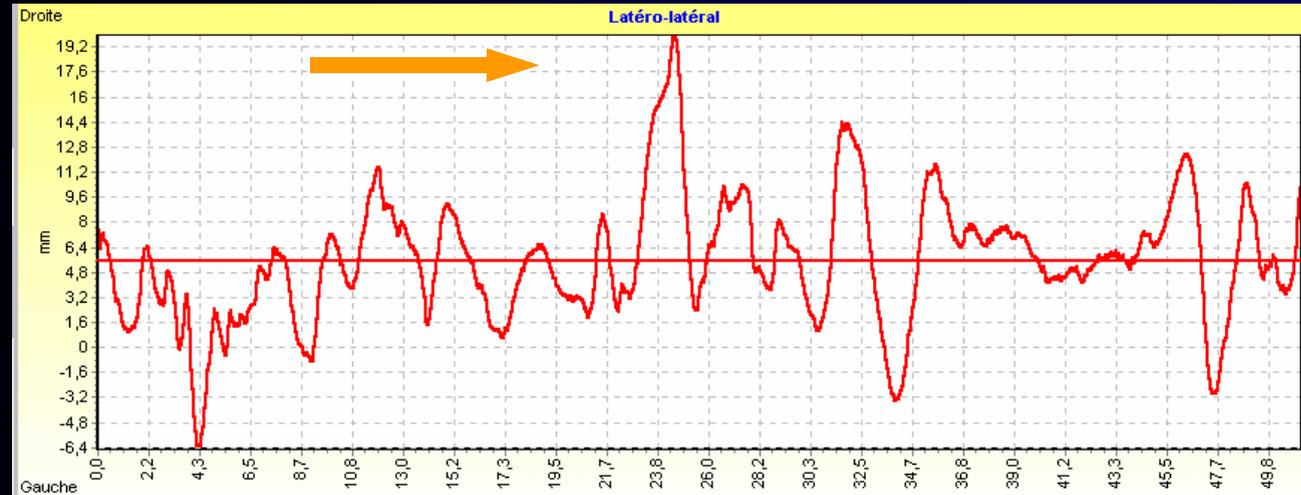
# Cas clinique

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

Stabilogramme frontal yeux fermés



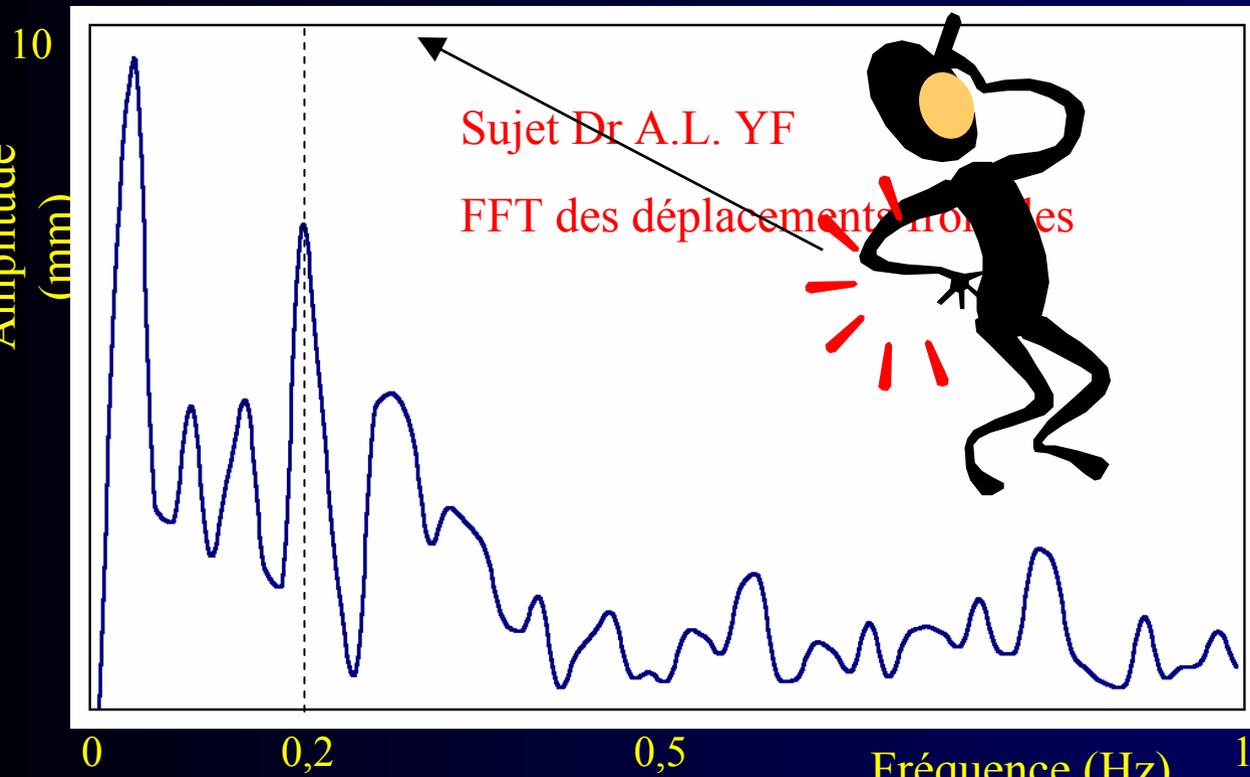
*Maz., sans cale*  
*Importantes dérives*  
*latérales (40 mm)*



*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)*

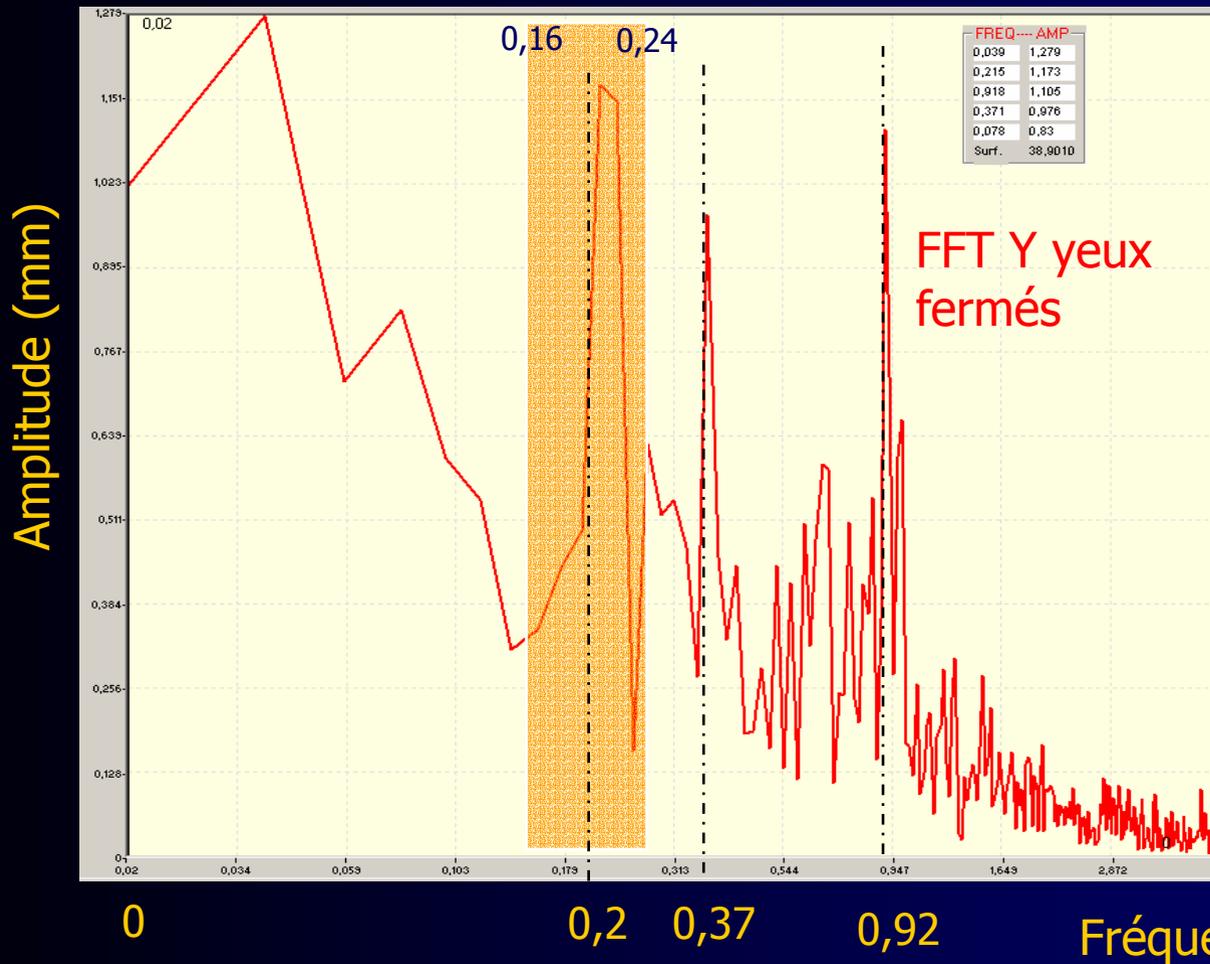


- La bande des 0,2 Hz est présente chez les lombalgiques et chez les vestibulaires : dysfonctionnement de la synergie entre mouvements ventilatoires et mouvements posturaux. *Gagey (1997)*

# Lombalgique et vestibulaire

## Cas clinique

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

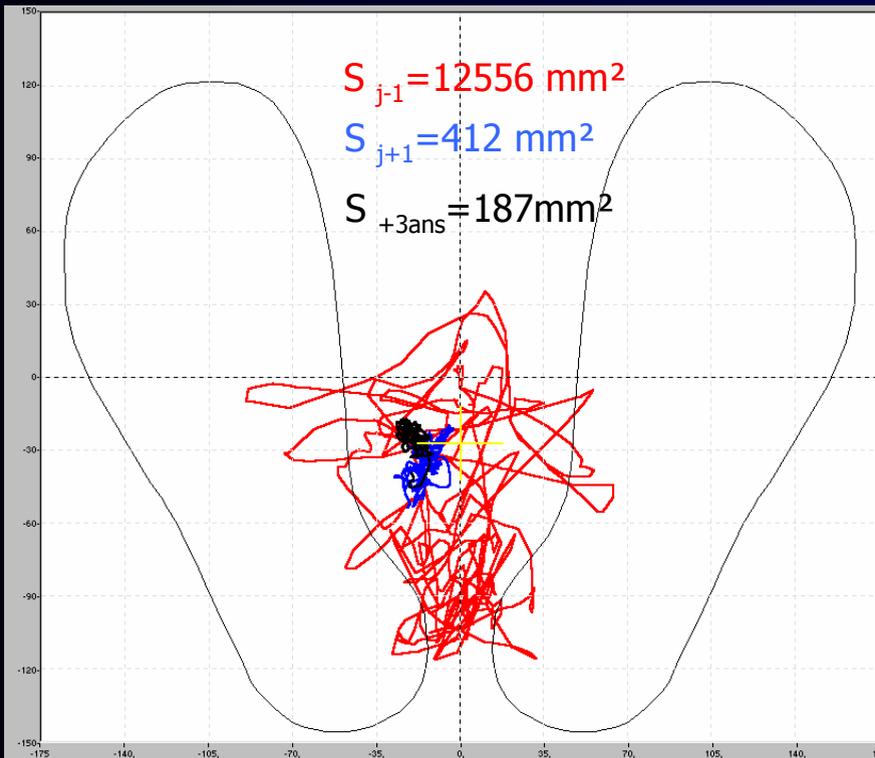


- 0,2 Hz → sciatique
- 0,4 Hz → vestibule
- 0,9 Hz ~ raideur ?

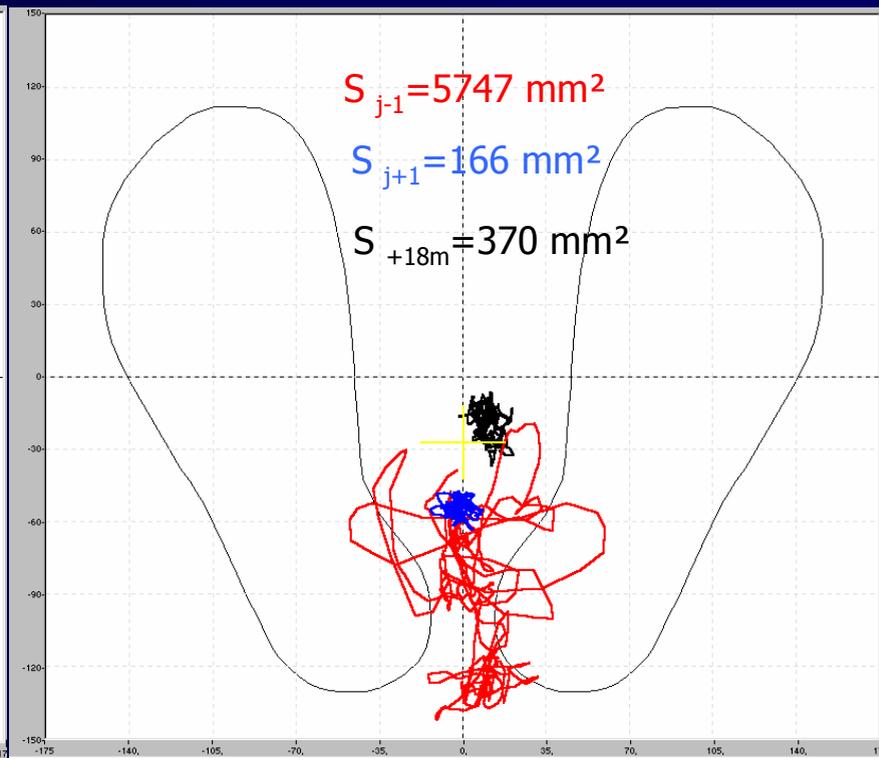
La Variance de la vitesse passe de 75 (Y.O) à 190 (Y.F)

# Effets posturaux du Gamma Knife : 2 cas

Sur la surface du statokinésigramme



*Pat : Nob. ; peinture 43  
Age : 47 ; Neu. G*

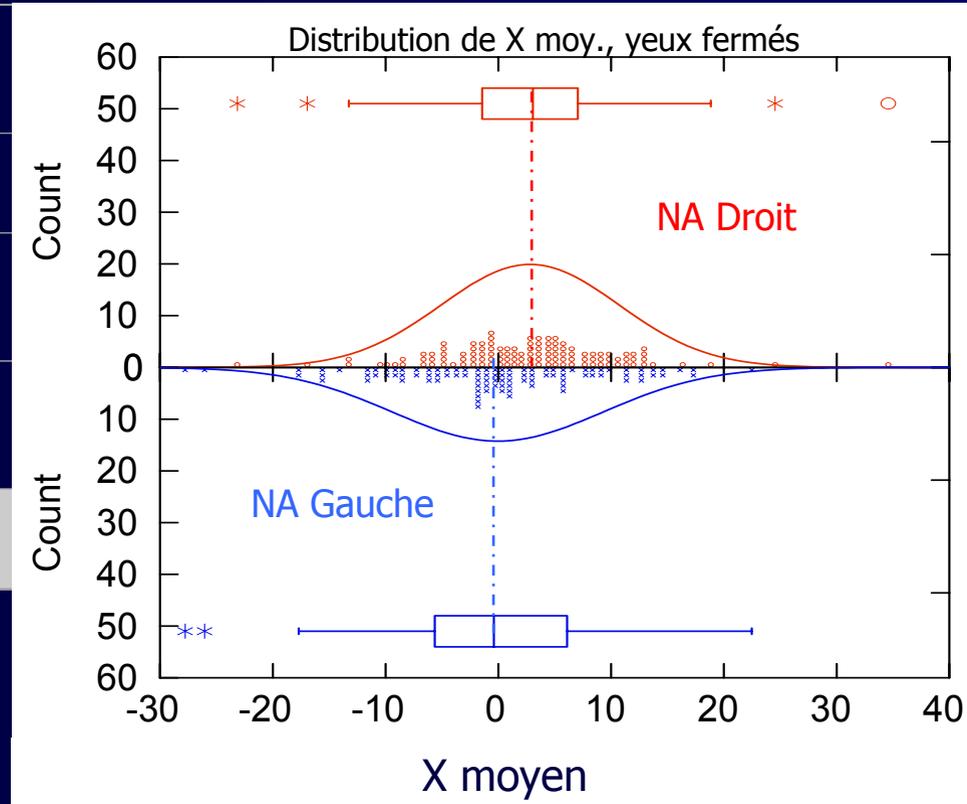


*Pat : Qui. ; peinture 39  
Age : 58 ; Neu. D*

# 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	
	Ouverts	Fermés
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

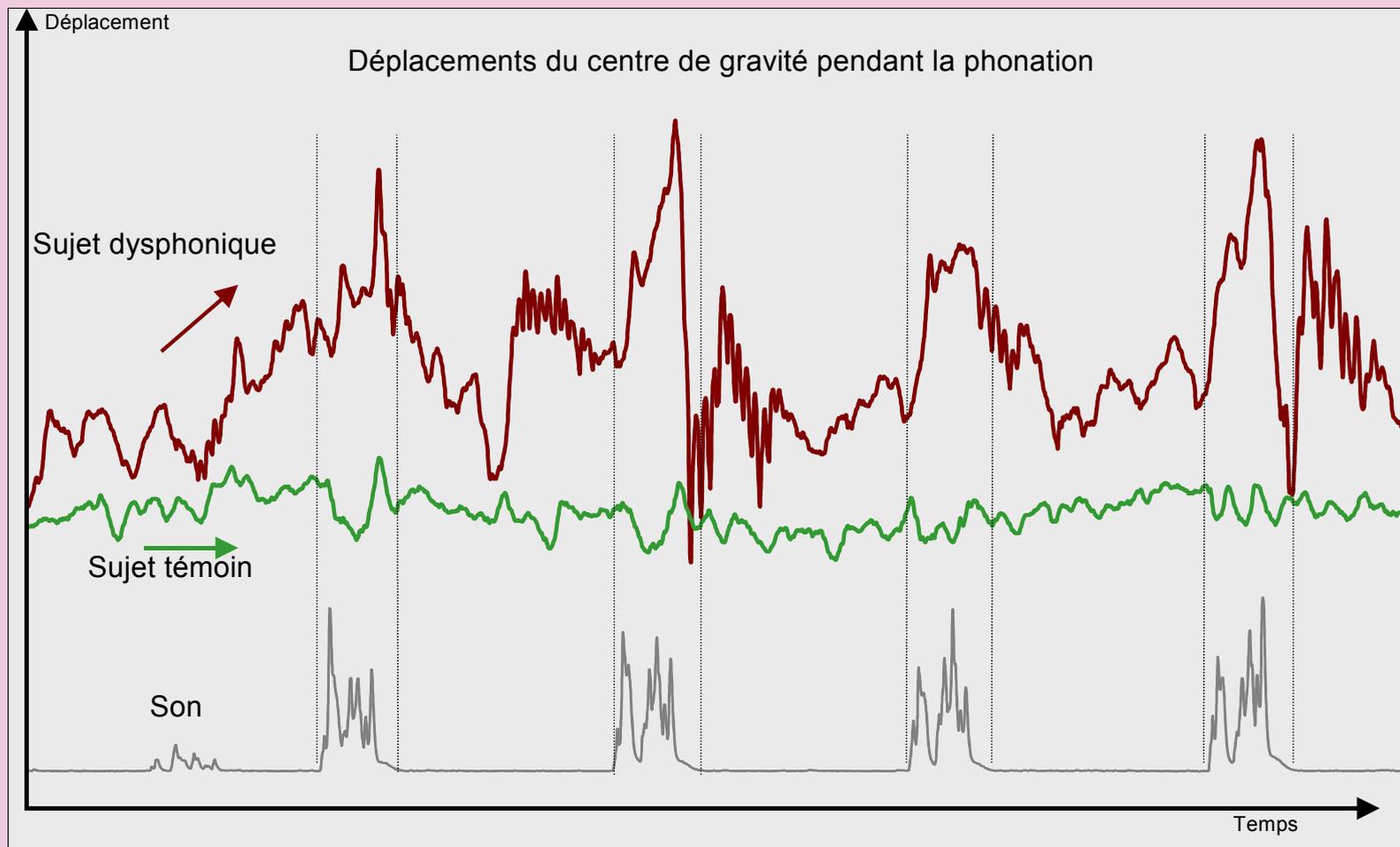


*L'inclinaison (yeux fermés) est homolatérale au côté lésé*

# 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)

-

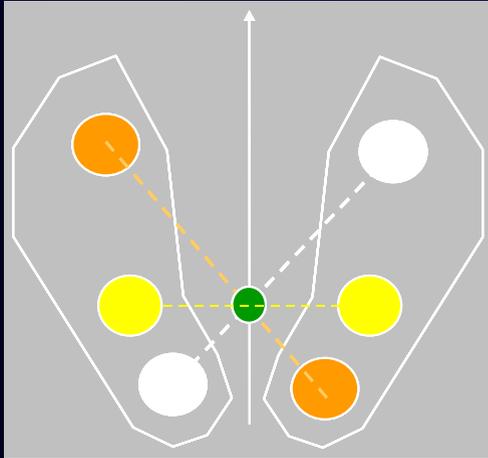
- Sources et origines des instabilités difficiles à établir
- Les mécanismes et les capteurs mis en jeu dans une consigne d'immobilité ne permettent pas une exploration complète de la dynamique posturale

## Quelques travaux actuels

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

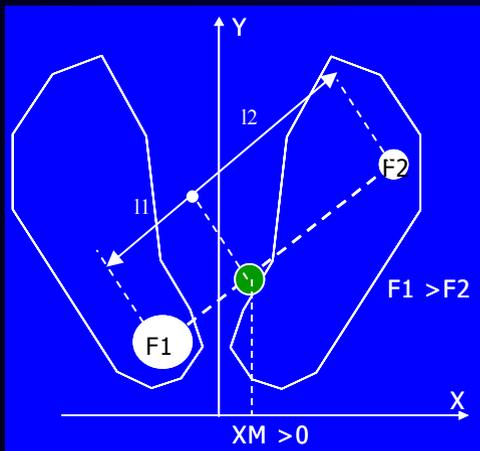
# Analyse critique des mesures sur PF : Statique

## 1) Distribution des forces podales et centre de forces



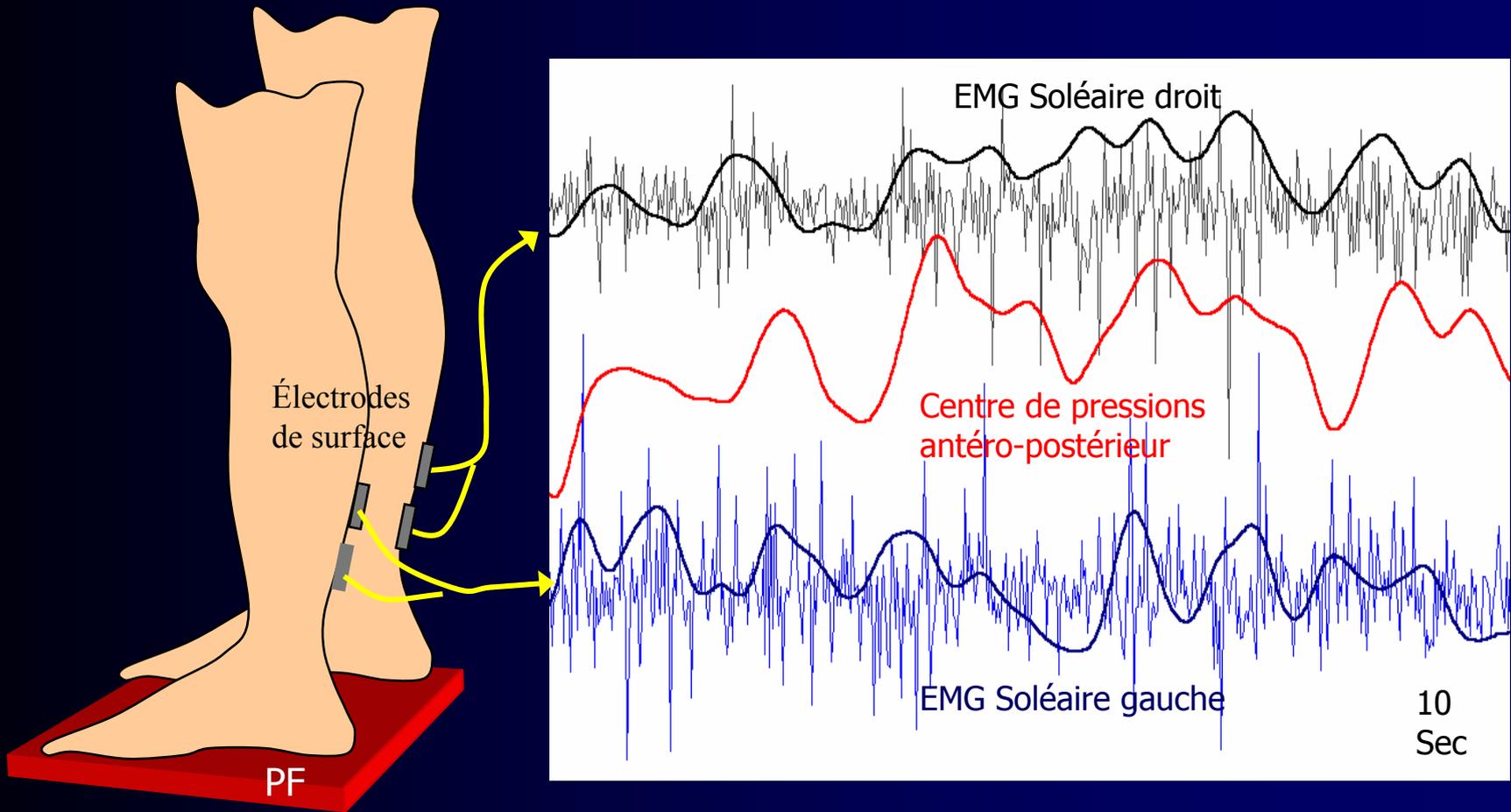
Un appui diagonal talon-gauche, métatarse-droit par exemple réalise le même placement qu'un appui diagonal talon-droit, métatarse-gauche

## 2) Asymétrie posturale et pied d'appui



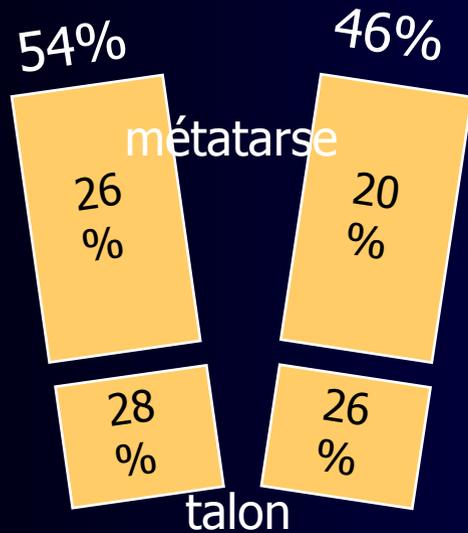
Le pied gauche porte majoritairement la charge corporelle (pied d'appui) sur le talon alors que le pied droit porte une moindre charge, mais sur le métatarse : incohérence du pied d'appui et de la composante frontale moyenne du centre de pressions.

# 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, métatarses de chaque pied)

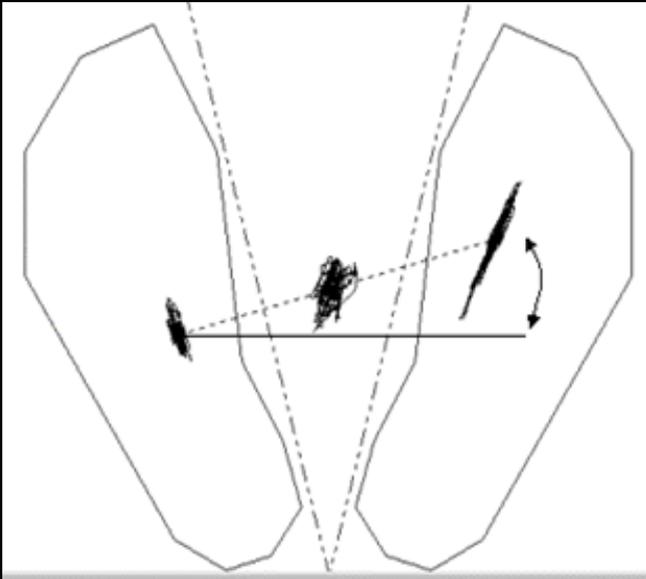


Balance bipodale : pied d'appui

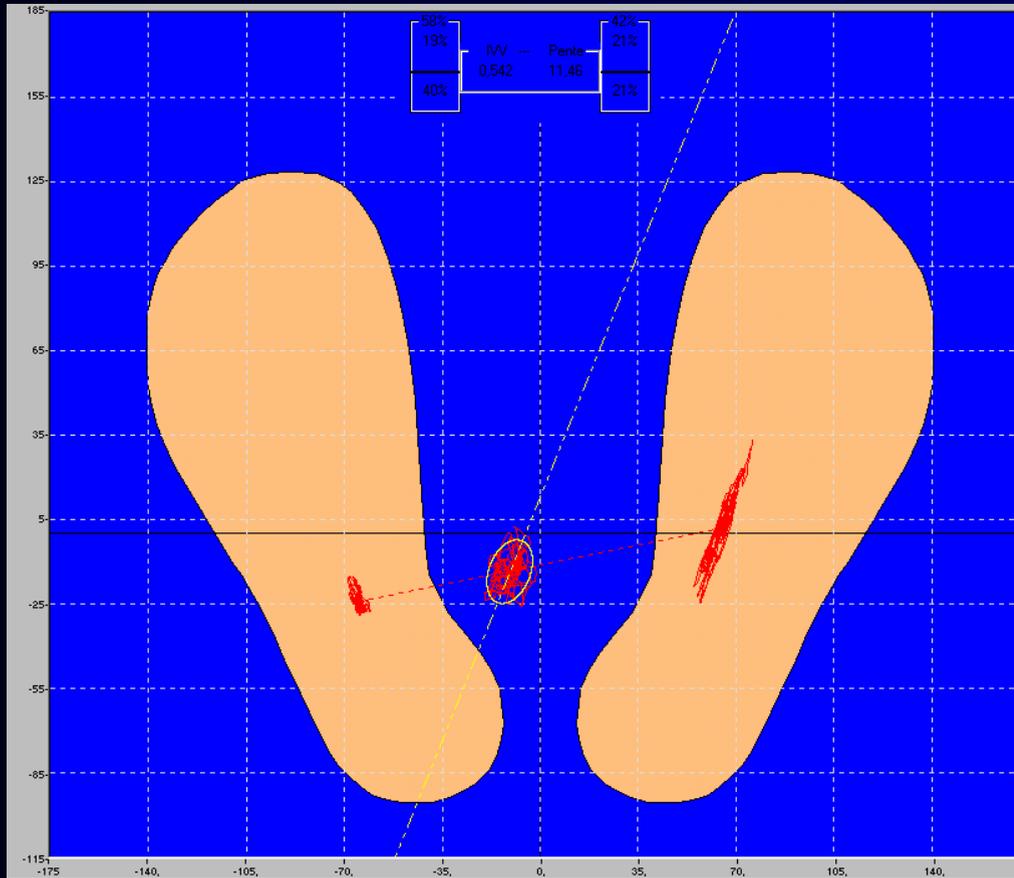
Balance podale entre talon et avant-pied



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.

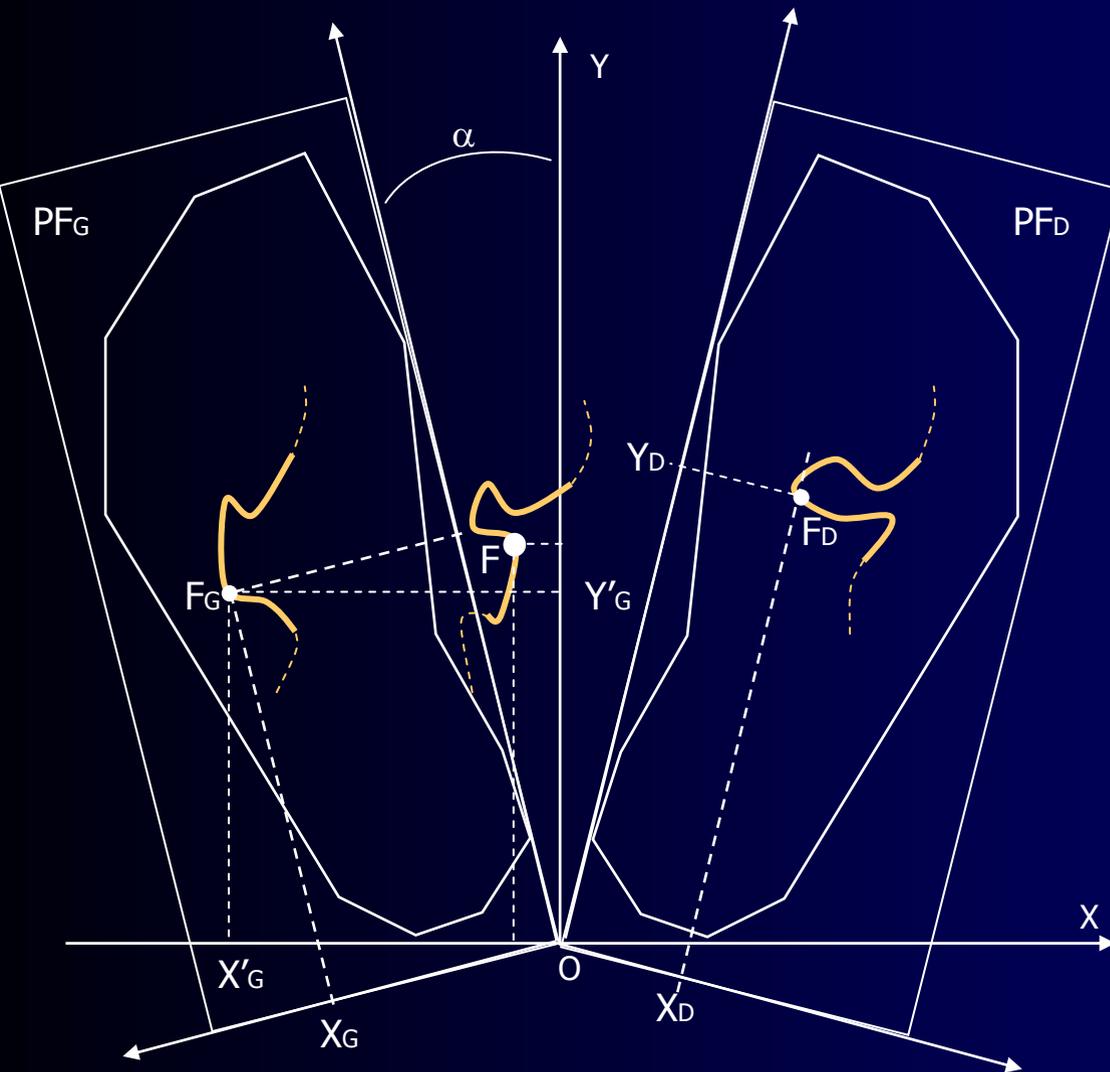


Asymétrie « motrice »

*L'activité posturale du pied droit > pied gauche*

# Reconstruction du Stato-kinésigramme

- A partir des données de deux plate-formes



Dans le référentiel XOY

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

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

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

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

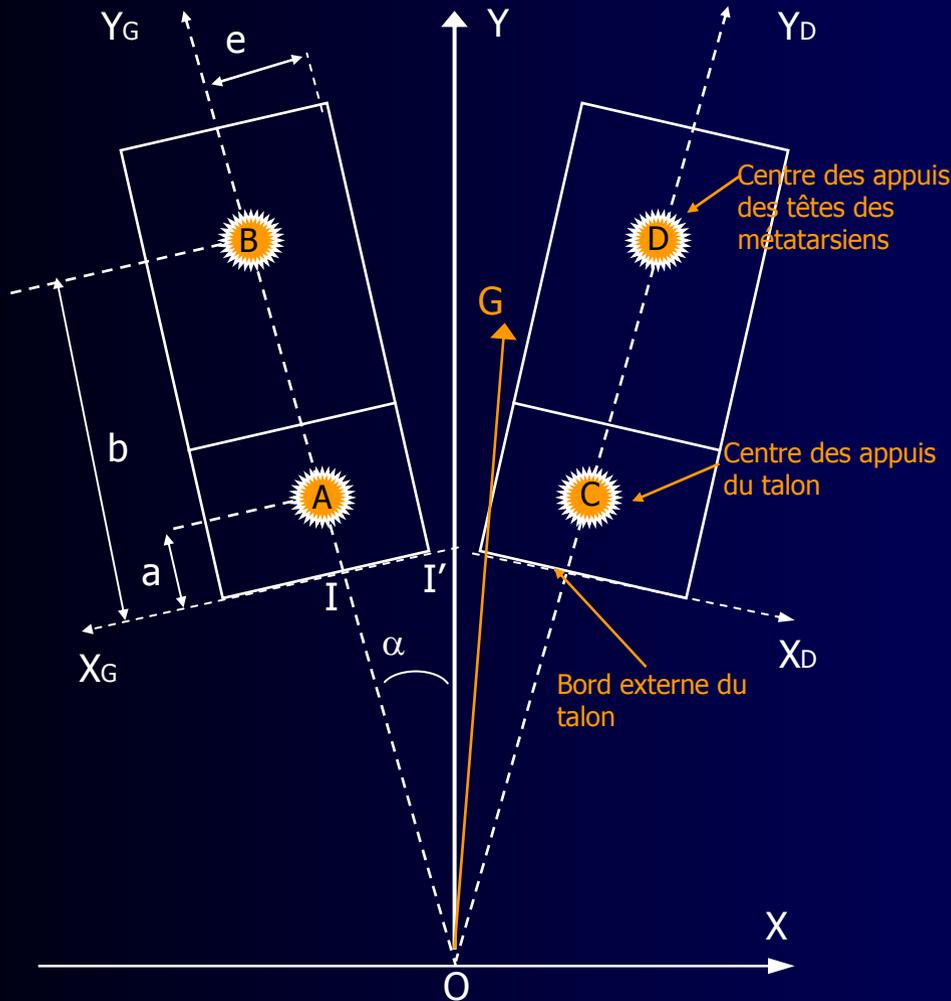
Coordonnées de la résultante F

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

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

# 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  $OA = OC = t = OI + a$

$OB = OD = p = OI + b$

$OI = II' / \text{Tang } \alpha$

$P_T = P_A + P_B + P_C + P_D$

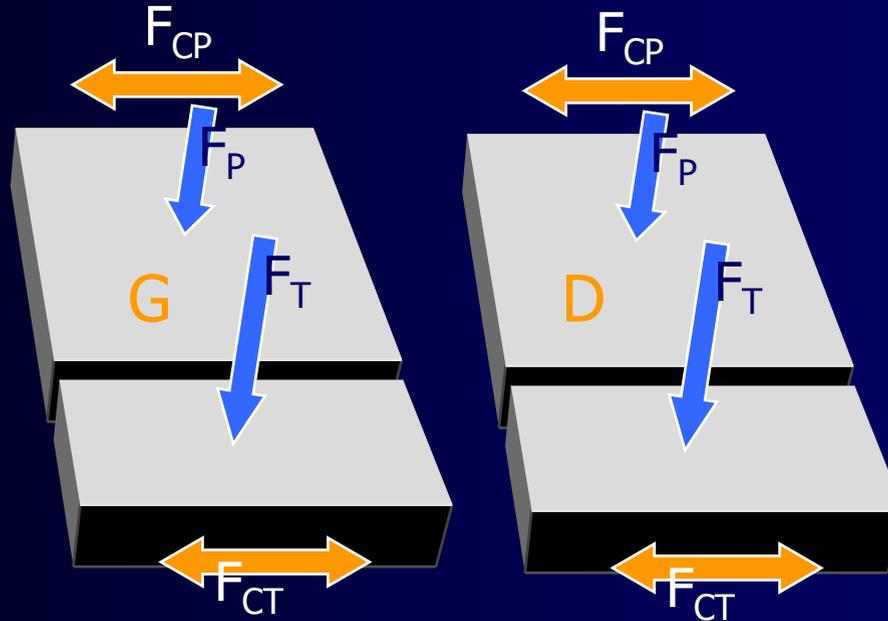
$$G_X = \frac{1}{P_T} \sin \alpha [t(P_C - P_A) + p(P_D - P_B)]$$

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

# Degrés de liberté

Pied gauche

- tangage
- lacet
- dérive



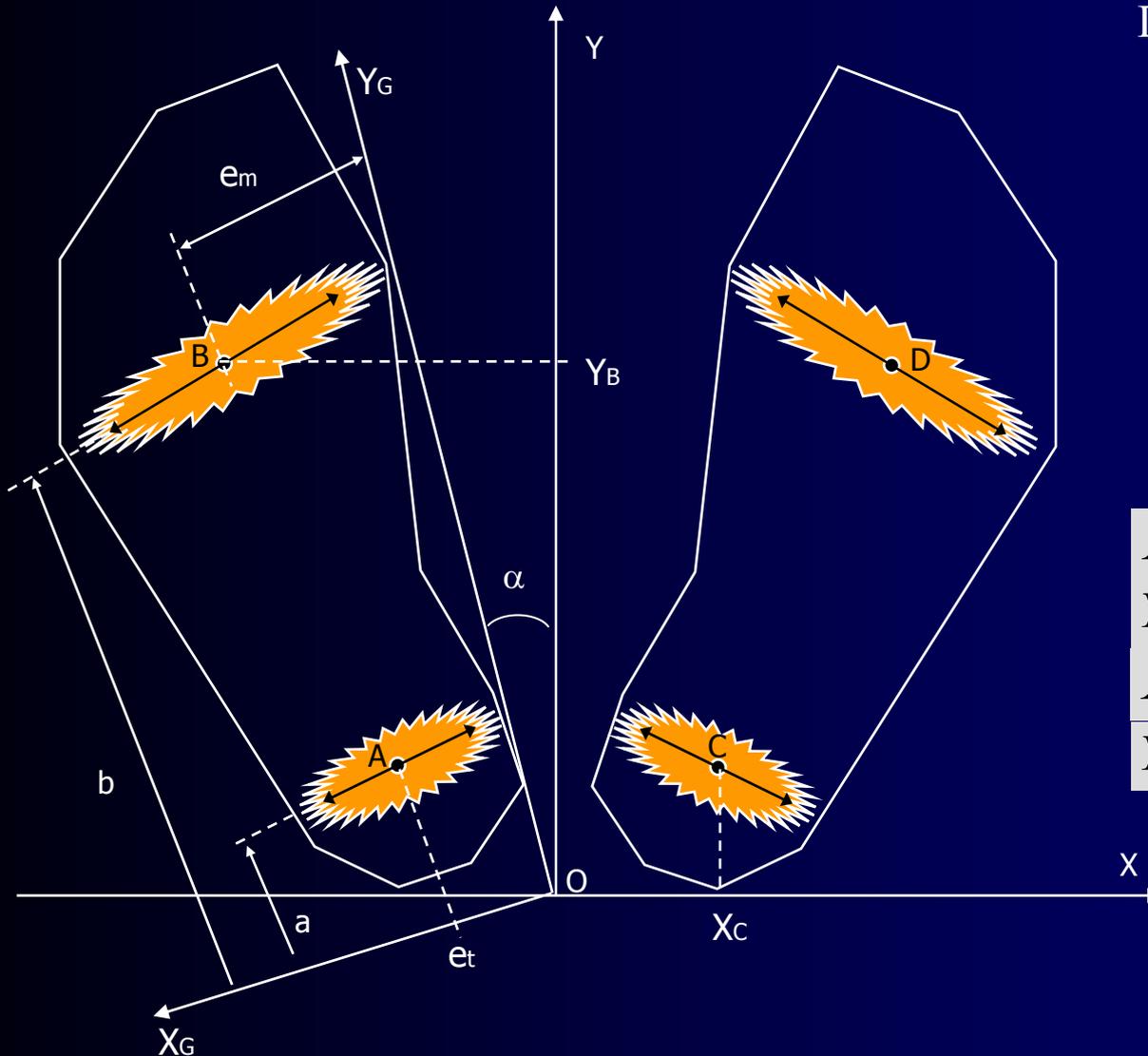
Pied droit

- 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

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

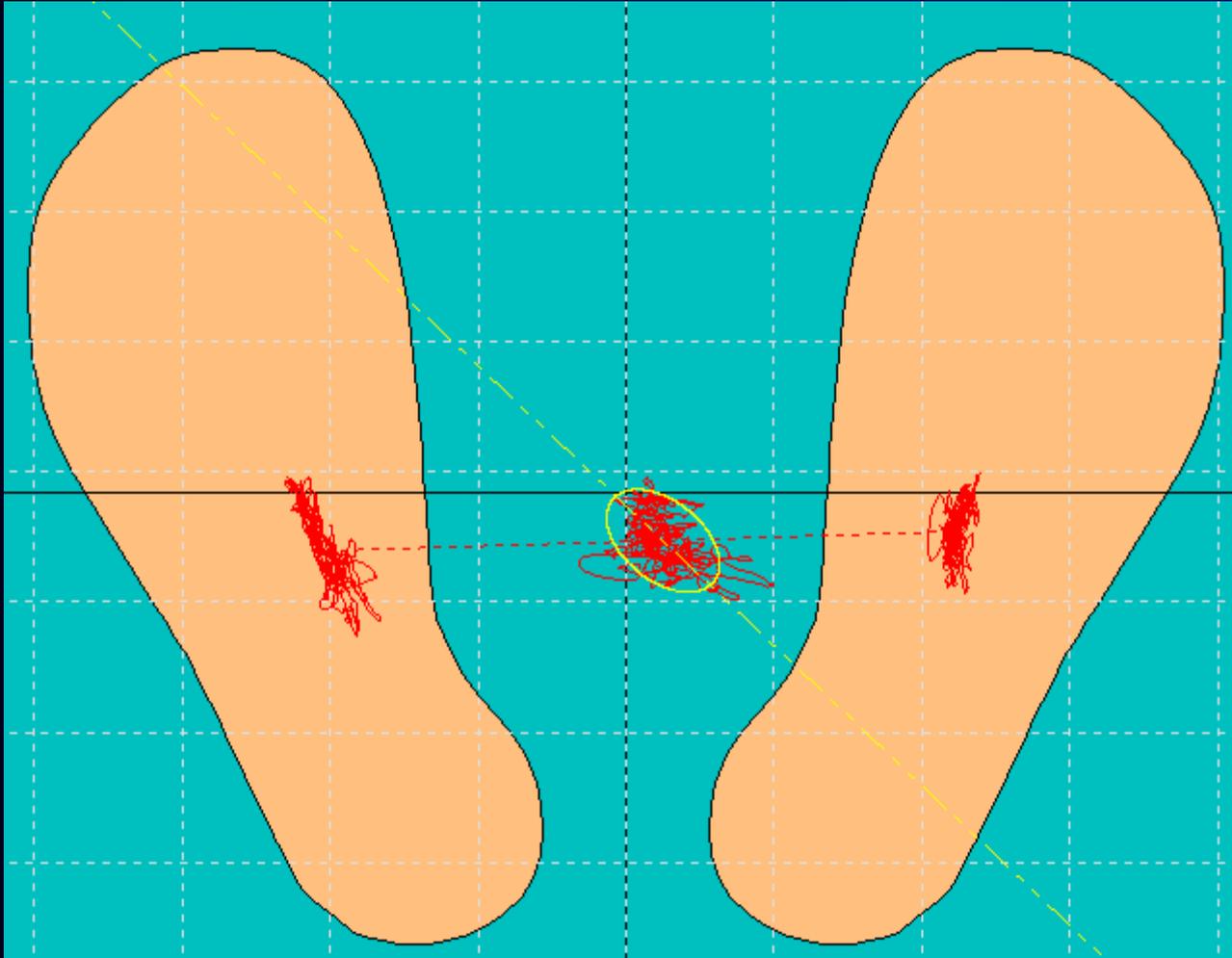
$$Y_A = -A_X \sin \alpha + A_Y \cos \alpha$$

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

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

# 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

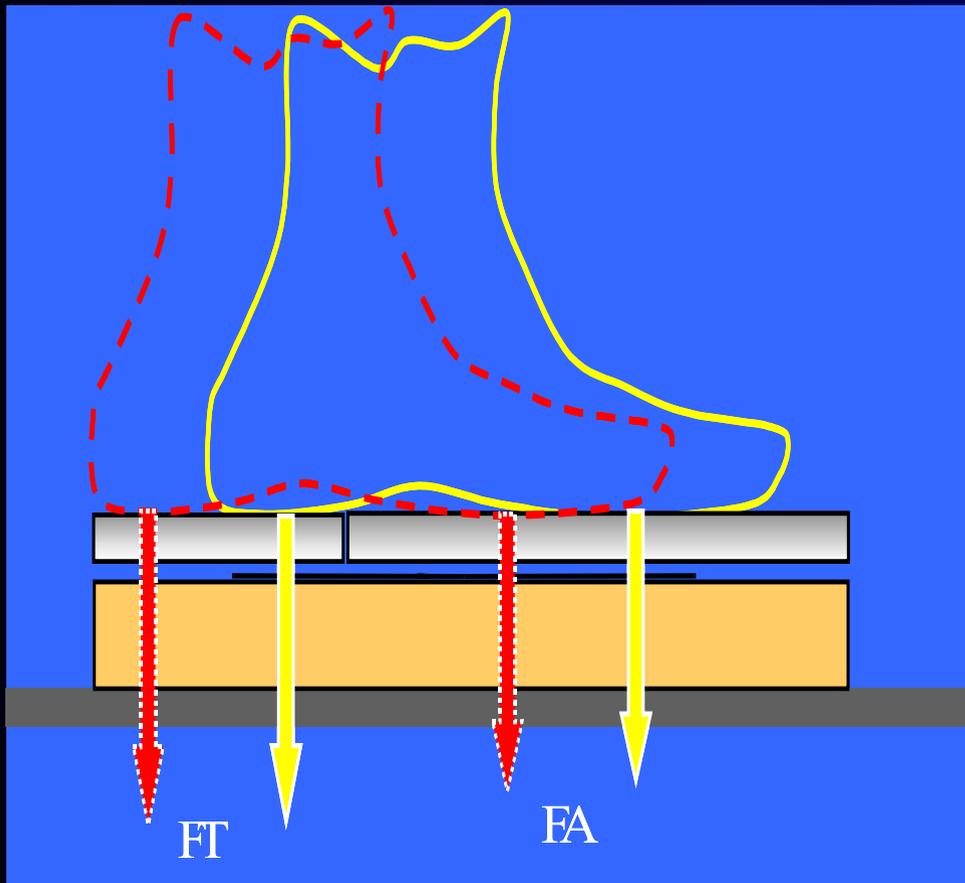


Disposition selon normes AFP



Gabarit de  
positionnement

# Caractéristiques remarquables des sabots



Monobloc



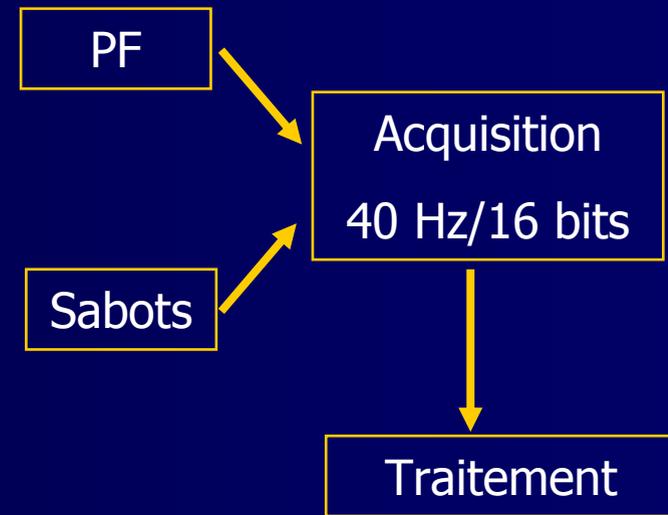
- Robustes

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

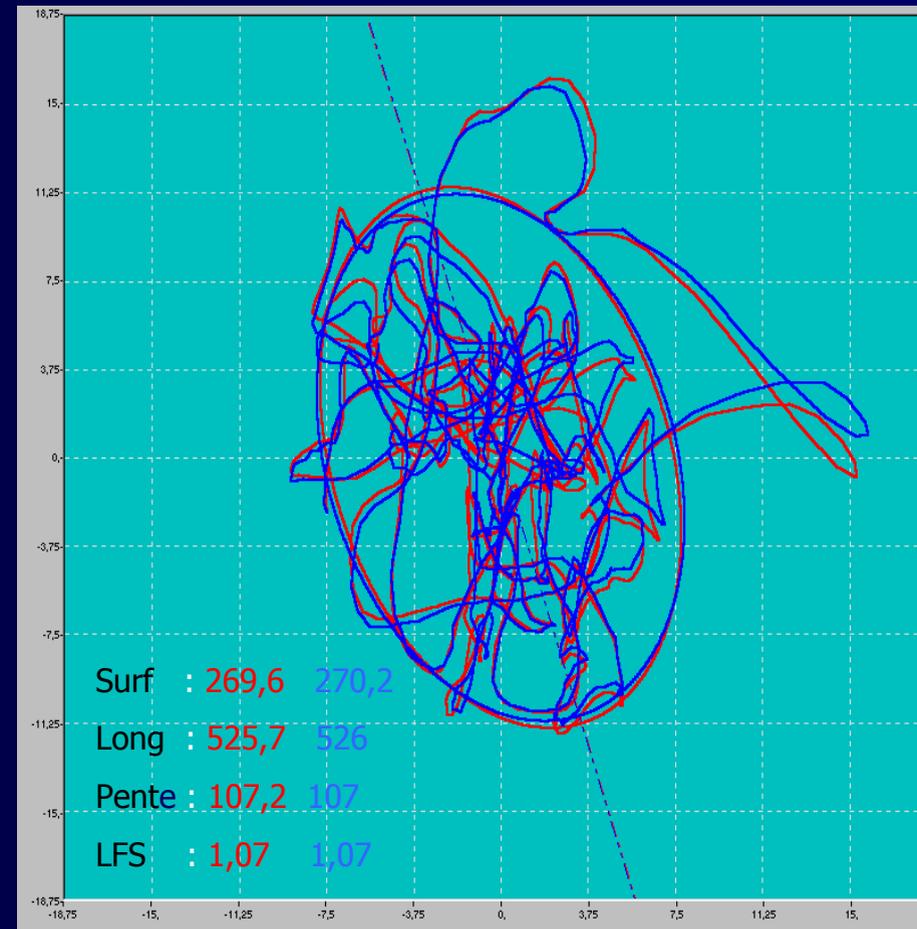
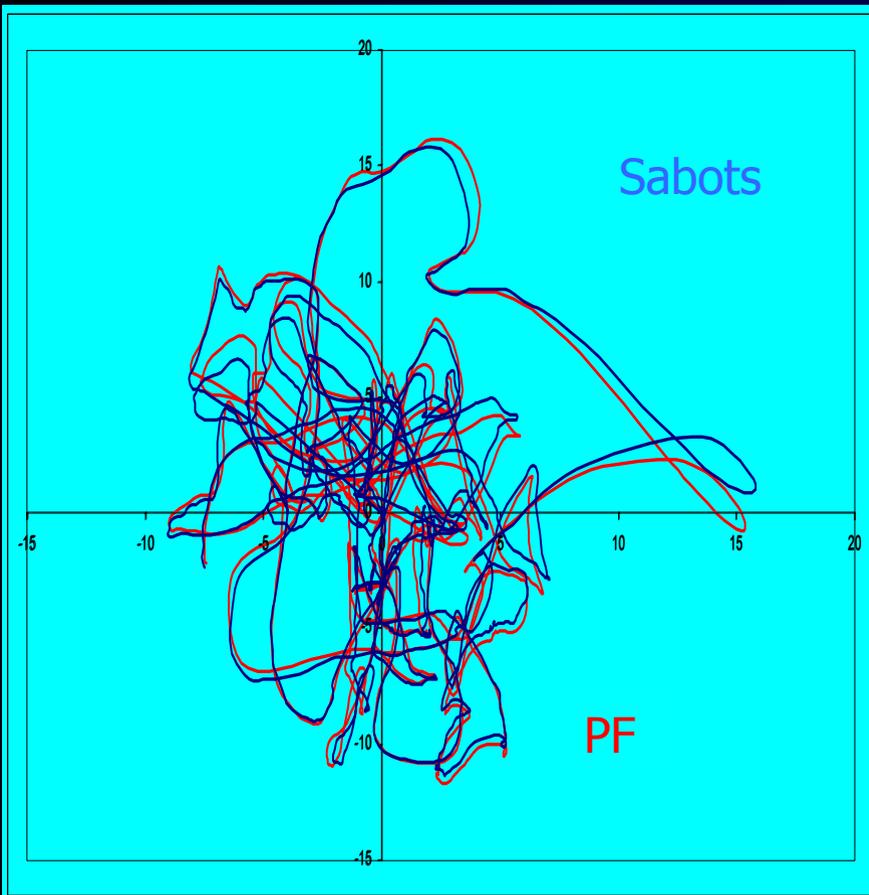


# Étude comparative PF-Sabots : Les statokinésigrammes et ellipses de confiance

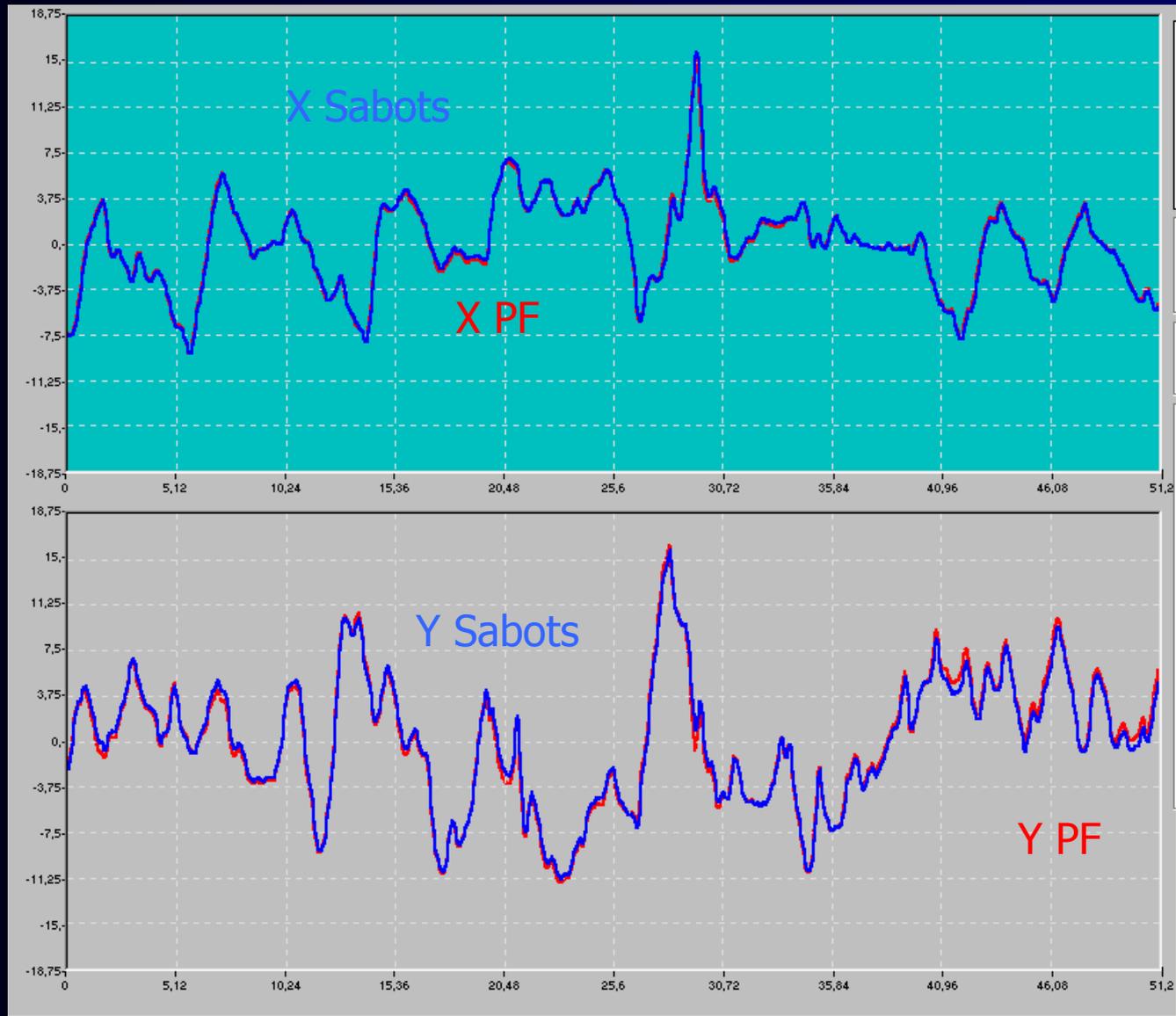
Sujet F. peinture 38

## Superposition

## Ellipses à 90%



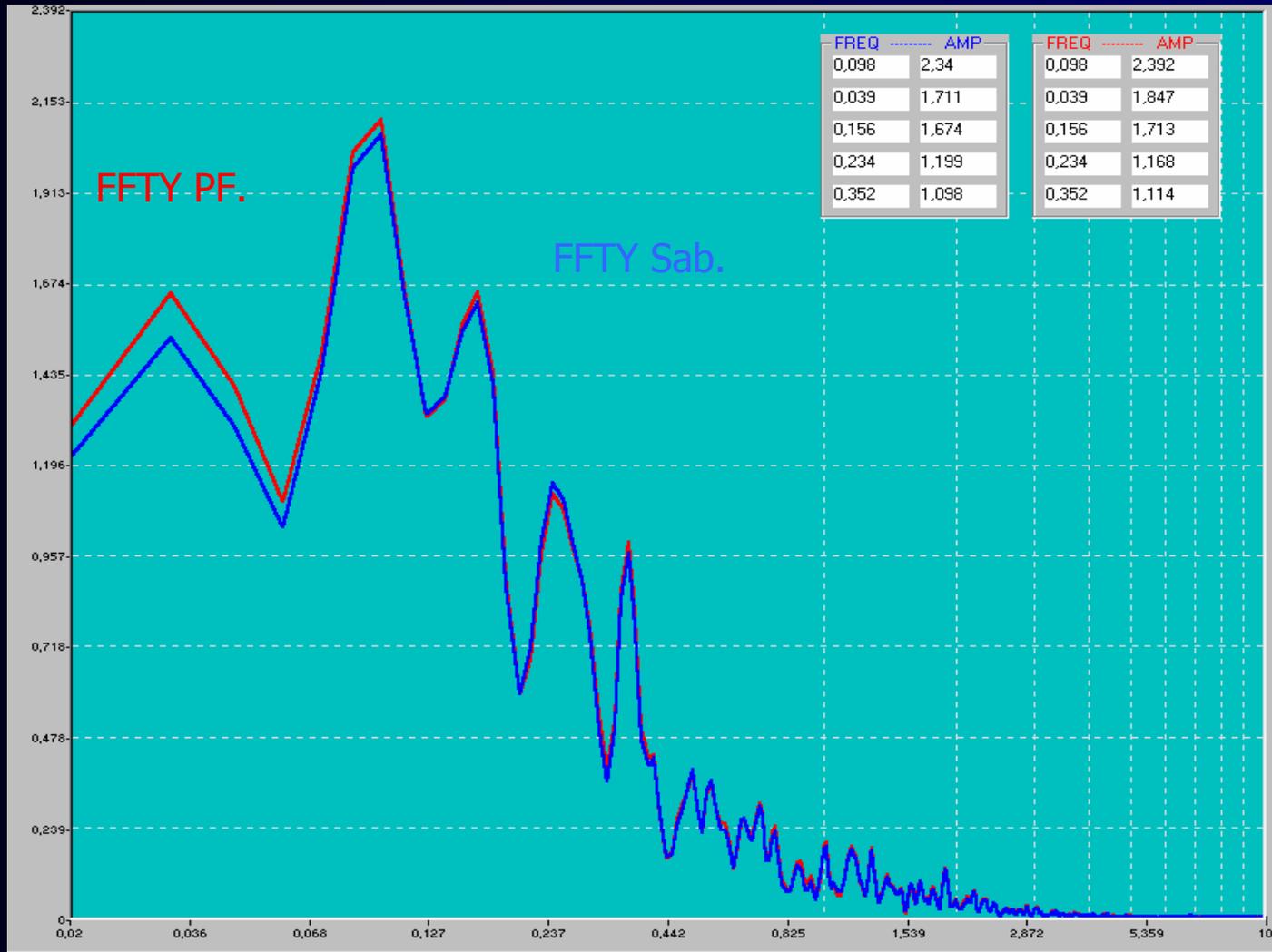
# Étude comparative PF-Sabots : Les stabilogrammes



# Étude comparative PF-Sabots : FFTX

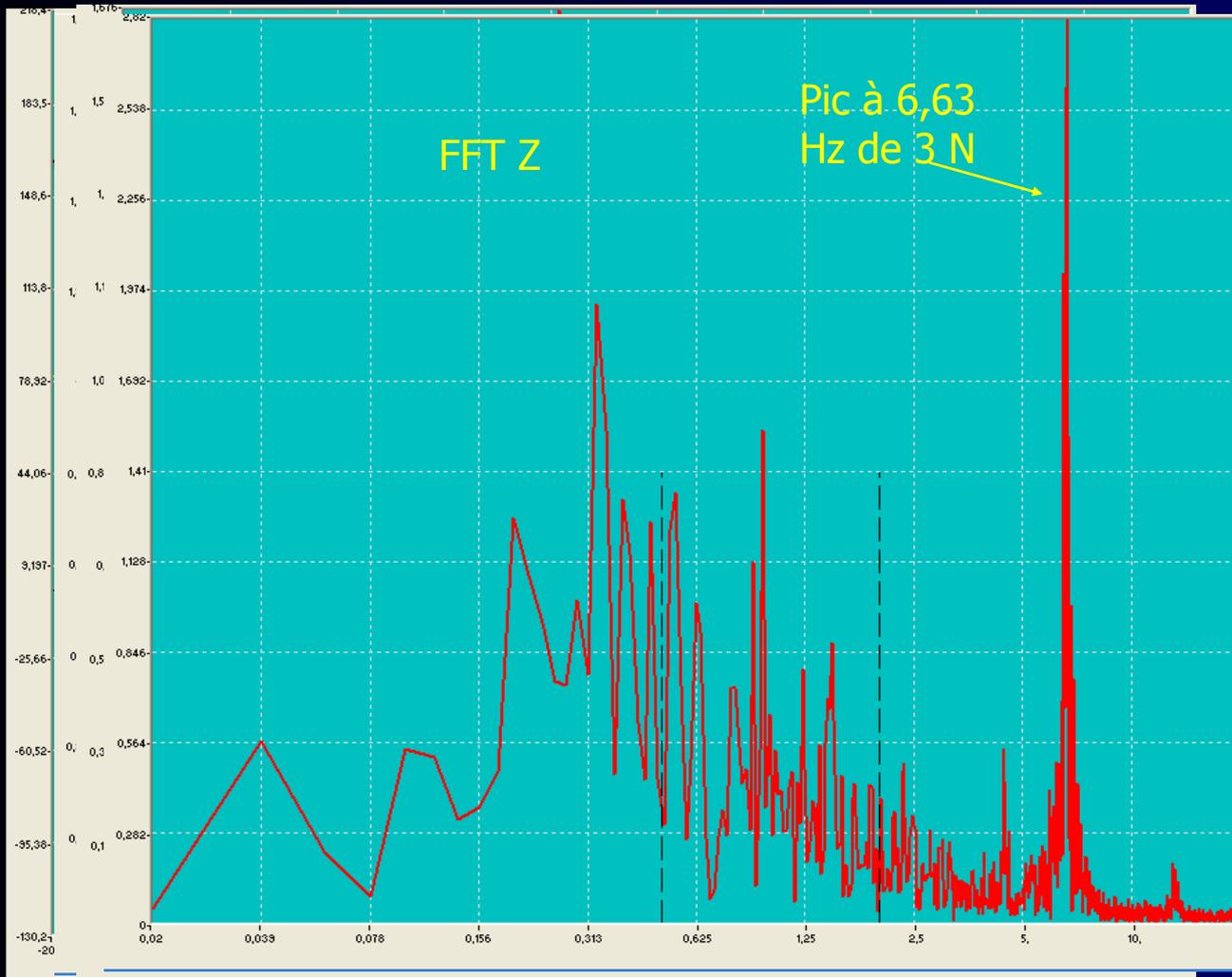


# Étude comparative PF-Sabots : FFTY



# Cas clinique (Sabots)

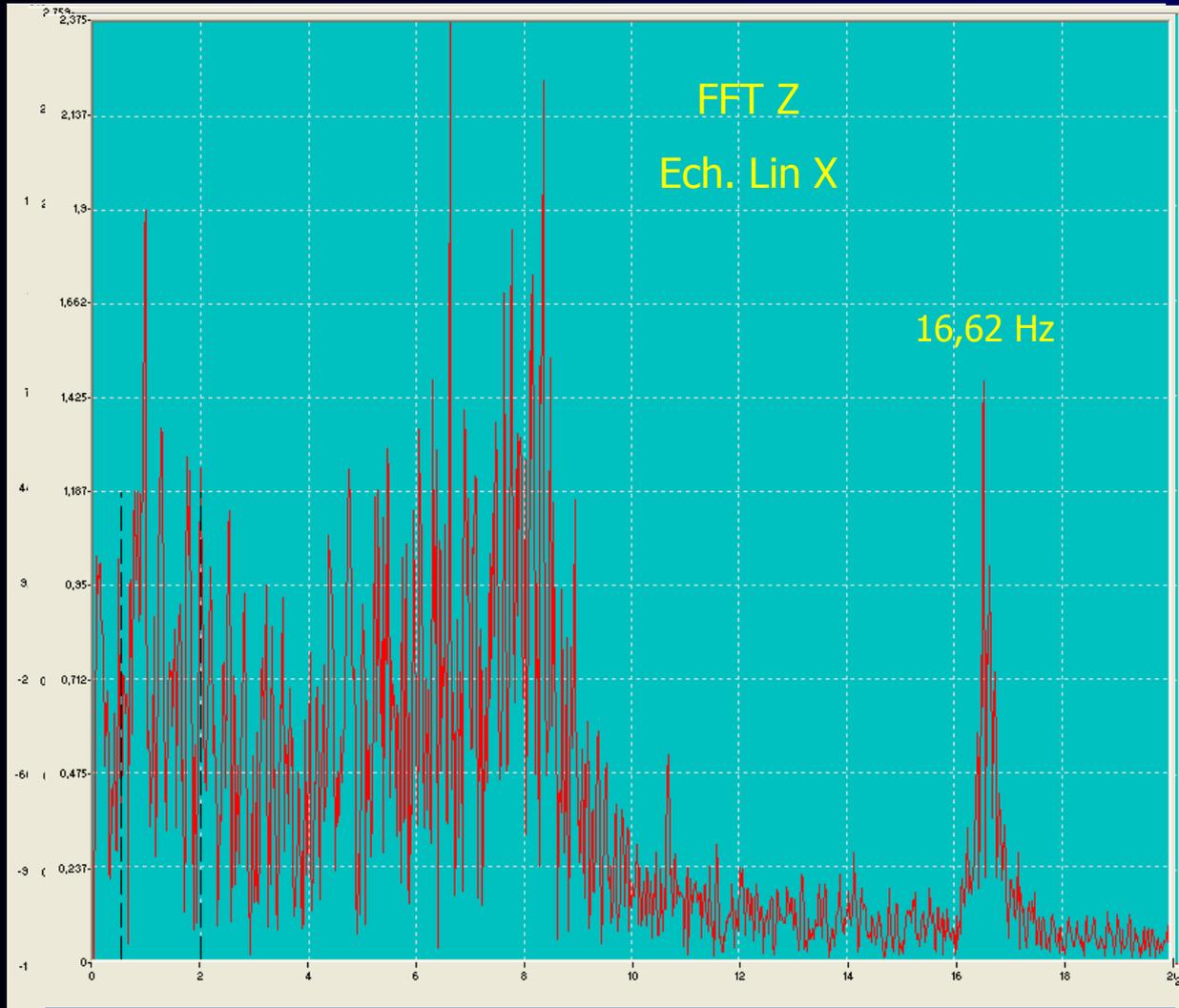
*Patient Chap., homme 31 ans: fente syringomyélique de D5 à D10 ;  
Babinski gauche ; syndrome pyramidal gauche*



- Asymétrie 42/58%
- S=730 mm<sup>2</sup>
- Var.Vit =360

# Cas clinique (Sabots)

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

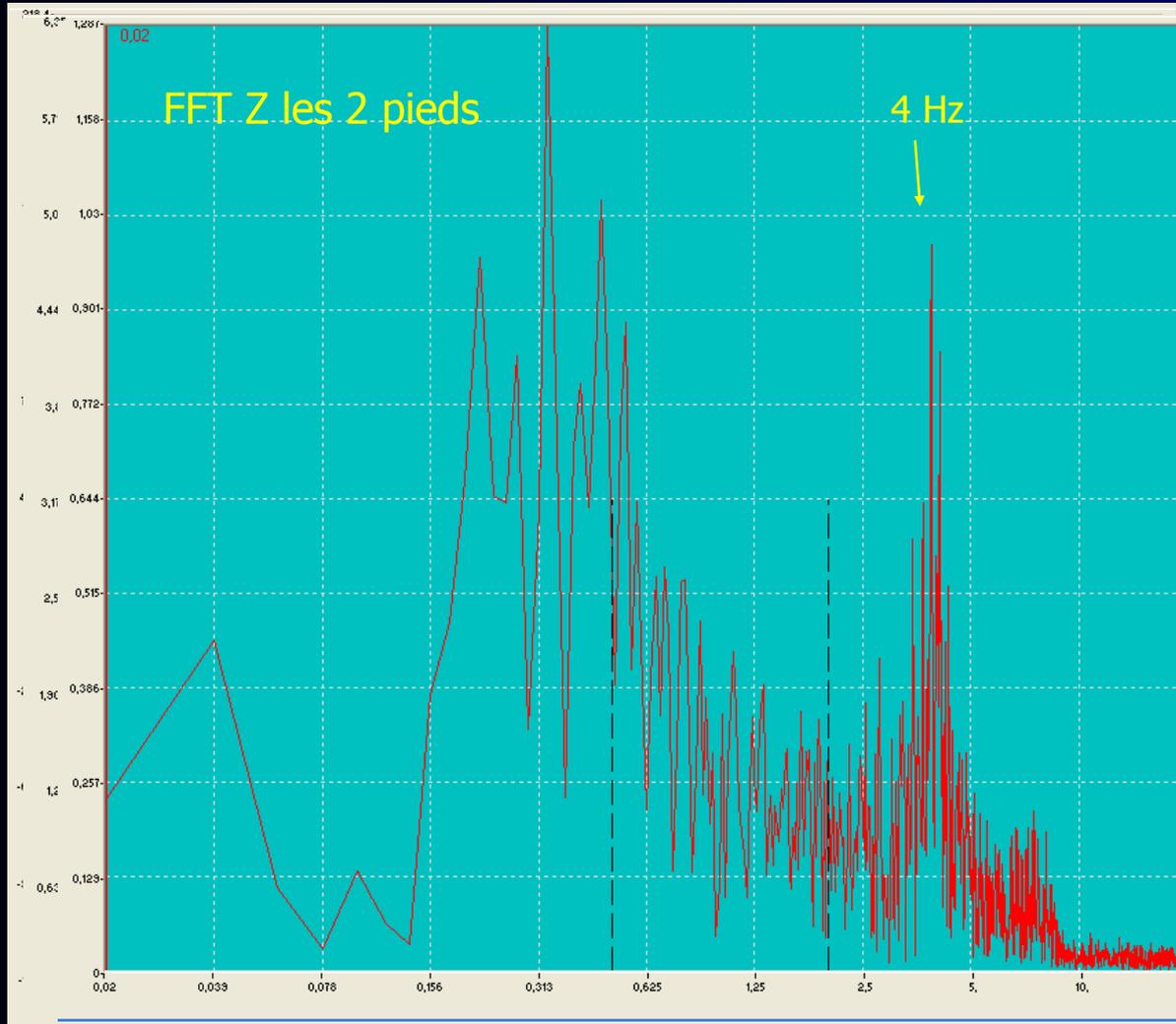


- Asymétrie 40/60%
- $S=1545 \text{ mm}^2$
- $\text{Var.Vit} = 1962$

*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 mm<sup>2</sup>
- Var.Vit =156

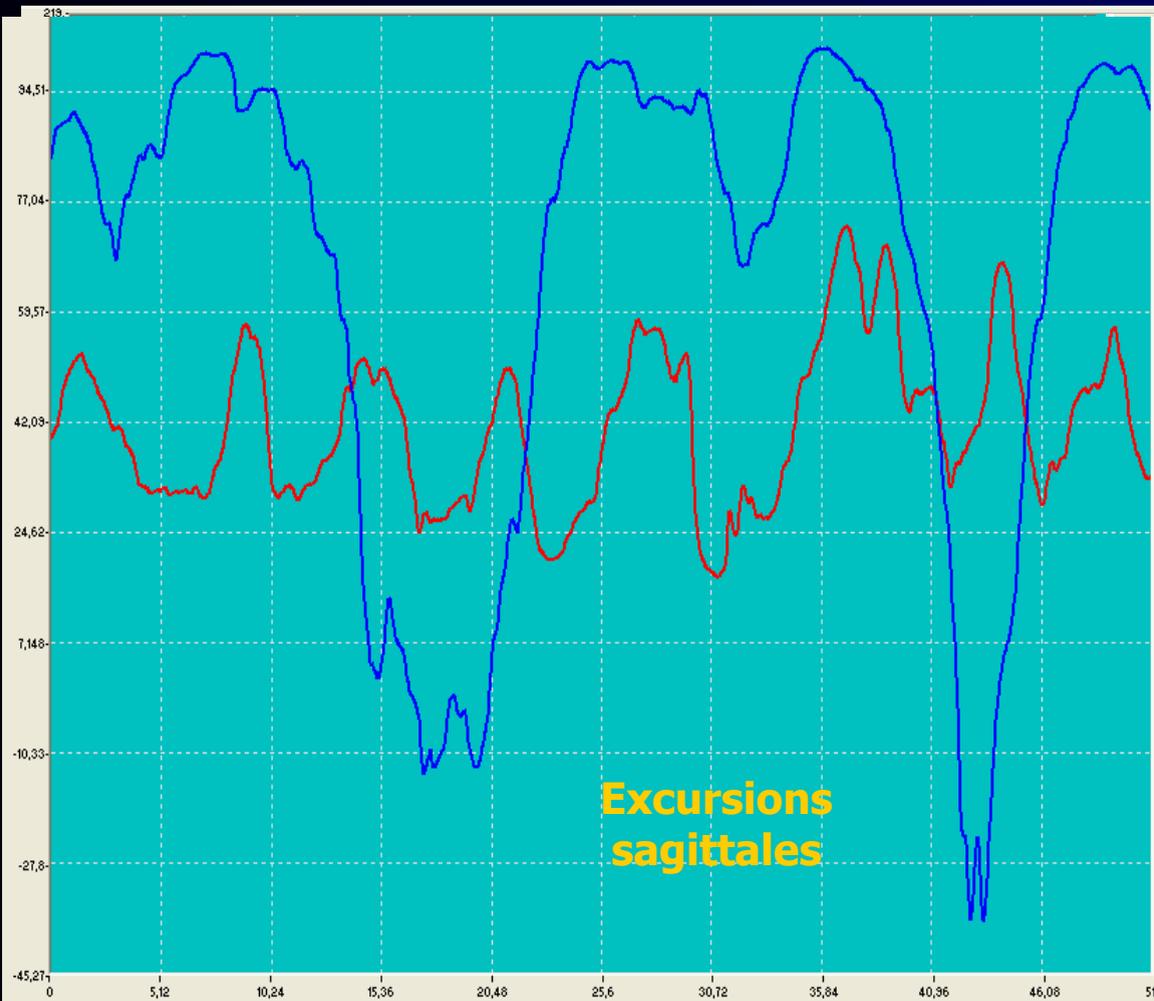
*Patient de Lionel Barbier*

# 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

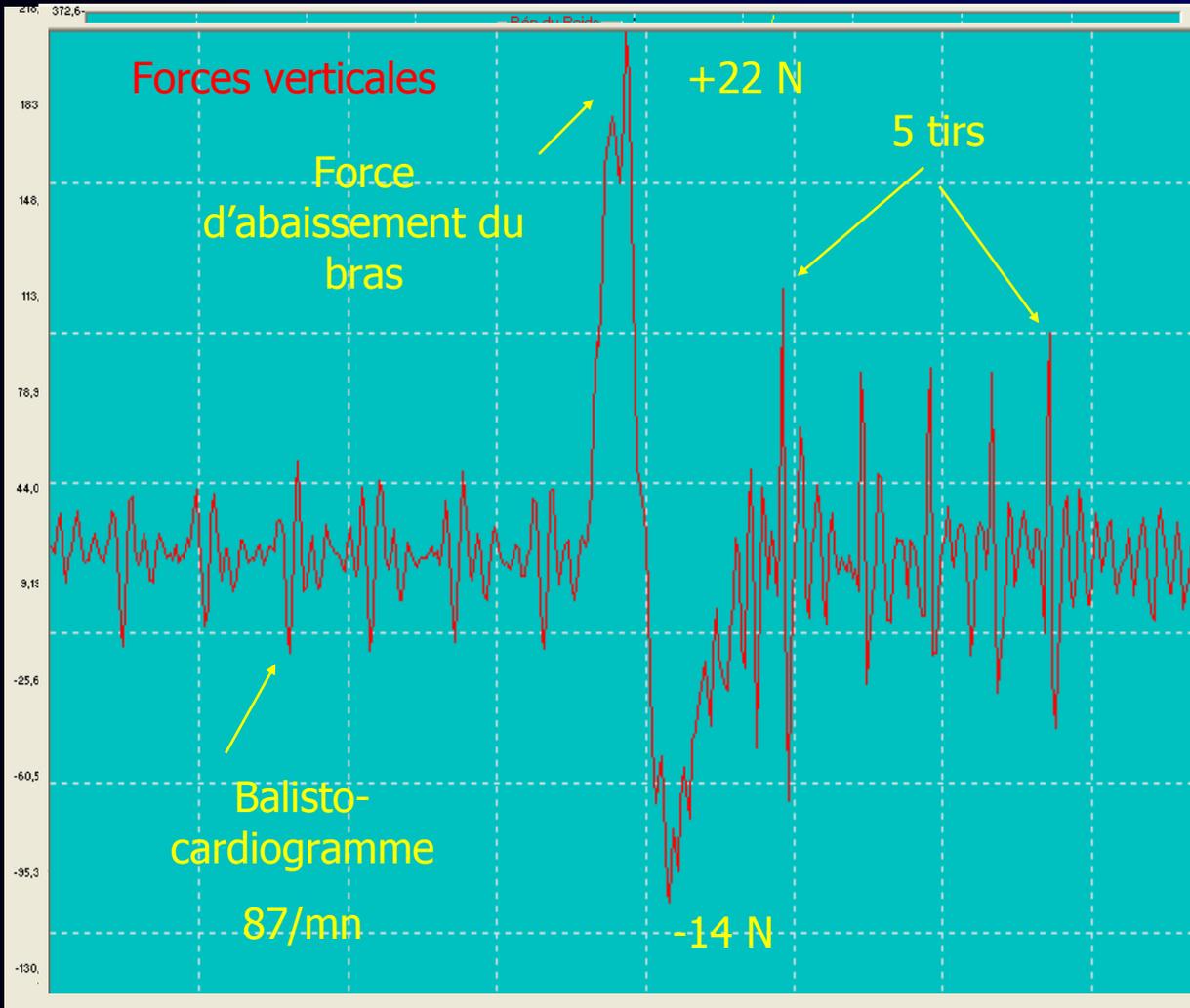
Var.Vit

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)

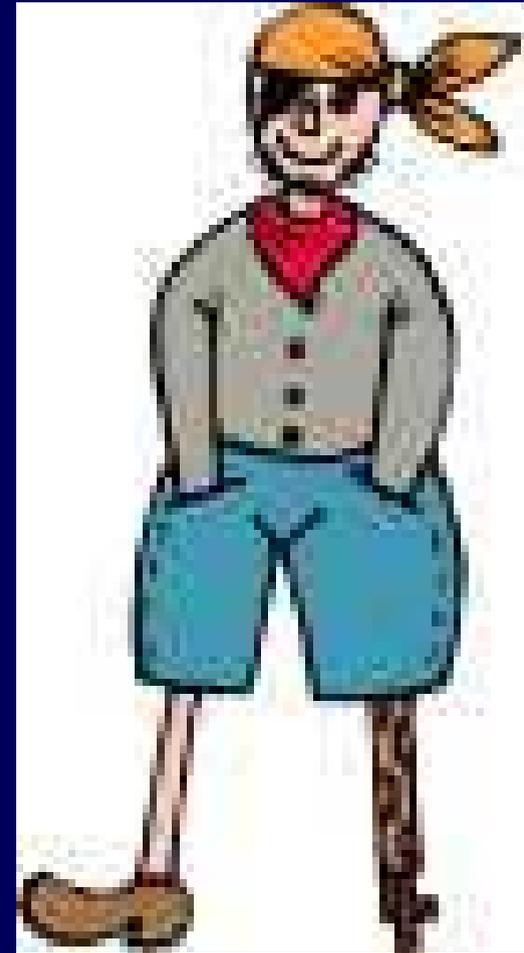
- Asymétrie 65/35 %

Swing (12,8 sec)

- Analyse des forces verticales

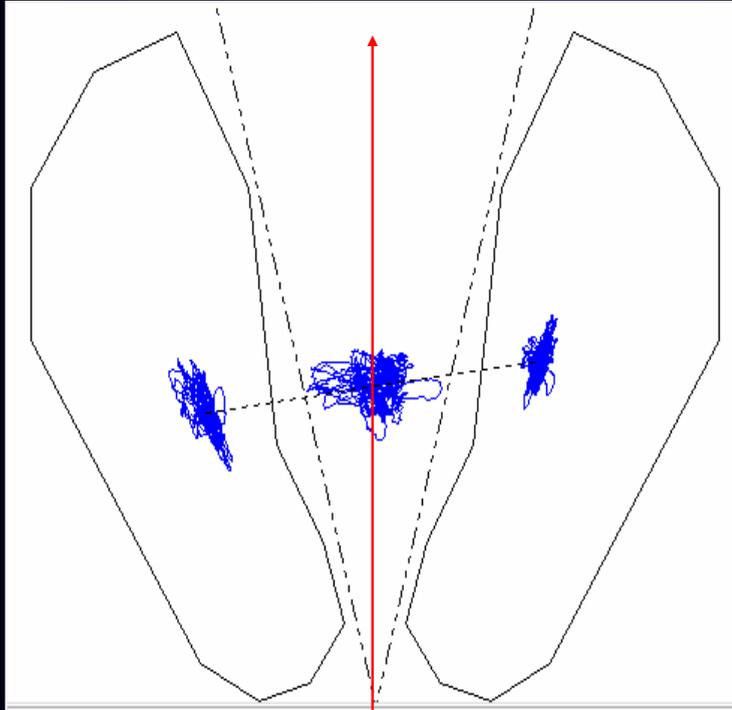
# Pied Pilier-Pied Ballant : quels critères?

- 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

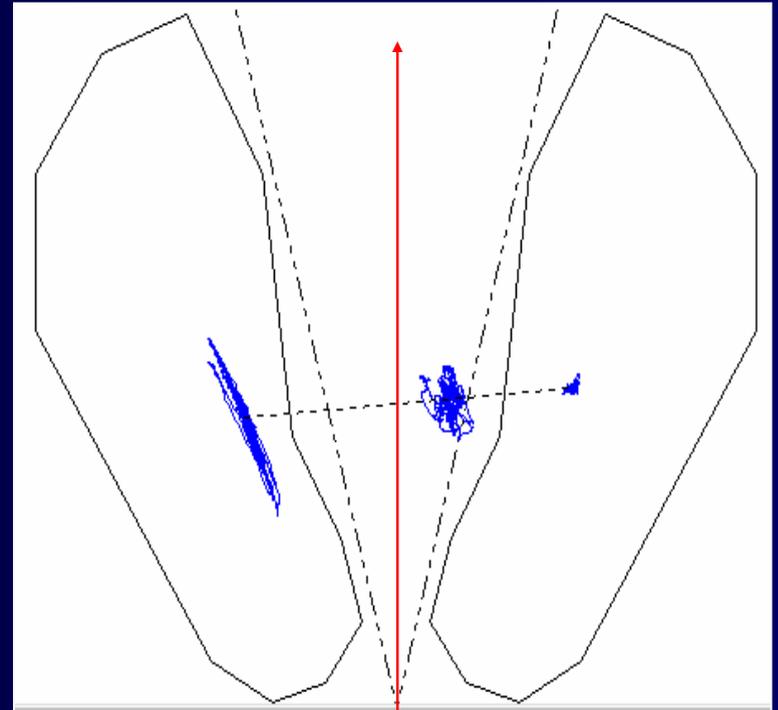


# Premiers résultats n : 66

Notion de « Pied Pilier-Pied Ballant »?



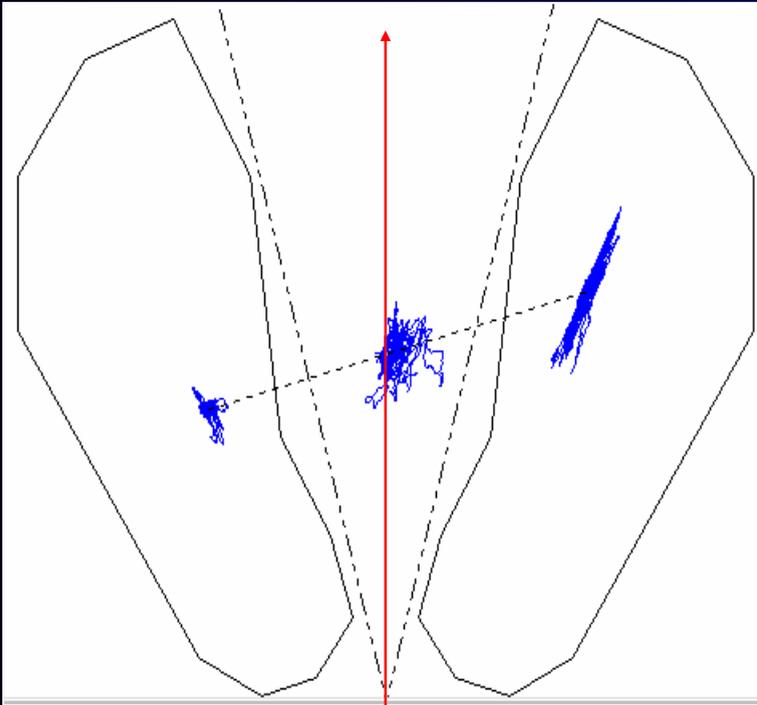
X centré ; Pilier alterné



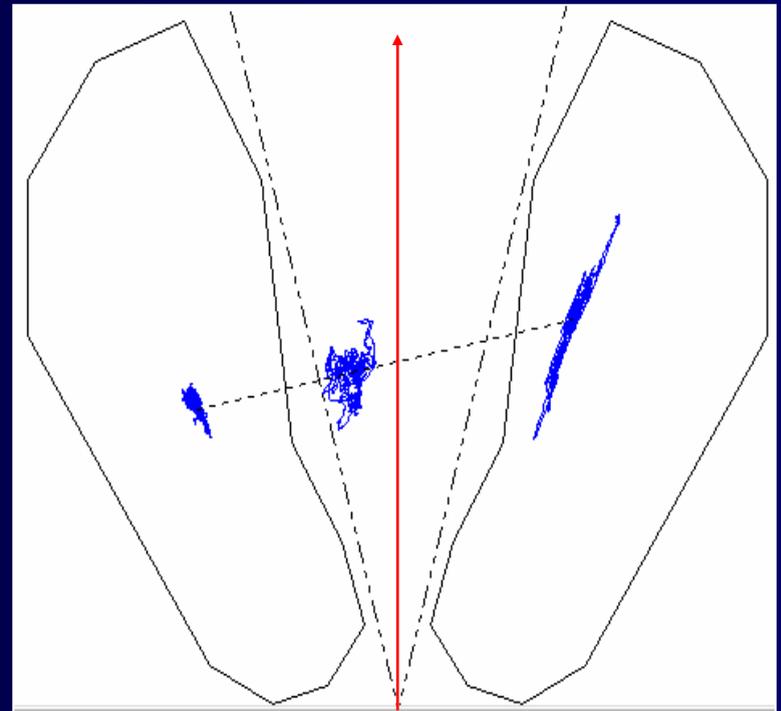
X droit ; Pilier droit

# Premiers résultats n : 66

Notion de « Pied Pilier-Pied Ballant »?



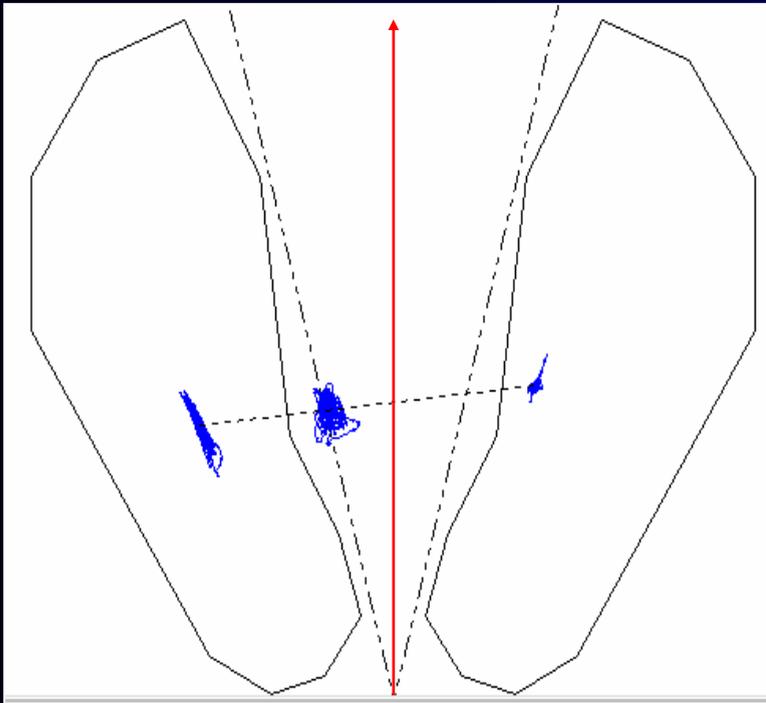
X droit ; Pilier gauche



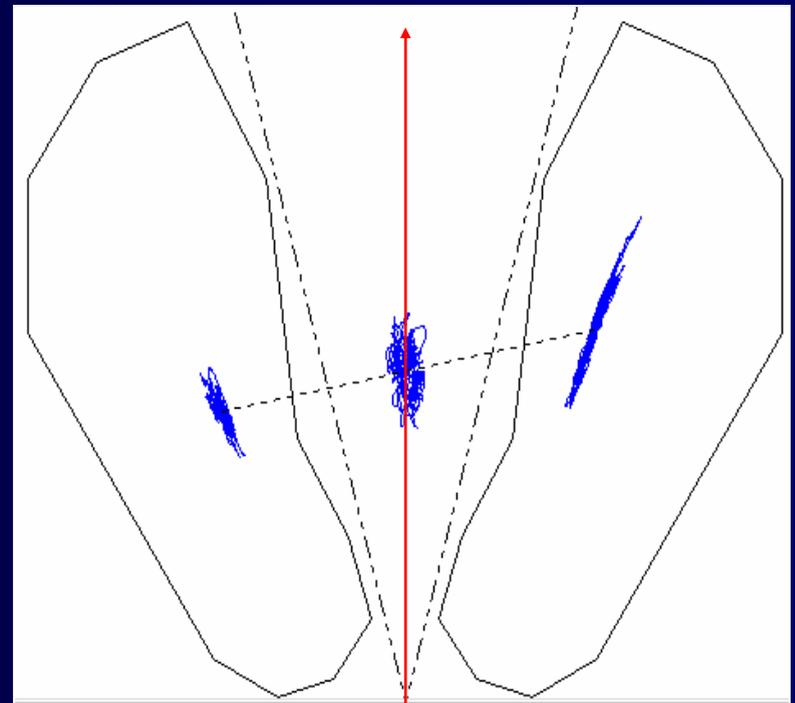
X gauche ; Pilier gauche

# Premiers résultats n : 66

Notion de « Pied Pilier-Pied Ballant »?



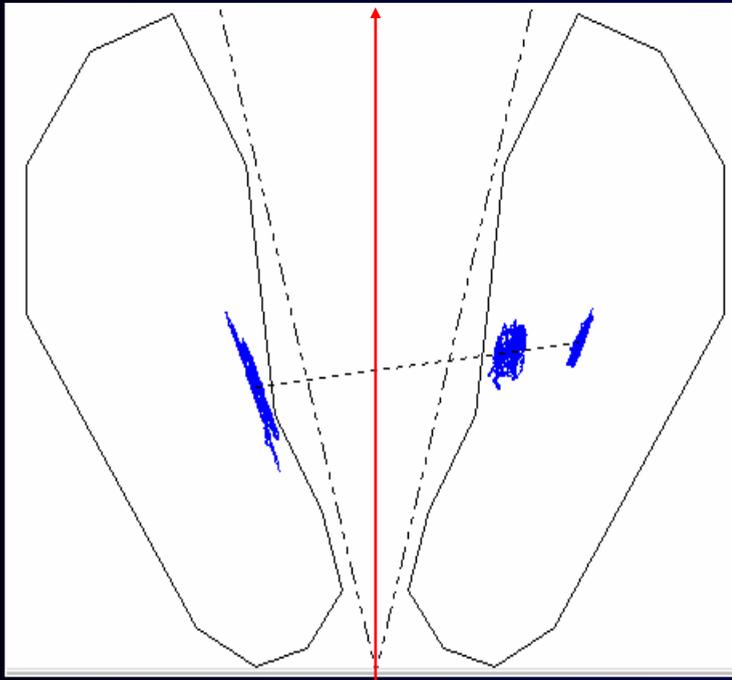
X gauche ; Pilier droit



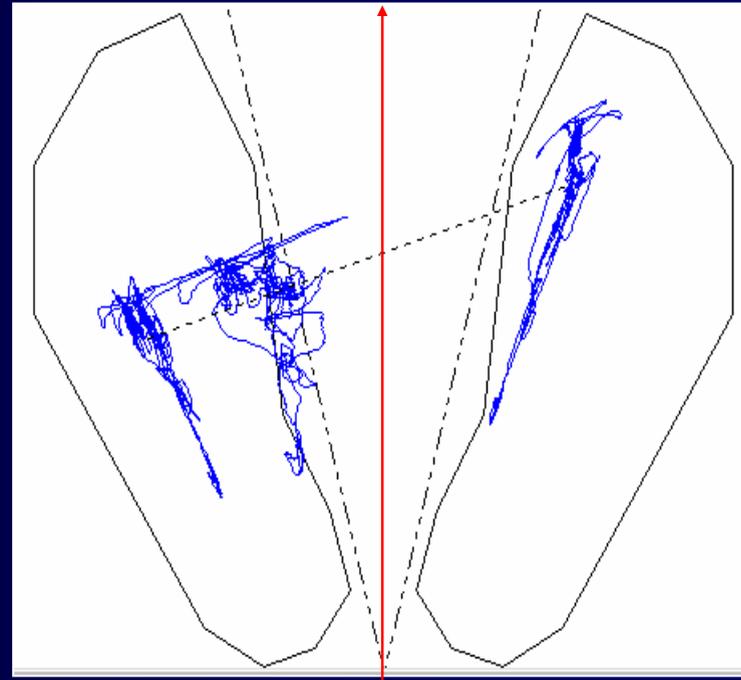
X centré ; Pilier gauche

# Premiers résultats n : 66

Notion de « Pied Pilier-Pied Ballant »?



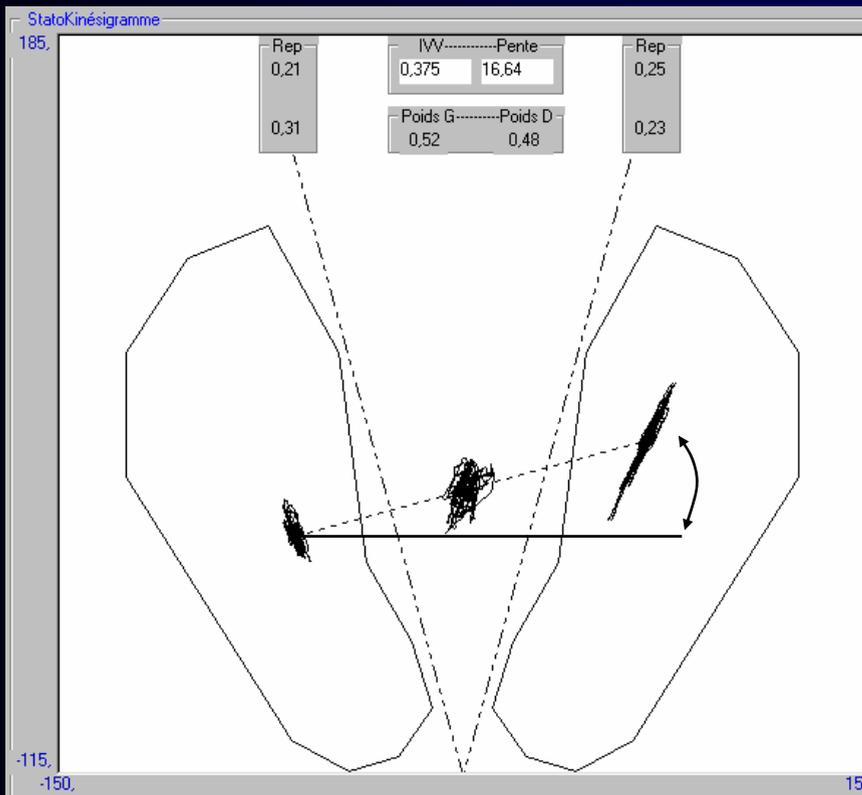
Appui quasi unipodal



Instabilité bi-podale

# Pied Pilier-Pied Ballant : Indices proposés

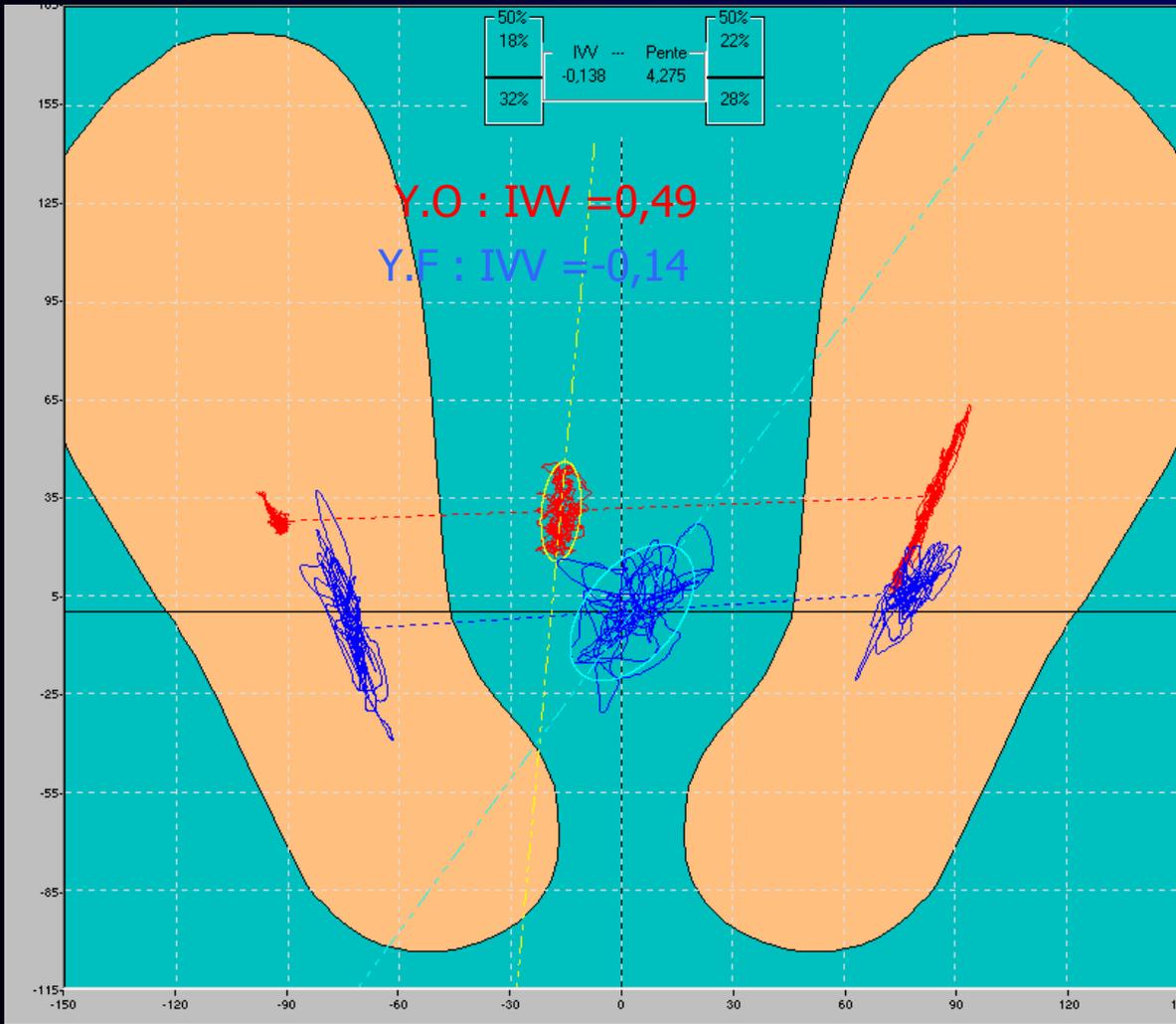
- Indice de placement moyen (IPM) → pente de la droite des X moyens
- Indice de vitesse (IVV) i.e entre la variance de la vitesse du pied droit (VVD) et la variance de la vitesse du pied gauche (VVG)



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

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

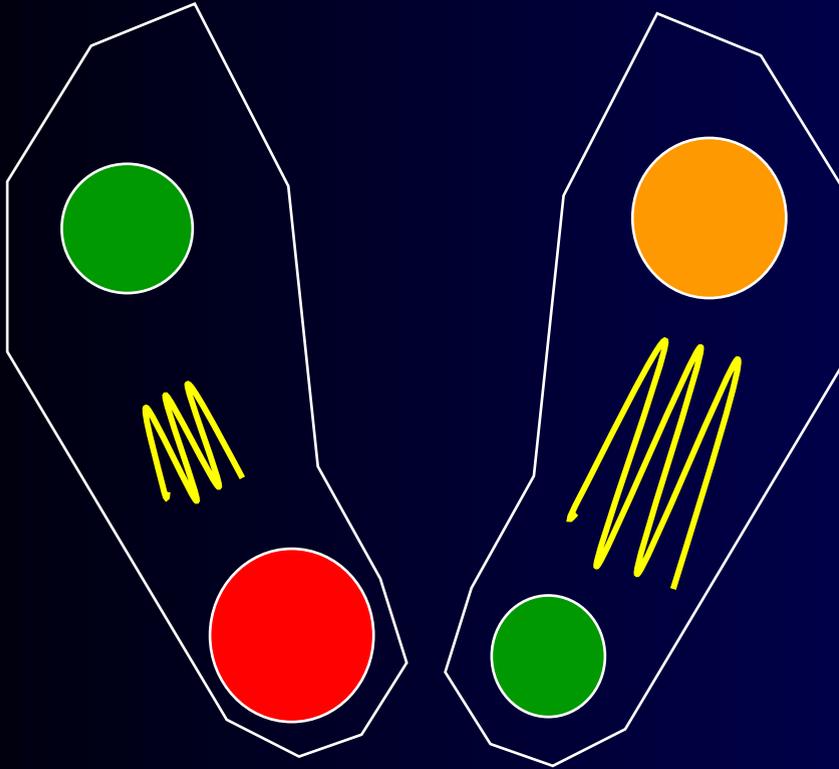
IPM : Moyenne = 12,08 °; Écart-type = 5,11°

- 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.