

Un serpent de mer: Le VFY

Pierre-Marie GAGEY

Institut de Posturologie, Paris

L'erreur initiale du VFY

Les péripéties, dans notre groupe, de ce serpent de mer qu'est le VFY commencent par une erreur de débutant en informatique, que j'ai faite. C'est la première chose à comprendre.

Le signal stabilométrique est constitué uniquement des positions successives échantillonnées du centre de pression, repérées par leurs coordonnées, X et Y, qui ont été mesurées, pendant la durée de l'enregistrement, à la cadence choisie. Ce signal se présente donc comme N paires de valeurs (X & Y), par exemple 256 paires de valeurs si la durée est de 51,2 s. à la cadence de 5 fois par seconde. ($51,2 * 5 = 256$),

Ce paquet de N valeurs, des X et des Y, est rangé de manière ordonnée par l'ordinateur, qui affecte à chaque paire, XY, un indice qui permet de les retrouver, de les appeler. Cet indice est souvent appelé « i » quand sa valeur n'est pas précisée. On dispose donc de N paires indicées par la même valeur de i, pour la même position du centre de pression: X[i] et Y[i].

Traditionnellement i est incrémenté de 1 lorsqu'on passe d'une position à la suivante, donc la valeur de i croît de 1 à N.

Pour faire un calcul à partir de ces coordonnées, par exemple le calcul du X-moyen, on appelle successivement tous les X, dans ce qu'on nomme une « boucle » qui appelle tous les i de 1 à N. On écrit:

moyenne = 0; qui initialise la variable « moyenne »

pour i = 1 à N

moyenne = moyenne + X[i] ; (On fait la somme des X dans la variable "moyenne")

Fin de boucle

moyenne = moyenne/N (On divise la somme des X par N)

C'est très simple! Le piège, c'est quand on appelle deux paires de valeurs en même temps dans la boucle. Si ce sont deux positions successives du centre de pression, on peut appeler une position i et la précédente i-1, par exemple pour calculer l'écart entre les coordonnées successives on écrira:

$$dX = X[i-1]-X[i]$$

$$dY = Y[i-1]-Y[i]$$

Mais la bêtise à ne pas faire, et que j'ai faite! c'est d'écrire la boucle comme dans l'exemple précédent: pour $i = 1$ à N , car lorsque $i=1$, $i-1=0$!... Un indice « 0 » qui correspond soit à aucune valeur, soit à l'origine 0 du référentiel, selon le langage que vous utilisez. Matlab aujourd'hui vous dit que vous avez fait une erreur, le Pascal UCSD à l'époque (1985) ne disait rien du tout, et prenait comme valeur de $X[0]$, $Y[0]$ l'origine du référentiel.

Donc j'ai bien calculé la distance entre les positions successives du centre de pression

$$\text{distance}[i] = \text{racine carrée de } (dX \text{ au carré} + dY \text{ au carré}) \text{ [Pythagore]}$$

Et calculé la vitesse en divisant cette distance par l'intervalle de temps entre les deux positions du CdP, 0,2 seconde.

Mais j'ai introduit comme valeur de la « distance[1] », non pas la distance entre deux positions successives du CdP, mais la distance entre l'origine du référentiel et la première position échantillonnée du CdP. Donc ma distribution de toutes le vitesses successives du CdP pendant l'enregistrement comportait une valeur aberrante, très très importante par rapport aux autres vitesses, qu'on peut nommer la vitesse pour parcourir la distance de l'origine du référentiel au \pm Y-moyen, en 0,2s.

L'erreur est donc très claire, très simple.

Les bienfaits de l'erreur initiale !

Regardez!

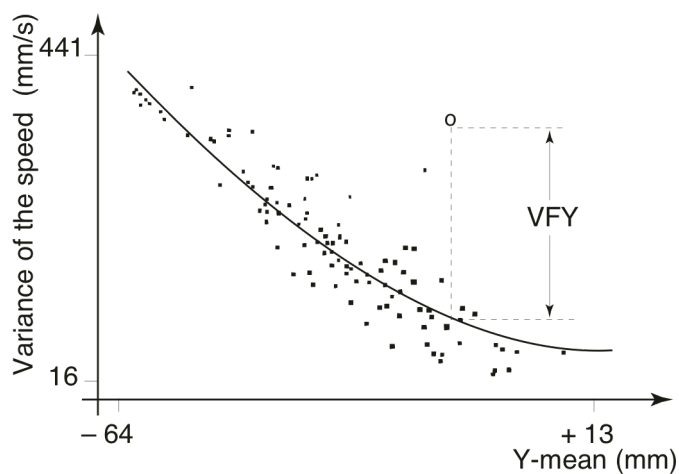


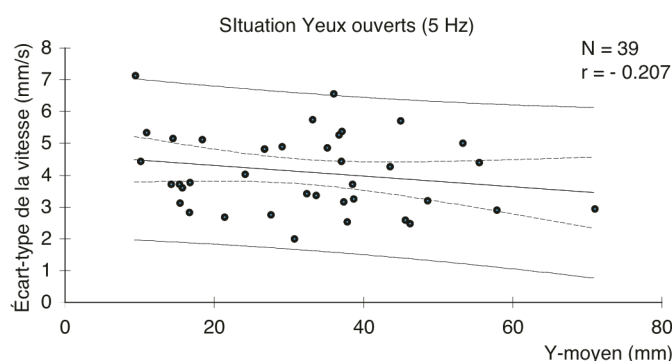
Figure 1

Régression linéaire entre le Y-moyen et la variance de la vitesse (fausse).

Comment ne pas tomber en arrêt devant une telle corrélation entre les Y-moyen en abscisses et la variance de la vitesse en ordonnée ?

Évidemment la variance de la vitesse, telle que calculée avec

l'erreur, était très influencée par la présence du Y-moyen dans son calcul... Sans cette figure extraordinaire, jamais je me serais intéressé au VFY, car sans cette erreur la corrélation est



beaucoup moins brillante (voir la figure 2)

Figure 2

Même régression que dans la figure 1, sauf que l'erreur initiale a été corrigée. La corrélation est moins brillante!... Elle existe quand même.

Le paramètre VFY est donc né de cet intérêt suscité par cette corrélation étonnante et... fausse! Le VFY mesurait la distance du point représentatif du sujet à la courbe de régression, comme cela est noté sur la figure 1.

Le VFY et l'expérience

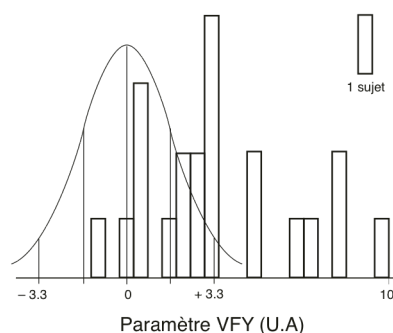


Figure 3

Distribution du paramètre VFY dans une population de sujets normaux soumis aux effets du Lorazépam. Courbe de Gauss de la distribution dans une population normale, Histogramme des sujets d'expérience.

Avant même qu'on me fasse remarquer mon erreur, Rhône-Poulenc m'a demandé de les aider pour fixer la posologie d'un anxiolytique myorelaxant dont les effets sur le système postural étaient difficiles à cerner cliniquement (fig. 3) [1].

Cette molécule, la Suriclone, arrivait en fin d'étude, juste avant présentation du dossier au Ministère de la Santé pour obtenir l'AMM. Rhône-Poulenc avait dépensé des centaines de millions pour cette étude, pas question de mégoter pour ce dernier round. Nous avons donc pu travailler sur 40 sujets (adultes jeunes entre 18 et 30 ans, salariés). Normaux (Critères cliniques posturaux et stabilométriques), Hospitalisés (Ni alcool, ni tabac, ni drogues), Enregistrés pendant

4 semaines (Le même jour de la semaine, aux mêmes heures). À divers intervalles de temps (3 minutes, 3 heures, 6 heures, 9 heures, 8 jours, 15 jours, 21 jours). L'effet de la Suriclone sur le VFY, entre autres, a été comparé aux effets du Lorazépam.

Les résultats sont sans appel, le paramètre VFY SIGNIFIE QUELQUE CHOSE Et ce résultat ne doit absolument rien à l'erreur initiale puisque les deux populations (Normaux et Lorazépam) ont été testées avec le même paramètre, calculé de la même manière..

Donc lorsqu'on m'a signalé l'erreur informatique, j'ai décidé de garder le paramètre tel quel puisqu'il est efficace. Celui qui donne la définition d'un paramètre en est le maître.

L'Orthodoxie physique, « mon cul » dirait Zazie.

Ce mépris des règles formelles de disciplines scientifiques a quand même quelque chose de gênant!... Bon le VFY ça marche, on le sait, ça rend des services aux cliniciens depuis plus de 30 ans, bien sûr, mais quand même, si on essayait d'y voir un peu plus clair? Le Y-moyen c'est clair, pas de problème. Mais l'écart-type de la vitesse des déplacements du centre de pression: qu'est-ce que c'est que ce machin-là ? Ça représente quoi? Nous sommes d'accord, Maurice et moi, que ça parle des variations de la vitesse au cours du temps, en langage physique on dit que l'équation aux dimensions de cette valeur est: LT^{-2} , comme une accélération. Et là, pour le clinicien, il y a une réalité qui commence à montrer le bout de l'oreille: une accélération, pour nous cela évoque une contraction musculaire. Or, les travaux fondamentaux de Winter [2], Gurfinkel [3], Schieppati [4], Lakie & Loram [5-8] et quelques autres, montrent que le contrôle postural en situation debout au repos exige des contractions musculaires, la raideur des tissus des loges postérieures des jambes ne suffit pas à tenir l'homme debout au repos.

Comme nous savons maintenant calculer l'accélération du centre de gravité, nous remplaçons la régression linéaire Y-moyen/Variance de la vitesse, par la régression linéaire Y-moyen/Accélération du centre de gravité dont la lecture est très simple:

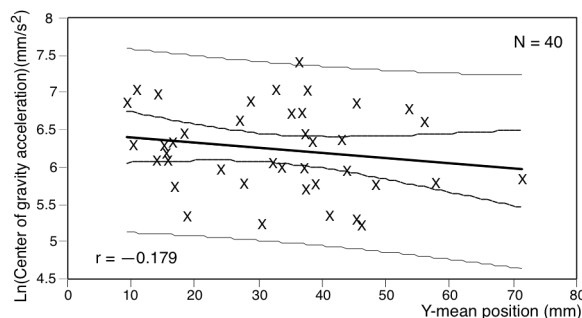


Figure 4

Régression linéaire Y-moyen,-Accélération du centre de gravité, dans une cohorte de 40 sujets normaux.

Plus la position en Y-moyen recule (les chiffres tendent vers zéro) plus l'accélération du centre de gravité augmente.

On peut accepter l'idée que plus le sujet est penché en avant (Vers 70 mm sur le graph) plus la raideur des tissus des loges postérieures de jambe augmente, moins il y a besoin de contractions musculaires pour maintenir le sujet debout au repos.

Donc le paramètre VFY nous donne « une idée chiffrée » du tonus de base du sujet.

Le nuage de points expérimentaux du graphique de régression linéaire, ayant pour abscisses la position moyenne du sujet en Y, pendant l'enregistrement, et pour ordonnées la valeur moyenne de l'accélération du CdG, pendant l'enregistrement, possède une droite de régression qui représente la série des valeurs moyennes de l'accélération du CdG pour chacune des positions possibles de l'Y-moyen. Pour chacune de ces positions le coefficient de corrélation n'est autre que la variance de la distribution de l'accélération du CdG autour de cette moyenne. Variance qui n'a strictement rien à voir avec le « p » du test de Student qui fournit, lui, une probabilité.

Il est clair qu'un sujet qui est au-dessus de la droite de régression, présente plus d'accélération de son CdG que la moyenne, et inversement s'il est en dessous de la droite de régression.

Le paramètre VFY représente donc une « certaine » évaluation du tonus de base du sujet [9].

Bibliographie

- 1 Gagey P.M. Weber B. (2010) Study of intra-subject random variations of stabilometric Parameters. *Med Biol Eng Comput* 48:833–835
- 2 Winter DA, Patla AE, Prince F, Ishac M & Gielo-Perczak K (1998). Stiffness control of balance in quiet standing. *J Neurophysiol* 80, 1211–1221.
- 3 Gurfinkel VS, Lipshits MI, Popov KY (1974). Is the stretch reflex the main mechanism in the system of regulation of vertical posture of man? *Biophysics*.19, 4, 761.
- 4 Schieppati M., Hugon M., Grasso M., Nardone A., Galante M. (1994). The limits of equilibrium in young and elderly normal subjects and in Parkinsonians. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 93: 286-298.
- 5 Loram ID & Lakie M (2002). Direct measurement of human ankle stiffness during quiet standing: the intrinsic mechanical stiffness is insufficient for stability. *J Physiol* 545, 1041–1053
- 6 Lakie M., Caplan N., Loram ID (2003) Human balancing of an inverted pendulum with a compliant linkage : neural control by anticipatory intermittent bias. *J. Physiol.* (London) 551 : 357.
- 7 Lakie M., Caplan N., Loram ID (2003) Human balancing of an inverted pendulum with a compliant linkage : neural control by anticipatory intermittent bias. *J. Physiol.* (London) 551 : 357.

- 8 Loram I.D., Maganaris C.N. and Lakie M. (2009) Paradoxical Muscle Movement during Postural Control. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41, 1: 198–204.
- 9 Gagey PM (2017) ABC de la stabilometrie. eBook gratuit, Kindle, Amazon, (Ou sa traduction anglaise, mêmes références)