

Observables obtenus par des semelles barométriques,
précautions d'utilisations

Mr MOREAU ALEXIS
Pédicure podologue DE

3 Bd Alfred Nobel 37540 saint Cyr sur Loire

alexis.moreau@club-internet.fr

key word : in-shoe, pressure measurement, plantar pressure

mots clés : podologie, semelles résistives, pressions plantaires

Résumé : les outils podobarométriques sont entrés dans le trousseau des pédicures-podologues et les semelles embarquées offrent une source d'informations estimables pour le praticien, tant dans l'analyse de la marche et de la course ou toutes autres conditions sportives. Ces outils mesurent conjointement ou non les pressions et les surfaces d'appuis. Il convient néanmoins d'observer quelques précautions d'emploi ou dans l'interprétation des données obtenues lors de la mesure des pressions plantaires.

Observables obtenus par des semelles barométriques, précautions d'utilisations

L'utilisation d'un système de mesures des pressions plantaires fait désormais parti de l'équipement du pédicure-podologue, afin de quantifier et/ou qualifier les appuis d'un individu (1). Le suivi longitudinal, l'évaluation des traitements orthétiques, l'évaluation du chaussage, sont d'autant de raisons pour justifier la nécessité d'outils de mesures objectifs. Cette évaluation des pressions plantaires est même reconnue comme indispensable pour mieux orienter la décision thérapeutique et ou orthétique selon la Haute Autorité de la Santé (HAS) (2). La trousse à outils du praticien contient des plateformes d'analyse statique et dynamique, des tapis de course podobarométriques ainsi que des semelles de mesures embarqués dans les chaussures (SMP). Il apparaît clair que les SMP sont de plus en plus présentes dans l'analyse dynamique en cabinet paramédical voir médical ou la recherche clinique intéressée par l'évaluation des empreintes plantaires. Reste à savoir quelle place doit on lui accordé au sein de la pratique, et quel degré de confiance peut on lui donner.

Les SMP sont de différentes formes et épaisseurs en fonction des choix techniques des fabricants, allant par exemple, d'une arborescence de 9 capteurs à des matrices contenant des transducteurs résistifs. Voir figure 1. Certaines présentent des boîtiers émetteurs ajustés sur les chaussures, d'autres sur le membre inférieur du sujet ou même la ceinture. La revue de la littérature faite par l'HAS, en 2007, affirme la reproductibilité des mesures par les SMP tout en émettant une réserve sur l'évaluation des paramètres de charge plantaire sous contrôle de la vitesse de marche (2).

En effet, il faut souligner qu'en cabinet, c'est à dire en milieu fermé, dans la contrainte

d'un examen, d'une observation par un tiers, nous constatons l'éloignement du sujet de son milieu écologique de déambulation. Une méthodologie fiable reste nécessaire pour « valider » les mesures de pressions plantaires (MPP) obtenues. Des protocoles peuvent émerger depuis les travaux de recherche clinique, comme la recommandation d'exécuter jusqu'à 12 pas par pieds pour des MPP fiables, pour certains paramètres(3). Nous pouvons rappeler également des modalités de mesures permettant une reproductibilité de la vitesse de déplacement du sujet, dans le cadre d'un suivi longitudinal (2). En effet, la vitesse et les modalités pieds nus / chaussés influence les amplitudes articulaires du sujet (3b). Voir figure 1b. Ceci est un paramètre essentiel dans les modalités de la mesure afin de comparer dans une même consultation différentes conditions pour un sujet, mais aussi dans le cadre du suivi longitudinal à conditions égales. Est il nécessaire de rappeler que la MPP sera fortement influencée dès lors que la biomécanique de l'appareil locomoteur sera différente en fonction de la vitesse ?

Les données obtenues par les SMP sont multiples, au delà des paramètres cinématiques habituels comme la cadence de marche, ou la longueur d'enjambée, comme la pression moyenne, maximale avec ainsi le déplacement du centre de pressions (gait line) et la migration lors de la phase portante de la pression maximale (max line). Voir figure 2. Une comparaison gauche / droite est également possible sur l'examen des différentes surfaces d'appuis identifiées en zones. Voir figure 3.

Dès lors, une observation du moment de travail de ces zones lors de la phase portante du pas est également possible, en comparaison pieds chaussés / orthèses , dans le cadre d'une évaluation d'un choix orthétique ou de toutes autres thérapeutiques. Voir figure 4. La

répartition chronologique des différentes phases du pas est également une information disponible par l'enregistrement d'une SMP. Voir figure 4b.

La finesse de certaines SMP permettrait de faciliter l'évaluation du comportement du pied dans la chaussure du sujet mais aussi en interface entre l'orthèse plantaire et le pied. Cependant, dans ce dernier cas, il apparaît une difficulté relevée par une étude, en 2010, liée à la flexion requise de la SMP bidimensionnelle pour s'adapter aux courbes tridimensionnelles de l'orthèse (4). Aussi, il apparaît nécessaire d'intégrer ceci comme une source d'erreur(s) potentielle(s) dans l'examen des effets des orthèses. Les auteurs de cette étude évoquent le principe de prudence en mettant l'accent sur le fait que plus le capteur est grand et plus l'espacement entre les capteurs est grand et plus la source d'erreur(s) augmente.

Il peut exister également des difficultés de mesures faisant apparaître des frottements et ou cisaillements, pendant la phase oscillante. Cet artéfact de mesures est facilement identifiable. En effet, cette source d'erreur dans l'interprétation de la gait line et ou de la max line, est marquée en observant la cinématiques des empreintes par des relevés de pressions alors que la phase portante est controlatérale. Voir figure 5 et 6.

De nombreuses SMP ont été mises en comparaison vis à vis de plateformes dans le cadre d'évaluations scientifiques. En effet, le système PEDAR aurait démontré sa validité de résultats face à une plateforme KISTLER quant à l'observation des forces verticales (5). En revanche, certaines SMP offrent une valeur plus faible quant à la force d'impact et de propulsion toujours en comparaison avec une plateforme AMTI (6), posant le problème de l'étalonnage des capteurs (conditions de l'étude, n=8 : sujet se déplaçant à 3,8 m/s, fréquence

SMP et plateforme à 500 Hz). Dès lors, peut on considérer que les données obtenues par les plateformes et les SMP ne sont pas interchangeables (7) ? Les SMP ont une place dans la démarche objective de mesures des pressions plantaires mais en complément des outils en place semblerait-il.

Dans un soucis de ramener le sujet de l'utilisation de SMP dans un cadre de terrain en cabinet de podologie, il convient donc de mettre en relief la fonction première d'un tel système à savoir la mesure de pression et de surface de contact. En effet, la cinématique observable nous permet d'observer les zones de frictions et donc d'interactions entre le chaussant et le pied, entre l'orthèse et le pied. Pour autant, doit on tenir compte des valeurs absolues obtenues sans bases normatives opposables ? En outre, il convient de mettre en évidence que dans un examen en cabinet d'un sujet, la valeur instantannée n'a que peu d'intérêts si ce n'est qu'à modalités de mesures constantes, dans un suivi longitudinal, l'évolution de ces valeurs serait d'avantage utile pour le praticien.

En conclusion, les SMP doivent conquérir leur place au sein de l'évaluation des pressions plantaires en podologie ou toute autre profession médicale / paramédicale intéressée par cette objectivité. La reproductibilité et la répétabilité des mesures et donc des systèmes SMP valideront l'outil en tant que ressource systématique dans l'analyse de la marche, de la course ou d'autres conditions (8). L'observation instantannée des positionnements et surfaces de pressions plantaires sont dors et déjà possibles avec la totalité des SMP, en prenant la précaution d'observer les empreintes de la phase portante uniquement. L'interprétation des gait line et max line doit être libérée de source d'erreurs occasionnées par la mesure de cisaillements lors de la phase oscillante. Quand le système est suffisamment fin, que la

mesure du rapport intime entre le pied et l'orthèse est donc possible par la SMP, il serait possible de caractériser les zones de frottements entre la sole podale et l'appareillage, mais de là à conclure sur le fonctionnement de l'orthèse sur le pied, il y a un pas que la Recherche Scientifique nous conseille de ne pas franchir. Il faut également rappeler que ces mesures de pressions ne sont qu'un élément de la clinique podologique, qu'une ressource et certainement pas la pierre angulaire de nos décisions thérapeutiques.

Par ailleurs, le rôle des SMP ne serait se restreindre à l'analyse des MPP pendant la marche ou la course. En effet, toutes les conditions ou presque seraient envisageables, comme la mesure pendant une phase stato-dynamique comme le tir de précision, une prise d'appuis lors de tir sportif par exemple, augmentant considérablement la possibilité des séquences observables.

Nous avons ici évoqué les outils de mesures podobarométriques, en focalisant sur les semelles embarquées dans le chaussage. Nous pouvons également évoquer une nouvelle technologie qui donnera, non pas des mesures de pressions plantaires, mais des informations positionnelles, et l'évolution d'un mouvement en donnant son amplitude angulaire. Ce sont les semelles contenant une centrale inertielle. Peut être nous verrons surgir la possibilité d'équiper et d'enregistrer au long court ces paramètres au sein même de nos orthèses. Pour l'heure, un nouveau système de mesures devrait bientôt voir le jour au profit des praticiens podologues.

BIBLIOGRAPHIE :

- 1) Perrier, *la baropodométrie en routine clinique*, revue du podologue, elvesier masson, juin 2015
- 2) Dr Saint Pierre, HAS, *analyse podobarométrique de la marche*, juin 2007
- 3) Arts, Bus, *twelve steps per foot are recommended for valid and reliable in-shoe plantar pressure data in neuropatic diabetic patients wearing custom made footwear*, clin Biomech 2011, n=30
- 3b) Sanson, Dohin, Van Hamme, Dumas, Chaize, *effet du chaussage sur la marche du jeune enfant avec l'augmentation de la vitesse du jeune enfant*, EDP sciences, Movement & sport science, 120 pages, 2012
- 4) Spooner, Smith, Kirby, *in-shoe pressure measurement and foot orthosis research : a giant leap forward or a step too far ?*, journal de l'association américaine de podiatrie médicale, 2010.
- 5) Barnett, cunningham, ouest, *a comparisaon of vertical force and temporal parameters produced by an in-shoe pressure measuring system and a force platform*, clin biomech, 2001
- 6) Low, dixon, *footscan pressure insoles accuracy and reliability of force and pressure measurements in running*, Gait posture, 2010
- 7) Chevalier, Hodgis, Chockaling, *plantar pressure measurements using an in-shoe system and a pressure platform : a comparison*. Gait posture, 2010.
- 8) Putti, Arnold, Cochrane, Abboub, *the pedar in-shoe system : repeatability and normal pressures values*, N = 53, gait posture, 2007

Les exemples de mesures enregistrées en cabinet de l'auteur de l'article figurants en annexe, ont été faites par le systeme résistif embarqué FLEXIN FIT, sensor médica, Italie.

ANNEXE DES FIGURES :

Figure 1 : exemple d'une SMP avec boîtier bluetooth en fixation sur chaussures, sensor médica, Italie.



214 capteurs résistifs par semelles, épaisseur 0,3 mm, sensibilité 0,1 N/cm²

figure 2 : exemple d'une empreinte plantaire globale droite obtenue par SMP exemple de mesure par Flexin fit

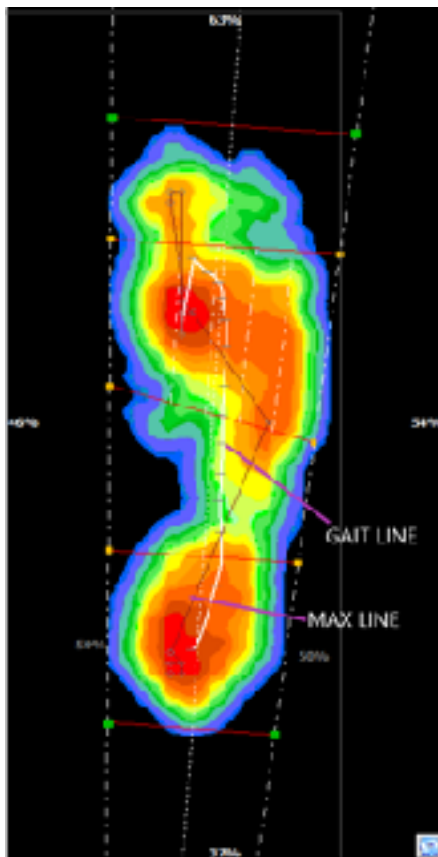


figure 3 : exemple des données obtenues pour un pied droit par une SMP, exemple flexin fit

Longueur de l'empreinte mm	273
Delta CoF mm	173
Global CoF index	98%
Start CoF index	1:68
End CoF index	2:53
Angle de Risk	1
Surface cm²	
Hallux	22.25
Orteils T2 T3 T4 T5	14.11
Ième tête métatarsienne	16.73
II - III tête métatarsiennes	24.23
IV - V tête métatarsiennes	27.53
Arche médiale	17.73
Arche latérale	24.73
Talon médial	22.23
Talon latéral	22.73
Charge %	
Hallux	4.68%
Orteils (2 T3 T4 T5)	3.25%
1ère tête métatarsienne	7.20%
II - III tête métatarsiennes	10.49%
IV - V tête métatarsiennes	17.50%
Arche médiale	4.68%
Talon latéral	11.52%
Talon médial	11.04%
Talon latéral	14.55%

Figure 3b : effet de la chaussure sur la marche de l'enfant en fonction de la vitesse de déplacement

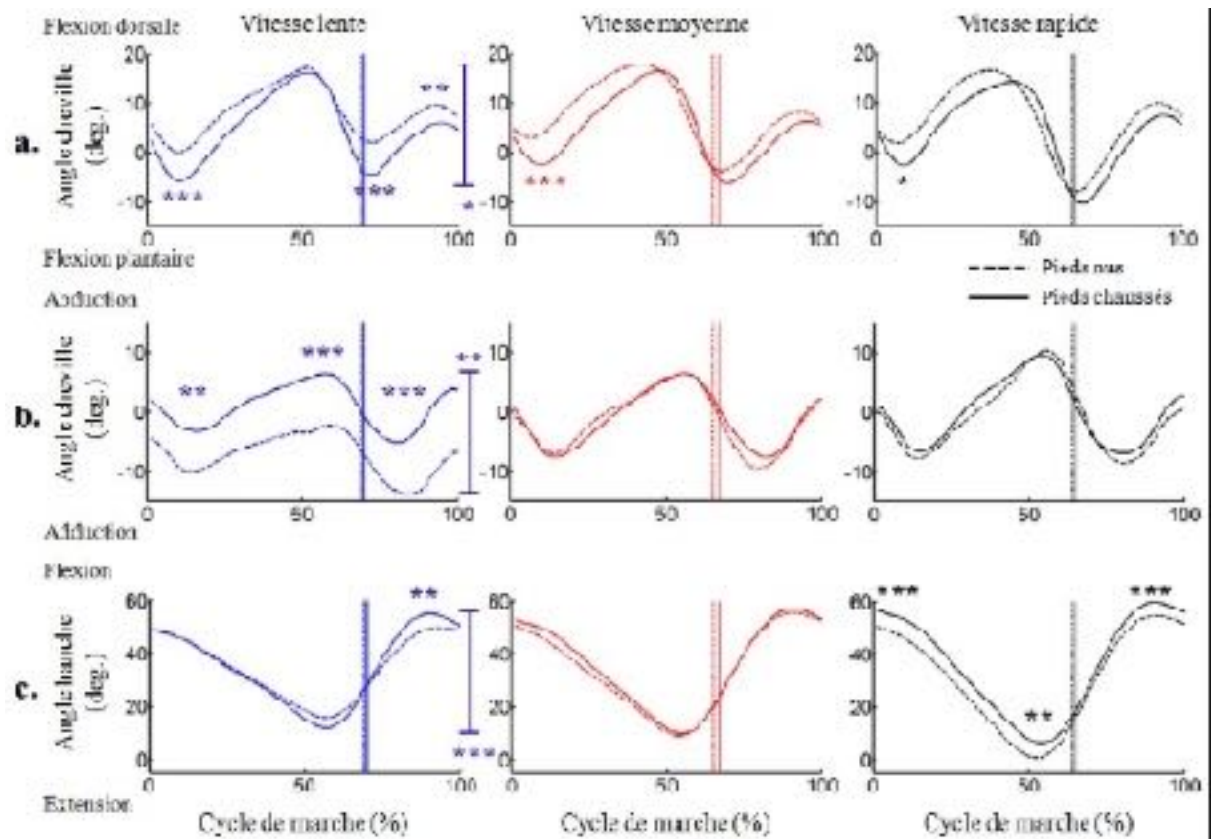


Figure 4 : évolution de la charge globale du pas (courbe pointillée), du talon (bleu foncé), du médio pied (rose), avant pied (vert), premier métatarsien (bleu clair), orteils (orange). Exemple d'une phase protante d'une durée approximative de 700 ms mesurée par Flexin fit, Italie, pour un pied droit.

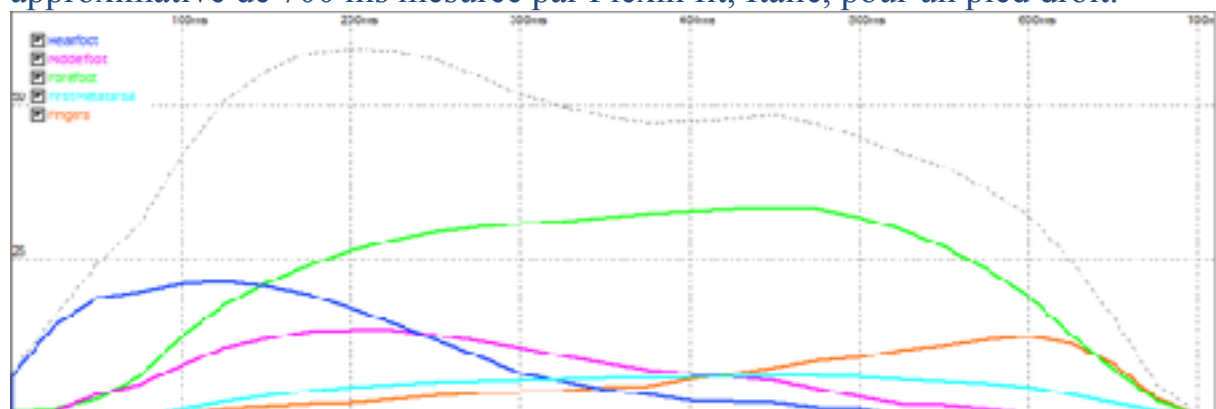


Figure 4b : exemple d'une répartition temporelle d'un pas gauche entre les différentes phases du pas. Flexin fit, Italie.

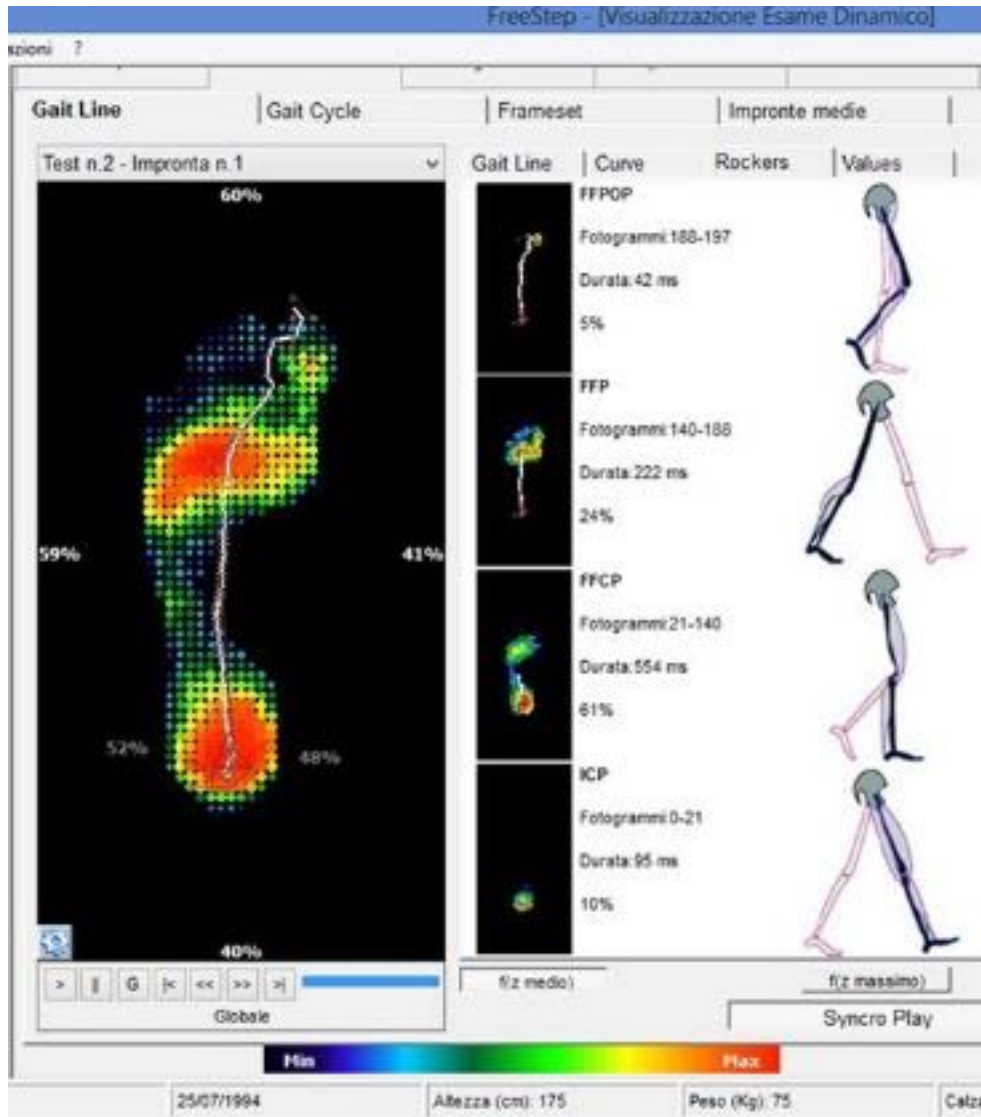


Figure 5 : évolution des forces verticales D et G. la mesure de pressions en phase oscillante est marquée par le non retour à 0 de la courbe. Exemple de mesure par Flexin fit

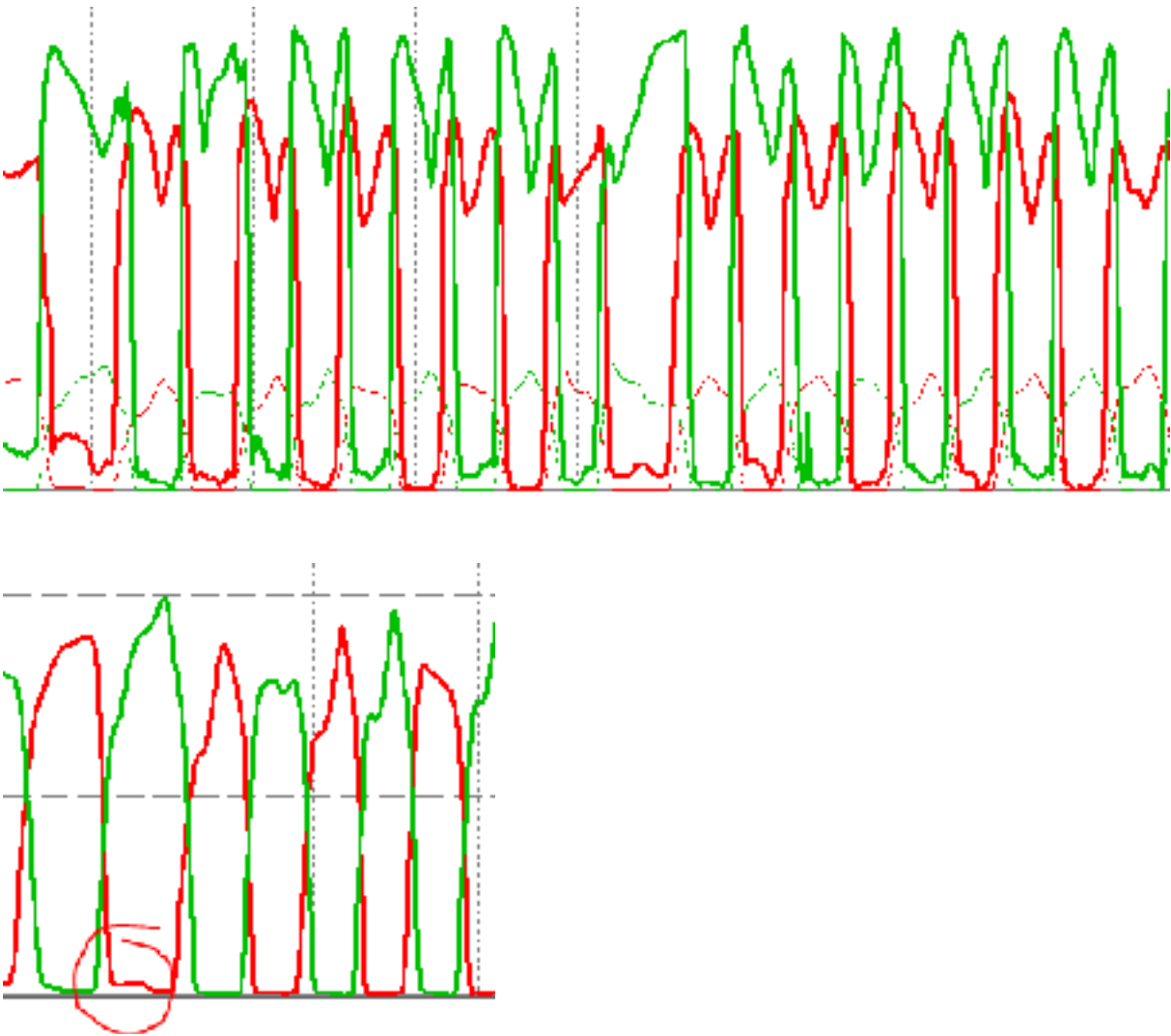


Figure 6 : exemple d'un marquage d'une pression plantaire à gauche alors que nous sommes en phase portante droite. Avec ici des mouvements de va et vient du Centre de pression caractérisé par une gait line non linéaire depuis l'arrière vers l'avant. Exemple d'une mesure Flexin fit

