

GUIDE PRATIQUE DES SYSTEMES D'ANALYSE DU MOUVEMENT



Alain Hamaoui

Version 1.0 février 2018

alain.hamaoui@univ-jfc.fr

Table des matières

I INTRODUCTION	3
II PLATEAUX DE FORCE	3
III PLATEFORMES DE POSTUROGRAPHIE	5
IV SYSTEMES DE BAROPODOMETRIE	7
V APPAREILS D'ELECTROMYOGRAPHIE	8
VI CENTRALES INERTIELLES.....	10
VII SYSTEME FILAIRE D'ANALYSE DE LA MARCHE.....	12
VIII PISTES DE MARCHE ELECTRONIQUES.....	13
IX SYSTEMES D'ANALYSE VIDEO DU MOUVEMENT	14
X LISTE DES FOURNISSEURS	18
REMERCIEMENTS.....	22

I Introduction

Ce guide est destiné à fournir aux cliniciens et aux scientifiques un document de synthèse présentant les principaux outils de mesure du mouvement humain normal et pathologique. En exposant les principes physiques des différents dispositifs, leurs champs d'application, leur gamme de prix en 2018 et les coordonnées des fournisseurs, ce document devrait permettre de guider chacun dans le choix du matériel le plus adapté à ses besoins et à ses contraintes. Il pourrait également trouver son utilité dans l'estimation du niveau de fiabilité des dispositifs de mesure présentés dans les publications scientifiques, et qui ne font pas toujours l'objet d'une analyse critique.

Ce travail ne constitue pas une revue systématique de littérature, et plusieurs concepts y sont présentés de manière simplifiée ou concise afin d'en faciliter l'accès au plus grand nombre.

Le choix des dispositifs de mesure décrits dans le document s'est principalement fait sur la base d'un usage bien établi dans le champ des sciences du mouvement, avec une ouverture sur des produits émergents tels que les semelles connectées.

Afin d'éviter toute forme de conflit d'intérêt ou de favoritisme, la liste des fournisseurs a été fournie en fin de document, en évitant leur citation directe dans le texte.

Ce document est le fruit d'un projet soutenu par la SOFPEL (Société Francophone Posture Equilibre, Locomotion <http://www.posture-equilibre.asso.fr/>), avec un contenu destiné à évoluer en fonction des besoins exprimés par ses membres ou par les collègues impliqués dans l'analyse de la posture et du mouvement.

II Plateaux de force

Principes

Le plateau de force, héritier du dynamographe d'Etienne Jules Marey (1886), et développé sous son principe actuel par Herbert Elftmann (1938), consiste en un plateau reposant sur 4 blocs de capteurs de force placés à ses extrémités. Ces capteurs permettent la mesure des forces et des moments appliqués à la surface du plateau dans les trois plans de l'espace. Les capteurs sont principalement de deux types : résistifs (jauges de contraintes) et piézo-électriques, les seconds étant plus précis mais ayant l'inconvénient d'une dérive du signal les rendant peu adaptés aux mesures de longue durée. La plupart des plateaux de force disponibles sur le marché présentent des capteurs de type piézo-résistif, à l'exception des modèles de la société Kistler basés sur la technologie piézo-électrique.

Les données fournies par le plateau de force permettent de calculer une large palette de paramètres, choisis en fonction de la nature de la tâche motrice et des objectifs de l'étude. Une phase de programmation est généralement nécessaire au calcul de ces paramètres, qui impliquent souvent le pointage manuel des tracés (automatisation possible sous certaines conditions). On pourra par exemple calculer la durée et l'amplitude des ajustements posturaux lors d'une tâche de pointage manuel, à partir du signal d'accélération du centre de gravité.

Il existe des plateaux de force de différentes tailles, allant de 60 cm à 2 m de long et pesant de 20 kg à 350 kg (Figures 1 et 2). Les modèles les plus longs sont généralement destinés à l'analyse de la marche ou de l'ergonomie du poste de travail.



© Alain Hamaoui

Figure 1 : plateau de force de 40 cm x 80 cm équipé d'un tabouret, destiné à l'analyse du transfert assis-debout



© Alain Hamaoui

Figure 2 : plateau de force d'1 m x 2 m accueillant un prototype de siège d'avion

Champs d'application

Les plateaux de force sont principalement destinés à l'analyse de tâches dynamiques, telles que la marche, le saut, la course. Ils peuvent être utilisés pour l'analyse du mouvement sain et pathologique, dans des contextes sportifs, pathologiques ou ergonomiques. Leur coût, leur poids et leurs contraintes d'utilisation en font essentiellement un outil de laboratoire, peu accessible au clinicien hors institution.

Coût

En fonction de ses caractéristiques techniques et de sa taille, le prix d'un plateau de forces varie de 15 k€ à 60 k€.

III Plateformes de posturographie

Principes

Les plateformes de posturographie (Figure 3), dont l'origine remonte au dispositif développé par Hellbrandt dans son étude sur la posture (1938), sont des plateaux de force mesurant exclusivement les forces verticales appliquées à leur surface, et à partir desquelles sont calculées les coordonnées du centre des pressions (CP, point d'application de la résultante des forces de réaction verticales). En condition de

maintien postural où le corps est quasi-statique, il est admis que le CP est confondu avec la projection verticale du centre de gravité (CG, point d'application de la résultante des forces de gravité). Le CP, qui peut être considéré comme un indice composite résultant de la somme de phénomènes perturbateurs et compensateurs, est analysé en tant qu'indicateur de l'état d'équilibre du sujet. Le CP est principalement caractérisé par des indices calculés dans le domaine spatio-temporel (position, aire, vitesse, écart-moyen...), auxquels peuvent s'ajouter d'autres paramètres relevant du domaine fréquentiel (ondelettes, indice d'émergence respiratoire...).

Il existe des plateformes de différentes tailles, allant de 50 cm à 80 cm (Figure 3) de long, et pesant de 7 kg à 15 kg.



© Alain Hamaoui

Figure 3 : plateforme de stabilométrie de 40cm x 80cm

Basés sur le même principe que les plateformes de posturographie, les **sabots dynamométriques** (Figure 4) consistent en une double plateforme offrant la possibilité d'analyser spécifiquement le CP au niveau de chaque pied.



© Innovative Technology

Figure 4 : sabots dynamométriques

Dans le contexte spécifique de l'exploration et de la rééducation vestibulaire, il existe des dispositifs de posturographie dynamique, où les mouvements du plateau et du champ visuel peuvent être asservis aux déplacements du centre des pressions du sujet. Ce qui permet de tester ou de rééduquer le niveau de participation du vestibule, de l'œil et des capteurs proprioceptifs de la cheville au maintien pluri-sensoriel de l'équilibre.

Champs d'application

Avec leur poids léger, une gamme de prix modérée, et une offre logicielle permettant le calcul des principaux indices avec édition de comptes rendus, les plateformes de posturographie sont des outils de choix pour le clinicien. Elles sont cependant exclusivement réservées à l'évaluation de l'équilibre postural, car le CP et la projection verticale du CG ne sont plus confondus lors de tâches dynamiques. La structure de ces plateaux n'est pas non plus adaptée au niveau de contrainte imposée par les tâches dynamiques.

Coût

En fonction du modèle et de la taille, les prix varient de 5 k€ à 10 k€, logiciel inclus.

IV Systèmes de baropodométrie

Principes

La baropodométrie consiste à mesurer la répartition des pressions cutanées au niveau de la plante du pied, dans des conditions statiques ou dynamiques. Elle utilise principalement la **plateforme de baropodométrie**, constituée d'une matrice de capteurs de pressions fixée à la surface d'un plateau rigide (Figure 5). Les signaux fournis par la matrice permettent d'établir une cartographie des pressions plantaires, visualisée sous la forme d'un graphe de couleurs, avec des teintes chaudes représentant les pressions les plus élevées. Les capteurs peuvent être de type résistif ou capacitif, mais offrent des mesures moins précises que les plateaux de forces, avec un temps de réponse non négligeable dans l'analyse de tâches dynamiques. Il existe des plateformes de différentes tailles, allant de 50 cm à 1m60 de long et pesant de 7 à 15 kg, les grands modèles permettant l'analyse de la marche.



© Médicapteurs

Figure 5 : plateforme de baropodométrie

Apparues plus récemment, les **semelles connectées** (Figure 6) permettent la mesure des pressions à l'interface pied / chaussure, au moyen de capteurs de pression fixés sur une semelle. Soumises aux mouvements du pied et de la chaussure, avec des contraintes en flexion, torsion et cisaillement, elles sont moins précises et ont une durée de vie plus limitée que les plateformes de baropodométrie. Elles permettent néanmoins d'effectuer des mesures en situation écologique au cours de tâches dynamiques, et peuvent intégrer d'autres capteurs (centrales inertielles, capteurs de température...).



© 3L Labs

Figure 6 : semelles connectées

Champs d'application

Simple d'utilisation, légères et d'un coût abordable, les plateformes de baropodométrie constituent un outil de choix pour une analyse cartographique des pressions plantaires, mais sans permettre une mesure fiable des indices posturographiques. Les semelles connectées offrent des mesures de moindre précision mais avec l'avantage de permettre l'analyse de tâches dynamiques en situation écologique.

Coût

En fonction du modèle et de la taille, les prix des plateformes varient de 5 k€ à 10 k€ et ceux des semelles de 100 € (version grand public) à 5 k€ (version professionnelle).

V Appareils d'électromyographie

Principes

L'électromyographie (EMG) est une technique expérimentale visant à détecter, enregistrer et analyser l'activité électrique du muscle lors de sa contraction. Elle s'appuie sur la découverte par Galvani (1737-1798) de « l'électricité animale », suggérant que le corps produit lui-même des courants électriques stimulant l'activité musculaire, suivie des travaux de Duchenne de Boulogne (1806-1875) utilisant l'électrostimulation chez l'homme. Les appareils EMG mesurent l'activité électrique associée à la contraction du muscle, les signaux recueillis représentant la somme algébrique des potentiels d'action parcourant les fibres musculaires. Employé en neurologie comme outil d'électrodiagnostic, l'EMG est utilisée en tant qu'indicateur

qualitatif et quantitatif de l'activité musculaire dans le champ des sciences du mouvement humain.

Détection et enregistrement

Le signal est détecté au moyen d'électrodes de surface ou d'électrodes intramusculaires. Dans le premier cas, les électrodes sont appliquées à la surface de la peau, avec une influence significative des caractéristiques physiques de celle-ci (humidité, épaisseur...) et du positionnement des électrodes vis-à-vis du muscle cible et des muscles voisins. Une phase de préparation (nettoyage de la peau, repérage des muscles) est donc indispensable avant chaque examen pour limiter ces effets. Dans le second cas, plus invasif, la mesure s'effectue directement dans le corps musculaire (par exemple électrode filaire introduite grâce à un guide rigide), avec un accès possible aux muscles profonds.

Les signaux sont enregistrés de manière bipolaire ou monopolaire et transmis via un dispositif filaire ou non filaire. Les systèmes sans fil (Figure 7) permettent d'enregistrer jusqu'à 32 canaux simultanément en conservant une grande liberté de mouvement pour le sujet. Ils offrent toutefois une mesure un peu moins précise que les systèmes filaires, avec un délai de transmission entraînant un décalage temporel du signal enregistré.



© Alain Hamaoui

Figure 7 : appareil EMG sans fil avec électrodes de surface en configuration bipolaire

Analyse

Le signal EMG est principalement analysé dans le domaine temporel, où il permet de déterminer la chronologie et la durée des actions musculaires lors d'une tâche donnée. Après normalisation par une valeur de référence, généralement obtenue en condition de contraction volontaire maximale, il peut être utilisé pour estimer le niveau d'activité relative de chaque muscle (EMG rectifié moyenné, Root Mean Square...).

Dans le domaine fréquentiel, l'analyse EMG peut servir à caractériser la fatigue musculaire, au cours de laquelle la fréquence de décharge est réduite.

Champs d'application

Pour des raisons pratiques et d'innocuité, l'EMG sans fil avec électrodes de surface est le plus utilisé dans le champ de l'analyse du mouvement. La mesure qualitative des séquences d'actions musculaires trouve son utilité dans la caractérisation de tâches dynamiques chez le sujet sain et pathologique (analyse quantifiée de la marche, transfert assis-debout...).

L'estimation quantitative du niveau d'activité musculaire, même si elle est limitée en précision et ne fournit que des données relatives, est largement employée dans le champ de l'analyse du geste sportif et de l'ergonomie, où elle permet d'estimer l'effort fourni par chaque groupe musculaire et d'identifier les situations pathogènes. Les contraintes d'utilisation et le coût des appareils EMG destinent davantage cette technique aux plateaux techniques en analyse du mouvement qu'au praticien libéral.

Coût

En fonction de la technologie utilisée, du modèle et du nombre de voies, le coût des systèmes EMG sans fil s'échelonne de 8 k€ à 60 k€.

VI Centrales inertielles

Principes

Une centrale inertielle est un instrument mesurant la position angulaire dans les trois plans de l'espace, à partir de données intégrées de gyroscopes, d'accéléromètres et de magnétomètres. Initialement utilisées en tant qu'outil de navigation dans l'aéronautique, les centrales inertielles connaissent un usage plus récent dans le champ de l'analyse du mouvement. Après une phase de calibrage, elles permettent la mesure des positions angulaires absolues des différents segments corporels dans l'espace, à partir desquelles il est possible de calculer les angles articulaires. La mesure des mouvements de translation peut être effectuée à partir de la double intégration du signal accélérométrique, mais son niveau de fiabilité est faible.

Les dispositifs proposés sur le marché peuvent être constitués de 1 à 17 unités, fixées sur le corps à l'aide d'adhésifs double face, de systèmes auto-agrippants ou d'une combinaison spéciale (Figure 8). Les données sont calculées et numérisées au niveau de chaque unité, puis transmises par un réseau sans fil à un boîtier central qui synchronise l'ensemble des données transférées à l'ordinateur. Un logiciel dédié est alors utilisé pour calculer les paramètres dynamiques et cinématiques, et éventuellement effectuer une reconstruction 3D.



© Xsens

Figure 8 : centrale inertielle et dispositifs de fixation

Champs d'application

En permettant la mesure de la position angulaire dans l'espace des segments corporels sur lesquels elles sont fixées, les centrales inertielles constituent un outil de choix pour mesurer les amplitudes articulaires, en particulier au niveau de la tête et du tronc difficilement accessibles à la goniométrie. Elles permettent également de quantifier les paramètres dynamiques des mouvements de rotation, et de détecter des patrons moteurs pathologiques (par exemple freezing et bradykinésie chez le patient parkinsonien). Leur manque de fiabilité dans la mesure des mouvements de translation, tout comme la lourdeur du système logiciel permettant le calcul et la synchronisation des données, ne leur permet toutefois pas de se substituer aux systèmes d'analyse vidéo du mouvement.

Le coût abordable des centrales inertielles et l'existence de logiciels permettant facilement des mesures angulaires, rendent ces systèmes accessibles aux cliniciens comme aux chercheurs. Un usage plus complexe impliquant la synchronisation avec d'autres capteurs ou des analyses du mouvement corps entier sera néanmoins réservé à un environnement de laboratoire.

Coût

En fonction du modèle et du nombre de capteurs, le coût des centrales inertielle s'échelonne de 5 k€ à 40 k€.

VII Système filaire d'analyse de la marche

Principes

Le système filaire d'analyse de la marche, plus connu sous le nom de Locomètre® (Figure 9), a été mis au point par l'équipe du Pr Bessou au laboratoire de physiologie de la faculté de Médecine de Toulouse dans les années 80.

Son principe, repose sur la mesure des déplacements des pieds à partir de deux fils inextensibles reliés à un codeur angulaire. Les fils, fixés au pied par un système de bandes auto-agrippantes, sont maintenus à une tension constante par un moteur électrique, et les signaux de sortie de chaque codeur permettent de mesurer leur allongement. Un logiciel dédié permet de visualiser la courbe de déplacement des deux pieds en fonction du temps, et calcule les paramètres spatio-temporels de la marche (cadence et vitesse de marche, longueur de pas,...) selon l'axe antéro-postérieur. Il est à noter que le dispositif traite toute variation de longueur des fils comme un déplacement effectué selon ce même axe, ce qui peut être source d'erreur en cas de trajectoire non longitudinale de la marche ou d'asymétries latérales.



© Satel

Figure 9: boîtier du Locomètre®

Champs d'application

Avec un coût modéré, un faible niveau encombrement et un usage assez simple, le Locomètre® peut être utilisé en institution comme en cabinet libéral. Il trouve son utilité dans la caractérisation des paramètres spatio-temporels de la marche auprès de patients relevant de la neurologie, de la gérontologie ou de la traumatologie. Il faudra néanmoins ne pas négliger la marge d'erreur liée à la d'absence de discrimination entre les mouvements réalisés selon les axes antéro-postérieur, vertical et médio-latéral.

Coût

La gamme de prix s'étend de 13 k€ à 15 k€.

VIII Pistes de marche électroniques

Principes

Les pistes (ou tapis) de marche électroniques sont constituées d'une matrice de capteurs de pression, d'une longueur variant de 4 m à 8 m (Figure 10).

En déterminant la localisation et l'intensité des appuis successifs exercés par chaque pied à sa surface, la piste de marche permet la visualisation directe des empreintes plantaires ainsi que le calcul des paramètres spatio-temporels de la marche (vitesse, cadence, longueur de pas,...). Le test ne nécessite ni calibrage ni préparation du patient, celui-ci effectuant le test habillé avec ou sans aide de marche.

Les tests peuvent être synchronisés avec un enregistrement vidéo, que l'on pourra visionner au ralenti avec la représentation graphique des empreintes de pas. Le logiciel, assez simple d'utilisation, permet le suivi des données des patients et l'édition de rapports.

Il est à noter que le système ne fournit que les données relatives à l'appui des pieds sur le tapis et ne donne aucune information sur la position angulaire ou la mobilité des différentes articulations.



© Alain Hamaoui

Figure 10 : piste de marche avec webcam et visualisation des empreintes de pas

Champs d'application

La grande facilité d'utilisation des pistes de marche électronique, le faible niveau de contrainte pour les patients, et la fiabilité des paramètres calculés par le logiciel, en font un outil de choix pour l'analyse quantifiée de la marche. Utilisés pour les bilans diagnostic, comme dans les évaluations thérapeutiques (après traitement médical ou chirurgical), le tapis de marche peut trouver son utilité en rééducation, en neurologie, en orthopédie et en gériatrie. Malgré ses nombreux avantages, son encombrement et son coût en font un outil principalement destiné aux laboratoires de recherche et aux services de rééducation.

Coût

Le modèle de base de 4m de long coûte environ 30 k€ et celui de 8m avoisine 50 k€.

IX Systèmes d'analyse vidéo du mouvement

Principes

Version moderne de la chronophotographie développée par Etienne-Jules Marey (1830-1904) (Figure 11) et Eadweard Muybridge (1830-1904), l'analyse vidéo repose sur l'utilisation de caméras mesurant la cinématique de segments corporels dans l'espace.

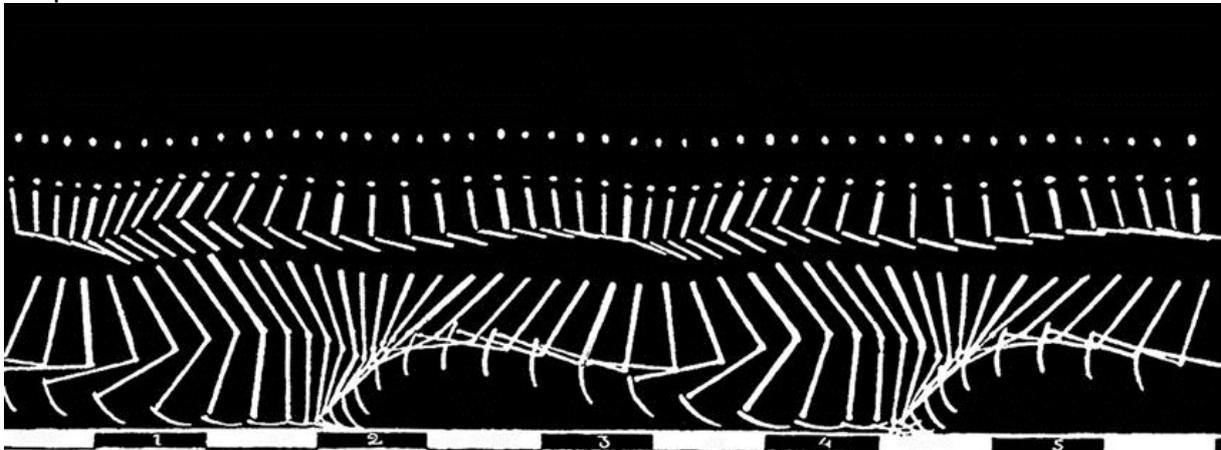


Figure 11 : analyse cinématographique de la course de l'homme, par EJ Marey (1886)

On distingue les analyses vidéo 2D et 3D, qui font appel à des technologies et des méthodes de calcul différentes.

Analyse vidéo 2D : elle s'effectue à partir de caméras vidéo, de webcams ou d'un simple smartphone, après avoir fixé sur le sujet des cibles identifiables par des logiciels de post traitement (Kinovea®, Dartfish®, Contemplas®...). Ceux-ci permettent essentiellement de mesurer les angles articulaires lors du maintien statique ou de tâches dynamiques, et peuvent aussi être utilisés pour estimer les distances et trajectoires (Figure 12).

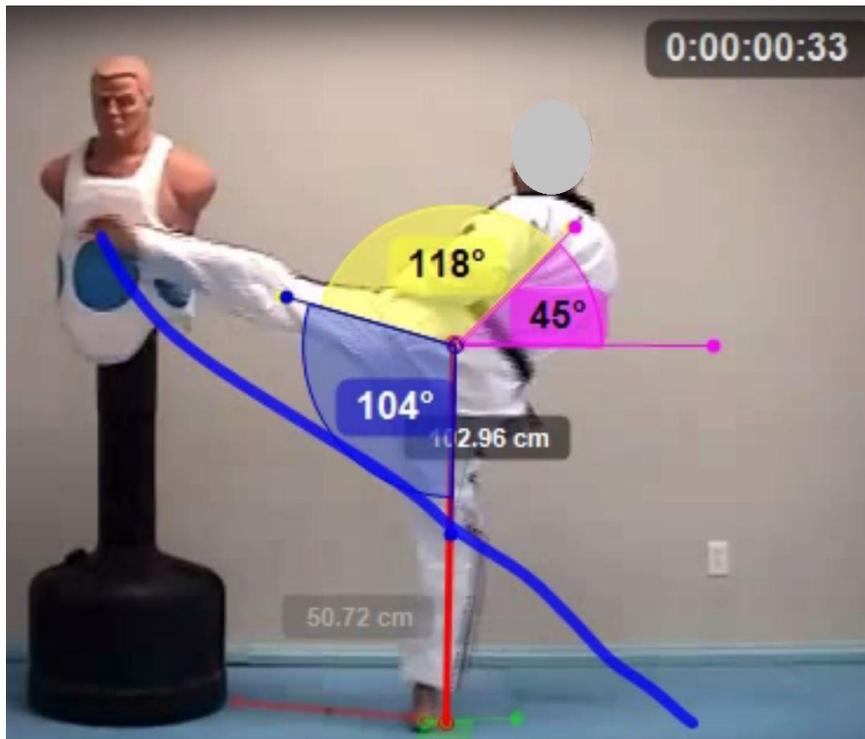
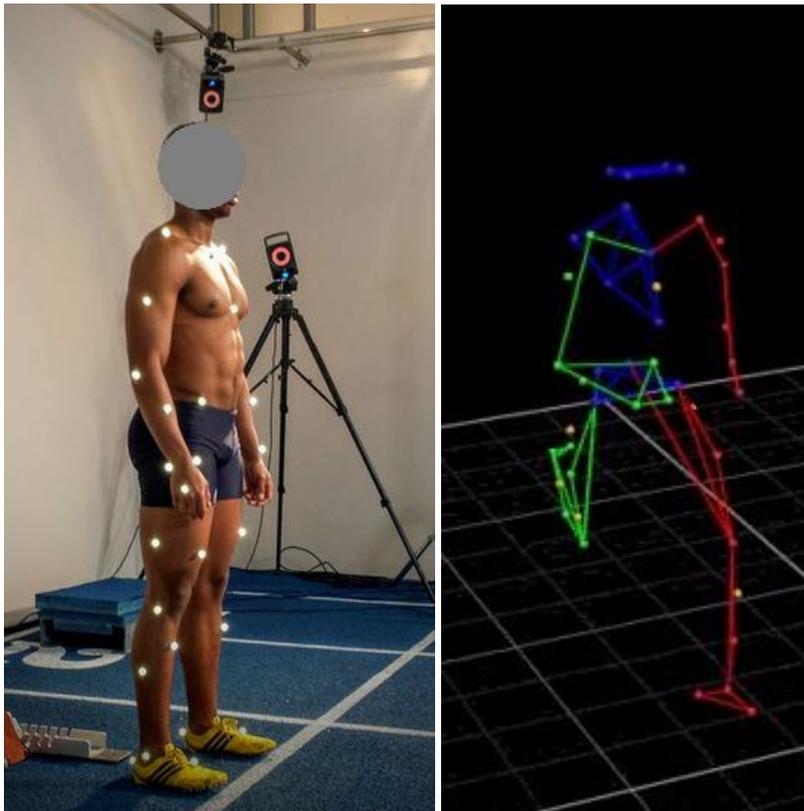


Figure 12 : mesure d'angles et de trajectoire lors d'une frappe en taekwondo.

Analyse vidéo 3D : elle est effectuée avec des dispositifs utilisant des marqueurs passifs ou actifs, considérés tous deux comme les « gold standard » de l'analyse du mouvement, fournissant les mesures cinématiques les plus fiables.

Les systèmes à marqueurs passifs consistent en un ensemble de caméras (généralement de 6 à 12) équipées d'un système filtrant la lumière visible et éclairant le champ expérimental par une lumière infra-rouge. Ce rayonnement, émis par la couronne de diodes entourant l'objectif des caméras, est réfléchi par des marqueurs recouverts d'un matériau rétro-réfléchissant, et placés sur les points d'intérêt de la zone à analyser (centres articulaires, extrémités osseuses) (Figure 13). Ils apparaissent alors comme des points blancs sur un fond sombre, dont la trajectoire peut être suivie en temps réel et en 3 D, grâce à la technique de triangulation. Une phase de calibrage, permettant notamment de déterminer la position des caméras les unes par rapport aux autres, est nécessaire avant d'effectuer les mesures.



© Vicon

Figure 13 : sujet équipé de marqueurs passifs rétro-réfléchissants, et représentation 3D de la course.

Les systèmes à marqueurs actifs utilisent des capteurs actifs placés sur sujet et émettant des signaux infrarouges, qui sont détectés par trois cellules photosensibles placées sur une même unité de mesure. Cette technique n'impose pas de phase de calibrage et ne présente aucune erreur d'identification des marqueurs, contrairement au système à marqueurs passifs. En revanche, elle nécessite d'alimenter chaque capteur actif, avec les contraintes liées à la présence de batteries et de fils sur le sujet.

Champs d'application

Les systèmes vidéo 2D sont des outils de choix pour un premier niveau d'évaluation de la cinématique du patient en pratique libérale. Ils sont plus performants que la simple observation visuelle et enrichissent l'enregistrement vidéo de mesures quantitatives dont il sera possible de suivre l'évolution.

Les systèmes vidéo d'analyse du mouvement 3D sont les dispositifs de référence pour l'analyse cinématique du mouvement et plus particulièrement pour l'AQM (analyse quantifiée de la marche) qui est remboursée par l'assurance maladie.

Le temps relativement long de la préparation du patient qui doit être déshabillé, rend néanmoins leur usage limité chez un public senior ou en situation de dépendance. La durée nécessaire au post-traitement des fichiers 3D, qui fait appel à des compétences spécifiques, comme le coût élevé des éléments matériels et logiciels en font un outil réservé aux établissements de soins ou de recherche.

Coût

Pour l'analyse vidéo 2D, le coût est quasi nul si l'on utilise un smartphone et un logiciel gratuit. Le prix d'une caméra vidéo permettant un échantillonnage à 100Hz, est d'environ 1 k€. Pour les systèmes d'analyse 3D du mouvement, le coût varie de 30 k€ pour un système à 6 caméras à 100 k€ pour un dispositif à 12 caméras.

X Liste des fournisseurs

Liste non exhaustive, répertoriant les principaux fabricants et fournisseurs du marché commercialisant leurs produits dans les pays francophones.

Biometrics France

Statut :

Distributeur

Produits :

Plateformes de force, plateformes posturographiques, EMG, tapis de marche électronique, analyse video 3D et 2D du mouvement, centrales inertielles.

Coordonnées :

Biometrics France

42 Route de Chartres, 91940 Gometz-le-Châtel

Tel : 01 60 19 34 35

<http://www.biometrics.fr/>

Framiral

Statut :

Fabricant

Produits :

Matériel pour rééducation vestibulaire

Coordonnées :

Framiral

107 avenue Jean Maubert, 06130 Grasse

Tél. : 04 22 48 01 07

<http://framiral.fr/2015/fr>

Innovative Technology

Statut :

Fabricant

Produits :

Sabot dynamométriques, plateformes posturographiques, vibrateurs myotendineux

Coordonnées :

Innovative Technology

1 impasse Gémy, 13013 Marseille

Tél. : 04 91 66 46 02

<http://www.cyber-sabots.fr>

Kistler

Statut :

Fabricant

Produits :

Plateaux de force piézo-électriques, capteurs de forces

Coordonnées :

Kistler France

ZA de Courtaboeuf 1, 1 avenue de l'Atlantique, Bâtiment le Mont Blanc

91976 Les Ulis Cedex

Tél. : 01 69 18 81 81

<https://www.kistler.com/fr/fr/applications/technologies-des-capteurs/biomecanique/>

Médicapteurs

Statut :

Fabricant

Produits :

Plateformes baropodométriques, plateformes posturographiques, semelles embarquées.

Coordonnées :

Médicapteurs

18 avenue Charles de Gaulle - Bât 33/34, 31 130 Balma

Tél. : 05 62 571 571

<http://www.medicapteurs.fr/index.php>

Médimex

Statut :

Distributeurs

Produits :

Plateformes de force, plateformes posturographiques, EMG, isocinétisme.

Coordonnées :

Médimex

1 allée Alban Vistel, 69110 Sainte-Foy-Les-Lyon

Tél. : 05 69 85 38 60

<http://www.medimex.fr>

Sammed

Statut :

Distributeur

Produits :

Tapis de marche électronique.

Coordonnées :

Sammed

5 mail du Manoir, 91120 Palaiseau

Tél. : 06 26 08 68 47

<http://www.sammed.fr/>

Satel

Statut :

Distributeur, fabricant

Produits :

Plateformes de posturographie, locomètre

Coordonnées :

Satel

6 rue du Limousin, 31700 Blagnac

Tél. : 05 34 60 52 65

<http://www.satel-posture.com>

Synapsys

Statut :

Distributeur, fabricant

Produits :

Plateformes de posturographie, systèmes de rééducation vestibulaire

Coordonnées :

Synapsys SA, Hotel Technoptic

2 rue Marc Donadille

13013 Marseille

Tél. : 04 91 11 75 75

<http://www.synapsys.fr/fr/index.php>

TEA

Statut :

Distributeur, fabricant

Produits :

Oculomètres, EMG, EEG, centrales inertielles

Coordonnées :

TEA

Technopôle Nancy-Brabois, 3 rue Bois Chêne le Loup, 54500 Vandœuvre-Lès-Nancy

Tél. : 03 83 44 08 09

<http://teaergo.com/site/fr>

Technoconcept

Statut :

Distributeur, fabricant

Produits :

Plateformes de posturographie, centrales inertielles, vibrateurs myotendineux, semelles connectées.

Coordonnées :

ZA PITAUGIER

04300 MANE

Tél. : 04 92 79 08 56

<http://www.technoconcept.fr/shop/>

Trinoma

Statut :

Distributeur

Produits :

Analyse video 3D du mouvement, EMG.

Coordonnées :

Trinoma

38 avenue des Cévennes, 48800 Villefort, France

Tél. : 04 72 27 17 99

<http://trinoma.fr>

Xsens

Statut :

Fabricant

Produits :

Centrale inertielles.

Coordonnées :

Pantheon 6a, 7521 PR Enschede, The Netherlands

<https://www.xsens.com/>

Remerciements

L'auteur tient à remercier les membres du bureau de la SOFPEL pour la relecture attentive et l'analyse critique de ce document, en particulier Gilles Allali, Liliane Borel, Isabelle Coupin, Luc Defebvre, Arnaud Delval, Jacques Honoré, Dominique Perennou et Arnaud Saj.