



ANALYSE DE LA POSITION EN 3 DIMENSIONS : INTERETS POUR LA POSTUROLOGIE

La posturologie est une discipline ayant pour vocation l'étude et la compréhension des voies conduisant au maintien de la posture érigée aussi bien dans des conditions statiques que dynamiques. Le maintien d'une position statique ou la réalisation d'une action dynamique peut être représenté comme le résultat d'un système rétrocontrôlé. Les entrées du système consistent en l'ensemble des récepteurs impliqués dans la perception propre de son corps (éléments proprioceptifs musculaires, tendineux, ...) ainsi que la perception de son corps dans l'espace (sensibilité cutané, oculaire, ...). Ces entrées sont ensuite intégrés à différents niveaux du système nerveux central et conduisent à une évolution des activations musculaires et donc du maintien. Ces évolutions entraînent une modification des entrées du système et fournissent un feedback à celui ci ; il s'agit de la boucle de rétrocontrôle. La posture est donc un système qui évolue continument pour s'adapter à son environnement.

Une compréhension complète du maintien de la posture nécessite la compréhension et donc la mesure d'un maximum d'éléments du système. La diversité des mesures nécessaires (EMG, EEG, interactions avec l'environnement, position des segments osseux dans l'espace, ...) nécessite des outils et des compétences variées rendant la discipline profondément multidisciplinaire. Le but de cet exposé est, dans un premier temps, de présenter un système d'analyse 3D permettant le suivi en continu de la position dans l'espace des segments osseux. Cet outil est donc particulièrement intéressant pour mesurer l'état global du système. Dans un second temps, nous présenterons comment un laboratoire d'analyse du mouvement comme celui présent à l'université de Liège peut constituer une plateforme d'analyse permettant d'intégrer plusieurs sources de mesures. Ce type de plateforme constitue un lieu privilégié d'interface et d'échange pour des spécialistes de multiples spécialités.

Les systèmes d'analyse 3D sont principalement de 2 types. Les systèmes les plus simples et les moins onéreux sont les systèmes électromagnétiques fixés sur la peau du sujet. Ces systèmes déterminent la position d'un émetteur relativement à un transmetteur. Ils sont relativement simples d'utilisation et donnent un accès direct aux angles du mouvement. Les systèmes optoélectroniques mesurent la position dans l'espace de marqueurs placés également sur la peau. Ces systèmes offrent une plus grande liberté d'analyse en raison du grand nombre de marqueurs qui peuvent être placés à la surface de la peau. Le suivi de la position de repères osseux est par conséquent plus aisés. La précision de la localisation des marqueurs par des systèmes modernes est inférieure au millimètre. Cependant ce type de systèmes est plus difficile d'utilisation et les marqueurs doivent être en permanence visible par les caméras. Les fréquences d'acquisition des systèmes aussi bien électromagnétique qu'optoélectronique sont élevées et peuvent atteindre pour certains systèmes plus de 800 Hz. La principale limitation des systèmes électromagnétiques et optoélectroniques sont les erreurs de mesures dues au fait que celles-ci sont réalisées à la surface de la peau. En effet, les contractions musculaires, les effets inertiels des tissus mous ainsi que le mouvement relatif de l'os et de la peau peuvent induire des erreurs importantes. Par exemple, pour un marqueur placé au niveau de l'angle inférieur de la scapula, l'erreur peut atteindre 8,5 cm lors de l'élévation maximale du bras. La quantité d'erreur dépend de nombreux critères dont le segment osseux étudié, la localisation du marqueur, le mouvement réalisé, l'amplitude du mouvement et la morphologie du sujet.

Cependant des méthodes de traitement du signal permettent de réduire l'erreur de mesure. Ainsi l'erreur de 8,5 cm précité pour la scapula n'est jamais atteinte dans la pratique courante.

Le matériel présent dans un laboratoire d'analyse du mouvement ne se limite en général pas au système de mesure 3D et des outils complémentaires complètent les mesures réalisées. Les outils les plus couramment présents, outre le système d'analyse 3D, sont des plateformes de force au sol, un système EMG, des caméras 2D classiques. Les plateformes de forces au sol communiquent les forces et les moments autour des 3 axes de l'espace de manière dynamique (en général 1000 Hz). Certains laboratoires possèdent des plates formes mobiles qui permettent d'étudier l'influence de perturbations sur l'équilibre et les processus de stabilisation. Le système EMG autorise l'analyse de l'activité musculaire et ce système sera préférentiellement sans fil afin de laisser au sujet une plus grande liberté de mouvement. Enfin les caméras classiques servent en général à une analyse visuelle et globale du sujet. Une autre application intéressante des caméras 2D pour certaines études est le suivi de la focalisation oculaire. Le grand intérêt d'une plateforme unique pour l'ensemble de ce matériel est la possibilité de synchroniser l'ensemble des mesures et donc de faciliter l'interprétation des résultats. Il reste bien évidemment possible d'y associer des mesures issues d'autres modalités comme des données purement anatomique (IRM, ...). En raison de la variété des outils, des mesures et des protocoles, un laboratoire de ce type ne peut fonctionner de manière optimale sans la collaboration de spécialistes de différents horizons (ingénieurs, médecins, kinésithérapeute, chercheurs, ...).

Le développement de plateformes d'analyse du mouvement permet de mutualiser des appareils dédiés précédemment présent dans différents services. Il est donc possible de quantifier précisément plusieurs variables permettant ainsi de faire une recherche multidisciplinaire de qualité. Il s'agit également d'un lieu d'échange entre scientifiques de plusieurs spécialités.

