

# La marche : visualisation et mesure de la dissymétrie du corps humain

Pratiquant la marche rapide depuis longtemps et cherchant à améliorer ma maîtrise technique dans un objectif de gain de temps quotidien, observer celle-ci d'un nouvel angle permettrait de trouver les défauts dans les gestes et les positions de mes membres, afin d'améliorer mes performances.

La marche est un moyen de locomotion favorisant la transition écologique. La transformation des mouvements synchronisés des différents membres du corps en un mouvement de translation permet un déplacement efficace. La conversion des positions angulaires de chaque partie du corps humain en informations numériques permet d'étudier informatiquement son fonctionnement mécanique.

## Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*
- *SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique)*

## Mots-clés (ÉTAPE 1) :

### Mots-clés (en français)   Mots-clés (en anglais)

<i>Gyroscope</i>	<i>Gyroscope</i>
<i>Programmation</i>	<i>Computer programming</i>
<i>Représentation de l'espace</i>	<i>Space representation</i>
<i>Corps humain</i>	<i>Human body</i>
<i>Biomécanique</i>	<i>Biomechanical</i>

## Bibliographie commentée

La marche permet à l'Homme de se déplacer efficacement et seul, pendant un certain temps et sur de plus ou moins grandes distances, sur tous les terrains rencontrés quotidiennement.

La trajectoire de marche et les gestes techniques, de tout le corps pour la marche rapide, sont des éléments nécessaires pour obtenir une vitesse plus importante qu'une marche standard. Il faut donc pouvoir mesurer la position des membres réalisant ces gestes au cours du temps [1].

La dissymétrie est un indicateur de performance de la marche qui permet de détecter des anomalies dans le mouvement du corps [2].

Pour obtenir des données de position d'un point dans l'espace, il existe plusieurs méthodes. On peut utiliser plusieurs caméras fixes et utiliser une échelle ou alors utiliser des capteurs de vitesse angulaire (gyroscopes) sur l'objet et déduire la position à partir de la longueur entre l'origine et le point dont on cherche la position. Cela est possible avec une étude mécanique d'un modèle simplifié du corps humain [3].

Les gyroscopes sont présents dans de nombreux systèmes technologiques de tous niveaux, notamment récemment dans les smartphones. Les gyroscopes permettent de mesurer la vitesse angulaire. Le gyroscope électronique fonctionne avec une lame réagissant aux rotations. La définition de conditions initiales (un point de l'espace à un instant donné) permet d'obtenir, en intégrant par rapport au temps, la position. Les données fournies intégrées permettent d'obtenir la position angulaire instantanée [4].

Néanmoins, ces capteurs ont comme principale limitation la dérive, au cours du temps, de ses données de sortie ; c'est-à-dire l'inexactitude croissante des mesures du capteur. La qualité du gyroscope se mesure donc en partie en fonction de sa dérive au cours du temps. Les gyroscopes utilisés dans les smartphones sont des gyroscopes simples (souvent combinés avec l'accéléromètre et formant une unité de mesure inertielle) de faible qualité. Il est donc difficile d'avoir une valeur fiable, même avec un calibrage, sur un temps long ou avec de fortes variations [5][6].

Pour contrer les limites du capteur, il existe divers filtres de niveaux différents afin de supprimer le bruit notamment quand le système est au repos (filtre de moyenne glissante) et la dérive de la position angulaire (filtres à partir de la mesure de cette dérive) [7].

A partir des données des capteurs, on peut donc visualiser la position des membres en mouvement dans une représentation numérique. Le corps humain comporte des centaines de degrés de liberté mécaniques mesurables. Celui-ci peut et doit être simplifié, afin de pouvoir être représenté, en un ensemble cinématique de solides indéformables reliés par des liaisons mécaniques parfaites en nombres restreints. Il peut s'agir de liaisons sphériques (trois degrés de libertés en rotation, aucun en translation) et de segments de taille fixées par les longueurs des membres réels (segments corporels). La mesure de la position angulaire en trois dimensions permet de caractériser chacune de ses liaisons. Le corps est ainsi segmenté [8].

Il est donc possible d'obtenir un modèle numérique du corps humain pour en étudier le comportement mécanique.

## **Problématique retenue**

Comment visualiser et mesurer la dissymétrie du corps humain pendant la marche afin de l'améliorer ?

## Objectifs du TIPE du candidat

Traiter (filtrage et intégration notamment) les données tridimensionnelles et temporelles de gyroscopes, intégrés dans les smartphones, fixés au corps, afin d'obtenir les données à visualiser.

Visualiser la position du corps humain et de ses membres sur un graphique en trois dimensions représentant l'espace en temps réel.

Mesurer et observer la dissymétrie de la marche grâce aux mesures et à la visualisation, notamment en comparant les résultats avec une simulation de la marche idéale au sens de la dissymétrie, pour améliorer la marche.

## Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] G. LAFFAYE : La modélisation biomécanique : un outil didactique ? §4 & §51 (dernière consultation le 05/10/2024) : <https://journals.openedition.org/ejrieps/5853>
- [2] APPLE INC. : Évaluation de la qualité de la marche grâce aux mesures de mobilité : [https://www.apple.com/fr/healthcare/docs/site/Measuring\\_Walking\\_Quality\\_Through\\_iPhone\\_Mobility\\_Metrics.pdf](https://www.apple.com/fr/healthcare/docs/site/Measuring_Walking_Quality_Through_iPhone_Mobility_Metrics.pdf)
- [3] D. DEFAUCHY : Cours Cinématique §1.IV.2.b.i Liaisons en 3D (dernière consultation le 05/10/2024) : <https://www.cpge-sii.com/mecanique/meca-1/cinematique/>
- [4] J.C. RADIX : Mesures mécaniques et dimensionnelles/ Gyroscopes et gyromètres : *Techniques de l'ingénieur, Mesures mécaniques et dimensionnelles/ Gyroscopes et gyromètres, 1980*
- [5] R. BARILLE : La physique avec son téléphone portable §I Les capteurs du téléphone portable : *La physique avec son téléphone portable, Editions Ellipses, 2022, ISBN : 9782340069268*
- [6] M. KRICHEN : Utilisation des capteurs de smartphones pour la détection des anomalies de la route (dernière consultation le 05/12/2024) : <https://hal.science/hal-03214223/document>
- [7] B. LE FOULGOC : Evaluation du potentiel de performance de micro-accéléromètres inertiels vibrants en silicium (dernière consultation le 5/12/2024) : <https://www.theses.fr/2008PEST0243.pdf>
- [8] C. HAYOT : Analyse biomécanique 3D de la marche humaine : comparaison des modèles mécaniques §I (dernière consultation le 06/10/2024) : <http://theses.univ-poitiers.fr/notice/view/8922>

## DOT

- [1] : *Septembre/octobre 2024 : Choix du sujet, définition des objectifs, titre et problématique. Recherches sur la dissymétrie de la marche et sur l'exploitation des données de gyroscope.*
- [2] : *Novembre 2024 : Récupération, en wifi, des données du capteur-smartphone avec l'application Phyphox et Python.*
- [3] : *Décembre 2024 : Premier essai réel du système avec 14 smartphones.*
- [4] : *Janvier 2025 : filtrage des données en Python : moyenne glissante, filtre passe bande, changements de base.*
- [5] : *Février à avril 2025 : Création du système de visualisation de la position tri-dimensionnel en temps réel et des mesures de dissymétrie avec Python*
- [6] : *Avril à juin 2025 : Visualisation finale avec des critères de performance et des repères. Mise en forme des rendus.*