

Logiciels d'analyse de la performance

Le système de capture de mouvement ou motion capture

La captation de mouvements ou **capture** de mouvements, plus couramment appelée motion capture en anglais abrégé en **MoCap** permet de capter les mouvements dans l'espace à partir d'un sujet réel. Cette information de mouvement peut s'exprimer par la détermination des coordonnées 2D ou 3D de points repérés sur le sujet ou l'estimation des segments anatomiques, pour ensuite les retranscrire sur un modèle virtuel en 3D. Le premier exemple le plus connu de l'utilisation de la motion capture est la réalisation de films comme Avatar.



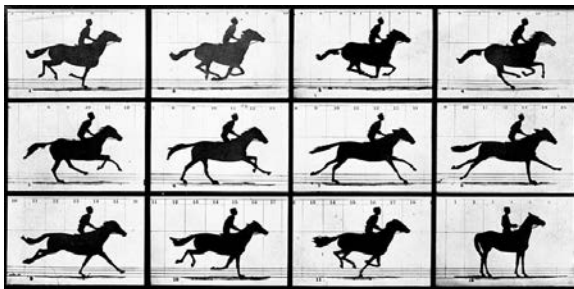
Avant d'être utilisée pour le monde de l'Entertainment, la MoCap a été développée dans les années 70 dans le domaine de la recherche scientifique. L'objet scientifique était une analyse du mouvement humain permettant des avancées dans le domaine de la santé et de l'anatomie. De par la commercialisation des systèmes de MoCap tels que Vicon (Oxford Metrics, United Kingdom), Coda Motion (Charnwood Dynamics Limited, United Kingdom), Qualysis (Qualisys, Suède) ou encore Optotrack (Northern Digital Inc, Canada) pour les plus connus, la MoCap s'est démocratisée dans la recherche biomécanique, puis aux études ergonomiques et aux applications sportives.

De plus, la MoCap a changé la pratique sportive de par son usage par les entraîneurs pour l'optimisation de la performance sportive en analysant des gestes déterminants dans l'amélioration de la performance et la réalisation de nouveaux records . Enfin, la MoCap est devenue un censeur pour les analyses ergonomiques qui, par l'analyse des postures et gestuelles au travail, permet de prévenir et anticiper les troubles musculo-squelettiques liés à la tenue d'un poste de travail

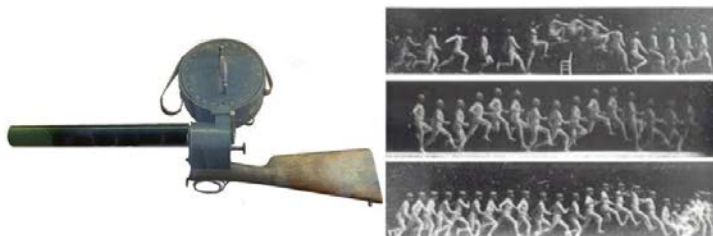
L'Histoire de la capture du mouvement Les Pionniers (Fin du XIX ème - début du XX ème siècle)

L'analyse du mouvement est un domaine de la biomécanique qui a commencé à se développer dans les années 1860.

Le français Étienne Jules Marey (1830-1904) et l'anglais Edward Muybridge (1830-1904) ont indépendamment développé en parallèle des méthodes photographiques permettant de capturer le mouvement des segments et des articulations du corps humain lors de la course, du saut et de bien d'autres activités . En 1879, sur une demande du gouverneur de Californie, Muybridge est parvenu à analyser le mouvement d'un cheval au galop et a pu affirmer que pendant un bref moment, le cheval avait les quatre sabots en l'air .



Inspiré par ces travaux, Marey créa en 1882 le pistolet chronophotographique. Ce système était capable de capturer douze images consécutives par seconde.



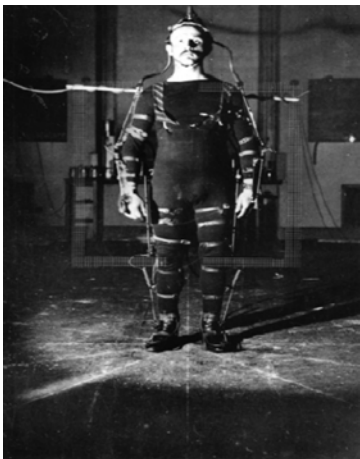
Ces techniques photographiques ont permis de fonder les débuts de la capture du mouvement et de la biomécanique moderne. Marey et ses collaborateurs abandonnent rapidement ce projet pour inventer une caméra à plaque fixe avec un obturateur temporisé. Cette donnée permettant d'enregistrer des images séquentielles d'un mouvement grâce à un sujet vêtu d'un costume de MoCap montrant les repères squelettiques du sujet .



Grâce à des lignes tracées sur les segments du corps, l'angle pouvait être mesuré à la main par la suite . La limite de ces techniques est qu'elles ne permettent qu'une analyse 2D du mouvement. Quand le temps entre deux photos était connu, la vitesse des points anatomiques pouvait également être calculée.

Peu après ces premiers travaux sur la capture et l'analyse du mouvement de l'homme et de l'animal, deux Allemands,

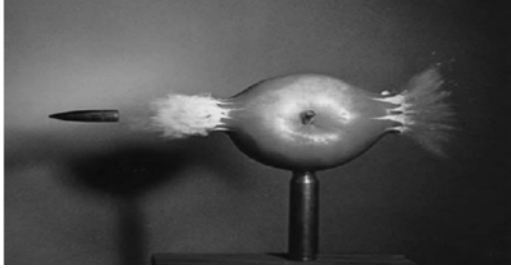
Wilhelm Braune (1830 - 1892) et Otto Fischer (1861 - 1917), ont fait une avancée considérable dans l'étude tridimensionnelle du mouvement. en 1895 ils ont publié *Der Gang des Menschen* (La marche de l'homme) . Dans cette étude ils ont utilisé quatre appareils photos se déclenchant synchroniquement pour capturer le mouvement d'un sujet portant sur le corps onze signaux lumineux sur une combinaison noire



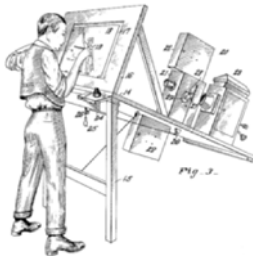
Ces signaux clignotent et s'inscrivent sur des plaques sensibles au fur et à mesure que le sujet bouge. Les clichés sont ensuite analysés au microscope afin d'établir les coordonnées 3D des articulations pour pouvoir en faire ressortir les positions et trajectoires des repères anatomiques.

Un autre pionnier de la motion capture fut **Harold Edgerton (1903 -1990)** qui, à la suite de ses études au Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 1931, créa le stroboscope . Cet outil

a permis de photographier des objets se mouvant à grande vitesse et de les capturer en film. Il est donc un pionnier de la photographie à grande vitesse.



En parallèle de ces inventions basées sur la photographie et la vidéo, **en 1917, les frères Fleischer, Dave (1894 - 1979) et Max (1883 - 1972)**, obtiennent un brevet pour le Rotoscope. Cet outil permet de relever image par image les contours d'un mouvement humain filmé pour en transcrire la forme et les actions dans un film d'animation. Ce procédé permet de reproduire avec réalisme la dynamique des mouvements des sujets filmés. Il a permis la réalisation des premiers films d'animation. Le plus connu d'entre eux est Blanche-Neige et les Sept Nains par Walt Disney en 1937.



Les premiers venus, dans ces nouveaux domaines furent incontestablement Alan Turing (machine de Turing -1936) et John Adam Presper Eckert (Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) - 1946) qui, respectivement, inventèrent les premiers calculateurs, composants désormais essentiels dans la capture du mouvement moderne.

La capture du mouvement moderne (XX ème et XXI ème siècle)

En 1959, Harrison a équipé une combinaison de potentiomètres et a pu enregistrer et animer les mouvements d'un acteur, en temps réel, sur un tube cathodique. Le résultat donnait un personnage animé essentiellement constitué de bâtons lumineux. Cette innovation marquait le premier exemple de capture de mouvement en temps réel.

Dans les années 1980, l'étude du mouvement humain dans les laboratoires de biomécanique s'est développée. **Tom Calvert, professeur de kinésiologie et d'informatique** à l'université

Simon Fraser (Burnaby, Canada), a été l'un des premiers à utiliser des potentiomètres pour suivre la flexion et l'extension des genoux. Ce sont les débuts des systèmes mécanique



Peu après, le MIT a développé sa «marionnette graphique». Ici, ils ont fixé des lumières LED à une combinaison portée par un acteur et ont capturé son mouvement avec Opeye, un système de capture optique de mouvement composé de deux caméras de suivi, dont les images ont été retracées pour rendre le mouvement 2D de l'acteur.

Peu de temps après, l'avancement de la technologie de capture de mouvement a été ralenti en raison des coûts et de la lenteur du traitement informatique

Dans les années 1990, chaque caméra utilisée pour la MoCap était à peu près de la taille d'un petit réfrigérateur, et les utilisateurs devaient labéliser manuellement chaque marqueur, sur chaque image, pour chaque scène. C'était presque aussi laborieux que la rotoscopie .

La suite des années 2000 a surtout vu l'essor de la capture du mouvement grâce au monde de l'Entertainment, c'est-à-dire l'industrie du jeu vidéo et du cinéma. De plus en plus de jeux et de films sont réalisés grâce à ces techniques. Cette démocratisation a permis l'évolution de ces technologies et multiplié les applications dans le domaine de la recherche en biomécanique. Cette période a permis aux systèmes dits optiques d'arriver à maturité.

C'est à partir de cette période que de nombreuses innovations ont contribué aux améliorations des systèmes optiques. En synthèse, depuis la fin du XIX ème siècle, les nouvelles technologies de la capture du mouvement et de l'informatique ont eu un essor conséquent. Les innovations dans le domaine des sciences médicales, l'armée et les images générées par ordinateur ont permis une évolution des systèmes déjà disponibles et de voir émerger de nouvelles technologies de MoCap. La recherche et le développement de la technologie numérique d'analyse du mouvement ont commencé par l'application médicale et militaire dans les années 1970. Cette technologie a eu le droit à de nombreuses évolutions conséquentes aux progrès des composants informatiques.

À ce jour, en 2021, de nombreuses technologies pour l'analyse du mouvement sont disponibles. Nous pouvons trouver des systèmes mécaniques, des systèmes magnétiques, des systèmes inertiels ou encore des systèmes optiques décomposés en 2 catégories, avec et sans marqueur

Synthèse technique des différentes méthodes de motion capture (MOCAP) en soulignant leurs avantages et limites respectifs.

Voici les points clés à retenir :

1. La Capture Optique (Méthode de Référence)

- **Principe :** Utilisation de **caméras infrarouges** et de **marqueurs réfléchissants** placés sur des points anatomiques précis (articulations).
- **Avantages :** Très haute précision, visualisation en temps réel sur ordinateur.
- **Inconvénients :**
 - **Occlusion :** Perte de données si un obstacle se glisse entre la caméra et le marqueur.
 - **Artefacts de tissus mous :** Glissement de la peau qui fausse la position réelle de l'os ou du segment corporel.

2. La Capture Gyroscopique et Inertielle (Alternative Flexible)

- **Principe :** Utilisation de **centrales inertielles** (accéléromètres et gyroscopes) fixées sur le corps.
- **Avantage :** Pas de problème d'occlusion (pas besoin de caméras externes), fonctionne partout sans contrainte visuelle.
- **Inconvénient :** Précision légèrement inférieure à l'optique sur le long terme (dérive).

3. La Capture Mécanique (Exosquelette)

- **Principe :** Le participant porte une structure articulée (**exosquelette**) qui suit directement ses mouvements.
- **Avantages :** Très précis, les capteurs sont fixes et ne bougent pas avec la peau.
- **Inconvénients :**
 - **Liberté de mouvement réduite** par la structure physique.

- **Contrainte filaire** (connexion physique à l'ordinateur).

Tableau Récapitulatif :

Méthode	Précision	Liberté de Mouvement	Obstacles (Occlusion)
Optique	★ ★ ★	Excellente	✗ Sensible
Inertielle	★ ★	Maximale	✓ Insensible
Mécanique	★ ★ ★	Faible	✓ Insensible

