

Introduction :

Qu'est-ce que la biomécanique ?

→ chapitre 01 cours Biomécanique

Pauline Neveu, PhD

Plan «Qu'est-ce que la biomécanique ?»

1-Définition

2-Démarche biomécanique

3-Remarques sur la commande nerveuse

4-Plan du cours

5-Références bibliographiques

1-Définition

biomécanique

bios

=vivant

mechanicus

=machine

Larousse :

Relatif aux lois du mouvement
Science qui a pour objet l'étude
des forces et de leurs actions

→ étude des mouvements (forces & actions) du vivant
via l'utilisation d'outils appartenant au domaine de la mécanique

1-Définition

Discipline transversale

biologie (sciences de la vie) + mécanique (sciences physiques)

1-Définition

Discipline vaste : englobe tout le vivant

→ tous niveaux d'organisation :

-molécules ex: fibres de collagène, d'élastine...

-cellules ex: cytosquelette :
-microtubules (division cellulaire, flux, cils & flagelles)
-filaments intermédiaires (résistance)
-microfilaments (myofibrilles, cyclose, amiboïdes)

-tissus (cellules & matrice extra-cellulaire)
.épithélial (ex: adhérences cellules)
.conjonctif (ex: résistance os, cartilage...)
.musculaire (ex: composantes contractile, élastiques série & parallèle)
.nerveux

-organes (muscle, estomac...)

-appareils / systèmes (appareil locomoteur, appareil digestif, système nerveux...)

-organisme (gestes, locomotion)

+ temps & espace

→ tous les organismes

-animaux

-végétaux

-bactéries...

1-Définition

Discipline intéressant de multiples domaines

humain : double intérêt :

- mouvements (mvt) de l'humain
- objets/équipements utilisés par l'humain

1-Définition

Discipline intéressant de multiples domaines

→ sport :

- comprendre & améliorer gestes (performances, blessures)
- chaussures, vêtements, perche, obstacle...

→ kinésithérapie :

- mvt “normal”/mvt pathologique & solution thérapeutique
- matériaux & prothèses
 - .endoprothèse (ex : hanche)
 - .exoprothèse (ex : pince/main)
 - .orthèse (ex : corset, plâtre, genouillère)

1-Définition

Discipline intéressant de multiples domaines

→ ergonomie:

- gestes professionnels & prévention des risques
 - .manipulation/manutention d'objets (ex : livraison, chaîne, malade)
 - .posture (ex : travail sur écran)
- poignée carton, accès aux outils, lève-personne, repose-bras, souris ergonomique, siège & bureau réglables...
ergonomie des logiciels

- .60 % accidents du travail (AT) manutention d'objets & outillage
- .20 % accidents du travail (AT) chutes plein pied & hauteur
- .87 % maladie professionnelles (MP) : TMS (troubles musculo-squelettiques)

1-Définition

Discipline intéressant de multiples domaines

→ jeux vidéo & cinéma:

.études cinématographiques pour plus de réalité

→ robotique:

.études cinématographiques

.études dynamiques

.études neurophysiologiques

2-Démarche biomécanique

→ observations/curiosité/questions

ex : comment la locomotion se déroule-t-elle ?

... nouvelles observations, nouvelles questions

comment un mouvement continu du corps se produit-il ?

→ simplifications

-de l'objet → modélisation : .segments géométriques
.articulations simplifiées

-du mouvement/phénomène → découpes & zoom

2-Démarche biomécanique

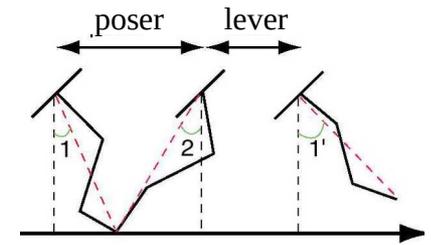
→ simplifications

-du mouvement (mvt)/phénomène → découpes & zoom

.mvt continu locomotion obtenu par mvt répétés membres inférieurs

→ focus : -sur un cycle (vue latérale/profil)

-sur un membre inférieur entier



1 cycle {
 poser (pendule inversé) .amortissement
 .propulsion
 lever (pendule) .flexion ou escamotage
 .extension

→ accentuation du focus sur membre inférieur :

coordinations intra-appendiculaires

.ouverture/fermeture des articulations

.activité muscles

2-Démarche biomécanique

→ simplifications

-du mouvement/phénomène → découpes & zoom

.que font les autres membres pendant un cycle ?

→ prise de recul :

coordinations inter-appendiculaires

diagramme d'allure (quadrupède)

postérieur gauche

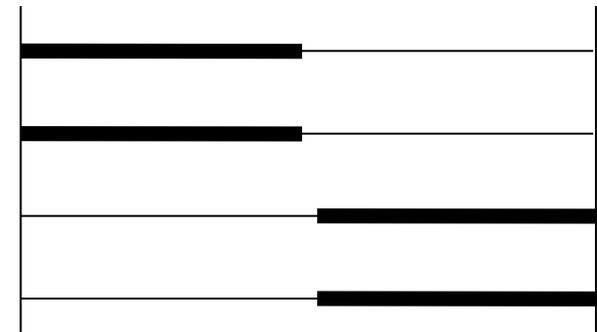
antérieur gauche

postérieur droit

antérieur droit



trot



amble

2-Démarche biomécanique

→ simplifications

-du mouvement/phénomène → découpes & zoom

.que fait le reste du corps pendant un cycle ?

→ prise de recul :

.tronc → rotations axiales

.membres supérieurs → opposition de phase

.tête → légers mvts verticaux, relativement stabilisée

2-Démarche biomécanique

→ mesures

-ne doivent pas être subjectives → nos sens sont insuffisants

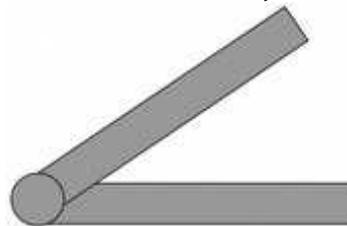
-doivent être objectives

→ transducteurs physiques

.jauges de déformations (ou de 'contraintes') / dynamomètres

ex : plate-formes de force, insertion osseuse, ligamentaire...

.goniomètres



.accéléromètres

.électromyographie (EMG)

.prises de vues & *motion capture*

2-Démarche biomécanique

→ mesures

-du subjectif à l'objectif...

...petite histoire de l'intérêt de l'humain pour le mouvement

.préhistoire



Jack Versloot, CC BY 2.0
<<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>>, via Wikimedia Commons

.histoire

→ l'humain

→ le cheval

observations hasardeuses à l'œil nu...

ex : Géricault (1791-1824)

prémices d'études scientifiques

ex : Vincent & Goiffon XVIIIe : fers ornés et clochettes



Théodore Géricault, Public domain, via Wikimedia Commons

2-Démarche biomécanique

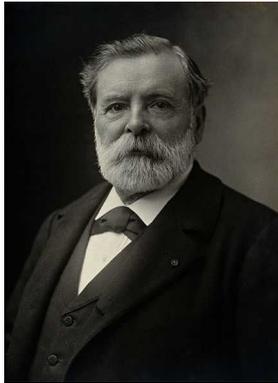
→ mesures

-du subjectif à l'objectif...

...petite histoire de l'intérêt de l'humain pour le mouvement

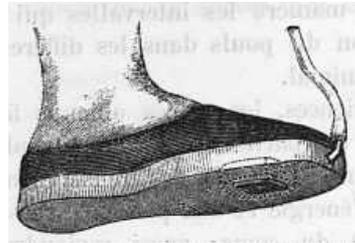
.XIXe : essor étude scientifique du mouvement

→ EJ Marey (1830-1904) & la polygraphie

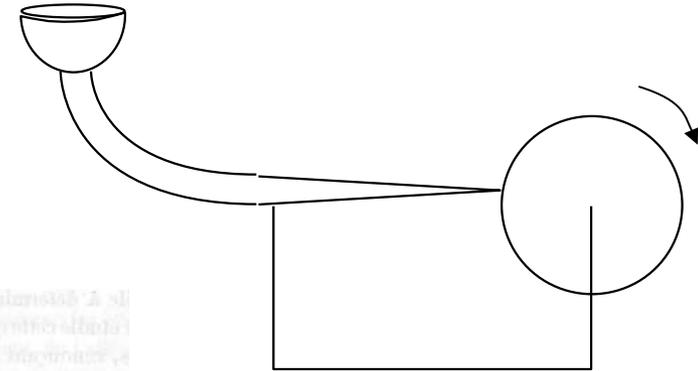


Etienne-Jules Marey. Photograph by Nadar. Credit: Wellcome Library, London. Wellcome Images images@wellcome.ac.uk <http://wellcomeimages.org> Etienne-Jules Marey. Photograph by Nadar. Published: - Copyrighted work available under Creative Commons Attribution only licence CC BY 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

la chaussure exploratrice



Marey, « Le mouvement »
Ouvrage XIXe siècle



2-Démarche biomécanique

→ mesures

-du subjectif à l'objectif...

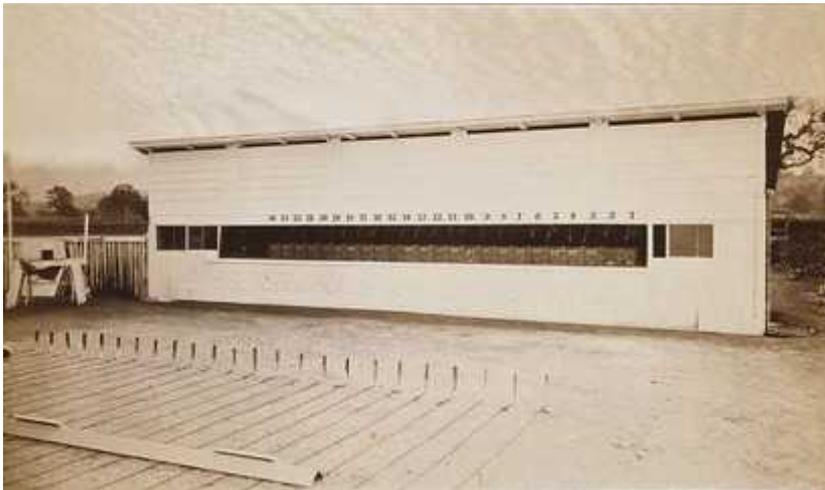
...petite histoire de l'intérêt de l'humain pour le mouvement

.XIXe : essor étude scientifique du mouvement

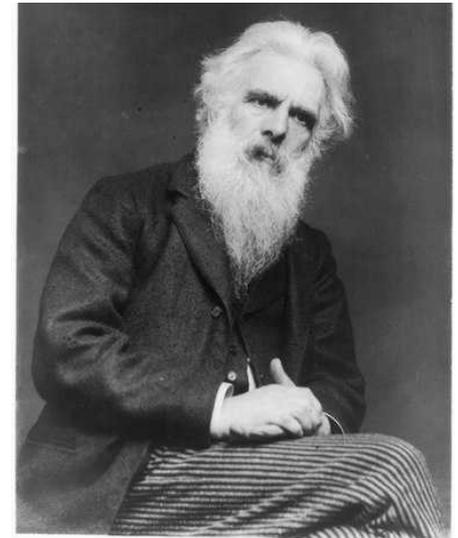
→ EJ Marey découvre le travail de EJ Muybridge (1830-1904)

(inspiré par la 'machine animale' de Marey !)

champ de course de Palo Alto (1878)



The Library of Congress, No restrictions, via Wikimedia Commons



The Library of Congress, No restrictions, via Wikimedia Commons

publications dans revue 'La nature'
lue par Marey qui contacte Muybridge...

...rencontre à Paris 1881

2-Démarche biomécanique

→ mesures

-du subjectif à l'objectif...

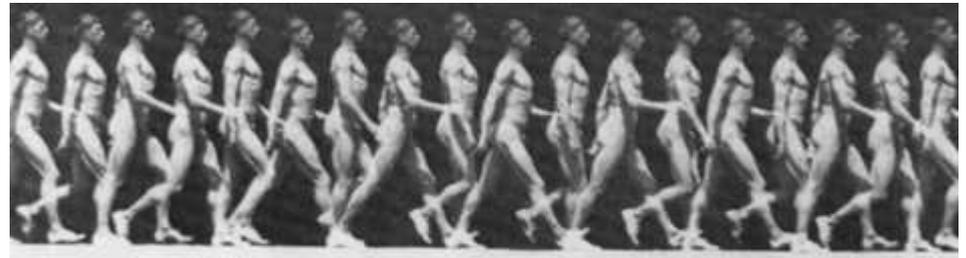
...petite histoire de l'intérêt de l'humain pour le mouvement

.XIXe : essor étude scientifique du mouvement

→ EJ Marey développe la chronophotographie sur plaque fixe (1882)



« La chronophotographie » Association des Amis de Marey et Ministère de la Culture, Beaune, 1984, p.75, photographie originale du Musée de Beaune



Étienne-Jules Marey, Public domain, via Wikimedia Commons

2-Démarche biomécanique

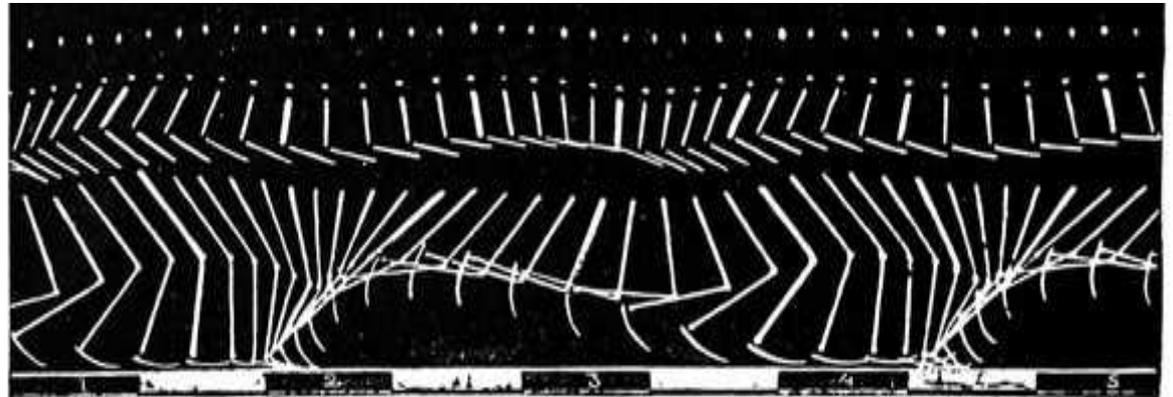
→ mesures

-du subjectif à l'objectif...

...petite histoire de l'intérêt de l'humain pour le mouvement

.XIXe : essor étude scientifique du mouvement

→ EJ Marey développe la chronophotographie géométrique



Étienne-Jules Marey, Public domain, via Wikimedia Commons

2-Démarche biomécanique

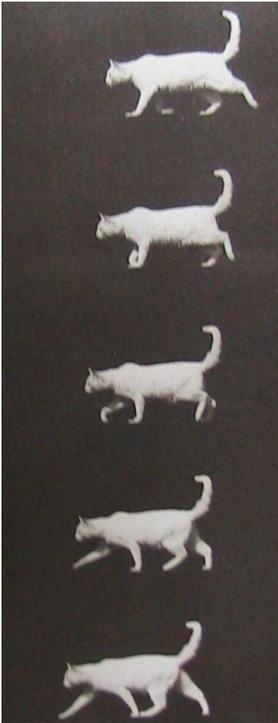
→ mesures

-du subjectif à l'objectif...

...petite histoire de l'intérêt de l'humain pour le mouvement

.XIXe : essor étude scientifique du mouvement

→ EJ Marey développe la chronophotographie sur bande cellulose



2-Démarche biomécanique

→ mesures

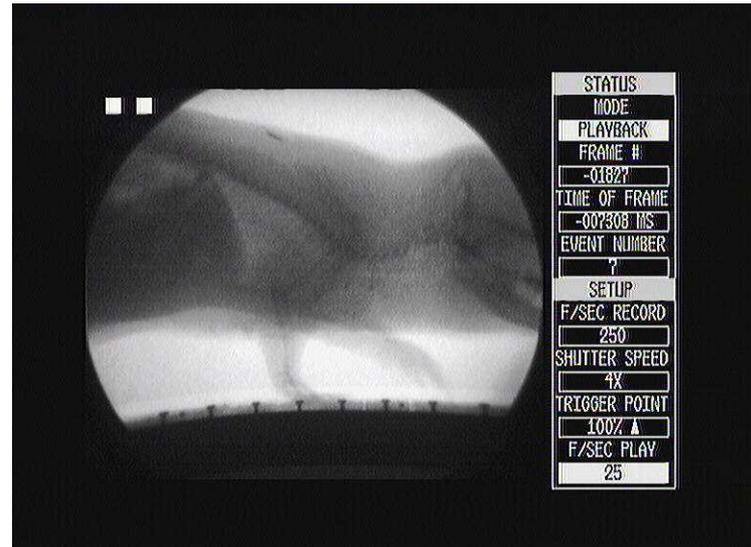
-du subjectif à l'objectif...

...petite histoire de l'intérêt de l'humain pour le mouvement

.XXe : cinématographie puis vidéographie & grande vitesse

.XXe : système de poursuite (*motion capture*)

.XXe : cinéradiographie puis vidéoradiographie & grande vitesse



2-Démarche biomécanique

→ traitement des données selon questions posées :
outils & lois mécaniques

procédure classique :

- .système
- .référentiel
- .forces en présence
- .état du système / lois de la mécanique
- .résolutions numériques
- .conclusions pratiques

Remarque :

- ‘humain moyen’ & normalisation
- variabilité

3-Remarques sur commande nerveuse

→ pas de contractions musculaires sans ordre nerveux

-système musculaire = effecteur du système nerveux

-système nerveux :

.élabore programmes moteurs (sens, souvenirs, émotions)

.régule motricité (retours sensoriels, souvenirs de corrections)

Le système nerveux sera mis de côté dans ce cours....

-ne pas l'oublier pour comprendre des pathologies du mouvement

ex : Oliver Sacks 'Sur une jambe'

-étude fondamentale en robotique

ex : *Boston Dynamics*

4-Plan du cours

- rappels mathématiques
- mécanique du point matériel :
 - .dynamique
 - .cinématique
 - .quantité de mouvement
 - .travail, puissance, énergie
- mécanique du solide

5-Références bibliographiques

Allard, P., Blanche, J.-P., Dalleau, G., & Begon, M. (2011). Analyse du mouvement humain par la biomécanique (3e éd.). Fides Education.

Dufour, M. A., Pillu, M., Langlois, K., & Del Valle Acedo, S. (2017). Biomécanique fonctionnelle (2e éd.). Elsevier Masson.

Kapandji, A. I. (2011). Qu'est-ce que la biomécanique ? Sauramps médical.

Özkaya, N., Nordin, M., Goldsheyder, D., & Leger, D. (2012). Fundamentals of biomechanics : Equilibrium, motion, and deformation (3e éd.). Springer.

Williams, M., Lissner, H. R., & Le Veau, B. F. (1986). Biomécanique du mouvement humain : Une introduction (B. Drouin, J. Lacombe, L. Tanguay, & J.-M. Rousseau, Trad.). Décarie Vigot.