

Corrigé de l'examen CCF2 de Biomécanique & physiologie

**IMPORTANT :** Cette correction ne concerne que la partie biomécanique. Toutes les formules utilisées dans ce sujet étaient fournies dans le formulaire de l'énoncé.

Correction de l'exercice 1.

(1)

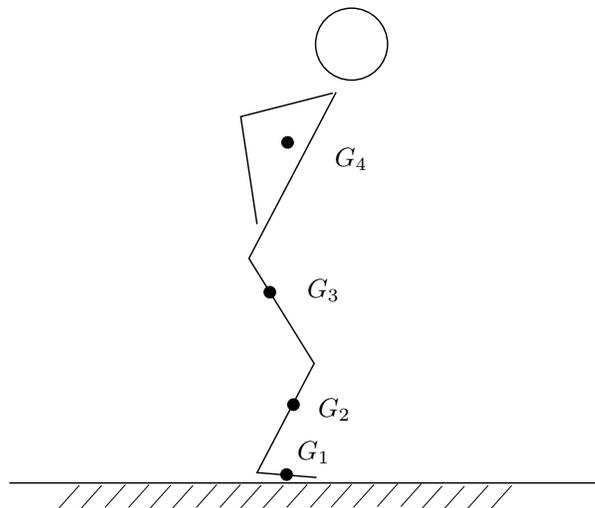


FIGURE 1. Les quatre centres de masse  $G_i$ .

Voir la figure 1, on l'on a placé approximativement les points  $G_i$ , centre de masse des 4 ensembles suivants :

- $G_1$  : les deux pieds ;
- $G_2$  : les deux jambes ;
- $G_3$  : les deux cuisses ;
- $G_4$  : l'ensemble {tronc+tête+deux bras}.

(2) On a besoin des formules (4) du formulaire joint (ou dans le cours), qui font intervenir les coefficients  $k_D$  ou  $k_P$  (dont la somme vaut 1) et qui sont définis par

$$k_P = \frac{GP}{PD}, \quad k_D = \frac{GD}{DP}.$$

Ceux-là sont souvent tabulés. Pour les membres inférieurs qui sont supposés confondus, le centre de gravité de l'ensemble des deux segments coïncide avec le centre de gravité d'un seul segment.

*Attention, ces formules impliquent que chaque centre de gravité appartient au segment  $[PD]$ , ce qui n'est pas tout à fait le cas pour celui du tronc (voir figure 1.)*

- (3) On se réfère pour cette question au chapitre "dynamique inverse plane" du cours<sup>1</sup> ou au formulaire joint.
- (a) On peut utiliser l'équilibre de l'ensemble {tronc+tête+deux bras} soumis à son propre poids, de norme  $m_4g$  ( $m_4$  est la masse de l'ensemble {tronc+tête+deux bras}) et à l'action de la cuisse. Puisque l'on est en statique, la somme de ces deux forces est nulle; elles sont donc opposées : cette force est verticale, dirigée vers le haut, de norme  $m_4g$ .

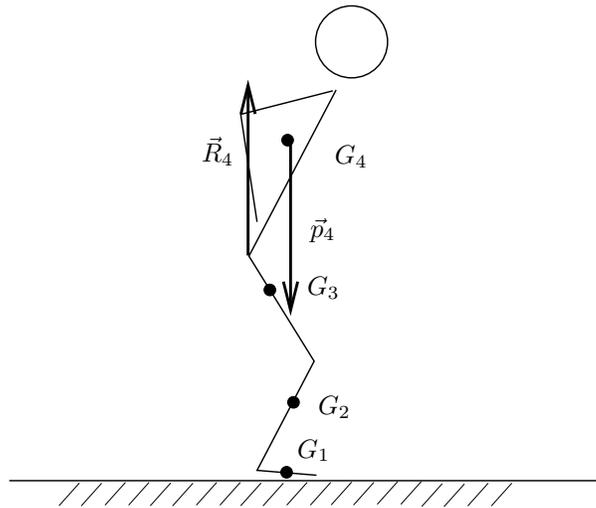


FIGURE 2. La force  $\vec{R}_4$  exercée par la cuisse sur l'ensemble {tronc+tête+deux bras}.

Voir figure 2, où on a représenté cette force  $\vec{R}_4$  et le poids  $\vec{p}_4$  de l'ensemble {tronc+tête+deux bras}.

- (b) De même, on peut étudier l'équilibre de l'ensemble des deux cuisses, soumise à leur poids, l'action de l'ensemble {tronc+tête+deux bras} et l'action des deux jambes sur les deux cuisses. Il est plus rapide de considérer l'ensemble {ensemble {tronc+tête+deux bras}, deux cuisses}, à l'équilibre, soumis à son poids  $(m_4 + 2m_3)g$  et à l'action des deux jambes sur les deux cuisses. Ces deux forces sont opposées; ainsi, l'action des deux jambes sur les deux cuisses a une norme égale à  $(m_4 + 2m_3)g$ . D'après le principe d'action et de réaction, l'action des deux cuisses sur les deux jambes a une norme égale à  $(m_4 + 2m_3)g$ .

De même, l'action des deux jambes sur les deux pieds a une norme égale à  $(m_4 + 2m_3 + 2m_2)g$ . Enfin, l'action des deux pied sur le sol a une norme égale à  $(m_4 + 2m_3 + 2m_2 + 2m_1)g$ , soit encore  $Mg$  où  $M = m_4 + 2m_3 + 2m_2 + 2m_1$  est la masse du sportif.

- (c) On retrouve le même résultat en écrivant l'équilibre du sportif et le principe de l'action et de la réaction.

1. Non dactylographié!

- (d) Les forces extérieures agissant sur l'ensemble {tronc+tête+deux bras} sont son poids et l'action des deux cuisses, de couple  $C_4$ . On écrit le théorème des moments par rapport au point  $H$  (la hanche). On a donc

$$\mathcal{M}_H(\vec{p}_4) + C_4 = 0. \quad (1)$$

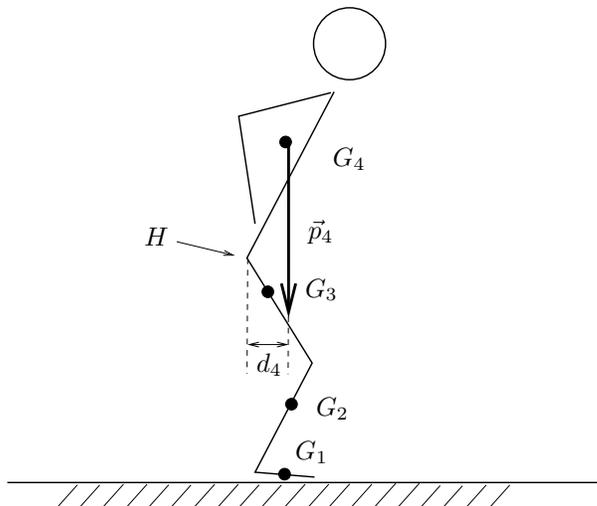


FIGURE 3. Le poids  $\vec{p}_4$  et son bras de levier  $d_4$ .

On utilise la distance  $d_4$ , bras de levier représenté sur la figure 3 : on alors

$$\mathcal{M}_H(\vec{p}_4) = -d_4 p_4 = -d_4 m_4 g.$$

et donc d'après (1)

$$C_4 = d_4 m_4 g. \quad (2)$$

- (e) Comme expliqué dans le chapitre "dynamique inverse plane", on procède en descendant pour les deux autres segments et on peut en déduire le couple exercé par les deux jambes sur les deux pied et de même le couple exercé par les deux pied sur le sol, qui doit être nécessaire être nul! Cela ne fait traduire que, à l'équilibre, pour éviter le basculement, le poids du corps doit être juste au dessus du point de contact entre le sol et les deux pieds.
- (4) (a) Si le sportif n'est plus immobile, on n'est plus en statique et il faut rajouter les accélérations et les accélérations angulaires, souvent déterminées grâce aux données cinématiques.
- (b) Si le sportif est immobile, et tient dans sa main, une balle de masse  $m$ , il faut rajouter aux différentes actions interarticulaires, cette masse.

### Correction de l'exercice 2.

- (1) On renvoie au chapitre dédié du cours ou au formulaire et plus précisément (8), qui n'est que la traduction des équations (9).
- (2) C'est formellement identique.