

Mots clé : Centre de masse - Moment d'inertie – fréquence propre d'oscillation

Exercice 1 : Dynamique passive du membre à partir de données morphologiques?

Le but de cet exercice est de se faire une idée de la sensibilité de la période d'oscillation passive (celle du pendule) de la jambe associée à une modification de la masse distale.

On s'intéresse d'abord à une jambe saine, avant de considérer le cas d'un jambe amputée. Nous utiliserons les données anthropométriques tabulées et rassemblées (Winter : Biomechanics of human movement / Wiley interscience) ci dessous et le schéma associé donnant les dimensions des segments en fonction de la taille H de la personne.

M est la masse totale de l'individu, P sa taille.

Table A.2 Anthropometric Data

SEGMENT	DEFINITION	SEG WEIGHT/ TOT BODY WT	CENTER OF MASS/ SEGMENT LENGTH		RADIUS OF GYRATION/ SEGMENT LENGTH		
			PROX	DIST	C of G	PROX	DIST
Hand	Wrist Axis/Knuckle II Middle Finger	.006 M	.506	.494 P	.297	.587	.577 M
Forearm	Elbow Axis/Ulnar Styloid	.016 M	.430	.570 P	.303	.526	.647 M
Upper Arm	Glenohumeral Axis/Elbow Axis	.028 M	.436	.564 P	.322	.542	.645 M
Forearm & Hand	Elbow Axis/Ulnar Styloid	.022 M	.682	.318 P	.468	.827	.565 P
Total Arm	Glenohumeral Joint/Ulnar Styloid	.050 M	.530	.470 P	.368	.645	.596 P
Foot	Lateral Malleolus/Head Metatarsal II	.0145 M	.50	.50 P	.475	.690	.690 P
Shank	Femoral Condyles/Medial Malleolus	.0465 M	.433	.567 P	.302	.528	.643 M
Thigh	Greater Trochanter/Femoral Condyles	.100 M	.433	.567 P	.323	.540	.653 M
Foot & Shank	Femoral Condyles/Medial Malleolus	.061 M	.606	.394 P	.416	.735	.572 P
Total Leg	Greater Trochanter/Medial Malleolus	.161 M	.447	.553 P	.326	.560	.650 P

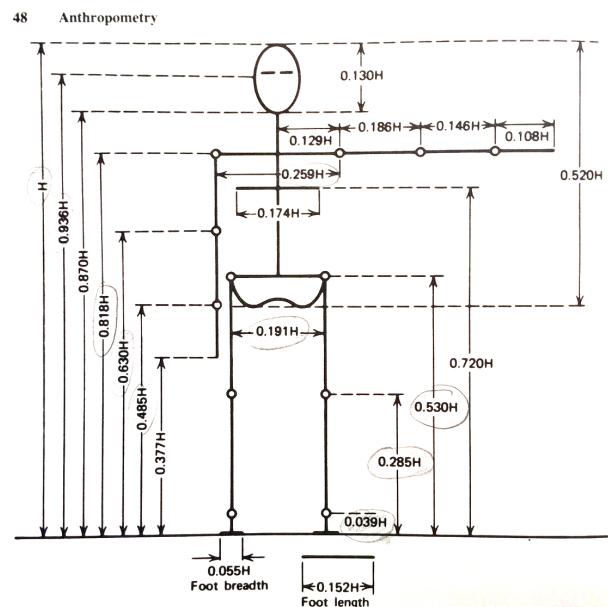
Notre bonhomme mesure H=1.75m et sa masse est 70kg.

On prendra un modèle de jambe et de bras rectiligne, en extension complète, ce qui évitera les « complications » géométriques.

On rappelle que la période d'oscillation T_0 d'un pendule autour d'un point O est liée au moment d'inertie J_O et à la distance l entre le pivot (hanche ou épaule) et centre de masse du pendule par

$$T_0 = 2 \cdot \pi \cdot [J_O / Mgl]^{1/2}$$

dans le cas de petites oscillations (typiquement < 20°). g est l'accélération dans le champ de pesanteur terrestre [9.81ms⁻²], M la masse totale du membre.



Extraire les masses et dimensions des différents segments du tableau pour notre bonhomme.
Pour les dimensions, la longueur du tibia est par exemple $(0.285-0.039) \times H$.
La longueur du pied est $0.152H$ (indiquée en dessous du schéma)

La première colonne donne le poids des segments en % de la masse totale de l'individu.

La seconde fournit la position du centre de masse de chaque segment en partant soit de l'extrémité proximale soit de l'extrémité distale en % de la longueur du segment.

La quatrième donne le rayon de gyration par rapport au centre de gravité du segment considérée.
Ce rayon de gyration est lié au moment d'inertie par $J_G = M_{\text{segment}} R_{\text{gy}}^2$
C'est ce $(R_{\text{gy}} / \text{longueur du segment})$ qui est tabulé.

En considérant une jambe en hyperextension (tous les segments cuisse, tibia, pieds sont alignés).
Calculer la position du centre de masse totale de la jambe.

Pour calculer le moment d'inertie total de la jambe par rapport à la hanche, à partir des moments d'inertie de chacun des segments par rapport à leur centre de masse respectif, il faudra d'abord recalculer les moments d'inertie de chacun des segments par rapport à la hanche H (car on ne peut qu'ajouter des moments d'inertie calculés rapport au même point pivot)

A cette fin on utilisera la formule de Huyghens qui permet de « déplacer » ce point pivot.

$$J_{\text{segment}/H} = J_{\text{segment}/G} + M_{\text{segment}} \cdot HG_{\text{segment}}^2$$

Une fois le moment d'inertie $J_{\text{total}/H}$ calculé, on peut calculer la période passive d'oscillation.

Si vous avez du temps faites le calcul de la période pour la jambe amputée au niveau du genou.

Si vous avez assez de temps faites le calcul de la période pour le bras.

Comparer les périodes d'oscillation passive du bras et de la jambe ?