

## Chapitre 4

## Étude des chaînes fermées : Détermination des lois Entrée – Sortie

## TD 1



## Prothèse Active Transtibiale

D'après concours Mines-Ponts – 2013.

## Savoirs et compétences :

Résoudre : à partir des modèles retenus :

- ☐ choisir une méthode de résolution analytique, graphique, numérique;
- ☐ mettre en œuvre une méthode de résolution.
- ☐ Rés – C1.1 : Loi entrée sortie géométrique et cinématique – Fermeture géométrique.

Les ingénieurs du MIT ont mis au point une prothèse active permettant aux personnes amputées en dessous du genou d'avoir une marche s'approchant d'une marche d'une personne valide.

**Objectif** Dans le but de valider le moteur électrique utilisé sur la prothèse ainsi que la structure mécanique, on cherche à valider l'exigence 1.3.1.

On donne un extrait du cahier des charges.

On s'intéresse d'abord au système de basculeur du pied. La pièce 3<sub>1</sub> est liée à l'écrou du système vis-écrou. Ainsi la translation de l'écrou provoque un basculement du pied 1.

Le repère  $\mathcal{R}_0(O, \vec{x}, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  est lié au tibia noté 0 fixe dans toutes nos études. Ce repère est supposé galiléen (hypothèse justifiée dans le sujet).

Le repère  $\mathcal{R}_1(O, \vec{x}, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  est lié au pied artificiel noté 1, supposé indéformable. On note  $\theta(t) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$  l'angle de rotation du pied par rapport au tibia. D'autre part, le vecteur unitaire  $\vec{n}_1$  définit la direction des ressorts avec  $\delta = (\vec{y}_1, \vec{n}_1)$  considéré comme constant tout au long du cycle de marche.

Le repère  $\mathcal{R}_2(O, \vec{x}, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$  est lié au basculeur noté 2. On note  $\alpha(t) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2) = (\vec{z}_0, \vec{z}_2)$  l'angle de rotation du basculeur par rapport au tibia.

Le repère  $\mathcal{R}_3(A, \vec{x}, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$  est lié à l'ensemble 3<sub>1</sub> + 3<sub>2</sub>. On note  $\beta(t) = (\vec{y}_0, \vec{y}_3) = (\vec{z}_0, \vec{z}_3)$  l'angle de par rapport au tibia.

On pose :  $\vec{OA} = a\vec{z}_0$ ,  $\vec{BA} = \lambda(t)\vec{y}_3$ ,  $\vec{BO} = b\vec{y}_2$  et

$\vec{SO} = b\vec{z}_2$  avec  $b = 0,039 \text{ m}$  et  $a = 0,117 \text{ m}$ .

En l'absence d'action sur la prothèse, une position repos est identifiée par les paramètres  $\theta_R$ ,  $\alpha_R$ , et  $\delta_R$ . Cette position est obtenue lorsque le tibia est vertical et que le pied est en appui horizontalement sur le sol. Les valeurs numériques sont alors :  $\theta_R = 0^\circ$ ,  $\alpha_R = 9^\circ$  et  $\delta_R = \delta = -17^\circ$ .

Modélisation cinématique pour  $\theta = 0^\circ$

**Question 1** Quel type de mouvement y-a-t-il en sortie des blocs «Moteur à courant continu», «Réducteur poulie-courroie», «Vis-écrou à billes»? Quel est le mouvement final du pied?

**Question 2** Compléter le schéma cinématique permettant de modéliser la transmission de mouvement du moteur jusqu'à la vis  $3_1$ . Donner la relation entre le taux de rotation du moteur et la vitesse de déplacement de la vis.



**Question 3** Réaliser les figures planes correspondantes aux différents changements de repères.

**Question 4** Déterminer la loi entrée-sortie entre  $\lambda(t)$  et  $\alpha(t)$ .

La loi entrée sortie correspondant au mouvement de la cheville est donnée sur la courbe plus haut.

**Question 5** Commenter l'allure de la courbe le choix des bornes de variation. En linéarisant le comportement du système, déterminer l'équation de la droite.

**Question 6** Donner le schéma bloc du système depuis la sortie du moteur jusqu'à la rotation  $\alpha$  de la prothèse.

**Question 7** L'exigence 1.1.3 est-elle satisfaite?