

TD Cinématique : Prothèse active (Mines PSI 2013)

La majorité des prothèses transtibiales (pour une amputation en dessous du genou) utilisées aujourd'hui sont purement passives, c'est-à-dire que leurs propriétés mécaniques restent fixes pendant la marche.

Ces prothèses sont constituées en général de semelles ressorts en carbone profilées qui emmagasinent et restituent l'énergie mécanique pendant la marche par déformation.



Des études cliniques montrent que les amputés qui utilisent ce type de prothèse doivent fournir de 20 à 30 % d'énergie en plus pour obtenir une vitesse de déplacement équivalente à celle d'une personne non amputée effectuant le même déplacement. Ils souffrent également d'une dissymétrie de la marche qui fatigue les articulations des membres sains.

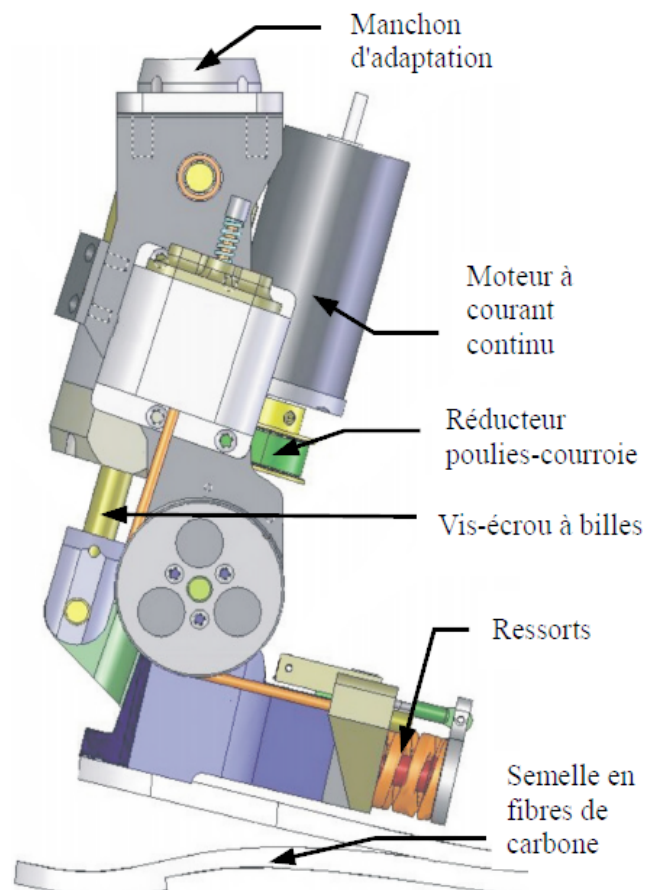
Des ingénieurs du M.I.T. ont mis au point une prothèse active transtibiale capable de proposer un comportement similaire à celui des membres non amputés. On étudie dans ce sujet le prototype initial qui a permis de valider la pertinence d'une telle prothèse active.

Etude cinématique de la prothèse

Le repère $R_0 = (O, \vec{x}, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est lié au tibia (0).

Le repère $R_1 = (O, \vec{x}, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ est lié au pied artificiel (1), supposé indéformable.

On note $\theta = (\vec{y}_0, \vec{y}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$ l'angle de rotation du pied par rapport au tibia.



Le vecteur unitaire \vec{n}_1 définit la direction des ressorts avec $\delta = (\vec{y}_1, \vec{n}_1)$.

Le repère $R_2 = (O, \vec{x}, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ est lié au basculeur (2).

On note $\alpha = (\vec{y}_0, \vec{y}_2) = (\vec{z}_0, \vec{z}_2)$ l'angle de rotation du basculeur par rapport au tibia.

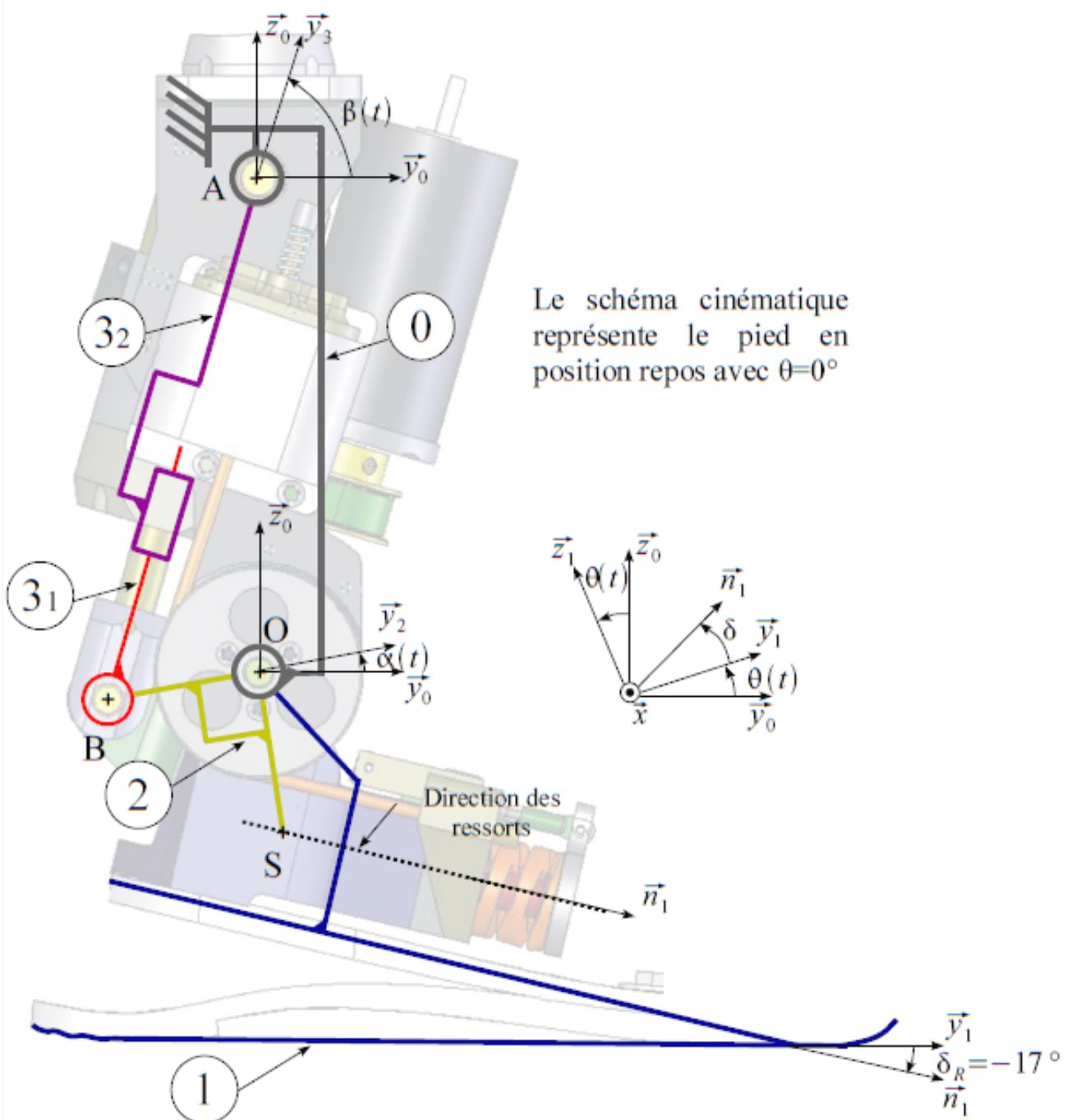
Le repère $R_3 = (A, \vec{x}, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ est lié au vérin électrique (3).

On note $\beta = (\vec{y}_0, \vec{y}_3) = (\vec{z}_0, \vec{z}_3)$ l'angle de rotation du vérin électrique par rapport au tibia.

Le vérin électrique comporte une tige notée (31) et un corps note (32).

On pose : $\vec{OA} = a.\vec{z}_0$ $\vec{BA} = \lambda.\vec{y}_3$ $\vec{BO} = b.\vec{y}_2$ $\vec{SO} = b.\vec{z}_2$

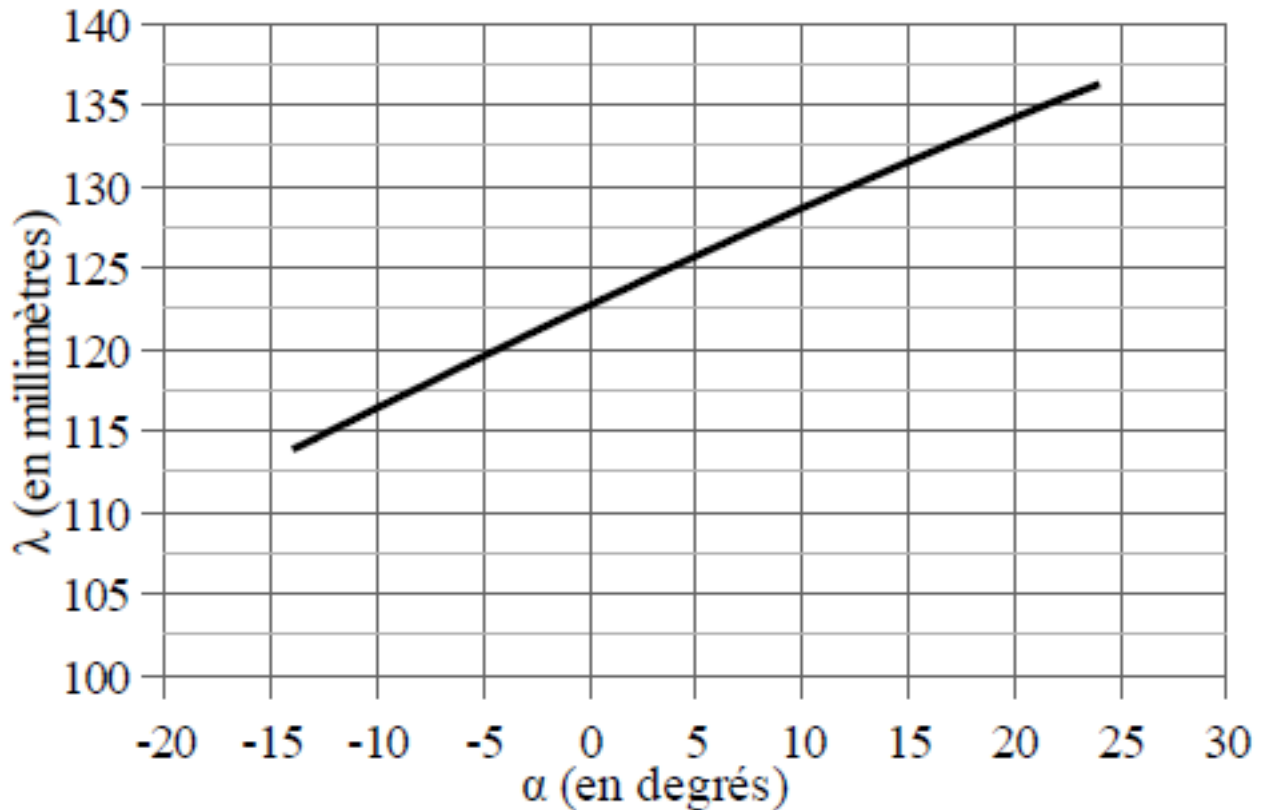
Avec $b = 0,039$ m et $a = 0,117$ m



Questions

1. Faire le graphe de structure, écrire la fermeture géométrique, en déduire λ en fonction de α et de la géométrie.
2. A partir de la courbe donnée, déterminer le gain K_G (en mm/d°) tel que :

$$\frac{d\lambda}{dt} = K_G \cdot \frac{d\alpha}{dt}.$$



Le vérin électrique est mis en mouvement par l'intermédiaire d'un moteur électrique à courant continu de vitesse de rotation maximale : $N_{\max} = 7600 \text{ tr. min}^{-1}$

Le schéma cinématique suivant détaille le fonctionnement du vérin électrique.

Le mouvement de rotation du moteur est adapté par l'intermédiaire d'un système poulies-courroie suivi d'un système vis-écrou.

La poulie motrice à un diamètre $d = 0,05 \text{ m}$.

La poulie réceptrice à un diamètre $d = 0,1 \text{ m}$.

Le système vis-écrou est équipé d'une vis à billes de pas $p = 3 \text{ mm/tr}$.

Le cahier des charges impose une rotation de la cheville maximale de $5,2 \text{ rad/s}$.

Question

3. Faire le graphe de structure. Déterminer $\dot{\lambda}_{\max}$ en mm/s, en déduire $\dot{\alpha}_{\max}$ en rad/s, conclure vis-à-vis des exigences du cahier des charges.

