

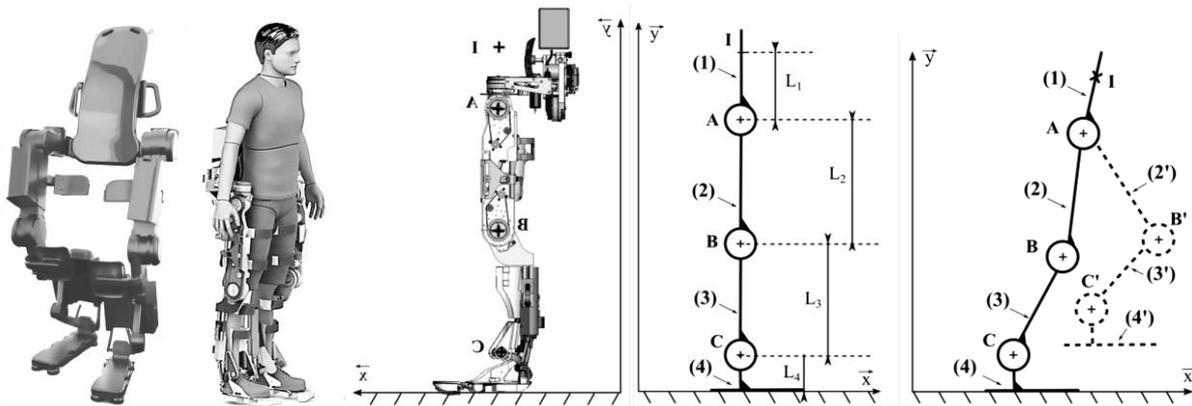
Contrôle continu de statique

Exosquelette Atalante

L'entreprise Wandercraft a développé l'exosquelette *Atalante* pour offrir la possibilité à ses utilisateurs de se lever, s'asseoir, marcher dans toutes les directions et de monter quelques marches en toute autonomie et sans l'aide des mains.

L'exosquelette détecte l'impulsion et l'inclinaison du buste de l'utilisateur, afin d'enclencher la marche dans la direction souhaitée.

Chaque jambe est composée trois solides : le fémur (2) ou (2'), le tibia (3) ou (3') et le pied (4) ou (4'). Ces solides sont reliés par des liaisons pivots situées au genou (point B) et à la cheville (point C). Le bassin (1) est également en liaison pivot à la hanche (point A) avec le fémur (2) ou (2'). Le point I représente la position théorique du nombril de l'usager.

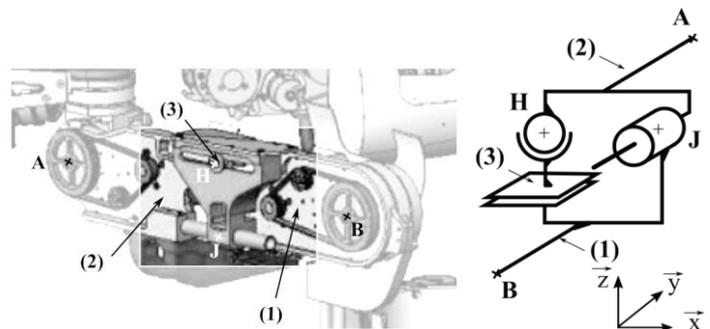


Conception du mécanisme de réglage

Le schéma cinématique du modèle de la solution choisie par l'entreprise Wandercraft est donné sur la figure ci-contre.

Cette solution nécessite de rajouter une pièce intermédiaire notée (3) entre les solides (1)

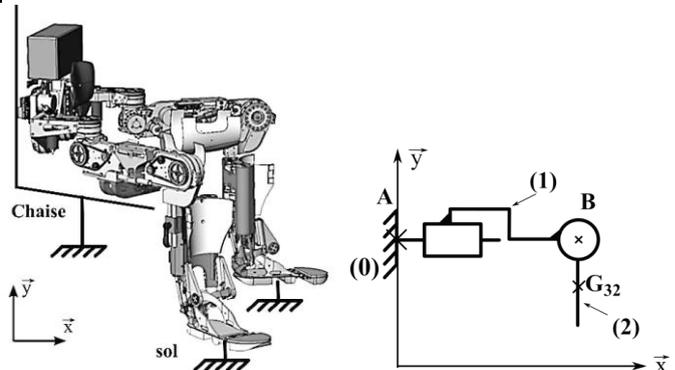
1) Réaliser le graphe de liaison de cette solution en précisant le centre et l'axe principal de chaque liaison



Force maximale à exercer pour effectuer le réglage

Pour des raisons de sécurité, le réglage des dimensions de l'exosquelette est réalisé en position assise (Figure ci-contre). C'est une tierce personne qui vient successivement régler puis verrouiller les différentes dimensions de l'exosquelette.

Le modèle cinématique simplifié de l'exosquelette dans cette phase est donné figure ci-contre



Le torseur des actions transmissibles du solide i sur le solide j par la liaison entre i et j au point A sera noté :

$$\left\{ \mathcal{T}_{A(i \rightarrow j)} \right\} = \begin{pmatrix} \overrightarrow{R_{A i \rightarrow j}} \\ \overrightarrow{M_{A i \rightarrow j}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \overrightarrow{R_{A i \rightarrow j}} = X_{A ij} \cdot \vec{x} + Y_{A ij} \cdot \vec{y} + Z_{A ij} \cdot \vec{z} \\ \overrightarrow{M_{A i \rightarrow j}} = L_{A ij} \cdot \vec{x} + M_{A ij} \cdot \vec{y} + N_{A ij} \cdot \vec{z} \end{pmatrix}_{(x,y,z)} = \begin{pmatrix} X_{A ij} & L_{A ij} \\ Y_{A ij} & M_{A ij} \\ Z_{A ij} & N_{A ij} \end{pmatrix}_{(x,y,z)} \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix}$$

Pour simplifier les notations, on note :

- (1) la partie inférieure du fémur (2.1),
- (2) la partie supérieure du tibia (3.2),

L'action mécanique extérieure exercée sur la partie inférieure du fémur (1) pour effectuer le réglage est définie ci-dessous :

$$\left\{ \mathcal{T}_{(ext \rightarrow 1)} \right\} = \begin{pmatrix} \overrightarrow{R_{ext \rightarrow 1}} = F \cdot \vec{x} \\ \overrightarrow{M_{B ext \rightarrow 1}} = \vec{0} \end{pmatrix}_{(x,y,z)}$$

Masse du fémur : $m_{21} = 6,4 \text{ kg}$

Le centre de gravité du solide (2.1) est assimilé au point B.

Masse partie haute du tibia : $m_{32} = 4,2 \text{ kg}$.

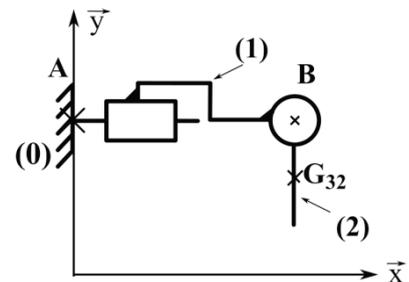
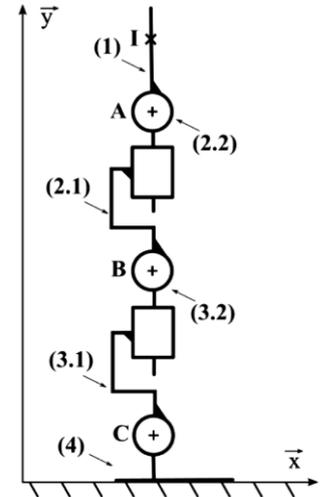
Le centre de gravité du solide (3.2) est noté G_{32} .

$\overrightarrow{BG_{32}} = -L_3 \cdot \vec{y}$ avec $L_3 = 280 \text{ mm}$

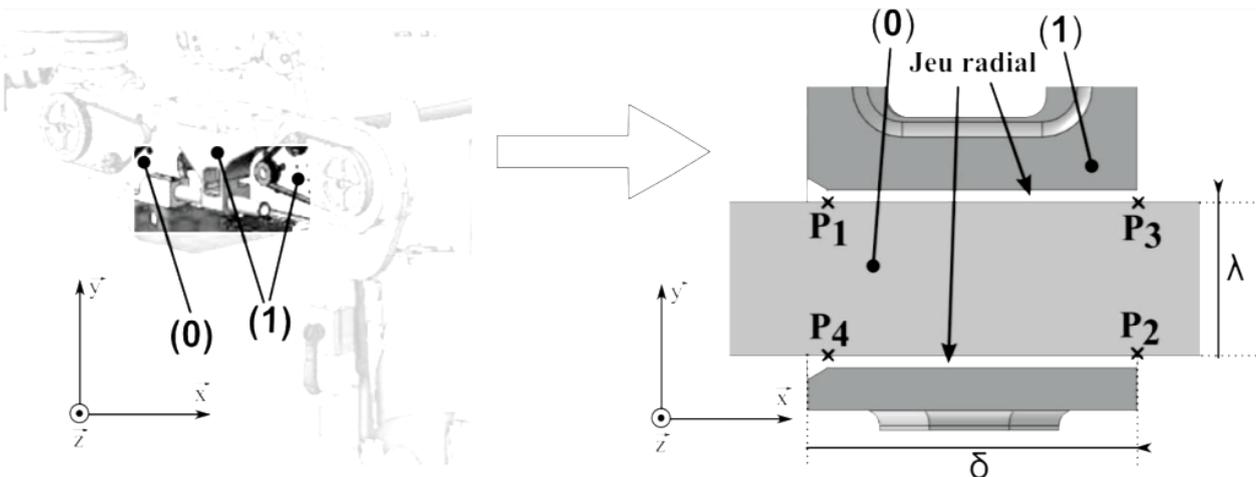
On cherche à déterminer l'effort \vec{F} à exercer pour effectuer le réglage.

2) Isoler le solide (2) (cf figure ci-contre) et faire le bilan des actions mécaniques extérieures sous forme de torseurs.

Par application du principe fondamental de la statique, déterminer l'action de liaison en B $\left\{ \mathcal{T}_{B(1 \rightarrow 2)} \right\}$

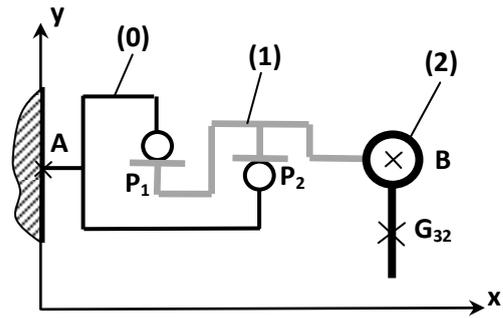


Le contact cylindre-cylindre modélisé par la liaison pivot-glissant en J admet un jeu radial. Ce jeu est présenté sur la figure ci-dessous.



Pour prendre en compte le jeu dans la liaison pivot, une nouvelle modélisation cinématique du mécanisme est proposée à la figure ci-après.

Masse de (1) : m_{21} (centre de gravité : B)
 Masse de (2) : m_{32} (centre de gravité : G_{32})
 $\overrightarrow{BG_{32}} = -L_3 \cdot \vec{y}$ avec $L_3 = 280 \text{ mm}$



3) A partir de la figure ci-dessus, justifier le nouveau modèle de liaison entre le bâti (0) et fémur (1) proposé.

On note : $\overrightarrow{BP_2} = -\mu \vec{x}$ et $\overrightarrow{P_1P_2} = \delta \vec{x}$ (l'influence de la longueur $\lambda = P_2P_3$ est négligée). Soit $f = 0,33$ le coefficient de frottement entre le bâti (0) et la partie inférieure du fémur (1).
 On donne $\mu = 150 \text{ mm}$.

4) On se place à la limite du glissement. ($X_{P_1 01} = f Y_{P_1 01}$ et $X_{P_2 01} = -f Y_{P_2 01}$)
 A partir du modèle donné, isoler l'ensemble (1 + 2) faire le bilan des actions qui lui sont appliquées

5) Appliquer le principe fondamental de la statique (au point B) à l'ensemble (1 + 2) en précisant les conditions puis établir les équations d'équilibre

6) Résoudre les équations d'équilibre puis déterminer la force F en fonction de f , m_{21} , m_{32} , δ et μ .
 Démontrer que $F = \frac{2\mu + \delta}{\delta} g f (m_{21} + m_{32})$

7) Sachant que le cahier des charges impose un effort maximal de réglage $F = 150 \text{ N}$, déterminer l'expression de δ , la longueur du contact cylindre-cylindre qui permet de respecter le cahier des charges.
 Faire l'application numérique