

Robot hexapode

Documents et calculatrice interdits

Durée : 1h15 (TT : 1h40)

Un robot hexapode est un robot marcheur dont le mouvement est fondé sur trois paires de pattes. Ces robots d'inspiration biologique imitent les animaux à six pattes comme les insectes. Ces robots présentent une alternative intéressante à l'usage de roues car ils sont très stables et permettent le déplacement sur des terrains accidentés. Ils peuvent également être utilisés pour manipuler des objets de leur environnement.

On s'intéresse au robot MANTIS conçu par la compagnie Micromagic Systems, qui pèse 1,9 tonne et permet de transporter une personne sur tout type de terrain.

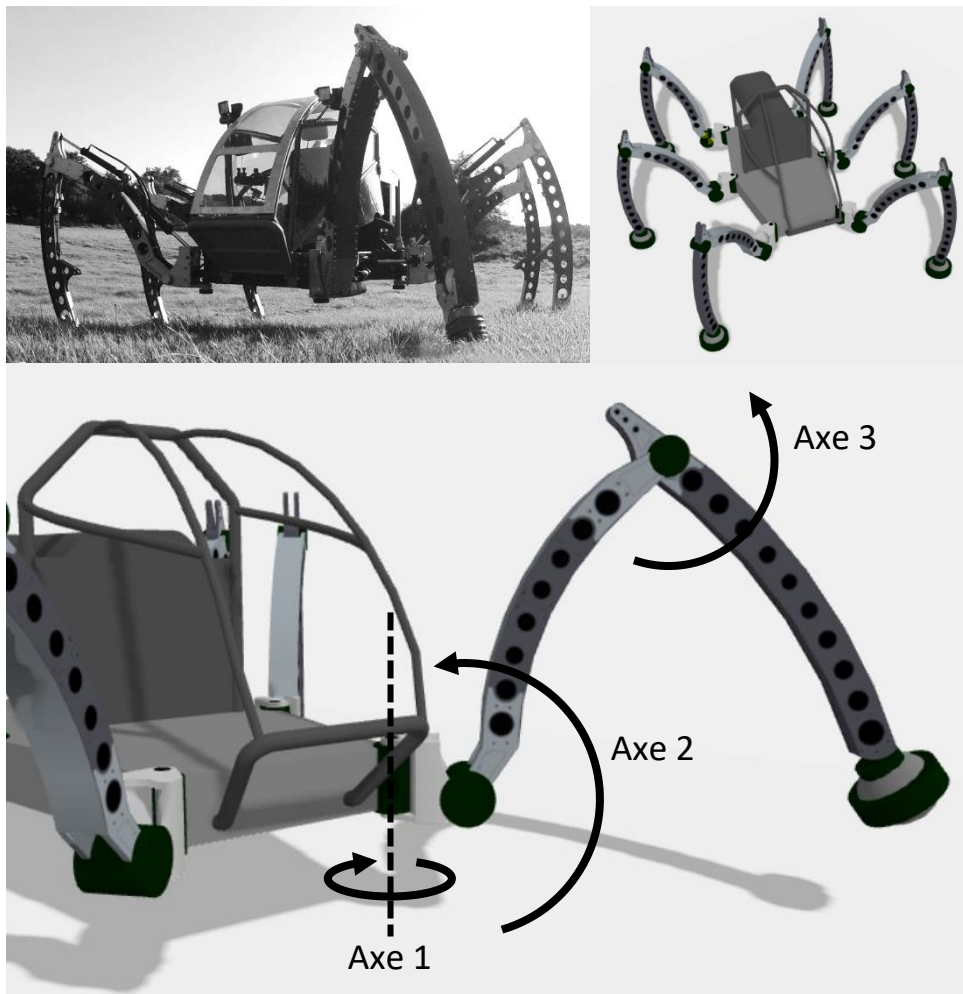


Figure 1 : Présentation du robot hexapode

Pour actionner le mouvement des pattes durant la marche, chacune est équipée de 3 vérins qui contrôlent 3 axes de rotation :

- Une rotation d'axe vertical (axe 1) entre le corps et le support de la patte
 - o Ce mouvement permet à la patte d'avancer ou de reculer
- Une rotation d'axe horizontal (axe 2) entre le support de la patte et le bras
 - o Ce mouvement permet de soulever la patte ou de la mettre en contact avec le sol
- Une rotation d'axe horizontal (axe 3) entre le bras et l'avant-bras
 - o Ce mouvement permet de positionner le pied

On étudie le mouvement vers l'avant d'une des pattes durant la marche.

- On se place au moment où la patte est **soulevée et ne touche pas le sol**.
- On considère qu'au moment de cette rotation, l'axe 3 est bloqué et seuls l'axe 1 et l'axe 2 sont mobiles.

On modélise alors le mécanisme de la façon suivante (voir schéma cinématique) :

- Le châssis S0 est considéré comme fixe
- Le support de patte S1 est en liaison pivot avec le bâti S0 d'axe $A\vec{z}_0$ (angle θ)
 - S1 est de centre de gravité G_1 et de masse m_1
 - La matrice d'inertie du solide 1 au point G_1 dans la base B_1 est $[I_{G_1}(1)] = \begin{bmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{bmatrix}_{G_1, B_1}$
- Le patte S2 est en liaison pivot avec le support de patte S1 d'axe $B\vec{x}_1$ (angle ϕ)
 - S2 est de centre de gravité G_2 et de masse m_2
 - La matrice d'inertie du solide 2 au point G_2 dans la base B_2 est $[I_{G_2}(2)] = \begin{bmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{bmatrix}_{G_2, B_2}$
- Le vérin étudié est composé de la tige modélisée par le solide S3' et du corps modélisé par S3
 - Les deux solides S3' et S3 sont en liaison pivot glissant entre eux
 - Il y a du fluide sous pression entre les deux solides
 - Le solide S3' est en rotule avec le châssis S0 au point P'
 - Le solide S3 est en rotule avec le support de patte S1 au point P
 - Le vérin se situe dans un plan horizontal : $\vec{PP'}$ appartient au plan $\vec{x}_0\vec{P}\vec{y}_0$
 - L'angle α est considéré constant et paramètre la rotation du vérin autour de l'axe $P\vec{z}_0$
- On néglige la masse et l'inertie des vérins
- Les liaisons sont considérées parfaites

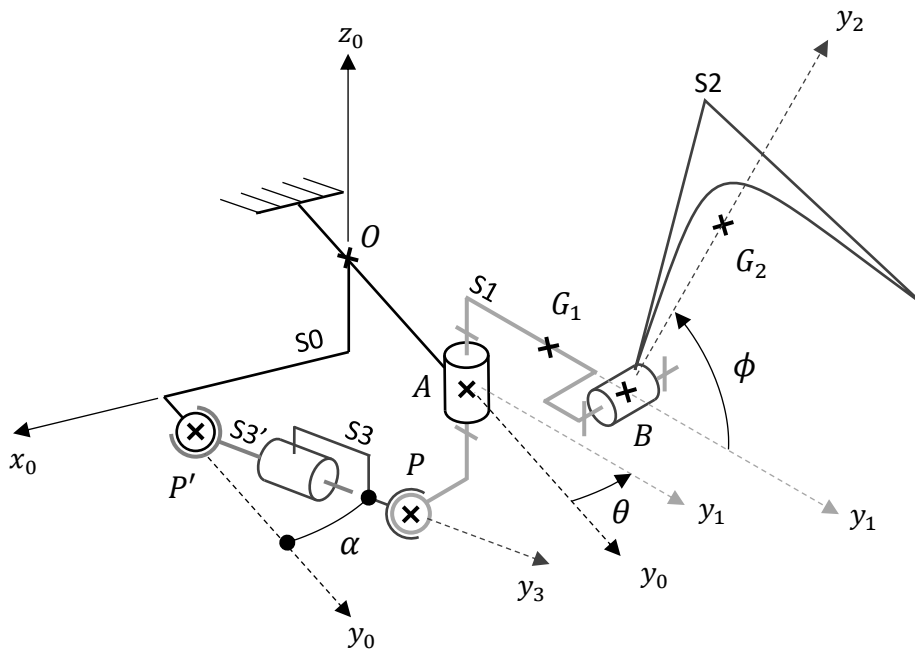


Figure 2 : schéma cinématique d'une patte du robot

Les dimensions du mécanisme sont les suivantes :

$OA = L_0$	$BG_2 = L_2$	$G_1B = L_1$
$\vec{AG}_1 = h\vec{z}_0 + L_1\vec{y}_1$	$\vec{PA} = -d\vec{x}_1 + h\vec{z}_0$	

On souhaite obtenir un mouvement vers l'avant d'une des pattes, levée durant la marche.
On cherche à **déterminer l'effort F_v** , exercé par le vérin sur le support de patte pour faire tourner l'axe 1.

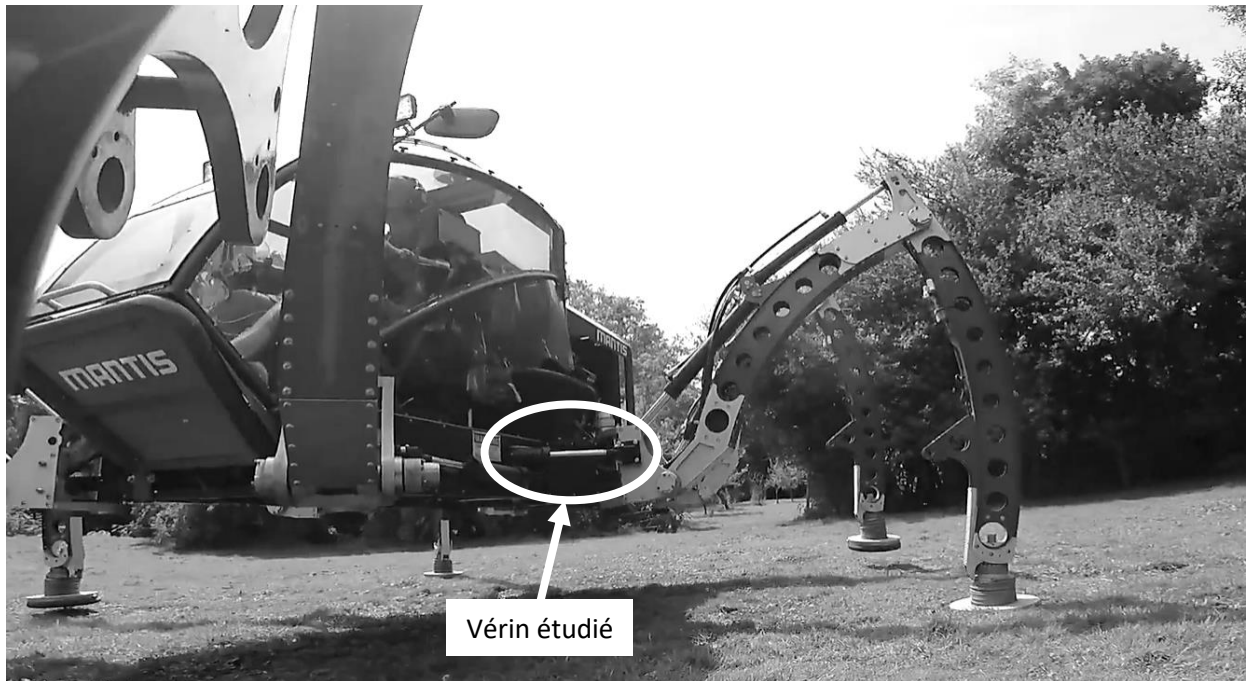


Figure 3 : Positionnement réel du vérin étudié

Pour simplifier les calculs, on étudiera la phase du mouvement où θ évolue à une **vitesse $\dot{\theta}$ constante**.

Etude préliminaire

Question 1 : Graphe d'analyse

Établir le graphe des liaisons, **mentionner** également sur ce graphe les actions mécaniques autres que les actions de liaisons.

Question 2 : Etude cinématique

- Déterminer** le torseur cinématique du solide S1 dans son mouvement par rapport au bâti au point G_1 dans la base \mathcal{B}_1 .
- Déterminer** le torseur cinématique du solide S2 dans son mouvement par rapport au bâti au point G_2 dans la base \mathcal{B}_1 .

Question 3 : Etude dynamique

On rappelle que la vitesse $\dot{\theta}$ est **constante**.

Calculer le torseur dynamique du solide 2 par rapport au bâti au point G_2 dans la base \mathcal{B}_2 .

Pour la suite, on notera pour simplifier :

$$\begin{aligned}\vec{R}_d(2/0) &= Rdx_2\vec{x}_2 + Rdy_2\vec{y}_2 + Rdz_2\vec{z}_2 \\ \vec{\delta}_{G_2}(2/0) &= \delta x_2\vec{x}_2 + \delta y_2\vec{y}_2 + \delta z_2\vec{z}_2\end{aligned}$$

Calcul de l'effort du vérin qui actionne le support de patte

Question 4 : **Proposer et justifier la direction** de l'effort au point P dans la rotule qui relie le solide 3 (tige du vérin) et le solide 1 (support de la patte).

Question 5 : Stratégie d'isolement pour déterminer l'effort F_v du vérin sur le support S1

- Proposer** un isolement permettant de déterminer F_v , **faire le bilan des actions mécaniques extérieures (BAME)** associées à cet isolement et **justifier** la stratégie choisie

- b. **Identifier les torseurs dynamiques** qui doivent être calculés pour faire ce PFD. **Si besoin, calculer** les torseurs dynamiques manquants (base et point au choix)
- c. **Identifier la (ou les) équation(s)** du PFD nécessaire(s) pour obtenir l'expression de l'effort (**justifier la base** choisie et si une ou des équations de moment sont nécessaires **justifier aussi le point** choisi).

Question 6 : **Appliquer le PFD choisi** à la question précédente et **déterminer l'expression** de F_v l'effort exercé par le vérin sur le support de la patte.

Formulaire

Dérivation vectorielle (vecteur \vec{U} **exprimé dans la base k**) :

$$\left. \frac{d\vec{U}}{dt} \right|_0 = \left. \frac{d\vec{U}}{dt} \right|_k + \vec{\Omega}_{k/0} \wedge \vec{U}$$

Composition des vitesses :

$$\vec{V}_{P \in 2/0} = \vec{V}_{P \in 2/1} + \vec{V}_{P \in 1/0}$$

Répartition des masses :

$$[I_P(S)] = [I_G(S)] + m \begin{bmatrix} y^2 + z^2 & -xy & -xz \\ sym & x^2 + z^2 & -yz \\ sym & sym & x^2 + y^2 \end{bmatrix}$$

Moment cinétique :

$$\vec{\sigma}_G(S/\mathcal{R}) = [I_G(S)] \vec{\Omega}_{S/\mathcal{R}} \text{ au centre de gravité du solide}$$

$$\vec{\sigma}_P(S/\mathcal{R}) = [I_P(S)] \vec{\Omega}_{S/\mathcal{R}} + m \vec{PG} \wedge \vec{V}_{P \in S/\mathcal{R}} \text{ en un point quelconque}$$

Moment dynamique :

$$\vec{\delta}_G(S/\mathcal{R}) = \left. \frac{d\vec{\sigma}_G(S/\mathcal{R})}{dt} \right|_{\mathcal{R}} \text{ au centre de gravité du solide}$$

$$\vec{\delta}_P(S/\mathcal{R}) = \left. \frac{d\vec{\sigma}_P(S/\mathcal{R})}{dt} \right|_{\mathcal{R}} + m \vec{V}_{P \in S/\mathcal{R}} \wedge \vec{V}_{G \in S/\mathcal{R}} \text{ en un point quelconque}$$

Changement de point du moment (règle de BABAR) applicable **pour tous les torseurs** :

$$\text{Moment au point } B = \text{Moment au point } A + \vec{BA} \wedge \text{Résultante}$$

Torseurs utiles :

$$\text{Torseur cinétique : } \{\vec{R}_C = m \vec{V}_{G \in S/\mathcal{R}} \quad \vec{\sigma}_P(S/\mathcal{R})\}_P \quad \text{Torseur cinématique : } \{\vec{\Omega}_{S/\mathcal{R}} \quad \vec{V}_{P \in S/\mathcal{R}}\}_P$$

$$\text{Torseur dynamique : } \{\vec{R}_d = m \vec{a}_{G \in S/\mathcal{R}} \quad \vec{\delta}_P(S/\mathcal{R})\}_P \quad \text{Torseur des efforts : } \{\vec{F} \quad \vec{M}_P(F)\}_P$$

Principe fondamental de la dynamique :

$$\begin{cases} \Sigma \vec{F}_{ext} = \sum_i \vec{R}_d(S_i/\mathcal{R}) \\ \Sigma \vec{M}_P(F_{ext}) = \sum_i \vec{\delta}_P(S_i/\mathcal{R}) \end{cases}$$