

Mardi 25 janvier 2022 14h-16h

Durée 2h – Calculatrice et formulaire (2 pages A4 + Tableau des liaisons) autorisés

Le sujet est composé de 3 parties indépendantes.

Barème indicatif : partie 1 (9 points), partie 2 (6,5 points), partie 3 (4,5 points).

Etude cinématique d'un robot hexapode

L'étude concerne un robot à 6 pattes présenté en **figure 1**. Ces pattes sont constituées de 3 membres pivotant les uns par rapport aux autres grâce à des moteurs à réducteur intégré.

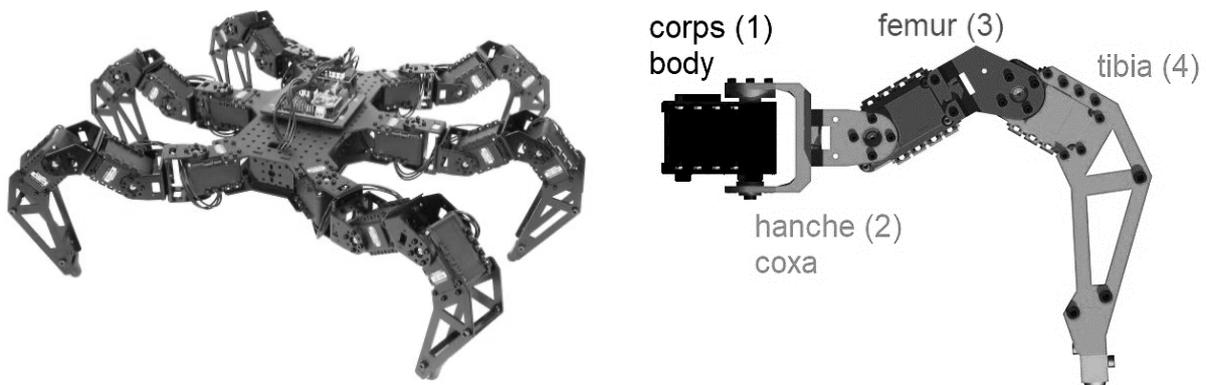


Figure 1 : Robot PhantomX Hexapod (TrossenRobotics)

L'étude se concentre sur le mouvement en 3D d'une seule patte dont le schéma cinématique est présenté sur la **figure 2**. Pour simplifier le problème, on considère que le corps principal **1** du robot ne peut que translater dans le plan $(O, \vec{x}_0, \vec{z}_0)$ lié au bâti (sol) :

- Paramètres du mouvement de **1** par rapport à **0** : $x = \overline{OP} \cdot \vec{x}_{0,1}$ et $z = \overline{OP} \cdot \vec{z}_{0,1}$

La patte est constituée de 3 solides :

- La hanche **2** est en liaison pivot d'axe $(P, \vec{z}_{0,1,2})$ avec le corps (**1**) du robot.

$$\text{Paramètre du mouvement de } \underline{\mathbf{2/1}} : \alpha = (\vec{y}_{0,1}, \vec{y}_2)$$

- Le fémur **3** est en liaison pivot d'axe $(A, \vec{x}_{2,3})$ avec la hanche **2**.

$$\text{Paramètre du mouvement de } \underline{\mathbf{3/2}} : \beta = (\vec{y}_2, \vec{y}_3)$$

- Le tibia **4** est en liaison pivot d'axe $(B, \vec{x}_{3,4})$ avec le fémur **3**.

$$\text{Paramètre du mouvement de } \underline{\mathbf{4/3}} : \gamma = (\vec{y}_3, \vec{y}_4)$$

- Par ailleurs, l'extrémité du tibia **4** est en liaison ponctuelle en **C** avec le plan du sol (**0**) de normale \vec{z}_0 . Cette liaison n'est pas paramétrée.
- Il n'y a pas de glissement entre le tibia **4** et le sol **0** au point de contact **C**.

1. Cinématique analytique

- 1.1 Tracer le graphe des liaisons et les figures de changement de bases sur le document réponse 1.
- 1.2 Ecrire l'équation de liaison associée au contact ponctuel en C .
- 1.3 Ecrire les équations traduisant le non glissement du point C sur le plan $(O, \vec{x}_{0,1}, \vec{y}_{0,1})$.
- 1.4 Calculer le degré de mobilité.
- 1.5 Donner les vecteurs roulement et pivotement au point de contact C.
- 1.6 Calculer la vitesse $\vec{V}(B/1)$ puis l'accélération $\vec{A}(B/1)$.

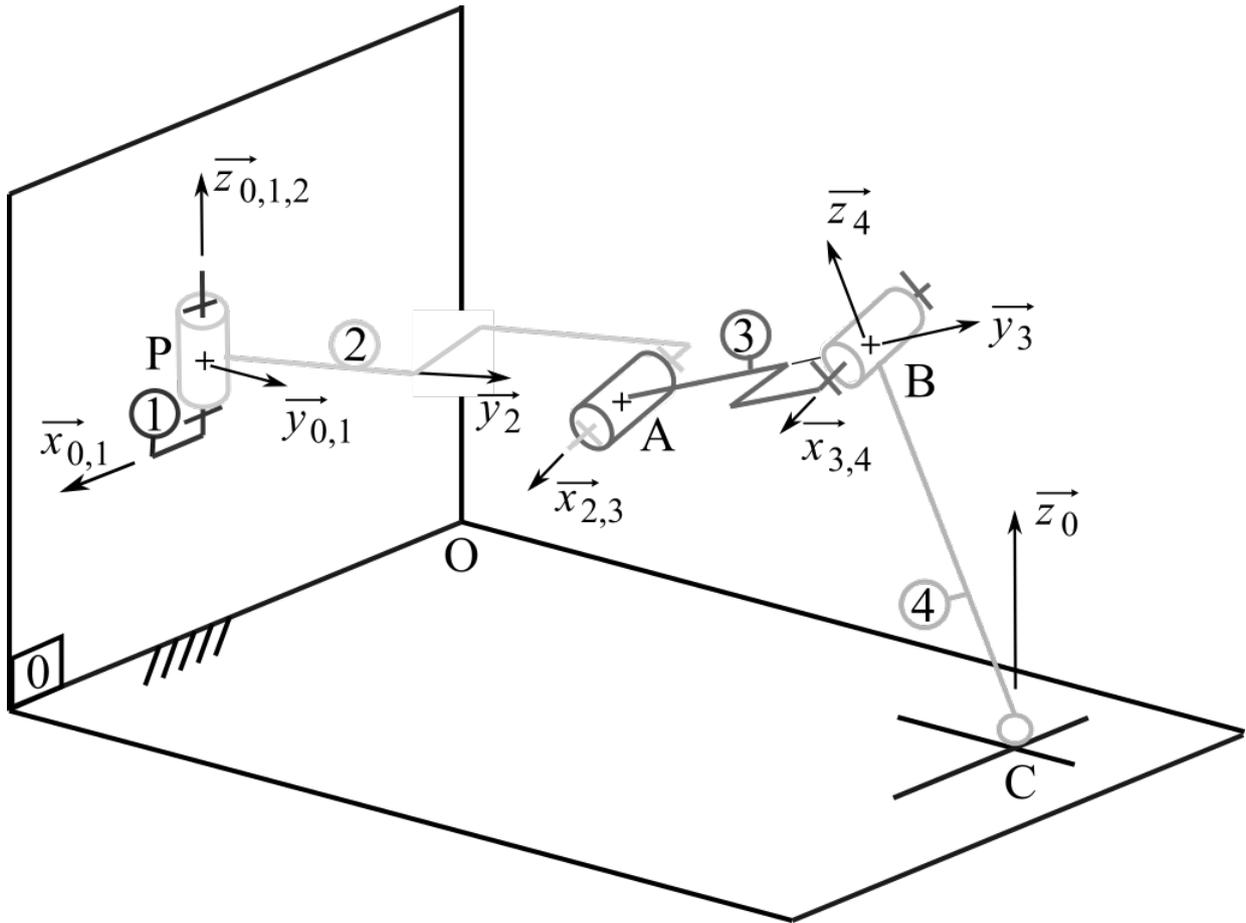
2. Cinématique graphique d'un mouvement dans le plan transverse

Dans cette partie, on considère que le robot n'avance pas, avec $x = 0$, et qu'il n'y a pas de mouvement $2/1$, avec $\alpha = 0$: le mouvement est donc dans le plan $(O, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. On rappelle qu'il n'y a pas de glissement entre le tibia 4 et le sol 0 au point de contact C.

Remarque importante : tout tracé doit être clairement justifié.

A partir de la vitesse $\vec{V}(A,2/0)$ suivant la direction \vec{z}_0 ,

- 2.1 Préciser la nature du mouvement 2/0 puis tracer la vitesse $\vec{V}(B,2/0)$ sur le document réponse 1.
- 2.2 Préciser la nature du mouvement 3/2.
- 2.3 Tracer les vitesses $\vec{V}(B,4/0)$ et $\vec{V}(B,3/2)$ sur le document réponse 1.
- 2.4 Positionner I_{30} le centre instantané de rotation du mouvement de 3/0 sur le document réponse 1.
- 2.5 Tracer la vitesse $\vec{V}(A,3/4)$ sur le document réponse 1.
- 2.6 Donner la relation analytique entre $\omega_{32} = \|\vec{\Omega}_{3/2}\|$, $\|\vec{V}(B,3/2)\|$ et $\|\overline{AB}\|$.
- 2.7 En déduire, à partir des tracés effectués, la valeur de ω_{34} pour $\omega_{32} = 30$ tr/min ?



Données géométriques : $\overline{PA} = a\overline{y_2}$; $\overline{AB} = b\overline{y_3}$; $\overline{BC} = -c\overline{z_4}$

Figure 2 : Schéma cinématique de la patte

3. Cinématique du réducteur intégré au moteur

On s'intéresse maintenant au réducteur intégré au moteur (**figure 3**), qui permet d'obtenir une précision angulaire et un couple élevé en sortie. La réduction de vitesse est réalisée par 5 réductions successives, **on ne considèrera dans cette étude que les 2 premières.**

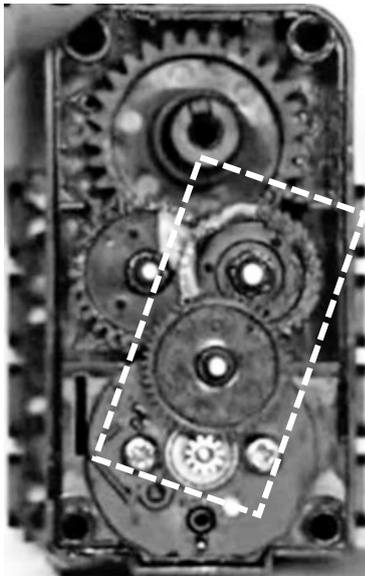
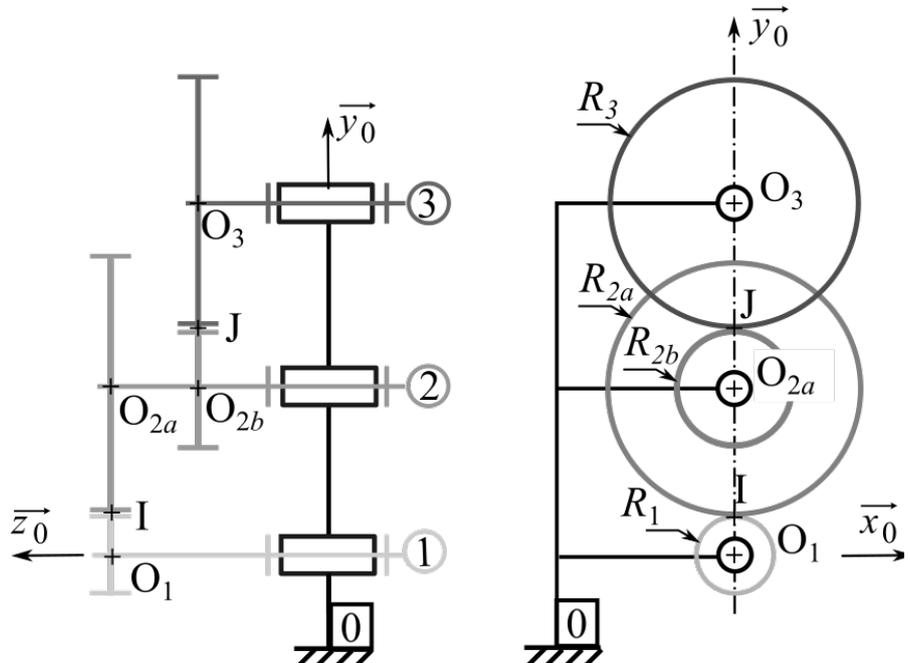


Figure 3 : Réducteur intégré au moteur



Les rayons des roues sont : $O_1I = R_1$; $O_{2a}I = R_{2a}$; $O_{2b}J = R_{2b}$; $O_3J = R_3$

Figure 4 : Schéma cinématique

Le mécanisme dont le schéma est présenté sur la figure 4 est constitué :

- Du carter **0** auquel est lié un repère $(O_1, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.
- De la roue **1** liée à l'axe du moteur en liaison pivot d'axe (O_1, \vec{z}_0) avec le carter **0**.
Paramètre de mouvement **1/0** : $\psi_1 = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$
- De la double roue **2** en liaison pivot d'axe (O_2, \vec{z}_0) avec le carter **0**.
Paramètre de mouvement **2/0** : $\psi_2 = (\vec{x}_0, \vec{x}_2)$
- De la roue **3** en liaison pivot d'axe (O_3, \vec{z}_0) avec le carter **0**.
Paramètre de mouvement **3/0** : $\psi_3 = (\vec{x}_0, \vec{x}_3)$

Les roues 1 et 2 sont en contact ponctuel en I et les roues 2 et 3 sont en contact ponctuel en J. On considère qu'il y a non glissement au niveau de ces 2 contacts.

3.1 Traduire les conditions de non glissement aux points I et J et développer les équations associées.

3.2 En déduire le rapport de réduction $r = \frac{\dot{\psi}_3}{\dot{\psi}_1}$.

3.3 Donner la nature des mouvements instantanés 2/1 et 3/2.

3.4 Déterminer l'accélération $\overline{A(J/0)}$.

Nom : _____

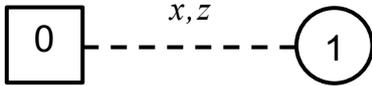
Prénom : _____

Groupe : _____

Document réponse 1

(à rendre avec votre copie)

Graphe des liaisons



Figures de changement de bases

Cinématique graphique

