

# 1 Système E.P.A.S.

## 1.1 Présentation

Une E.P.A.S. est une Echelle Pivotante Automatique à commande Séquentielle. Ce système est monté sur le châssis d'un camion de pompiers et permet de déplacer une plate forme pouvant recevoir deux personnes et un brancard le plus rapidement possible et en toute sécurité.



Figure 1 – Système E.P.A.S.

La figure 2 présente une vue de côté du camion, celle-ci permet la modélisation géométrique du système.

Les données géométriques sont les suivantes :

- la longueur  $AC = l_{AC}$ ,
- la longueur  $O_0A = l_{O_0A}$ ,
- la longueur  $O_0B = l_{O_0B}$ ,
- la longueur  $BC = l$ .

Le paramètre  $l$  est variable et correspond à la longueur du vérin.

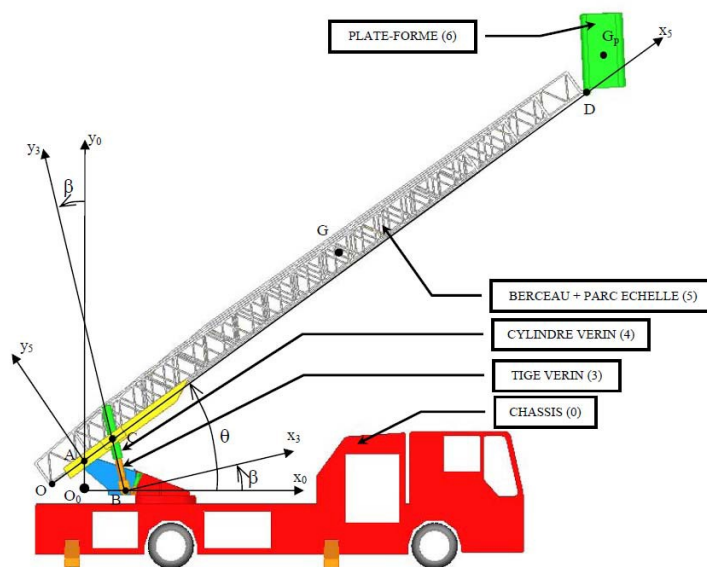
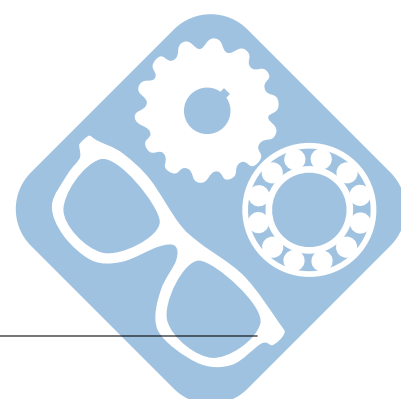


Figure 2 – Schéma paramétré du camion

L'exercice porte sur la chaîne de fermeture géométrique suivante :  

$$\vec{O_0A} + \vec{AC} + \vec{CB} + \vec{BO_0} = \vec{0}$$

**Question 1 :** Écrire les vecteurs :



- $\overrightarrow{O_0A}$  dans le repère  $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ ,
- $\overrightarrow{AC}$  dans le repère  $(\overrightarrow{x_5}, \overrightarrow{y_5}, \overrightarrow{z_5})$ ,
- $\overrightarrow{CB}$  dans le repère  $(\overrightarrow{x_3}, \overrightarrow{y_3}, \overrightarrow{z_3})$ ,
- $\overrightarrow{BO_0}$  dans le repère  $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ .

**Question 2 :** Proposer les figures de changement de repères pour passer :

- du repère  $(\overrightarrow{x_3}, \overrightarrow{y_3}, \overrightarrow{z_3})$  dans le repère  $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ ,
- du repère  $(\overrightarrow{x_5}, \overrightarrow{y_5}, \overrightarrow{z_5})$  dans le repère  $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ .

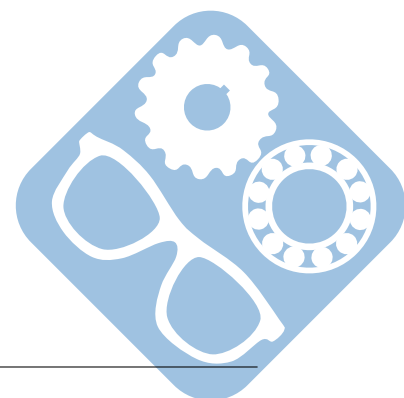
**Question 3 :** Écrire les vecteurs :

- $\overrightarrow{O_0A}$  dans le repère  $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ ,
- $\overrightarrow{AC}$  dans le repère  $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ ,
- $\overrightarrow{CB}$  dans le repère  $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ ,
- $\overrightarrow{BO_0}$  dans le repère  $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ .

**Question 4 :** Projeter les composantes de la chaîne de fermeture géométrique suivante :  $\overrightarrow{O_0A} + \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{BO_0} = \vec{0}$  sur les trois vecteurs de la base :  $\overrightarrow{x_0}$ ,  $\overrightarrow{y_0}$  et  $\overrightarrow{z_0}$ .

En déduire les relations scalaires qui existent sur ce mécanisme et écrire :

- la longueur  $l$  du vérin en fonction des autres paramètres du système et de l'angle  $\theta$ ,
- l'angle  $\beta$  du vérin en fonction des autres paramètres du système et de l'angle  $\theta$ .



## 2 Pèse lettre

Le système pèse lettre est un système qui permet de peser le courrier afin de déterminer l'affranchissement nécessaire à son envoi. Les figures 3 et 4 présentent des vues d'un de ces mécanismes.



Figure 3 – Pèse lettre



Figure 4 – Zoom sur le pèse lettre

Le mécanisme de transformation de mouvement est présenté à la figure 5, il montre comment le mouvement de translation imputé par le poids de l'enveloppe se transforme en rotation de l'aiguille. Le déplacement de la masse sur l'aiguille permet de passer de la pesée d'enveloppes à celle de colis.

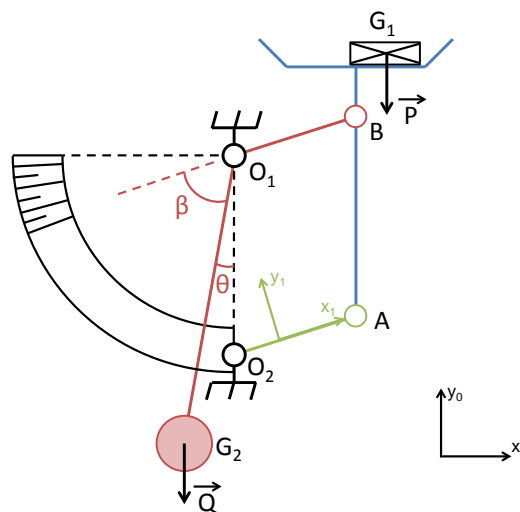


Figure 5 – Schéma cinématique

Les données géométriques sont les suivantes :

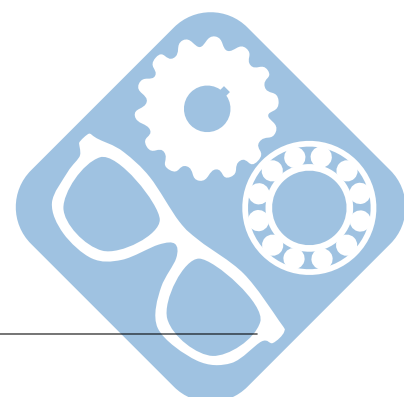
- la longueur  $O_1O_2 = AB = l_1$ ,
- la longueur  $O_1B = O_2A = l_2$ ,
- la longueur  $O_1G_2 = l_3$ .

L'exercice porte sur la chaîne de fermeture géométrique suivante :

$$\overrightarrow{O_1O_2} + \overrightarrow{O_2A} + \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BO_1} = \vec{0}$$

**Question 1 :** Écrire les vecteurs :

- $\overrightarrow{O_1O_2}$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ ,



- $\overrightarrow{O_2A}$  dans le repère  $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ ,
- $\overrightarrow{AB}$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ ,
- $\overrightarrow{BO_1}$  dans le repère  $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ .

**Question 2 :** Proposer les figures de changement de repères pour passer :

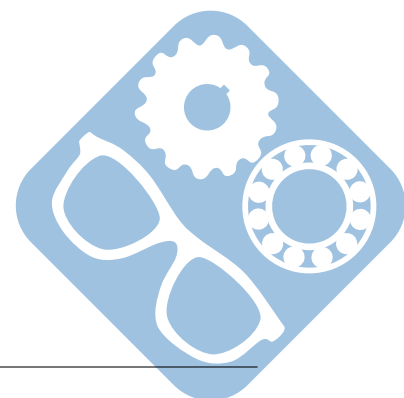
- du repère  $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ .

**Question 3 :** Écrire les vecteurs :

- $\overrightarrow{O_1O_2}$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ ,
- $\overrightarrow{O_2A}$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ ,
- $\overrightarrow{AB}$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ ,
- $\overrightarrow{BO_1}$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ .

**Question 4 :** Projeter les composantes de la chaîne de fermeture géométrique suivante :  $\overrightarrow{O_1O_2} + \overrightarrow{O_2A} + \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BO_1} = \vec{0}$  sur les trois vecteurs de la base :  $\vec{x}_0$ ,  $\vec{y}_0$  et  $\vec{z}_0$ . Que pensez-vous du résultat ?

En déduire les relations scalaires qui existent sur ce mécanisme et écrire quel serait le déplacement vertical du point B qui permettrait de faire passer l'aiguille de l'angle  $\theta = 0^\circ$  à  $\theta = -90^\circ$  afin de déterminer l'amplitude du déplacement de la mesure.



### 3 Pince Schrader

La pince Schrader est une pince utilisée pour la préhension d'objet dans les systèmes automatisés. Elle permet à partir du déplacement d'un vérin de fermer ou d'ouvrir ses doigts afin de pouvoir saisir un objet.



Figure 6 – Pince Schrader

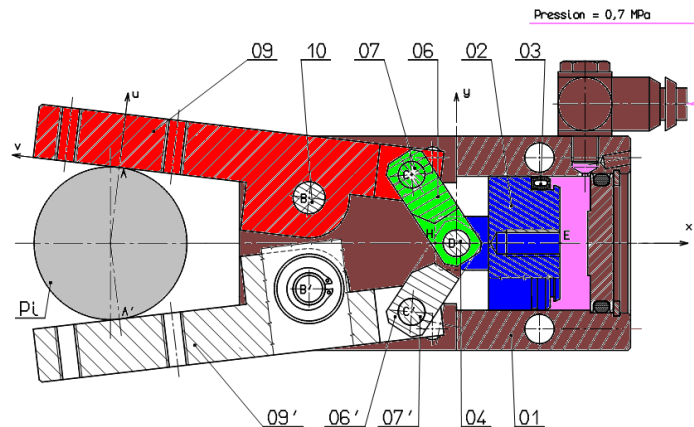


Figure 7 – Plan de la pince

Le schéma cinématique construit à partir du plan de la figure 7 est présenté à la figure 8, il permet l'étude géométrique suivante. Les pièces en pointillés ne sont pas étudiées dans cet exercice.

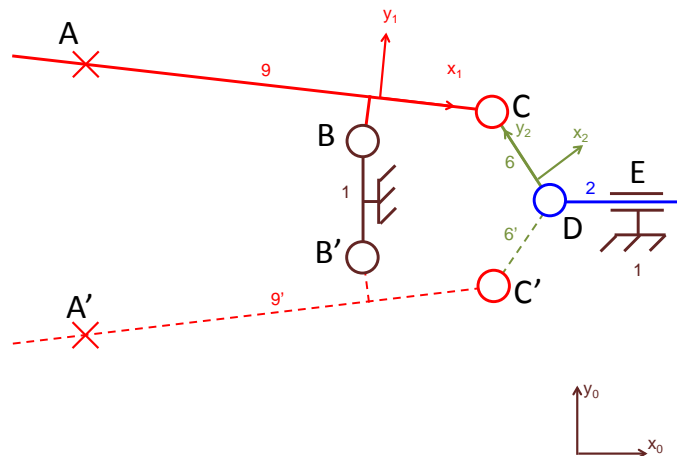


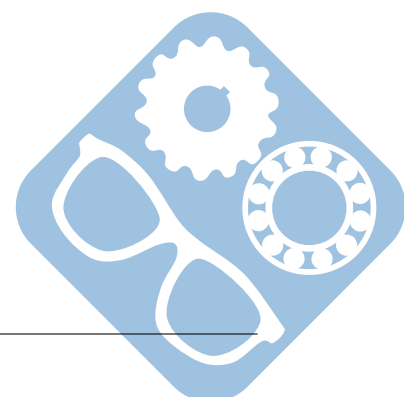
Figure 8 – Schéma cinématique

Les données géométriques sont les suivantes :

- $\vec{BC} = a_1 \cdot \vec{x}_1 + b_1 \cdot \vec{y}_1$ ,
- $\vec{CD} = b_2 \cdot \vec{y}_2$ ,
- $\vec{DE} = c \cdot \vec{x}_0$  (avec c variable),
- $\vec{EB} = a_3 \cdot \vec{x}_0 + b_3 \cdot \vec{y}_0$ ;
- $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$ ,
- $\beta = (\vec{x}_0, \vec{x}_2)$ .

L'exercice porte sur la chaîne de fermeture géométrique suivante :

$$\vec{BC} + \vec{CD} + \vec{DE} + \vec{EB} = \vec{0}$$



**Question 1 :** Proposer les figures de changement de repères pour passer :

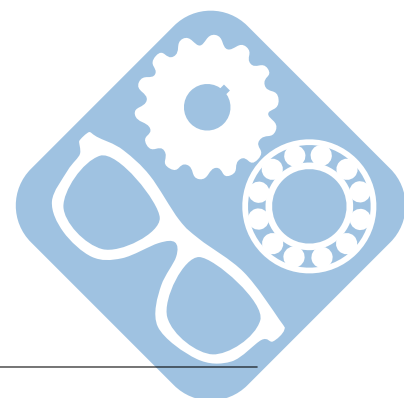
- du repère  $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ ,
- du repère  $(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ .

**Question 2 :** Écrire les vecteurs :

- $\vec{BC}$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ ,
- $\vec{CD}$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ ,
- $\vec{DE}$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ ,
- $\vec{EB}$  dans le repère  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ .

**Question 3 :** Projeter les composantes de la chaîne de fermeture géométrique suivante :  $\vec{BC} + \vec{CD} + \vec{DE} + \vec{EB} = \vec{0}$  sur les trois vecteurs de la base :  $\vec{x}_0$ ,  $\vec{y}_0$  et  $\vec{z}_0$ .

En déduire les relations scalaires qui existent sur ce mécanisme et écrire l'angle  $\alpha$  en fonction de la course  $c$  du piston.



## 4 Chaudière à bois déchiqueté

### 4.1 Présentation du produit

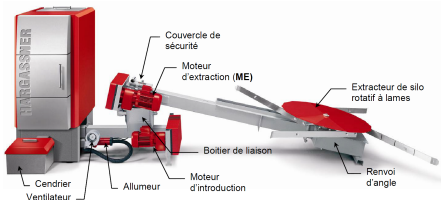


Figure 9 – Chaudière

Dans le cadre du « Grenelle de l'environnement » et de la mise en place de la « taxe carbone », l'avenir du chauffage est conditionné au fait que la biomasse est neutre en dégagement de CO<sub>2</sub>. HARGASSNER développe la technologie du chauffage au bois déchiqueté et aux granulés de bois dans le but de concilier un chauffage à la fois écologique et confortable d'utilisation. L'étude porte sur la chaudière HSV 30, alimentée en bois déchiqueté, qui développe une puissance de chauffe de 25 à 35 kW.

Le bois déchiqueté est amené jusqu'à la chaudière dans un premier temps à l'aide d'un extracteur à lames puis de la vis d'extraction et enfin par la vis d'introduction. Il est alors brûlé au sein d'un foyer réfractaire développant des gaz dans la chambre de combustion. Les gaz sont dépoussiérés dans la chambre de détente avant de passer dans un échangeur tubulaire équipé de turbulateurs.

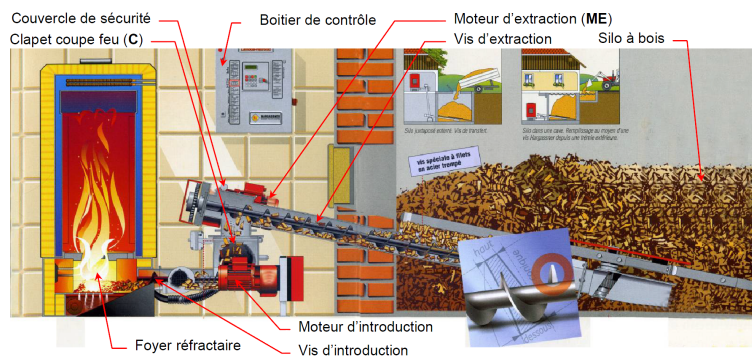


Figure 10 – Fonctionnement

Ces turbulateurs augmentent l'efficacité de l'échangeur et permettent son nettoyage automatique. L'échangeur permet le chauffage de l'eau à partir des fumées. Une vis de dépoussiérage et une vis de déchargement, associées aux turbulateurs évacuent automatiquement les cendres et les suies dans un cendrier.

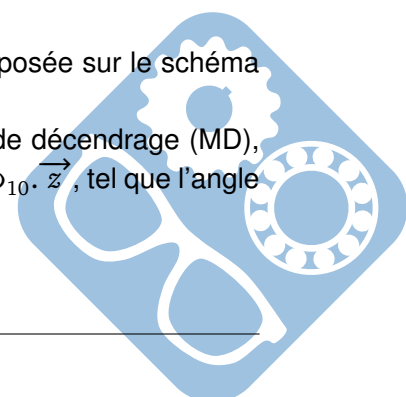
### 4.2 Etude du point de vue des mouvements

Le but de cette partie est d'étudier la relation entre la vitesse de rotation du moteur de déchargement (MD) et la vitesse de translation des turbulateurs. En effet cette vitesse est un élément déterminant pour un nettoyage optimum de l'échangeur qui contribue au bon rendement de la chaudière. Le cahier des charges stipule que la vitesse maximum des turbulateurs par rapport à l'échangeur soit comprise entre 0,15 m/s et 0,25 m/s.

Dans cette partie, l'étude va porter sur la relation entre la rotation du moteur et le mouvement de la tringle de commande 4.

On considère le mécanisme plan (dans le plan  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0)$ ), dans la situation proposée sur le schéma cinématique de la figure 11, à l'échelle 1/3, et dans le repère  $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ .

- La manivelle d'entraînement 1 est mise en rotation par le motoréducteur de déchargement (MD), lié au bâti 0, à partir d'une liaison pivot d'axe  $O, \vec{z}$  à la vitesse de rotation  $\omega_{10} \cdot \vec{z}$ , tel que l'angle  $\theta_{10} = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$  et  $\vec{OA} = r \cdot \vec{x}_1$ ,
- Le repère  $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z})$  est lié à la manivelle d'entraînement 1,



- La bielle 2 est liée à la manivelle d'entraînement 1 par une liaison pivot d'axe A,  $\vec{z}$ ,
- Le repère  $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z})$  est lié à la bielle 2. On note l'angle  $\theta_{20} = (\vec{x}_0, \vec{x}_2)$ ,
- L'accouplement 3 est lié à la bielle 2 par une liaison pivot d'axe B,  $\vec{z}$ ,
- Le repère  $R_3(B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z})$  est lié à l'accouplement 3. On note  $\overrightarrow{AB} = l \cdot \vec{y}_2$ ,
- L'accouplement 3 est lié au bâti 0 par une liaison pivot d'axe C,  $\vec{z}$ ,
- On note l'angle  $\theta_{30} = (\vec{x}_0, \vec{x}_3)$  et  $\overrightarrow{BC} = -R \cdot \vec{x}_3$ ,
- On note  $\overrightarrow{CO} = L \cdot \vec{x}_0$ .

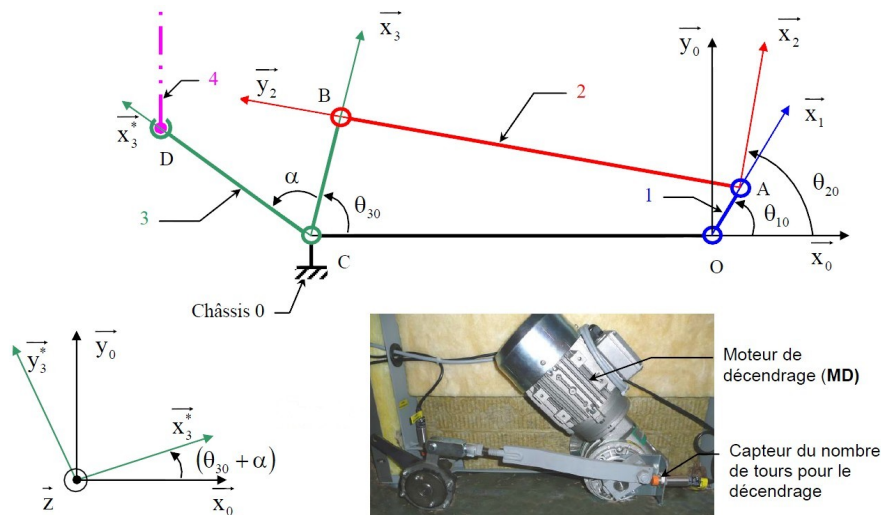


Figure 11 – Schéma cinématique

**Question 1 :** Écrire la fermeture géométrique pour les centres de liaison O, A, B et C. En déduire une relation entre  $\theta_{30}$  et  $\theta_{10}$  uniquement en fonction de  $r$ ,  $R$ ,  $L$  et  $l$ . Cette relation permettrait d'obtenir  $\theta_{30}$  en fonction de  $\theta_{10}$ .

**Question 2 :** Quelle méthode faudrait-il appliquer pour en déduire la relation entre la vitesse de rotation  $\omega_{10}$  de la manivelle 1 par rapport au bâti 0, et la vitesse de rotation  $\omega_{30}$  de l'accouplement 3 par rapport au bâti 0 (il n'est pas demandé de calcul).

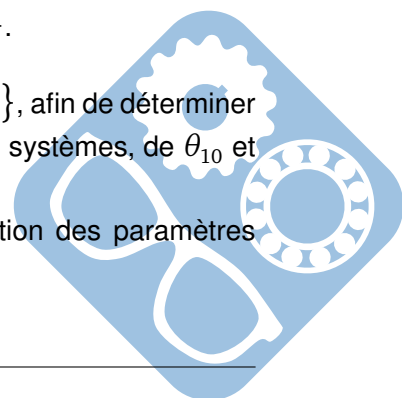
L'accouplement 3 est formé de deux bras décalés l'un de l'autre d'un angle  $\alpha = (\vec{x}_3, \vec{x}_3^*)$  comme le montre la figure 11. La tringle de commande 4 est en liaison pivot d'axe D,  $\vec{z}$  avec l'accouplement 3 au point D et tel que  $\overrightarrow{CD} = d \cdot \vec{x}_3^*$ .

**Question 3 :** Ecrire les torseurs suivants  $\{V_{O \in 1/0}\}$ ,  $\{V_{A \in 2/1}\}$ ,  $\{V_{B \in 3/2}\}$ ,  $\{V_{C \in 3/0}\}$ .

Déplacer tous ces torseurs au point C.

Ecrire la chaîne torsorielle suivante :  $\{V_{C \in 1/0}\} + \{V_{C \in 2/1}\} + \{V_{C \in 3/2}\} = \{V_{C \in 3/0}\}$ , afin de déterminer toutes les composantes de  $\{V_{C \in 3/0}\}$  en fonction des paramètres géométriques du système, de  $\theta_{10}$  et de  $\omega_{10}$ .

Déplacer le torseur  $\{V_{C \in 3/0}\}$  au point D, afin de déterminer  $\overrightarrow{V_{D \in 3/0}}$  en fonction des paramètres géométriques du système, de  $\theta_{10}$  et de  $\omega_{10}$ .





## 5 Plate-forme d'exploration tout terrain



Figure 12 – Robot d'exploration

Le robuROC 6, figure 12 est un robot mobile développé par la société ROBOSOFT. Cette plate-forme robotisée a été conçue pour des applications de recherche et d'exploration en milieu extérieur.

Elle est équipée de 6 roues motrices indépendantes, de même diamètre, montées par paires sur 3 podes articulés en tangage et en roulis 13. La cinématique permet à la plate-forme de se conformer au relief parcouru et de franchir des obstacles du type trottoirs, escaliers. Le robuROC 6 a été conçu pour se déplacer en zones urbaines et peut aussi s'adapter à tous types de milieux.

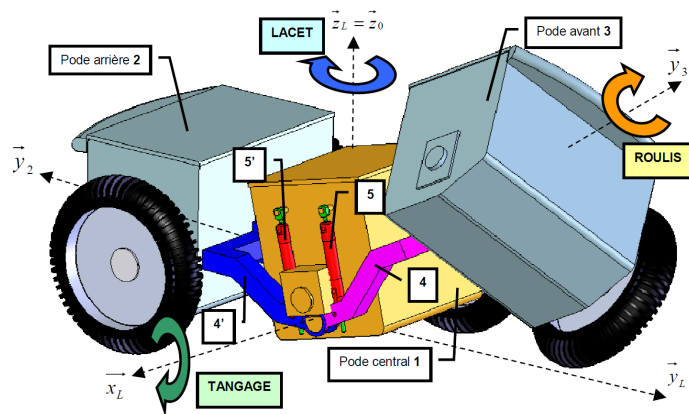


Figure 13 – Schéma cinématique robot

La plate-forme peut se déplacer, sous conditions, en mode 6 roues ou 4 roues pour certaines applications particulières, comme le montre la figure 14.

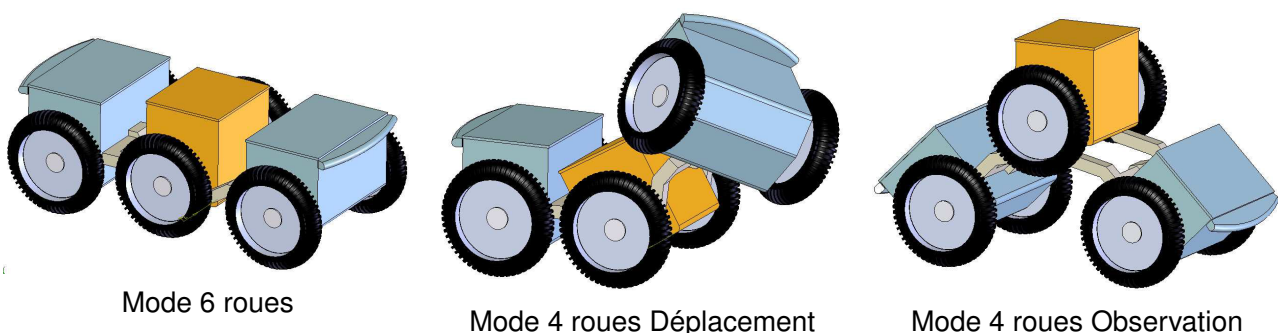


Figure 14 – Modes de déplacement

Les trois podes sont articulés en tangage et en roulis, figure 13. Le mouvement de tangage est guidé par deux liaisons pivot (d'axe de direction  $\vec{x}_1$ ), respectivement entre le bras d'articulation avant 4 et le pode central 1 et entre le bras d'articulation arrière 4' et le pode central 1. Le système hydraulique de suspension permet l'amortissement (mode passif) et la motorisation de ce mouvement (mode actif). Les vérins 5 (côté droit) et 6 (côté gauche) sont en liaison avec le bras d'articulation avant 4 et le pode central 1. Les vérins 5' (côté droit) et 6' (côté gauche) sont en liaison avec le bras d'articulation arrière

4' et le pote central 1. Le mouvement de roulis est assuré par deux liaisons pivot entre le pote avant 3 et le bras d'articulation avant 4 (liaison d'axe de direction  $\vec{y}_3$ ) d'une part, et entre le pote arrière 2 et le bras d'articulation arrière 4' (liaison d'axe de direction  $\vec{y}_2$ ) d'autre part. Ce mouvement n'est pas motorisé.

L'ensemble E=bras d'articulation avant 4 + pote avant 3 + roues avant est soulevé par les vérins 5 et 6 placés de part et d'autre du pote central 1. Le modèle cinématique retenu est défini sur la figure 15. Le mécanisme est constitué :

- du pote central fixe 1 : repère associé  $R_1 = (O_1, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ ,
- de l'ensemble E=bras d'articulation avant 4 + pote avant 3 + roues avant : repère associé  $R_1 = (O_1, \vec{x}_1, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$  avec  $\beta = (\vec{y}_1, \vec{y}_3) = (\vec{z}_1, \vec{z}_3)$ ,
- du vérin 5 constitué du corps 5<sub>1</sub> et de la tige 5<sub>2</sub> : repère associé  $R_5 = (A, \vec{x}_1, \vec{y}_5, \vec{z}_5)$  avec  $\gamma = (\vec{y}_3, \vec{y}_5) = (\vec{z}_3, \vec{z}_5)$ ,
- du vérin 6 non représenté car ayant le même comportement que le vérin 5,
- Paramétrage :  $\vec{O}_1\vec{A} = d_4 \cdot \vec{y}_3$ ,  $\vec{AB} = \lambda \cdot \vec{y}_5$ ,  $\vec{O}_1\vec{B} = d_1 \cdot \vec{y}_1 + h_1 \cdot \vec{z}_1$ , la vitesse de rentrée/sortie du vérin sera appelée  $V$ ,
- Valeurs numériques :  $d_4 = 70\text{mm}$ ,  $h_1 = 292\text{mm}$ ,  $d_1 = 76\text{mm}$ ,  $\beta \in [-45, +30]$ .

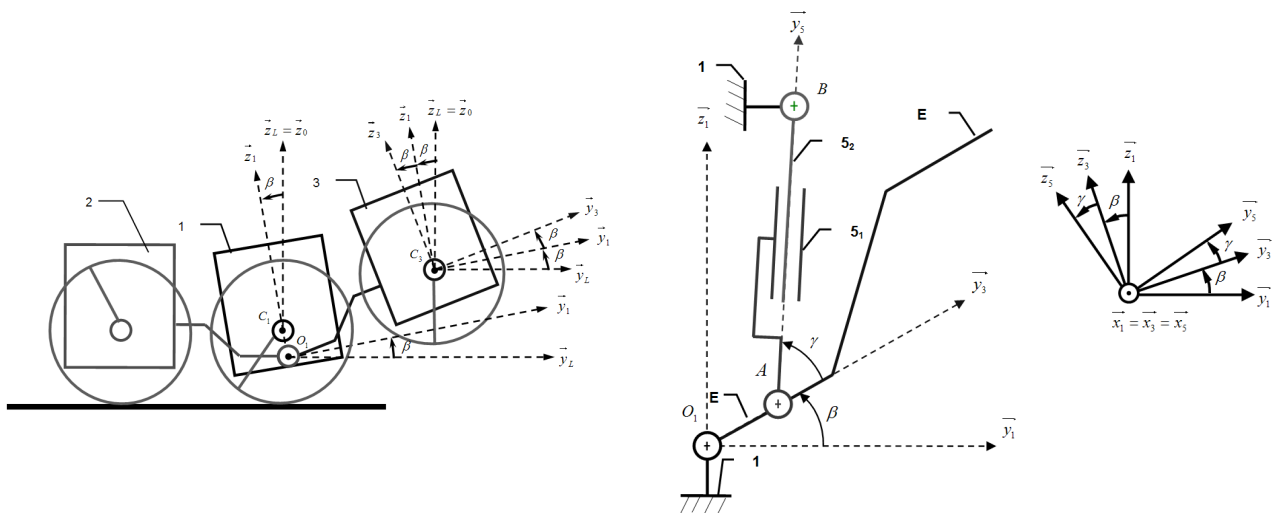


Figure 15 – Schémas cinématiques

**Question 1 :** Exprimer  $\lambda$  en fonction de  $d_4$ ,  $h_1$ ,  $d_1$  et  $\beta$ .

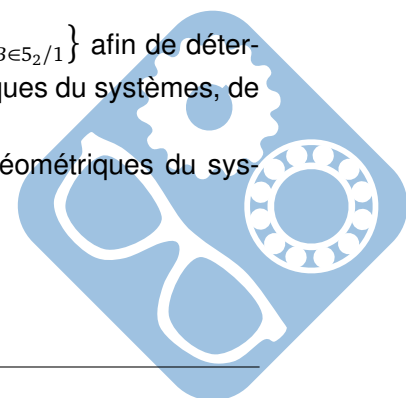
Calculer les valeurs numériques d'élongation minimale  $\lambda_{min}$ , maximale  $\lambda_{max}$  ainsi que la course du vérin 5.

**Question 2 :** Ecrire les torseurs suivants,  $\{V_{O_1 \in E/1}\}$ ,  $\{V_{A \in 5_1/E}\}$ ,  $\{V_{A \in 5_2/5_1}\}$ ,  $\{V_{B \in 5_2/1}\}$ .

Déplacer tous ces torseurs au point A.

Ecrire la chaîne torsorielle suivante,  $\{V_{A \in E/1}\} + \{V_{A \in 5_1/E}\} + \{V_{A \in 5_2/5_1}\} = \{V_{B \in 5_2/1}\}$  afin de déterminer toutes les composantes de  $\{V_{O_1 \in E/1}\}$  en fonction des paramètres géométriques du système, de  $\beta$  et de la vitesse  $V$  de déplacement du vérin.

Déterminer alors la vitesse de rotation  $\omega_{E/1}$  en fonction des paramètres géométriques du système, de  $\beta$  et de la vitesse  $V$  de déplacement du vérin.



## 6 Presse multi poinçonnage

Un moteur asynchrone assure la rotation d'un dispositif « vilebrequin + coulisseau » qui entraîne les outils en translation. Un codeur situé sur l'arbre moteur permet de connaître la position du vilebrequin.

Le mouvement du coulisseau est symbolisé par le diagramme suivant, figure 16,  $\theta$  représente la position du vilebrequin.

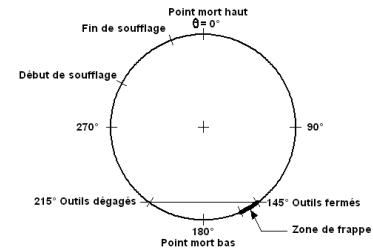


Figure 16 – Mouvement du coulisseau

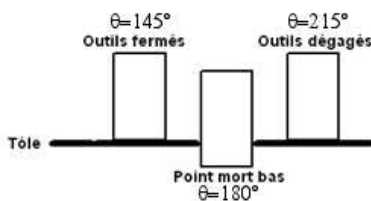


Figure 17 – Mouvement du poinçon

Lorsque le coulisseau est suffisamment remonté, les tôles sont acheminées d'un pas par un système de pince. La pince est entraînée en translation par un moteur à courant continu avant le poinçonnage suivant. Après le poinçonnage les outils remontent, les couvercles restent accrochés aux outils, un dispositif de soufflage permet de les décrocher, comme le montre la figure 17.

On considère, figure 17, une partie de la presse composée d'un bâti (S0), d'un vilebrequin (S1), d'une bielle (S2) et d'un coulisseau (S3). Le vilebrequin est entraîné par un moteur et un dispositif « poulies-courroie » de rapport de réduction  $\frac{1}{4}$  (non représenté ici). Un système de compensation (2 vérins) annule le poids du coulisseau.

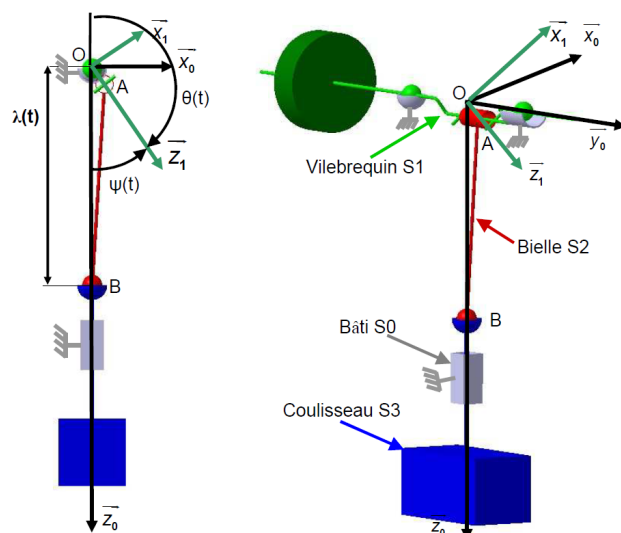


Figure 18 – Schéma cinématique

Soit  $R_0(B, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  un repère lié à (S0) (fixe). Le solide (S1) est en liaison pivot d'axe  $(O, \vec{y}_0)$  par rapport au solide (S0).  $R_1(A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  est un repère lié à (S1). Posons  $\gamma = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$  avec  $\gamma(t) = \omega_v(t)$  avec  $\omega_v$  constante positive exprimée en radians par seconde. On pose  $\vec{OA} = a \cdot \vec{z}_1$  avec A centre de la liaison entre (S1) et (S2).  $a = 60$  mm.

Le solide (S2) est en liaison pivot d'axe  $(A, \vec{y}_0)$  par rapport à (S1).  $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$  est un repère lié à (S2). On pose  $\beta = (\vec{z}_0, \vec{z}_2)$ . Soit B le centre de la liaison entre (S2) et (S0) tel que :  $\vec{AB} = b \cdot \vec{z}_2$ .  $b = 600$  mm. Enfin, il y a une liaison glissière entre le solide (S0) et (S3) telle que  $\vec{OB} = \lambda \cdot \vec{z}_0$ .

**Question 1 :** Par une fermeture géométrique trouver la relation entre  $\lambda$  et  $\gamma$ .

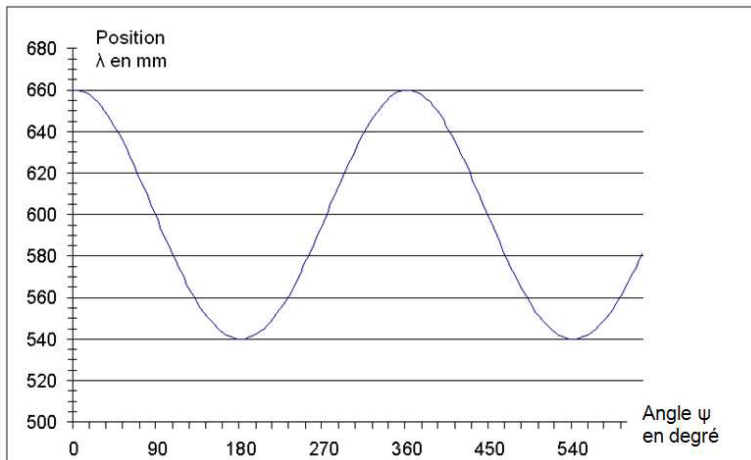


Figure 19 – Loi entrée/sortie

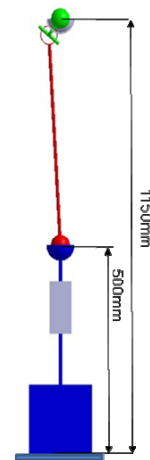


Figure 20 – Schéma plan

La figure 19 représente la loi entrée/sortie  $\lambda$  en fonction de  $\gamma$  que vous venez de déterminer et la figure 20 représente la position de la presse au moment de la frappe.

**Question 2 :** En déduire  $\lambda$  et  $\gamma$  au moment de la frappe.

On peut exprimer  $\lambda$  sous la forme :  $\lambda = a \cdot \cos(\gamma) + \sqrt{b^2 - a^2 \cdot \sin^2(\gamma)}$

On considèrera les deux liaisons entre  $S_1$  et  $S_0$  comme une seule liaison pivot.

**Question 3 :** Ecrire les torseurs suivants,  $\{V_{O \in S_1/S_0}\}$ ,  $\{V_{A \in S_2/S_1}\}$ ,  $\{V_{B \in S_3/S_2}\}$ ,  $\{V_{B \in S_3/S_0}\}$ .

Déplacer tous ces torseurs au point B.

Ecrire la chaîne torsorielle suivante,  $\{V_{B \in S_1/S_0}\} + \{V_{B \in S_2/S_1}\} + \{V_{B \in S_3/S_2}\} = \{V_{B \in S_3/S_0}\}$  afin de déterminer toutes les composantes de  $\{V_{B \in S_3/S_0}\}$  en fonction des paramètres géométriques du système, de  $\gamma(t)$  et de la vitesse  $\omega_v(t)$ .

Déterminer alors la vitesse de rotation  $\overrightarrow{V_{B \in S_3/S_0}}$  en fonction des paramètres géométriques du système, de  $\gamma(t)$  et de la vitesse  $\omega_v(t)$ .

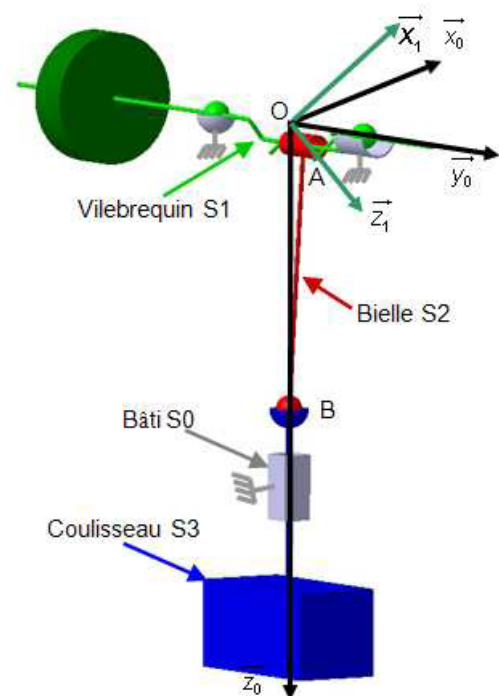


Figure 21 – Schéma cinématique

## 7 Prothèse de main - Description structurelle et fonctionnelle

L'ensemble de la prothèse (voir figure 22) est constitué d'un moto-réducteur à courant continu à double sens de rotation qui transmet son mouvement à un coupleur. Le mouvement de sortie de ce coupleur est transmis au préhenseur par un engrenage conique de rapport 1.

Le préhenseur (voir figure 22) est constitué d'un bâti 1, du pignon moteur 2, du doigt supérieur 3, du doigt inférieur 4 et de la bielle 5. Un renvoi d'angle à pignons coniques transmet le mouvement issu du coupleur au pignon moteur. Celui-ci entraîne le doigt supérieur 3 par l'intermédiaire d'un secteur denté.

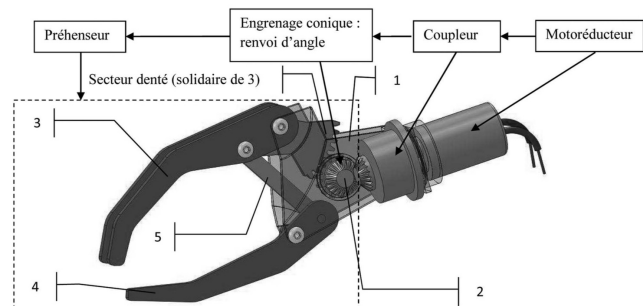


Figure 22 – Prothèse

Le modèle d'étude retenu pour ce préhenseur est donné par le schéma cinématique plan ci-dessous (figure 23). Le pignon 2 est en liaison pivot d'axe  $O\vec{z}$  avec le bâti 1. Il entraîne le secteur denté lié au doigt supérieur 3 (JABE). Le contact entre le pignon 2 et le secteur denté est supposé ponctuel et se fait en J.

Le doigt supérieur 3 est en liaison pivot d'axe  $A\vec{z}$  avec le bâti 1. Une bielle 5, en liaison pivot d'axe  $B\vec{z}$  avec le doigt supérieur, transmet son mouvement au doigt inférieur 4 par la liaison pivot d'axe  $C\vec{z}$ . Le doigt inférieur 4 (CDF) est en liaison pivot d'axe  $D\vec{z}$  avec le bâti 1.

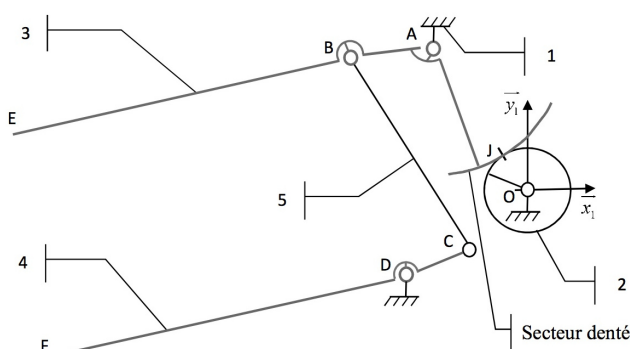


Figure 23 – Prothèse

On pose :

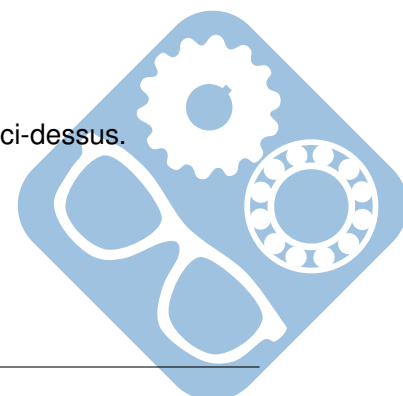
- $\vec{\Omega}_{2/1} = \omega_{2/1} \cdot \vec{z}_1 = \dot{\theta}_2 \cdot \vec{z}_1$ ,
- $\vec{\Omega}_{3/1} = \omega_{3/1} \cdot \vec{z}_1 = \dot{\theta}_3 \cdot \vec{z}_1$ ,
- $\vec{\Omega}_{4/1} = \omega_{4/1} \cdot \vec{z}_1 = \dot{\theta}_4 \cdot \vec{z}_1$ ,
- A, J et O sont alignés et suivant  $\vec{y}_2$ ,
- $\vec{OJ} = a \cdot \vec{y}_2$  et  $\vec{AJ} = -b \cdot \vec{y}_2$ ,
- A, B et E sont alignés et suivant  $\vec{x}_3$ ,
- $\vec{AB} = c \cdot \vec{x}_3$  et  $\vec{BE} = d \cdot \vec{x}_3$ ,
- C, D et F sont alignés et suivant  $\vec{x}_4$ ,
- $\vec{CD} = c \cdot \vec{x}_4$  et  $\vec{DF} = d \cdot \vec{x}_4$ ,
- $\vec{OD} = -e \cdot \vec{x}_1 - f \cdot \vec{y}_1$ ,
- la bielle BC est de longueur  $l$ .

**Question 1 :** Faire le graphe des liaisons de ce mécanisme.

**Question 2 :** Faire les figures de changement de base pour les 3 angles définis ci-dessus.

**Question 3 :** Écrire les torseurs cinématiques de chacune des liaisons.

**Question 4 :** Écrire  $\{V_{2/1}\}$  au point J.



**Question 5 :** Écrire  $\{V_{3/1}\}$  au point J.

**Question 6 :** Écrire une composition de vitesse au point J pour trouver une expression de  $\overrightarrow{V_{J \in 3/2}}$ .

**Question 7 :** Sachant que  $\overrightarrow{V_{J \in 3/2}} = \vec{0}$ , trouver une relation entre  $\omega_{2/1}$  et  $\omega_{3/1}$ .

**Question 8 :** Trouver une expression de  $\overrightarrow{V_{E \in 3/1}}$ , puis  $\overrightarrow{V_{F \in 4/1}}$ .

