

## 4- Fermeture géométrique

### Exercices

---

#### Contenu

<b>4.1 Mécanisme à Came :</b> .....	<b>2</b>
I Présentation :.....	2
II Travail demandé :.....	2
<b>4.2 Bras de robot :</b> .....	<b>2</b>
I Présentation :.....	2
II Travail demandé :.....	2
<b>4.3 Pompe :</b> .....	<b>3</b>
I Présentation :.....	3
II Travail demandé :.....	3
<b>4.4 Banc d'épreuve hydraulique : (CCP PSI 2010) .....</b>	<b>4</b>
I Présentation :.....	4
II Travail demandé :.....	4
<b>4.5 Système d'orientation d'antenne :.....</b>	<b>5</b>
I Présentation.....	5
II Travail demandé.....	5

## 4.1 Mécanisme à Came :

### I Présentation :

Une came (1) circulaire de rayon  $r$  et de centre  $C$ , est en liaison pivot d'axe  $(O; \vec{z}_0)$  avec le bâti. Elle est en contact en  $I$  avec une pièce (2) qui est en liaison pivot d'axe  $(A; \vec{z}_0)$  avec le bâti.

Le repère  $R_0(O; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  est associé au bâti (0)

Le repère  $R_1(O; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$  est associé à la came (1)

Le repère  $R_2(A; \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$  est associé à la pièce (2)

### Paramètres :

$$\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) ; \beta = (\vec{x}_0, \vec{x}_2)$$

### Données :

$$\overrightarrow{OA} = a \cdot \vec{x}_0 ; \overrightarrow{OC} = e \cdot \vec{x}_1 ; \overrightarrow{IC} = -r \cdot \vec{x}_2 ; \overrightarrow{IA} = -\lambda(t) \cdot \vec{y}_2$$

### II Travail demandé :

**Q1.** En effectuant une fermeture géométrique déterminer la relation existant entre  $\alpha$  et  $\beta$ .

## 4.2 Bras de robot :

### I Présentation :

Le solide (1) est lié au solide fixe (0) par une liaison pivot d'axe  $(O_0; \vec{z}_0)$ .

Le solide (2) est lié au solide (1) par une liaison pivot d'axe  $(O_2; \vec{y}_2)$ .

Le solide (3) est lié au solide (2) par une liaison glissière de direction  $\vec{x}_2$ .

- Le repère  $R_0(O_0; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  est associé au solide (0)
- Le repère  $R_1(O_1; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$  est associé au solide (1)
- Le repère  $R_2(O_2; \vec{x}_2, \vec{y}_1, \vec{z}_2)$  est associé au solide (2)
- Le repère  $R_3(M; \vec{x}_2, \vec{y}_1, \vec{z}_2)$  est associé au solide (3)

### Paramètres et données :

$$\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) ; \beta = (\vec{z}_1, \vec{z}_2) ; \overrightarrow{O_2M} = \ell(t) \cdot \vec{x}_2$$

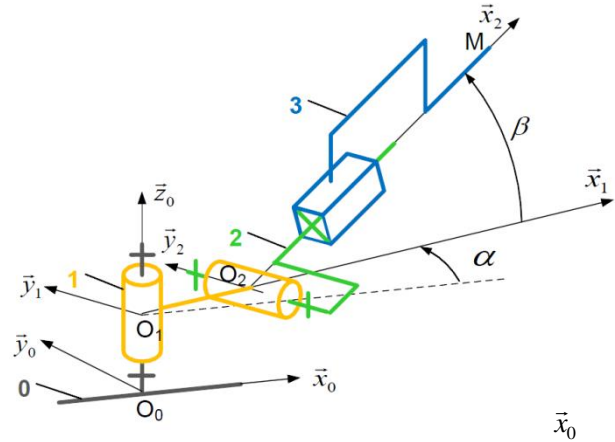
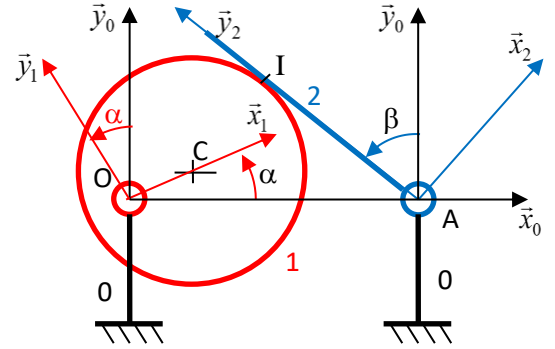
$$\overrightarrow{O_0O_1} = h \cdot \vec{z}_0 ; \overrightarrow{O_1O_2} = a \cdot \vec{x}_1$$

### II Travail demandé :

**Q1.** Tracer les figures de calcul relatives aux paramètres angulaires et définir le vecteur rotation associé à chacune d'elles.

**Q2.** Exprimer la position du point  $M$  dans  $R_0$ .

**Q3.** On appelle  $x_M, y_M, z_M$  les composantes du point  $M$  dans la base de  $R_0$ . Exprimer ces composantes en fonction de paramètres et des constantes du mécanisme.



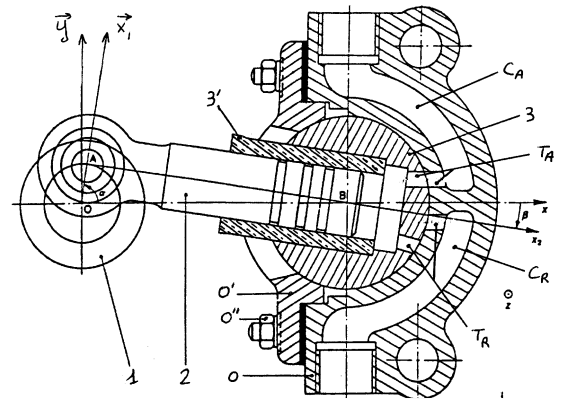
### 4.3 Pompe :

#### I Présentation :

Le dessin ci-contre représente la vue en coupe d'une pompe.

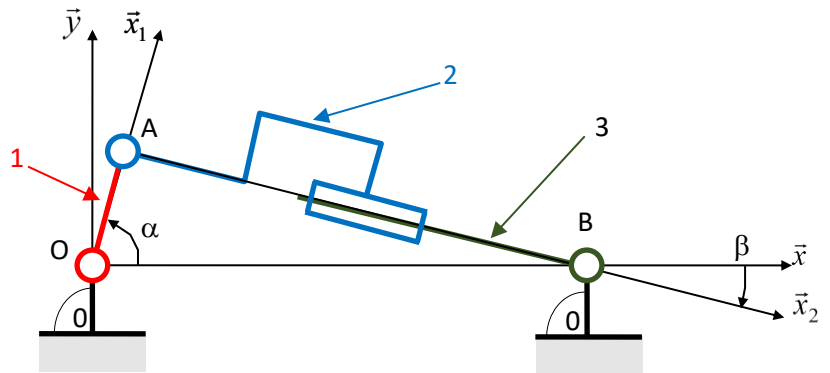
Le modèle cinématique de cette pompe est également représenté ci-dessous.

On retrouve sur les deux représentations les mêmes solides numérotés, les mêmes points caractéristiques ainsi que les mêmes systèmes d'axes.



Cette pompe est constituée de différents éléments :

- Un corps (0) auquel on attache un repère de référence  $R(O; \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ .
- Un ensemble d'éléments oscillants constitué, d'un cylindre (3) d'axe  $(B; \vec{z})$  en liaison pivot de même axe avec le corps (0), et d'une chemise de piston (3') (pièce tubulaire d'axe  $(B; \vec{x}_2)$  encastrée serrée dans le cylindre (3)).
- Une manivelle (1) en liaison pivot d'axe  $(O; \vec{z})$  avec le corps (0).
- Un piston (2) pièce globalement de révolution d'axe  $\vec{AB}$  en liaison pivot d'axe  $(A; \vec{z})$  avec la manivelle (1) et en liaison pivot glissant d'axe  $\vec{AB}$  avec la chemise de piston (3'). On attache à ce piston un repère  $R_2(A; \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z})$ . On notera que l'angle  $\beta = (\vec{x}, \vec{x}_2)$  est négatif sur la figure.



On pose :  $OA = R = 46 \text{ mm}$ ,  $AB = x(t)$  et  $OB = L = 300 \text{ mm}$

#### II Travail demandé :

**Q1.** En écrivant la fermeture de chaîne géométrique, trouver deux relations liant les paramètres  $x$ ,  $\alpha$  et  $\beta$ .

**Q2.** Trouver la relation  $x(t) = f(\alpha(t))$ . Pour quelles valeurs de  $\alpha$   $x$  est maxi, est mini ?

Quelle est la valeur  $C$  de la course totale ?

**Q3.** Pour un tour de la manivelle (1) Tracer l'allure de  $x(t) = f(\alpha(t))$

On donne le diamètre du piston (2) :  $d = 77 \text{ mm}$

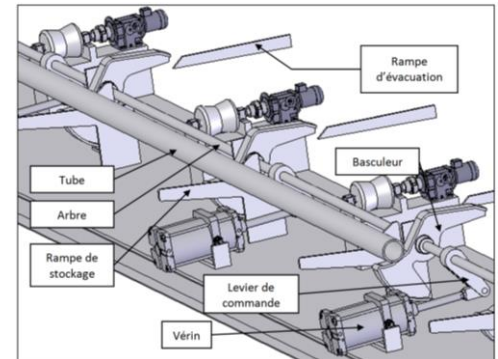
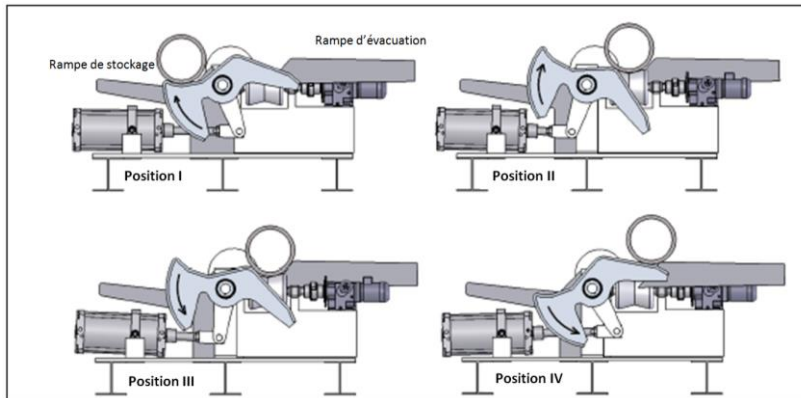
**Q4.** Déterminer la cylindrée en  $\text{mm}^3 \cdot \text{tr}$  de la pompe ?

## 4.4 Banc d'épreuve hydraulique : (CCP PSI 2010)

### I Présentation :

On étudie ici le dispositif de déstockage de tubes hydrauliques dont on doit tester l'étanchéité.

Un ensemble de basculeurs transfère chaque tube de son lieu de stockage vers le lieu de test.



Le dispositif de basculement est modélisé par le schéma ci-contre :

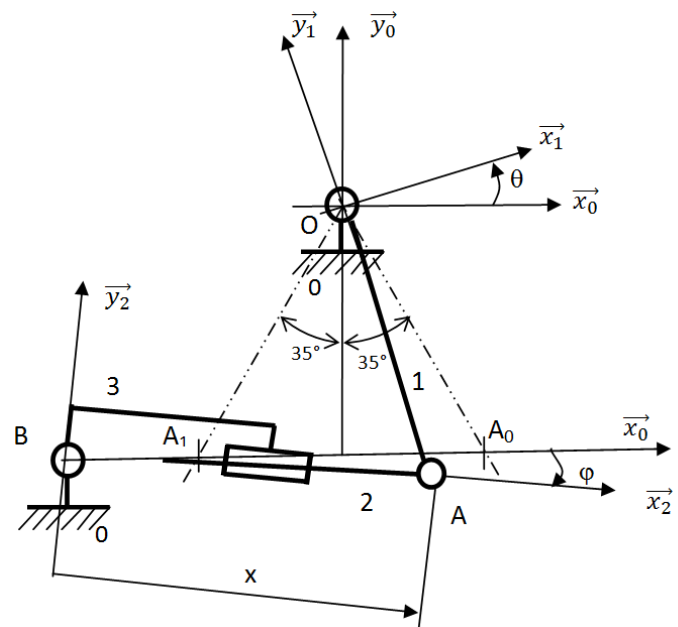
On y retrouve :

- le bâti 0,
- le corps de vérin 3,
- la tige de vérin 2,
- le basculeur 1 composé du levier de commande, de l'arbre et du basculeur.

Un repère  $R_i$  est attaché à chacun des solides  $S_i$ .

La position du basculeur 1 par rapport au bâti 0 est définie par l'angle  $\theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$ .

La position de la tige de vérin 2 par rapport au bâti 0 est définie par l'angle  $\varphi = (\vec{x}_0, \vec{x}_2)$ .



Durant la phase de déstockage, la position  $\theta$  du basculeur varie de  $+35^\circ$  à  $-35^\circ$ .

Le vérin part d'une position horizontale (le point A est en  $A_0$ ), pour arriver de nouveau à l'horizontale en fin de déstockage (le point A est alors en  $A_1$ ).

$$\vec{OA} = -R \cdot \vec{y}_1; \vec{BA} = x \cdot \vec{x}_2; \vec{OB} = -h \cdot \vec{y}_0 - d \cdot \vec{x}_0$$

**Données :**

$$R = 400 \text{ mm}, d = 732 \text{ mm}$$

### II Travail demandé :

**Objectif :** Détermination de la course du vérin

**Q1.** Donner le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie du dispositif de transfert.

**Q2.** Déterminer, à l'aide d'une fermeture géométrique, la loi entrée-sortie en position du dispositif de transformation de mouvement.

**Q3.** Calculer  $h$  pour obtenir les amplitudes de mouvement souhaitées.

**Q4.** Calculer alors la course  $c$  du vérin.

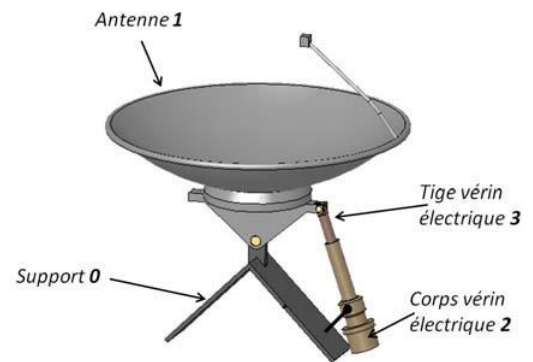
## 4.5 Système d'orientation d'antenne<sup>1</sup> :

### I Présentation

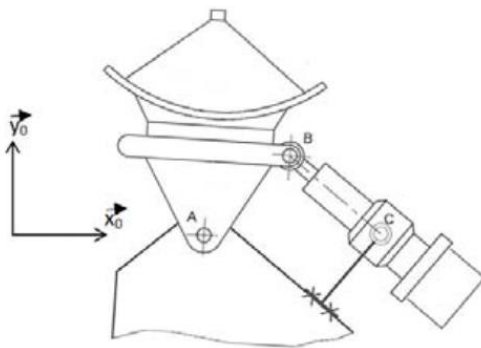
Le système d'orientation d'antenne ci-contre permet, grâce à une télécommande, de régler à distance l'orientation de sa parabole afin d'optimiser la réception des chaînes de télévision.

Pour cela, le vérin électrique est alimenté en énergie électrique par le pré-actionneur, de façon à faire rentrer ou sortir la tige et obtenir ainsi la position de l'antenne désirée.

### Données :



Une représentation 2D du système d'orientation d'antenne est donnée ci-dessous.



$$\bullet \overrightarrow{AB} = L_1 \cdot \overrightarrow{x_1} ; \overrightarrow{AC} = L_0 \cdot \overrightarrow{x_0}$$

- $\alpha_1(t)$  : paramètre de mouvement de l'antenne 1 par rapport au support 0.
- $\alpha_2(t)$  : paramètre de mouvement du corps 2 par rapport au support 0.
- $\lambda(t)$  : paramètre de mouvement de la tige 3 par rapport au support 0.

### II Travail demandé

**Q1.** Réaliser, en s'inspirant de la figure ci-dessus, le schéma cinématique du système d'orientation d'antenne dans le plan  $(O; \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ . Paramétrer ce schéma cinématique.

**Q2.** Donner le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie du système

**Q3.** Déterminer, à l'aide d'une fermeture géométrique, la loi entrée-sortie en position

$\lambda = f(\alpha_1)$  du système d'orientation d'antenne.

Le vérin électrique utilisé est constitué :

- D'un moteur électrique ;
- D'un réducteur à engrenage (rapport de réduction  $k = 1/5$ ) ;
- D'un dispositif de transformation de mouvement de type vis-écrou (pas  $p = 2$  mm).

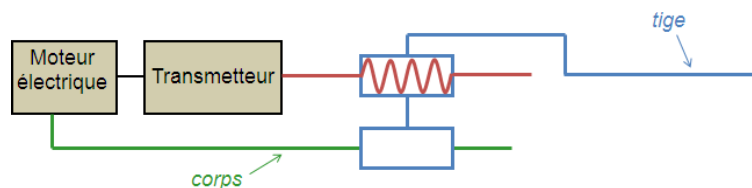


Schéma technologique du vérin électrique

<sup>1</sup> D'après J. Le Goff Lycée Chateaubriant Rennes

On souhaite faire passer l'antenne 1 d'une position initiale ( $\alpha_1 = 58^\circ$ ) à une position finale ( $\alpha_1 = 82^\circ$ ).

**Q4.** Déterminer, à l'aide de la courbe de la loi entrée-sortie donnée ci-dessous, la durée d'alimentation du vérin électrique permettant ce changement de position. On supposera que le moteur électrique tourne à la vitesse constante de 6000 tr/min.

