



# C08\_TD 12

Représenter et Modéliser un  
Mécanisme.

# Sommaire

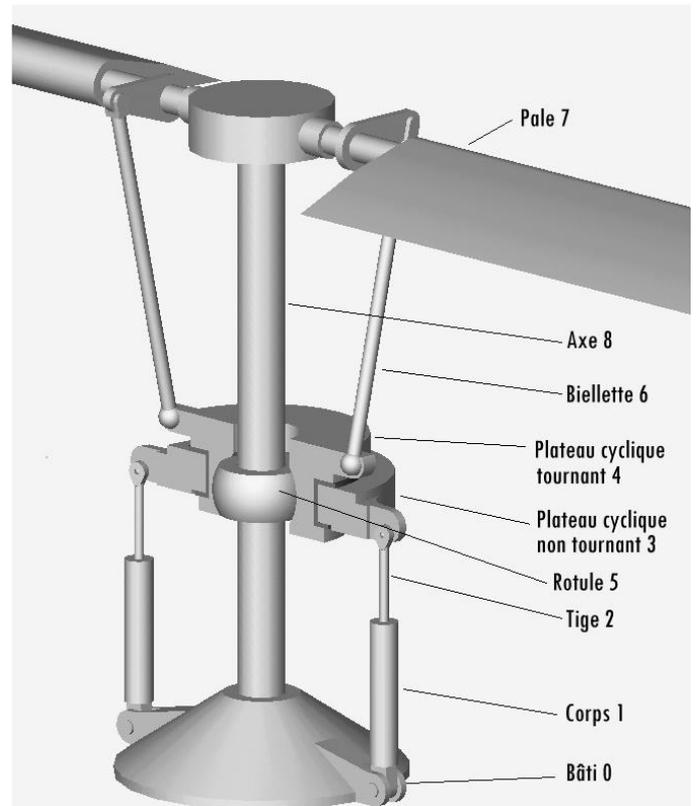
TD 1 : Représenter et interpréter un schéma cinématique ..... 1  
 TD 2 : Modéliser et représenter la cinématique d'un mécanisme ..... 7  
 Exercices supplémentaires ..... 13  
 Éléments de réponse ..... 16

## TD 1 : REPRÉSENTER ET INTERPRÉTER UN SCHÉMA CINÉMATIQUE

### Exercice 1.1 : DISPOSITIF DE RÉGLAGE DE L'INCIDENCE DES PALES D'HÉLICOPTÈRE

(D'après concours École de l'Air, filière PSI)

#### Présentation



Un hélicoptère crée sa portance grâce au mouvement de rotation du rotor principal. Pour permettre à l'hélicoptère de se déplacer suivant les différentes directions, les pales prennent, suivant un axe radial, une incidence qui varie au cours de la rotation du rotor.

Le dispositif qui transmet les consignes du pilote et qui permet d'imposer cette variation est le plateau cyclique dont l'orientation est fixée par l'intermédiaire de plusieurs vérins hydrauliques. La figure ci-dessus présente le mécanisme sans les éléments permettant l'entraînement en rotation suivant un axe vertical des solides 4, 5, 6 et 8. Ce système d'entraînement n'est pas l'objet de l'étude. Les figures ci-dessous présentent 3 configurations du dispositif de réglage de l'incidence des pales.

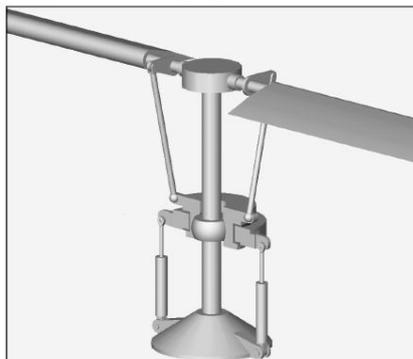


Figure 2 : hélicoptère à l'arrêt. Les pales sont en position horizontale (incidence nulle).

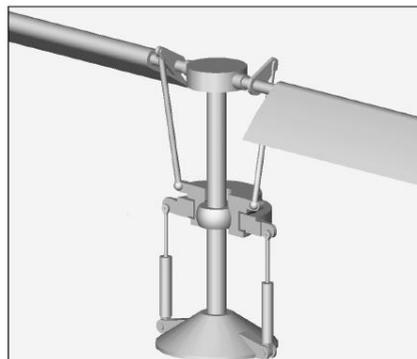


Figure 3 : hélicoptère en vol stationnaire. Les pales présentent la même incidence.

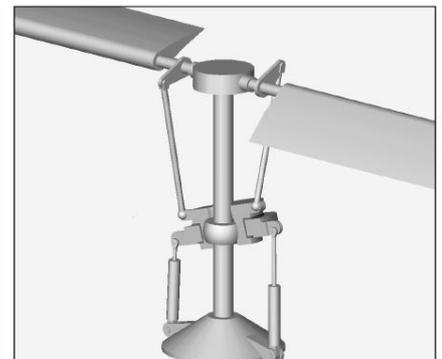
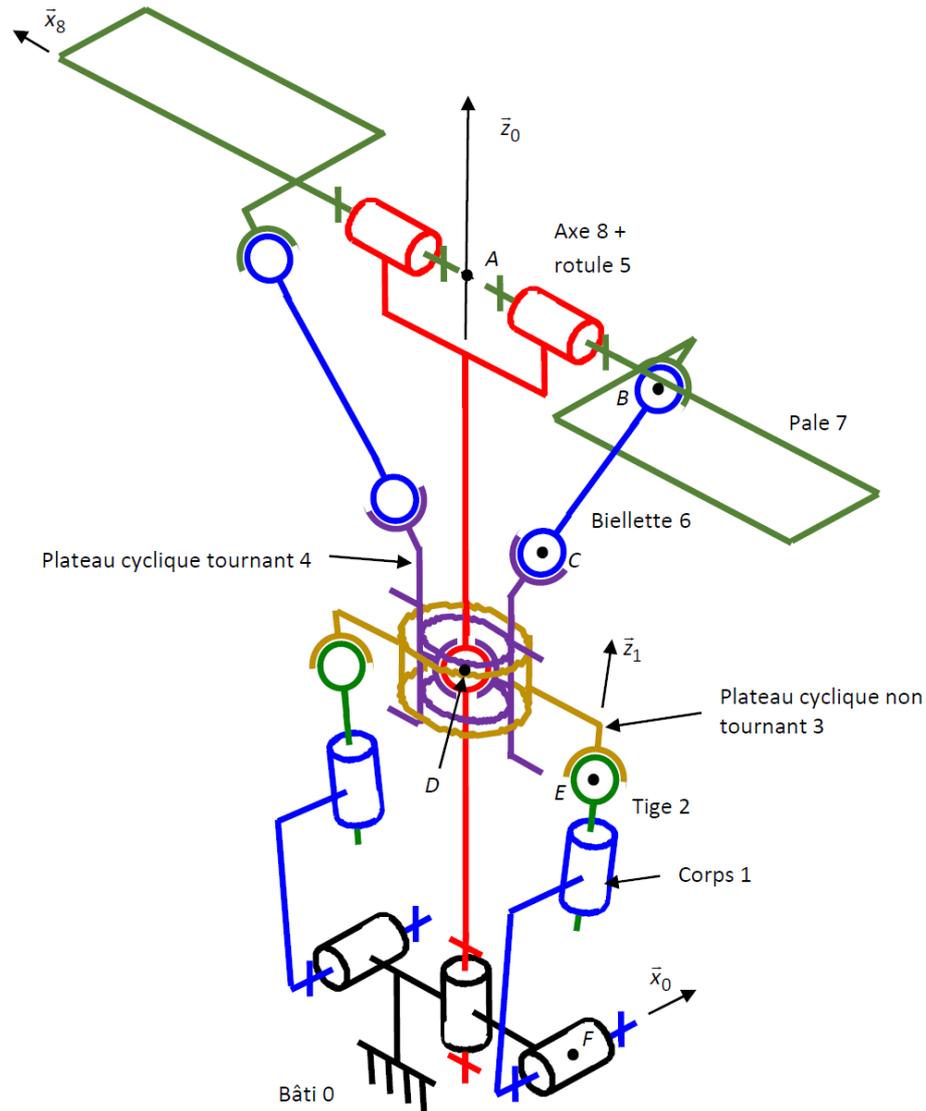


Figure 4 : hélicoptère en déplacement. Les pales ne présentent pas la même incidence.

## Modélisation

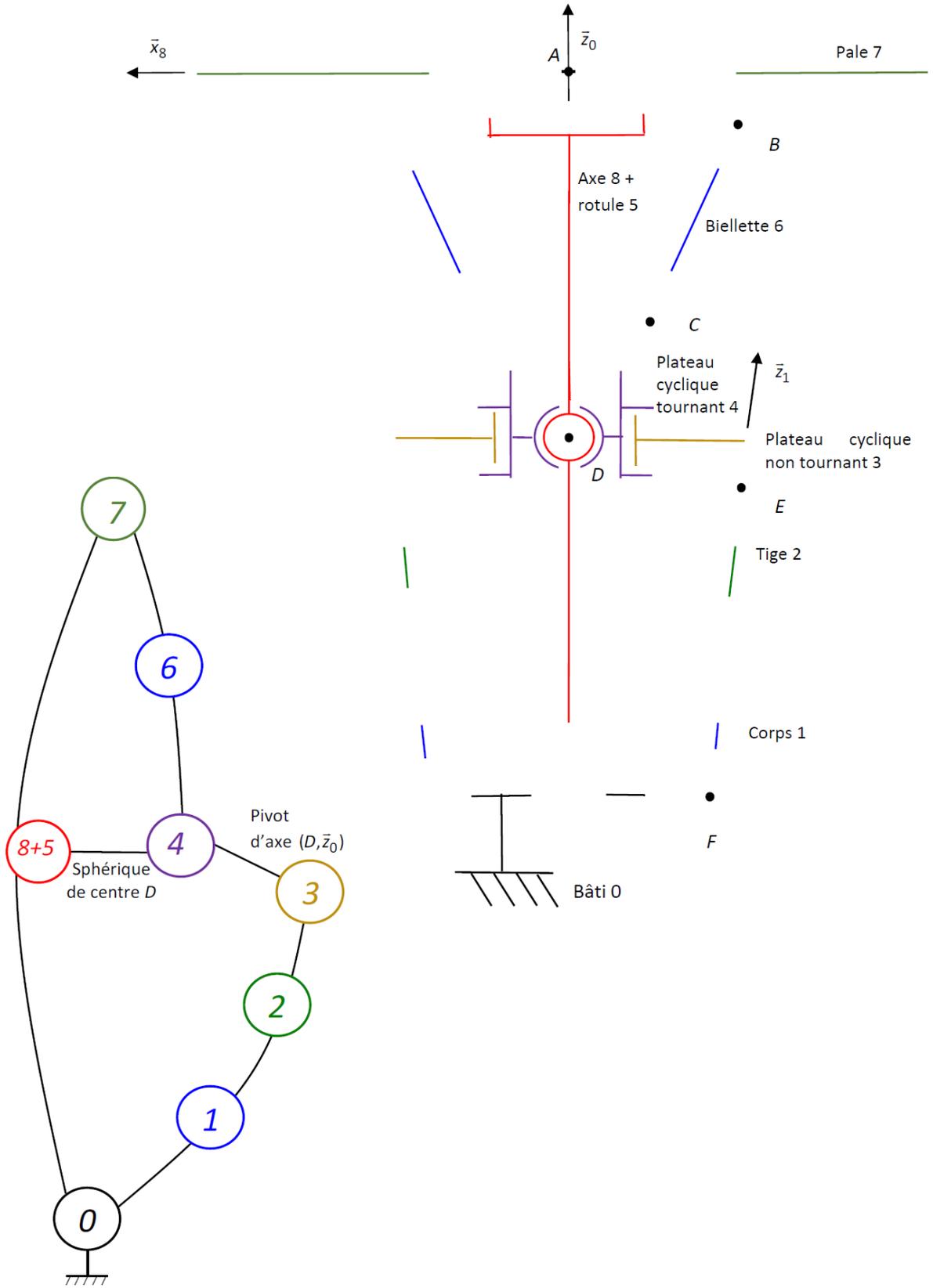
Le modèle cinématique de ce dispositif est le suivant :



## Représentations

Le système dispose de 2 pales. Pour la question 1, on ne s'intéressera qu'au dispositif de réglage d'une seule pale correspondant à la partie droite du schéma précédent.

- Q1** : Compléter le graphe des liaisons du modèle de ce mécanisme.
- Q2** : Compléter le schéma cinématique plan  $(\bar{x}_8, \bar{z}_0)$ . (NB : Utiliser de la couleur).
- Q3** : Écrire les torseurs cinématiques des liaisons  $\{V_{8/0}\}$ ,  $\{V_{1/0}\}$ ,  $\{V_{2/1}\}$ ,  $\{V_{3/2}\}$  et  $\{V_{8/4}\}$ .



Exercice 1.2 : ÉCHELLE E.P.A.S.

Un modèle cinématique de l'échelle pivotante automatique (EPAS) est défini ci-dessous. Il s'agit d'un modèle spatial (non plan). À chaque ensemble indéformable (i) est associée une base  $B_i$ .

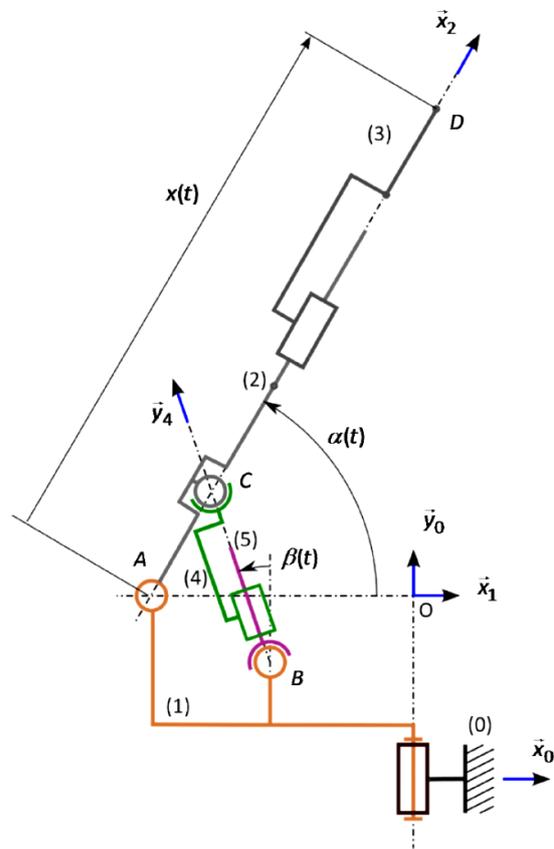
La base  $B_1(\vec{x}_1, \vec{y}_0, \vec{z}_1)$  est telle que  $(\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1) = \theta(t)$ .

**Q1 :** Réaliser le graphe des liaisons de ce modèle.

**Q2 :** Faire un tableau, en indiquant, pour chacune des liaisons  $L_{i-j}$ , le torseur cinématique avec son domaine de validité, les degrés de liberté de la liaison et un repère de liaison permettant de définir ces degrés de liberté.

$L_{i-j}$	Domaine de validité / Torseur cinématique	DDL	Repère liaison

**Q3 :** Déterminer les relations entre les paramètres de position  $x(t)$ ,  $\theta(t)$ ,  $\alpha(t)$ ,  $\beta(t)$  et les torseurs cinématiques définis.



Exercice 1.3 : CENTRE D'USINAGE 5 AXES

**Objectif :** réaliser un modèle permettant de déterminer la relation entre la vitesse de rotation du moteur et la vitesse de translation de l'axe X.

La structure d'un centre d'usinage 5 axes est donnée ci-contre.

Le schéma cinématique ci-dessous détaille la réalisation de la chaîne d'énergie de l'axe X (paramétrée par la variable  $x(t)$  ci-contre).

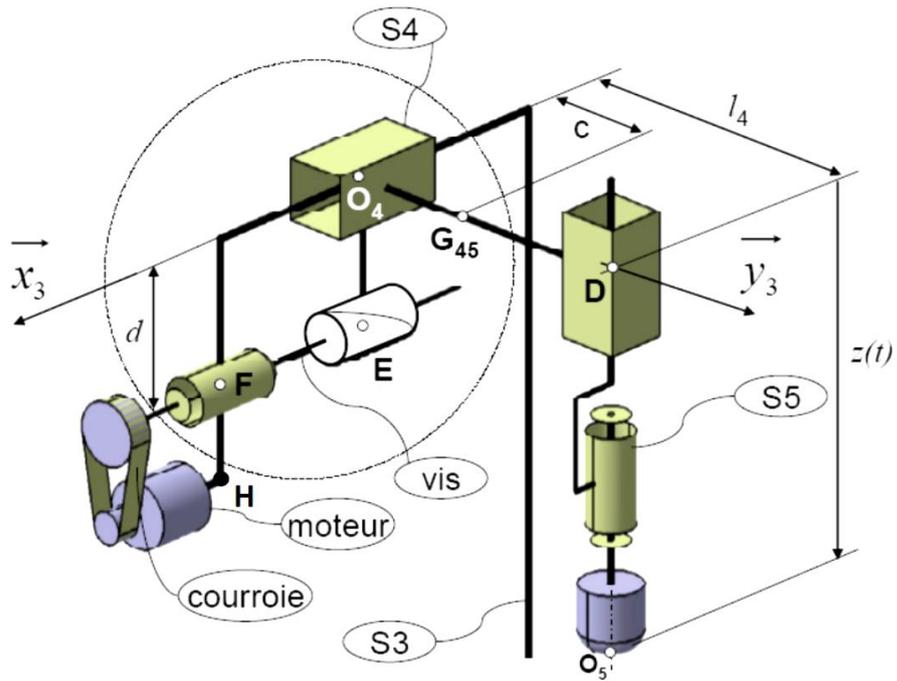
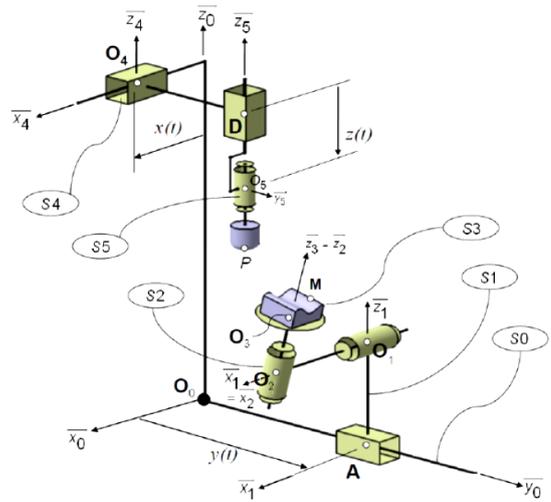
Elle comprend :

- un transmetteur poulie courroie de rapport de transmission  $r$  ( $r < 1$ ) ;
- un transmetteur vis/écrou (l'écrou est solidaire de S4) de pas  $p$  à droite.

**Q1 :** Faire le graphe des liaisons associé aux ensembles : S3 (considéré comme le bâti), S4, courroie, axe du moteur et vis.

La courroie sera représentée par un trait en pointillé sur le graphe ; tout en couplant les mouvements, elle ne réalise pas une liaison usuelle.

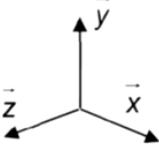
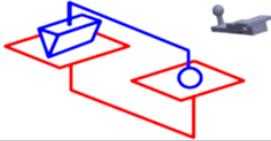
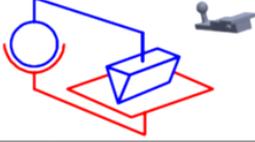
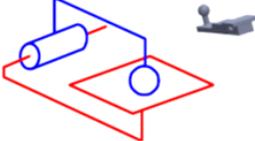
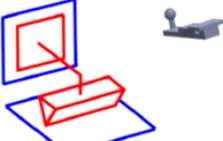
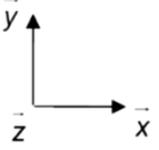
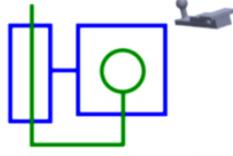
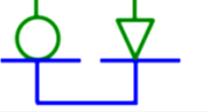
**Q2 :** Écrire les torseurs cinématiques des liaisons usuelles du modèle.



Exercice 1.4 : QUELQUES LIAISONS ÉQUIVALENTES

**Q1 :** Compléter le tableau ci-dessous en indiquant le nom et les caractéristiques géométriques de la liaison située à gauche, de la liaison située à droite et de la liaison équivalente aux deux liaisons.

Le point caractéristique (centre, contact...) de la liaison de gauche sera nommé A et celui de la liaison de droite sera nommé B.

	Schéma	Liaison à gauche	Liaison à droite	Liaison équivalente
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				

## TD2: MODELISER ET REPRESENTER LA CINEMATIQUE D'UN MECANISME

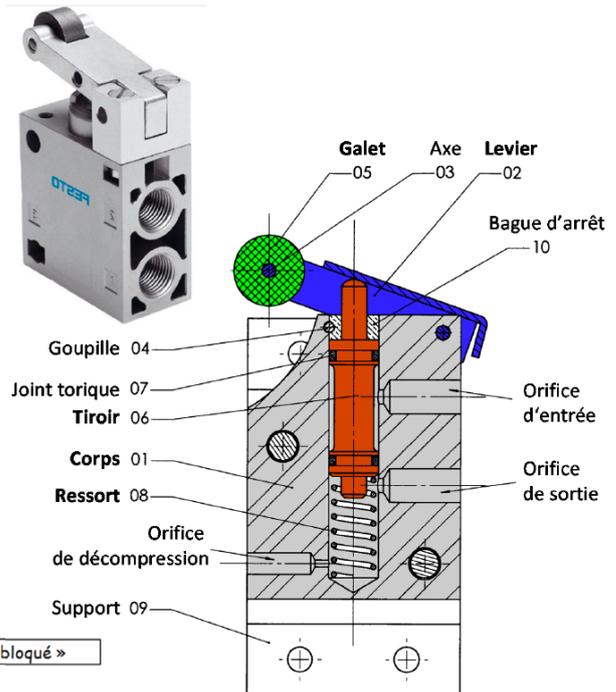
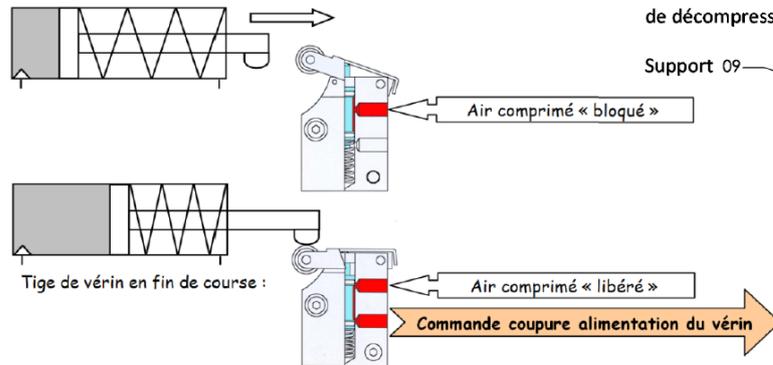
### Exercice 2.1 : CAPTEUR DE FIN DE COURSE

Le capteur pneumatique est un composant utilisé comme détecteur de fin de course d'un vérin simple effet, vérin dont le retour est imposé par un ressort.

Lorsque la tige du vérin est en fin de course (tige totalement sortie), son extrémité appuie sur le galet 5. Le levier 2 pivote, ce qui a pour effet de déplacer le tiroir 6 vers le bas.

Lorsque le tiroir est déplacé verticalement vers le bas, l'air comprimé admis dans le capteur pneumatique passe de l'orifice d'entrée à l'orifice de sortie.

Cet air comprimé, dirigé vers le pré-actionneur, commande la coupure de l'alimentation du vérin et provoque ainsi la rentrée de la tige de vérin grâce au ressort. Le capteur reprend alors sa position initiale : le tiroir 6 remonte, poussé par le ressort 8.



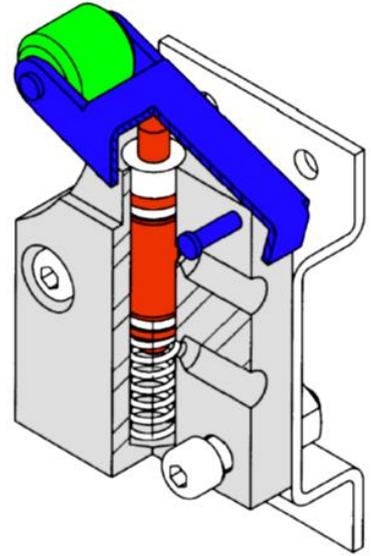
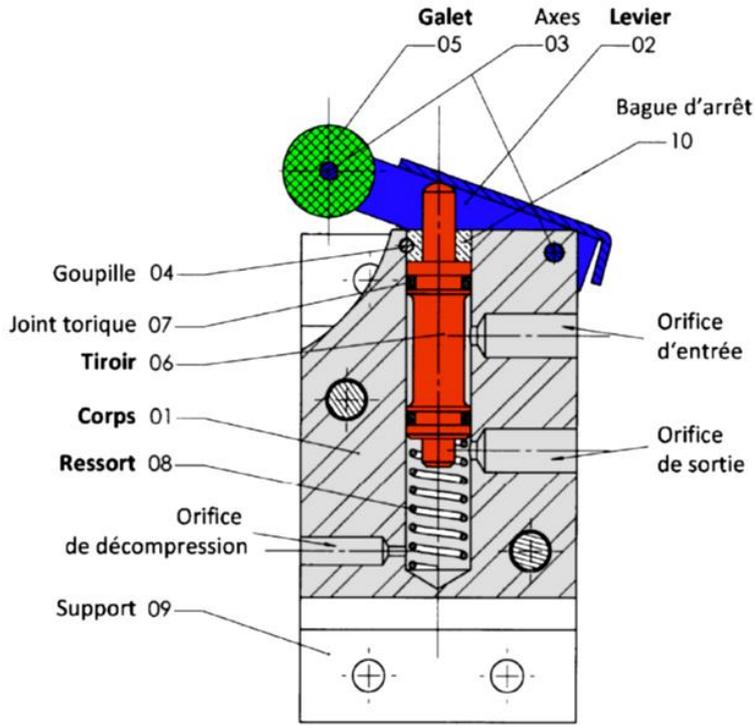
Les exigences précisent que le contacteur peut être sous pression pour un contact abaissant le galet de 2mm.

**Objectif du modèle :** permettre de déterminer la relation entre le mouvement du galet et le mouvement du tiroir afin de vérifier le bon positionnement de la zone de commutation.

Le graphe des liaisons du modèle étudié est donné page suivante.

L'ensemble de référence est le corps 01.

- Q1 :** Lister les pièces constitutives des ensembles indéformables (exemple de notation : (3) = {05+02})
- Q2 :** Par l'analyse des guidages, définir les caractéristiques géométriques des liaisons et les positionner sur le dessin technique du capteur.
- Q3 :** Dessiner le schéma cinématique, dans le plan  $(O, \vec{x}, \vec{y})$ .
- Q4 :** Réaliser le schéma cinématique 3D.



Capteur en position FERME

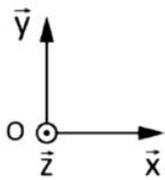
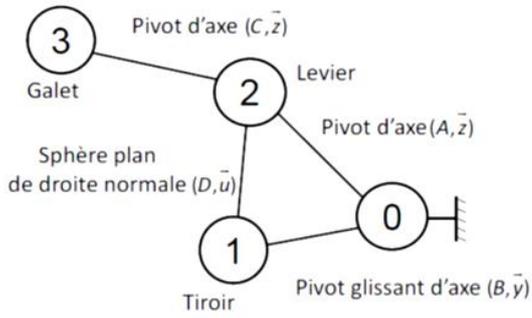


Schéma cinématique plan

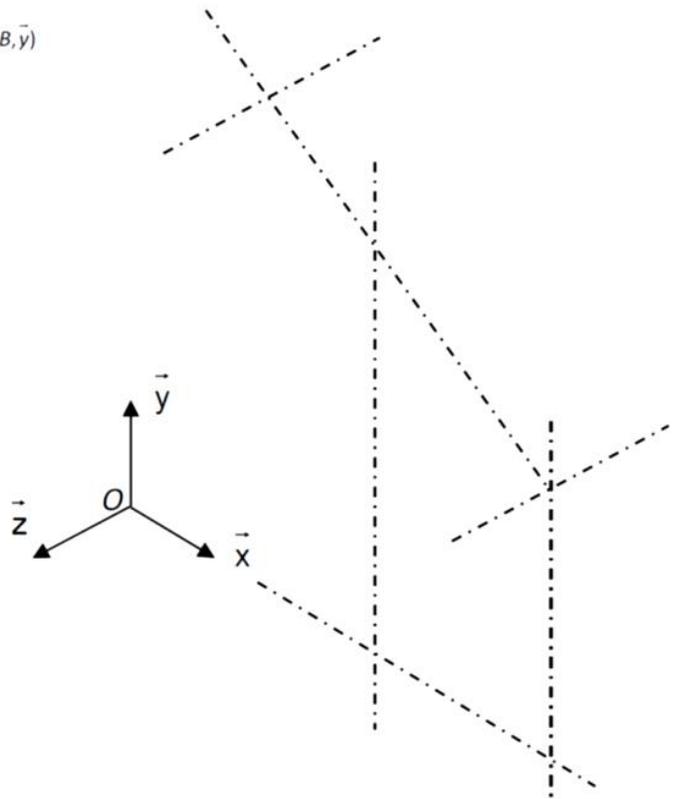


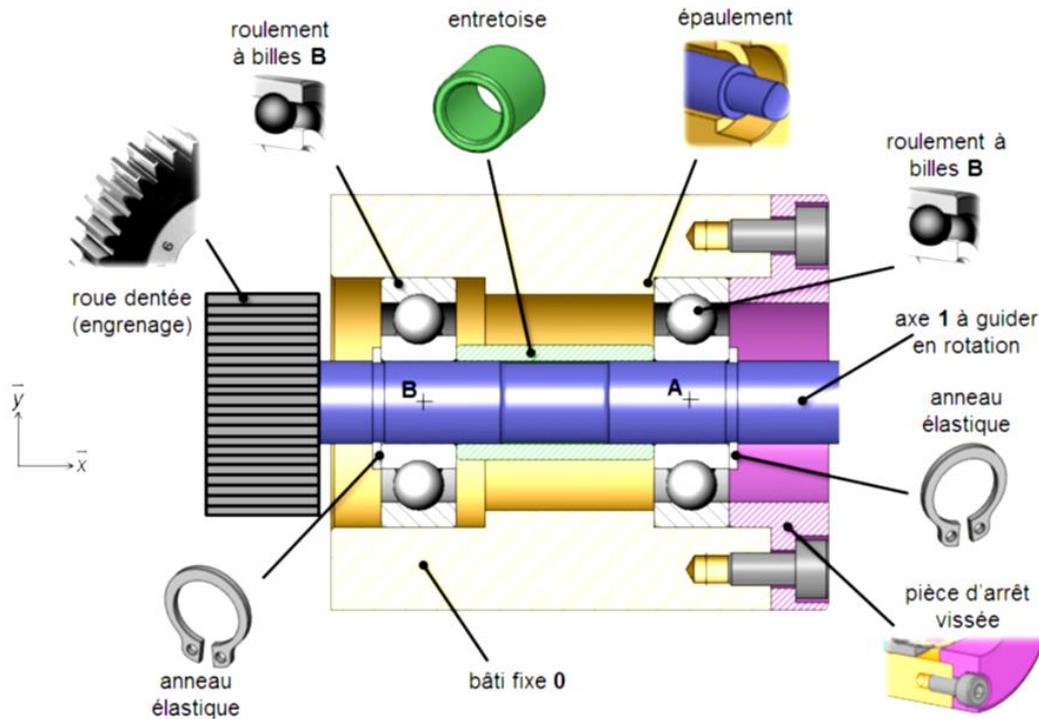
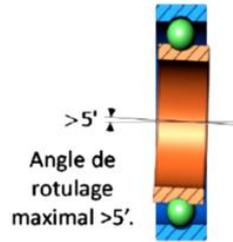
Schéma cinématique 3D

## Exercice 2.2 : GUIDAGE EN ROTATION

On s'intéresse au guidage en rotation, par deux roulements à billes, de l'axe 1 d'un réducteur à engrenages par rapport au bâti 0.

Le constructeur des roulements à billes utilisés indique un angle de rotulage maximal  $>5'$  d'angle.

Fonctionnellement, cette possibilité de rotation autour des axes  $(B, \vec{y})$  et  $(B, \vec{z})$  (respectivement  $(A, \vec{y})$  et  $(A, \vec{z})$  pour l'autre roulement) de la bague extérieure par rapport à la bague intérieure n'est pas négligeable.



## Guidage en rotation de l'axe 1 par rapport au bâti 0

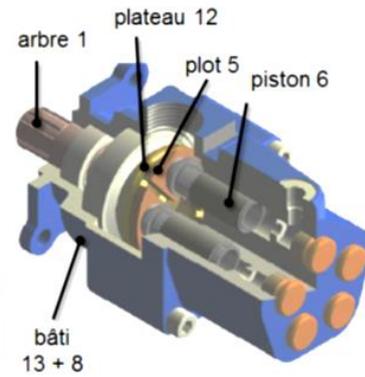
- Q1 :** En tenant compte des indications du constructeur sur l'angle de rotulage et en observant la façon dont est monté le roulement A, choisir une liaison permettant de modéliser le comportement cinématique de l'arbre 1 par rapport au bâti 0 (uniquement pour ce roulement). En déduire son torseur cinématique  $\{V_{1/0}^{roulA}\}$ .
- Q2 :** En tenant compte des indications du constructeur sur l'angle de rotulage et en observant la façon dont est monté le roulement B, choisir une liaison permettant de modéliser le comportement cinématique de l'arbre 1 par rapport au bâti 0 (uniquement pour ce roulement). En déduire son torseur cinématique  $\{V_{1/0}^{roulB}\}$ .
- Q3 :** En déduire le graphe des liaisons correspondant à la structure de ce guidage en rotation.
- Q4 :** Dessiner, dans le plan  $(O, \vec{x}, \vec{y})$ , le schéma cinématique correspondant.
- Q5 :** Identifier la liaison équivalente et définir le torseur cinématique associé  $\{V_{1/0}^{eq}\}$ .

## Exercice 2.3 : POMPE HYDRAULIQUE

Cette pompe hydraulique à pistons axiaux du fabricant HYDRO-LEDUC est destinée à être installée sur les camions pour alimenter en énergie hydraulique (fluide comprimé) les différents actionneurs hydrauliques utilisés (vérins de bennes, hayons élévateurs, bras de manutention, etc...).



Photos de la pompe



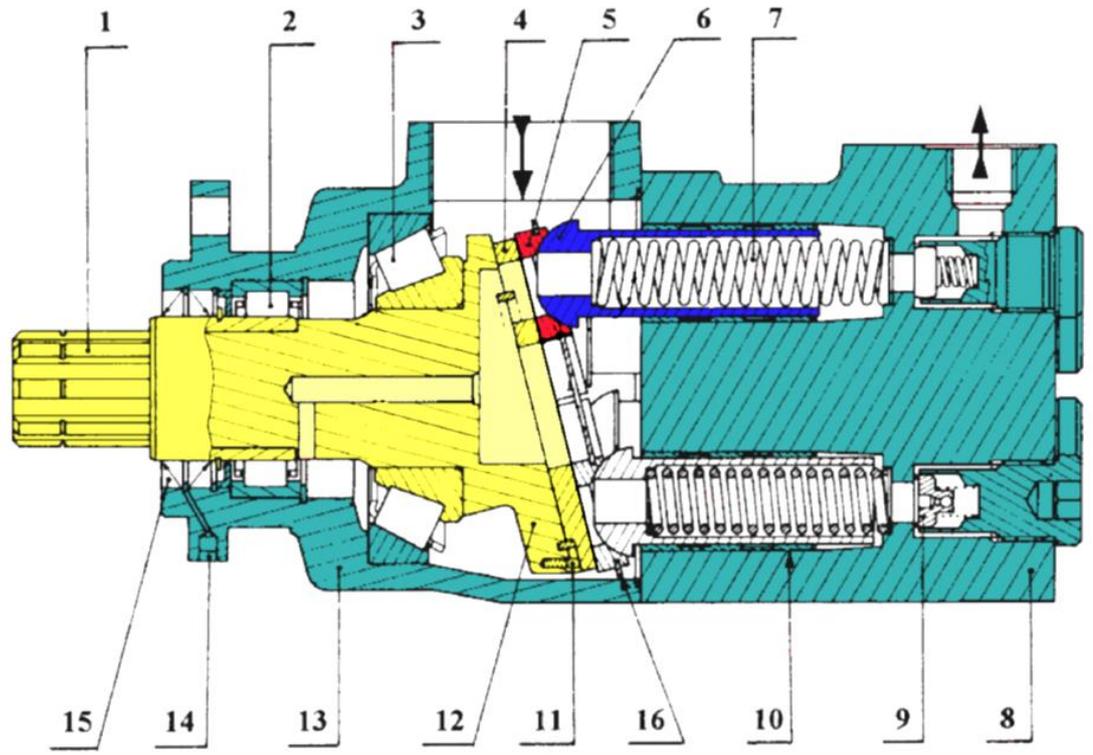
Représentation 3D de la pompe

Il s'agit d'une pompe à pistons axiaux et barillet<sup>(1)</sup> fixe.

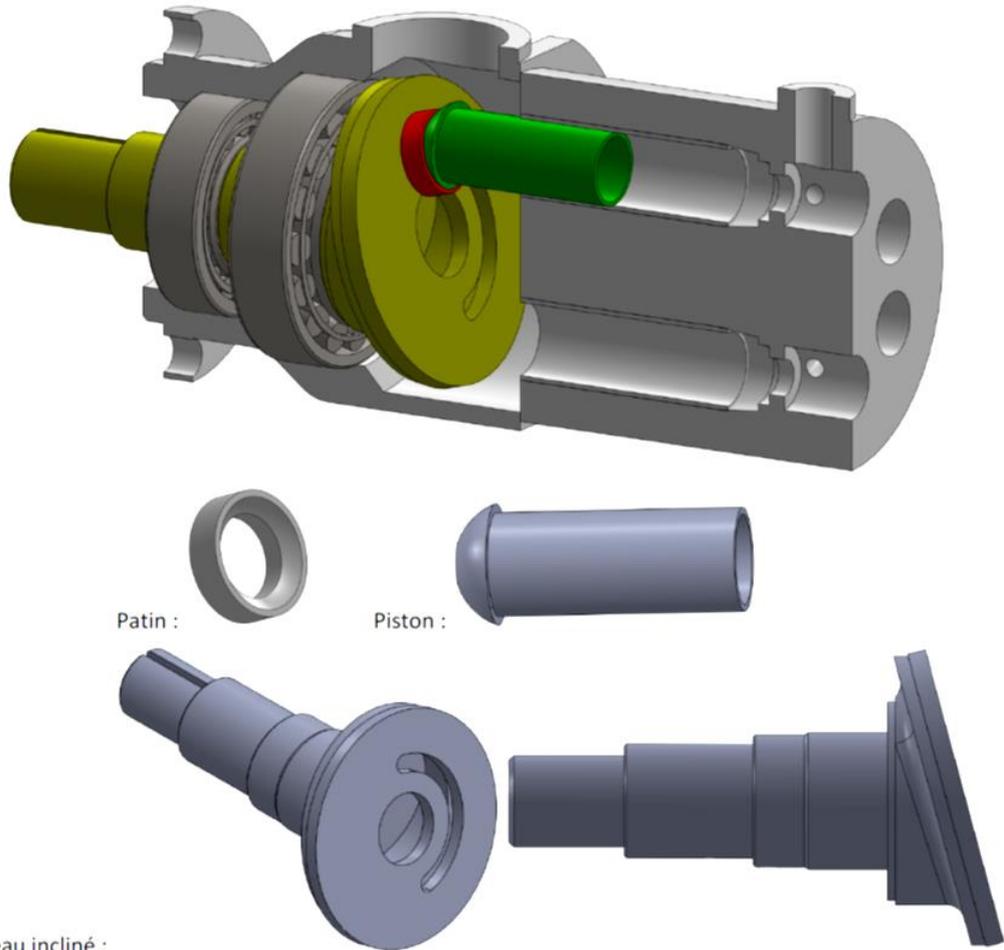
Un arbre 1, portant le plateau incliné 12, tourne par rapport au bâti 13 et provoque ainsi le mouvement alternatif des pistons 6 rappelés par les ressorts 7.

Chaque piston 6 s'appuie sur le plateau incliné par l'intermédiaire d'un patin en bronze 5.

L'arbre 1 est guidé en rotation par les roulements 2 et 3.



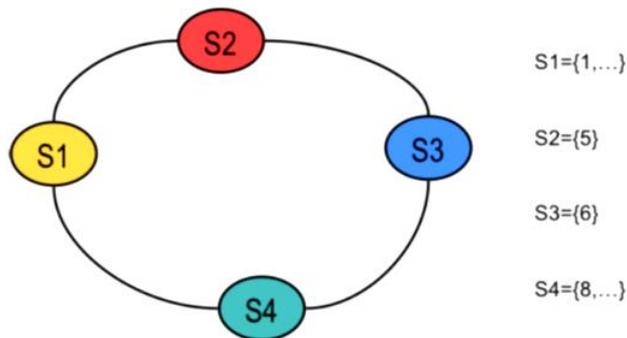
(1) Dans une pompe à piston axiaux ; le barillet est la pièce (ici 8) dans laquelle sont logés les pistons. Sur certaines pompes à pistons axiaux, le barillet tourne par rapport au bâti.



Arbre à plateau incliné :

**Objectif du modèle :** définir le système de transformation de la rotation continue de l'arbre d'entrée en translation alternative des pistons.

Les ensembles indéformables ont été repérés sur le dessin d'ensemble de la pompe. La structure du graphe des liaisons pour un seul piston est donnée ci-dessous.



- Q1 :** Compléter le graphe des liaisons en modélisant chacun des guidages soit à partir de la fonction des composants, soit à partir de l'analyse des contacts. Reporter les éléments géométriques caractérisant les liaisons sur le schéma page précédente.
- Q2 :** Réaliser le schéma cinématique en commençant par reporter les éléments géométriques.
- Q3 :** Déterminer la liaison équivalente entre le piston et le plateau incliné en tenant compte des liaisons  $L_{1,2}$  et  $L_{2,3}$ .
- Q4 :** Dessiner le schéma cinématique de la pompe.
- Q5 :** Pour quelles raisons le concepteur de la pompe a-t-il choisi d'utiliser les patins 5 ?

**Exercice 2.4 : LIAISON ÉQUIVALENTE RÉALISÉE PAR UNE BIELETTE**

Le schéma cinématique du mécanisme de réglage de l'incidence des pales d'hélicoptère est rappelé ci-contre.

Ce schéma comprend 2 biellettes (6). Il s'agit de pièces allongées, usuellement en liaison sphérique aux deux extrémités, servant à transmettre des efforts et contrôler un mouvement.

L'objectif est de déterminer la liaison équivalente entre le plateau cyclique tournant (4) et la pale (7) réalisée par l'intermédiaire de la biellette (6).

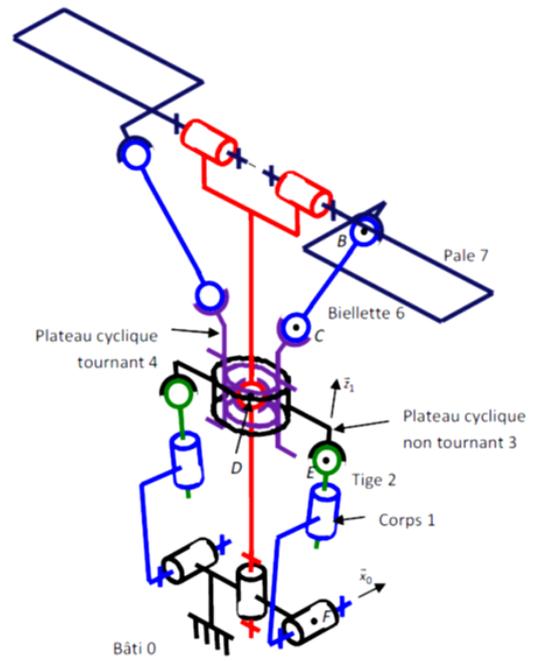
Le schéma de l'ensemble étudié et son graphe des liaisons sont donnés ci-dessous.

**Q1 :** Compléter le graphe des liaisons du mécanisme et exprimer les torseurs cinématiques de  $L_{4-6}$  et de  $L_{6-7}$  dans une base liée à (6)  $B_6 = (\bar{x}_6, \bar{y}_6, \bar{z}_6)$ .

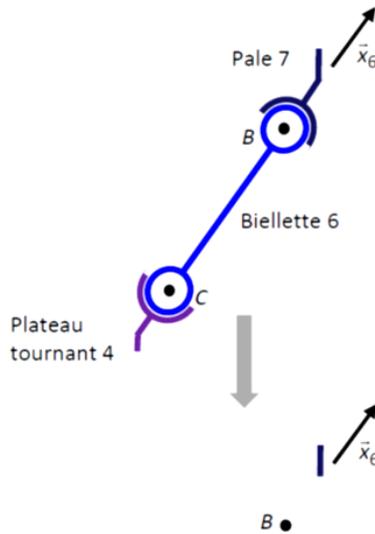
**Q2 :** Exprimer en C le torseur cinématique de la liaison équivalente  $L_{4-7}$ .

**Q3 :** En déduire la liaison équivalente et compléter le graphe des liaisons et le schéma cinématique du mécanisme équivalent.

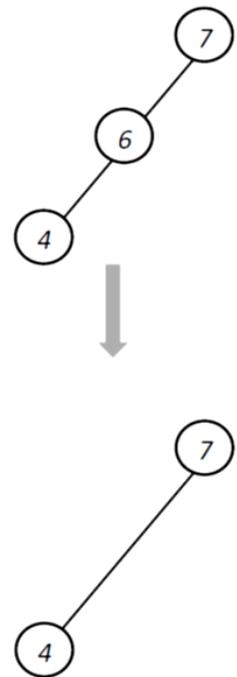
On suppose que  $\overline{CB} = L \bar{x}_6$ .



Mécanisme étudié :



Mécanisme équivalent :

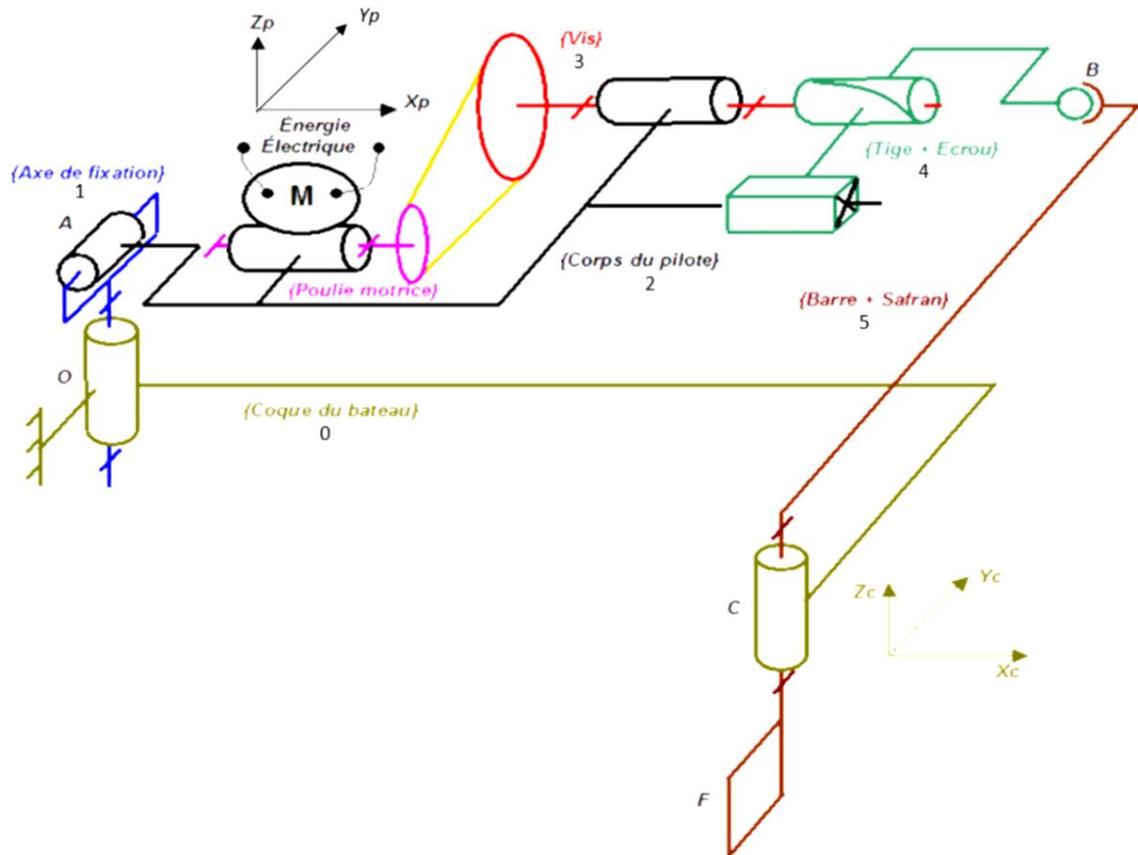


## EXERCICES SUPPLÉMENTAIRES

Corrigé des exercices supplémentaires en ligne : <http://www.s2i-chateaubriand-joliotcurie.net>

## 1.1 PILOTE AUTOMATIQUE DE BATEAU

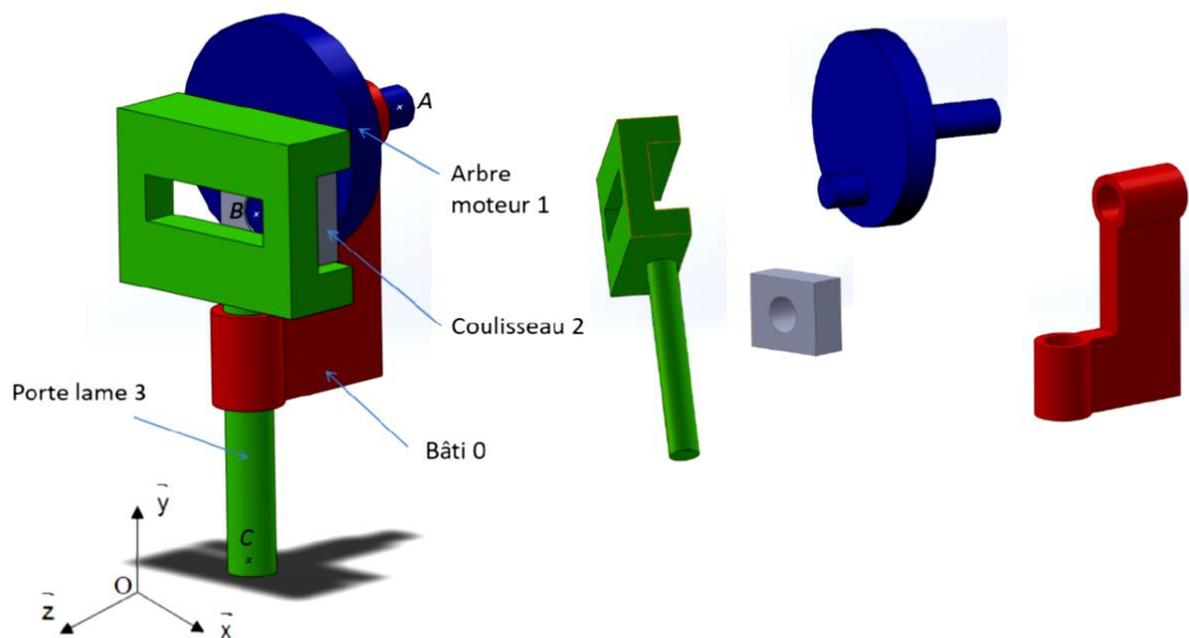
On donne le schéma cinématique du mécanisme d'un pilote automatique de bateau :



- Q1 :** Décrire les mouvements induits par la rotation de la poulie motrice par rapport au corps du pilote.
- Q2 :** Définir les liaisons  $L_{3-2}$ ,  $L_{4-2}$ ,  $L_{4-3}$  et  $L_{4-5}$  et écrire leur torseur cinématique.
- Q3 :** Déterminer la liaison équivalente entre la coque du bateau (0) et le corps du pilote (2) réalisée par l'intermédiaire de l'axe de fixation (1).

## 2.1 SCIE SAUTEUSE

Le support étudié est un dispositif de transformation de mouvement (voir figure ci-contre) utilisé, par exemple, sur des scies sauteuses. Ce dispositif permet de convertir un mouvement de **rotation continue** de l'*Arbre moteur* en **translation alternative** du *Porte lame*. Il se classe dans la famille des « transmetteurs » au niveau de la chaîne d'énergie-puissance.

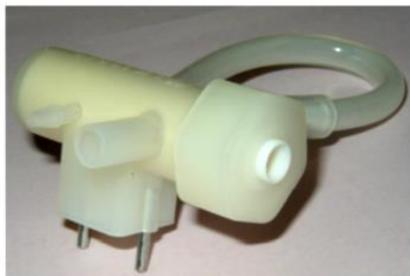
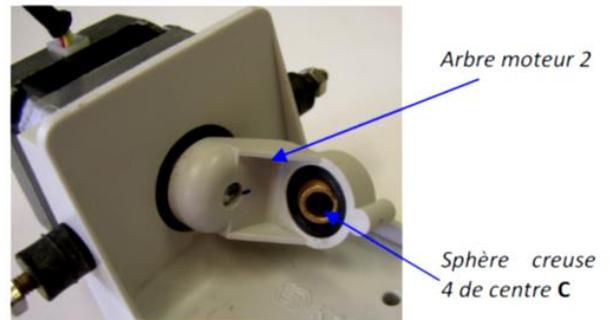
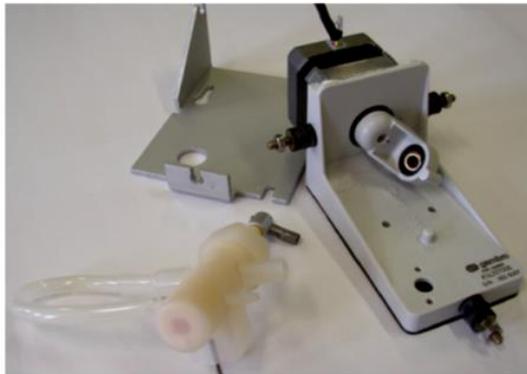
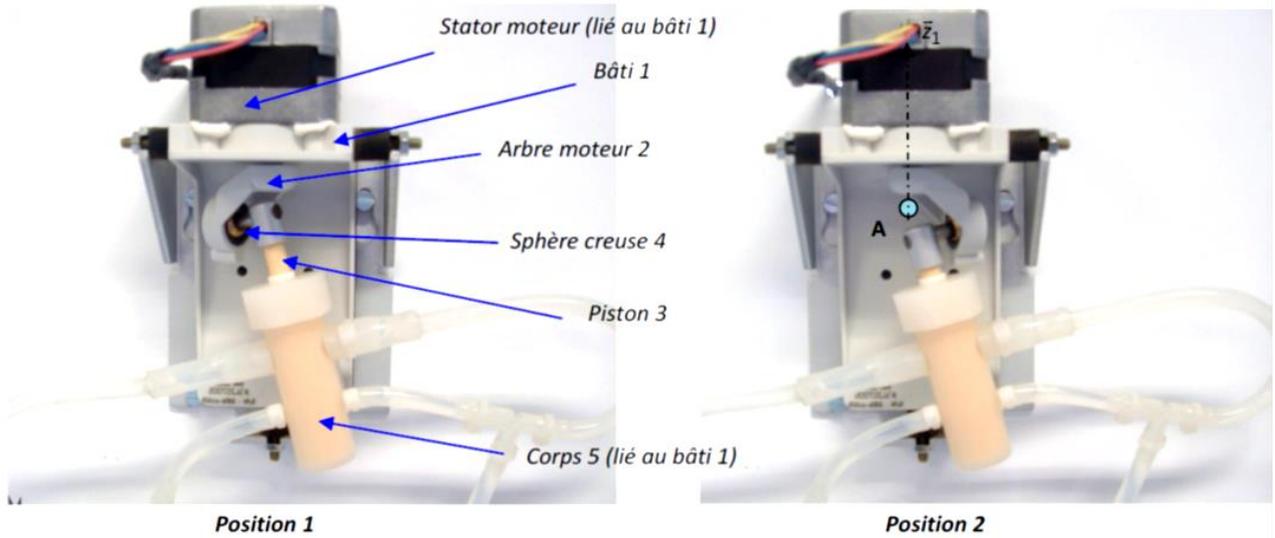


On prendra comme couleur : le bâti 0 en rouge, l'arbre moteur 1 en bleu, le coulisseau 2 en gris, et le porte lame 3 en vert.

- Q1 :** Réaliser le graphe des liaisons.  
**Q2 :** Réaliser le schéma cinématique dans le plan  $(O, \vec{y}, \vec{z})$ .  
**Q3 :** Réaliser le schéma cinématique 3D.

## 2.2 POMPE DE PRÉPARATION DU REIN ARTIFICIEL

La particularité de la pompe de préparation ci-dessous, résulte de sa cinématique qui transforme le mouvement de rotation continu de l'arbre moteur 2 en mouvement de translation alternatif du piston 3.



Corps 5

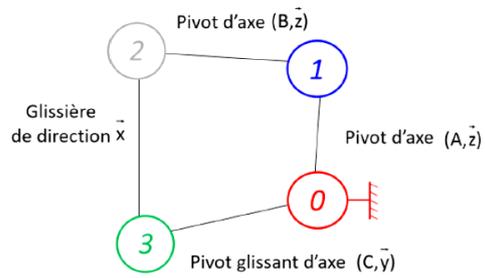


- Q1 :** Réaliser le graphe des liaisons du mécanisme.
- Q2 :** Réaliser, dans la vue de face de la position 2, le schéma cinématique plan du mécanisme.
- Q3 :** Sur la même figure, dessiner en pointillé la position symétrique du mécanisme. En déduire sur le schéma la course du piston.
- Q4 :** Déterminer pour chaque liaison, le torseur cinématique.
- Q5 :** Déterminer la liaison équivalente entre l'arbre moteur 2 et le piston 3 (pour ne plus faire apparaître la sphère creuse 4).

## ÉLÉMENTS DE RÉPONSE

## Exercices supplémentaires

## 2.1 Scie sauteuse



## 2.2 Pompe de préparation du rein artificiel

