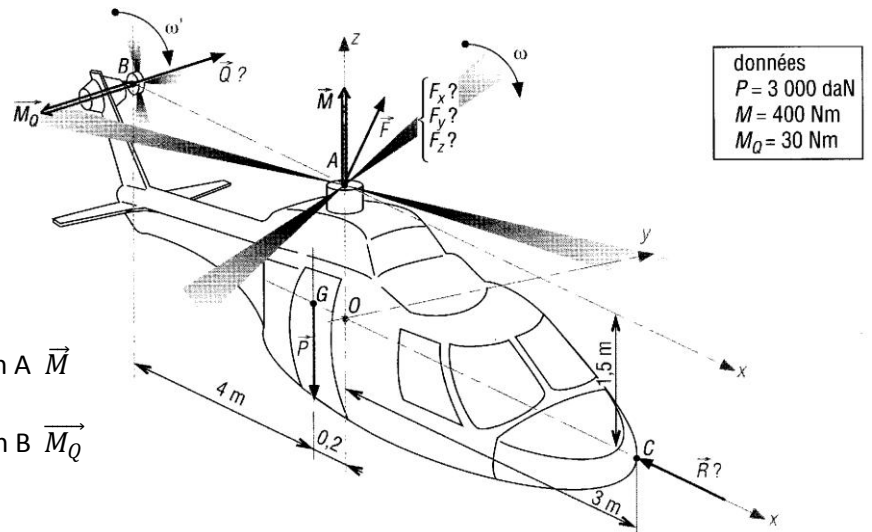


# TD 1 Principe fondamental de la statique

## Exercice 1 : Hélicoptère

On considère que l'hélicoptère ci-dessous a un mouvement de translation uniforme suivant la direction x. L'axe z est vertical.



Actions mécaniques de l'extérieur sur l'hélicoptère :

- Poids  $\vec{P}$  appliqué en G.
- Résistance de l'air  $\vec{R}$  appliqué en C.
- Action de l'air sur le rotor principal :  
effort  $\vec{F}$  appliqué en A et moment en A  $\vec{M}$
- Action de l'air sur le rotor arrière :  
effort  $\vec{Q}$  appliqué en B et moment en B  $\vec{M}_0$

Questions :

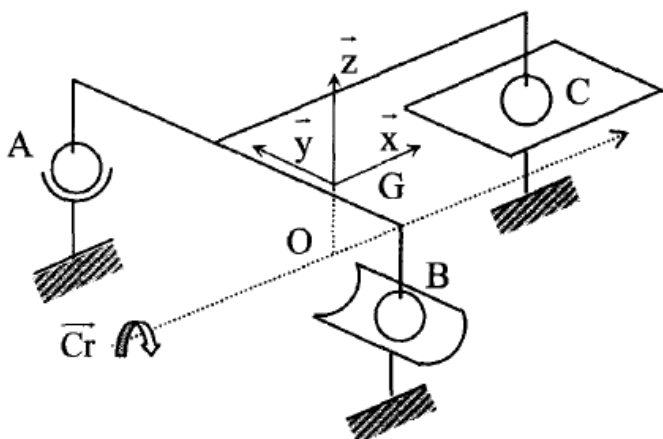
1. Ecrire les torseurs des différentes actions mécaniques aux points concernés par ces actions mécaniques.
2. En appliquant le PFS, déterminer les actions mécaniques inconnues.

## Exercice 2 : Fixation moteur

Pendant la phase de la mise au point de moteurs de véhicules automobiles, les constructeurs testent les moteurs sur des bancs d'essais reproduisant au mieux les conditions d'utilisation. Le moteur est accouplé à un appareillage permettant de le freiner.

La liaison complète du moteur avec le châssis est réalisée sur 3 silentblocs de centres A, B et C. Un **silentbloc** est une pièce constituée d'un matériau souple permettant d'absorber des chocs et des vibrations entre des organes mécaniques et une structure qui les supporte.

Afin de déterminer les efforts dans les liaisons au niveau des silentblocs (ce qui permet de les dimensionner), on propose la modélisation isostatique ci-dessous :



Exemple de silentbloc :



On suppose que le moteur est soumis à un simple couple résistant constant issu du frein:  $\vec{Cr} = Cr \cdot \vec{x} = 100 \cdot \vec{x}$  (N.m)  
Le bloc moteur, de centre de gravité G, a une masse  $m = 80$  kg.

On donne les grandeurs géométriques suivantes (en mm) :

$$\vec{AB} = -300 \vec{y} ; \vec{AG} = 150 \vec{x} - 100 \vec{y} + 150 \vec{z} ; \vec{AC} = 600 \vec{x} - 150 \vec{y} + 350 \vec{z} ;$$

$$\vec{AO} = 150 \vec{x} - 150 \vec{y} + 100 \vec{z}$$

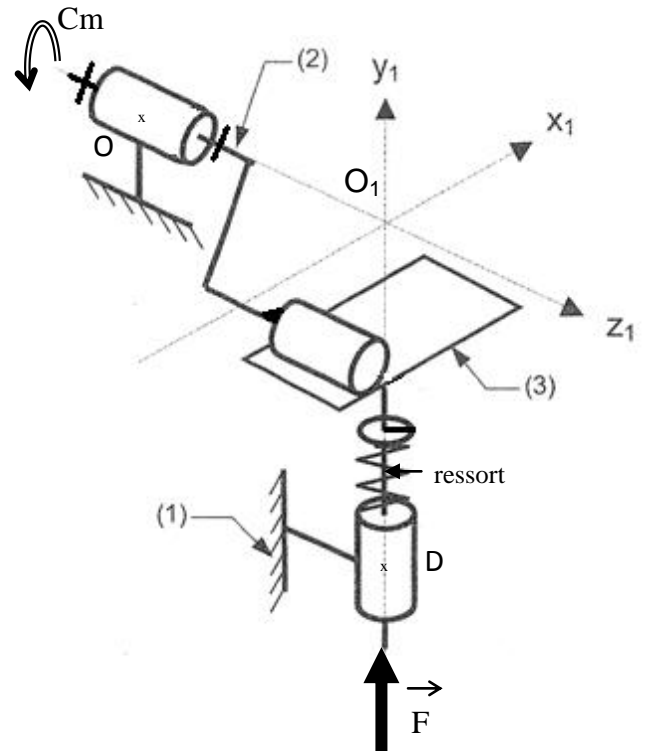
Question : Ecrire l'équilibre du moteur en A, et calculer les actions des liaisons en A, B et C.

### Exercice 3 : Pompe moyenne pression

Le schéma ci-contre modélise le fonctionnement d'une pompe moyenne pression.

L'arbre (2) reçoit de la part d'un moteur un couple  $C_m$ . Son mouvement de rotation est transformé en translation alternative du piston (3). Celui-ci comprime de l'huile dans sa phase descendante. On supposera connu l'effort  $F_{\text{huile/piston}}$

Le ressort sert à maintenir le contact entre le plateau du piston (3) et la partie excentrée de l'arbre (2) pendant la phase ascendante du piston. **Son action sera négligée dans toute l'étude qui suit.**



#### Liaisons :

2/1 : pivot d'axe  $(O, z_1)$ .

3/2 : linéaire rectiligne de centre E, direction  $z_1$ .

3/1 : pivot glissant d'axe  $(D, y_1)$ .

#### Notations :

Ri : repère lié au solide (i).

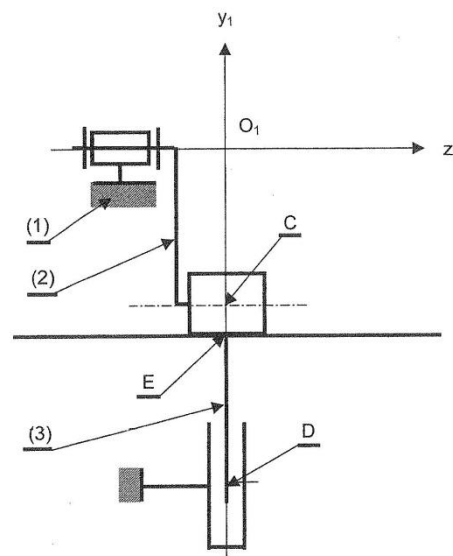
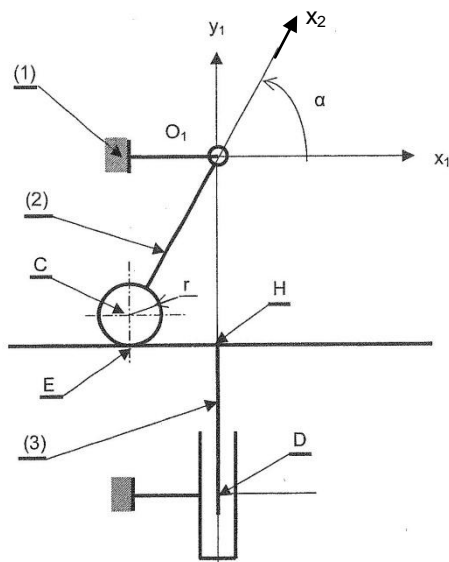
r : rayon du cylindre excentré de l'arbre (2).

e =  $O_1C$  : excentration sur l'arbre (2).

$OO_1 = L$  et  $HD = h$

$C_m$  : couple du moteur sur l'arbre (2).

F : effort exercé par l'huile sur le piston (3).



#### QUESTIONS :

- Effectuer le graphe de liaison du mécanisme. Y mentionner le bâti, et les actions mécaniques extérieures.
- Appliquer le PFS aux pièces 2 et 3. On écrira les torseurs des AM de liaisons aux centres de celles-ci.
- Ecrire le système d'équations qui en résulte.
- Conclure sur la résolution possible du système. En déduire :
  - la loi entrée sortie d'un point de vue statique (relation entre  $C_m$  et F)
  - les inconnues statiques calculables.

## Exercice 4 : Suspension Automobile "Mac-Pherson"

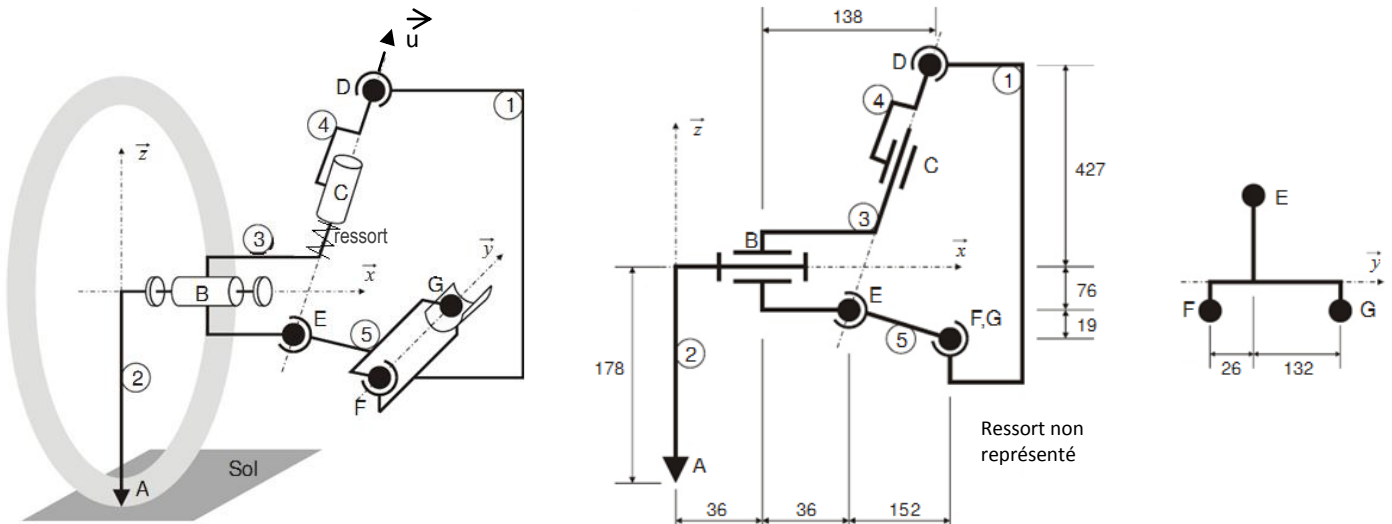
L'architecture de suspension avant la plus couramment utilisée en construction automobile est de type "Mac Pherson". Un schéma cinématique du mécanisme est proposé ci-dessous. La roue 2 en contact avec le sol est liée au moyeu 3 en B. La pièce 4 est une partie de l'ensemble ressort-amortisseur en liaison avec le châssis automobile 1 au point D. Le ressort agit entre la pièce 3 et la pièce 4. Le triangle inférieur 5 est articulé avec le moyeu 3 en E, et avec le châssis 1 en F et G. L'action du sol sur la roue 1 au point A correspond environ à  $\frac{1}{4}$  du poids total du véhicule, elle est modélisée par :



$$\left\{ \tau(\text{sol}/2) \right\}_A = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ F_A & 0 \end{Bmatrix}_R \quad \text{avec } F_A = 2350 \text{ N}$$

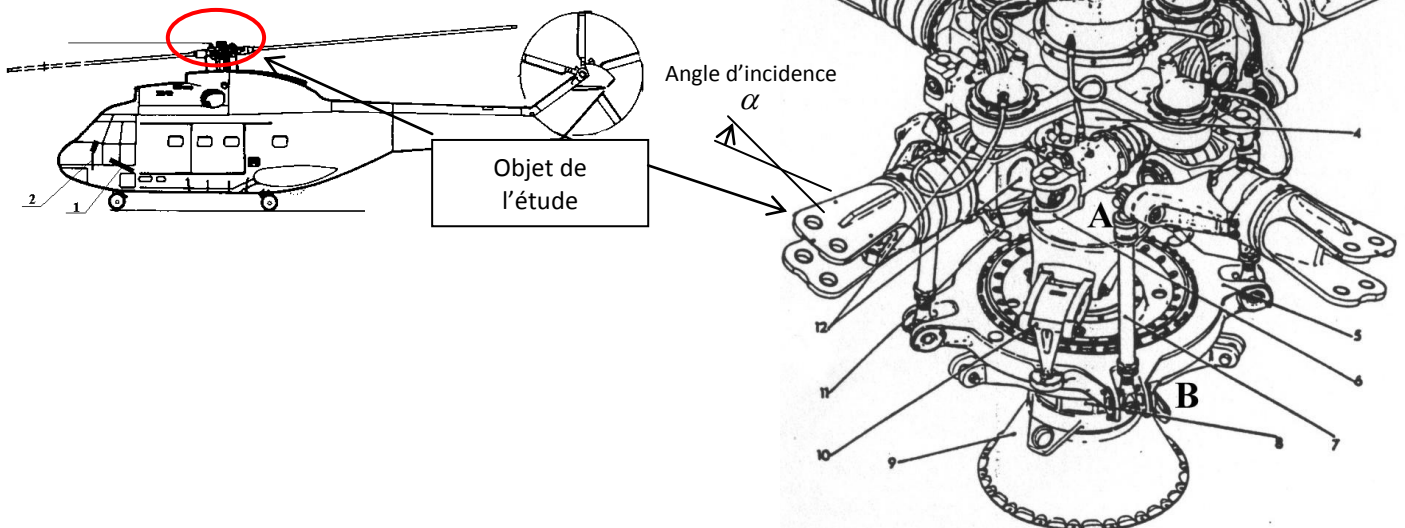
### Questions :

1. Faire un graphe de liaison du mécanisme.
2. On cherche les actions mécaniques en D, F et G. Proposer une série d'isolement permettant de les déterminer.
3. Ecrire les équations d'équilibre correspondantes.
4. Déterminer les actions de liaisons en D, F et G.
5. Proposer une méthodologie pour déterminer l'action du ressort de 4/3.



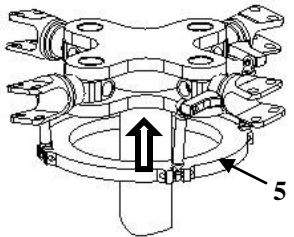
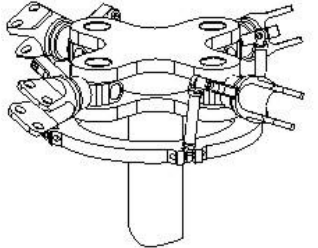
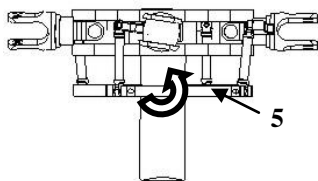
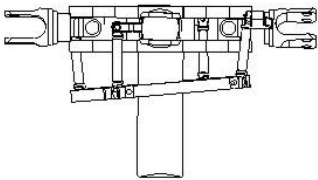
## Exercice 5 : Etude d'un rotor d'hélicoptère

La figure ci-dessous présente le moyeu rotor principal de l'hélicoptère SA330 Puma.

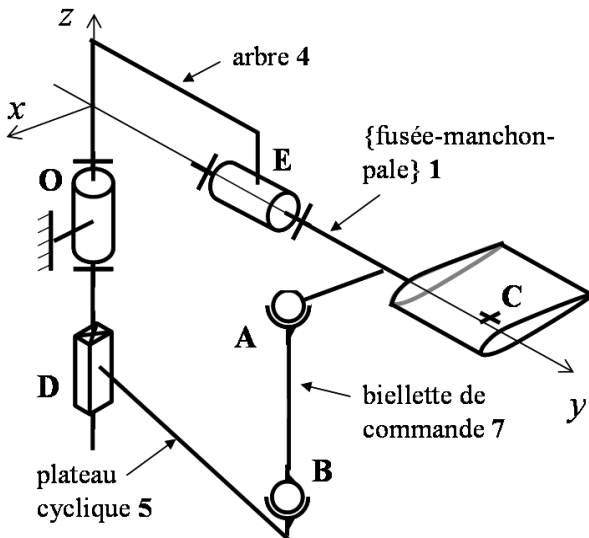


- 1 – Ensemble fusées-manchon
- 2 – Dispositif d'alimentation des amortisseurs de trainée
- 3 – Dispositif de lubrification des articulations
- 4 – Arbre rotor
- 5 – Plateau cyclique
- 6 – Amortisseur de trainée
- 7 – Bielle de commande de pas
- 8 – Couvercle supérieur
- 9 – Carter conique
- 10 – Compas, fixe et mobile
- 11 – Butée automatique basse
- 12 – Articulation combinée de trainée et battement

En simplifiant, la mise en mouvement de l'hélicoptère est la suivante :

<p><b>Commande de pas collectif</b></p> <p>En déplaçant le plateau 5 parallèlement à l'axe de rotation du rotor, le pas (ou angle d'incidence <math>\alpha</math>) de toutes les pales varie en même temps. Cette commande contrôle l'intensité de la portance du rotor et donc le mouvement de montée et de descente de l'hélicoptère.</p>		
<p><b>Commande de pas cyclique</b></p> <p>En inclinant le plateau cyclique 5, le pas de chaque pale évolue en fonction de sa position angulaire. Cette commande contrôle la direction de la portance du rotor et donc les déplacements latéraux et avant / arrière de l'hélicoptère.</p>		

On s'intéresse à la détermination des actions mécaniques au sein des biellettes du rotor. L'étude statique est réalisée sur la géométrie simplifiée où une seule pale est considérée (voir schéma suivant).



Coordonnées géométriques (en mètres)

$$\begin{matrix} \overrightarrow{OA} \\ \overrightarrow{OB} \end{matrix} \begin{vmatrix} 0,2 \\ 0,1 \\ 0,1 \end{vmatrix} \quad \begin{matrix} \overrightarrow{AB} \\ \overrightarrow{BB} \end{matrix} \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ -0,4 \end{vmatrix} \quad \begin{matrix} \overrightarrow{OC} \\ \overrightarrow{CB} \end{matrix} \begin{vmatrix} -0,05 \\ 3 \\ 0,1 \end{vmatrix} \quad \begin{matrix} \overrightarrow{OE} \\ \overrightarrow{EB} \end{matrix} \begin{vmatrix} 0 \\ 0,05 \\ 0,1 \end{vmatrix}$$

Hypothèses d'étude :

- les liaisons sont géométriquement parfaites, sans jeu et sans frottement,
- le poids propre des pièces est négligé devant l'intensité des efforts mis en jeu,
- les actions d'inertie des différents solides (autres que la pale) sont négligées devant l'intensité des efforts mis en jeu.

La pale est inclinée d'un angle d'incidence  $\alpha$  fixé, si bien que :

- la position du plateau cyclique 5 est fixée et liée à l'arbre 4 (liaison glissière bloquée en translation),
- l'action résultante de l'air sur la pale 1 et l'effet centrifuge due à sa rotation sont modélisés par le glisseur:

$$\{T_{air+inertie \rightarrow 1}\} = \begin{matrix} C \\ B \end{matrix} \begin{pmatrix} -2500 & 0 \\ 3000 & 0 \\ 10000 & 0 \end{pmatrix} \text{ appliqué au point C décalé de 5 cm par rapport à l'axe longitudinal de la pale.}$$

1. Réaliser le graphe de liaison du mécanisme considéré. Déterminer le degré d'hyperstaticité du mécanisme. Préciser les différentes mobilités cinématiques retenues.
2. Déterminer, en justifiant votre démarche, les actions mécaniques des liaisons en A et B.