

Centre d'intérêt 2

# Théorie des mécanismes

PSI : Lycée Rabelais

## Pré-requis

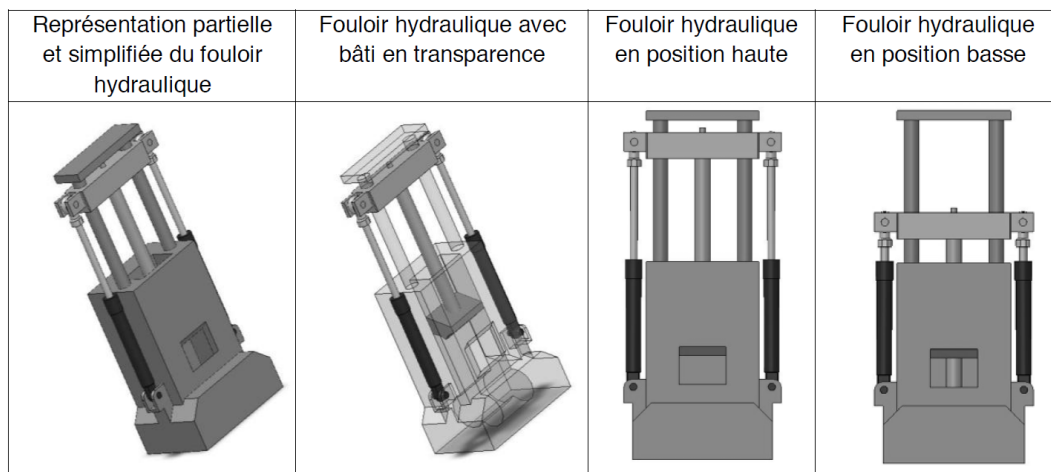
- Liaisons
- Cours sur la théorie des mécanismes

## Objectifs

- Être capable de déterminer le degré d'hyperstatisme
- Être capable de déterminer les contraintes géométriques de montage associées

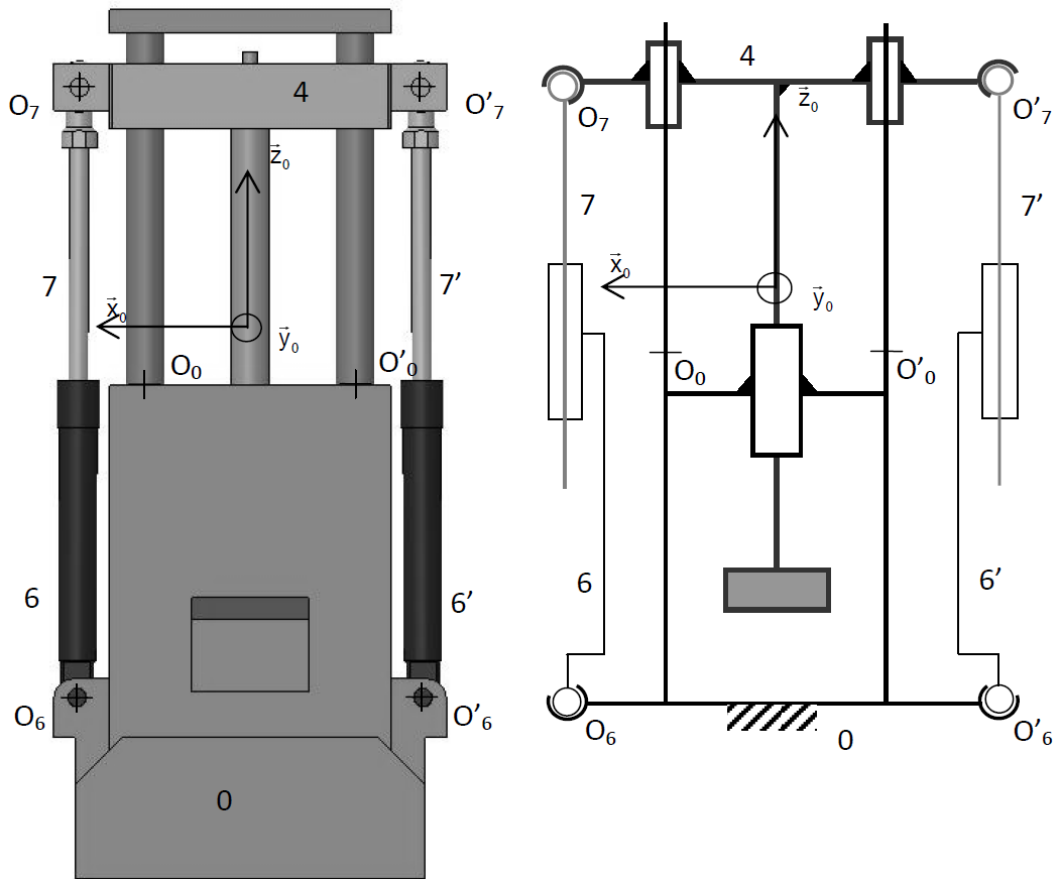
## 1 Mélangeur interne ★

On s'intéresse ici à une partie du mélangeur. Il s'agit de la structure mécanique du fouloir hydraulique. Cette partie permet en effet de moduler la taille de la chambre qui contient le mélange. Les figures ci-dessous présente le mécanisme ainsi proposé.



On cherche ici à analyser l'hyperstatisme du modèle retenu ainsi que les conditions géométriques associées.

**Q1. Mettre en place, grâce au schéma cinématique donné ci-dessous, le graphe des liaisons du mécanisme constitué des solides 0, 4, 6, 7, 6' et 7'. Nommer et caractériser toutes les liaisons. Donner le nombre cyclomatique  $\gamma$  (ou nombre de boucles indépendantes).**

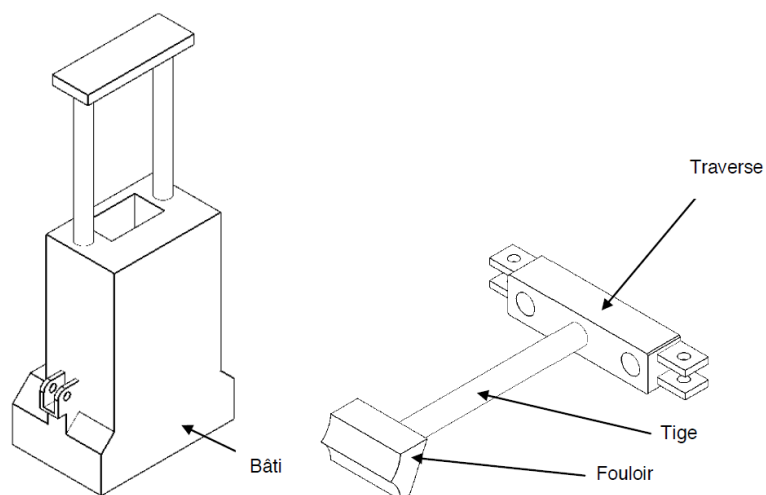


**Q2. Par analyse du mécanisme, donner le degré de mobilité  $m$  en détaillant le nombre de mobilités utiles ( $m_u$ ) et internes ( $m_i$ ). On demande de qualifier en quelques mots chacune de ces mobilités. En déduire le degré d'hyperstatisme  $h$  du modèle proposé.**

Dans le but d'analyser plus finement l'hyperstatisme, on considère maintenant uniquement le mécanisme constitué des solides 0 et 4.

**Q3. Donner le nombre cyclomatique  $\gamma'$ , le degré de mobilité  $m'$  et le degré d'hyperstatisme  $h'$  du modèle proposé pour le mécanisme constitué uniquement des solides 0 et 4. Conclure quant au montage des vérins sur la structure formée des solides 0 et 4.**

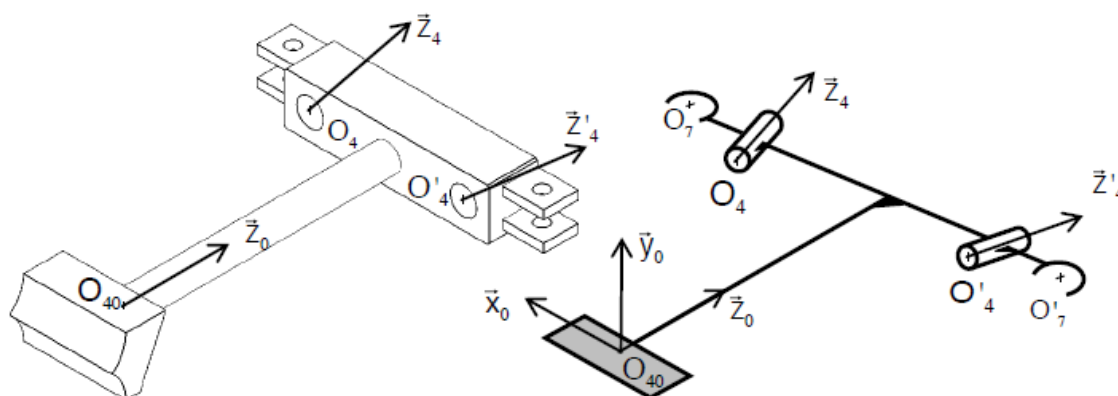
Sur la figure ci-dessous, sont représentées les surfaces des pièces constituantes des solides 0 et 4. Le solide 4 est constitué d'une traverse, d'une tige cylindrique et du fouloir lui-même.



**Q4. Indiquer, en les coloriant, les surfaces participant aux liaisons entre 0 et 4.**

Pour déterminer les conditions géométriques associées à l'hyperstatisme, on propose de s'appuyer sur les hypothèses suivantes :

- les surfaces cylindriques de la traverse et du bâti sont supposées parfaites en formes et dimensions ;
- les deux colonnes du bâti sont considérées comme étant parfaitement orientées suivant  $\vec{z}_0$  ;
- la liaison entre le fouloir seul et le bâti est telle que le contact sans jeu se fait sur des surfaces planes de normales  $\vec{x}_0$  et  $\vec{y}_0$  ;
- les surfaces de contact de la traverse sont, dans un premier temps, considérées positionnées et orientées imparfaitement, comme indiqué sur le schéma ci-dessous.



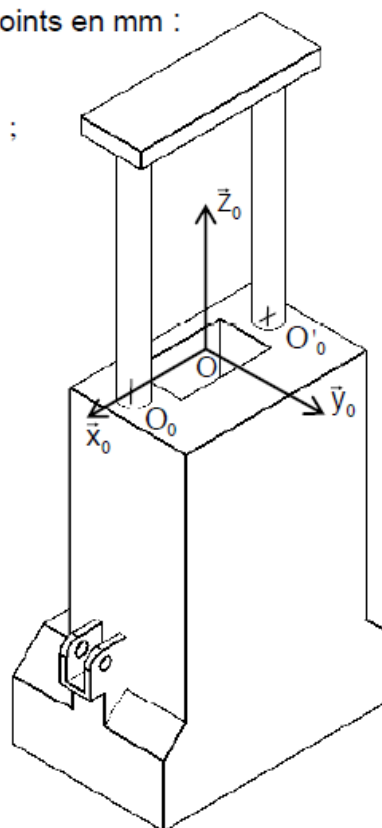
On note alors, dans la base  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , les coordonnées des points en mm :

$$\overline{OO_{40}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ z_{40} \end{pmatrix} ; \overline{OO_0} = \begin{pmatrix} 450 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} ; \overline{OO'_0} = \begin{pmatrix} -450 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} ; \overline{O_{40}O_4} = \begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \\ z_4 \end{pmatrix} ;$$

$$\overline{O_{40}O'_4} = \begin{pmatrix} x'_4 \\ y'_4 \\ z'_4 \end{pmatrix} ; \overline{O_{40}O_7} = \begin{pmatrix} x_7 \\ y_7 \\ z_7 \end{pmatrix} ; \overline{O_{40}O'_7} = \begin{pmatrix} x'_7 \\ y'_7 \\ z'_7 \end{pmatrix}$$

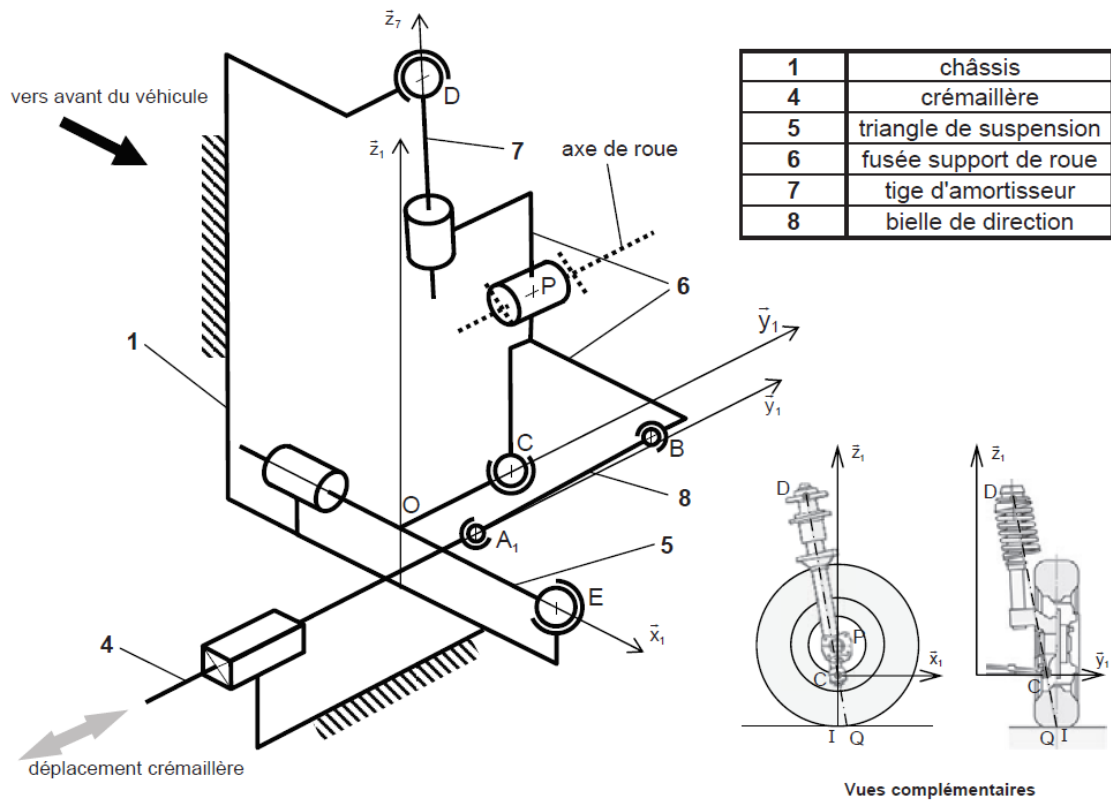
et vecteurs :

$$\vec{z}_4 = \begin{pmatrix} u_4 \\ v_4 \\ w_4 \end{pmatrix} ; \vec{z}'_4 = \begin{pmatrix} u'_4 \\ v'_4 \\ w'_4 \end{pmatrix}$$



Q5. Donner le nombre de conditions géométriques d'orientation et de position pour assurer le bon guidage du solide 4. Donner alors, parmi les dix-neuf paramètres introduits ci-dessus, la valeur de ceux qui doivent être fixés précisément.

## 2 Mécanisme de direction ★



On étudie ici un mécanisme de direction présent sur une voiture. Ce mécanisme permet d'orienter la roue lorsque la crémaillère se translate. La crémaillère est mise en mouvement par le volant à l'aide d'un pignon. Il permet aussi l'inclinaison de la roue dans une autre direction permettant l'écrasement des ressorts de l'amortisseur.

**Question 1.** Faire le graphe des liaisons sans prendre en compte la pivot qui lie la pièce 6 et la roue.

**Question 2.** En déduire le degré d'hyperstatisme.

**Question 3.** Déterminer la liaison équivalente entre les pièces 1 et 5. Quel est le degré d'hyperstatisme de cette liaison ? Quel est l'avantage de ce montage ?

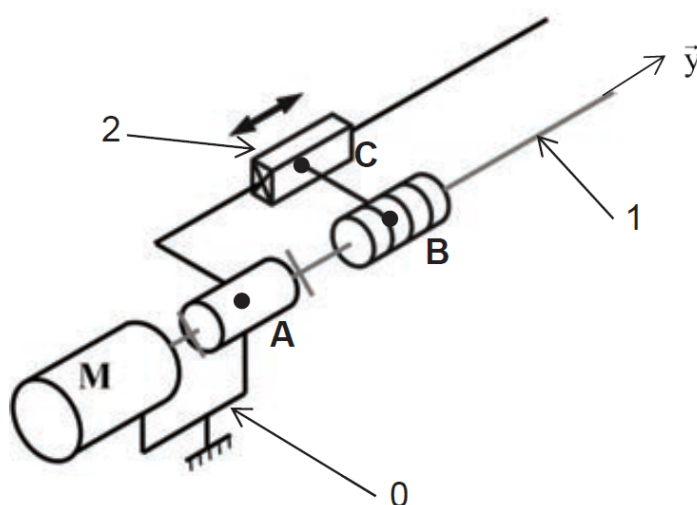
**Question 4.** Modifier l'une des deux liaisons entre 1 et 5 afin d'obtenir la même liaison équivalente mais avec un montage isostatique. Quel serait l'avantage de ce type de montage ?

### 3 Système vis-écrou ★

On se propose d'étudier un module permettant la translation d'un coulisseau 2 muni d'une vis à billes. On peut garder l'hyperstaticité sous certaines conditions ou essayer de transformer le modèle pour le rendre isostatique. Le schéma cinématique est donné ci-dessous.

**Question 1.** Donner le graphe des liaisons du mécanisme constitué des solides 0, 1, 2. Nommer et caractériser toutes les liaisons.

**Question 2.** Écrire le torseur des actions transmissibles pour chacune des liaisons. On note  $p$  le pas de la vis à billes. On notera les torseurs en respectant la notation "en colonne".



Donner pour le torseur  $T\{1 \rightarrow 2\}$ , la relation liant  $M_{12}$  à  $Y_{12}$  et  $p$ .

**Question 3.** Donner l'expression du degré d'hyperstaticité  $h$  du mécanisme en fonction de  $m$ ,  $E_s$  et  $I_s$  respectivement le degré de mobilité du mécanisme, le nombre d'équations à résoudre et le nombre d'inconnues de liaisons. Faire l'application numérique.

**Question 4.** Conclure sur la nature des contraintes à mettre en place si le modèle n'est pas modifié. Préciser en un mot la principale qualité d'un système hyperstatique et son principal défaut.

**Question 5.** Proposer l'ajout d'une ou deux liaisons supplémentaires permettant de lever l'hyperstatisme. Faire un schéma cinématique. Nommer et situer cette ou ces liaisons.

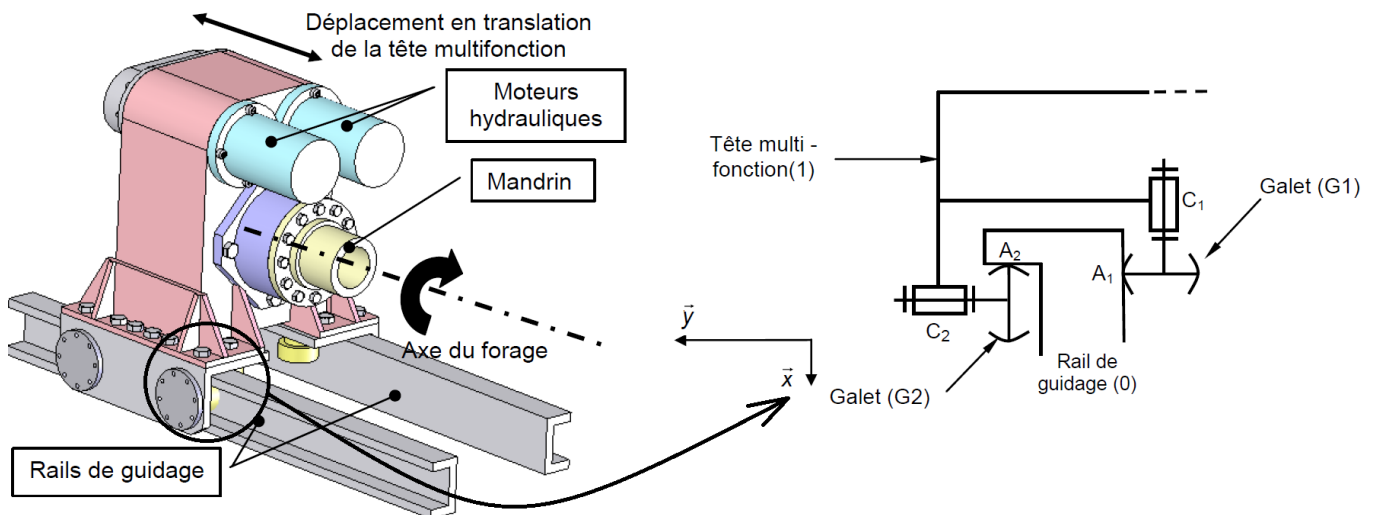
## 4 Roboclimber ★

Roboclimber est un robot géotechnique utilisé pour la consolidation des talus de sols naturels ou des escarpements rocheux au dessus des routes ou des zones habitées. Il est issu d'un programme européen de recherche et est actuellement exploité par la société italienne d'ingénierie D'Appolonia.

Lorsque des falaises ou talus menacent de s'effondrer sur des infrastructures, un des seuls remèdes consiste à consolider le versant en y forant des trous suivant un maillage régulier et à y enfoncer des pieux en acier qui structurent l'ensemble et le consolident.



La foreuse est composée d'une tête multifonction qui se déplace en translation (dans l'axe du forage) sur deux rails de guidage (voir figure ci-dessous). La tête multifonction est reliée aux deux rails de guidage par l'intermédiaire de 8 galets. Chacun de ces galets est légèrement bombé, ce qui permet d'envisager un contact ponctuel entre le rail et le galet, conformément au schéma cinématique proposé.



On notera  $G_2, G_4, G_6$  et  $G_8$  les galets en liaison pivot d'axe  $(C_i, \vec{y})$   $i=2, 4, 6$  et  $8$  avec la tête multifonction. On notera  $G_1, G_3, G_5$  et  $G_7$  les galets en liaison pivot d'axe  $(C_j, \vec{x})$   $j=1, 3, 5$  et  $7$  avec la tête multifonction.

On se propose de déterminer le degré d'hyperstatisme de la liaison équivalente entre le rail-guide (0) et la tête multifonction (1).

a) Établir le graphe de liaisons limité aux dix solides suivants : (0), (1) et les huit galets ( $G_i$ ).

b) Donner, sans calcul, le nom et les caractéristiques géométriques de la liaison équivalente entre (0) et (1).

c) Déterminer le degré d'hyperstatisme de cette liaison équivalente entre le rail-guide (0) et la tête multifonction (1).

d) Quel peut être l'intérêt d'un tel degré d'hyperstatisme ?

## 5 Mécanisme fictif ★

Voici un mécanisme purement fictif issu de l'esprit machiavélique de votre professeur.

Déterminer son degré d'hyperstatisme.

