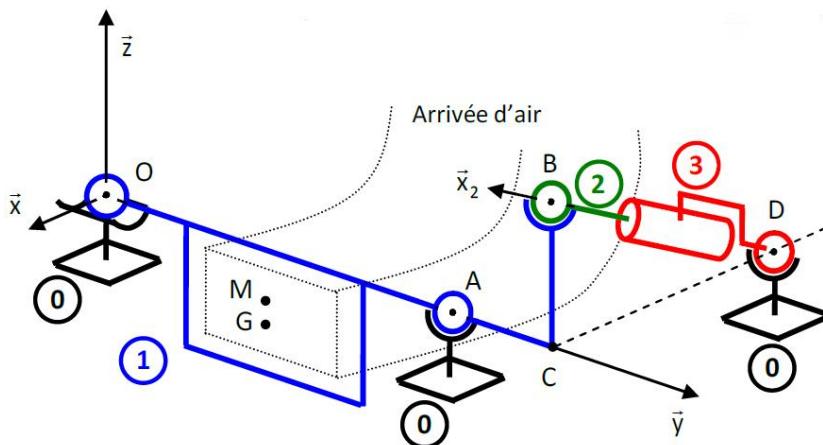


1 BOUCHE DE CLIMATISATION COMMANDEE

On s'intéresse à une bouche de climatisation de bureau. L'air climatisé arrive par le réseau d'air climatisé du bâtiment et est distribué par plusieurs bouches. Le débit d'air entrant sur chaque bouche est initialement réglé par l'intermédiaire d'un clapet dont l'ouverture est maîtrisée par un vérin. On donne ci-dessous la modélisation sous forme de schéma d'architecture.



Données :

$$a = 50 \text{ cm} \quad h = 50 \text{ cm}$$

$$l = 40 \text{ cm} \quad c = 15 \text{ cm}$$

$$d = 20 \text{ cm} \quad e = 30 \text{ cm}$$

$$S = 20 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{air}} = 150 \text{ N}$$

$$\overrightarrow{OG} = a \cdot \vec{y} - h \cdot \vec{z}$$

$$\overrightarrow{OA} = 2a \cdot \vec{y}$$

$$\overrightarrow{OM} = a \cdot \vec{y} - l \cdot \vec{z}$$

$$\overrightarrow{OB} = (2a + c) \cdot \vec{y} + d \cdot \vec{z}$$

$$\overrightarrow{OD} = -e \cdot \vec{x} + (2a + c) \cdot \vec{y}$$

Le clapet 1, de masse m et de centre d'inertie G , est en liaison avec le mur 0 par l'intermédiaire d'une liaison rotule de centre A et d'une liaison linéaire annulaire en O d'axe (O, \vec{y}) . Cette solution permet ainsi une rotation du clapet autour de l'axe (O, \vec{y}) .

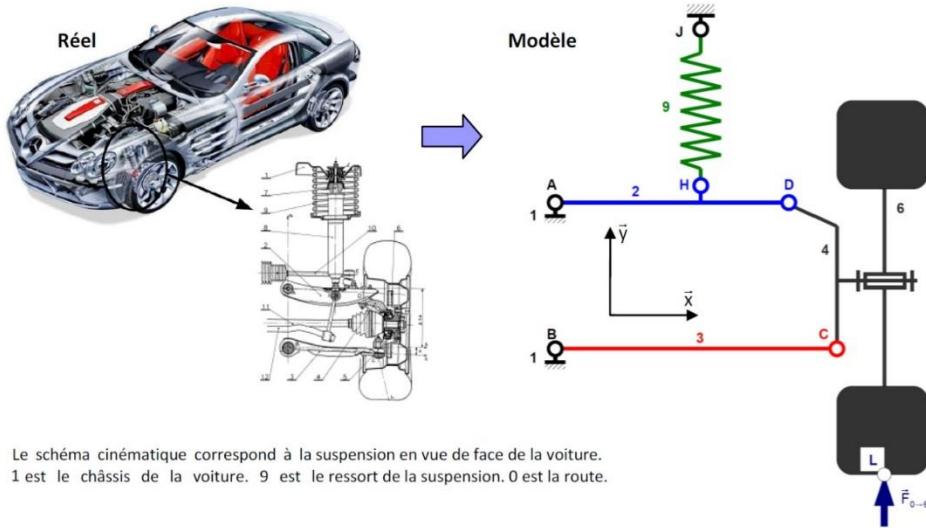
L'air climatisé arrive par la bouche et exerce sur le clapet 1 une poussée modélisée au point M par un torseur de type glisseur dont la résultante est : $\vec{R}(\text{air} \rightarrow 1) = F_{\text{air}} \cdot \vec{x}$

Le débit d'air entrant est initialement réglé par l'intermédiaire de la raideur du vérin dont la tige est en liaison rotule de centre B avec le clapet et dont le corps est en liaison rotule de centre D avec le mur 0. Un fluide placé à l'intérieur du vérin produit sur la tige de vérin 2 une poussée modélisée au point B par un torseur de type glisseur dont la résultante est : $\vec{R}(\text{fluide} : 3 \rightarrow 2) = p \cdot S \cdot \vec{x}_2$ avec $\alpha = (\vec{x}, \vec{x}_2) = (\vec{y}, \vec{y}_2)$, S la section du piston et p la pression dans le vérin.

- 1- Donner la forme du torseur d'action mécanique transmissible de la liaison 0 sur 1 en A .
- 2- Donner la forme du torseur d'action mécanique transmissible de la liaison 0 sur 1 en O .
- 3- Etablir le graphe d'isolement du système.
- 4- Isoler l'ensemble 2+3, appliquer le PFS en D pour montrer que l'action mécanique de 1 sur 2 en B est de la forme $\{\mathcal{T}(1 \rightarrow 2)\} = \{\vec{R}(1 \rightarrow 2) = R_{12} \cdot \vec{x}_2 - \vec{0}\}_B$.
- 5- Isoler 1 et appliquer le TMS en O en projection sur \vec{y} pour obtenir une équation scalaire liant p et F_{air} .
- 6- On donne S : section du piston du vérin. Déterminer la pression p dans le vérin. Faire l'application numérique et vérifier que la pression est inférieure à 2 bars.

2 SUSPENSION AUTOMOBILE

On s'intéresse à une suspension automobile dont on donne ci-dessous un extrait de cahier des charges fonctionnel ainsi qu'une modélisation. L'objectif est de vérifier si la suspension satisfait le niveau du critère d'affaissement statique maximal du cahier des charges, c'est à dire vérifier si la voiture, soumise à son propre poids, s'affaisse de moins ou de plus de 12 cm, suite à l'écrasement des amortisseurs.



Données :

$$\begin{aligned}\overrightarrow{BA} &= a \cdot \vec{y} & \overrightarrow{BC} &= b \cdot \vec{x} & \overrightarrow{AD} &= d \cdot \vec{x} & \overrightarrow{AH} &= L \cdot \vec{x} + h \cdot \vec{y} & \overrightarrow{DC} &= c \cdot \vec{x} - a \cdot \vec{y} & \overrightarrow{CL} &= e \cdot \vec{x} - \mu \cdot \vec{y} \\ a &= 16 \text{ cm} & b &= 33 \text{ cm} & c &= 8 \text{ cm} & d &= 25 \text{ cm} & h &= 3 \text{ cm} & L &= 15 \text{ cm} & e &= 9 \text{ cm} & \mu &= 18 \text{ cm}.\end{aligned}$$

La raideur du ressort est $k = 100\,000 \text{ N.m}^{-1}$. La masse de la voiture est de 2 200 kg.

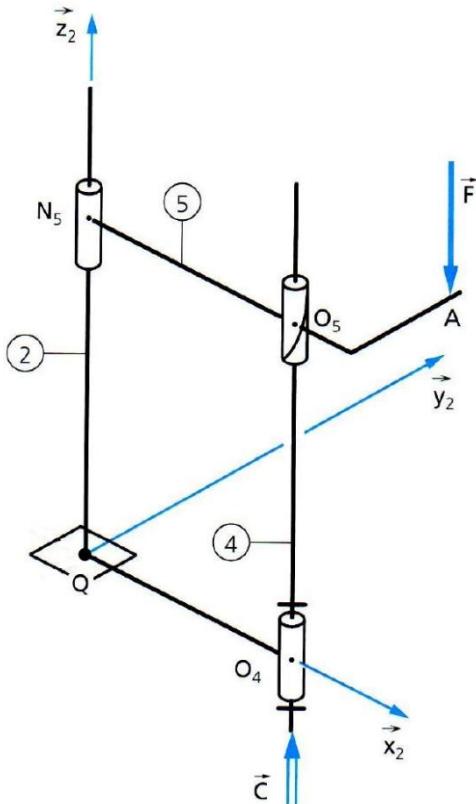
Hypothèses :

- Le problème est plan ; la pesanteur est négligée ; toutes les liaisons sont parfaites ;
- L'action du sol sur la roue est modélisée par $\vec{R}(\text{sol} \rightarrow 6) = F \cdot \vec{y}$ (où F représente le quart du poids de la voiture, qui se répartie également sur les quatre roues) ;
- \overrightarrow{HJ} reste toujours parallèle à \vec{y} :
 - $\vec{R}(\text{ressort} : 0 \rightarrow 2) = -k \cdot \Delta y \cdot \vec{y}$ avec Δy : écrasement du ressort

- 1- Etablir le graphe d'isolement du système.
- 2- Isoler la pièce 3 et montrer que $Y_{43} = 0$.
- 3- Isoler l'ensemble {4+6}, appliquer le PFS au point D et en déduire 3 équations scalaires.
- 4- Déterminer les équations obtenues en appliquant le PFS à la pièce 2 au point A.
- 5- Déterminer toutes les inconnues d'effort en fonction de F .
- 6- Conclure quant à la capacité de la suspension de voiture à satisfaire l'exigence « Affaissement statique » du cahier des charges.

3 DISPOSITIF DE LEVAGE

Le dispositif dont le modèle est donné ci-dessous permet de lever des charges verticalement.



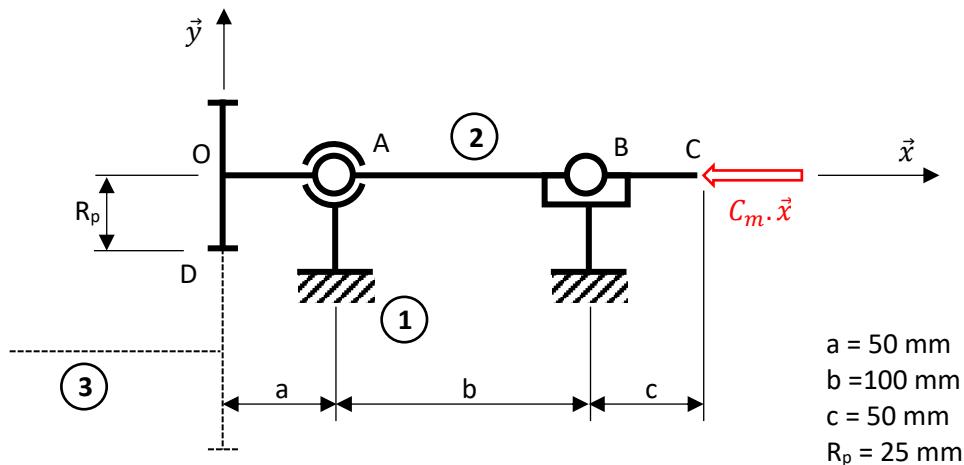
Données :

- $\overrightarrow{QN_5} = \lambda(t) \cdot \vec{z}_2$
- $\overrightarrow{N_5O_5} = a_5 \cdot \vec{x}_2$
- $\overrightarrow{O_5A} = b \cdot \vec{x}_2 + c \cdot \vec{y}_2$
- $\{\mathcal{T}(ext \rightarrow 4)\} = \left\{ \begin{matrix} \vec{0} \\ C \cdot \vec{z}_2 \end{matrix} \right\}_{O_4}$
- $\{\mathcal{T}(charge \rightarrow 5)\} = \left\{ \begin{matrix} -F \cdot \vec{z}_2 \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_A$

- 1- Définir les torseurs d'action mécanique transmissible de chaque liaison.
- 2- Etablir le graphe d'isolement du système.
- 3- Isoler le solide 4 puis le solide 5 et donner les équations fournies par les P.F.S..
- 4- Déterminer la relation entre F et C .
- 5- Combien et quelles inconnues sont surabondantes pour pouvoir résoudre le système d'équations précédents.

4 ARBRE DE TRANSMISSION DE REDUCTEUR

Un arbre de transmission **2** de réducteur est en liaison pivot avec le carter **1** de ce dernier. Cette liaison est composée de deux roulements à billes à contact radial situés en *A* et *B*.



Le pignon de l'arbre **2** transmet la puissance motrice au pignon **3**. L'action mécanique des actions de contact est modélisée par le torseur en *D* :

$$\{\mathcal{T}(3 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} F_{aD} & 0 \\ F_{rD} & 0 \\ F_{tD} & 0 \end{Bmatrix}_D \quad \text{avec} \quad \begin{cases} F_{aD} = K_a \cdot F_{tD} \\ F_{rD} = K_r \cdot F_{tD} \end{cases}$$

L'action mécanique en *C* de **1** sur **2**, dues à la transmission de puissance, est modélisée par le torseur suivant :

$$\{\mathcal{T}(CEM : 1 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_m \cdot \vec{x} \end{Bmatrix}_C$$

- 1- Réaliser le graphe d'isolement correspondant à la modélisation de l'arbre de transmission.
- 2- Exprimer les torseurs d'actions mécaniques des liaisons en *A* et *B*.
- 3- Isoler l'ensemble **2** et appliquer le P.F.S. en *A* pour déterminer les six équations d'équilibre.
- 4- Déterminer les actions mécaniques dans les deux roulements.
- 5- En déduire les expressions des charges radiales et axiales (F_R , F_A) dans chacun des roulements.

5 PILOTE AUTOMATIQUE DE BATEAU

La figure ci-dessous représente un ensemble **safran**, mèche **1**, barre **2** permettant de diriger un bateau selon le cap souhaité par le barreur.

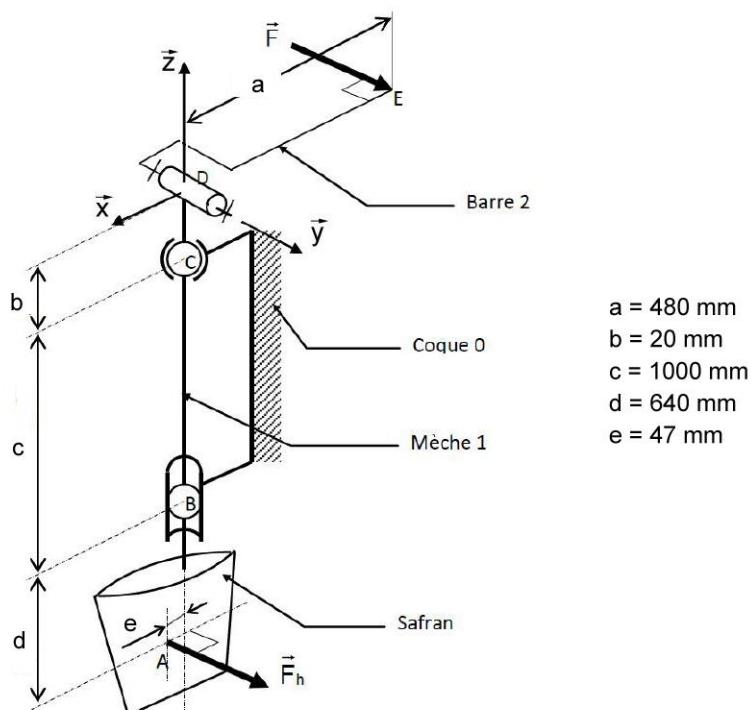
On cherche à déterminer l'action mécanique du barreur ou du pilote automatique sur la barre **2**. Cette action mécanique est représentée en **E** par le torseur :

$$\{\mathcal{T}(ext \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{F} = F \cdot \vec{y} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_E$$

La force hydrodynamique exercée par l'eau sur le safran est caractérisée en **A** par le torseur d'action mécanique suivant :

$$\{\mathcal{T}(eau \rightarrow safran)\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}(eau \rightarrow safran) = F_h \cdot \vec{y} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_A \quad \text{avec} \quad F_h = 570 \text{ daN}$$

Le poids des différentes pièces est négligé, et les liaisons sont considérées comme parfaites.



- 1- Etablir le graphe d'isolement du système.
- 2- Isoler l'ensemble **1 + 2 + safran** et appliquer le théorème du moment statique en projection sur (C, \vec{z}) pour obtenir F en fonction des autres données.

On souhaite déterminer les actions mécaniques dans les roulements en **B** et **C**.

- 3- Choisir l'isolement et appliquer le théorème adapté pour déterminer les actions mécaniques dans les roulements.

On souhaite déterminer les actions mécaniques dans la liaison en **D**.

- 4- Choisir l'isolement et appliquer le théorème adapté pour déterminer les actions mécaniques dans la liaison.