

# CI 6 : ÉTUDE DU COMPORTEMENT STATIQUE DES SYSTÈMES

## CHAPITRE 3 – RÉOLUTION DES PROBLÈMES DE STATIQUE PLANE

### TRAVAUX DIRIGÉS

#### Suspension arrière de VTT



On se propose d'étudier la transmission des efforts dans une suspension arrière de VTT Kona « Dawg » de « back country »

Le basculeur 4 est en liaison pivot avec le cadre, d'une part, et il est articulé sur le hauban 3 et sur le demi combiné 5 (voir schéma cinématique page suivante et photo de la suspension arrière ci dessous). Le cadre du VTT est considéré comme fixe, et on applique à la roue arrière un glisseur vertical ( $A, \vec{y}$ ) au point de contact A, de module 700 N par l'intermédiaire du support 7, simulant l'action du sol lorsque le pilote est assis sur le vélo.

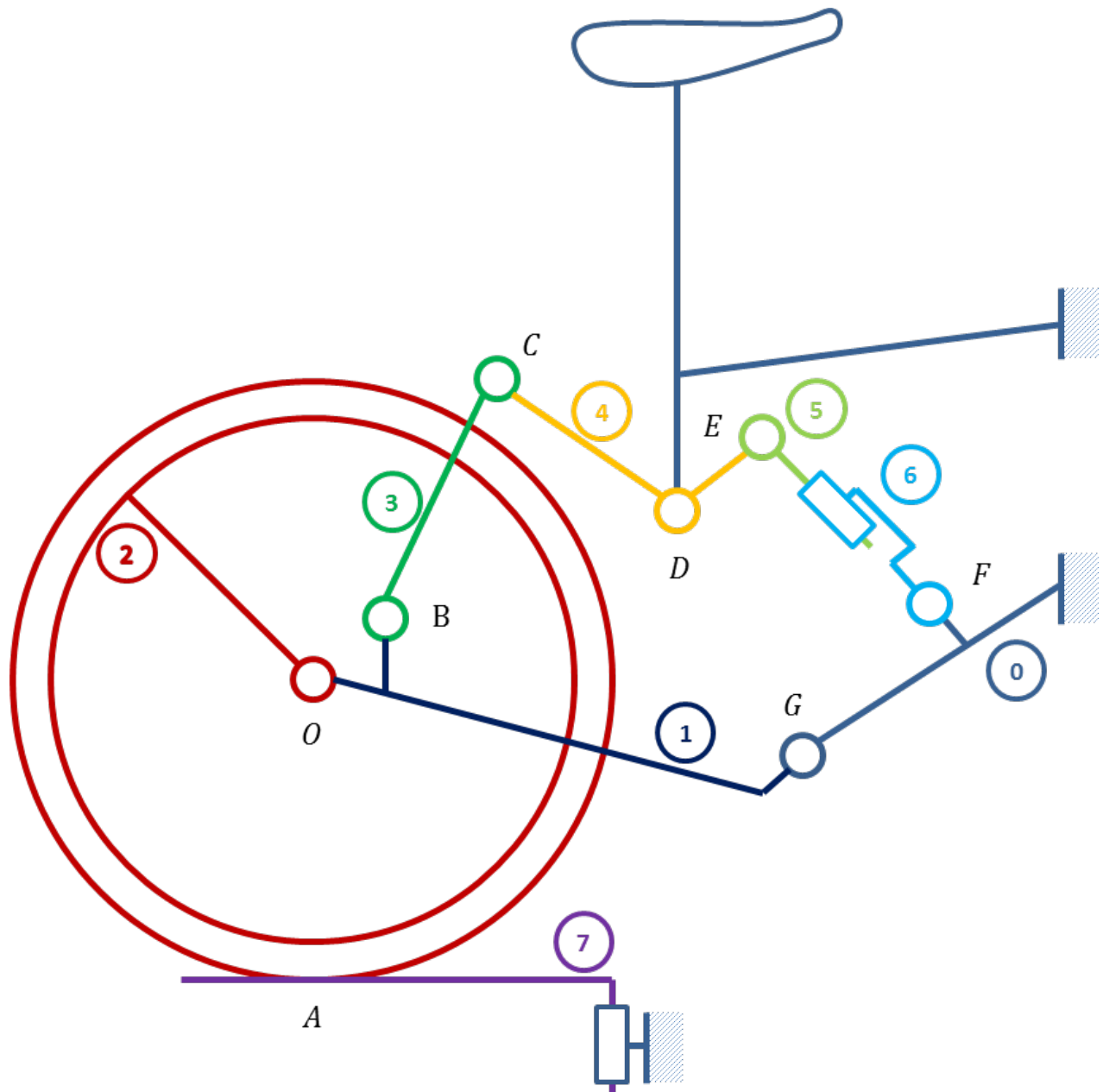
L'exercice consiste à déterminer graphiquement l'effort exercé sur l'ensemble (ressort pneumatique / amortisseur) (5+6), puis déterminer la pression d'air à établir sous charge dans le ressort pneumatique (identique à un vérin simple effet dont l'orifice serait bouché). Le problème est considéré plan, les pivots transmettent donc des glisseurs.

#### Question 1

Tracer  $\vec{A}_{7 \rightarrow 2}$  puis déterminer  $\vec{E}_{4 \rightarrow 5}$ , en expliquant soigneusement la méthode. Le diamètre du piston du « vérin » de suspension (ressort pneumatique) est de 40 mm.

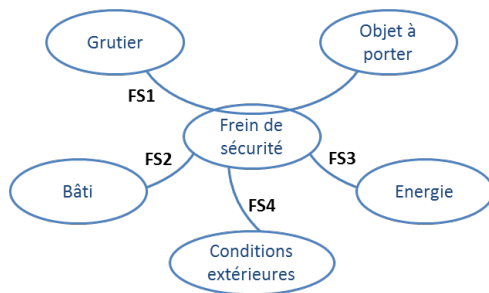
#### Question 2

Déterminer la pression (relative) régnant dans la chambre sous la charge statique calculée précédemment, en précisant son unité.



## Grue portuaire

Les grues portuaires permettent de transporter des marchandises pour les débarquer des bateaux sur les quais ou pour charger les marchandises dans les bateaux. Ces systèmes sont toujours équipés d'un frein de sécurité qui permet de freiner la chute des objets à porter au cas où un dysfonctionnement apparaîtrait. L'objectif est de vérifier si le frein de sécurité, dont on donne un extrait de cahier des charges ci dessous, permet de satisfaire le niveau du critère de la fonction FS1.



FS 1 : Permettre au grutier de freiner la chute des objets à porter  
FS 2 : S'adapter au bâti  
FS 3 : S'adapter à l'énergie  
FS 4 : Résister aux conditions extérieures

Fonction	Intitulé	Critère	Niveau
FS 1	Permettre au grutier de freiner la chute des objets à porter	Poids maximal des objets à porter	60 000 N

Le schéma cinématique du frein est fourni sur la figure de la page suivante. L'objet à porter repéré 8 sur le schéma est soumis à la gravité. On néglige la passe de toutes les autres pièces. La pîge 9 relie les pièces 2, 3 et 4 au point *B*, toutes en liaison pivot par rapport à la pîge 9.

Toutes les liaisons sont parfaites sauf le contact entre 5 et 7 et entre 6 et 7, respectivement aux points *G* et *H* qui se font avec frottement. Le coefficient de frottement est de 0,15. On se placera à la limite du glissement qui correspond au cas extrême.

On pourra faire l'hypothèse que le problème est plan.

### Question 1

Déterminer si, pour serrer le frein, la haute pression dans le vérin doit se situer dans la cavité supérieure ou inférieure.

### Question 2

La pression dans le vérin est de 200 bars. La section du vérin est de  $30 \text{ cm}^3$ . Déterminer l'effort que le vérin exerce sur 9 pour serrer le frein.

### Question 3

Tracer le graphe d'analyse associé au système.

### Question 4

Après avoir isolé le solide 2, appliquer le PFS et déterminer les inconnues de liaisons.

### Question 5

Après avoir isolé les solides 3 et 4, appliquer le PFS et déterminer les inconnues de liaisons.

### Question 6

Après avoir isolé le solide 9, appliquer le PFS et déterminer les inconnues de liaisons.

### Question 7

Après avoir isolé le solide 5, appliquer le PFS et déterminer les inconnues de liaisons.

### Question 8

Après avoir isolé le solide 6, appliquer le PFS et déterminer les inconnues de liaisons.

### Question 9

On donne  $\|\vec{KG}\| = \|\vec{KH}\| = 12 \text{ cm}$ . Déterminer le couple de freinage qui s'exerce sur les pièces 5, 6 et 7.

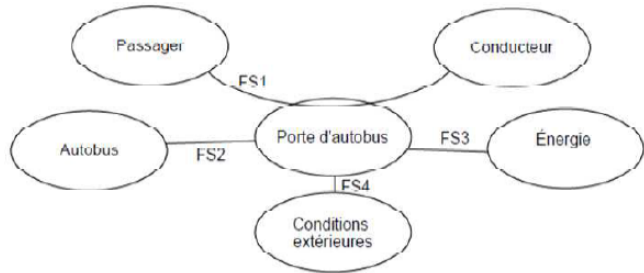


## Porte d'autobus

On considère un système d'ouverture de porte d'autobus dont on donne un extrait du cahier des charges ci-dessous.



Porte d'autobus



FS1 : permettre au conducteur d'autoriser ou non le passage du passager  
FS2 : s'adapter à l'autobus  
FS3 : s'adapter à l'énergie  
FS4 : résister aux conditions extérieures

Fonction	Critère	Niveau
FS1	Force maximale de fermeture	90 N
	...	...

(L'effort maximal de fermeture est de 90 N).

La figure de la page suivante représente le schéma du mécanisme actionneur d'une porte (3) d'autobus (en vue de dessus). Au dessus de la porte, un vérin pneumatique (air comprimé) (4,5) entraîne une bielle (2) en liaison pivot avec la carrosserie (1). Le bras (AB), encastré à la bielle (2), entraîne une le battant de porte (3) qui est guidé par une maneton (C) se déplaçant dans une rainure. L'amplitude de rotation de la bielle (2) de 90 degrés environ permet d'obtenir les positions extrêmes (ouvert/fermé) du battant (3). Tous les tracés se feront sur le document réponse de la page suivante.

Lorsque la porte se ferme, il ne faut pas qu'elle exerce une force trop importante si jamais un passager venait à se faire coincer par elle. L'objectif est donc de vérifier si la porte d'autobus satisfait le niveau du critère de force maximale de fermeture de la fonction FS1 ou non.

Tous les tracés graphiques se feront sur la figure de la page suivante.

### Question 1

En isolant la pièce 3, déterminer graphiquement les efforts dans les liaisons en B et C. Faire les constructions graphiques en rouge.

### Question 2

Déterminer la direction de l'effort dans la liaison F en argumentant.

### Question 3

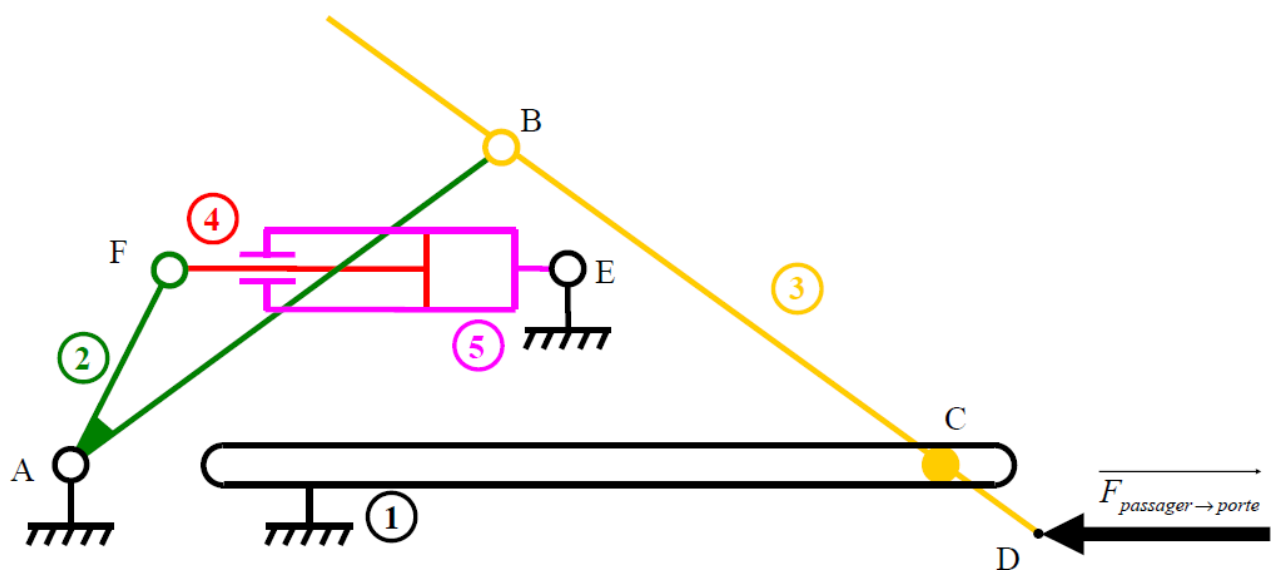
En isolant la pièce 2, déterminer graphiquement les efforts dans les liaisons en A et F. Faire les constructions graphiques en bleu.

### Question 4

Déterminer si haute pression est dans la cavité intérieure gauche ou droite du vérin.

### Question 5

La surface du piston  $S = 3 \text{ cm}^2$ , et la pression dans le vérin étant limité à 1 MPa, conclure quant à la capacité de la porte d'autobus à satisfaire le niveau du critère de force maximale de fermeture de la fonction FS1.

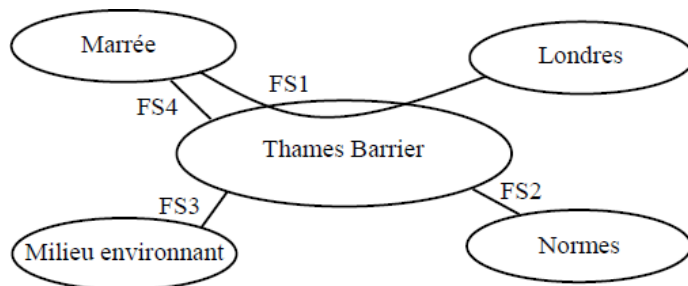
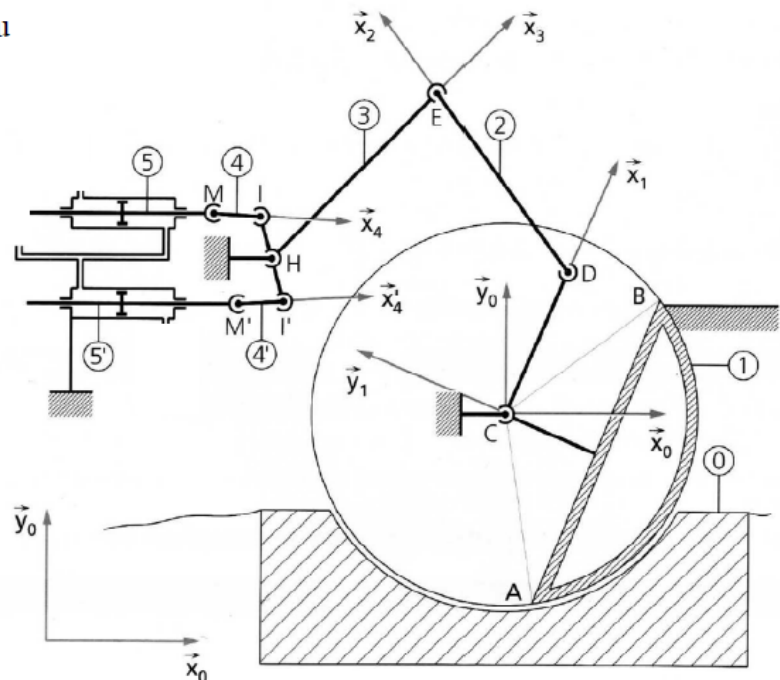
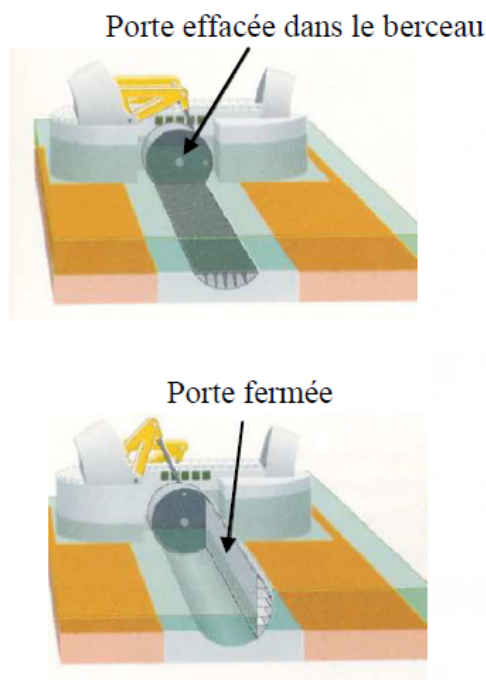


## Barrage de la Tamise

Le Thames Barrier est un barrage spectaculaire conçu pour protéger la ville de Londres des marées exceptionnellement élevées qui peuvent remonter de la mer. Sa construction terminée en 1982 a nécessité 51 000 tonnes d'acier 210 000  $m^3$  de béton, ce qui en fait le deuxième barrage mobile le plus grand du monde.



La structure s'étend sur 520 mètres de large et est constituée de 10 portes en forme de secteur angulaire de 20 mètres de haut. Chaque porte est totalement effacée dans un berceau en béton coulé au fond de la rivière. En cas de montée des eaux, les portes pivotent en position verticale par une machinerie hydraulique.



FS1 : Protéger la ville de Londres des marées exceptionnellement élevées  
FS2 : Respecter les normes de sécurité  
FS3 : Respecter le milieu environnant  
FS4 : Résister à la poussée de l'eau

Fonction	Critère	Niveau
FS2	... Pression dans un vérin ...	... 350 Bars maxi ...

Le système qui peut être considéré comme plan est constitué de :

- la porte 1 en liaison pivot d'axe  $(C, \vec{z}_0)$  avec le bâti 0 actionnée par la bielle 2 au niveau du point D ;
- la bielle 2 en liaison pivot d'axe  $(D, \vec{z}_0)$  avec la porte 1 et en liaison pivot d'axe  $(E, \vec{z}_0)$  avec la pièce 3 ;
- la pièce 3 en liaison pivot d'axe  $(H, \vec{z}_0)$  avec le bâti 0 actionnée en I et I' par les biellettes 4 et 4' ;
- les biellettes 4 et 4' en liaison pivot d'axe  $(I, \vec{z}_0)$  et d'axe  $(I', \vec{z}_0)$  avec les pièces 2 et en liaison pivot d'axe  $(M, \vec{z}_0)$  et  $(M', \vec{z}_0)$  avec les tiges des vérins 5 et 5' ;

- deux vérins dont les tiges 5 et 5' actionnent les biellettes 4 et 4'.

L'objectif est de vérifier ou non le critère de la FS2 dans le cas extrême où **seule la tige du vérin 5 est active suite à une rupture de la biellette 4'**.

### Question 1

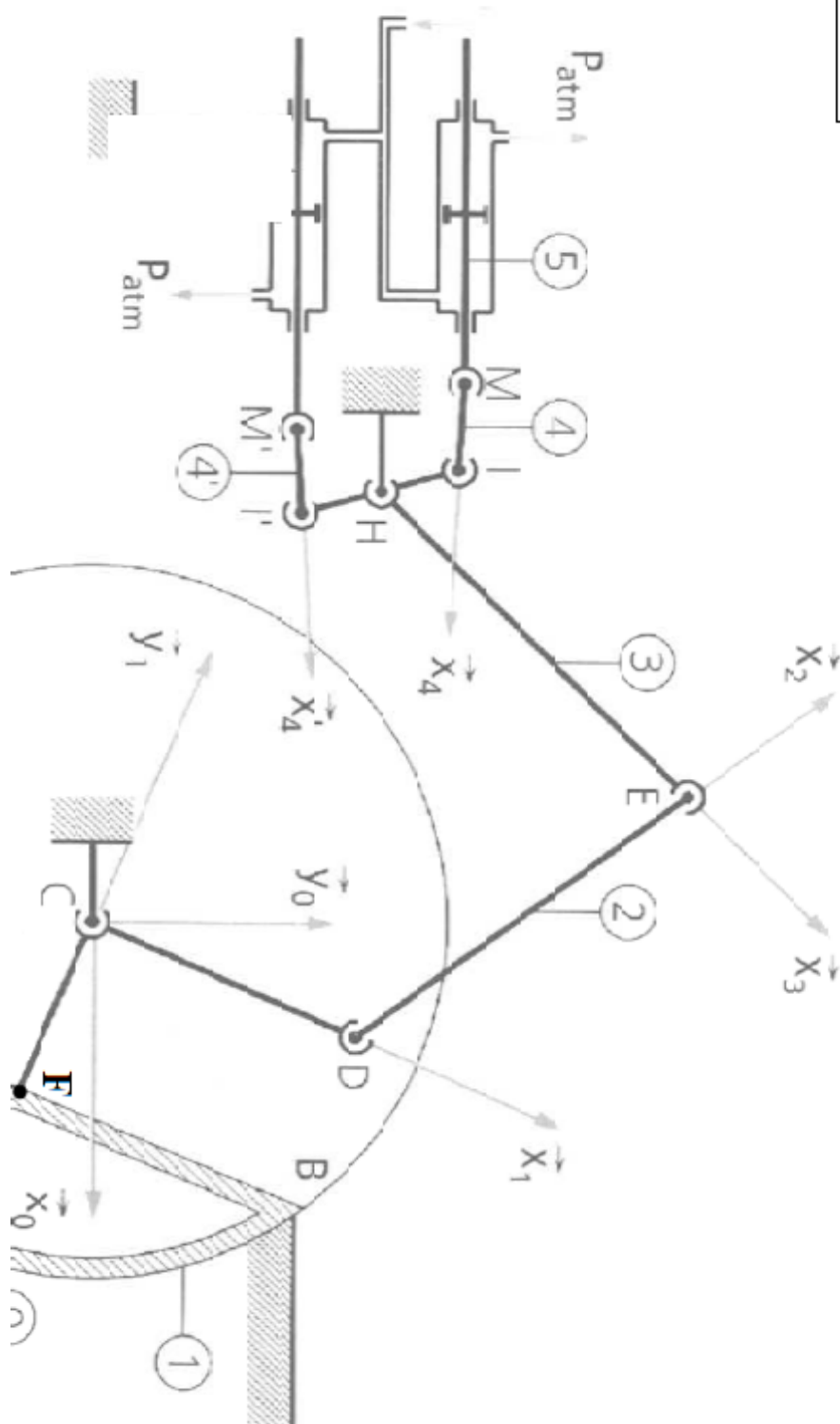
L'action mécanique de l'eau sur la porte est modélisée globalement par une force  $\overrightarrow{F_{eau \rightarrow 1}}$  telle que :  $\overrightarrow{F_{eau \rightarrow 1}} = \begin{bmatrix} -2 \cdot 10^6 \text{ N} \\ -1 \cdot 10^6 \text{ N} \\ 0 \text{ N} \end{bmatrix}_{(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)}$ . Déterminer dans la position représentée graphiquement l'action mécanique de la biellette 4 sur la tige de vérin 5.

### Question 2

Pour un diamètre de piston de 300 mm, déterminer la pression dans la chambre de vérin et conclure vis-à-vis du Cahier des Charges Fonctionnel.



Echelle :  
1cm = 100.10<sup>5</sup> N



## Cric hydraulique

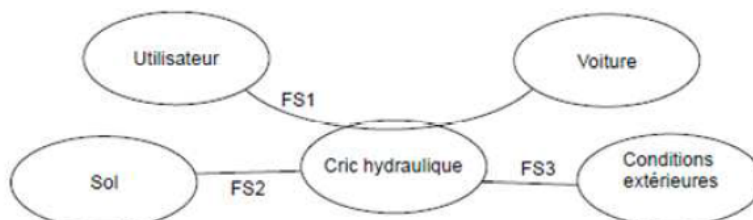
Un cric hydraulique étudié est utilisé pour soulever une voiture afin de réaliser des opérations de maintenance. Le système est actionné par un vérin hydraulique piloté par une pompe hydraulique à commande manuelle. L'objectif est de vérifier le critère de force maximale à déployer de la fonction FS1.



Cric replié



Cric déployé, soulevant une voiture

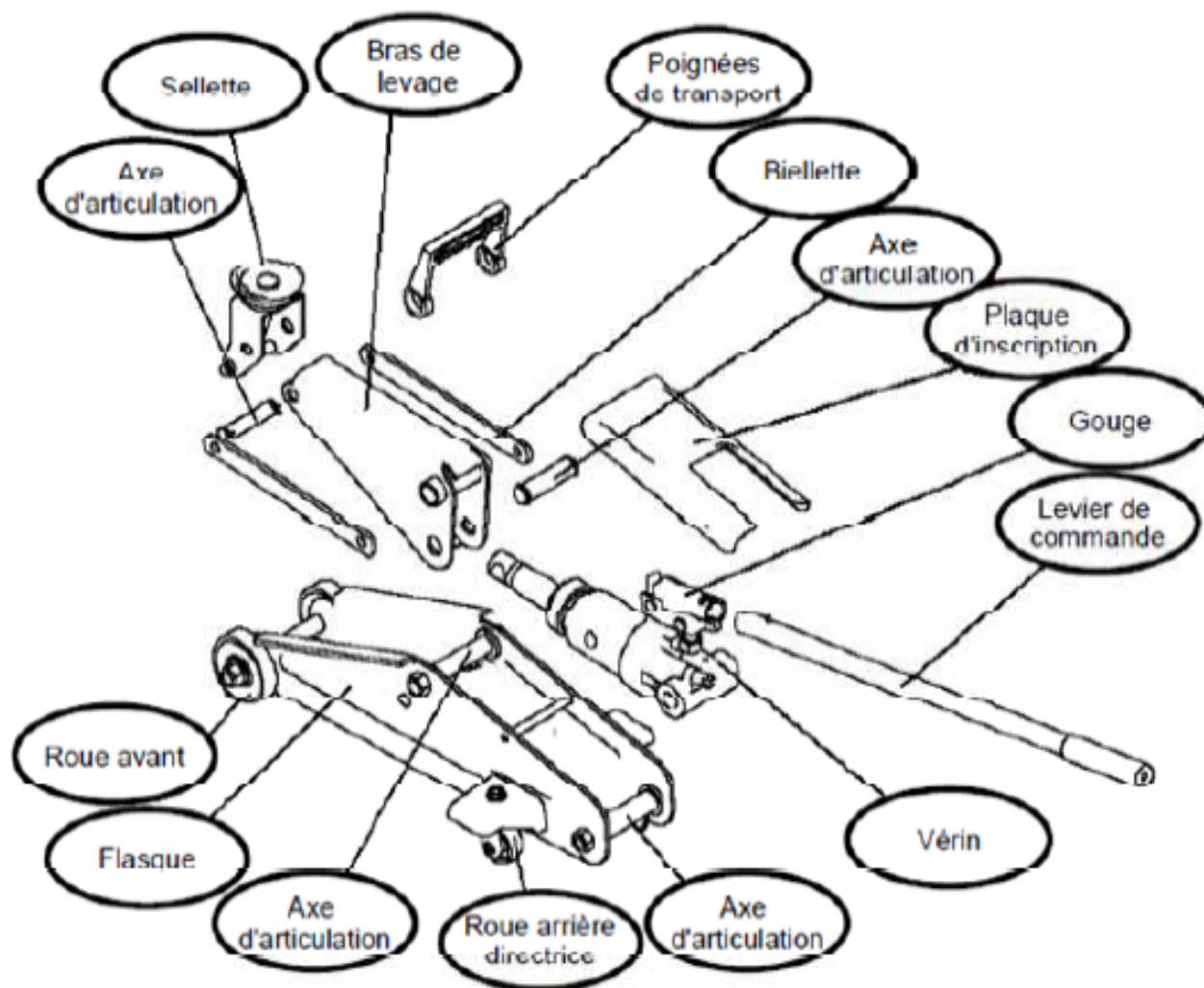


FS1 : permettre à l'utilisateur de soulever une voiture

FS2 : s'adapter au sol

FS3 : résister aux conditions extérieures

Fonction	Critère	Niveau
FS1	...	...
	Force maximale à déployer pour soulever	1350 daN
	...	...



Le cric repose sur le sol. La voiture est en appui sur une sellette. L'utilisateur appuie sur un vérin de commande ce qui met en pression l'huile d'un vérin et crée les efforts nécessaires pour soulever la voiture. Un mécanisme de transformation du mouvement {bras de levage+bielle} permet d'adapter l'effort. Le vérin 4 est constitué de deux pièces : le corps du vérin et la tige du vérin. La liaison entre ces deux pièces peut être modélisée par une liaison pivot glissant (ou glissière dans le plan). D'autre part, l'huile présente dans le vérin exerce une force sur ces deux pièces. La voiture exerce la force  $P$  sur la sellette 3, et on recherche la pression de l'huile dans le vérin.

Tous les tracés graphiques se feront sur le document suivant.

Description des liaisons :

- bras de levage 2 et sellette 3 : pivot en  $G$  ;
- bras de levage 2 et bâti 1 : pivot en  $E$  ;
- bras de levage 2 et vérin 4 : pivot en  $D$  ;
- bâti 1 et bielle 5 : pivot en  $H$  ;
- sellette 3 et bielle 5 : pivot en  $F$  ;
- vérin 4 et bâti 1 : pivot en  $C$ .

#### Question 1

Tracer le graphe d'analyse du système. Faire apparaître la force  $P$ .

#### Question 2

Ajouter sur le document réponse les numéros de pièces correspondant ainsi que les points des différentes liaisons.

#### Question 3

Déterminer la direction des actions mécaniques s'exerçant sur 5.

#### Question 4

Déterminer l'ensemble des actions mécaniques exercées sur 3. Réaliser les tracés en rouge sur le document réponse.

#### Question 5

Déterminer la direction des actions mécaniques s'exerçant sur 4.

#### Question 6

Déterminer l'ensemble des actions mécaniques s'exerçant sur 2. Réaliser les tracés en bleu sur le document réponse.

#### Question 7

Déterminer la norme de la force exercée par l'huile sur la tige du vérin, de section  $28\text{ cm}^2$ , lorsque  $P$  a la valeur de la force maximale pour soulever de la fonction FS1.

#### Question 8

L'utilisateur, par son action sur le levier de commande, met l'huile sous pression, jusqu'à une valeur de 200 bars. Conclure quant à la capacité du cric à satisfaire le critère de force maximale à déployer de la fonction FS1.

