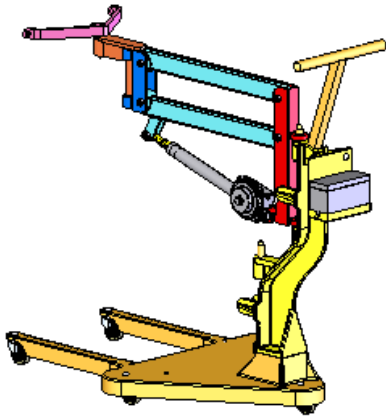


Etude d'un lève personne

On se propose d'aborder quelques aspects de la statique sur un lève-patient électrique qui doit permettre de faire face à toutes les situations de transfert de personnes en tout confort et en toute sécurité.



Le système (Figure 1) est composé d'une plateforme munie de 3 roues, d'un mat encastré sur cette plateforme.

La fourche est commandée par un vérin électrique.

Au bout de la fourche sont placés les trois points d'ancrage du harnais qui supporte le patient.

Le mécanisme étudié est composé de :

- ✓ l'ensemble **1** (mat + plateforme + batterie + roues) considéré comme un solide rigide, de masse M , de centre de gravité est G_1 . Les 3 roues sont en contact sur le sol aux points I, J et K. Les 2 roues avant en contact en I et K (rassemblées au point I sur la figure 2 car le problème y est ramené dans le plan) étant libres de tourner, les liaisons roue/sol sont équivalentes à des contacts ponctuels sans frottement. La roue arrière, en contact en J, est équipée d'un frein supposé bloqué. La liaison roue/ sol en J est alors équivalente à un contact ponctuel avec frottement de coefficient $f=0,5$.
- ✓ le vérin **V** {7-8}, de masse négligeable, en liaison pivot d'axe ($E \vec{z}$) par rapport au sous-ensemble **1** et en liaison Sphère/Sphère en F par rapport au bras inférieur **3**. La pression de l'huile dans la chambre du vérin est telle que le système est à l'équilibre statique et le vérin **V** {7-8} sera dans un premier temps considéré comme un solide.
- ✓ le bras inférieur **3**, de masse négligeable, en liaison pivot d'axe ($A \vec{z}$) par rapport au sous-ensemble **1** et commandé en F par le vérin **V**.
- ✓ le bras supérieur **2**, de masse négligeable, en liaison pivot d'axe ($B \vec{z}$) par rapport au sous-ensemble **1**
- ✓ l'ensemble E_F {4-5-6} considéré comme un solide rigide, de masse négligeable, en liaison sphère/sphère en C avec le bras inférieur **3**, en liaison sphère/cylindre d'axe $D \vec{y}$ en D avec le bras supérieur **2**, et sur lequel au point H est appliquée une charge verticale \vec{P} telle que $\vec{P} = -mg \vec{y}$ résultant des point d'ancrage du harnais qui supporte le patient.

Questionnement – Les 3 parties sont indépendantes

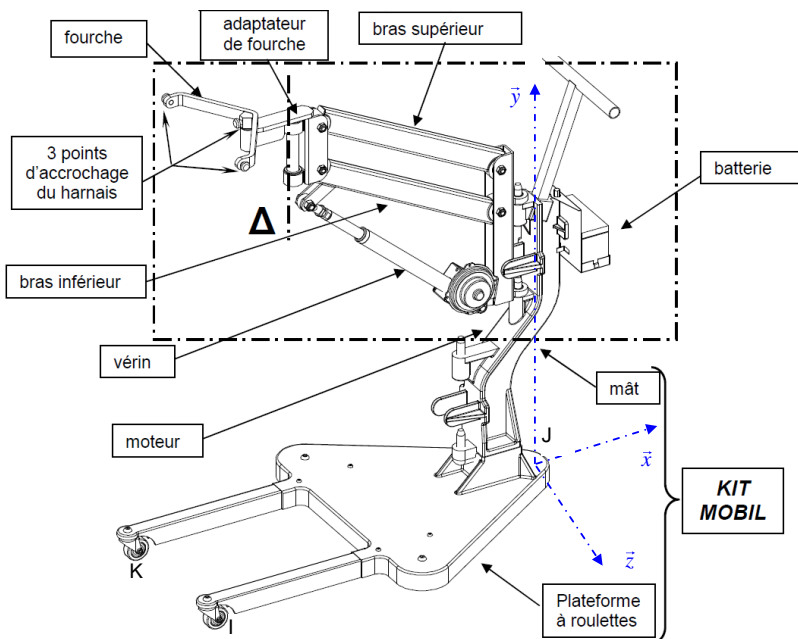


Figure 1

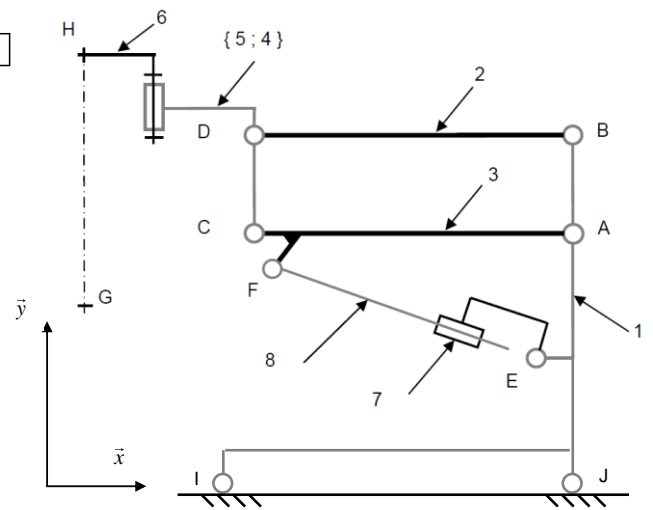


Figure 2

Dans les parties 1 et 2 qui suivent, les conditions d'étude permettent de considérer que le plan (Jxy) est un plan de symétrie du problème, et nous adopterons alors la modélisation plane simplifiée proposée sur la figure 2. La pesanteur est définie telle que $\vec{g} = -g \vec{y}$ avec $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Partie 1

Cette partie vise à vérifier que l'effort développé par le vérin est suffisant pour lever une personne d'une masse maximale $m = 120 \text{ kg}$.

L'étude se fera pour la position du mécanisme définie par le document réponse **DR1**. On précise que pour cette position la tige du vérin est complètement rentrée.

Etude graphique, en justifiant les tracés sur votre feuille de copie

1. Isoler le bras supérieur **2**. Effectuer le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées sur la pièce **2**. Montrer que l'application du Principe Fondamental de la Statique (PFS) permet de déterminer la direction de l'action en D de l'ensemble \mathbf{E}_F sur le solide **2**. Préciser cette direction.
2. Isoler l'ensemble $\mathbf{E}_F \{4-5-6\}$. Effectuer le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées sur l'ensemble \mathbf{E}_F . Enoncer clairement toutes les propriétés qui rendent possible une résolution graphique du problème de l'équilibre de l'ensemble \mathbf{E}_F . Utiliser le document réponse **DR1** pour y tracer le diagramme qui vous permet de déterminer l'action en C de **3** sur \mathbf{E}_F $\vec{C}_{3 \rightarrow 4}$. Donner l'intensité des efforts que vous avez obtenus par cette voie.
3. Isoler le bras inférieur **3**. Enoncer clairement toutes les propriétés qui rendent possible une résolution graphique du problème de l'équilibre du solide **3**. Utiliser le document réponse **DR1** pour y tracer le diagramme qui vous permet de déterminer l'action en F de **8** sur **3** : $\vec{F}_{8 \rightarrow 3}$ et l'action en A de **1** sur **3** : $\vec{A}_{1 \rightarrow 3}$. Donner l'intensité de la poussée du vérin que vous obtenez par cette approche graphique.

Partie 2

Cette partie vise à dimensionner la masse et éventuellement le positionnement du centre de gravité du solide 1 pour éviter le basculement en avant de l'ensemble du système et du patient.

Etude analytique

4. Déterminer, après avoir isolé le système de votre choix la masse minimale M_{Min} que doit posséder le lève-patient, dont le centre de gravité est G_1 , pour que l'ensemble (le lève-patient et le patient dont le poids est toujours pris égal à $m = 120\text{kg}$) soit à la limite du basculement autour des roues avant. On utilisera les dimensions fournies dans le tableau ci-après (dans cette partie, les points I et K sont pris confondus et situés dans le plan Jxy).

	$x(\text{cm})$	$y(\text{cm})$
J	0	0
I-K	-60	0
H	-115	135
G₁	-7	60
S	20	150

5. Soit $M=135\text{ kg}$, la masse de la structure 1. Le soignant exerce en S sur la structure 1 un effort de traction tel que $\vec{F} = F \vec{x}$. Déterminer le module de F quand on se situe à la limite du glissement au point J.

Partie 3

Cette partie vise à déterminer les efforts latéraux maximums à exercer sur la structure 1 pour éviter le basculement latéral du patient.

On se place dans l'espace et les principales coordonnées des points sont données dans le tableau ci-dessous.

	$x(\text{cm})$	$y(\text{cm})$	$z(\text{cm})$
J	0	0	0
I	-60	0	30
K	-60	0	-30
H	-115	135	-16
G₁	-7	60	0

Etude analytique d'un basculement latéral

Dans cette partie, le plan (Jxy) n'est plus plan de symétrie du problème.

Durant une phase de manœuvre, on suppose que :

- ✓ la fourche 6 est fixe et positionnée à 90° (Figure 3). L'ensemble E_F {4-5-6} est toujours considéré comme un solide rigide.
- ✓ L'ensemble 1 de masse $M=135\text{ kg}$ de centre de gravité G_1 supporte le patient de masse $m = 80\text{ kg}$ appliqué en H,
- ✓ la roue arrière en J étant bloquée (frein), les deux roues latérales avant en I et K sont libres de tourner (Figure 1), mais la roue I est en butée sur un obstacle l'empêchant de se translater suivant l'axe $I \vec{z}$
- ✓ le soignant est amené à exercer sur l'ensemble E_F , en H un effort latéral $\vec{F}_L = F_L \vec{z}$ de nature à déstabiliser l'ensemble.

6. Isoler le système complet, modéliser l'ensemble des efforts extérieurs s'exerçant sur ce système, préciser en particulier les efforts s'exerçant au niveau des points I, J et K.
7. Donner les 6 relations qui découlent de l'application du Principe Fondamental de la Statique (PFS) à l'ensemble complet, les moments étant calculés au point J
8. On souhaite connaître l'effort latéral limite $\vec{F}_{LK} = F_{LK} \vec{z}$ à partir duquel il y aurait perte de contact en K entre la roue et le sol (basculement). Montrer que la perte de contact intervient en K avant d'intervenir en I.
9. Question subsidiaire. On souhaite connaître l'effort latéral limite $\vec{F}_{LJ} = F_{LJ} \vec{z}$ à partir duquel il y aurait début de glissement en J niveau de la roue arrière (coefficient de frottement $f=0.5$).

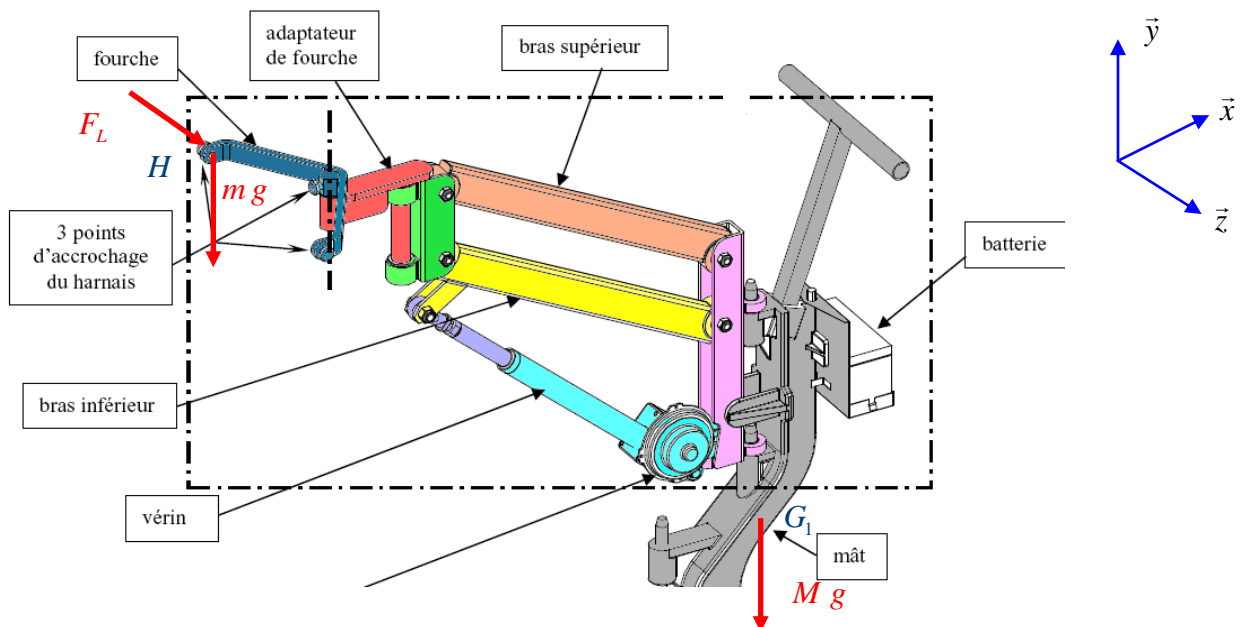


Figure 3

Formulaire Mécanique du Solide

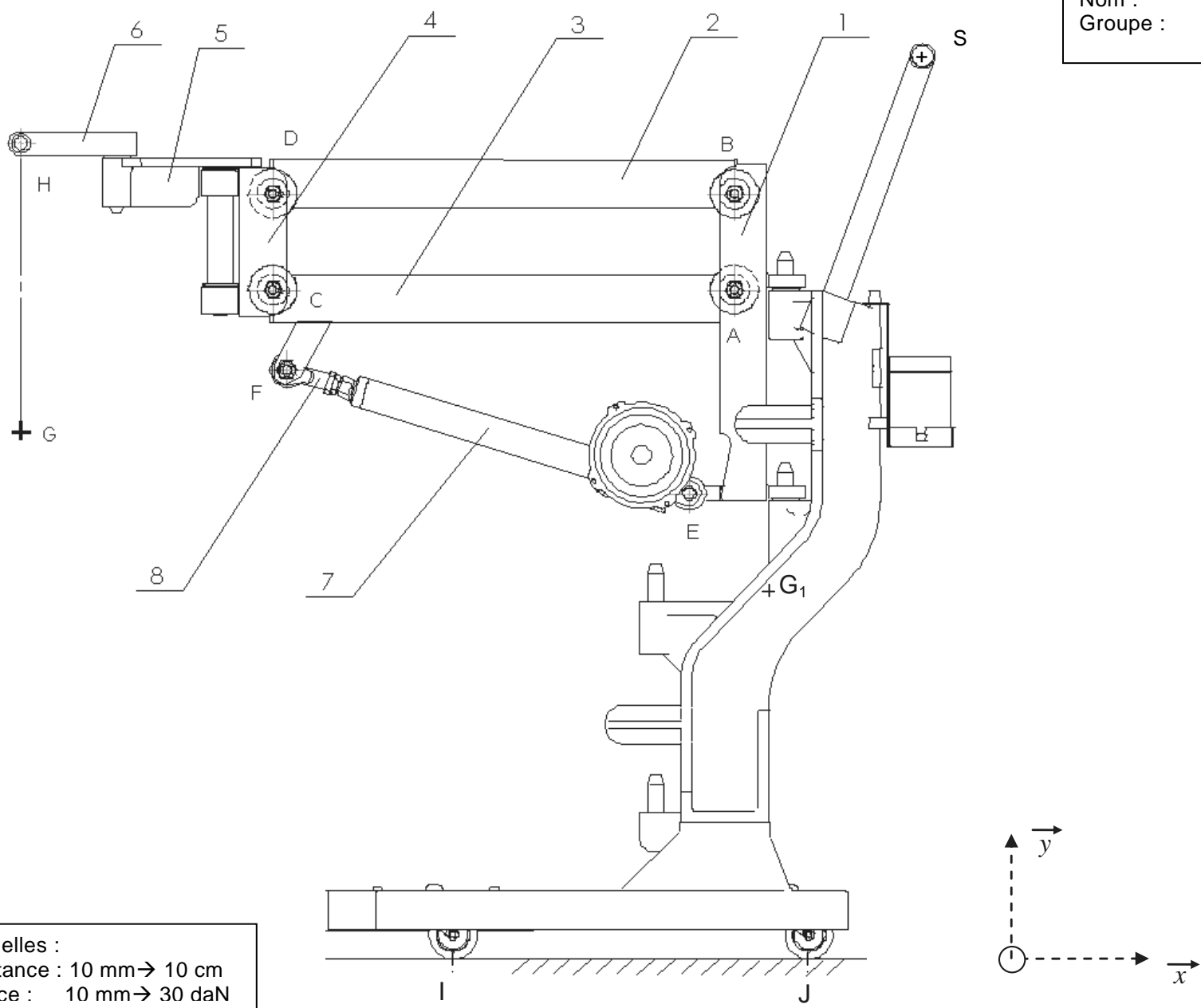
Torseur en un point A :

$$[T]_{AB} = \vec{R} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_B, \quad \vec{M}_A = \begin{bmatrix} L \\ M \\ N \end{bmatrix}_A \quad \text{avec} \quad \vec{M}_{A[T]} = \vec{M}_{B[T]} + A\vec{B} \wedge \vec{R}_{[T]}$$

Principe Fondamental de la Statique :

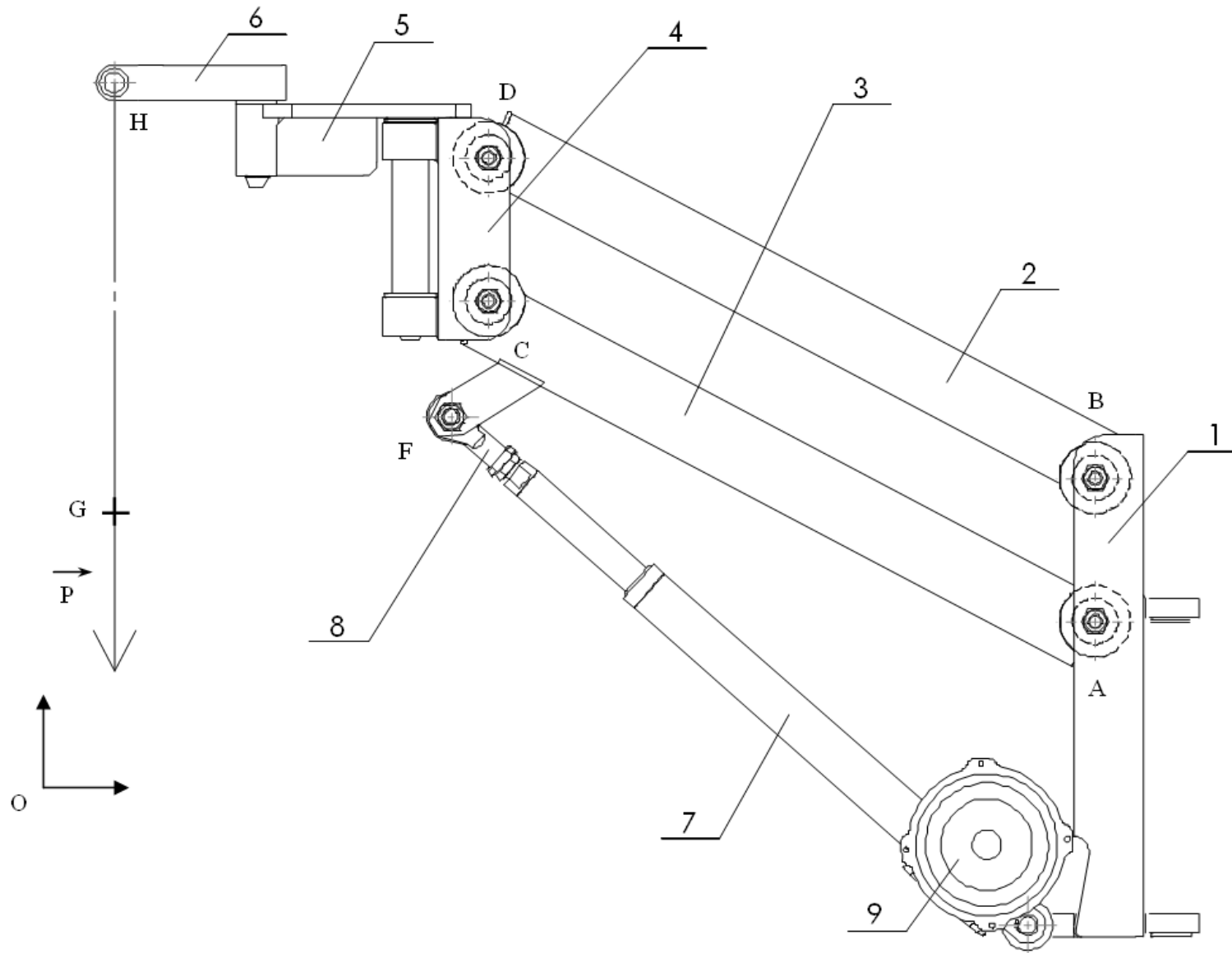
$$[F_{\text{ext}}/S]_A = [0]_A \Rightarrow \begin{cases} \vec{R}_{[F_{\text{ext}}/S]} = \vec{0} \\ \vec{M}_{[A, F_{\text{ext}}/S]} = \vec{0} \end{cases}$$

Nom :
Groupe :



Echelles :
Distance : 10 mm → 10 cm
Force : 10 mm → 30 daN

Document réponse DR1



Courbes de l'évolution de la vitesse du point G $\| \vec{V}_G \|$ et de sa composante verticale V_{Gy} en fonction de la position de la tige du vérin pour une vitesse en sortie de tige de 15 mm/s :

