

## Recrutement FIP Mécanique / Mécatronique INSA de Strasbourg

### Épreuve de mécanique

**Durée : 2h00 – Réponses à donner sur le présent document**  
*Sans documents – calculatrice autorisée – le sujet comporte deux problèmes indépendants*

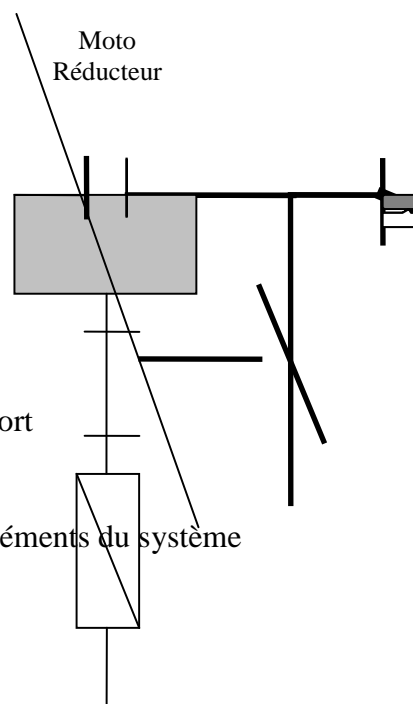
### Problème 1: Étude d'un système de transfert

#### Présentation du système :

Le système auquel nous nous intéressons a pour fonction de transférer verticalement une pièce massive de masse  $M$  d'un convoyeur à un autre.  
L'ensemble est composé d'un système vis-écrou actionné par un motoréducteur en liaison glissière avec le bâti.

Pièce à transférer

Bras support de charge



L'objectif de ce projet consiste à pré dimensionner quelques éléments du système

#### Données du problème :

- La masse  $M$  des pièces à transférer :  $M=2000\text{kg}$
- La hauteur  $H$  de transfert :  $H_t= 800\text{mm}$

#### Moteur :

Type	Puissance (W)	Vitesse de rotation (tr/min)
Courant Continu	1571	750

#### Système vis-écrou :

- Vis trapézoïdale (angle de filet  $\delta = 15$ ) en acier
- de diamètre nominal  $d_v= 32\text{mm}$  et de pas  $P_v= 6\text{mm}$ .
- Coefficient de frottement vis-écrou  $f_v= 0,1$

Tous les matériaux sont en acier XC65 ( $R_e = 500\text{Mpa}$  et  $R_m = 650\text{ Mpa}$ )

### 1. Etude cinématique et dynamique du système:

1.1 En vous aidant de l'annexe 1 « détermination du couple- système vis-écrou »

1.1.1 Déterminer l'angle  $\alpha$  d'inclinaison d'hélice de la vis ?

- 1.1.2 Déterminer l'angle de frottement de file  $\phi'$ .
- 1.1.3 Déterminez le couple à appliquer sur la vis (en sortie du motoréducteur) afin de transférer la charge à vitesse constante.

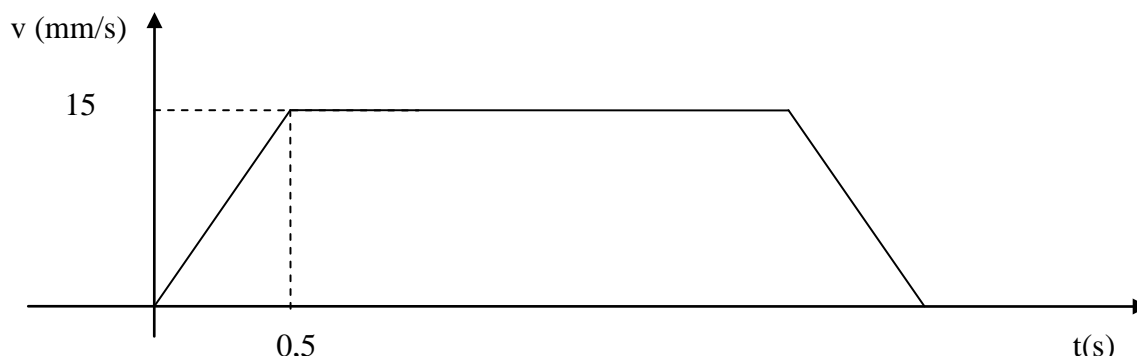
1.2 On fait l'hypothèse que le couple en sortie du motoréducteur est de 100 N.m.

- 1.2.1 Calculer le couple d'entrée du moto réducteur (fournit par le moteur). En déduire le rapport de réduction du motoréducteur.

- 1.2.2 En faisant l'hypothèse que le rapport de réduction du moto réducteur vaut 1/5, en déduire la vitesse de rotation de la vis puis la vitesse de déplacement de la charge.

- 1.2.3 Exprimez la puissance développée par le déplacement de la charge. En déduire le rendement mécanique du système vis-écrou.

1.3 On souhaite que la vitesse de la charge suive le graph d'évolution ci-dessous :



1.3.1 Calculez l'accélération de la charge

1.3.2 En déduire l'accélération angulaire à apporter à la vis par le motoréducteur.

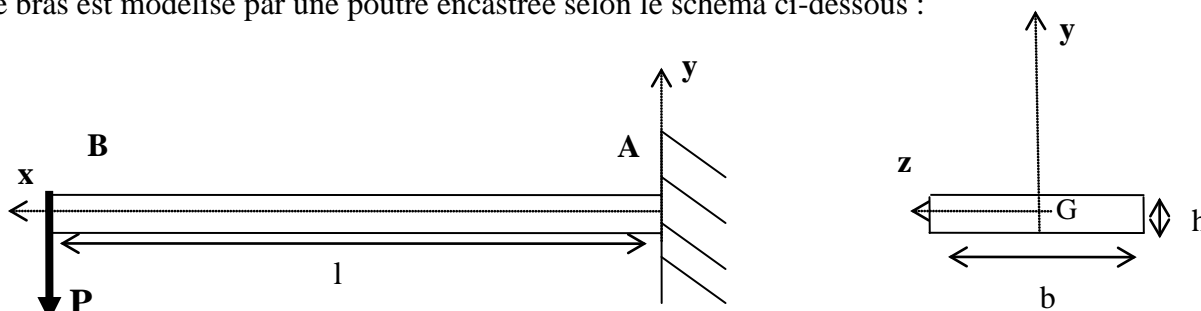
1.4 On fait l'hypothèse que l'accélération angulaire de la vis est de  $35 \text{ rad/s}^2$ . Le couple résistant sur la vis, dû à la levée de la charge est de  $100 \text{ N.m}$ . On assimile la vis à un cylindre plein de diamètre  $32 \text{ mm}$  et de hauteur  $h = 1 \text{ m}$ .

1.4.1 A l'aide de l'annexe 2 calculez le moment d'inertie de la vis par rapport à son axe de rotation.

1.4.2 En appliquant le principe fondamentale de la dynamique à la vis en rotation, en déduire le couple nécessaire à appliquer sur la vis pour assurer son accélération angulaire.

## 2. Pré dimensionnement du bras support de charge

Cette partie consiste à pré-dimensionner la section du bras support de la charge.  
Le bras est modélisé par une poutre encastrée selon le schéma ci-dessous :



La poutre, de longueur  $l$ , est soumise à un effort  $P$  (poids de la charge à transférer) appliqué son extrémité B est en est encastrée en A.

La poutre a une section rectangulaire de largeur  $b$  et de hauteur  $h$ .

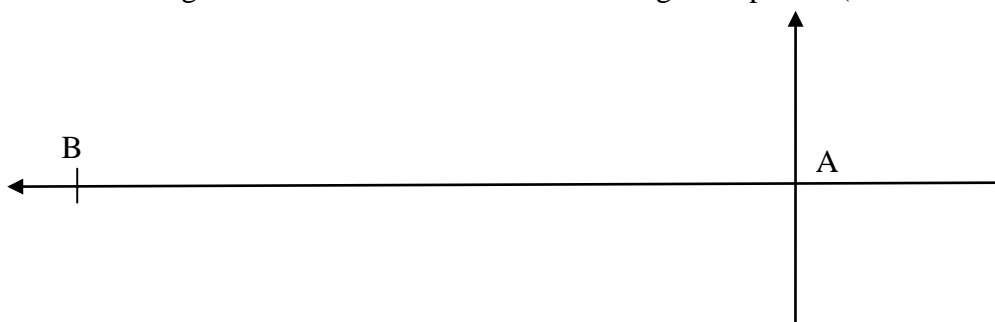
Données du problème :

- $P = 20000\text{N}$
- $b = 100\text{mm}$
- $l = 60\text{cm}$

On prendra un coefficient de sécurité de 2.

### Questions :

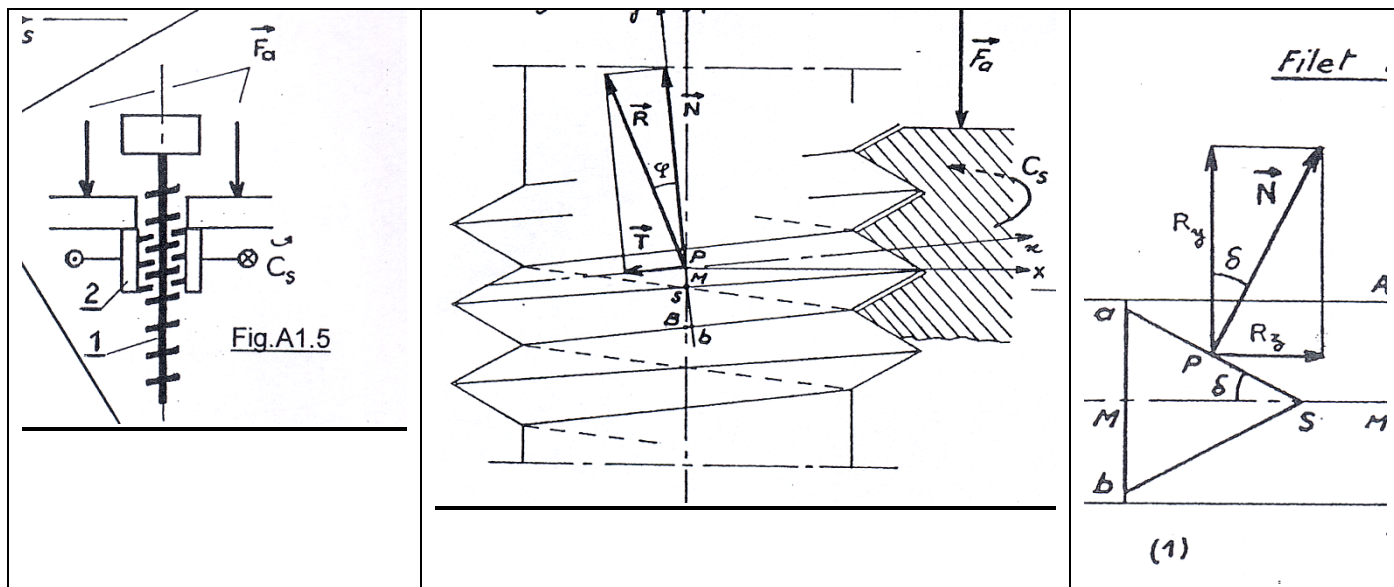
1. Déterminez  $R_A$  et  $M_A$ , respectivement la résultante et le moment des actions de l'encastrement sur la poutre au point A. Expression générale puis application numérique.
2. Donnez l'expression du moment de flexion le long de l'axe neutre de la poutre. En déduire sa valeur maximum. Dans quelle section de la poutre ce moment est-il maximum ?
3. Tracez le diagramme du moment de flexion le long de la poutre (entre A et B).



4. Donnez l'expression du moment quadratique de la section de la poutre  $I_z$  (selon l'axe  $G, z$ ) en fonction de  $b$  et  $h$ .
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
5. Donnez l'expression de la contrainte maximum due à la flexion dans la poutre.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
6. La limite élastique du matériau constituant la poutre est de 500 Mpa, en déduire la hauteur minimum  $h$  de la section de la poutre afin de respecter la résistance mécanique de la poutre.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
7. On fait l'hypothèse que  $h = 80\text{mm}$ .
  - a. En déduire la valeur du moment quadratique  $I_z$  de la poutre.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  - b. A l'aide de l'annexe 3 en déduire la flèche maximum de la poutre.  
Conclusion ?

## ANNEXES

### Annexe1 : Détermination du couple - système vis-écrou



Pour engendrer le déplacement axial d'une charge résistante (Force et déplacement opposés), il faut exercer un couple, dit « couple de manœuvre », dont l'expression est :

$C_m = F_a \cdot (d / 2) \cdot \tan(\alpha + \varphi')$ . Avec  $\tan(\varphi') = \tan(\varphi) / \cos(\delta)$  avec

$\varphi$ : angle de frottement et  $\delta$  angle de filet et  $d$  le diamètre nominal de la vis.

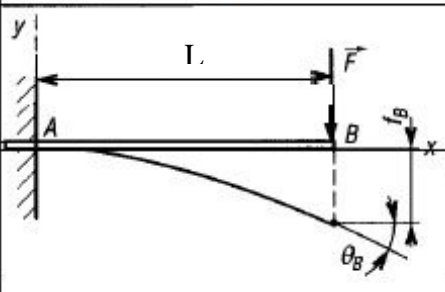
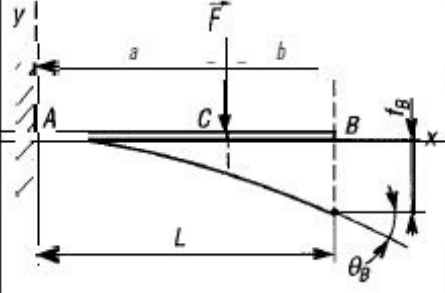
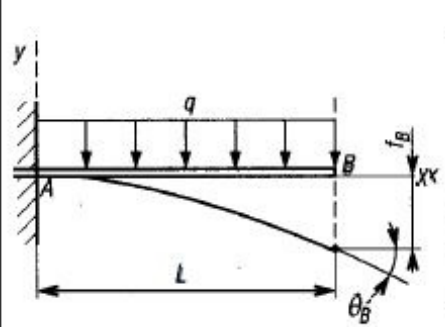
$\alpha$  angle d'inclinaison d'hélice tel que  $\tan(\alpha) = \frac{p}{\pi \cdot d}$  avec  $p$  : pas de la vis.

### Annexe 2 : Moments d'inertie

#### III-2.e.2°) Expressions du moment d'inertie dans les cas usuels :

SOLIDES	CYLINDRE	TUBE	PARALLELEPIPEDE RECTANGLE	SPHERE	TIGE
INERTIE	$I_{gx} = \frac{m \cdot R^2}{4} + \frac{m \cdot l^2}{12}$ $I_{gy} = \frac{m \cdot R^2}{4} + \frac{m \cdot l^2}{12}$ $I_{gz} = \frac{m \cdot R^2}{2}$	$I_{gx} = \frac{m \cdot (R^2 + r^2)}{4} + \frac{m \cdot l^2}{12}$ $I_{gy} = \frac{m \cdot (R^2 + r^2)}{4} + \frac{m \cdot l^2}{12}$ $I_{gz} = \frac{m \cdot (R^2 + r^2)}{2}$	$I_{gx} = \frac{m \cdot (b^2 + l^2)}{12}$ $I_{gy} = \frac{m \cdot (a^2 + l^2)}{12}$ $I_{gz} = \frac{m \cdot (a^2 + b^2)}{12}$	$I_{gx} = \frac{2}{5} \cdot m \cdot R^2$ $I_{gy} = \frac{2}{5} \cdot m \cdot R^2$ $I_{gz} = \frac{2}{5} \cdot m \cdot R^2$	$I_{gx} = \frac{m \cdot l^2}{12}$ $I_{gy} = \frac{m \cdot l^2}{12}$ $I_{gz} \approx 0$
Unités	$I = \text{Inertie (en kg.m}^2) \parallel m = \text{masse (en kg)} \parallel \text{Dimensions (en m)}$				

### Annexe 3 : Flèches de poutres encastrées

Poutre	Pente maxi	Flèche	Équation
	$\theta_B = -\frac{FL^2}{2EI}$	$f_B = -\frac{FL^3}{3EI}$	$y' = -\frac{Fx}{2EI}(2L-x)$ $y = -\frac{Fx^2}{6EI}(3L-x)$
	$\theta_B = -\frac{Fa^2}{2EI}$	$f_B = -\frac{Fa^2(3L-a)}{6EI}$	$x \leq a : y' = -\frac{Fx}{2EI}(2a-x)$ $y = -\frac{Fx^2}{6EI}(3a-x)$ $x > a : y' = -\frac{Fa^2}{2EI}$ $y = -\frac{Fa^2}{6EI}(3x-a)$
	$\theta_B = -\frac{qL^3}{6EI}$	$f_B = -\frac{qL^4}{8EI}$	$y' = -\frac{qx}{6EI} (L^2 - 3Lx + x^2)$ $y = -\frac{qx^2}{24EI} (x^2 - 4Lx + 6L^2)$

Pour toutes les formules I est le moment quadratique de la section de poutre selon l'axe G,z

**Recrutement FIP Mécanique / Mécatronique INSA de Strasbourg**  
**Épreuve de mécanique**

**Durée : 2h00 – Réponses à donner sur le présent document**  
*Sans documents – calculatrice autorisée – le sujet comporte deux problèmes indépendants*

**Problème 2: Étude d'une machine de manutention agricole**



Fig 2.1 : machine de manutention agricole

Il s'agit d'un dispositif se fixant à l'arrière d'un tracteur et assurant le levage de charges, par exemple des sacs d'engrais pour les placer dans un épandeur (Figure 2.1).

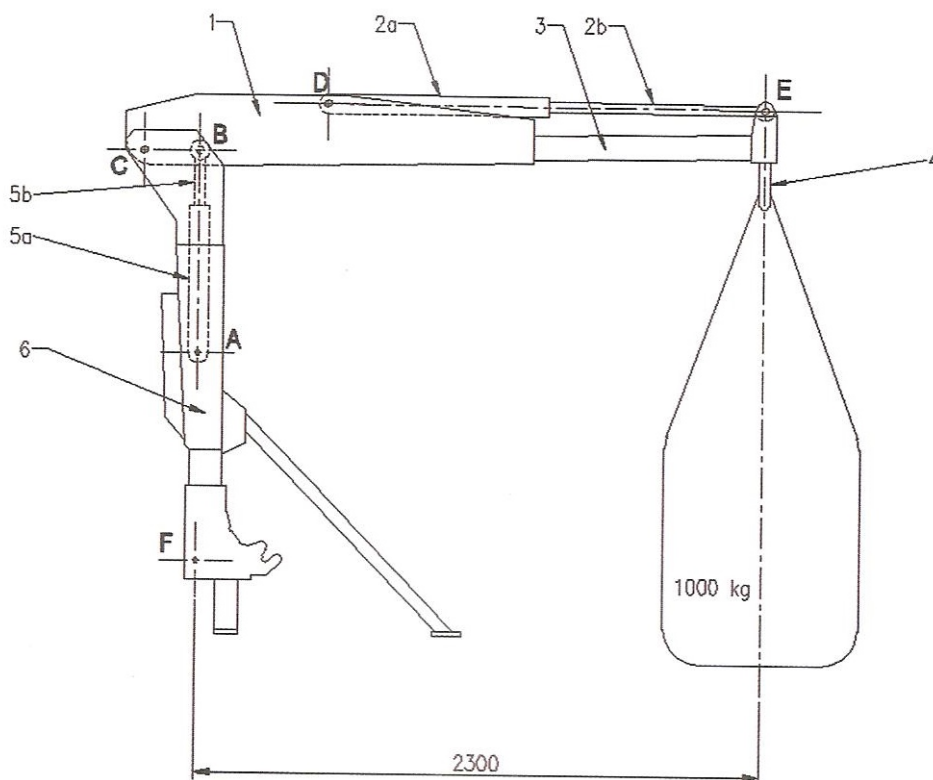


Figure 2.2 : schéma du mécanisme

L'ensemble du mouvement a lieu dans le plan de la figure 2.2. Le mât 6 est relié au tracteur. Le vérin 5 (composé de deux parties 5a et 5b) permet d'effectuer une rotation du bras 1 par rapport au mât 6.

Le vérin de coulisseau (2a et 2b) permet la translation du coulisseau 3 par rapport au bras 1. La charge à lever est tenue par le crochet 4.

Les dimensions seront prises sur le croquis. Vous ferez (et écrirez) les hypothèses qui ne seraient pas mentionnées dans le sujet et que vous jugeriez nécessaires à l'avancement de l'étude.

### Travail demandé :

1 – faire le schéma cinématique du mécanisme (en utilisant la représentation des liaisons au sens de la Norme NF EN 23952 / ISO 3952-1 ), en y reportant les éléments de la figure 2.2 que vous jugerez utiles.

Par la succession de questions ci-dessous, on cherche in fine à déterminer graphiquement et analytiquement le déplacement du point E en fonction du mouvement des actionneurs. Le bras 6 est considéré comme le bâti.

### 2 – Etude cinématique

Écrire le torseur cinématique du mouvement du bras 1 par rapport au mât 6.

Écrire le torseur cinématique du mouvement du coulisseau 3 par rapport au bras 1.

On considère que la tige du vérin 5 sort à la vitesse de 0,1 m/s et celle du verin2 à la vitesse de 0,2 m/s.

### 3 – Étude graphique

Vous définirez l'échelle des vitesses et tracerez les différentes vitesses sur le schéma de la figure 2.3.

3.1 Comment trouver le déplacement du point E dans son mouvement par rapport au bâti ?  
Quelles sont les propriétés utilisées ?

3.2 : tracer le vecteur vitesse du point B dans son mouvement de 5/6 et de 1/6.

3.3 tracer le vecteur vitesse du point E dans son mouvement de 1/6.

3.3 tracer le vecteur vitesse du point E dans son mouvement de 3/1.

3.3 tracer le vecteur vitesse du point E dans son mouvement par rapport au mât 6.

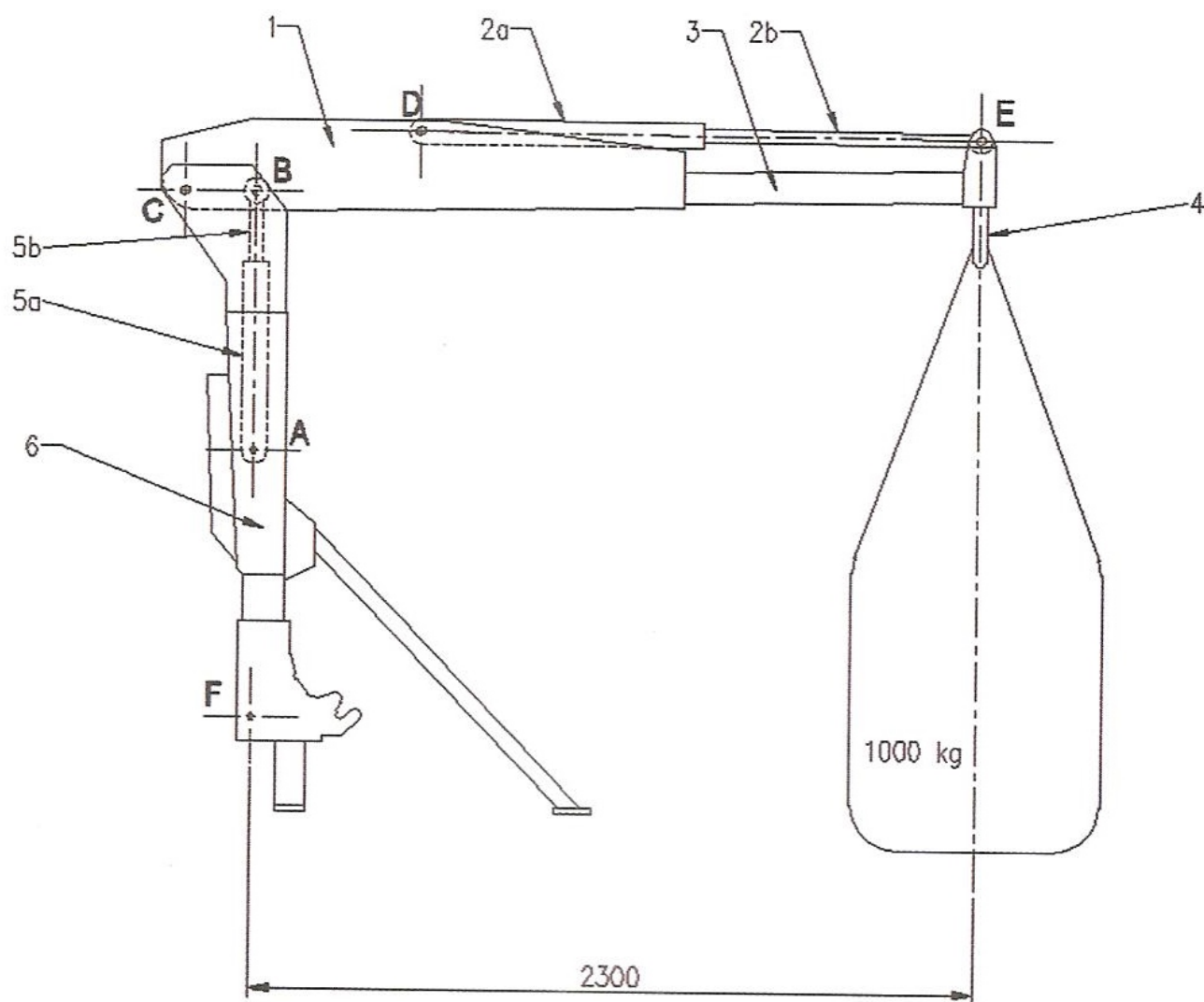


Figure 2.3 : schéma du mécanisme (à utiliser pour la cinématique graphique)

#### 4 . Équilibre statique.

On bloque le déplacement des vérins (le bras n'a plus de mouvements). On étudie la répartition des efforts dans la configuration de la figure 2. Par la méthode de votre choix, donnez l'effort du vérin 5 sur le bras 1 et l'effort du mât 6 sur le bras 1. On précisera les détails de la modélisation et de la résolution.

#### 5. Approche énergétique :

On souhaite soulever de 1 m la charge en utilisant uniquement le vérin 5 (5a+5b).

- Quelle est l'énergie nécessaire pour réaliser cette opération ?
- L'opération dure 10 secondes ; quelle est la puissance développée par l'actionneur sachant que le vérin a un rendement de 0,8 ?