

# BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

Étude et Définition de Produits Industriels

Épreuve E1 - Unité : U 11

Étude du comportement mécanique d'un système technique

## Lecture du sujet

### Partie 1 – Étude de cinématique

#### 1-1 Modélisation des liaisons

- Question 1 – Détermination des liaisons
- Question 2 – Graphe des liaisons
- Question 3 – Repérage des différents sous-ensembles

#### 1-2 Cinématique graphique

- Question 4 – Détermination de la nature des mouvements
- Question 5 – Détermination des trajectoires
- Question 6 – Position des points
- Question 7 – Représentation du schéma cinématique en position fermée

### Partie 2 – Étude de statique

- Question 8 – Détermination de l'effort de soudage
- Question 9 – Isolement de la Biellette 4
- Question 10 – Isolement du Cadre Supérieur 3
- Question 11 – Détermination des efforts exercés sur 3
- Question 12 – Exploitation de la simulation
- Question 13 – Représentation des efforts exercés sur la Biellette 5
- Question 14 – Détermination de  $I_y$
- Question 15 – Détermination de la norme de la force exercée en I
- Question 16 – Détermination de la pression d'alimentation du vérin
- Question 17 – Choix d'un nouveau diamètre de vérin

### Partie 3 – Étude de résistance des matériaux

#### 3-1 Vérification des dimensions de l'accroche du vérin

- Question 18 – Détermination des sections cisailées
- Question 19 – Repérage des sections
- Question 20 – Écriture de la condition de résistance
- Question 21 – Détermination du diamètre minimal
- Question 22 – Conclusion

#### 3-2-Vérification de la résistance à la flexion de la plaque support

- Question 23 – Détermination de la nouvelle solution
- Question 24 – Conclusion

## PROPOSITION DU POIDS DES COMPÉTENCES À ÉVALUER

C1	S'Inform Analyser	C11	Décoder un CdCf		
		C12	Analyser un produit	Q1 - Q2 - Q3 - Q4 - Q5 - Q6 - Q7	25%
		C13	Analyser une pièce	Q18 - Q19 - Q20 - Q21 - Q22 - Q23 - Q24	20%
		C14	Collecter des données		

C2	Traiter Décider	C21	Organiser son travail		0%
		C22	Etudier et choisir une solution	Q8 - Q9 - Q10 - Q11 - Q12 - Q13 - Q14 - Q15 - Q16 - Q17 - Q18	55%

C3	Mettre en œuvre Produire	C31	Définir une solution. un projet en exploitant des outils informatiques		
		C32	Produire les dessins de définition de produit		
		C33	Produire les documents connexes		

C4	Communiquer Inform	C41	Communiquer dans le cadre d'une revue de projet		
		C42	Communiquer en entreprise		

Temps conseillé

(20 minutes)

(40 minutes)

(1 heure 30)

(30 minutes)

Partie 1 – Étude de cinématique

Cette partie va permettre de comprendre le fonctionnement du module de soudure mais aussi de préparer la suite de l'étude.  
En effet, afin de représenter le module en position fermée, vous allez être amené, dans un premier temps, à faire l'étude des liaisons entre les différents sous-ensembles du module, puis, dans un second temps, l'étude des mouvements de ces mêmes sous-ensembles.

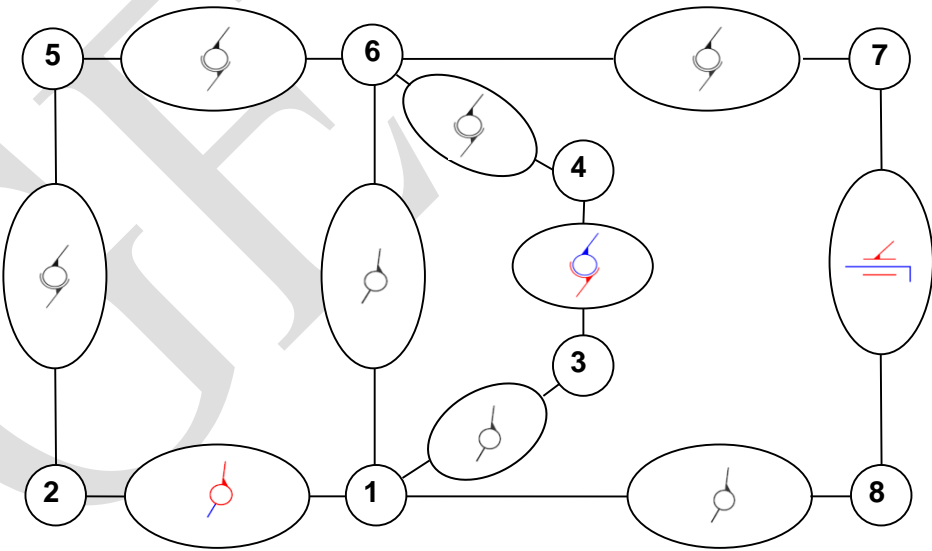
1-1 Modélisation des liaisons

Le module de soudure, représenté sur le dessin d'ensemble DT1 page 5/16, est composé de huit sous-ensembles cinématique. Ces sous-ensembles sont représentés sous forme de schéma technologique sur le document DT2 page 6/16.

Question 1 :  
Déterminer les liaisons existantes entre les différents sous-ensembles cinématique en complétant le tableau ci-dessous.

	Repère de la liaison	Translation			Rotation			Nom, centre, axe ou normale au plan de contact de la liaison
		x	y	z	x	y	z	
Entre 1 et 2	L12	0	0	0	1	0	0	Nom de la liaison : <b>PIVOT</b> Centre : <b>D</b> Axe : <b>x</b>
Entre 4 et 3	L43	0	0	0	1	1	1	Nom de la liaison : <b>ROTULE</b> Centre : <b>C</b>
Entre 7 et 8	L78	0	1	0	0	1	0	Nom de la liaison : <b>PIVOT GLISSANT</b> Centre :   Axe : <b>u</b>

Question 2 :  
Compléter, ci-dessous, le graphe des liaisons entre les différents sous-ensembles en dessinant les représentations schématiques des liaisons déterminées à la question 1.



Question 3 :  
Placer les repères des différents sous-ensembles cinématique sur le schéma technologique "Position ouverte" Fig. 1 page 14/16.

1-2 Cinématique graphique

Question 4 :  
Déterminer la nature du mouvement entre le Cadre Inférieur 2 et le Bâti 1.

Mouvement de rotation de centre D.

Déterminer la nature du mouvement entre le Palonnier 6 et le Bâti 1.

Mouvement de rotation de centre H.

Déterminer la nature du mouvement entre la Tige de Vérin 7 et le Vérin 8.

Mouvement de translation rectiligne suivant IJ.

Question 5 :

DÉTERMINER puis TRACER, sur le schéma technologique « Position ouverte » Fig. 1 page 15/16, la trajectoire du point A appartenant au Cadre Supérieur 3 dans son mouvement par rapport au Bâti 1.

$T_{A \in 3/1} :$  Cercle de centre D et de rayon AD.

DÉTERMINER puis TRACER, sur le schéma technologique « Position ouverte » Fig. 1 page 15/16, la trajectoire du point C appartenant au Cadre Supérieur 3 dans son mouvement par rapport au Bâti 1.

$T_{C \in 3/1} :$  Cercle de centre H et de rayon GH.

DÉTERMINER puis TRACER, sur le schéma cinématique « Position ouverte » Fig. 1 page 15/16, la trajectoire du point G appartenant au Palonnier 6 dans son mouvement par rapport au Bâti 1.

$T_{G \in 6/1} :$  Cercle de centre D et de rayon CD.

Question 6 :

POSITIONNER, sur le schéma technologique « Position fermée » Fig. 2 page 15/16 les points G, K, C et A.

Question 7 :

COMPLÉTER le schéma technologique « Position fermée » Fig. 2 page 15/16 en représentant le Cadre Supérieur 3 et la Bielle 4.

Partie 2 – Étude de statique

Cette partie va permettre de déterminer les efforts exercés sur le module de soudure et de vérifier la capacité du vérin.  
On se placera dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire lors de la phase de soudage (position fermée).  
L'objectif est d'optimiser le mécanisme en vérifiant que le vérin n'est pas surdimensionné.

- Hypothèses :
- Les liaisons sont supposées parfaites.
  - Le poids propre des éléments est négligé.

Dans un premier temps, nous allons nous intéresser à l'effort de soudage.  
La surface de soudage est représentée sur le document technique DT2 page 6/16.

- Question 8 :
- Données :
- Pression de soudage :  $p = 7 \text{ bar} = 0,7 \text{ MPa}$ .
  - La surface de soudage correspond à la surface de contact entre le Cadre Supérieur 3 et le Cadre Inférieur 2.  $S = 48,3 \text{ cm}^2 = 4830 \text{ mm}^2$
- Rappel :
- $1 \text{ bar} = 1 \text{ daN/cm}^2$
  - $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$

DÉTERMINER la valeur de l'effort de soudage, noté  $\|\overrightarrow{F_{\text{soudage}}}\|$ .





$$P_{\text{soudage}} = F_{\text{soudage}} / S_{\text{soudage}}$$
$$F_{\text{soudage}} = P_{\text{soudage}} \times S_{\text{soudage}} = 7 \times 48,3$$

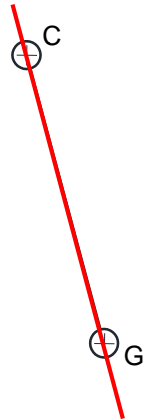
$$\|\overrightarrow{F_{\text{soudage}}}\| = 338 \text{ daN}$$

Connaissant l'effort de soudage, nous allons maintenant déterminer les efforts qui s'exercent dans les différentes parties du module de soudage.

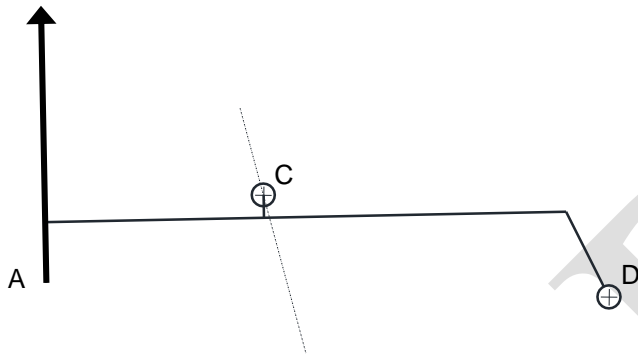
Question 9 :  
On isole la Biellette 4.

FAIRE le bilan des actions mécaniques extérieures qui s'exercent sur 4 en complétant le tableau ci-dessous et REPRÉSENTER la direction des actions mécaniques sur la figure ci-dessous.

Actions	Point	Direction	Sens	Intensité
$\overrightarrow{C_{3 \rightarrow 4}}$	C			?
$\overrightarrow{G_{6 \rightarrow 4}}$	G			?






Question 10 :  
On isole le Cadre Supérieur 3.








Données :  
L'effort de soudage de 340 daN s'exerce au point A, d'où  $\|\overrightarrow{A_{2 \rightarrow 3}}\| = 340 \text{ daN}$  (effort au point A du Cadre Inférieur 2 sur le Cadre Supérieur 3).

FAIRE le bilan des actions mécaniques extérieures qui s'exercent sur 3 en complétant le tableau ci-dessous.

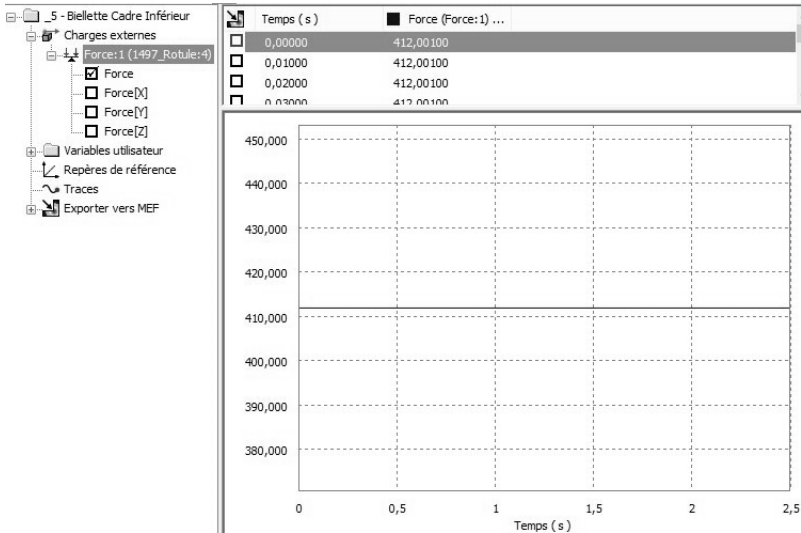
Actions	Point	Direction	Sens	Intensité
$\overrightarrow{A_{2 \rightarrow 3}}$	A			340 daN
$\overrightarrow{C_{4 \rightarrow 3}}$	C		?	?
$\overrightarrow{D_{1 \rightarrow 3}}$	D	?	?	?

Question 11 :  
DÉTERMINER graphiquement, sur la Fig. 3 page 16/16, la valeur des efforts inconnus.  
On isole le Cadre Inférieur 2.  
L'effort de soudage s'exerce au point B, d'où  $\|\overrightarrow{B_{3 \rightarrow 2}}\| = \|\overrightarrow{A_{2 \rightarrow 3}}\| = 340 \text{ daN}$  (effort au point B du Cadre Supérieur 3 sur le Cadre Inférieur 2).

Le tableau ci-dessous est déjà complété afin de préparer une simulation sur un logiciel de mécanique.

Actions	Point	Direction	Sens	Intensité
$\overrightarrow{B_{3 \rightarrow 2}}$	B			340 daN
$\overrightarrow{D_{1 \rightarrow 2}}$	D			74 daN
$\overrightarrow{E_{5 \rightarrow 2}}$	E		?	?

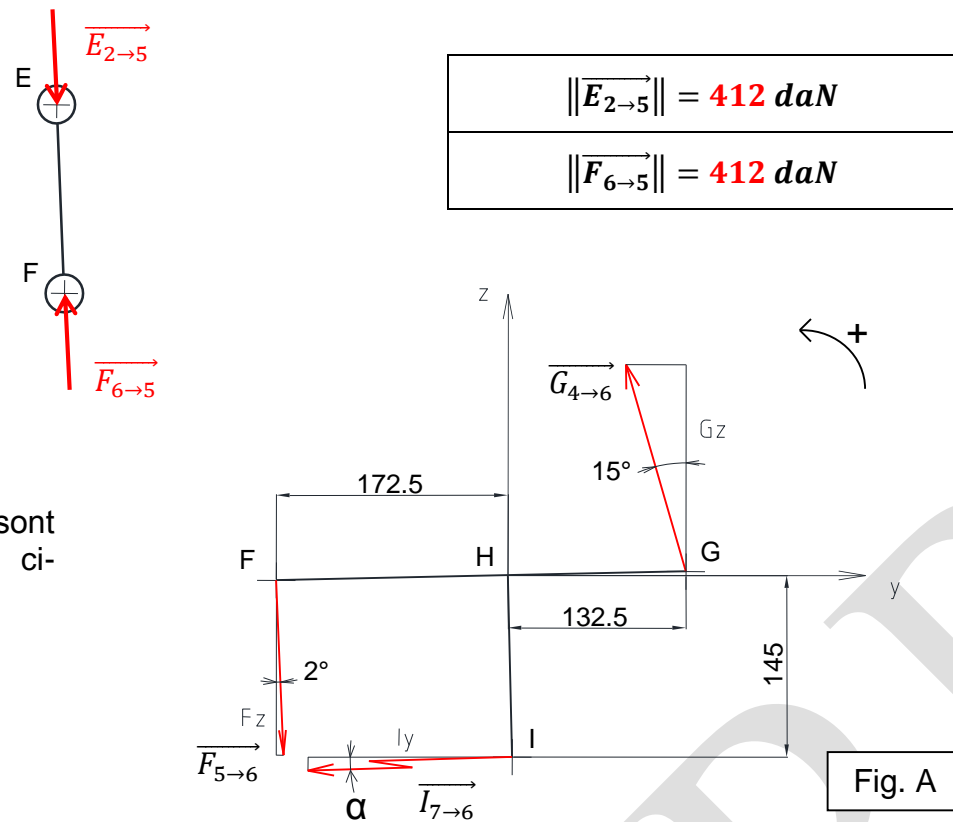
Question 12 :  
Les résultats de la simulation pour l'effort exercé en E par la Biellette 5 sur le Cadre Inférieur 2, donnent le graphe suivant :



RELEVER, sur le graphe, la valeur de l'effort :

$\|\overrightarrow{E_{5 \rightarrow 2}}\| = 412 \text{ daN}$

Question 13 :  
On isole la Bielle 5.  
**REPRÉSENTER**, sur la figure ci-dessous,  $\vec{E}_{2 \rightarrow 5}$  et en déduire  $\vec{F}_{6 \rightarrow 5}$ .



Question 14 :  
On isole le Palonnier 6.  
  
Les forces qui s'exercent sur 6 sont données sur le schéma Fig. A ci-contre.

En utilisant le théorème du moment statique au point H, **DÉTERMINER** la valeur de  $I_y$ , composante de  $\|\vec{I}_{7 \rightarrow 6}\|$  en projection sur l'axe  $\vec{y}$ .  
Utiliser les composantes  $F_z = -411,7$  daN et  $G_z = 600$  daN, données sur la Fig. A ci-dessus.  
Le sens positif des moments est sur la Fig. A ci-dessus.

$$\vec{M}_H \vec{H} + \vec{M}_H \vec{F} + \vec{M}_H \vec{G} - \vec{M}_H \vec{I} = \vec{0}$$

$$0 + HF \times F_z + HG \times G_z - HI \times I_y = 0$$

$$I_y = \frac{-HF \times F_z - HG \times G_z}{-HI}$$

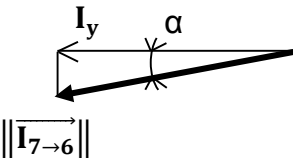
$$= \frac{-172,5 \times (-411,7) - 132,5 \times 600}{-145}$$

$I_y = 58,5 \text{ daN}$

Question 15 :  
**DÉTERMINER** la norme de  $\|\vec{I}_{7 \rightarrow 6}\|$  sachant que  $\alpha = 2^\circ$ .

$$\|\vec{I}_{7 \rightarrow 6}\| = \frac{|I_y|}{\cos \alpha} = \frac{58,5}{\cos 2}$$

$\|\vec{I}_{7 \rightarrow 6}\| = 58,5 \text{ daN}$



Question 16 :  
On connaît la force de poussée nécessaire du vérin pour avoir une pression de soudage de 7 bar :  
 $\|\vec{F}\| = 60$  daN  
Le diamètre du piston est de  $\varnothing 50$  mm.

**RELEVER** sur l'abaque « Force théorique des vérins » page 16/16, la valeur de la pression d'alimentation du vérin et la **NOTER** ci-dessous.

$p = 3 \text{ bar}$

Question 17 :  
On s'aperçoit que le vérin développe un effort trop important. **PROPOSER** au moins deux solutions pour diminuer cet effort.

- . Diminuer la pression d'alimentation du vérin avec un limiteur de pression.
- . Diminuer le  $\varnothing$  du vérin.

On fait le choix de changer le vérin en gardant une pression de 7 bars et une force de poussée  $\|\vec{F}\| = 60$  daN.

**DÉTERMINER**, à partir de l'abaque « Force théorique des vérins » page 16/16, le diamètre du nouveau vérin.

$d = 32 \text{ mm}$

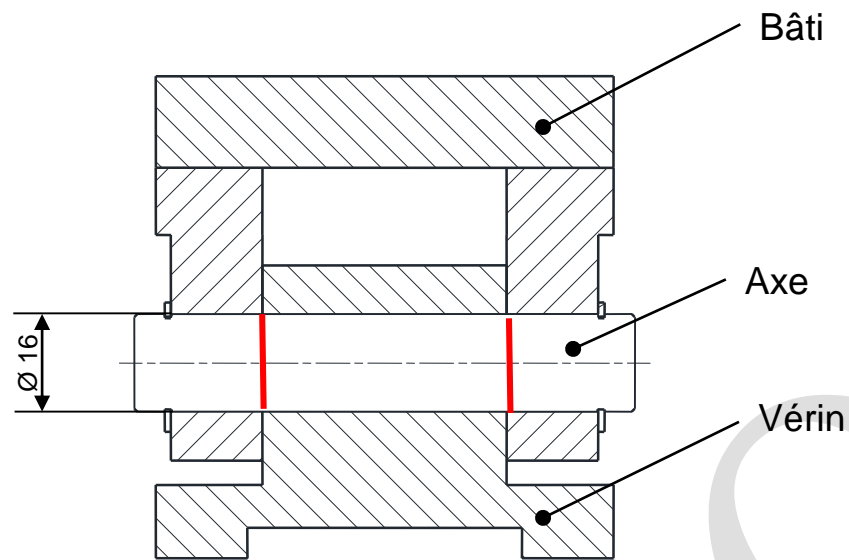
$d = 40 \text{ mm est accepté}$

Partie 3 – Étude de résistance des matériaux

3-1 Vérification des dimensions de l'accroche du vérin

L'accroche du Vérin 8 sur le Bâti 1 est réalisée par un montage en chape avec un axe de diamètre 16 mm.  
Nous allons vérifier si les dimensions de ce vérin sont acceptables à la vue des efforts exercés.

- Hypothèses :
- Les liaisons sont supposées parfaites.
  - Il existe un plan de symétrie pour la géométrie et pour les actions mécaniques.
  - Les matériaux sont homogènes. Ils ont un comportement linéaire et élastique.
  - Matériau de l'axe : C30.
  - On prendra  $R_{eg} = 0,7 Re$  avec  $Re = 315 \text{ N/mm}^2$ .
  - On l'effort exercé par le vérin sur la chape :  $F = 600 \text{ N}$ .
  - On prendra un coefficient de sécurité  $s = 4$ .



Question 18 :  
DÉTERMINER le nombre de sections cisillées.

2 sections

Question 19 :  
REPASSER, en rouge sur le dessin ci-dessus, la ou les section(s) cisillée(s).

Question 20 :  
CALCULER la résistance pratique au glissement  $R_{pg}$ .

$$R_{pg} = \frac{R_{eg}}{s} \quad \text{avec } R_{eg} = 0,7 Re = 0,7 \times 315 = 220,5 \text{ N/mm}^2$$
$$R_{pg} = \frac{R_{eg}}{s} = \frac{220,5}{4} = 55,125 \text{ N/mm}^2$$

Par la suite, nous prendrons une résistance pratique au glissement  $R_{pg} = 55 \text{ N/mm}^2$ .

Question 21 :  
DÉTERMINER le diamètre minimal de l'axe en écrivant la condition de résistance  $\tau \leq R_{pg}$ .

$$\tau \leq R_{pg} \rightarrow \frac{F}{nS} \leq R_{pg} \rightarrow \frac{4F}{n\pi d^2} \leq R_{pg}$$
$$d^2 \geq \frac{4F}{n\pi R_{pg}} \rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4F}{n\pi R_{pg}}}$$
$$d \geq \sqrt{\frac{4 \times 589}{2 \times \pi \times 55,125}}$$

$$d \geq 2,6 \text{ mm}$$

Question 22 :  
CONCLURE quant à la résistance de l'axe.

$d_{réel} > d$ , donc pas de problème de résistance.

3-2 Vérification de la résistance à la flexion de la plaque support

Lors de la phase de soudage, le support de vérin (1) est soumis à des contraintes de flexion. Les déformations engendrées ont une incidence sur la qualité de la soudure. Il est donc nécessaire de limiter ces déformations. Le bureau d'étude a trouvé plusieurs solutions pouvant limiter cette déformation. L'objectif est donc de choisir la solution la plus adaptée au système étudié.

- Hypothèses :
- Valeur maximale du déplacement : déplacement  $\leq 0,25$  mm
  - Valeur maximale Contrainte Von Mises maximale : 135 MPa

- Données :
- Effort exercé :  $F = 600$  N.
  - Matière Colonne : Acier.
  - Valeur contrainte Von Mises maximale pour le modèle de base : 156 MPa.
  - Valeur maximale de la déformation pour le modèle de base : 0,3 mm.
  - Épaisseur Colonne : tôle de 3 mm.

Question 23 :  
**DÉTERMINER**, à partir des résultats des simulations DT3 page 7/16, la solution adéquate en mettant une croix dans la case à chaque fois qu'une des conditions est vérifiée.

<i>Condition à respecter</i>	<i>Solution 1 Ajout de nervures</i>	<i>Solution 2 Changement de l'épaisseur</i>	<i>Solution 3 Changement du matériau</i>
<i>Contrainte de Von Mises <math>\leq 135</math> MPa</i>	X	X	
<i>Déplacement <math>\leq 0,25</math> mm</i>	X		

Question 24 :  
**CHOISIR** la solution à retenir. **JUSTIFIER** la réponse.

*La solution 1 est la seule solution répondant aux conditions à respecter pour limiter la flexion.*



### Schéma technologique "Position ouverte"

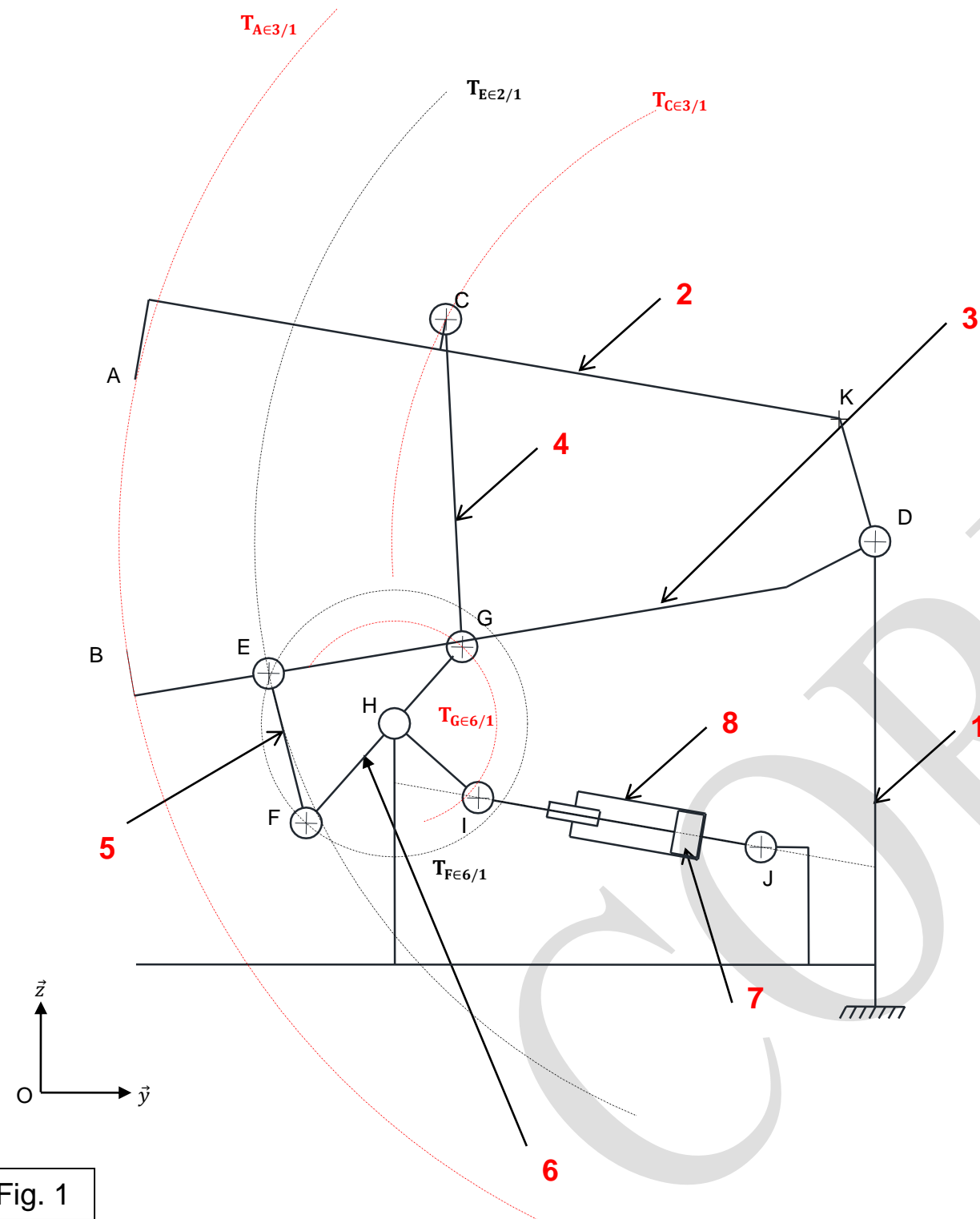


Fig. 1

### Schéma technologique "Position fermée"

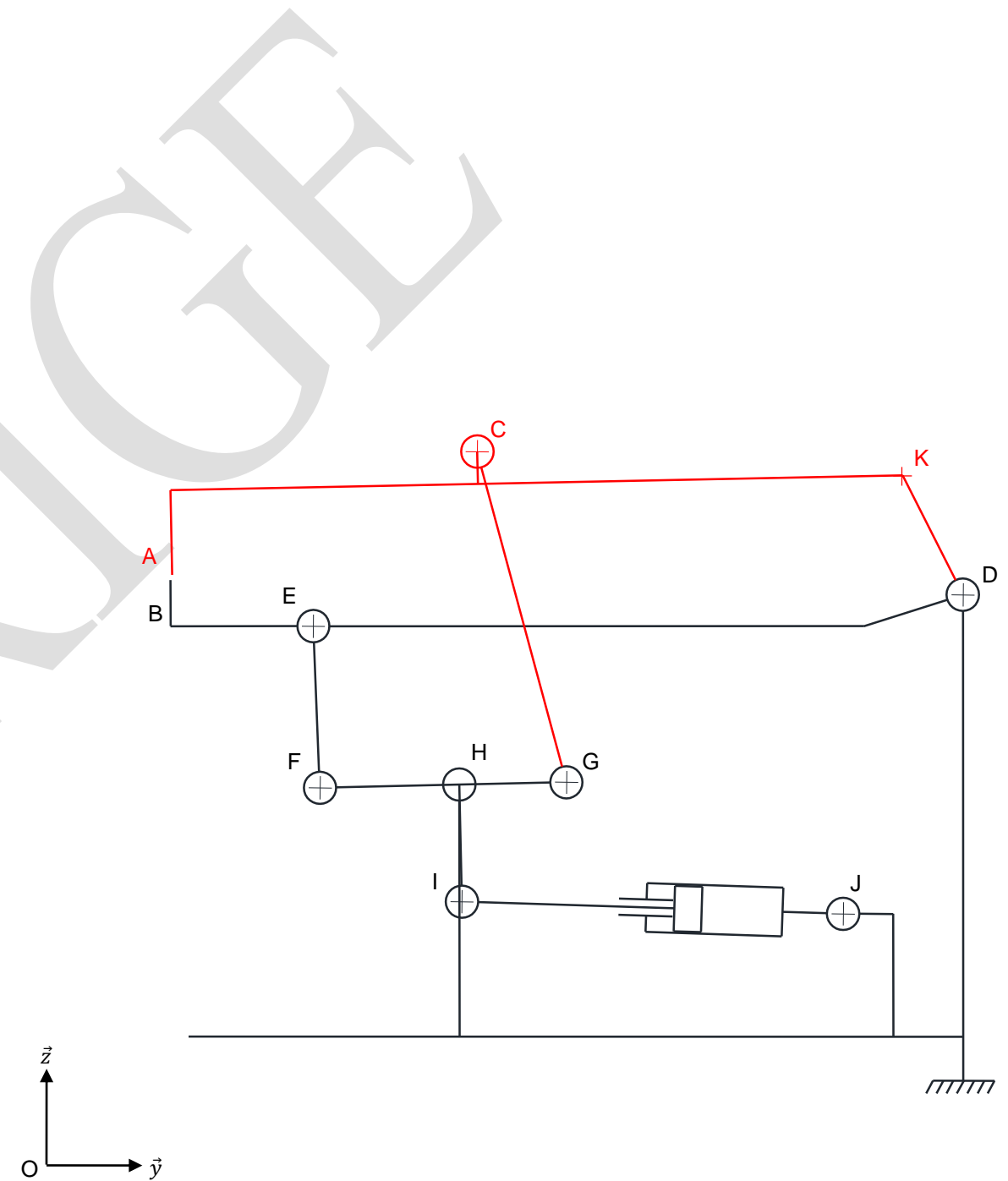


Fig. 2



### Isolement du Cadre Supérieur 3

Dynamique des forces  
Échelle : 10 mm  $\equiv$  50 daN

$\vec{D}_{1 \rightarrow 3}$   
 $\vec{C}_{4 \rightarrow 3}$   
 $\vec{A}_{2 \rightarrow 3}$

À COMPLÉTER :

$$\|\vec{C}_{4 \rightarrow 3}\| = 621,6 \text{ daN}$$

$$\|\vec{D}_{1 \rightarrow 3}\| = 305 \text{ daN}$$

Fig. 3

### FORCE THÉORIQUE DES VÉRINS Ø12 à Ø50

