

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

Étude et Définition de Produits Industriels

Épreuve E1 - Unité U 11

Étude du comportement mécanique d'un système technique

SESSION 2020

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

Compétences sur lesquelles porte l'épreuve :

- C 12 : Analyser un produit**
- C 13 : Analyser une pièce**
- C 21 : Organiser son travail**
- C 22 : Étudier et choisir une solution**

Ce sujet comporte :

- Dossier de présentation pages : 2/16 à 3/16
- Dossier technique pages : 4/16 à 7/16
- Dossier travail pages : 8/16 à 16/16

Documents à rendre par le candidat :

- Dossier travail pages : 8/16 à 16/16

Il est conseillé au candidat de prévoir 20 min pour la lecture du sujet.
Le dossier travail comporte des indications de temps pour traiter chacune des parties.

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.
Documents personnels autorisés.

BAC PRO E.D.P.I.	Code : 2006-EDP ST 11 1	Session 2020	SUJET
Épreuve E1 U11 : Étude du comportement mécanique d'un système technique	Durée : 3 heures	Coefficient : 3	Page 1/16

DOSSIER DE PRÉSENTATION

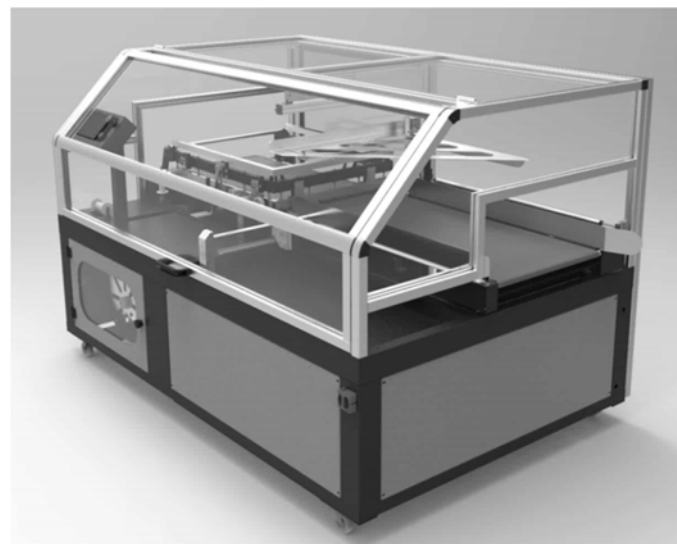
1. PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE

L'entreprise SFERE Emballages, créée en 1984, est spécialisée dans la conception et la fabrication de systèmes et de consommables d'emballages. SFERE Emballage est le seul fabricant français à proposer une gamme complète de soudeuses, de la machine manuelle aux lignes automatiques les plus complexes.



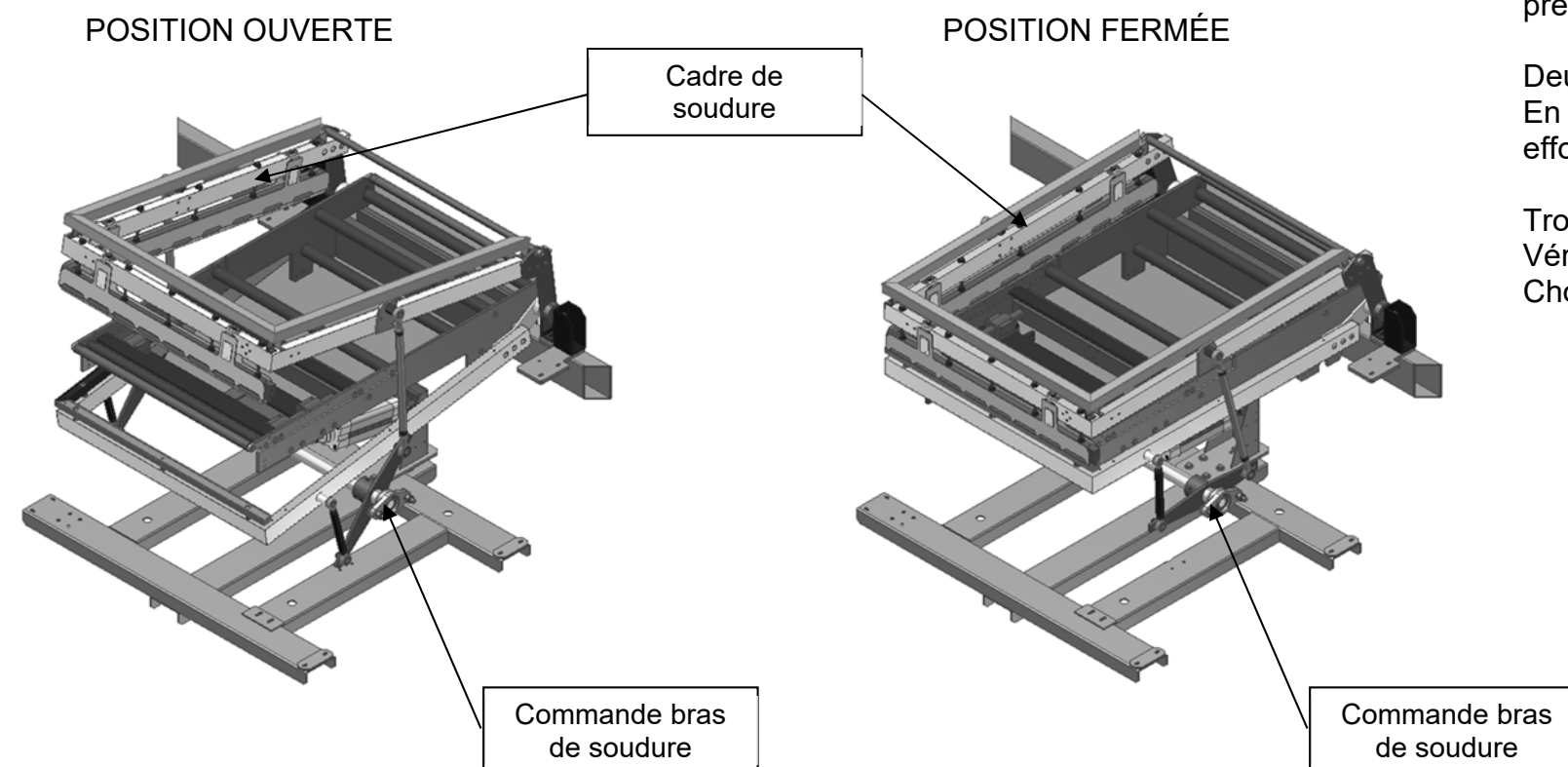
2. PRÉSENTATION DU SUPPORT DE L'ÉTUDE

Le système étudié est la Soudeuse SA 90.70 CS. Il s'agit d'une machine automatique utilisée pour la mise sous film de paquets ou de colis.



3. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

On s'intéressera au sous-ensemble « cadre de soudure » qui est animé par le sous-ensemble « commande bras de soudure ».



Fonctionnement du module de soudure :

Le module de soudure a pour fonction de réaliser la soudure du film de plastique autour du produit. Le module de soudure est composé de deux parties :

- Le cadre de soudure, qui lie le film au produit.
- La commande bras de soudure, qui permet de réaliser la fonction d'ouverture et de fermeture.

4. PROBLÉMATIQUE

Lors du fonctionnement de la soudeuse, on observe une flexion du support de vérin appartenant au bâti repéré (1) sur le dessin d'ensemble page 5 / 16.

Pour garantir la qualité de la soudure, et éviter des phénomènes d'usure par fatigue, il est nécessaire de limiter cette flexion.

L'étude va permettre de vérifier les différentes solutions proposées par le bureau d'études.

Les solutions envisagées sont :

- Redimensionner le vérin.
- Diminuer la pression d'alimentation du vérin.
- Rigidifier la structure du support de vérin.

Ces différentes solutions seront étudiées dans 3 parties.

Première partie : étude cinématique

Cette partie va permettre de comprendre le fonctionnement du sous-ensemble étudié mais aussi de préparer le reste de l'étude.

Deuxième partie : étude statique

En phase de soudure (cas le plus défavorable), cette partie va permettre de déterminer les différents efforts exercés sur le module de soudure et vérifier la capacité du vérin.

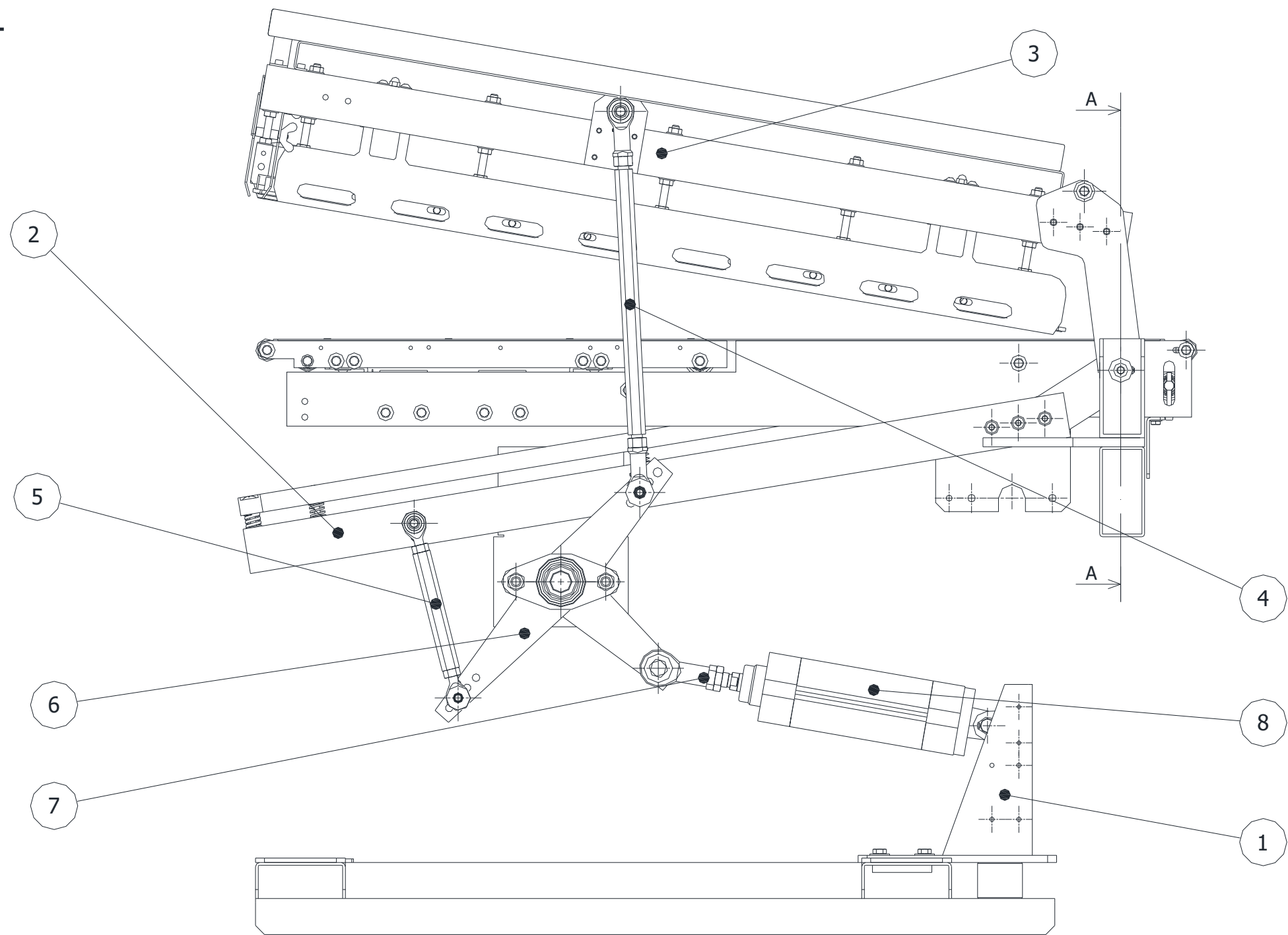
Troisième partie : étude de résistance des matériaux

Vérifier la résistance de l'axe de chape de vérin en fonction des contraintes exercées.

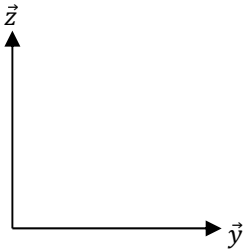
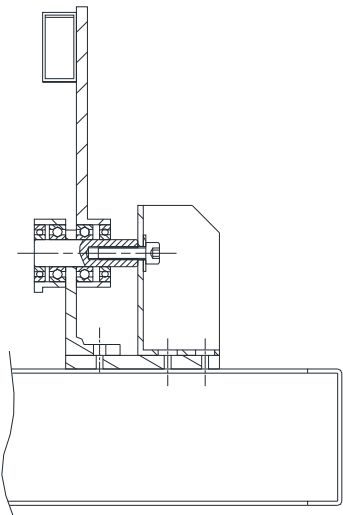
Choisir une solution technologique permettant de réduire les déformations du support de vérin.

DOSSIER TECHNIQUE

DT1



Vue de détail coupe A-A



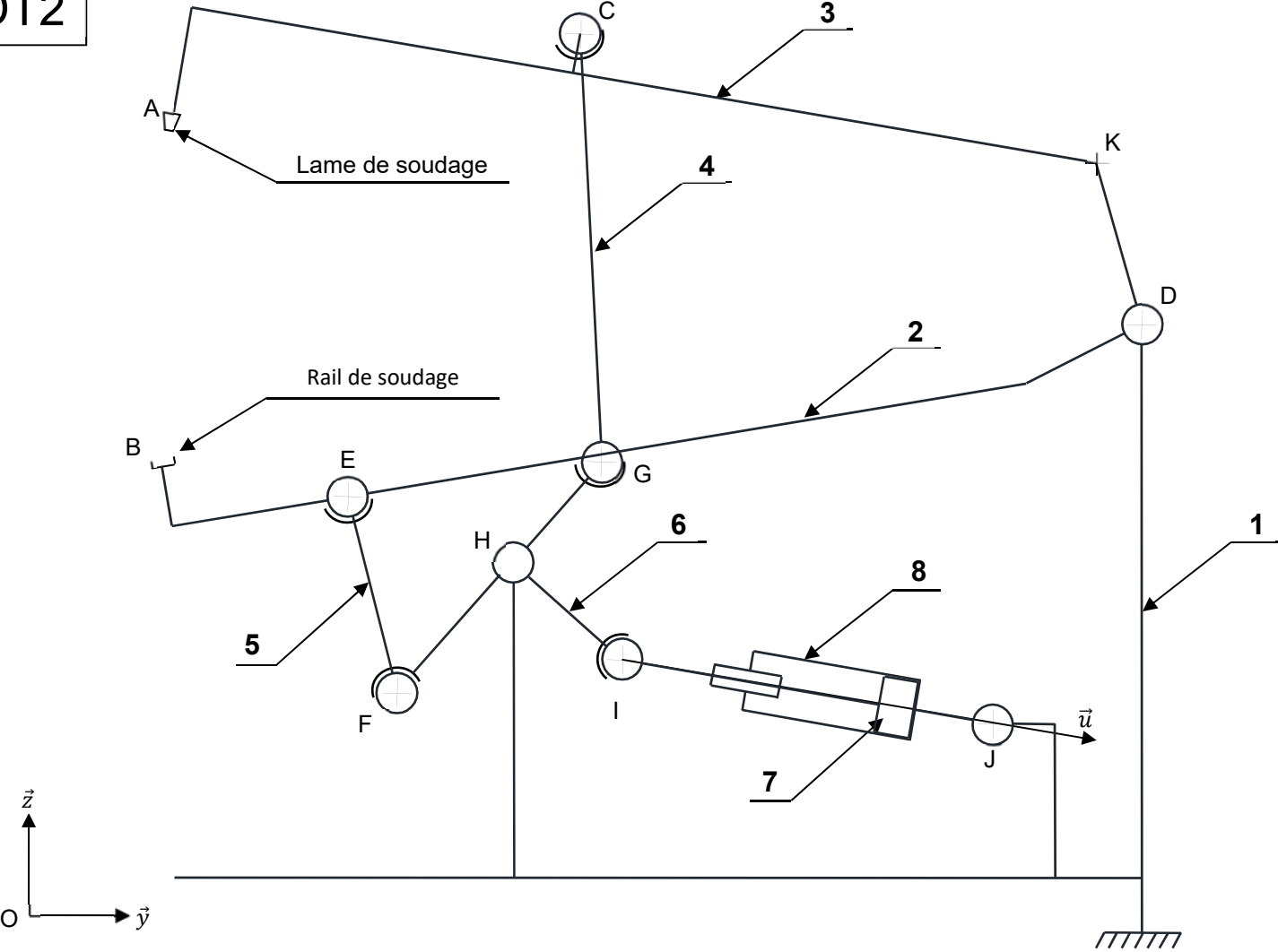
8	1	Vérin
7	1	Tige vérin
6	1	Palonnier
5	2	Biellette cadre inférieur
4	2	Biellette cadre supérieur
3	1	Cadre supérieur
2	1	Cadre inférieur
1	1	Bâti
Rep.	Nb.	Désignation

ATTENTION
Seuls les sous-ensembles sont repérés.

Congu par	Vérifié par	Approuvé par	Date	Date	A3H
			MODULE DE SOUDURE		
			Modification	Feuille 1 / 1	

SCHÉMA TECHNOLOGIQUE MODULE DE SOUDURE

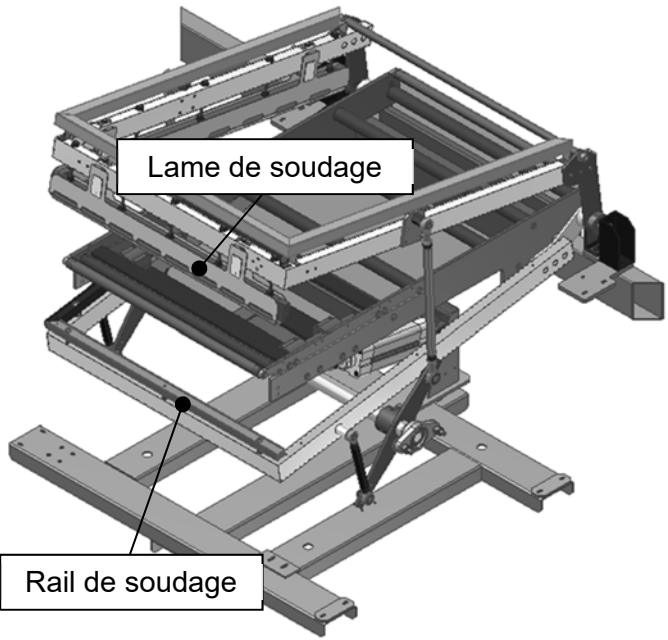
DT2



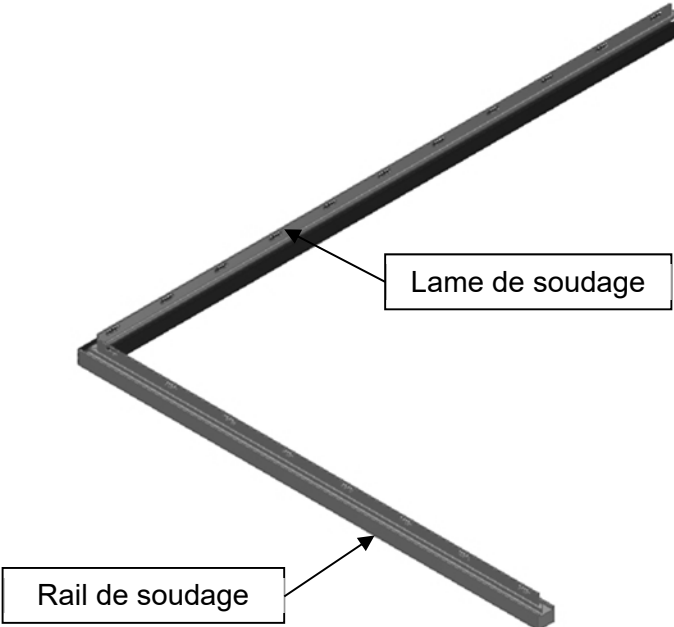
PRÉSENTATION DES SURFACES DE SOUDAGE

Le soudage a lieu lorsque le Cadre Supérieur 3 et le Cadre Inférieur 2 sont en contact. Plus précisément, le contact se fait entre la «
Lame de soudage
» du Cadre Supérieur et le «
Rail
» du Cadre Inférieur. Ces pièces sont représentées sur les figures ci-dessous.

Sur le module de soudage



Lors de la phase de soudage



La surface de soudage correspond à la surface de contact totale entre la lame de soudage et le rail de soudage.

Représentation en coupe lors de la phase de soudage

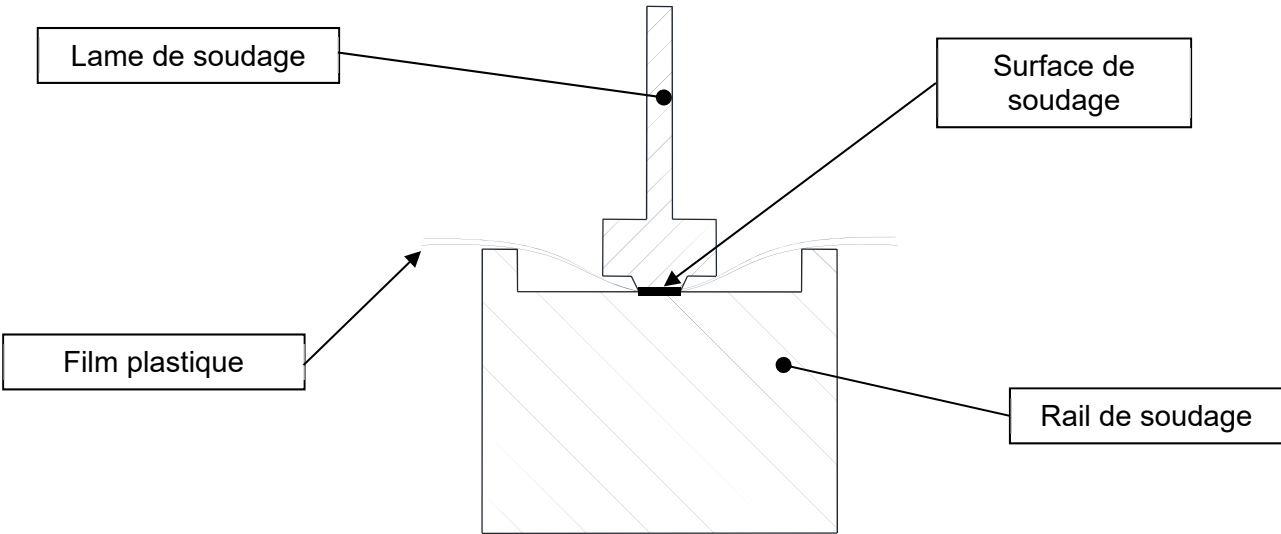
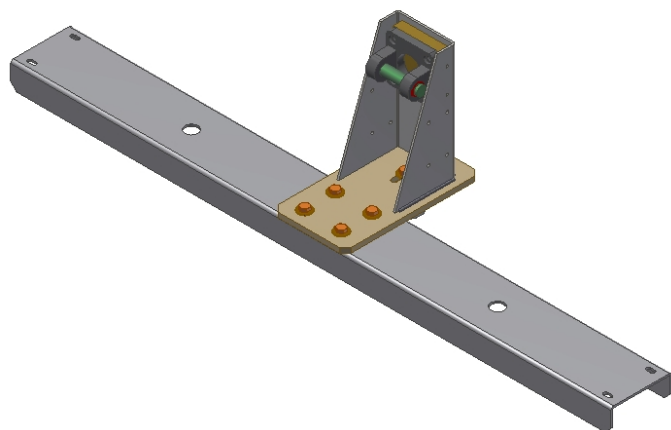


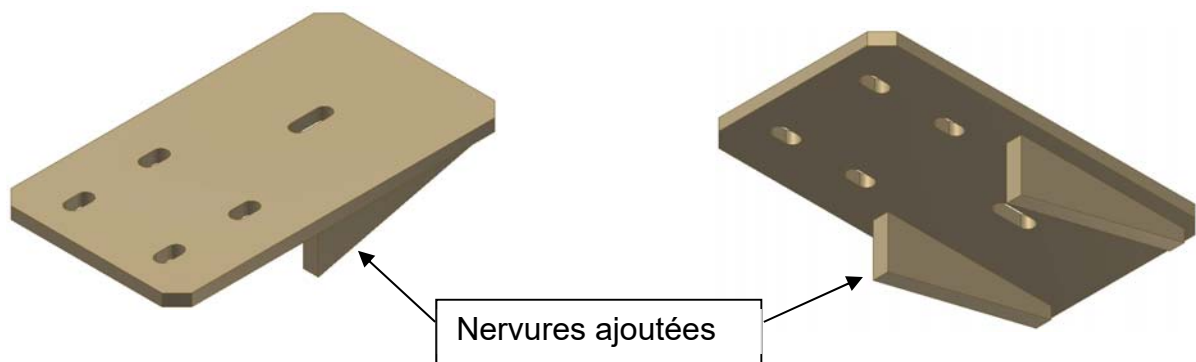
TABLEAU INCOMPLET DES LIAISONS ENTRE LES SOUS-ENSEMBLES

	Repère de la liaison	Nom, centre, axe ou normale au plan de contact de la liaison
Entre 1 et 3	L13	Pivot de centre D et d'axe x
Entre 1 et 8	L18	Pivot de centre J et d'axe x
Entre 2 et 5	L25	Rotule de centre E
Entre 5 et 6	L56	Rotule de centre F
Entre 6 et 1	L61	Pivot de centre H
Entre 6 et 7	L67	Rotule de centre I
Entre 6 et 4	L64	Rotule de centre G

SUPPORT DE VÉRIN



PLAQUE SUPPORT MODIFIÉE



RÉSULTATS DES SIMULATIONS D'ANALYSE DES CONTRAINTES

Modèle de base :

	Contrainte de Von Mises	Déplacement
Modèle de base	<div>Type: Contrainte de Von Mises Unité: MPa 13/12/2015, 17:38:28 156 Max 143 130 117 104 91 78 65 52 39 26 13 0 Min</div>	<div>Type: Déplacement Unité: mm 13/12/2015, 17:38:28 0,3004 Max 0,2754 0,2503 0,2253 0,2003 0,1752 0,1502 0,1252 0,1001 0,0751 0,0501 0,025 0 Min</div>

	Contrainte de Von Mises	Déplacement
Solution 1 Ajout de nervures sur la plaque support	<div>Type: Contrainte de Von Mises Unité: MPa 13/12/2015, 18:19:17 46,6 Max 37,28 27,95 18,64 9,32 0 Min</div>	<div>Type: Déplacement Unité: mm 13/12/2015, 18:19:24 0,09624 Max 0,077 0,05773 0,0385 0,01925 0 Min</div>
Solution 2 Changement de l'épaisseur de la colonne (5mm)	<div>Type: Contrainte de Von Mises Unité: MPa 13/12/2015, 18:24:28 131,5 Max 105,2 78,9 52,6 26,3 0 Min</div>	<div>Type: Déplacement Unité: mm 13/12/2015, 18:24:34 0,2606 Max 0,2085 0,1554 0,1042 0,0521 0 Min</div>
Solution 3 Changement de matériau de la colonne (acier modérément allié, haute résistance)	<div>Type: Contrainte de Von Mises Unité: MPa 13/12/2015, 18:35:23 155,9 Max 124,8 93,5 62,4 31,2 0 Min</div>	<div>Type: Déplacement Unité: mm 13/12/2015, 18:35:31 0,3003 Max 0,2402 0,1802 0,1201 0,0601 0 Min</div>

DANS CE CADRE	Académie :	Session :
	Examen :	Série :
	Spécialité/option :	Repère de l'épreuve :
	Épreuve/sous épreuve :	
	NOM : <small>(en majuscule, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</small>	
NE RIEN ÉCRIRE	Prénoms :	N° du candidat <input type="text"/>
	Né(e) le :	<small>(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou liste d'appel)</small>
	Note : <input type="text"/>	

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

	Temps conseillé
Lecture du sujet	(20 minutes)
Partie 1 – Étude de cinématique	(40 minutes)
<u>1-1 Modélisation des liaisons</u> Question 1 – Détermination des liaisons Question 2 – Graphe des liaisons Question 3 – Repérage des différents sous-ensembles	
<u>1-2 Cinématique graphique</u> Question 4 – Détermination de la nature des mouvements Question 5 – Détermination des trajectoires Question 6 – Position des points Question 7 – Représentation du schéma technologique en position fermée	
Partie 2 – Étude de statique	(1 heure 30)
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 ly Question 15 – Détermination de la norme de la force exercée en l 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	(30 minutes)
<u>3-1 Vérification des dimensions de l'accroche du vérin</u> 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	
<u>3-2-Vérification de la résistance à la flexion de la plaque support</u> Question 23 – Détermination de la nouvelle solution Question 24 – Conclusion	

DOSSIER
DE
TRAVAIL

Le candidat répond directement sur ce dossier de travail. Celui-ci sera rendu dans son intégralité aux surveillants à la fin de l'épreuve.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

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

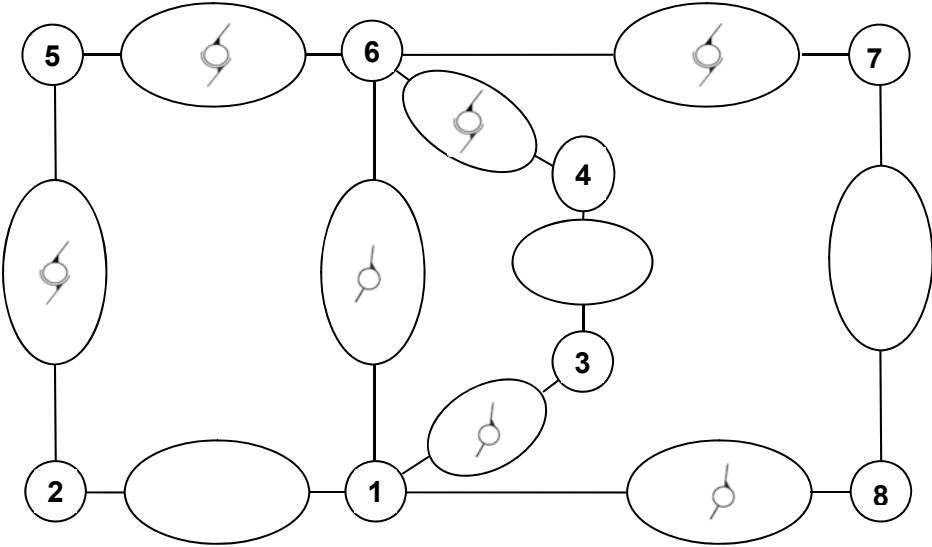
Le module de soudure, représenté sur le dessin d'ensemble DT1 page 5/16, est composé de huit sous-ensembles cinématiques. Ces sous-ensembles sont représentés sous forme de schéma technologique sur le document DT2 page 6/16.

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							Nom de la liaison : Centre : Axe :
Entre 4 et 3	L43							Nom de la liaison : Centre : Axe :
Entre 7 et 8	L78							Nom de la liaison : Centre : Axe :

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

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 cinématiques sur le schéma technologique "Position ouverte" Fig. 1 page 15/16.

1-2 Cinématique graphique

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

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

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

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

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.

$T_{A \in 3/1}$:

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.

$T_{C \in 3/1}$:

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

$T_{G \in 6/1}$:

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.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

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 $\|\vec{F}_{\text{Soudage}}\|$.

$\|\vec{F}_{\text{Soudage}}\| =$ daN

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

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

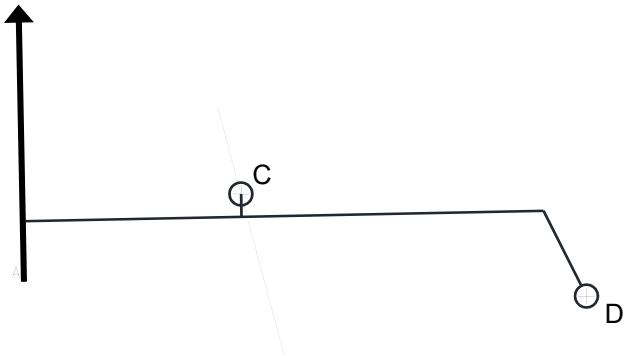
Question 9 :
On isole la Biellette 4.

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
	C			
	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
	C	\		
	D			

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

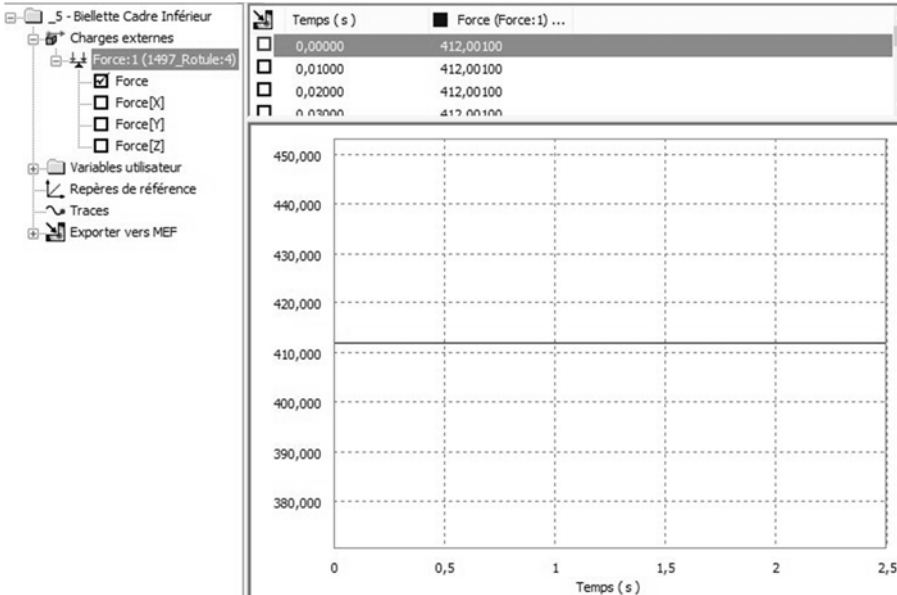
Question 11 :
DÉTERMINER graphiquement, sur la Fig. 3 page 16/16, la valeur des efforts inconnus.

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

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Question 13 :
On isole la Bielle 5.

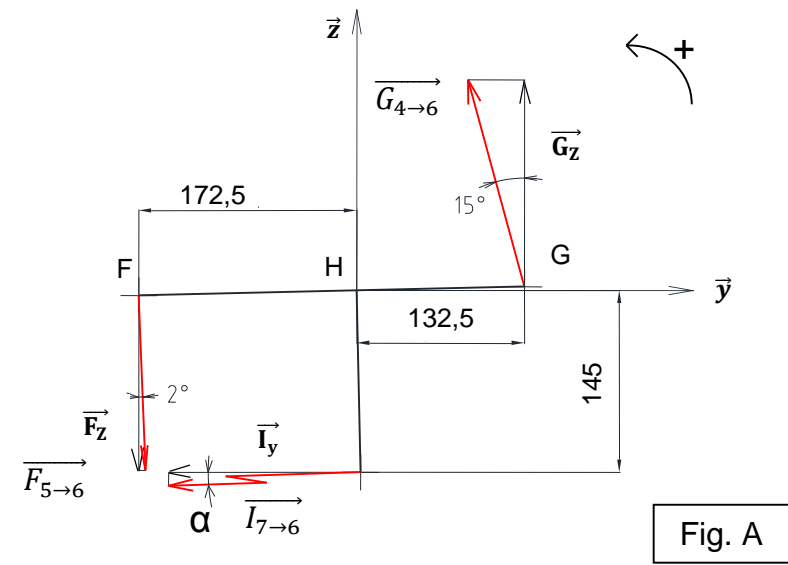
REPRÉSENTER, sur la figure ci-dessous, $\vec{E}_{2 \rightarrow 5}$ et en déduire $\vec{F}_{6 \rightarrow 5}$.



$\ \vec{E}_{2 \rightarrow 5}\ =$	daN
$\ \vec{F}_{6 \rightarrow 5}\ =$	daN

Question 14 :
On isole le Palonnier 6.

Les forces qui s'exercent sur 6 sont données sur le schéma Fig. A ci-contre.

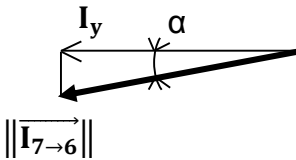


En utilisant le théorème du moment statique au point H, DÉTERMINER la valeur de I_y , composante de $\|\vec{I}_{7 \rightarrow 6}\|$ en projection sur l'axe \vec{y} .
Utiliser les composantes $F_z = -411,7$ daN et $G_z = 591$ daN, données sur la Fig. A ci-dessus.
Le sens positif des moments est sur la Fig. A ci-dessus.

$I_y =$ daN

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

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



$\|\vec{I}_{7 \rightarrow 6}\| =$ daN

Question 16 :
On connaît la force de poussée nécessaire du vérin pour avoir une pression de soudage de 7 bars :
 $\|\vec{F}\| = 60$ 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.

$p =$ bar

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

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.

$d =$ mm

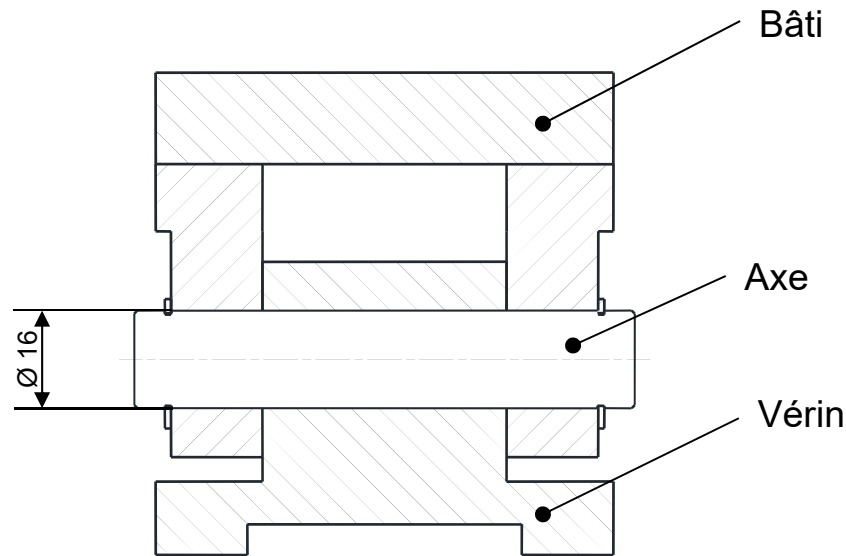
NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Partie 3 – Étude de résistance des matériaux

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

La fixation 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 cet axe 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 $R_{eq} = 0,7 R_e$ avec $R_e = 315 \text{ N/mm}^2$.
 - 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 cisailées.

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

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

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

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 $\tau \leq R_{pg}$.

$d \geq$

mm

Question 22 :
CONCLURE quant à la résistance de l'axe (par rapport aux dimensions de l'axe).

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

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 ces déformations.
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 ≤ 135 MPa</i>			
<i>Déplacement $\leq 0,25$ mm</i>			

Question 24 :

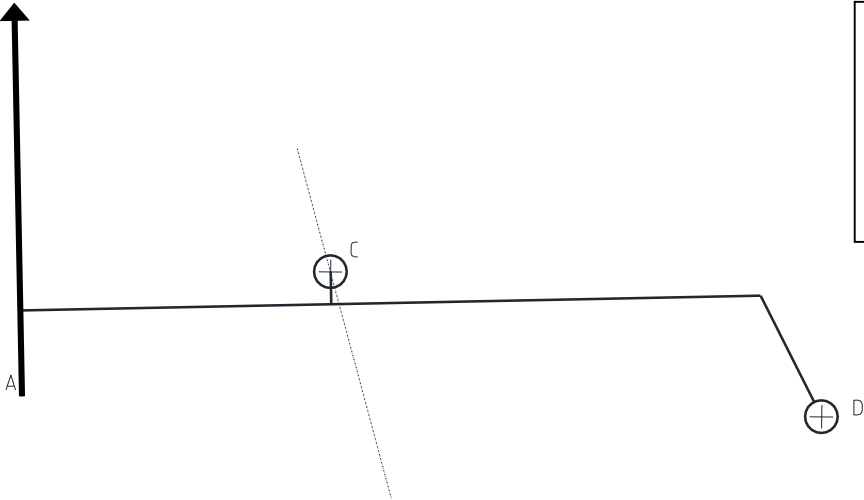
CHOISIR la solution à retenir. **JUSTIFIER** la réponse.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Isolement du Cadre Supérieur 3

Dynamique des forces
Ech : 10 mm → 50 daN



À COMPLÉTER :

$\|\vec{C_{4 \rightarrow 3}}\| =$

daN

$\|\vec{D_{1 \rightarrow 3}}\| =$

daN

Fig. 3

