**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.

**DOSSIER**

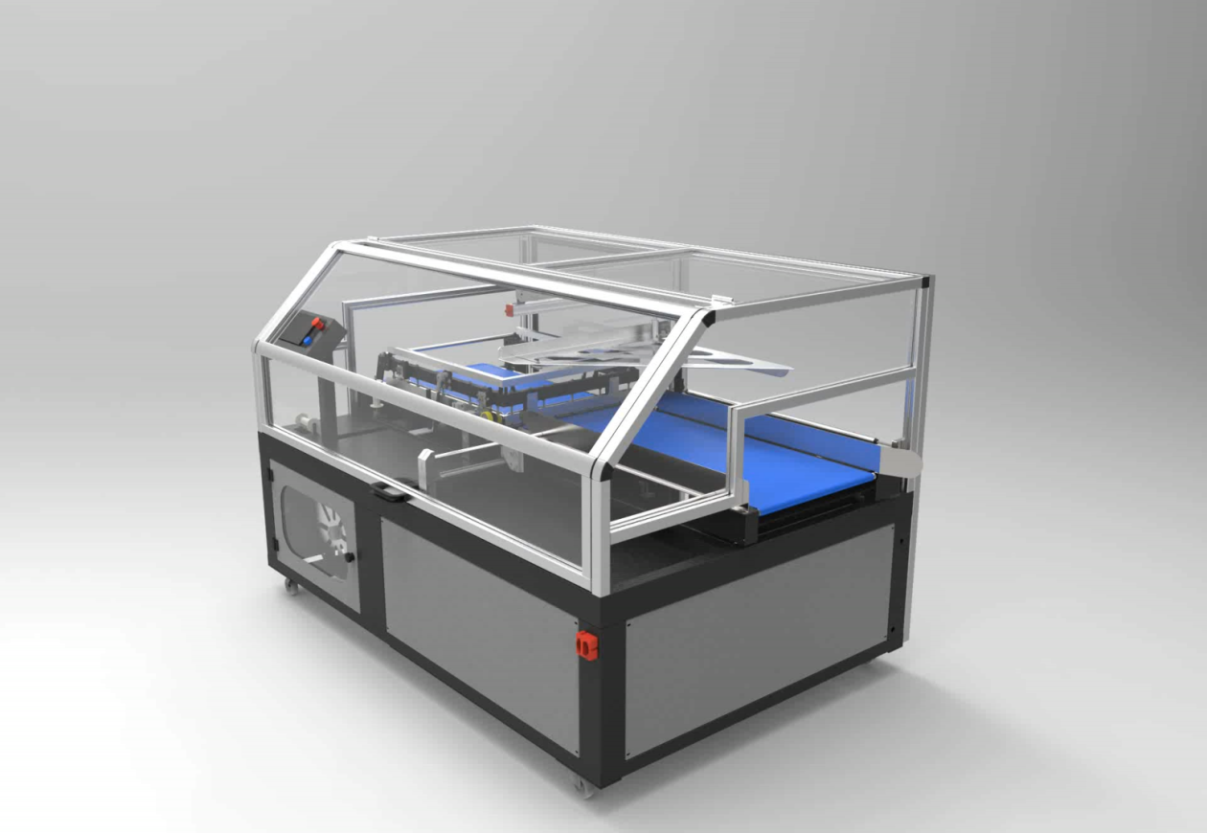
**DE**

**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.



1. 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.

1. 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 ».

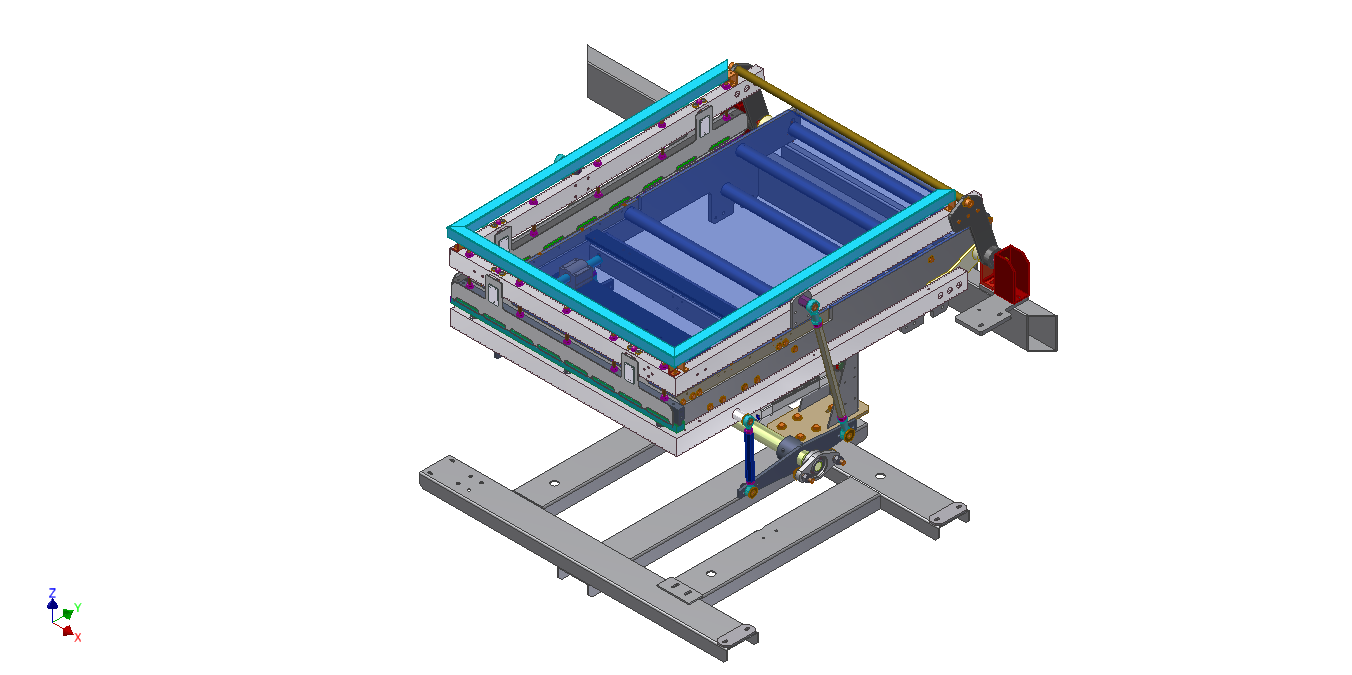
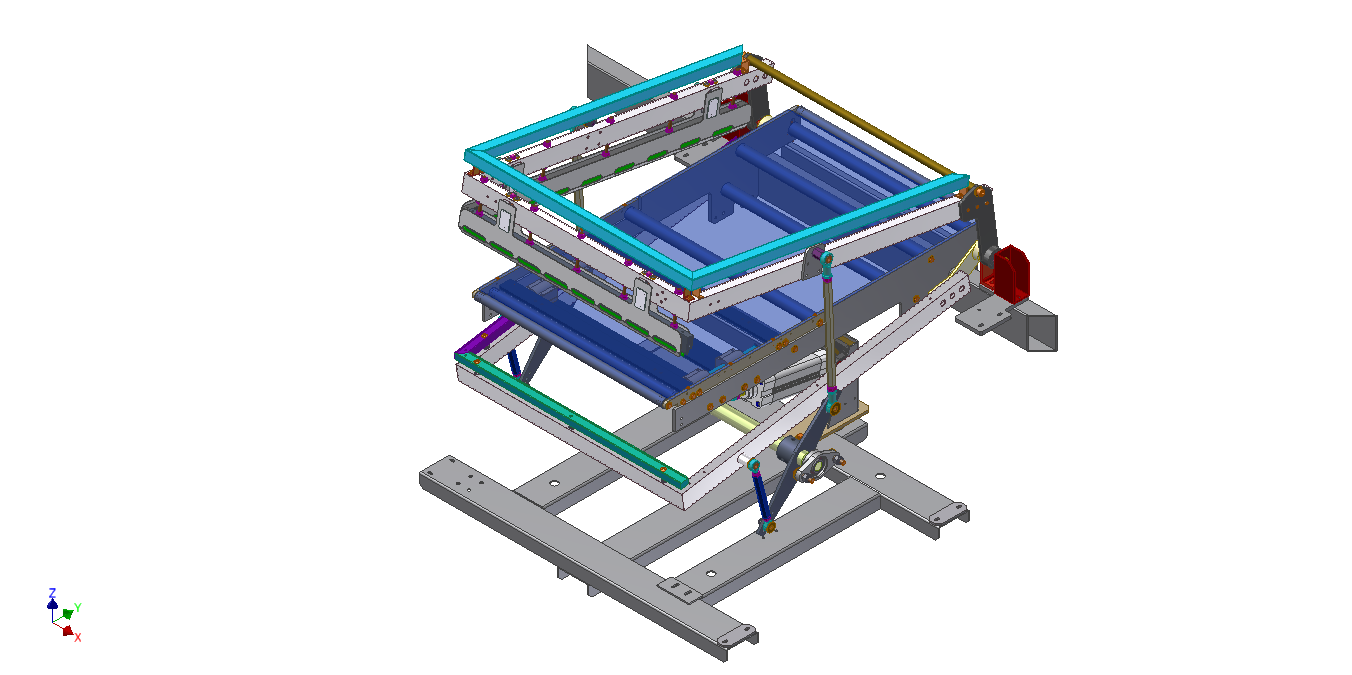
POSITION OUVERTE POSITION FERMÉE

Cadre de

soudure

Commande bras de soudure

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.

1. 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**

***DESSIN D’ENSEMBLE DU MODULE DE SOUDURE***

Module soudure ouvert.wmf

***SCHÉMA TECHNOLOGIQUE MODULE DE SOUDURE***

DT2

**3**

**2**

**4**

**6**

**8**

**1**

**7**

**5**

Rail de soudage

Lame de soudage

O

A

C

B

E

F

G

H

J

D

K

I

***TABLEAU INCOMPLET DES LIAISONS ENTRE LES SOUS-ENSEMBLES***

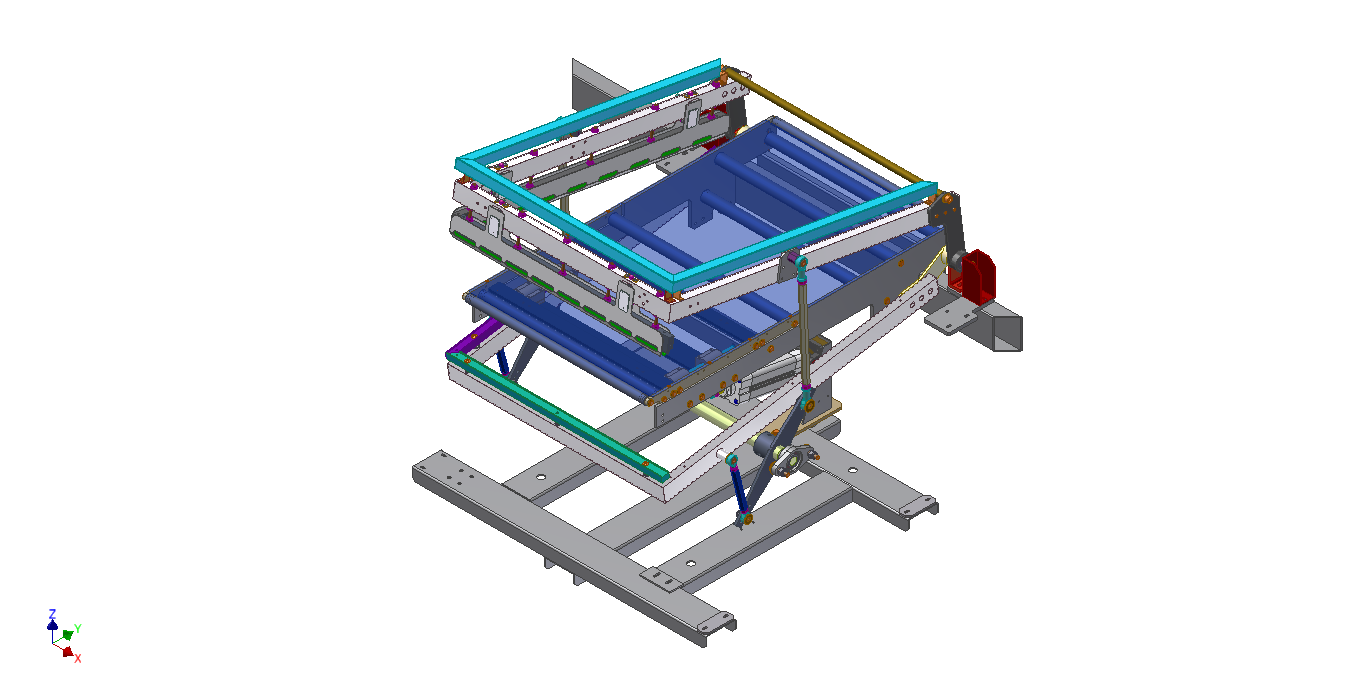
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *Repère de la liaison* | *Nom, centre, axe ou normale au plan de contact de la liaison* |
| *Entre 1 et 3* | *L13* | Pivot de centre D et d’axe x |
| *Entre 1 et 8* | *L18* | Pivot de centre J et d’axe x |
| *Entre 2 et 5* | *L25* | Rotule de centre E |
| *Entre 5 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 |

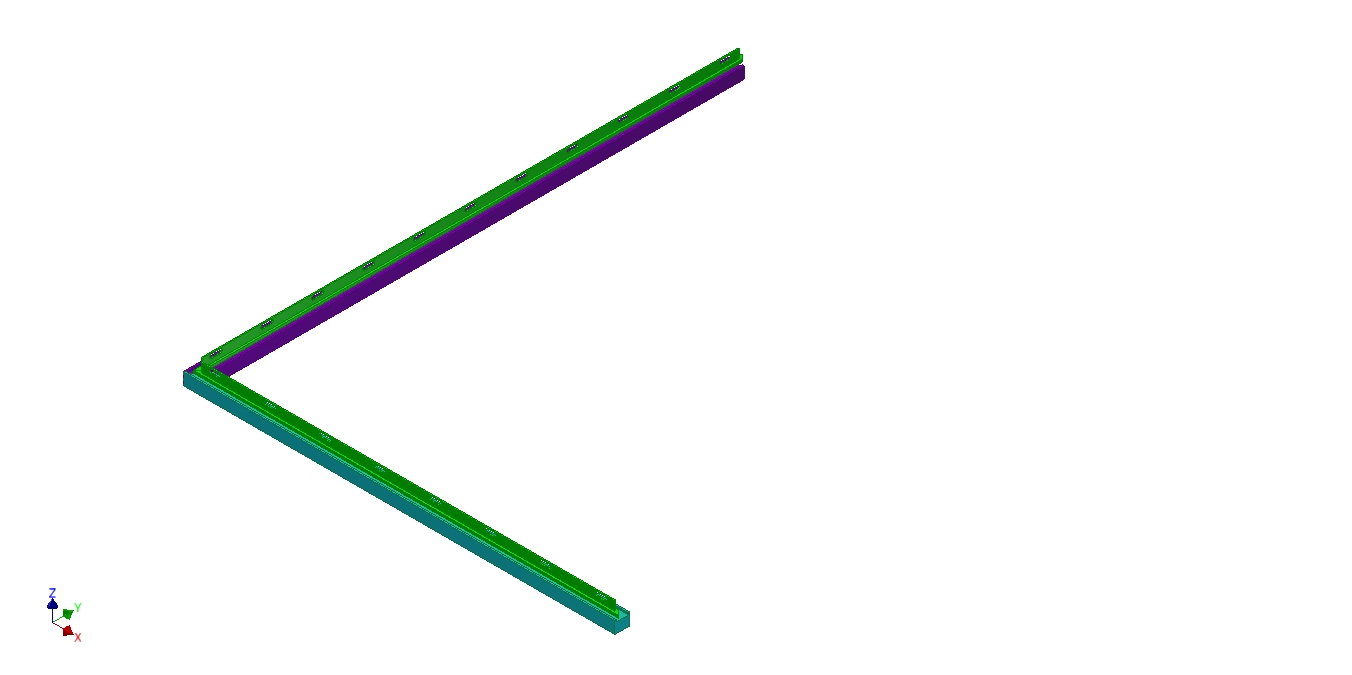
***PRÉSENTATION DES SURFACES DE SOUDAGE***

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 soudure* *Lors de la phase de soudage*





Lame de soudage

Rail de soudage

Rail de soudage

Lame 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*

Lame de soudage

Film plastique

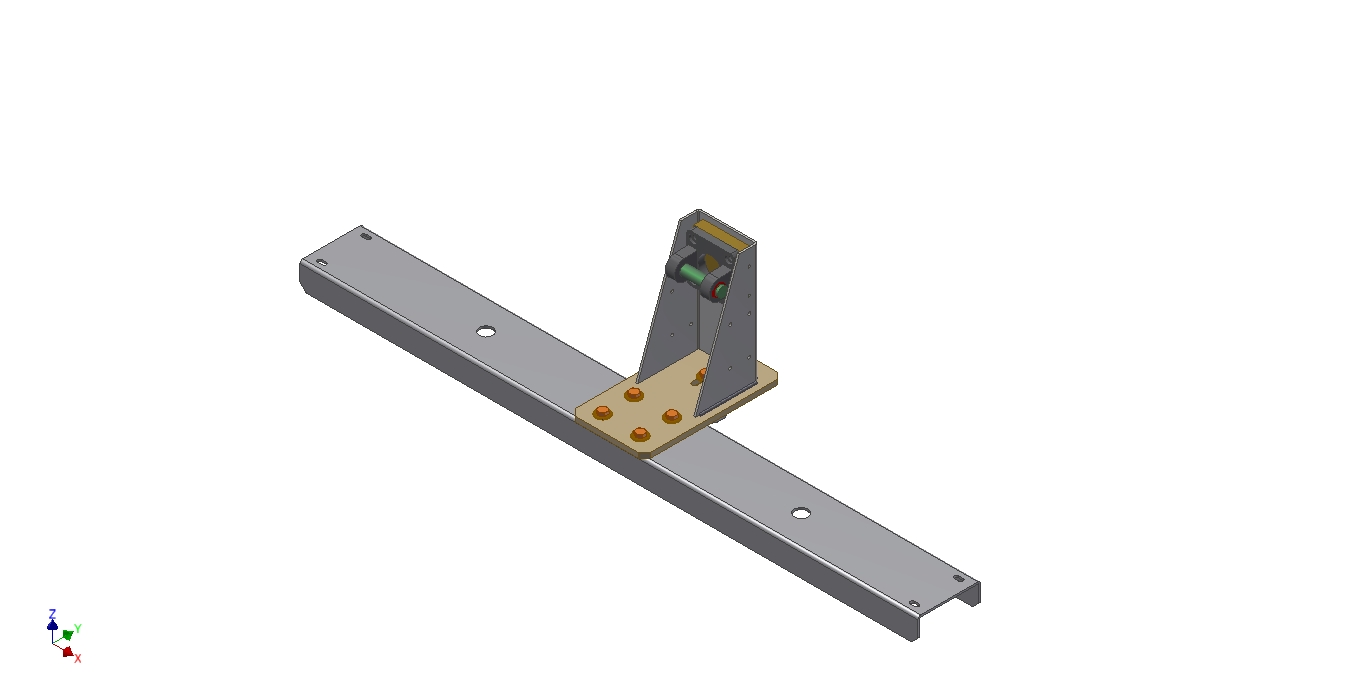
Surface de soudage

Rail de soudage

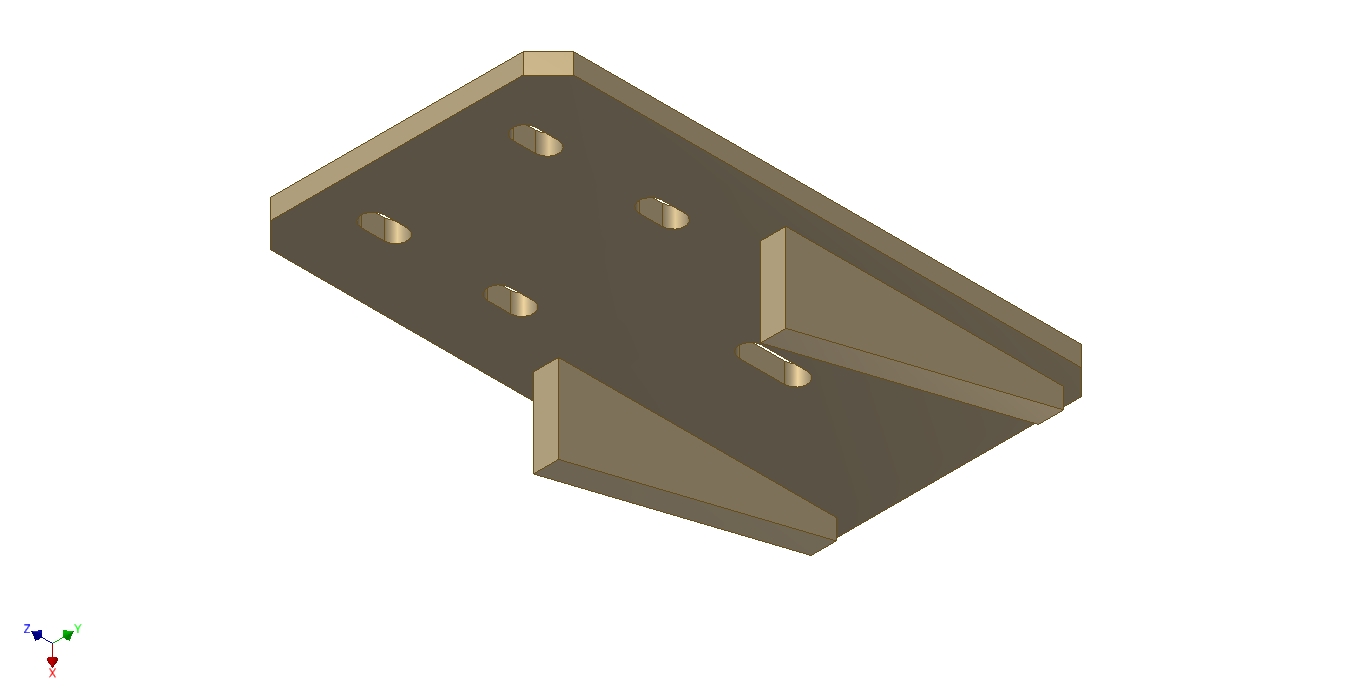
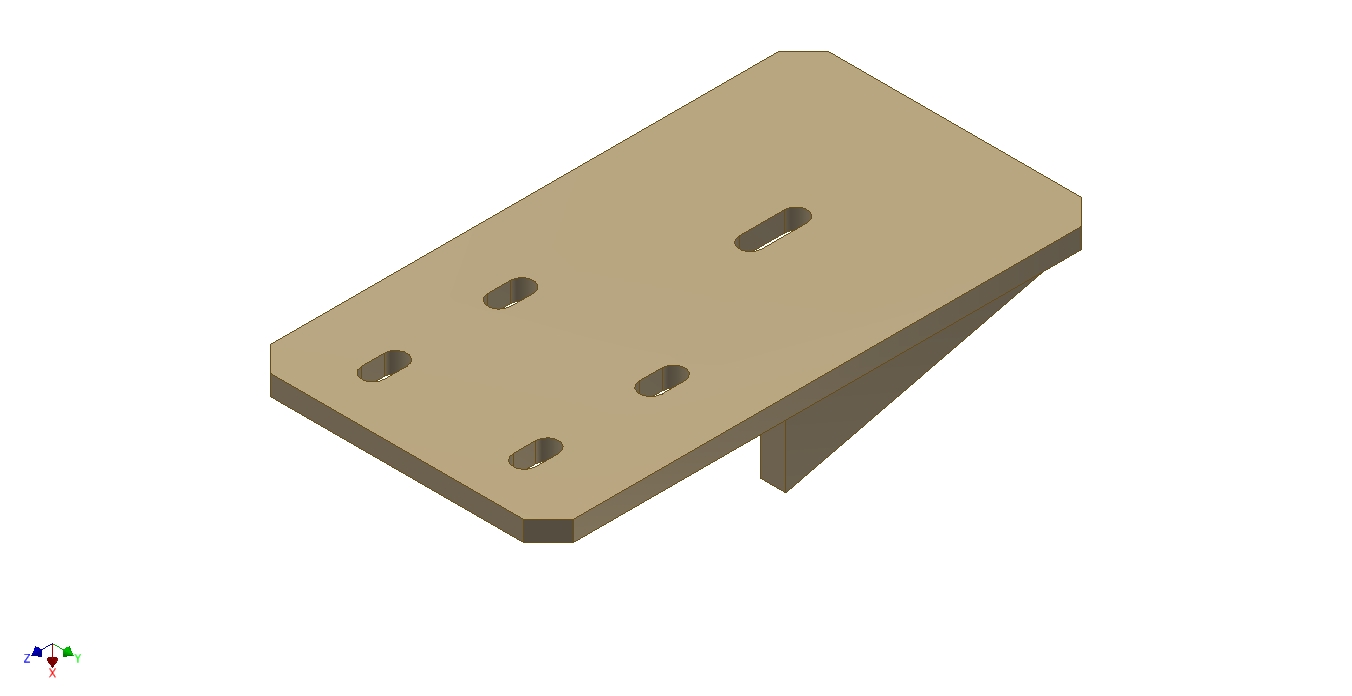
DT2

***SUPPORT DE VÉRIN***

DT3



***PLAQUE SUPPORT MODIFIÉE***



Nervures ajoutées

***RÉSULTATS DES SIMULATIONS D’ANALYSE DES CONTRAINTES***

Modèle de base :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Contrainte de Von Mises** | **Déplacement** |
| **Modèle de base** |  | Déplacement base.JPG |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Contrainte de Von Mises** | **Déplacement** |
| **Solution1**  **Ajout de nervures sur la plaque support** | Van Mises Nervures.JPG | Déplacement Nervures.JPG |
| **Solution 2**  **Changement de l’épaisseur de la colonne (5mm)** | Van Mises Epaisseur.JPG | Déplacement Epaisseur.JPG |
| **Solution 3**  **Changement de matériau de la colonne**  **(acier modérement allié, haute résistance)** | Van Mises Matière.JPG | Déplacement Matière.JPG |

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

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)**

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 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 Iy

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* (30 minutes)**

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

Question 18 – Détermination des sections cisaillées

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

**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.

**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 : |

*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.

**1**

**8**

**7**

**6**

**2**

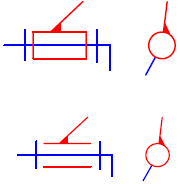
**5**

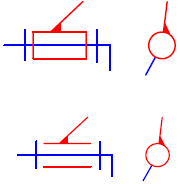
**3**

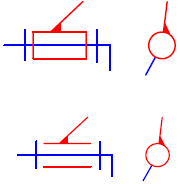
**4**











*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.

|  |
| --- |
|  |

*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.

|  |
| --- |
| **:** |

**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.

|  |
| --- |
| **:** |

**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.

|  |
| --- |
| **:** |

*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 Biellette 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 bar = 0,7 MPa.*
* *La surface de soudage correspond à la surface de contact entre le Cadre Supérieur 3 et le Cadre Inférieur 2. S = 48,3 cm² = 4830 mm²*

*Rappel :*

* *1 bar = 1 daN/cm²*
* *1 MPa = 1 N/mm²*

**DÉTERMINER** la valeur de l’effort de soudage .

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
| **= 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.

C

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Actions | Point | Direction | Sens | Intensité |
|  | C |  |  |  |
|  | G |  |  |  |

G

*Question 10 :*

On isole le Cadre Supérieur 3.

C

D

*Données :*

*L’effort de soudage de 340 daN s’exerce au point A, d’où (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 |
|  | A |  |  | 340 daN |
|  | C |  |  |  |
|  | D |  |  |  |

*Question 11 :*

**DÉTERMINER** graphiquement, sur la Fig. 3 page 16/16, la valeur des efforts inconnus.

On isole le Cadre Inférieur 2.

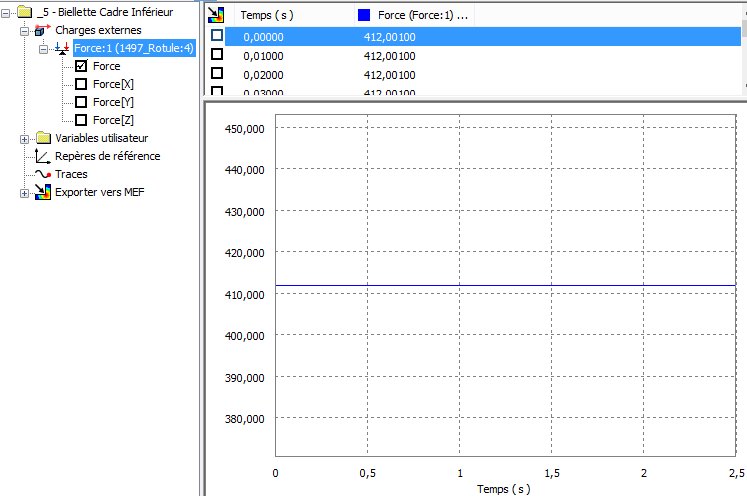
L’effort de soudage s’exerce au point B, d’où (effort au point B du Cadre Supérieur 3 sur le Cadre Inférieur 2).

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Actions | Point | Direction | Sens | Intensité |
|  | B |  |  | 340 daN |
|  | D |  |  | 74 daN |
|  | 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 :



|  |
| --- |
| = **daN** |

**RELEVER** sur le graphe la valeur de l’effort :

*Question 13 :*

On isole la Biellette 5.

**REPRÉSENTER,** sur la figure ci-dessous, et en déduire .

E

|  |
| --- |
|  |
|  |

F

+

*Question 14 :*

On isole le Palonnier 6.

172,5

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

132,5

G

F

H

145

α

Fig. A

En utilisant le théorème du moment statique au point H, **DÉTERMINER** la valeur de *Iy*, composante de en projection sur l’axe .

Utiliser les composantes Fz = -411,7 daN et Gz = 591 daN, données sur la Fig. A ci-dessus.

Le sens positif des moments est sur la Fig. A ci-dessus.

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
| **= daN** |

α

*Question 15 :*

**DÉTERMINER** la norme de sachant que α = 2°.

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
| = **daN** |

*Question 16 :*

On connait la force de poussée nécessaire du vérin pour avoir une pression de soudage de 7 bars :

Le diamètre du piston est de Ø50 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.

|  |
| --- |
| = **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 .

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

|  |
| --- |
| **d = mm** |

**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 Reg = 0,7 Re avec Re = 315 N/mm².
* Effort exercé par le vérin sur la chape : F = 600 N.
* On prendra un coefficient de sécurité s = 4.

Axe

Bâti

Vérin

Ø 16

*Question 18 :*

**DÉTERMINER** le nombre de sections cisaillées.

|  |
| --- |
|  |

*Question 19 :*

**REPASSER**, en rouge sur le dessin ci-dessus, la ou les section(s) cisaillée(s).

*Question 20 :*

**CALCULER** la résistance pratique au glissement Rpg.

|  |
| --- |
|  |

Par la suite, nous prendrons une résistance pratique au glissement Rpg = 55 N/mm².

*Question 21 :*

**DÉTERMINER** le diamètre minimal de l’axe en écrivant la condition de résistance .

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
| **mm** |

*Question 22 :*

**CONCLURE** quant à la résistance de l’axe (par rapport aux dimensions de l’axe).

|  |
| --- |
|  |

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 ≤ 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.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | ***Solution 1***  ***Ajout de nervures*** | ***Solution 2***  ***Changement de l’épaisseur*** | ***Solution 3***  ***Changement du matériau*** |
| ***Condition à respecter*** |
| ***Contrainte de***  ***Von Mises ≤ 135 MPa*** |  |  |  |
| ***Déplacement***  ***≤ 0,25 mm*** |  |  |  |

*Question 24 :*

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

|  |
| --- |
|  |

***Schéma technologique "Position ouverte"***

C

K

A

D

G

B

H

F

J

O

Fig. 1

***Schéma technologique "Position fermée"***

D

E

B

H

F

I

J

O

Fig. 2

***Isolement du Cadre Supérieur 3***

Dynamique des forces

Ech : 10 mm → 50 daN

**À COMPLÉTER :**

Fig. 3

200

150

100

50

40

30

20

10

Pression en bar

***FORCE THÉORIQUE DES VÉRINS ∅12 à ∅50*** mm

Force en daN

11

12

9

10

7

8

5

6

3

4

1

2

Force nominale en poussant

Force nominale en tirant