

Session 2003

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL

Etude et Définition de Produits Industriels

Épreuve: E1 - Unité U11.

Etude du comportement mécanique d'un système technique.

Durée : 3 heures

Coefficient: 3

Épreuve non ponctuelle

CORRIGE

ECARTEUR HYDRAULIQUE



BAREME DE CORRECTION

1. Première partie

- | | | |
|----------|---|-------|
| 1. 1 | Recherche de l'ouverture maximale de l'écarteur. | / 1,5 |
| 1. 2 | Vérification des temps d'ouverture et de fermeture. | |
| 1. 2. 1. | Calculer le temps d'ouverture | / |
| 1. 2. 2. | Calculer le temps de fermeture | / |
| 1. 2. 3. | Conclure sur le respect du temps d'ouverture | / |
| 1. 2. 2. | Identifier la situation la plus défavorable | / |

Sous total Première partie : / 3

2. Deuxième partie

- | | | |
|---------|--|---|
| 2. 1 | Recherche de l'effort minimal d'écartement (force E) en mode écartement. | |
| 2. 1. 1 | E _{pression} -> 13 | / |
| 2. 1. 2 | Actions mécaniques sur la bielle 18 | / |
| 2. 1. 3 | Actions mécaniques sur l'ensemble { 12 + 13 } | / |
| 2. 1. 4 | Actions mécaniques sur l'ensemble { 14 + 15 + 16 } | / |
| 2. 2 | Recherche de l'effort minimal de traction (force F _{traction}) à la position la plus défavorable. | |
| 2. 2. 1 | Actions mécaniques sur la bielle 18 | / |
| 2. 2. 2 | Actions mécaniques sur l'ensemble { 12 + 13 } | / |
| 2. 2. 3 | Effort minimal de traction au niveau de la chaîne | / |

Sous total Deuxième partie : /

3. Troisième partie

- | | | |
|---------|---|---|
| 3. 1 | Vérification des conditions de résistance des axes de bielle 17 | |
| 3. 1. 1 | Effort maximal sur l'axe de la bielle 17 | / |
| 3. 1. 2 | Effort maximal en surcharge sur l'axe de la bielle | / |
| 3. 1. 3 | Sections cisailées sur l'axe de la bielle 17 | / |
| 3. 1. 4 | Valeur de la contrainte tangentielle moyenne | / |
| 3. 1. 5 | Vérification | / |
| 3. 1. 6 | Conclusion | / |
| 3. 2 | Vérification de la condition de résistance des bielles 18 | / |

Sous total Troisième partie : /

Total / 20 points

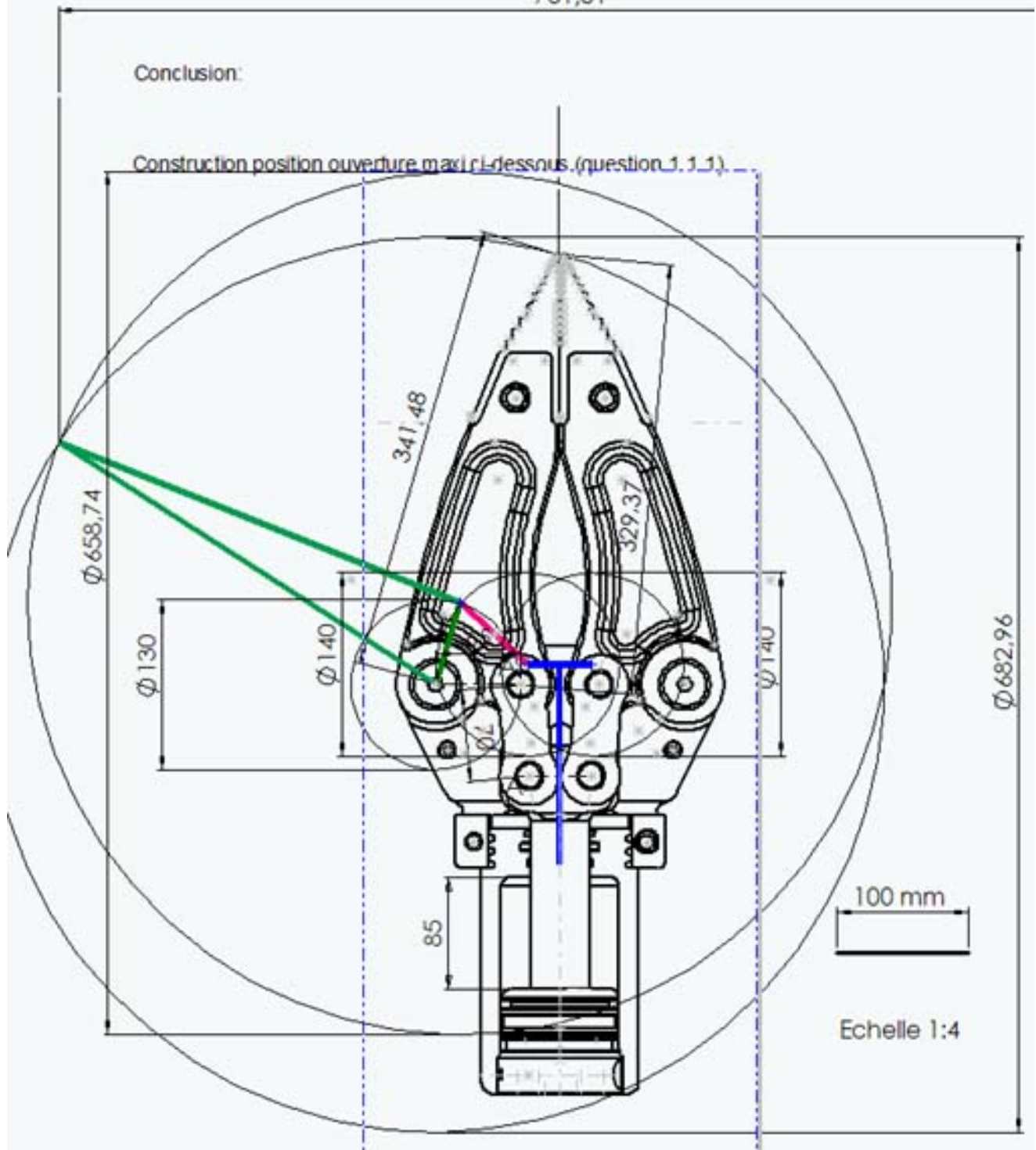
La cote d'ouverture est de 761 mm.
Du fait de l'échelle on peut considérer les réponses situées dans l'intervalle $720 < \text{cote d'ouverture} < 770$ comme correctes.

761,51

761,51

Conclusion:

Construction position ouverture max cr-dessus (question 1.1.1).



1. PREMIERE PARTIE

1.1 Recherche de l'ouverture maximale de l'écarteur. Voir document page 11/15 et vérifier que cette valeur s'inscrit dans la tolérance donnée par le tableau en page 4/15

1.2 Vérification des temps d'ouverture et de fermeture:

Pour répondre aux nouvelles exigences (doc 4 sur 15), l'écarteur hydraulique doit s'ouvrir ou se fermer dans un temps maximal égal à 15 s.

Le groupe hydraulique utilisé a les caractéristiques suivantes :

Groupe hydraulique électrique haute pression 700 bars, débit constant : 2,4 l/min, réservoir d'huile de 8 litres, pompes à pistons, limiteur de pression, bloc foré électro-distributeurs pour commande, vérins double effet.

1.2.1 Calculer le temps d'ouverture (relever les dimensions sur le doc 5 sur 15) :

Volume d'huile nécessaire au déplacement du piston :

$V = \text{Section} \times \text{Course}$

Course mesurée sur dessin d'ensemble : 86 mm

Section = $\frac{\pi}{4} \times d_{13}^2 - \frac{\pi}{4} \times d_2^2$ avec $d_{13}=90$ mm et $d_2=8$ mm

$S = 6\,311 \text{ mm}^2$

$V = 6\,311 \times 86 = 542\,746 \text{ mm}^3$

Débit de la pompe = 2,4 l/min = 2,4 dm³/min = 0,04 dm³/s

Temps d'ouverture = $\frac{0,542746}{0,04} \cong 14s$

1.2.2 Calculer le temps de fermeture (relever les dimensions sur le doc 5 sur 15) :

Volume d'huile nécessaire au déplacement du piston :

$V = \text{Section} \times \text{Course}$

Course mesurée sur dessin d'ensemble : 86 mm

Section = $\frac{\pi}{4} \times d_{13}^2 - \frac{\pi}{4} \times d_{12}^2$ avec $d_{13}=90$ mm et $d_{12}=45$ mm

$S = 4771,29 \text{ mm}^2$

$V = 4771,29 \times 86 = 410331,27 \text{ mm}^3$

Débit de la pompe = 2,4 l/min = 2,4 dm³/min = 0,04 dm³/s

Temps de fermeture = $\frac{0,410331}{0,04} \cong 10,26s$

1.2.3 Conclure sur le respect de l'exigence relative aux temps d'ouverture et de fermeture.

Les temps d'ouverture et de fermeture sont inférieurs aux limites données dans le cahier des charges (15s pour la catégorie EH40).

1.2.4 Identifier la situation la plus défavorable : ☒ ouverture ☐ fermeture

2. DEUXIEME PARTIE

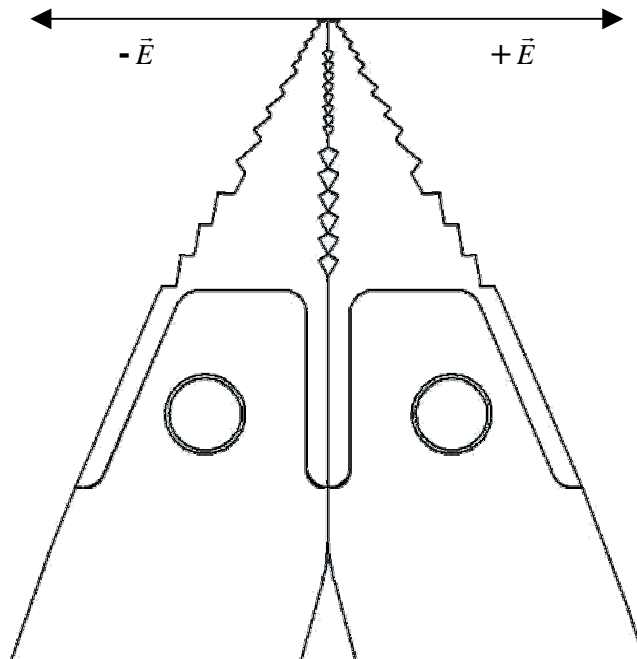
Dans cette 2^{ème} partie, l'étude statique vise à :

- Qualifier le produit dans la catégorie EH40 de la norme NF S 61-571.
- Déterminer l'effort de traction minimal.

Hypothèses générales :

- Les liaisons sont supposées parfaites.
- Le poids des pièces est négligé devant les valeurs des actions mécaniques.
- Le système admet un plan de symétrie.

2.1 Recherche de l'effort minimal d'écartement $\vec{E}_{tôle \rightarrow \{14+15+16\}}$ à l'extrémité des embouts 15 en position bras fermés (position la plus défavorable en phase d'ouverture):

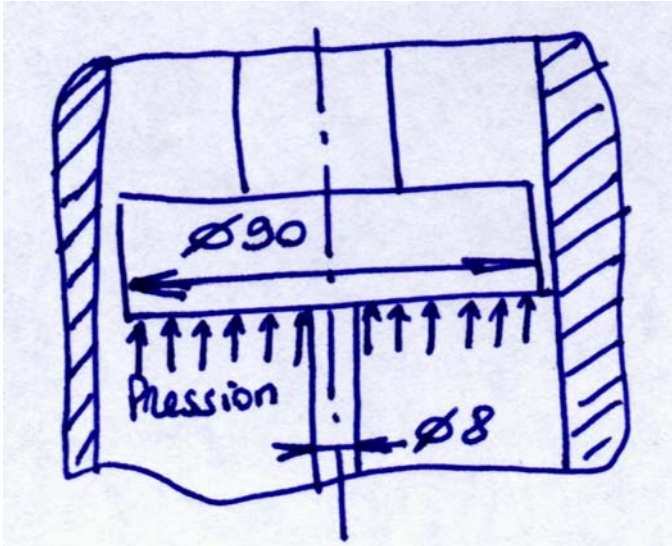


La démarche est proposée au travers des étapes 2.1.1 à 2.1.4

2.1.1 On se place dans la position pince fermée. Déterminer l'effort résultant exercé par le fluide sur le piston **13**. Cet effort sera noté $\vec{E}_{\text{pression} \rightarrow 13}$

Les cotes seront mesurées sur le dessin d'ensemble (doc. 5 sur 15).

Relation : $F = p \times S$ avec $p = 700 \text{ bars} = 70 \text{ MPa}$



Calcul de S :

$$S = \pi/4 \times (d_{13}^2 - d_2^2)$$

$$S = \pi/4 \times (90^2 - 8^2)$$

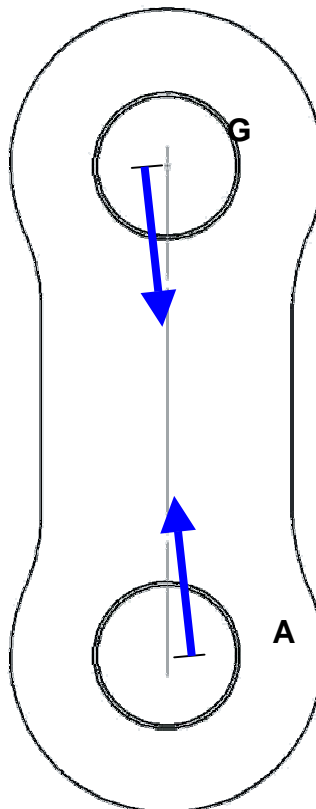
$$S = 6\,311,46 \text{ mm}^2$$

$$E_{\text{pression} \rightarrow 13} = 70 \times 6\,311,46 = 441\,802 \text{ N}$$

$$\|\vec{E}_{\text{pression} \rightarrow 13}\| = 441\,802 \text{ N}$$

2.1.2 La bielle **18** est isolée.

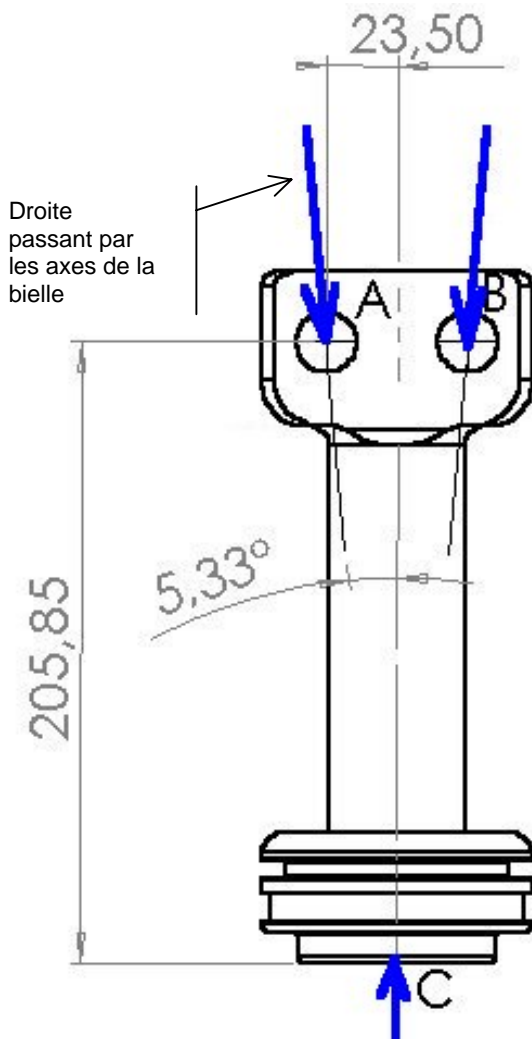
Déterminer les actions mécaniques qui s'exercent (leur nature, leur direction leur sens).



2.1.3 L'ensemble { Piston **13** + Tige **12** } est isolé.

- A - Effectuer l'analyse des actions mécaniques,
 B - Compléter le tableau ci-dessous,
 C - Tracer sur la figure les vecteurs représentant les forces extérieures.

(Méthode de résolution par le calcul conseillée)



$$\text{PFS : } \sum F_{\text{ext.}} = 0$$

$$A_{17 \rightarrow 12} + B_{17 \rightarrow 12} + F = 0$$

$$\text{Avec } \| A_{17 \rightarrow 12} \| = \| B_{17 \rightarrow 12} \|$$

Equations de proj. :

$$(1) : XA_{17 \rightarrow 12} + XB_{17 \rightarrow 12} = 0$$

$$(2) : YA_{17 \rightarrow 12} + YB_{17 \rightarrow 12} + F = 0$$

$$YA_{17 \rightarrow 12} = \frac{E_{\text{pression} \rightarrow 13}}{2} = \frac{440000}{2}$$

$$YA_{17 \rightarrow 12} = 220\,000 \text{ N}$$

$$(3) : \tan(5,33^\circ) = \frac{XA_{17 \rightarrow 12}}{YA_{17 \rightarrow 12}}$$



$$XA_{17 \rightarrow 12} = YA_{17 \rightarrow 12} \times \tan(5,33^\circ)$$

$$XA_{17 \rightarrow 12} = 220\,000 \times \tan(5,33^\circ)$$

$$XA_{17 \rightarrow 12} = 20\,525 \text{ N}$$

$$A_{17 \rightarrow 12} = ((XA_{17 \rightarrow 12})^2 + (YA_{17 \rightarrow 12})^2)^{\frac{1}{2}}$$

Tableau des actions mécaniques extérieures :

Action mécanique	Point d'application	Direction	Intensité (N)
$\vec{C}_{\text{pression} \rightarrow \{13+12\}}$	C	verticale	440 000
$\vec{A}_{18 \rightarrow \{12+13\}}$	A	5,33° 	220 955 N
$\vec{B}_{18 \rightarrow \{12+13\}}$	B	5,33° 	220 955 N

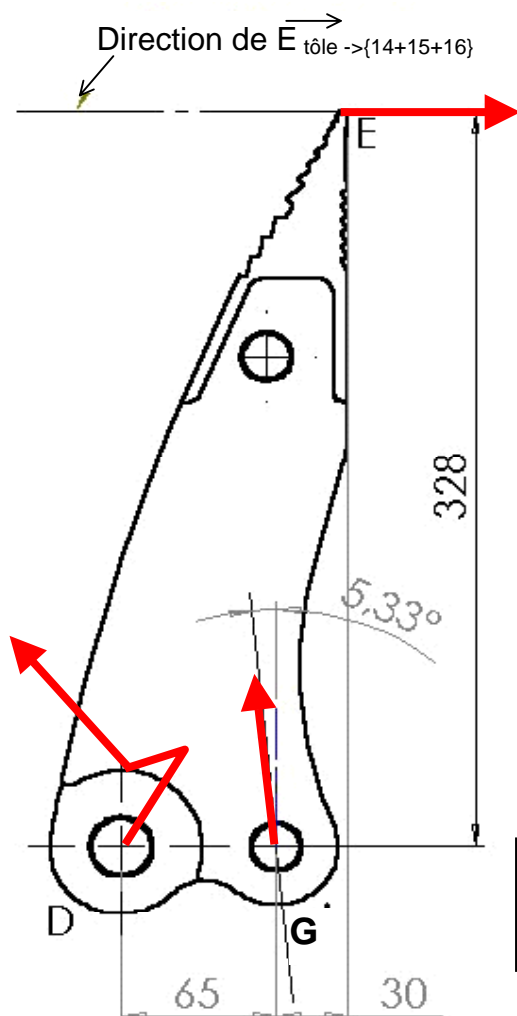
2.1.4 L'ensemble {Bras **14** + Embout **15** + Axe d'embout **16**} est isolé. Déterminer l'effort minimal d'écartement $\vec{E}_{\{14+15+16\} \rightarrow \text{tôle}}$ aux extrémités des embouts de l'écarteur, pour cela :

A - Effectuer l'analyse des actions mécaniques,

B - Compléter le tableau ci-dessous,

C - Tracer sur la figure les vecteurs représentant les forces extérieures.

Action mécanique	Point d'application	Direction	Intensité (N)
$\vec{G}_{18 \rightarrow \{14+15+16\}}$	G	$5,33^\circ$ ↖	221 000
$\vec{E}_{\text{tôle} \rightarrow \{14+15+16\}}$	E	horizontale	?
$\vec{D}_{5 \rightarrow \{14+15+16\}}$	D	?	?



P.F.S. :

$$(1) \quad X_G + X_D + E = 0$$

$$-20\,529 + X_D + E = 0$$

$$(2) \quad Y_G + Y_D = 0$$

$$220\,044 + Y_D = 0$$

$$(3) \quad M_{/D} E + M_{/D} G + M_{/D} D = 0$$

$$-(E \times 328) + (220\,044 \times 65) = 0$$

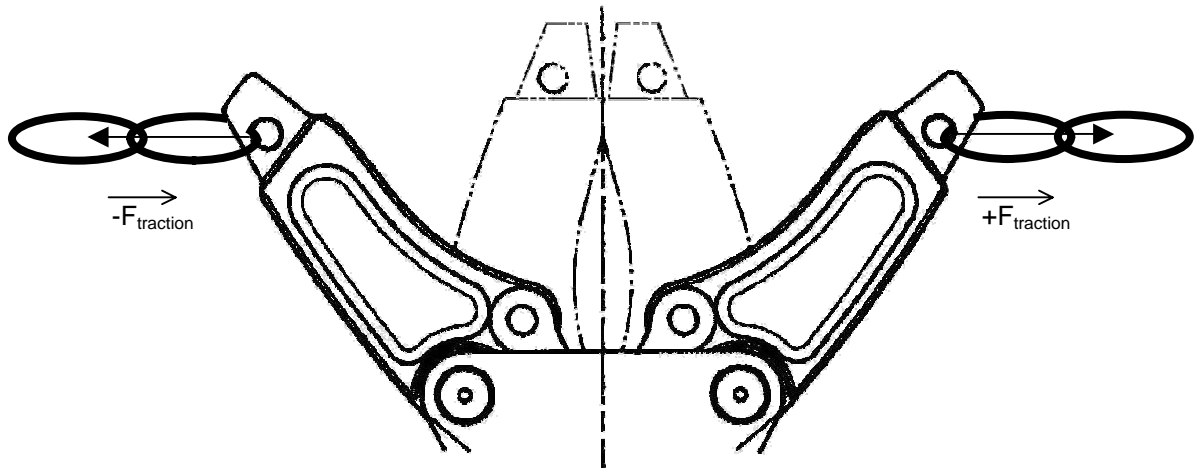
$$E = (220\,044 \times 65) : 328$$

$$E = 43\,606 \text{ N}$$

$$\|\vec{E}_{\text{tôle} \rightarrow \{14+15+16\}}\| = 43\,606 \text{ N}$$

2.2 A la position la plus défavorable : Recherche de l'effort $\vec{F}_{traction}$ de traction au niveau de l'axe d'embout 16, en position bras ouverts:

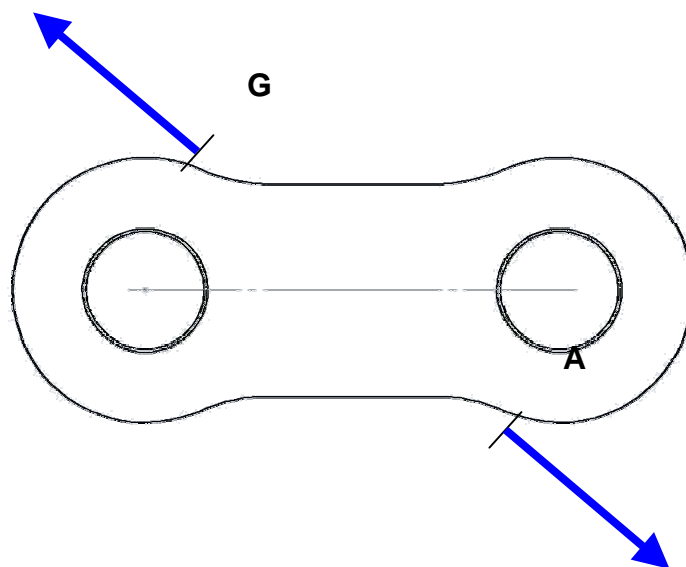
En phase de fermeture les embouts 15 et les axes d'embouts 16 sont remplacés par des chaînes.



La démarche est proposée au travers des étapes 2.2.1 à 2.2.3

2.2.1 La bielle 18 est isolée.

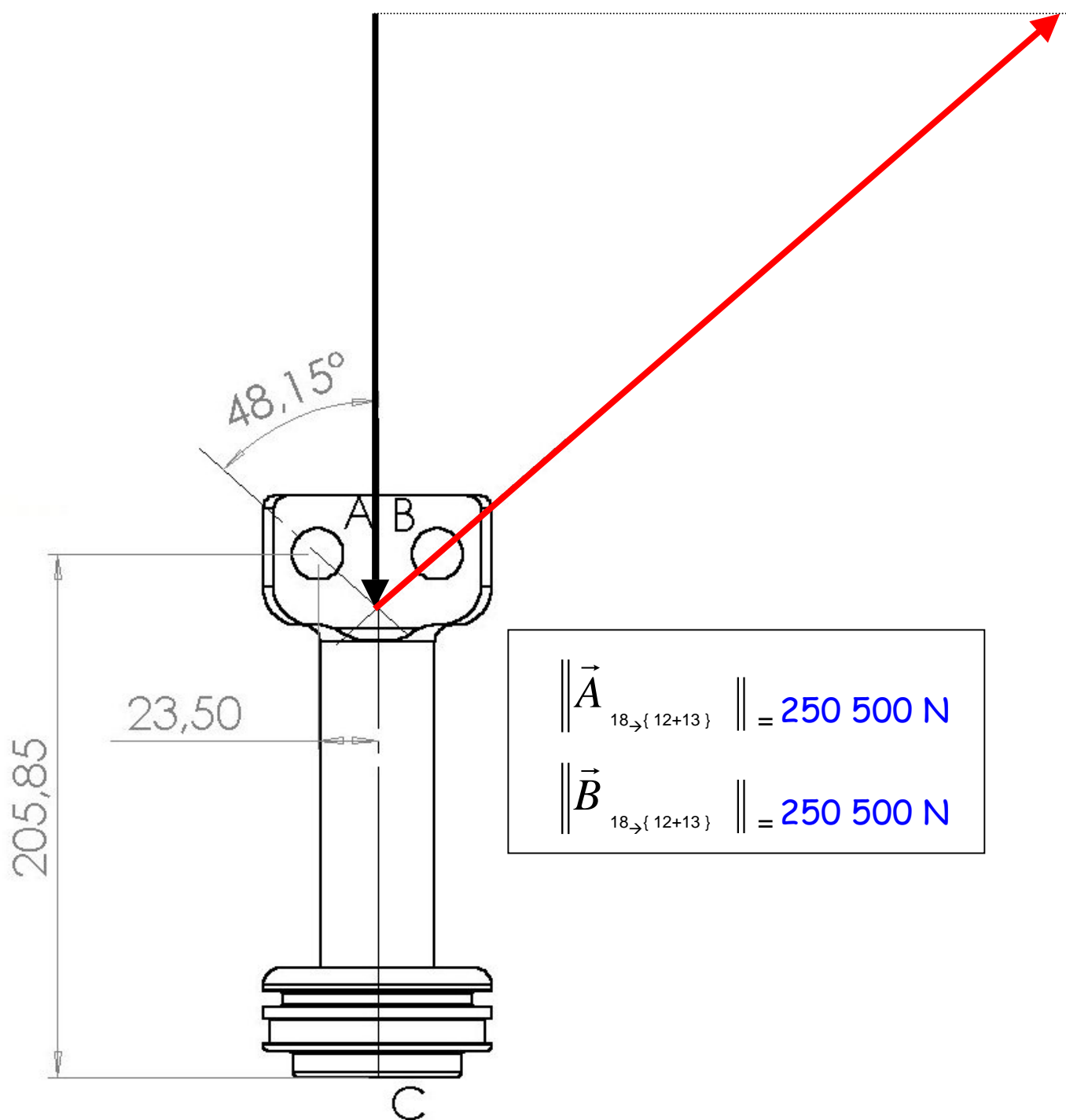
Déterminer les actions mécaniques qui s'exercent (leur nature, leur direction leur sens).



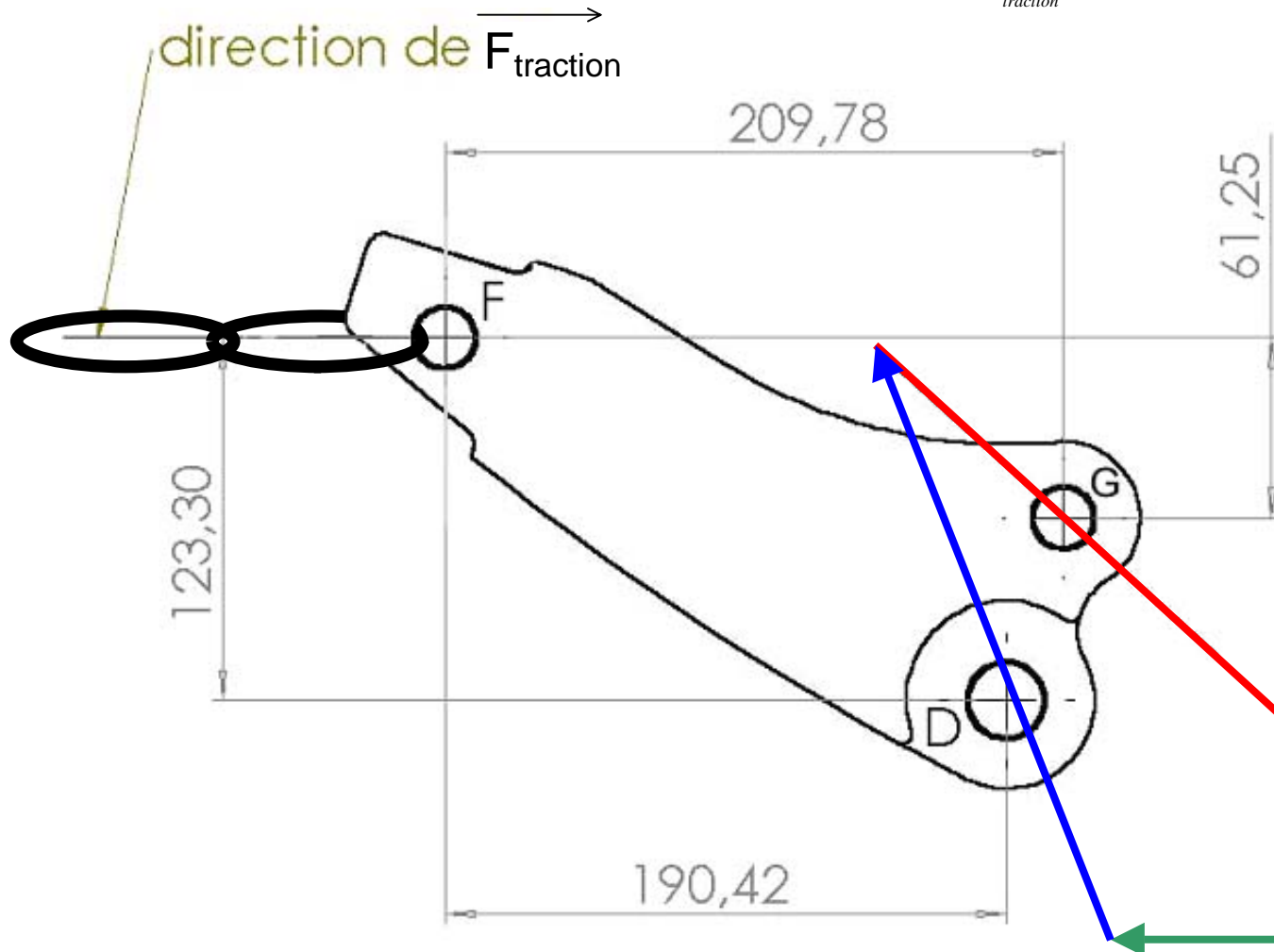
2.2.2 L'effort résultant exercé par la pression sur le piston, noté $\vec{F}'_{\text{pression} \rightarrow 12+13}$ est égal à 334 000 N.

L'ensemble {Piston **13** + Tige **12**} est isolé. Déterminer les forces extérieures.

(Méthode de résolution graphique conseillée)



2.2.3 Déterminer l'effort minimal de traction au niveau de la chaîne $\vec{F}_{traction}$.



$$\|\vec{F}_{traction}\| = 120\,240\text{ N}$$

Conclusion : Les modifications dimensionnelles conviennent-elles pour que l'écarteur soit classé EH40 (voir tableau page 4) ? Justifier votre réponse. OUI l'écarteur peut être classé en catégorie EH40 car :

- le temps d'ouverture et de fermeture est inférieur à 15s
- La force d'écartement (43kN) est supérieure à 40kN
- La force de traction (120kN) est supérieure à 85kN

3. TROISIEME PARTIE

Dans cette troisième partie le but est de vérifier l'aptitude de différentes pièces à fonctionner dans les conditions les plus défavorables, compte tenu des conditions de résistance. La norme NF S 61-571 prévoit une surcharge égale à 1,5 x force d'écartement aux extrémités de l'écarteur en position écartement maxi (coefficient de surcharge : 1,5).

Une simulation par un logiciel de calcul a permis de déterminer les différentes actions mécaniques dans l'écarteur dans les conditions de fonctionnement normal.

Consulter la page 7/15.

Consultation de résultats

Effort extérieur Effort1			Effort extérieur Effort3		
No	Position	Norme(N)	No	Position	Norme(N)
000	+00.	+4.4000000000e+005	000+00.		+4.3597730000e+004
001	+01.	+4.4000000000e+005	001+01.		+4.2759430000e+004
002	+02.	+4.4000000000e+005	002+02.		+4.2102030000e+004
003	+03.	+4.4000000000e+005	003+03.		+4.1748730000e+004
004	+04.	+4.4000000000e+005	004+04.		+4.1843110000e+004
005	+05.	+4.4000000000e+005	005+05.		+4.2565190000e+004
006	+06.	+4.4000000000e+005	006+06.		+4.4152210000e+004
007	+07.	+4.4000000000e+005	007+07.		+4.6929110000e+004
008	+08.	+4.4000000000e+005	008+08.		+5.1355150000e+004
009	+09.	+4.4000000000e+005	009+09.		+5.8096690000e+004
010	+10.	+4.4000000000e+005	010+10.		+6.8142310000e+004
011	+11.	+4.4000000000e+005	011+11.		+8.2988390000e+004
012	+12.	+4.4000000000e+005	012+12.		+1.0494930000e+005
Valeur mini ordonnée = 440000			Valeur mini ordonnée = 41748.73		
Valeur maxi ordonnée = 440000			Valeur maxi ordonnée = 104949.30		
Effort de Liaison4			Effort de Liaison8		
No	Position	Norme(N)	No	Position	Norme(N)
000	+00.	+2.2120910000e+005	000+00.		+2.2095460000e+005
001	+01.	+2.2100370000e+005	001+01.		+2.2107140000e+005
002	+02.	+2.2063500000e+005	002+02.		+2.2146120000e+005
003	+03.	+2.2023850000e+005	003+03.		+2.2224920000e+005
004	+04.	+2.2000740000e+005	004+04.		+2.2365390000e+005
005	+05.	+2.2019190000e+005	005+05.		+2.2599670000e+005
006	+06.	+2.2109440000e+005	006+06.		+2.2971710000e+005
007	+07.	+2.2305700000e+005	007+07.		+2.3539140000e+005
008	+08.	+2.2644250000e+005	008+08.		+2.4376250000e+005
009	+09.	+2.3160890000e+005	009+09.		+2.5579130000e+005
010	+10.	+2.3888620000e+005	010+10.		+2.7275500000e+005
011	+11.	+2.4856980000e+005	011+11.		+2.9643780000e+005
012	+12.	+2.6096430000e+005	012+12.		+3.2950850000e+005
Valeur mini ordonnée = 220007.40			Valeur mini ordonnée = 220954.60		
Valeur maxi ordonnée = 260964.30			Valeur maxi ordonnée = 329508.50		

3.1 Vérification de la condition de résistance des axes de bielle **17** au cisaillement dans le cas de la surcharge (voir doc 4 sur 15 coupe B-B):

Caractéristiques des axes de bielle:

Diamètre de l'axe : 20mm

Matière : Acier 819B (36 NiCrMo 16)

Limite élastique à 0,2% : 1400 MPa (= Re)

3.1.1 Rechercher la valeur de l'effort maximal agissant sur l'axe de la bielle **17** (voir doc. 7 et 18 sur 15) :

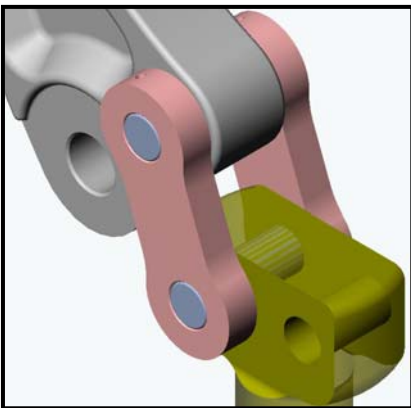
$$\|\vec{A}_{12 \rightarrow 17}\| = 329\,508,5 \text{ N}$$

3.1.2 Calculer dans le cas de la surcharge la valeur maximale de l'effort agissant sur l'axe de la bielle **17**:

$$\|\vec{A}_{surch \text{ arg } e_{12 \rightarrow 17}}\| = k \times \|\vec{A}_{12 \rightarrow 17}\| \text{ avec } k = \text{coefficient de surcharge}$$

$$\|\vec{A}_{surch \text{ arg } e_{12 \rightarrow 17}}\| = 494\,262,75 \text{ N}$$

3.1.3 Isoler l'axe de la bielle 17 et identifier la ou les sections cisillées. Repérer les sections cisillées sur un croquis que vous ferez ci-dessous.



Deux Biellettes donc il y a deux sections cisillées

3.1.4 Calculer la valeur de la contrainte tangentielle moyenne τ : $\tau = \frac{T}{S}$

T : effort tranchant dans une section cisillée = $494\,263 : 2 = 247\,131,5 \text{ N}$

S : section cisillée = $\frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 20^2}{4} = \frac{\pi \times 400}{4} = 100 \times \pi \text{ mm}^2$

$$\tau = \frac{247131,5}{100\pi} = 786,7 \text{ N.mm}^{-2}$$

3.1.5 Vérifier que la contrainte tangentielle moyenne τ soit inférieure à la limite élastique du matériau au cisaillement, on adoptera :

- Limite élastique du matériau au cisaillement = $0,7 \times$ limite élastique à 0,2%
- Coefficient de sécurité = 1

$$R_g = 0,7 \times 1\,400 = 980 \text{ MPa}$$

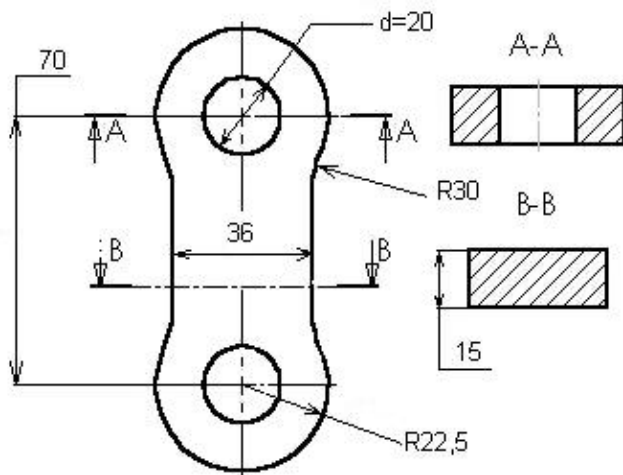
on vérifie que $\tau < R_g$ (786,7 < 980)

3.1.6 Conclusion :

Les axes de bielles résistent à la surcharge imposée par la norme.

3.2 Vérification de la condition de résistance des bielles 18 (dans le cas de la surcharge), pour cela :

- Déterminer à quel type de sollicitation sont soumises les bielles 18 en phase d'ouverture : **Compression**
- Déterminer à quel type de sollicitation sont soumises les bielles 18 en phase de fermeture : **Traction**
- Vérification de la condition de résistance des bielles 18 à la traction :



Matériau : Fortal 7075
Limite élastique à 0,2% : 410 MPa (=Re)

Dans le cas le plus défavorable, une bielle est soumise à un effort de traction de :
250 000 N.

- Calculer la contrainte normale de traction σ_{A-A} dans la section A-A, sachant que le coefficient de concentration de contrainte $k_t=2,25$ et que $\sigma_{A-A} = \sigma \times k_t$:

$$\sigma_{A-A} = \sigma \times k_t = \frac{N}{S} \times k_t$$

$$\text{avec } N = 250\,000 \text{ N et } S = (45-20) \times 15 = 25 \times 15 = 375 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{A-A} = \frac{250000}{375} \times 2,25 = 1500 \text{ MPa}$$

- Calculer la contrainte normale de traction σ_{B-B} dans la section B-B :

$$\sigma_{B-B} = \frac{N}{S} \quad \text{avec } S = 36 \times 15 = 540 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{B-B} = \frac{250000}{540} = 463 \text{ MPa}$$

- Quelle est la section la plus sollicitée à la traction ?

Section A-A

- Vérifier la condition de résistance dans la section la plus sollicitée :

$$\sigma_{A-A} (1500 \text{ MPa}) > R_e (410 \text{ MPa})$$

La condition de résistance n'est donc pas respectée dans la section A-A.

- 3.3 En cas de non respect du cahier des charges proposer divers types de modifications qui permettraient de classer de l'écarteur dans la catégorie supérieure.

Modification de matériau de la bielle.

Modification dimensionnelle de la bielle.