

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS  
SESSION 2016

---

**EPREUVE E51**  
**MODELISATION ET COMPORTEMENT DES**  
**PRODUITS INDUSTRIELS**

**FREIN DE PARKING AUTOMATIQUE**

**CORRIGÉ**

---

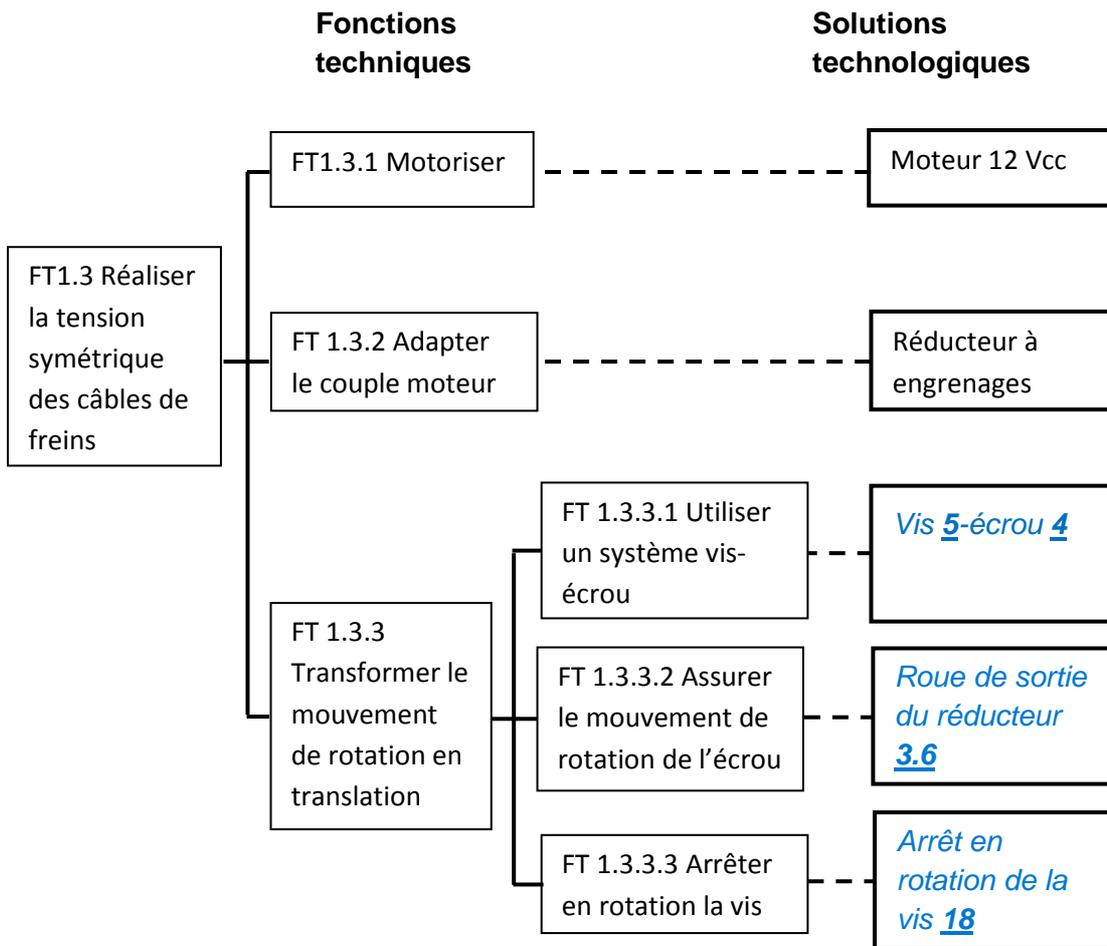
Ce dossier comporte **10** pages : 1/10 à 10/10.

1- Etude de la fonction technique FT1.3 : **Réaliser la tension symétrique des câbles de freins.**

Objectif 1 : Valider les solutions constructives permettant d'assurer la fonction technique FT1.3.

**Question 1** : Le système mécanique retenu est un système vis-écrou.

**Question 2** :



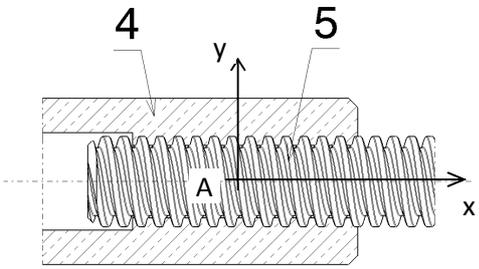
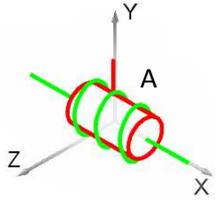
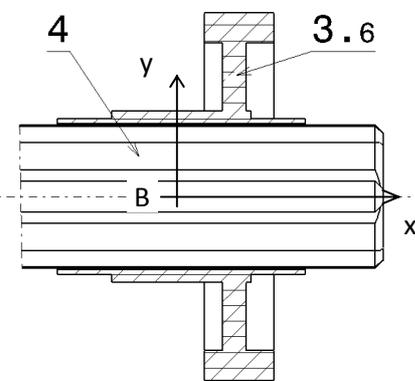
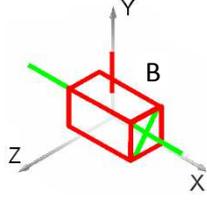
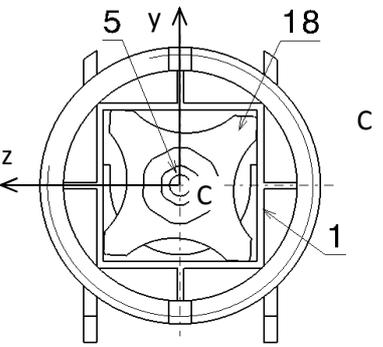
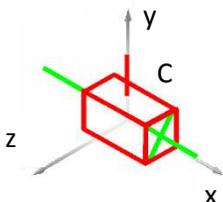
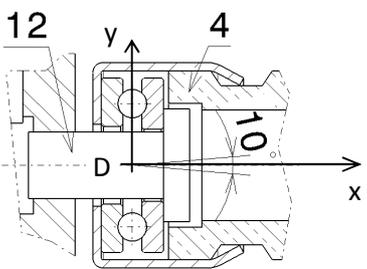
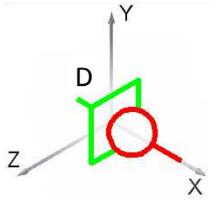
**Question 3** : Voir DR2

**Question 4** : Voir DR3

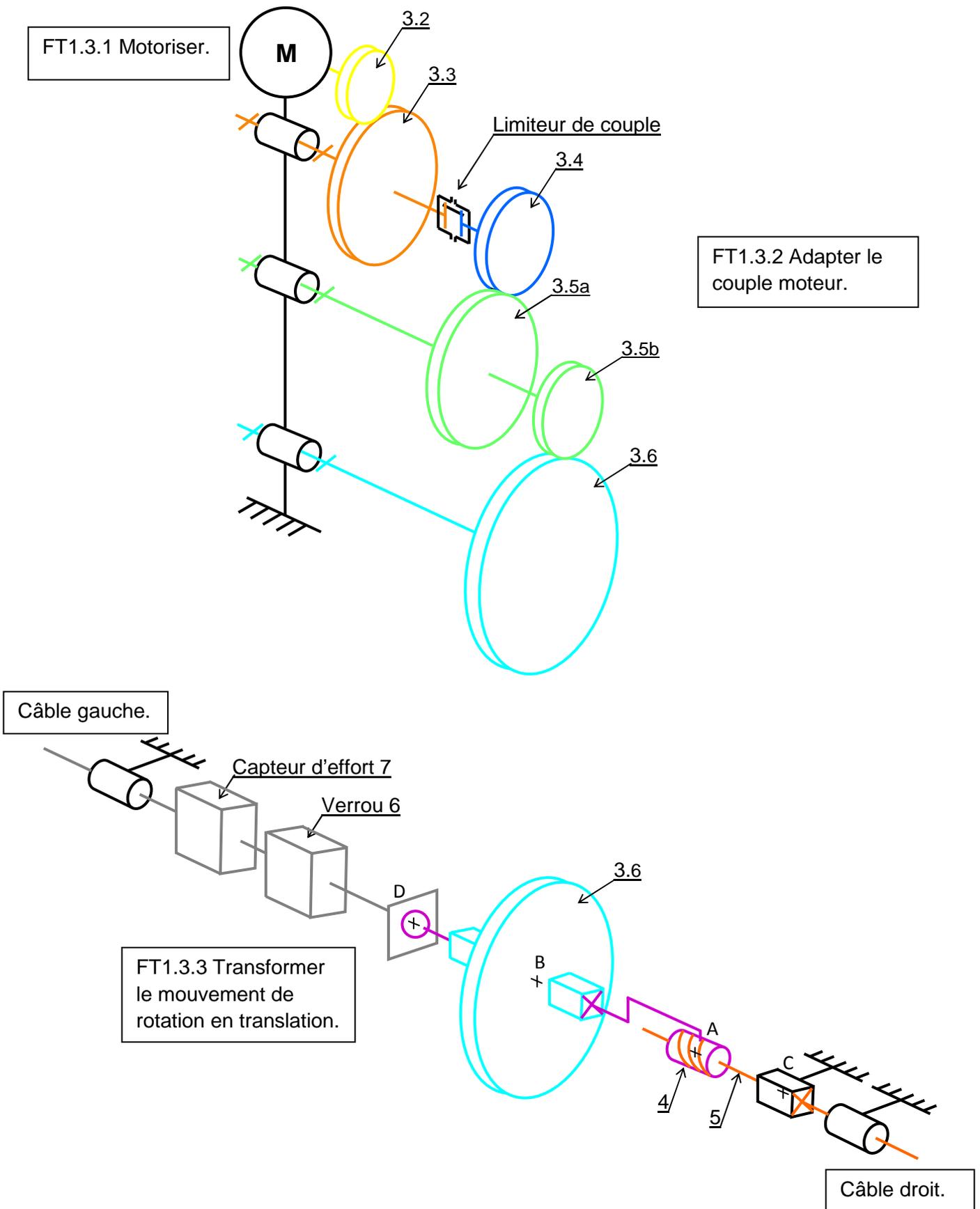
**Question 5** : La butée à billes 11 assure la liaison entre l'écrou 4 et le verrou 6. Elle permet la rotation de l'écrou 4 et supporte la tension dans les câbles de frein.

**Question 6** : La liaison qui permet d'assurer le serrage symétrique des freins est la liaison glissière d'axe (B, $\vec{x}$ ) entre la roue de sortie du réducteur 3.6 et l'écrou 4.

**Question 3 : Tableau d'analyse des liaisons**

Dessin	Repère des pièces en liaison	Degrés de liberté	Nom et schéma normalisé de la liaison
	<p><u>4</u> et <u>5</u></p>	<p>Tx, Rx liés</p>	<p>Hélicoïdale d'axe <math>\vec{x}</math>.</p> 
	<p><u>4</u> et <u>3.6</u></p>	<p>Tx</p>	<p>Glissière d'axe (B, <math>\vec{x}</math>)</p> 
	<p><u>18</u> et <u>1</u></p>	<p>Tx</p>	<p>Glissière d'axe (C, <math>\vec{x}</math>)</p> 
 <div data-bbox="215 1892 614 1993" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Débattement : radial = 1 mm, angulaire = 10°</p> </div>	<p><u>12</u> et <u>4</u></p>	<p>Ty, Tz, Rx, Ry, Rz</p>	<p>Ponctuelle de normale <math>\vec{x}</math></p> 

**Question 4 :** Schéma cinématique en phase de fonctionnement normal.



**Question 7 :** Effort maximal de traction sur les câbles de freins.

$$F_{\max} = 1200\text{N.}$$

**Question 8 :** Calcul du couple  $C_{\text{écrou}}$  appliqué à l'écrou 4.

$$C_{\text{écrou}} = F_{\text{vis}} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \varphi')$$

$$F_{\text{vis}} = F_{\max} = 1200 \text{ N}$$

$$d_2 = 9 \text{ mm}$$

$$\tan(\alpha) = \frac{p}{\pi d_2} = \frac{4}{\pi \times 9} = 0,1414 \quad \alpha = \tan^{-1}(0,1414) = 8,05^\circ$$

$$\tan(\varphi') = \frac{\tan \varphi}{\cos \gamma} = \frac{\mu}{\cos \gamma} = \frac{0,1}{\cos 15^\circ} = 0,1035 \quad \varphi' = \tan^{-1}(0,1035) = 5,91^\circ$$

d'où

$$C_{\text{écrou}} = 1200 \cdot \frac{9}{2} \cdot \tan(8,05 + 5,91) \quad C_{\text{écrou}} = \mathbf{1342 \text{ N.mm}}$$

**Question 9 :** Détermination du rapport de réduction  $k$  du réducteur.

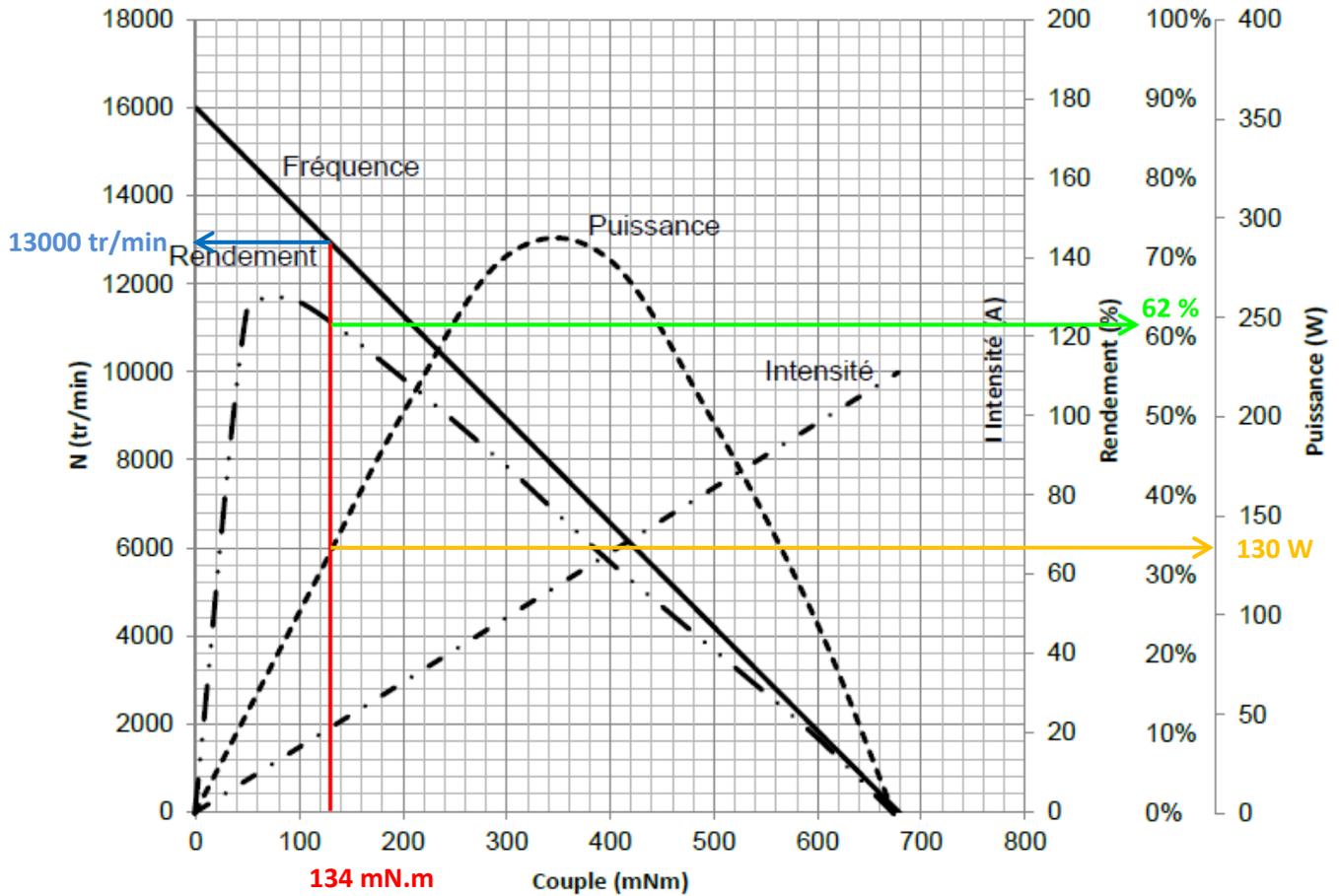
$$k = \frac{\omega_{3.6/1}}{\omega_{\text{moteur}/1}} = \frac{Z_{3.2}}{Z_{3.3}} \times \frac{Z_{3.4}}{Z_{3.5a}} \times \frac{Z_{3.5b}}{Z_6}$$

$$k = \frac{\omega_{3.6/1}}{\omega_{\text{moteur}/1}} = \frac{17}{47} \times \frac{23}{33} \times \frac{19}{60} \quad k = \frac{7429}{93060} = 0,0798$$

**Question 10 :** Détermination du couple moteur.

$$C_{\text{moteur}} = \frac{C_{\text{écrou}} \times k}{\eta r} \quad C_{\text{moteur}} = \frac{1342 \times 0,0798}{0,8} = \mathbf{134 \text{ N.mm}}$$

**Question 11** : Fréquence de rotation, puissance absorbée, et rendement.



N moteur = 13000 tr/min

Rendement = 62%

Puissance absorbée = 130W

Le point de fonctionnement à  $F_{max} = 1200$  N sur les câbles de frein nécessite une puissance moteur  $P_{moteur} = 130$  W. D'après le document DT9, le moteur est capable de fournir une puissance maximale de 283 W. D'autre part, le rendement dans ce cas de fonctionnement est de 62 %. Cette valeur est proche du rendement maximal qui est de 65 %. Le moteur est donc bien dimensionné.

## 2- Etude de la fonction technique **FT3.2.1 : Rendre irréversible.**

Objectif : vérifier l'irréversibilité de la chaîne cinématique.

**Question 12** : Irréversibilité du système vis 5-écrou 4.

$$\tan \alpha < \tan \varphi'$$

D'après la question 8 :  $\tan \alpha = 0,1414$  ( $\alpha = 8,05^\circ$ ) et  $\tan \varphi' = 0,1035$  ( $\varphi' = 5,91^\circ$ )

Donc la condition d'irréversibilité n'est pas respectée. Le système vis 5-écrou 4 est donc réversible.

**Question 13** : Calcul de  $F_{\text{rev}}$ . Irréversibilité de la chaîne cinématique complète.

$$C_d = F_{\text{rev}} \times \frac{d_2}{2} \times \tan(\alpha - \varphi')$$

$$F_{\text{rev}} = \frac{2 C_d}{d_2 \times \tan(\alpha - \varphi')}$$

$$F_{\text{rev}} = \frac{2 \times 0,4 \cdot 10^3}{9 \times \tan(8,05 - 5,91)} \quad F_{\text{rev}} = 2379 \text{ N}$$

L'effort  $F_{\text{rev}} = 2379 \text{ N}$  est bien supérieur à l'effort de traction maxi  $F_{\text{max}} = 1200 \text{ N}$  sur les câbles. Ce dernier ne peut donc pas, par traction sur la vis 5, faire tourner l'écrou 4 lorsque le moteur n'est plus alimenté. Le serrage des freins est maintenu. La chaîne cinématique complète (moteur, réducteur, vis-écrou) est irréversible.

On isole le doigt du capteur d'effort 7.

**Question 14** : Isolement du doigt de capteur d'effort. Bilan des actions mécaniques extérieures.

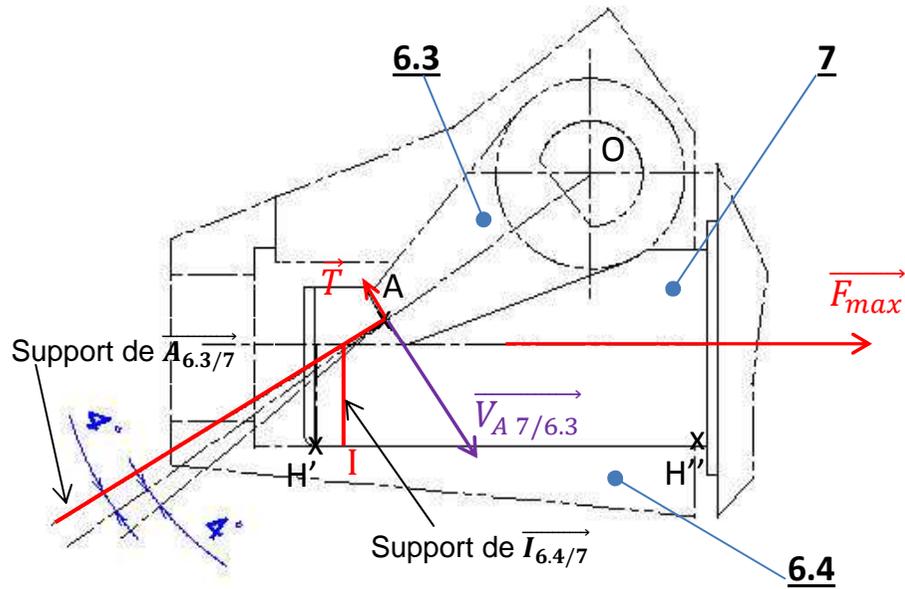
Solide soumis à trois actions mécaniques coplanaires (plan de symétrie géométrique et de chargement).

$\overrightarrow{F_{\text{max}}}$  entièrement connue,

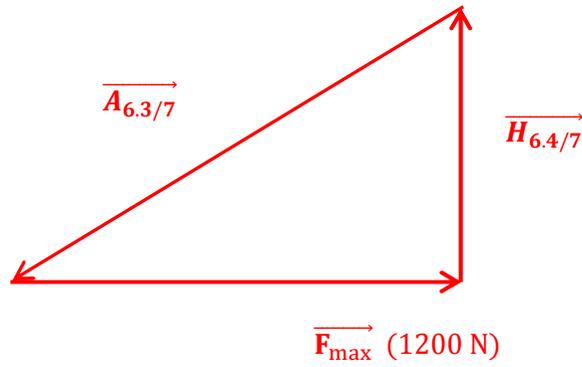
$\overrightarrow{A_{6,3/7}}$  action de contact avec frottement de **6.3/7** représentée par un glisseur en A,

$\overrightarrow{I_{6,4/7}}$  action de contact de **6.4/7** représentée par un glisseur en H appartenant à H'H'' et dont le support est perpendiculaire à H'H''.

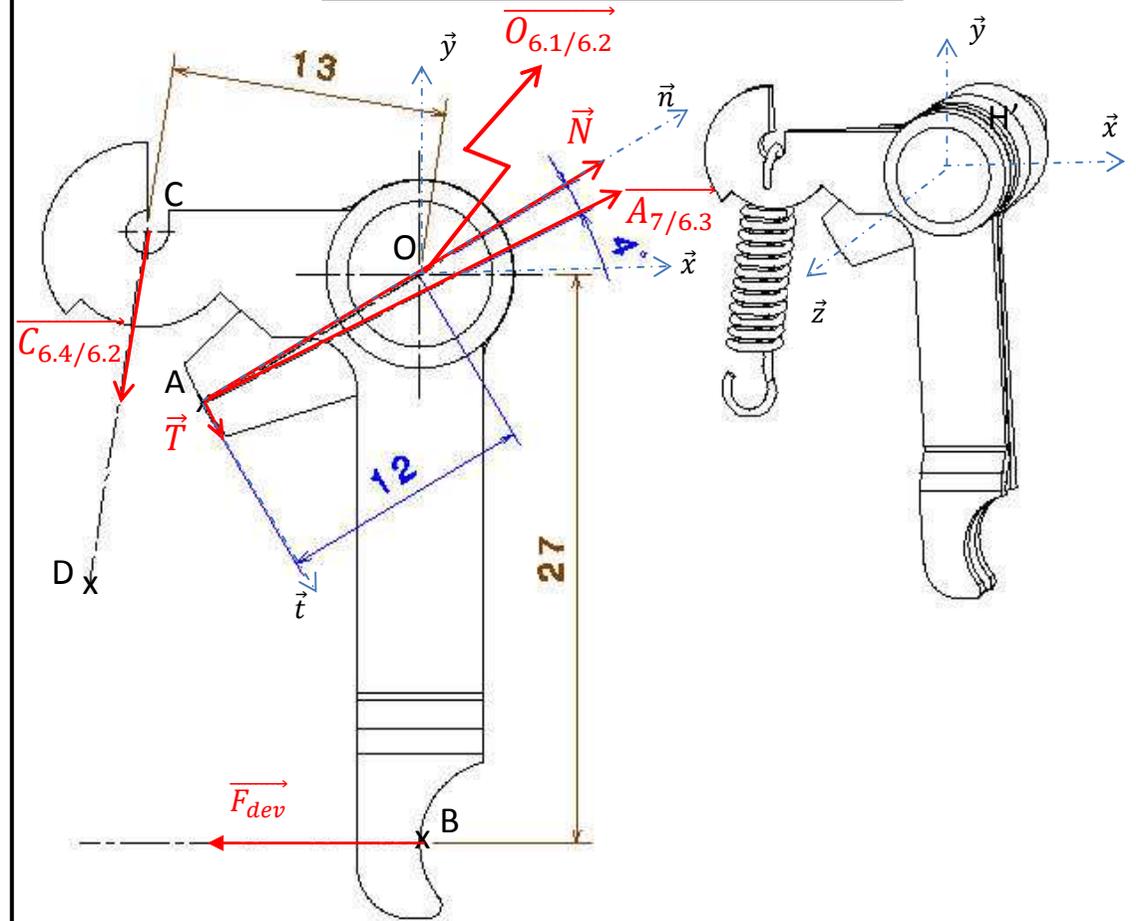
Isolement du doigt du capteur d'effort **7**



$$\|A_{6.3/7}\| \approx 1400 \text{ N}$$



Isolement de  $S = \{\text{levier } 6.2, \text{ loquet } 6.3\}$



Equation de moment au centre O de la liaison pivot en projection sur  $\vec{z}$  :

$$- 27 \times \|F_{dev}\| + 12 \times \|T\| + 13 \times \|C_{6.4/6.2}\| + 0 \times \|O_{6.1/6.2}\| = 0$$

$$- 27 \times \|F_{dev}\| + 12 \times 100 + 13 \times 10 + 0 = 0$$

$$\|F_{dev}\| = 49,3 \text{ N}$$

**Question 15 :** Voir DR4, il suffit de tracer la composante tangentielle  $\vec{T}$  qui s'oppose à la vitesse de glissement  $\vec{V}_{A,7/6.3}$  et on détermine le support sur le cône de frottement.

**Question 16 :** Voir DR4. Nous avons un solide soumis à trois glisseurs et en équilibre (on se place à la limite du glissement). Les efforts sont donc concourants car deux efforts ont des supports qui se coupent en un point M ; on détermine le troisième support qui est perpendiculaire à H'H'' et passe donc par un point I.

**Question 17 :** Voir DR4 corrigé. Il suffit de tracer le dynamique des forces.

**Question 18 :** Voir DR4 corrigé. On isole le système matériel  $S = \{\text{levier } \underline{6.2}, \text{ loquet } \underline{6.3}\}$ .

Système soumis à 4 actions mécaniques :

$\vec{A}_{7/6.3}$  donné

$\vec{C}_{6.4/6.2}$  effort du ressort porté par la droite CD

$\vec{O}_{6.1/6.2}$  effort au niveau de la liaison pivot d'axe  $(O, \vec{z})$  sans frottement et dont le support passe donc par O

$\vec{F}_{dev}$  dont le support est porté par l'axe du câble de déverrouillage et passe par B

**Question 19 :** Voir DR4 corrigé.

**Question 20 :** Voir DR4 corrigé.

**Question 21 :** Voir DR4 corrigé.

**Question 22 :** Sur le document DT11 et les données fournies, le tableau d'identification des efforts fait référence à la courbe C9. Les courbes de limites d'effort pour la courbe C9 et la fréquence horaire la plus faible (1 action par heure) donnent la valeur suivante : 60 N

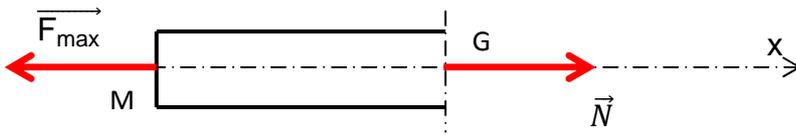
La valeur trouvée est inférieure à 60 N. Nous avons cependant à compenser les frottements du câble dans sa gaine et l'effort du ressort rappel, mais l'effort sur la poignée de déverrouillage est toutefois acceptable.

#### 4- Etude de la fonction technique **FT3.2.2 : Résister aux efforts.**

Objectif 1 : vérifier la résistance de la vis **5**.

**Question 23 :** Sollicitation sur la vis.

Opérons une coupure entre M et N.



Effort normal :

$$N = \|\vec{F}_{\max}\| = 1200 \text{ N} \quad \{T_{\text{coh}}\} = \begin{Bmatrix} 1200 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(O,x,y,z)} \quad N > 0 : \text{Sollicitation de traction.}$$

**Question 24 :** Contrainte normale dans la section A-A.

$$\sigma_{\max i} = Kt_{\text{Tr}} \times \frac{4 F_{\max}}{\pi d_{\text{noyau}}^2} = 2,7 \times \frac{4 \times 1200}{\pi \times 7,5^2} \sigma_{\max i} = 73,3 \text{ MPa}$$

**Question 25 :** Contrainte normale dans la section B-B (épaulement).

$$\frac{D}{d} = \frac{7,5}{6} = 1,25 \quad \text{et} \quad \frac{r}{d} = \frac{0,5}{6} = 0,08 \quad \text{d'où} \quad Kt_{\text{ep}} = 1,8$$

$$\sigma_{\max i} = Kt_{\text{ep}} \times \frac{4 F_{\max}}{\pi D^2} = 1,8 \times \frac{4 \times 1200}{\pi \times 6^2} \sigma_{\max i} = 76,4 \text{ MPa}$$

**Question 26 :** Contrainte normale dans la section C-C (perçage).

$$\sigma_{\max i} = Kt_{\text{pe}} \times \frac{4 F_{\max}}{\pi (D^2 - d^2)} = 2,1 \times \frac{4 \times 1200}{\pi \times (6^2 - 3,2^2)} \sigma_{\max i} = 124,6 \text{ MPa}$$

**Question 27 :** Coefficient de sécurité.

$$s = \frac{Re}{\sigma_{\max i}} \quad \text{Section C-C la plus sollicitée : } s = \frac{Re}{\sigma_{\max i}} = \frac{375}{124,6} = 3$$

La section C-C est la plus sollicitée. Cependant la sécurité par rapport à la limite élastique est suffisante.

**Question 28 et 29 :** Résistance pratique et choix des matériaux.

Pièces	Rpe (MPa)	Re = Rpe x 1,5	Matériau(x)
Corps de verrou	93,5	140	EN AB-43 000
Doigt de capteur	188	282	C 45
Loquet	344	516	25 Cr Mo 4
Axe de levier	205	308	C 45

**Question 30** : Pression de contact au niveau du filet.

$$p = \frac{F_{\max}}{A_t} = \frac{1200}{250} = 4,8 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

**Question 31** : Vitesse de glissement et facteur d'usure.

$$V_{st} = \frac{N_{\text{écrou}} \times \text{pas}}{1000 \times \sin \alpha} = \frac{1038 \times 4}{1000 \times \sin 8,05} = 29,6 \frac{m}{\text{min}}$$

$$p \times V_{st} = 4,8 \times 29,6 = 142 \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \frac{m}{\text{min}}$$

Conclusion : On se trouve dans la limite de  $p \cdot V_{st} = 250$  ( $\text{N}/\text{mm}^2 \cdot \text{m}/\text{mn}$ ). Le fonctionnement est dans des conditions sévères. Une bonne lubrification est impérative. L'utilisation continue est possible seulement pour des périodes limitées.

Ce qui correspond aux conditions d'utilisation du frein de parking : fréquence faible et durée très courte.