

## Proposition de corrigé

Concours : Banque PT

Année : 2012

Filière : PT

Épreuve : Sciences Industrielles B

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'[UPSTI](http://www.upsti.fr) (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles), et publiée sur le site de l'association :

<https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours>

### A l'attention des étudiants

Ce document vous apportera des éléments de corrections pour le sujet traité, mais n'est ni un corrigé officiel du concours, ni un corrigé détaillé ou exhaustif de l'épreuve en question.

L'UPSTI ne répondra pas directement aux questions que peuvent soulever ces corrigés : nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants si vous souhaitez des compléments d'information, et à vous adresser à eux pour nous faire remonter vos éventuelles remarques.

### Licence et Copyright

Toute représentation ou reproduction (même partielle) de ce document faite sans l'accord de l'UPSTI est **interdite**. Seuls le téléchargement et la copie privée à usage personnel sont autorisés (protection au titre des [droits d'auteur](#)).

En cas de doute, n'hésitez pas à nous contacter à : [corrigesconcours@upsti.fr](mailto:corrigesconcours@upsti.fr).

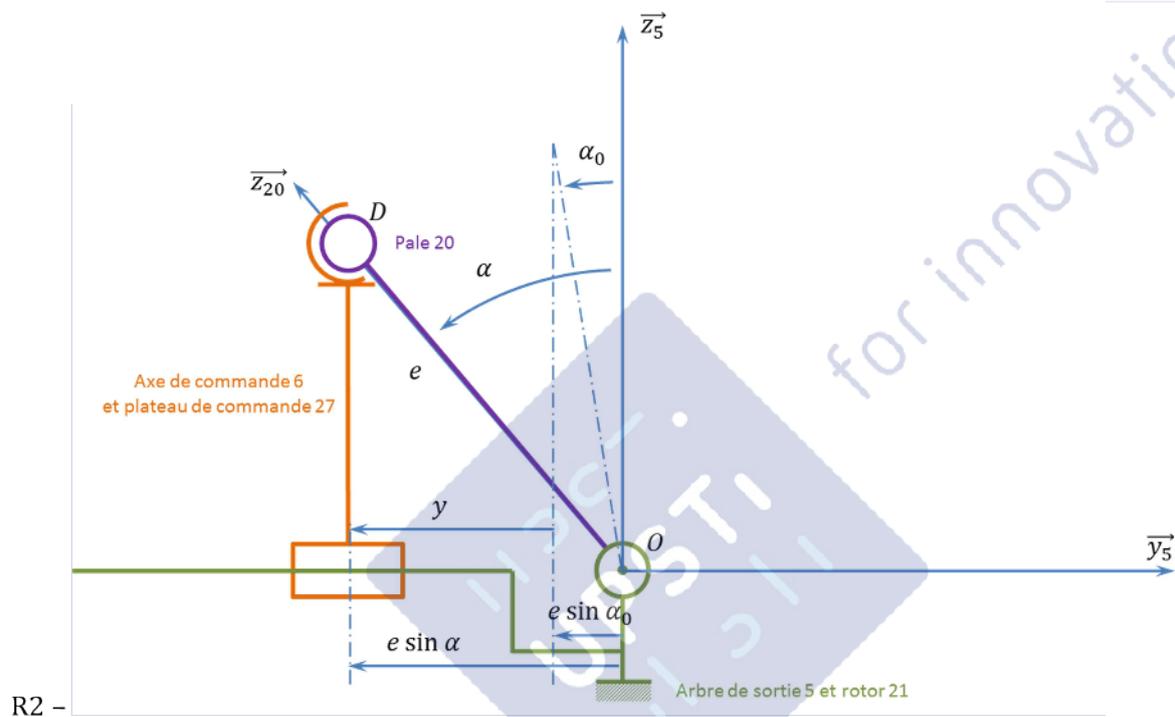
### Informez-vous !

Retrouvez plus d'information sur les [Sciences de l'Ingénieur](#), l'[orientation](#), les [Grandes Ecoles](#) ainsi que sur les [Olympiades de Sciences de l'Ingénieur](#) et sur les [Sciences de l'Ingénieur au Féminin](#) sur notre site : [www.upsti.fr](http://www.upsti.fr)

L'équipe UPSTI

**Banque PT 2012**  
**Epreuve de Sciences Industrielles B**  
**Remarques et notes de calcul**

R1 -



R2 -

D'après la figure,  $y$  étant négatif :  $y = e \sin \alpha_0 - e \sin \alpha = e(\sin \alpha_0 - \sin \alpha)$ .

Dans le sujet «  $e$  » n'est pas mentionné et le candidat peut être induit en erreur.

R3 -

$$c = y_{maxi} - y_{mini}$$

$$y_{maxi} = e(\sin \alpha_0 - \sin \alpha_{mini})$$

$$y_{mini} = e(\sin \alpha_0 - \sin \alpha_{maxi})$$

$$c = e(\sin \alpha_{maxi} - \sin \alpha_{mini})$$

D'après le cahier des charges (page T6),  $\alpha$  varie de  $-30^\circ$  à  $48^\circ$  et d'après le tableau 2 (D 9/11):

- $e \cdot \sin(-30^\circ) \simeq 30 \cdot (-0.5) \simeq -15 \text{ mm}$
- $e \cdot \sin(48^\circ) \simeq 30 \cdot 0,74 \simeq 22,3 \text{ mm}$
- $c \simeq 37,29 \text{ mm}$

Cette valeur de la course est compatible avec le cahier des charges.

R4 - Les contacts entre les pièces sont des centrages courts, ce qui justifie le rotulage. L'arrêt axial n'est pas effectué, le choix d'une liaison linéaire annulaire est donc justifié.

R5 -

$$\{T_{aéro}\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ F_{portance} & 0 \\ F_{trainee} & 0 \end{pmatrix}_{(P, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

$$\{T_A\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y_A & 0 \\ Z_A & 0 \end{pmatrix}_{(A, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

$$\{T_B\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{pmatrix}_{(B, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

$$\{T_{29 \rightarrow 20}\} = \begin{pmatrix} X_C & L_C \\ Y_C & M_C \\ Z_C & N_C \end{pmatrix}_{(C, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

$$\{T_{27 \rightarrow 20}\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y_D & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_{(D, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)} \quad \text{glisseur d'axe } (D, \vec{y}_5)$$

R6 - Il s'agit d'une liaison pivot d'axe  $\vec{y}_5$  et de centre O: (on considèrera alpha comme un angle de réglage)

$$\{V_{pale/bati}\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \Omega & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_{(O, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

$$\overrightarrow{V(G, pale/bati)} = \overrightarrow{V(O, pale/bati)} + \overrightarrow{GO} \wedge \overrightarrow{\Omega(pale/bati)}$$

$$\overrightarrow{V(G, pale/bati)} = -\left(r_p + \frac{L_p}{2}\right) \vec{x}_5 \wedge \Omega \vec{y}_5 = -\Omega \left(r_p + \frac{L_p}{2}\right) \vec{z}_5 = -\Omega \left(r_p + \frac{L_p}{2}\right) \cdot (\cos \alpha \vec{z}_{20} + \sin \alpha \vec{y}_{20})$$

$$\{V_{pale/bati}\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \Omega & 0 \\ 0 & -\Omega \left(r_p + \frac{L_p}{2}\right) \end{pmatrix}_{(G, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

R7 - Si on considère que la pale a un profil symétrique, les plans  $(\vec{z}_{20}, \vec{x}_{20})$  et  $(\vec{y}_{20}, \vec{z}_{20})$  sont des plans de symétrie perpendiculaires. La matrice  $I_{pale}(G)$  est donc symétrique.

Il aurait peut-être été préférable de :

- présenter plus précisément le profil de la pale ; préciser que le point G est le centre d'inertie de la pale.

R8 - La résultante cinétique s'exprime par :

$$\overrightarrow{p}_{20/1} = m_p \cdot \overrightarrow{V(G, 20/1)} = -m_p \cdot \Omega \left(r_p + \frac{L_p}{2}\right) \cdot \vec{z}_5$$

Au point G, centre d'inertie de la pale, le moment cinétique s'exprime ainsi (attention à mettre la matrice et le vecteur dans la même base, par exemple  $\mathcal{R}_{20}$ ) :

$$\overrightarrow{\sigma}_{20/1}(G) = I_{pale}(G) \cdot \overrightarrow{\Omega(20/1)} = \begin{bmatrix} I_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_2 & 0 \\ 0 & 0 & I_3 \end{bmatrix}_{\mathcal{R}_{20}} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \Omega \cos \alpha \\ -\Omega \sin \alpha \end{bmatrix}_{\mathcal{R}_{20}} = \Omega \begin{bmatrix} 0 \\ I_2 \cos \alpha \\ -I_3 \sin \alpha \end{bmatrix}_{\mathcal{R}_{20}}$$

En projetant  $\vec{y}_{20}$  dans  $\mathcal{R}_5$  :

$$\vec{y}_{20} = \cos \alpha \vec{y}_5 + \sin \alpha \vec{z}_5$$

$$\vec{z}_{20} = \cos \alpha \vec{z}_5 - \sin \alpha \vec{y}_5$$

$$\overrightarrow{\sigma_{20/1}(G)} = \Omega \begin{bmatrix} 0 \\ I_2 \cos^2 \alpha + I_3 \sin^2 \alpha \\ I_2 \cos \alpha \sin \alpha - I_3 \sin \alpha \cos \alpha \end{bmatrix}_{\mathcal{R}_5}$$

$$\{\mathcal{C}_{20/1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \Omega(I_2 \cos^2 \alpha + I_3 \sin^2 \alpha) \\ -m_p \Omega \left(r_p + \frac{L_p}{2}\right) & \Omega(I_2 \cos \alpha \sin \alpha - I_3 \sin \alpha \cos \alpha) \end{Bmatrix}_{(G, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

R9 - Par définition de la résultante dynamique :

$$\overrightarrow{d_{20/1}(G)} = m_p \cdot \overrightarrow{\Gamma(G, 20/1)} = m_p \left[ \frac{d \left( -\Omega \left( r_p + \frac{L_p}{2} \right) \vec{z}_5 \right)}{dt} \right]_{\mathcal{R}_0} = -m_p \Omega \left( r_p + \frac{L_p}{2} \right) \dot{\theta} \vec{x}_5 = -m_p \Omega^2 \left( r_p + \frac{L_p}{2} \right) \vec{x}_5$$

$$R10 - F_C = 0,27 \cdot \left( \frac{3660 \cdot 2\pi}{60} \right)^2 \cdot (0,183 + 0,144) \simeq 0,27 \cdot 366^2 \cdot 0,327 \simeq 120^2 \simeq 14\,400 \text{ N}$$

R11 - Au point G, on a :

$$\overrightarrow{\delta_{20/1}(G)} = \left[ \frac{d \overrightarrow{\sigma_{20/1}(G)}}{dt} \right]_{\mathcal{R}_0} = \Omega(I_2 \cos \alpha \sin \alpha - I_3 \sin \alpha \cos \alpha) \dot{\theta} \vec{x}_5 = \Omega(I_2 - I_3) \cos \alpha \sin \alpha \dot{\theta} \vec{x}_5$$

Le moment dynamique sera nul si  $I_2 = I_3$  ou si  $\alpha = 0$ . ( $\alpha \in [-30; 48]$ ).

R12 - D'après le théorème de la résultante dynamique appliqué au solide 20, on a :

$$\sum \overrightarrow{R_{ext \rightarrow 20}} = \overrightarrow{d_{20/1}}$$

$$X_C = -m_p \Omega^2 \left( r_p + \frac{L_p}{2} \right)$$

$$F_{portance} + Y_A + Y_B + Y_C + Y_D = 0$$

$$F_{trainée} + Z_A + Z_B + Z_C = 0$$

Pour la suite,  $\alpha = 0$ .

R13 - D'après le théorème du moment dynamique appliqué au solide 20, au point G, on a :

$$\sum \overrightarrow{M_{G, ext \rightarrow 20}} = \overrightarrow{\delta_{G, 20/1}} = \vec{0}$$

$$\overrightarrow{M(G, aéro \rightarrow 20)} = \overrightarrow{GP} \wedge \overrightarrow{R(aéro \rightarrow 20)} = \left( d_p - \frac{L_p}{2} \right) \vec{x}_5 \wedge (F_p \vec{y}_5 + F_t \vec{z}_5) = \left( d_p - \frac{L_p}{2} \right) \cdot (F_p \vec{z}_5 - F_t \vec{y}_5)$$

$$\{T_{aéro}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ F_{portance} & 0 \\ F_{trainée} & 0 \end{Bmatrix}_{(P, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ F_{portance} & -\left( d_p - \frac{L_p}{2} \right) F_t \\ F_{trainée} & \left( d_p - \frac{L_p}{2} \right) F_p \end{Bmatrix}_{(G, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

$$\overrightarrow{M(G, A \rightarrow 20)} = \overrightarrow{GA} \wedge \overrightarrow{R(A \rightarrow 20)} = -\left( r_p - r_A + \frac{L_p}{2} \right) \vec{x}_5 \wedge (Y_A \vec{y}_5 + Z_A \vec{z}_5) = -\left( r_p - r_A + \frac{L_p}{2} \right) \cdot (Y_A \vec{z}_5 - Z_A \vec{y}_5)$$

$$\{T_A\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_A & 0 \\ Z_A & 0 \end{Bmatrix}_{(A, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_A & \left(r_p - r_A + \frac{L_p}{2}\right) Z_A \\ Z_A & -\left(r_p - r_A + \frac{L_p}{2}\right) Y_A \end{Bmatrix}_{(G, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

$$\overrightarrow{M(G, B \rightarrow 20)} = \overrightarrow{GB} \wedge \overrightarrow{R(B \rightarrow 20)} = -\left(r_p - r_B + \frac{L_p}{2}\right) \vec{x}_5 \wedge (Y_B \vec{y}_5 + Z_B \vec{z}_5) = -\left(r_p - r_B + \frac{L_p}{2}\right) \cdot (Y_B \vec{z}_5 - Z_B \vec{y}_5)$$

$$\{T_B\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{Bmatrix}_{(B, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_B & \left(r_p - r_B + \frac{L_p}{2}\right) Z_B \\ Z_B & -\left(r_p - r_B + \frac{L_p}{2}\right) Y_B \end{Bmatrix}_{(G, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

$$\begin{aligned} \overrightarrow{M(G, C \rightarrow 20)} &= \overrightarrow{M(C, C \rightarrow 20)} + \overrightarrow{GC} \wedge \overrightarrow{R(B \rightarrow 20)} = \overrightarrow{M(C, C \rightarrow 20)} - \left(r_p - r_C + \frac{L_p}{2}\right) \vec{x}_5 \wedge (X_C \vec{x}_5 + Y_C \vec{y}_5 + Z_C \vec{z}_5) \\ &= \overrightarrow{M(C, C \rightarrow 20)} - \left(r_p - r_C + \frac{L_p}{2}\right) \cdot (Y_C \vec{z}_5 - Z_C \vec{y}_5) \end{aligned}$$

$$\{T_{29 \rightarrow 20}\} = \begin{Bmatrix} X_C & L_C \\ Y_C & M_C \\ Z_C & N_C \end{Bmatrix}_{(C, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)} = \begin{Bmatrix} X_C & L_C \\ Y_C & M_C + \left(r_p - r_C + \frac{L_p}{2}\right) Z_C \\ Z_C & N_C - \left(r_p - r_C + \frac{L_p}{2}\right) Y_C \end{Bmatrix}_{(G, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

$$\overrightarrow{M(G, D \rightarrow 20)} = \overrightarrow{GD} \wedge \overrightarrow{R(D \rightarrow 20)} = \left[-\left(r_p - r_D + \frac{L_p}{2}\right) \vec{x}_5 - e \vec{z}_5\right] \wedge Y_D \vec{y}_5 = -\left(r_p - r_D + \frac{L_p}{2}\right) \cdot Y_D \vec{z}_5 + e Y_D \vec{x}_5$$

$$\{T_{27 \rightarrow 20}\} = \begin{Bmatrix} 0 & e Y_D \\ Y_D & 0 \\ 0 & -\left(r_p - r_D + \frac{L_p}{2}\right) Y_D \end{Bmatrix}_{(G, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

L'application du TMD en G donne donc :

$$\begin{aligned} L_C &= 0 \\ -\left(d_p - \frac{L_p}{2}\right) F_t + \left(r_p - r_A + \frac{L_p}{2}\right) Z_A + \left(r_p - r_B + \frac{L_p}{2}\right) Z_B + M_C + \left(r_p - r_C + \frac{L_p}{2}\right) Z_C + e Y_D &= 0 \\ \left(d_p - \frac{L_p}{2}\right) F_p - \left(r_p - r_A + \frac{L_p}{2}\right) Y_A - \left(r_p - r_B + \frac{L_p}{2}\right) Y_B + N_C - \left(r_p - r_C + \frac{L_p}{2}\right) Y_C - \left(r_p - r_D + \frac{L_p}{2}\right) Y_D &= 0 \end{aligned}$$

R14 -

Les actions devant être gardées sont  $X_C$  pour « reprendre » la résultante dynamique et  $L_C$  pour « reprendre » le moment dû à la commande  $Y_D$ .

R15 -

Torseur d'action mécanique dans la liaison pale/faisceau :

$$\{T_{29/20}\} = \begin{Bmatrix} -m_p \Omega^2 \left(r_p + \frac{L_p}{2}\right) & -e Y_D \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(C, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

R16 – Les deux sollicitations que subit la pièce 29 sont une sollicitation de traction et une de torsion.

R17 – Suivant les hypothèses adoptées, on peut utiliser le PFS dans le but de déterminer le torseur de cohésion. Si on ne considère que les efforts dus à la résultante dynamique, seule la composante  $X_c$  est prise en compte dans ce cas, on peut préciser que l'on utilise le théorème de la résultante statique.

R18 – Il y a uniquement l'effort  $F_c \cdot \vec{x}_5$  ; donc :

$$\{T_{coh1}(x)\} = \begin{pmatrix} F_c & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_{(H(x), \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

Il s'agit d'une sollicitation en traction.

R19 – En traction, la contrainte normale s'écrit :

$$\sigma = \frac{F_c}{S_f}$$

R20 –

$$R_e \geq s \cdot \sigma$$

R21 – Application numérique :

$$R_e \geq 1,2 \cdot \frac{13\,000}{\frac{\pi D_f^2}{4}} \simeq \frac{12}{10} \cdot \frac{13\,000 \cdot 4}{\pi \cdot 36} \simeq \frac{4}{1} \cdot \frac{1\,300 \cdot 1}{9} \simeq 650 \text{ MPa}$$

R22 – Moment quadratique polaire d'une poutre à section circulaire :

$$I_f = \frac{\pi D_f^4}{32}$$

R23 –

$$\{T_{coh2}(x)\} = \begin{pmatrix} 0 & M_t \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_{(H(x), \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)}$$

R24 –

On calcule l'angle de torsion unitaire :

$$\theta = \frac{\|\vec{M}(x)\|}{G \cdot I_f}$$

L'angle de rotation de la section est alors :

$$\gamma(x) = \theta \cdot x = \frac{\|\vec{M}(x)\|}{G \cdot I_f} x$$

R25 –

$$\gamma(L_f) = \alpha - \alpha_0 = \frac{M_t}{G \cdot I_f} L_f$$

$$M_t = (\alpha - \alpha_0) \frac{G \cdot I_f}{L_f}$$

$$M_{maxi} = \max\left(\left(\alpha_{maxi} - \alpha_0\right)\frac{G \cdot I_f}{L_f}, -\left(\alpha_{mini} - \alpha_0\right)\frac{G \cdot I_f}{L_f}\right)$$

NB : Les valeurs sont en fait les mêmes car  $\alpha_0$  est au milieu de la plage d'évolution.

R26 -

$$\tau_{max} = \frac{M_{max}}{I_f} \cdot \frac{D_f}{2} = (\alpha_{maxi} - \alpha_0) \frac{G \cdot D_f}{L_f \cdot 2}$$

R27

-

$$\tau_{max} \approx 1\,300 \text{ MPa}$$

R28 -

$$\overline{M}(M, 5 \rightarrow 7) = \overline{MS} \wedge \overline{FS} = -R_p \overline{y_0} \wedge (F_T \overline{x_0} - F_R \overline{y_0} + F_A \overline{z_0}) = R_p F_T \overline{z_0} - R_p F_A \overline{x_0}$$

Le théorème du moment statique appliqué à l'arbre 7 en projection sur l'axe  $\overline{z_0}$  donne donc :

$$C_e = -F_t R_p$$

R29 -

$$F_T = F_S \cos \phi$$

$$F_V = F_S \sin \phi$$

$$F_R = F_V \cos \delta$$

$$F_A = F_V \sin \delta$$

Au bilan :

$$F_R = F_V \cos \delta = F_S \sin \phi \cos \delta = F_T \frac{\sin \phi \cos \delta}{\cos \phi} = F_T \tan \phi \cos \delta$$

R30 -

$$F_A = F_V \sin \delta = F_S \sin \phi \sin \delta = \frac{F_T}{\cos \phi} \sin \phi \sin \delta = F_T \tan \phi \sin \delta$$

R31 -

$$F_T = \frac{C_e}{R_p} = \frac{20}{50 \cdot 10^{-3}} = 400 \text{ N}$$

$$F_R = F_T \tan \phi \cos \delta = 400 \tan 20 \cos 42,44 \approx 400 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \approx 112 \text{ N}$$

$$F_A = F_T \tan \phi \sin \delta = 400 \tan 20 \sin 42,44 \approx 400 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \approx 112 \text{ N}$$

R32 -

$$F_R^E = \sqrt{80^2 + 80^2} \approx 80 \cdot 1,4 \approx 112 \text{ N}$$

$$F_R^F = \sqrt{480^2 + 20^2} \approx 480 \text{ N}$$

Calcul de

$$\begin{aligned} -\frac{F_R^E}{2Y_E} + \frac{F_R^F}{2Y_F} + F_A &= -\frac{\sqrt{80^2 + 80^2}}{2 \cdot 1,7} + \frac{\sqrt{480^2 + 20^2}}{2 \cdot 1,4} - 100 = -\frac{80\sqrt{2}}{2 \cdot 1,7} + \frac{\sqrt{480^2 + 20^2}}{2 \cdot 1,4} - 100 \\ &\approx -\frac{80\sqrt{2}}{2 \cdot 1,7} + \frac{\sqrt{480^2}}{2 \cdot 1,4} - 100 \approx -40 + 160 - 100 > 0 \text{ N} \end{aligned}$$

On a donc :

$$F_Z^F = \frac{F_R^F}{2Y_F} \approx \frac{480}{2 \cdot 1,4} \approx 160 \text{ N}$$

$$F_Z^E = F_Z^F - F_A \approx 60 \text{ N}$$

Pour le roulement E :

$$\frac{F_Z}{F_R} \approx \frac{60}{112} \approx 0,5 > e \Rightarrow P_E = 0,4F_R + 1,7 F_Z \approx 0,4 \cdot 112 + 1,7 \cdot 60 \approx 150 \text{ N}$$

Pour le roulement F :

$$\frac{F_Z}{F_R} \approx \frac{160}{480} \approx 0,33 < e \Rightarrow P_F = F_R \approx 480 \text{ N}$$

R33 -

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} \approx \left(\frac{8000}{150}\right)^{\frac{10}{3}} \approx 50^3 \approx 125 \text{ 000 millions de tours}$$

$$\frac{125 \text{ 000} \cdot 10^6}{3 \text{ 660}} \approx 31 \cdot 10^6 \text{ min}$$

$$\frac{31 \cdot 10^6}{60} \approx 0,5 \cdot 10^6 \text{ heures}$$

$$\frac{50 \cdot 10^4}{12} \approx 40000 \text{ jours}$$

$$\frac{40000}{365} \approx 100 \text{ années}$$

100 années de fonctionnement.

Fonctionnement de 100 ans sans avoir à changer le roulement :

- Valeur importante
  - Pièce difficile à changer donc dimensionnée avec une grande durée de vie ;
  - Les coefficients de sécurité imposent une si grande durée de vie, même si, éventuellement les roulements sont changés plus souvent ;
  - L'aéronautique impose une fiabilité de 99% alors que classiquement la fiabilité utilisée dans les calculs est de 90%.

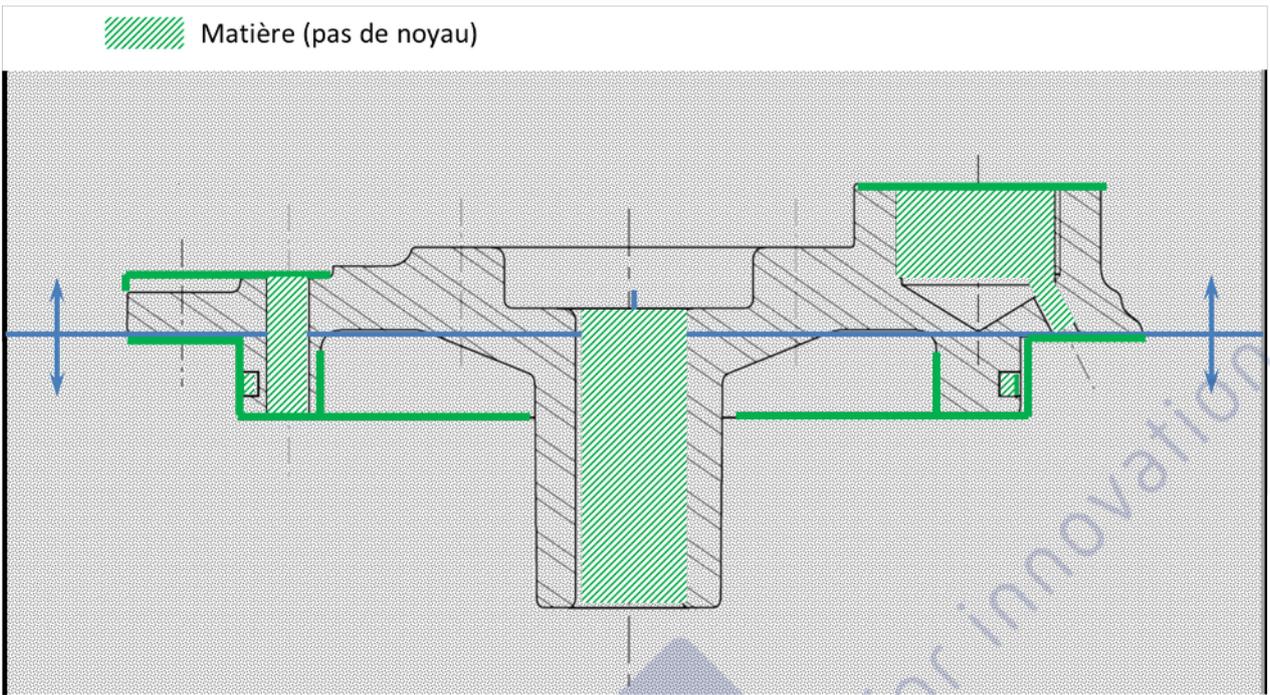
R34 - Influence de la précharge axiale

L'ajout d'une précharge permettrait de diminuer la durée de ce roulement mais d'augmenter celle du second.

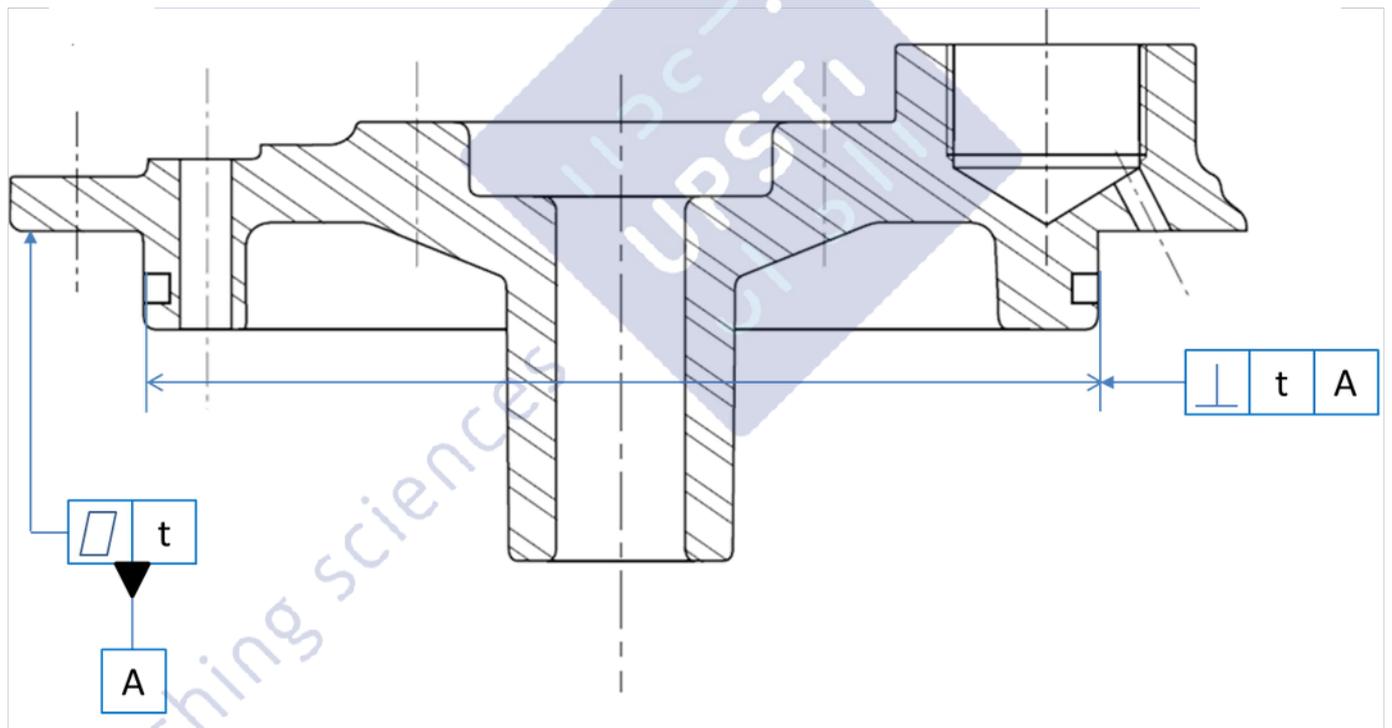
R35 -

- EN AC-ALSi12 : alliage d'aluminium pour la fonderie avec 12% de silicium. Même si c'est un aluminium moulable, ses performances mécaniques sont faibles (à vérifier).
- On peut par exemple proposer les alliages suivants :
  - EN AW 5754 (AlMg3) Aluminium avec 3% de magnésium.
  - EN AC-ALCu5MgTi

R36 -

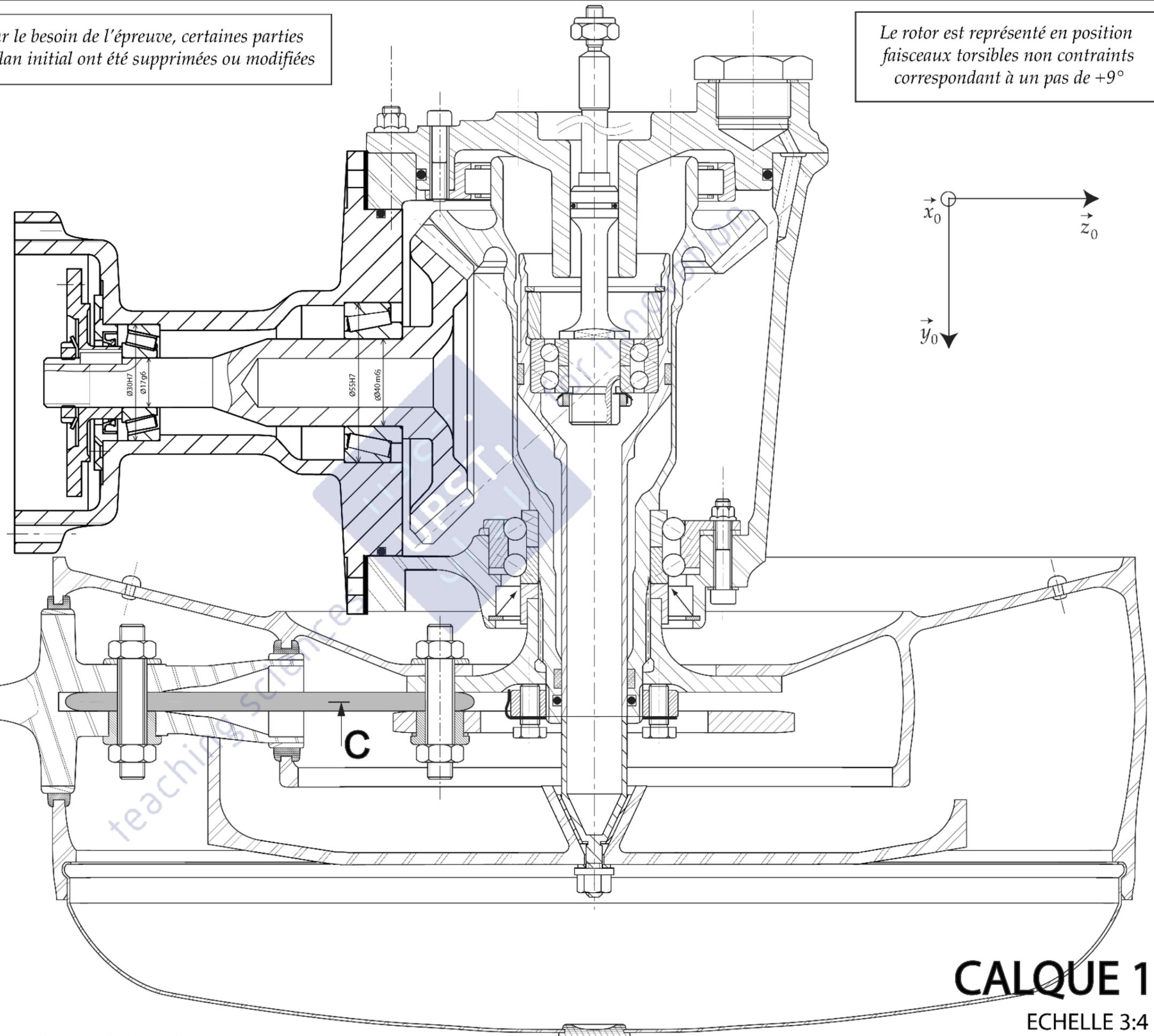


R37 -



Pour le besoin de l'épreuve, certaines parties  
du plan initial ont été supprimées ou modifiées

Le rotor est représenté en position  
faisceaux torsibles non contraints  
correspondant à un pas de  $+9^\circ$



← Avant de  
l'appareil

**CALQUE 1**

ECHELLE 3:4