



PROJET 3 - EMBRAYAGE

Bureau d'Etude en Mécanique

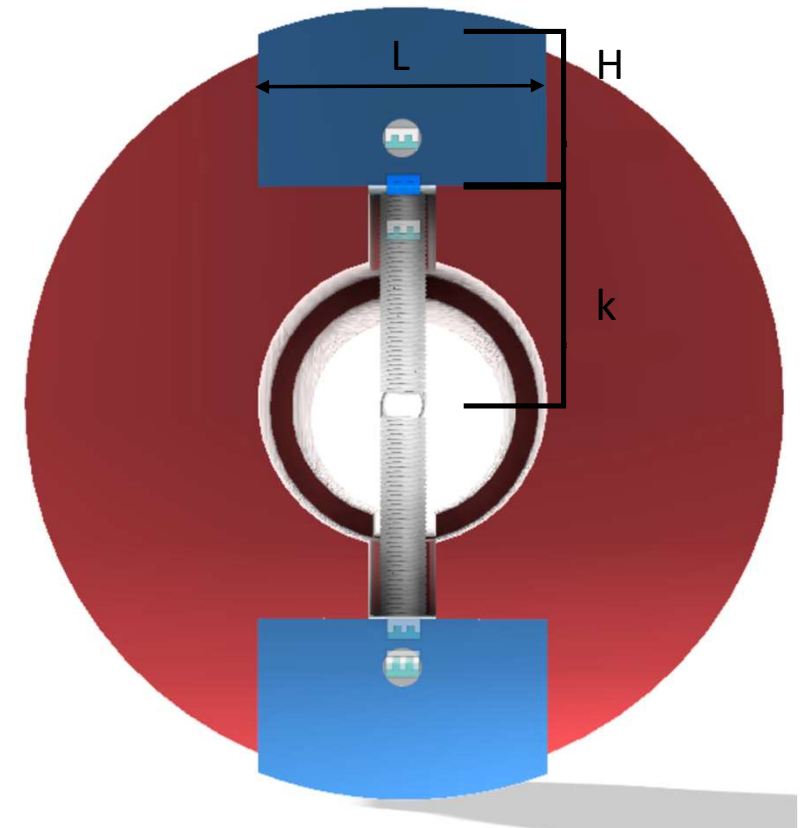
Giuseppe Sebastiano Manzo
Marta Bragotto
Quentin Rolland

Conception

Calcul de masselotte

Données:

- $\omega_{\max} = 3000 \text{ rpm} = 314 \text{ rad/s}$ (vitesse maxi)
- $C_{\max} = 180 \text{ Nm}$ (Couple maxi)
- $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ (densité)
- $f = \tan(\varphi) = 0,3$ (coefficient de friction)
- $b = 40 \text{ mm}$ (épaisseur masselotte)
- $D = 170 \text{ mm}$ (Diamètre de la cloche)
- $k = 45 \text{ mm}$ (distance entre le centre du rotor et la base de la masse)



Conception

Calcul de masselotte

Hypothèses à vérifier:

- Volume masselotte: $V = L \cdot H \cdot b$
- Distance centre de rotation/centre de gravité: $\overline{RG} = R + \frac{H}{2}$

Distances choisis à vérifier:

- $L = 60 \text{ mm}$
- $H = 32 \text{ mm}$

Conception

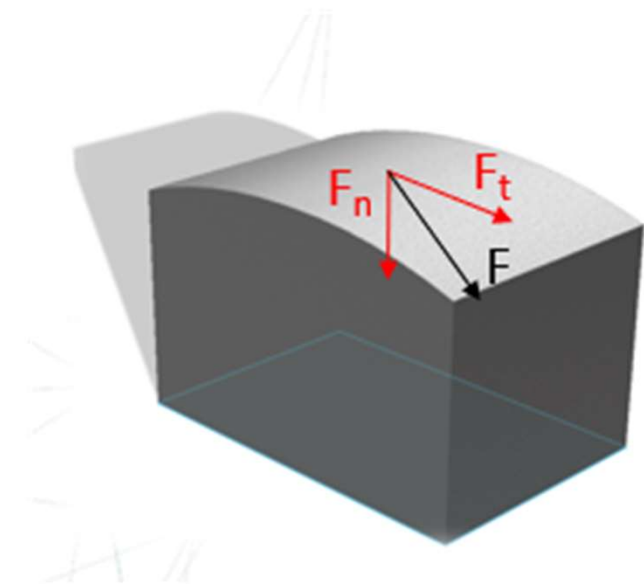
Calcul de masselotte

Conditions à remplir:

1. $P_{\text{cloche}} = \frac{F_n}{L b} < P_{\text{max cloche}} = 3 \text{ MPa}$

2. $C_{\text{transmis}} \geq C_{\text{max}} = 180 \text{ Nm}$

3. $P_{\text{lateral}} = \frac{F_t}{h b} < P_{\text{max lateral}} = 15 \text{ MPa}$



Conception

Calcul de masselotte

On suppose que la pression de contact entre la masselotte et la cloche est uniforme.

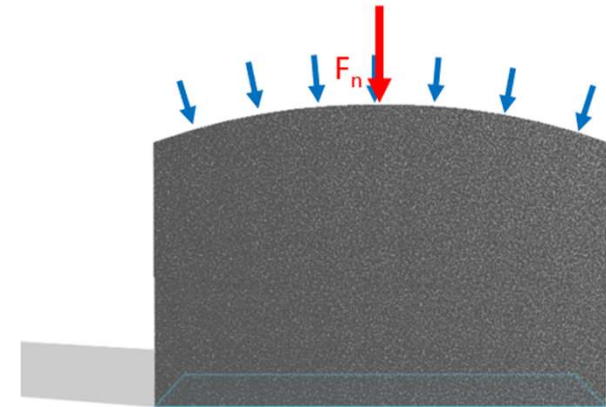
$$1. \quad P_{\text{cloche}} = \frac{F_n}{L b} < P_{\text{max cloche}} = 3 \text{ MPa}$$

$$F_n = m \omega^2 \overline{RG} = \rho V \omega^2 \overline{RG} = \rho (L H b) \omega^2 \overline{RG}$$

$$P_{\text{cloche}} = \frac{F_n}{L b} = \frac{\rho L H b \omega^2 \overline{RG}}{L b} = \rho H \omega^2 \overline{RG} = 1,5 \text{ MPa} < 3 \text{ Mpa} = P_{\text{max cloche}}$$



Notons que P_{cloche} dépend du parametre H qui a été choisit.



Conception

Calcul de masselotte

$$2. \quad C_{\text{transmis}} \geq C_{\text{max}} = 180 \text{ Nm}$$

$$C_{\text{transmis}} = 2 m \omega^2 \overline{RG} f \frac{D}{2} = 184,0 \text{ Nm} > 180 \text{ Nm} = C_{\text{max}}$$



Conception

Calcul de masselotte

On suppose que la pression de contact entre la masselotte et le rotor est constante et uniforme

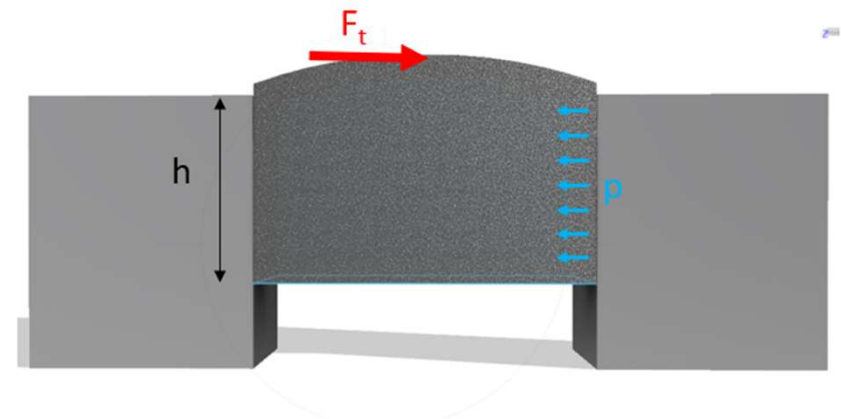
$$3. \quad P_{\text{lateral}} = \frac{F_t}{h b} < P_{\text{max lateral}} = 15 \text{ MPa}$$

$$F_t = m \omega^2 \overline{RG} f = \rho V \omega^2 \overline{RG} f = \rho (L H b) \omega^2 \overline{RG} f$$

$$P_{\text{lateral}} = \frac{F_t}{h b} = \frac{\rho L H b \omega^2 \overline{RG} f}{h b} = \frac{\rho L H \omega^2 \overline{RG} f}{h} = 1,0 \text{ MPa} < 3 \text{ Mpa} = P_{\text{max lateral}}$$



Notons que P_{cloche} dépend des paramètres H et L qui ont été choisis



Conception

Calcul de masselotte – Vérification

Propriétés trouvées avec le logiciel Solidworks:

- masse masselotte: $m=0,648$ kg
- Centre de gravité: $\begin{cases} G_x=30 \text{ mm} \\ G_y=18,17 \text{ mm} \\ G_z=20 \text{ mm} \end{cases}$
- $\overline{RG} = k + G_y + \text{allongement du ressort} = 65,7 \text{ mm}$

Conception

Calcul de masselotte – Vérification

Donc, on a réellement :

- $F_t = m \omega^2 \overline{RG} = 1260 \text{ N}$
- $F_n = m \omega^2 \overline{RG} f = 4197,6 \text{ N}$

1. $P_{\text{cloche}} = \frac{F_n}{L b} = 1,75 \text{ MPa} < P_{\text{max cloche}} = 3 \text{ MPa}$



2. $C_{\text{transmis}} = 214 \text{ Nm} \geq C_{\text{max}} = 180 \text{ Nm}$



3. $P_{\text{lateral}} = \frac{F_t}{h b} = 1,17 \text{ MPa} < P_{\text{max lateral}} = 15 \text{ MPa}$



Conception

Calcul de masselotte

La couple transmis lorsque la garniture de friction a été usée sur 1mm d'épaisseur

- $\overline{RG} = k + G_y + \text{allongement du ressort} + 1\text{mm} = 66,7 \text{ mm}$
- $C_{\text{transmis}} = 2 m \omega^2 \overline{RG} f \frac{D}{2} = 217,33 \text{ Nm}$

Notons que la nouvelle couple transmis est à peu près le meme qu'avant

Conception

Calcul de clavette

Diamètre de l'arbre : $D=50$ mm

Donc d'après la documentation, on a : $a= 14$ mm et $b= 9$ mm

Couple maximum à transmettre à l'arbre: $C=214$ Nm

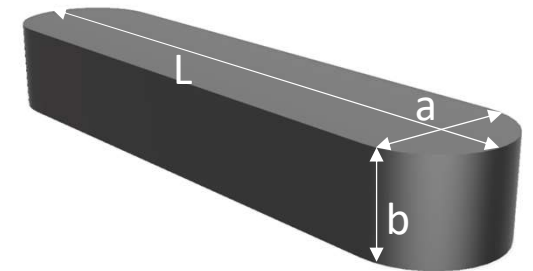
Rayon arbre: $R=50$ mm

Effort sur le flan de la clavette: $F = \frac{C}{R} = 8560$ N

Pression sur le flan de la clavette: $P = \frac{F}{L \frac{b}{2}} < P_{\text{admissible}}$

On a choisit comme $P_{\text{admissible}}$ 30Mpa afin que la clavette supporte les chocs, vibrations.

$L_{\min} = \frac{2 F}{P_{\text{admissible}} b} = 62,40$ mm \rightarrow on choisit $L=63$ mm (longueur normalisée)

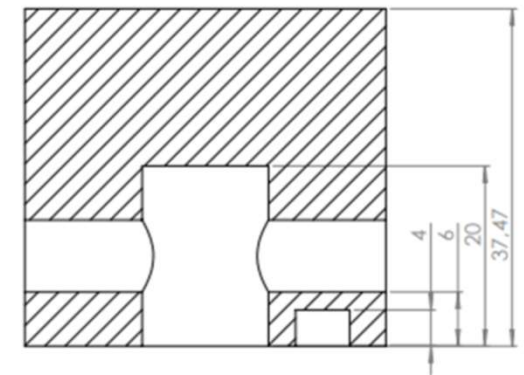
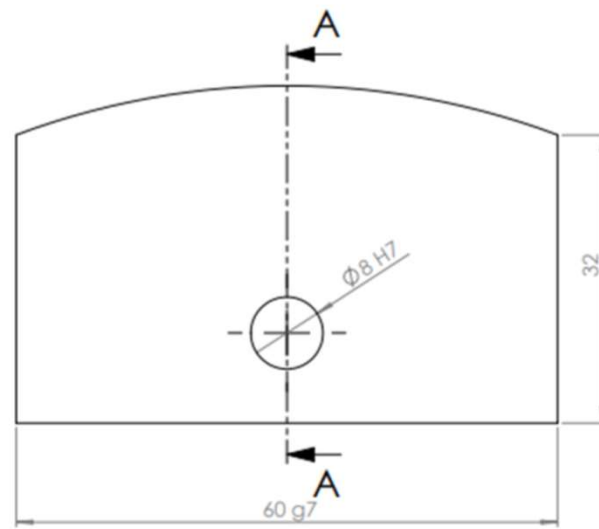


Conception

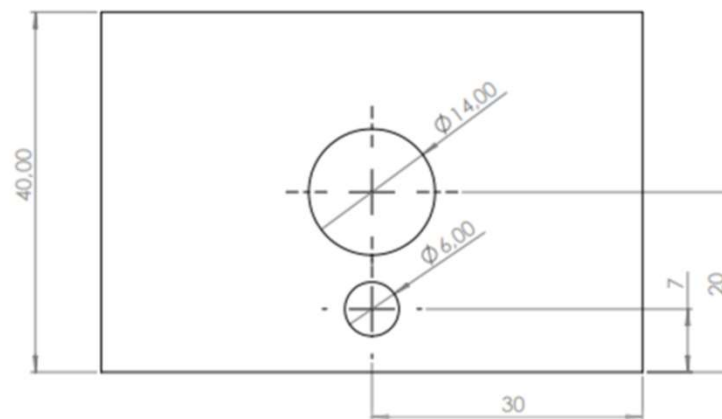
Adjustements

- Axe – Masselotte: Serré \rightarrow H7h7
- Masselotte – Rotor: Glissant \rightarrow H7g7
- Roulement
 - Externe: Glissant \rightarrow H7h7
 - Interne: Serré \rightarrow H7p7

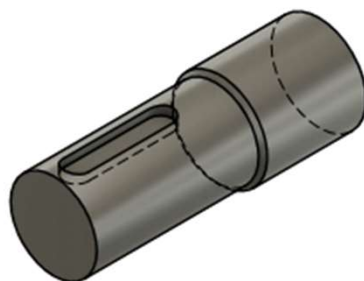
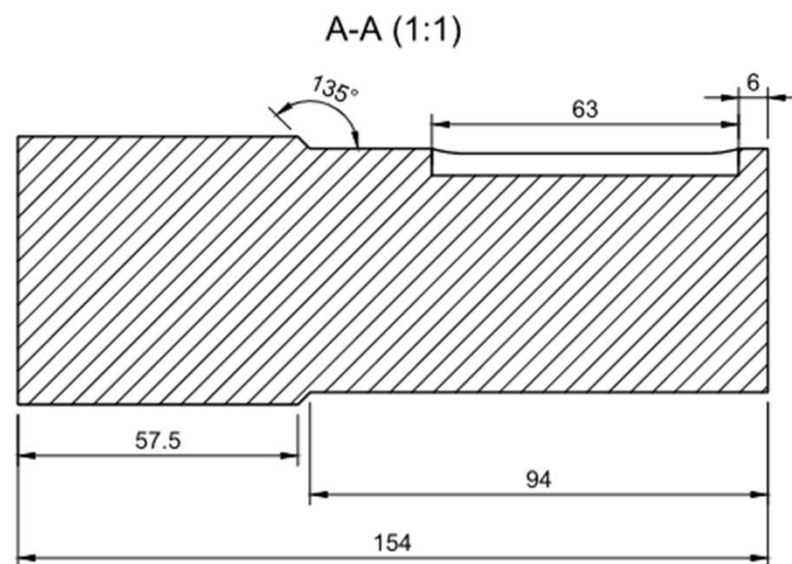
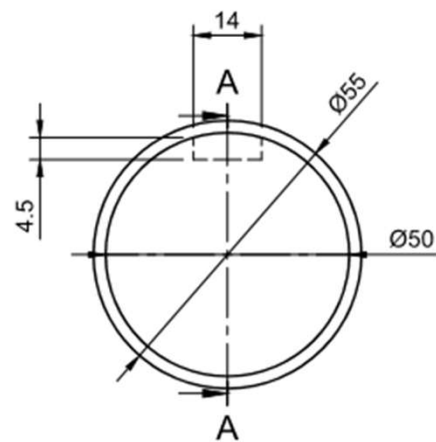
Masselotte



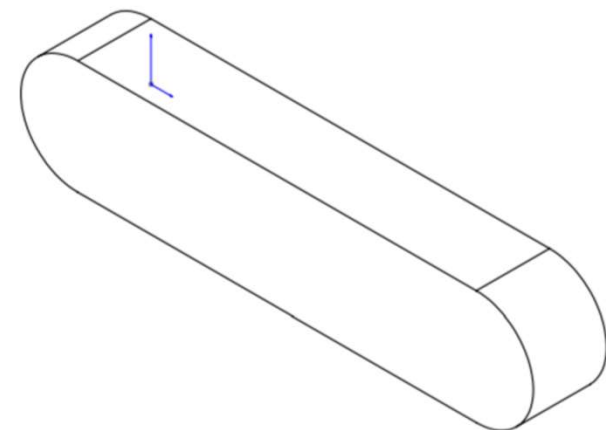
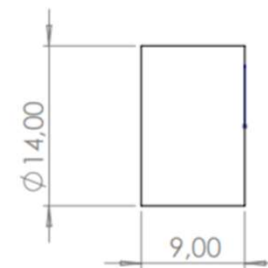
COUPE A-A



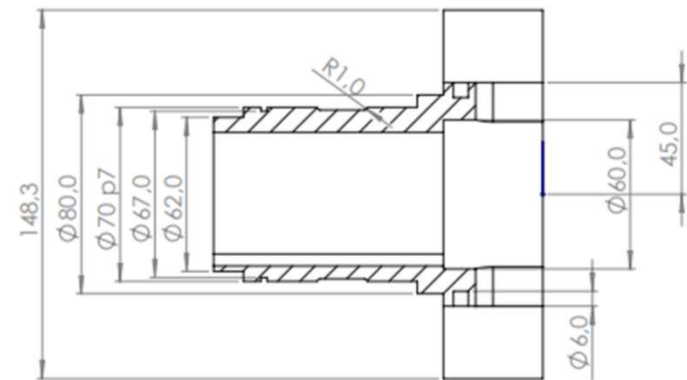
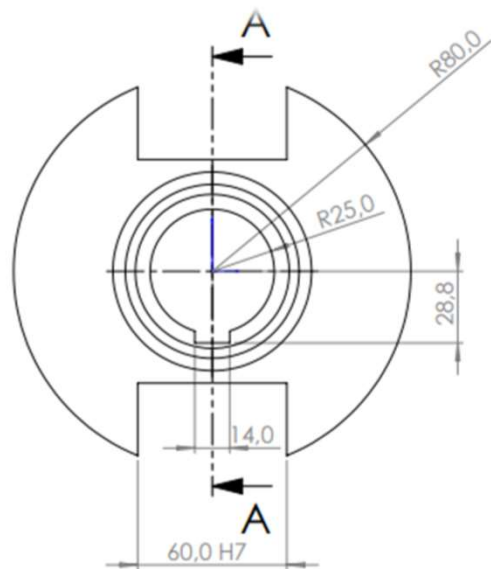
Arbre



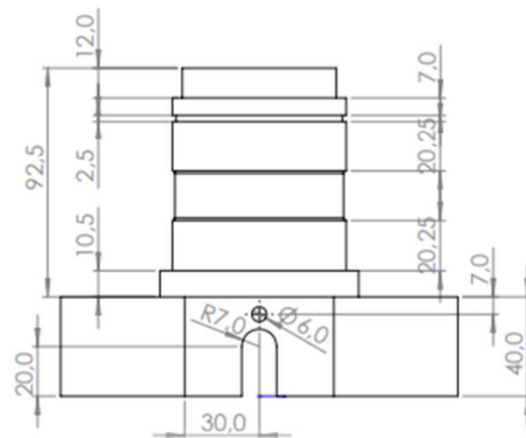
Clavette



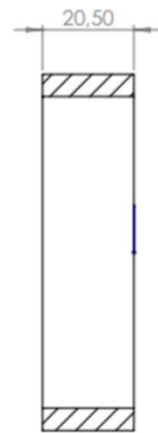
Rotor



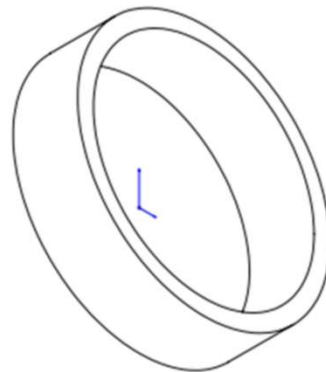
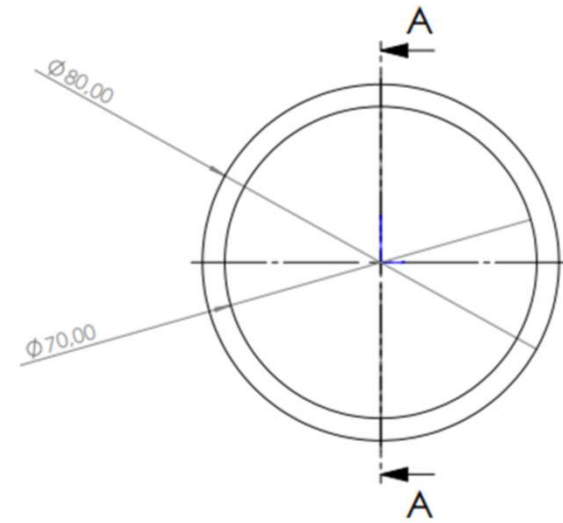
COUPE A-A



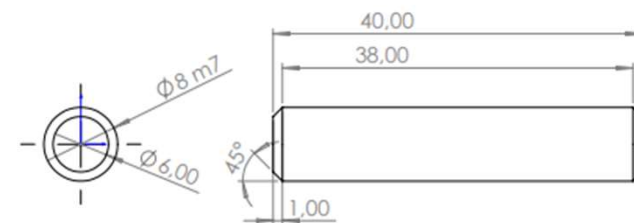
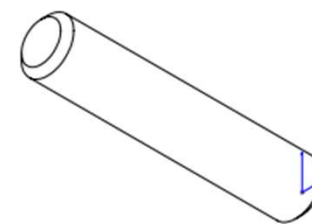
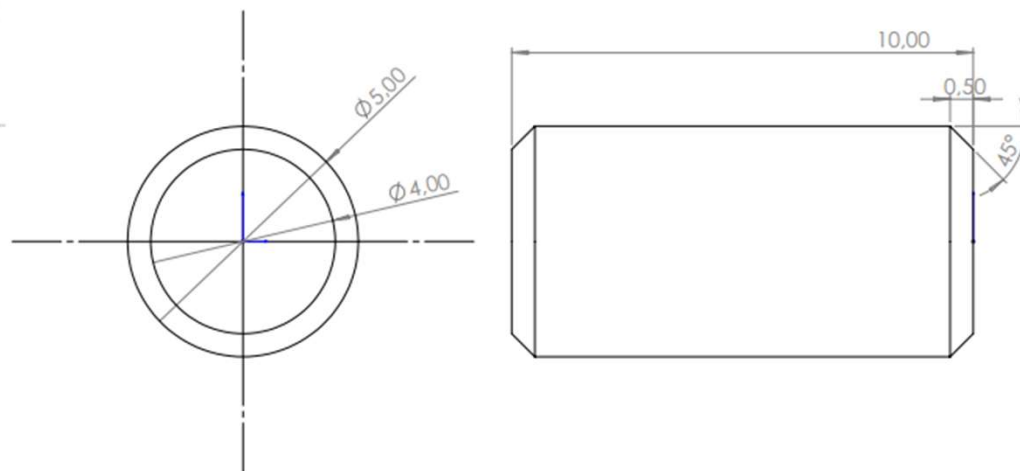
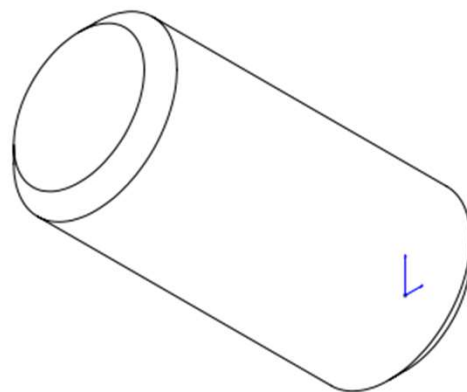
Entretoise



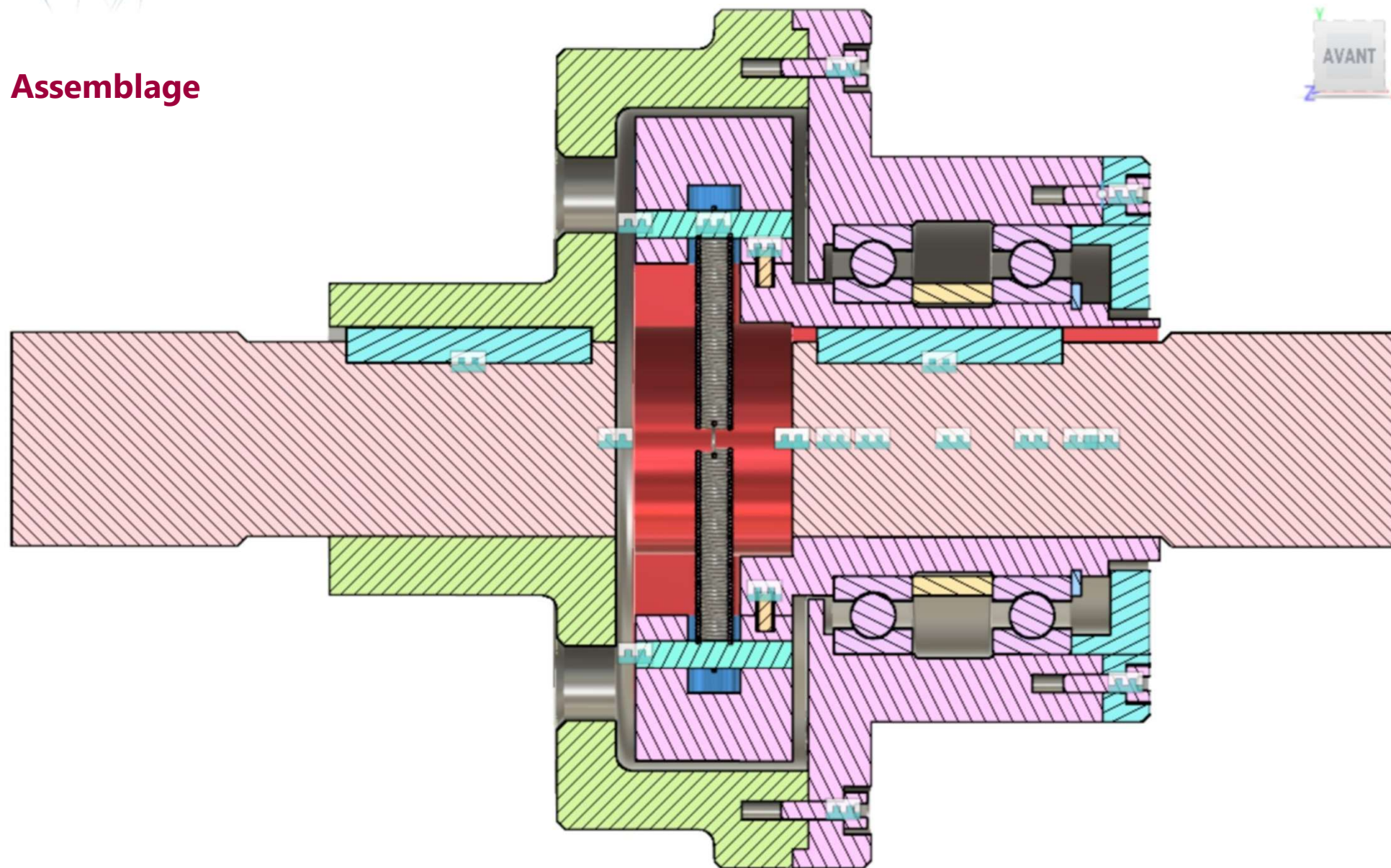
COUPE A-A



Goupille et Axe



Assemblage



BONUS: Modèle de Pression Linéaire

La pression de contact entre la masselotte et le rotor avec un modèle linéaire de répartition de pression

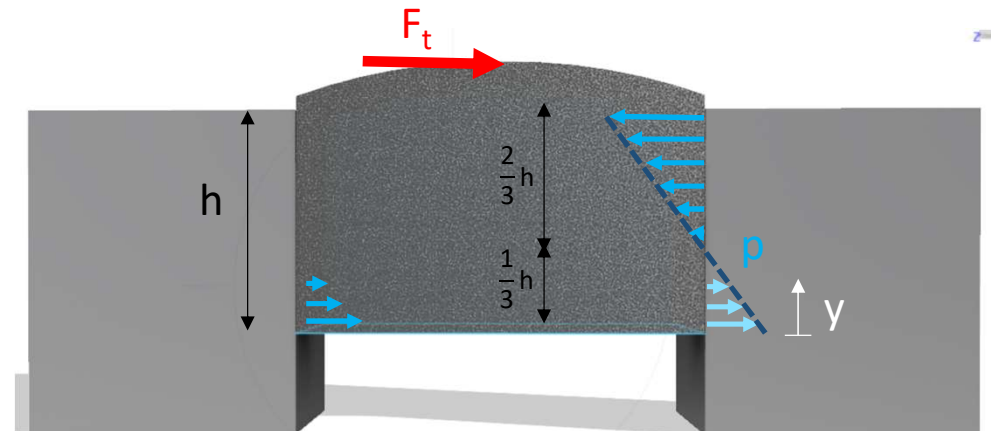
$$F_t = 1260 \text{ N}$$

$$p(y) = \alpha y + \beta$$

$$dF = p(y) dA \rightarrow F = \int_S p(y) dA = F = \int_0^h p(y) b dy$$

- $p(y = \frac{1}{3}h) = \alpha \frac{1}{3}h + \beta = 0 \rightarrow \beta = -\frac{1}{3}h \alpha$
- $F_t = \int_0^h p(y) b dy = b \int_0^h \alpha y - \frac{1}{3}h \alpha dy =$
- $b \alpha \left[\frac{y^2}{2} - \frac{1}{3}hy \right]_0^h = b \alpha \left(\frac{h^2}{2} - \frac{1}{3}h^2 \right) = \frac{1}{6} b \alpha h^2$
- $\alpha = \frac{6 F_t}{b h^2} = 0,259 \text{ Mpa/mm} \rightarrow \beta = -2,333 \text{ Mpa}$
- **$p(y) = 0,259 y - 2,333$**

$$P_{\max} = P(y=h) = 4,7 \text{ MPa}$$

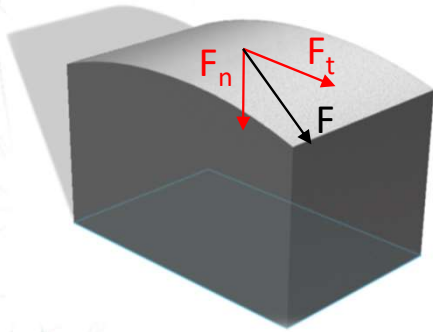




ANALYSES DE L'EMBRAYAGE PROPOSÉ

Analyses de l'embrayage centrifuge proposé

1. Calculer, en Nm, le couple transmissible pour les vitesses de rotation du rotor de 1000, 2000 et 4000 tr/mn (on considère la force de rappel du ressort négligeable).



$$F_t = m \omega^2 r f$$
$$C = 2 F_t d$$

Disegno due masellotte
opposte per far vedere che la
coppia è x 2

$$\omega_1 = 1000 \text{ rpm} = 104,7 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = 2000 \text{ rpm} = 209,3 \text{ rad/s}$$

$$\omega_3 = 4000 \text{ rpm} = 418,7 \text{ rad/s}$$

$$C_1 = 2 F_{t,1} d = 2 (m \omega_1^2 r f) d = \mathbf{26,84 \text{ Nm}}$$

$$C_2 = 2 F_{t,2} d = 2 (m \omega_2^2 r f) d = \mathbf{107,24 \text{ Nm}}$$

$$C_3 = 2 F_{t,3} d = 2 (m \omega_3^2 r f) d = \mathbf{429,16 \text{ Nm}}$$

Analyses de l'embrayage centrifuge proposé

2. A partir de l'effort normal entre la masselotte et la cloche , déduire la surface minimale de friction pour avoir une pression de contact maximale de 3 MPa

$$P = \frac{F_n}{L b} \quad \text{on considère } P = \text{constante}$$

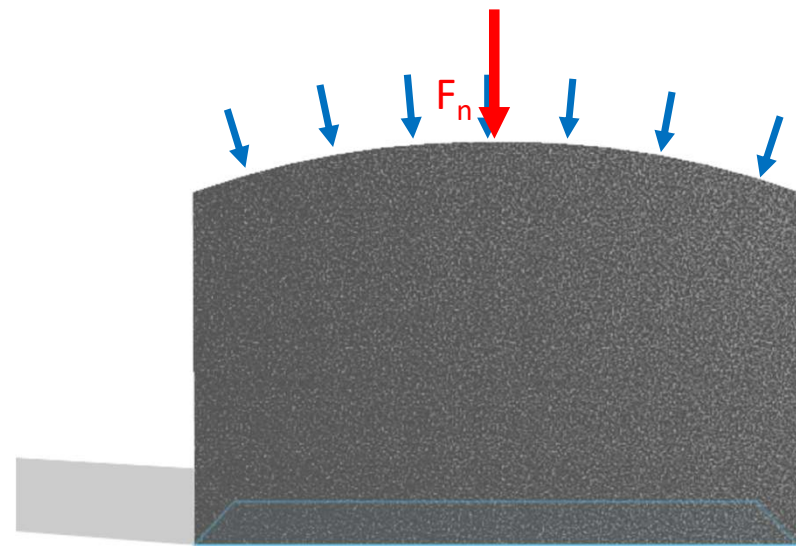
$$F_n = m \omega^2 r$$

$$P_{\max} = 3 \text{ MPa} < \frac{F_n}{L_{\min} b}$$

$$\omega_{\max} = \omega_3 = 4000 \text{ rpm} = 418,7 \text{ rad/s}$$

$$S_{\min} = L_{\min} b = \frac{F_{n,\max}}{P_{\max}} = \mathbf{2805,0 \text{ mm}^2}$$

$$L_{\min} = \frac{S_{\min}}{b} = 70,1 \text{ mm}$$



Analyses de l'embrayage centrifuge proposé

3. A partir de l'effort tangentiel entre la masselotte et le rotor, déduire la surface minimale entre ces 2 pièces pour avoir une pression de contact maximale de 15 MPa.

$P = \frac{F_n}{L b}$ on considère $P = \text{constant}$

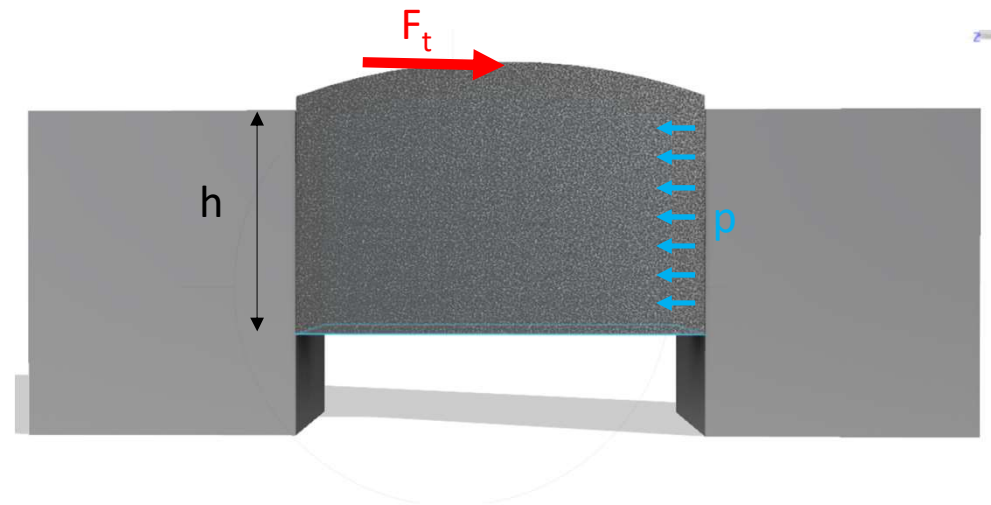
$$F_t = m \omega^2 r f$$

$$P_{\max, l} = 15 \text{ MPa} < \frac{F_t}{h_{\min} b}$$

$$\omega_{\max} = \omega_3 = 4000 \text{ rpm} = 418,7 \text{ rad/s}$$

$$S_{l, \min} = h_{\min} b = \frac{F_{t, \max}}{P_{\max}} = \mathbf{168,3 \text{ mm}^2}$$

$$h_{\min} = \frac{S_{l, \min}}{b} = 4,2 \text{ mm}$$



Analyses de l'embrayage centrifuge proposé

4. Que peut-on dire des forces axiales et radiales sur les 2 roulements en phase débrayée et en phase embrayée ?

Les efforts tangentiels ou radiaux sont uniquement appliqués sur les masselottes et le système est symétrique sur les roulements à billes

→ Il n'y a pas de forces axiales ou radiales sur les 2 roulements, que le système soit débrayé ou embrayé



Beyond Engineering

Giuseppe Sebastiano Manzo
Marta Bragotto
Quentin Rolland