

Feuille n°3 - cinétique

Exercice 7 - PorteAvion - Détermination des masses du SATRAP

adapté du concours Mines-Ponts 2002

Corrigé page 30

Description

Afin de stabiliser la plate forme du Porte-Avions¹ Nucléaire (PAN) Charles de Gaulle, la Direction des Constructions Navales (DCN) de la Délégation Générale pour l'Armement (DGA) a développé le SATRAP : (Système Automatique de TRANquillisation et de Pilotage)

Ce système permet de réduire les mouvements non désirés du navire : le roulis¹, le lacet¹ et l'embarquée¹.

Ainsi, le PAN, malgré ses dimensions modérées (40 000 tonnes), dispose d'une capacité de mise en œuvre de l'aviation embarquée sur mer forte équivalente à celle de porte-avions jaugeant 90 000 tonnes.

Cette mise en œuvre nécessite de maintenir le roulis à moins de 2° en route rectiligne ou en giration¹ et la gîte¹ à moins de 1,5° en route rectiligne.

La figure 1 présente la position des principaux éléments constitutifs.

La partie opérative du SATRAP est composée entre autres éléments :

- des 12 trains de masses mobiles du système COmpensation de GITE (COGITE).
- de 4 ailerons¹ stabilisateurs.
- de l'appareil à gouverner (safrans¹).

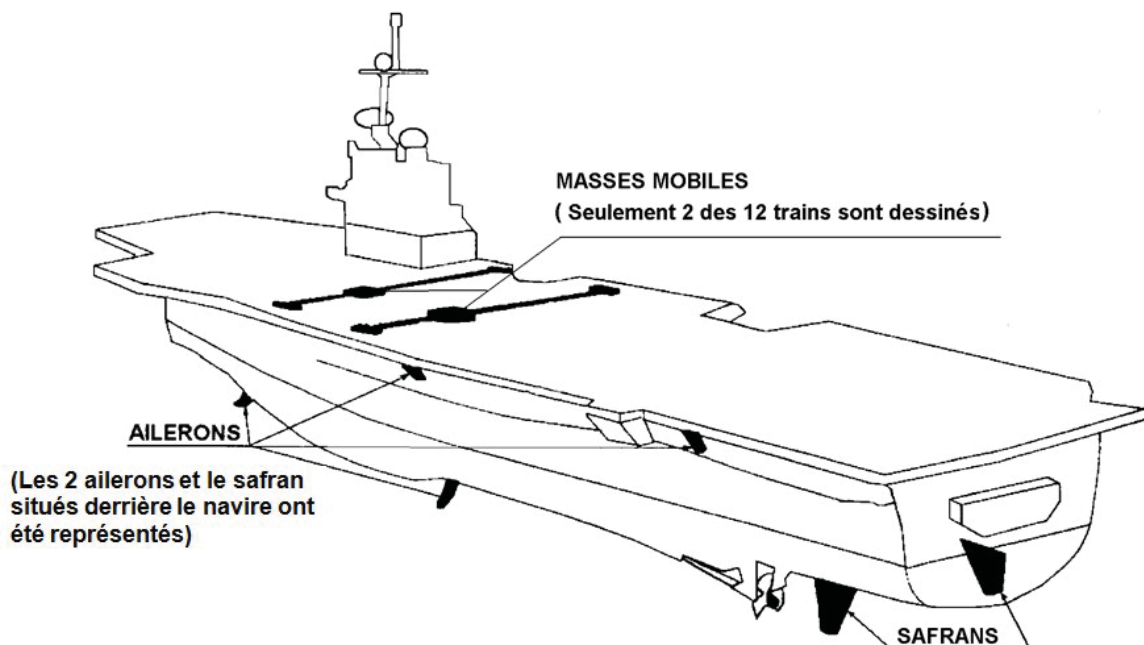


FIGURE 1 – Éléments constitutifs

1. voir annexe en page ??

A. Étude de la partie mécanique du COGITE

Cette étude a pour but le pré-dimensionnement et le choix des actionneurs et capteurs utilisés dans un train de masses.

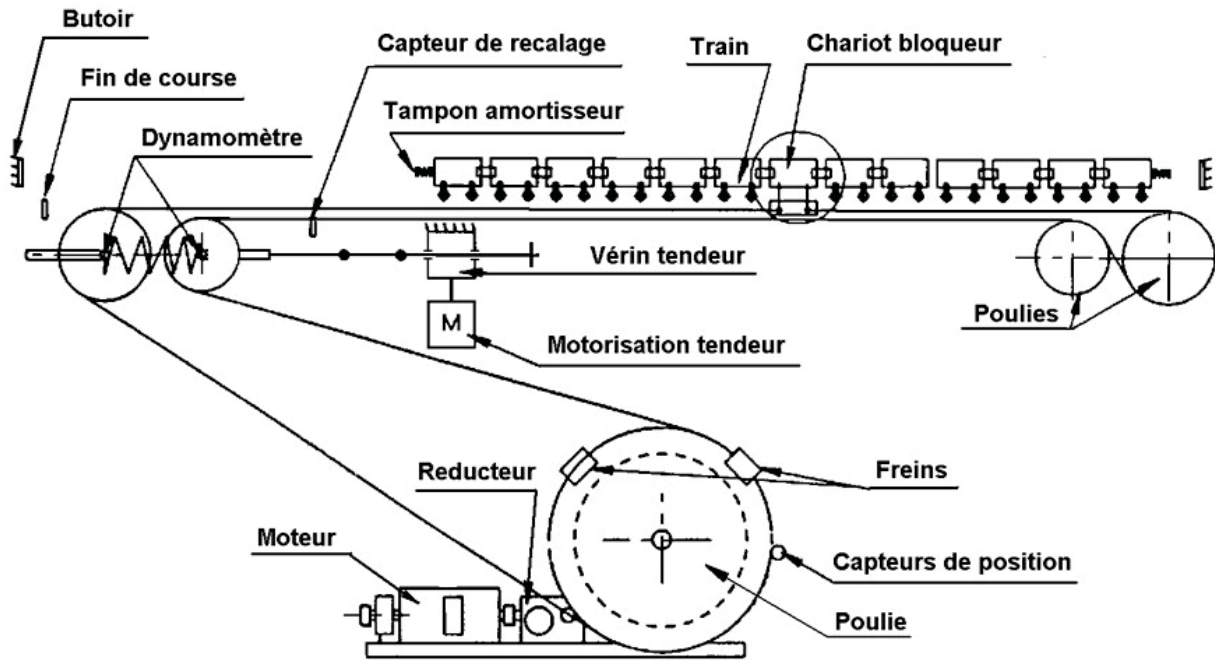


FIGURE 2 – Partie opérative du COGITE

La partie opérative (Figure 2) du cogite est constituée de 12 trains de 12 chariots à quatre roues (masse d'un train : $M_t = 22 \times 10^3$ kg, inertie des roues négligeable) pouvant se déplacer sur la largeur du navire (± 16 m).

Chaque train est entraîné par un moteur électrique (moment d'inertie négligeable) relié à un réducteur (rapport de réduction $\frac{\omega_p}{\omega_m} = n$), lui-même accouplé à une poulie (rayon r , moment d'inertie J_p), tournant à une vitesse ω_p , entraînant le câble.

Deux freins permettent l'arrêt des masses.

Le navire est supposé immobile et horizontal par rapport au repère 0.

A.1. Constituants de la partie opérative

Q1. Identification des constituants.

Q1a. En utilisant le schéma Figure 2, identifiez les différents constituants de la partie opérative : actionneurs, capteurs et effecteurs, présentez une liste séparée pour chaque type de constituant et précisez leur fonction dans le système.

A.2. Recherche du moment d'inertie équivalent

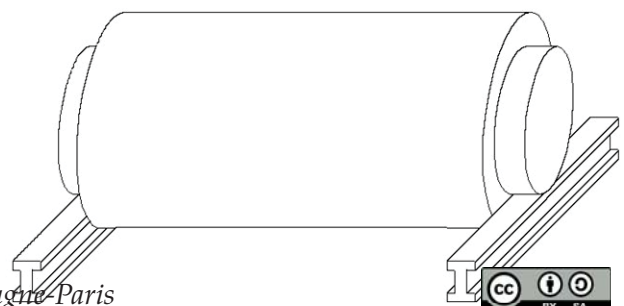
Q2. En prenant une vitesse de déplacement des masses égale à V_0 , déterminez l'énergie cinétique galiléenne T_{Σ/R_g} de l'ensemble d'un train $\Sigma = \{poulie + masses\}$ (la masse du câble est négligée ainsi que les inerties des petites poulies) en fonction de ω_m , n , M_t , J_p , r .

Q3. Déterminer J_{eq} moment d'inertie équivalent du point de vue du moteur.

A.3. Forme des masses déplacées

La première solution proposée par l'industriel faisait appel à 12 trains formés de 12 rouleaux cylindriques monoblocs **roulant sans glisser** sur des rails, le reste du mécanisme étant identique (Figure 3).

Un prototype a été construit et testé.



La valeur de la masse totale déplacée dans cette première solution et dans la solution retenue est la **même**.

Q4. Justifiez le choix retenu en calculant l'énergie cinétique et le moment d'inertie équivalent de la première solution.

devoir 8 - Antenne de Liaison par satellite - Étude de l'axe d'azimut

adapté à partir du concours MT98

Corrigé page 30

A. Description

A.1. Fonction globale

Le système étudié est une station de radiocommunication qui a pour fonction principale d'assurer des liaisons bidirectionnelles entre le réseau terrestre de communication et un satellite géostationnaire pour transférer des données de l'un à l'autre.



FIGURE 4 – Antenne

Les moyens mis en oeuvre pour constituer cette station se composent :

- d'une antenne de type « Cassegrain » à structure « Carrousel » équipée d'une source périscopique à quatre miroirs permettant d'orienter l'émetteur récepteur vers le satellite ;
- d'équipements électroniques d'émission/réception permettant de générer et recevoir les données ;
- d'équipements destinés à traiter et conditionner ces données.

Tous ces équipements électroniques ainsi que les armoires électriques de commande et de connexion au réseau sont abrités dans la structure maçonnée sur laquelle repose l'antenne. (voir figure 4)

B. Motorisation de la liaison « azimut »

On s'intéresse dans cette étude à l'équilibrage et la motorisation de l'axe d'azimut dont le schéma cinématique est représenté sur la figure 5.

La liaison 1-0 est globalement considérée comme une pivot d'axe (O, \vec{k}_{01}) .

L'étude est réalisée lorsque la liaison 2/1 est bloquée à : l'axe du « bol » est horizontal (position dite « horizon »), (voir figure 5).

Q1. Exprimer dans ces conditions, par leurs éléments de réduction en un point, les torseurs cinématiques des mouvements de 1 par rapport à 0, et de 2 par rapport à 0 : $\{\mathcal{V}_{1/0}\}, \{\mathcal{V}_{2/0}\}$.

Le solide 1, de masse M_1 , a pour centre de gravité le point G_1 situé sur (O, \vec{k}_{01}) , et a pour matrice d'inertie en A, dans la base $B_1 (\vec{i}_1, \vec{j}_1, \vec{k}_{01})$: $\overline{\overline{\mathcal{I}_A(1)}} = \begin{pmatrix} A_1 & -F_1 & -E_1 \\ -F_1 & B_1 & -D_1 \\ -E_1 & -D_1 & C_1 \end{pmatrix}_{\substack{A \\ B_1}}$

Le solide 1 possède deux plans de symétrie matérielle : $(A, \vec{i}_1, \vec{k}_{01})$ et $(A, \vec{j}_1, \vec{k}_{01})$.

Q2. En déduire la forme la plus simple de sa matrice d'inertie $\overline{\overline{\mathcal{I}_A(1)}}$.

Le solide 2, de masse M_2 , a pour centre de gravité le point G_2 tel que $\overline{AG_2} = -a \cdot \vec{k}_2$, et a pour matrice d'inertie en A, dans la base $B_2 (\vec{i}_2, \vec{j}_{12}, \vec{k}_2)$: $\overline{\overline{\mathcal{I}_A(2)}} = \begin{pmatrix} A_2 & -F_2 & -E_2 \\ -F_2 & B_2 & -D_2 \\ -E_2 & -D_2 & C_2 \end{pmatrix}_{\substack{A \\ B_2}}$

Le solide 2 possède un plan de symétrie matérielle : $(A, \vec{i}_2, \vec{k}_2)$.

Q3. En déduire la forme la plus simple de sa matrice d'inertie $\overline{\overline{\mathcal{I}_A(2)}}$.

Le constructeur du système a ajouté au solide 2 deux masses identiques M dont les positions des centres de gravité G_{M1} et G_{M2} sont définies par : $\overline{AG_{M1}} = -L \cdot \vec{k}_2 + b \cdot \vec{j}_{12} + c \cdot \vec{i}_2$ et $\overline{AG_{M2}} = -L \cdot \vec{k}_2 - b \cdot \vec{j}_{12} + c \cdot \vec{i}_2$

L'addition des deux masses M au solide 2 permet de placer le centre de gravité de l'ensemble $\{2M+2\}$ au point G_{2M} tel que $\overline{AG_{2M}} = -e \cdot \vec{k}_2$. Cette position facilite la mise en position dite « de survie » (axe (A, \vec{k}_2) vertical) en cas de risque (tempête par exemple).

Q4. Déterminer alors l'expression de L en fonction de a, e, M et M_2 .

La matrice d'inertie de chaque solide additionnel de masse M, s'écrit en son centre de gravité G_{M1} ou G_{M2} dans la base $B_2 (\vec{i}_2, \vec{j}_{12}, \vec{k}_2)$:

$$\overline{\overline{\mathcal{I}_{G_{Mi}}(M)}} = \begin{pmatrix} A_M & 0 & -E_M \\ 0 & B_M & 0 \\ -E_M & 0 & C_M \end{pmatrix}_{\substack{G_{Mi} \\ B_2}}$$

Q5. En déduire la forme de la matrice d'inertie $\overline{\overline{\mathcal{I}_{G_{M1}}(2M)}}$ des deux masses additionnelles au point A dans la base $B_2 (\vec{i}_2, \vec{j}_{12}, \vec{k}_2)$.

L'addition des deux masses M au solide 2 permet également de rendre diagonale la matrice d'inertie de l'ensemble $\{2M+2\}$.

Q6. En déduire l'expression de c en fonction de E_M, E_2, M et L.

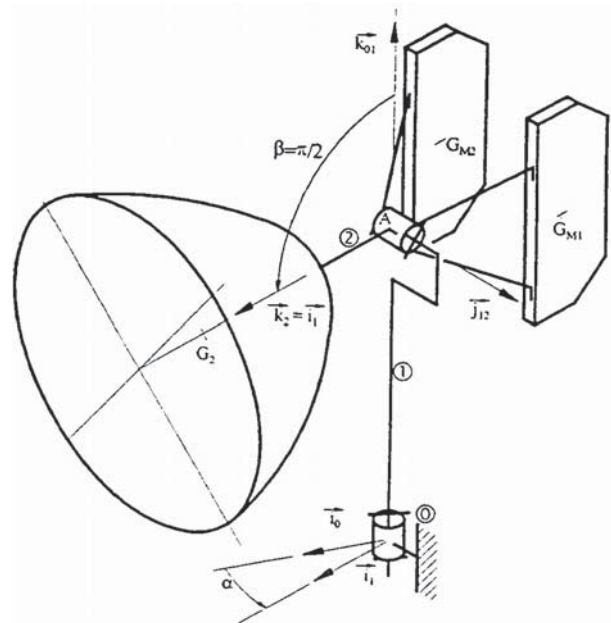


FIGURE 5 – modélisation cinétique

Q7. Exprimer dans la base B_1 , par ses éléments de réduction en A le torseur cinétique du solide 1 dans son mouvement par rapport à 0 : $\{\mathcal{C}_{1/0}\}$.

Q8. Exprimer dans la base B_1 , par ses éléments de réduction en A le torseur cinétique du solide 2 dans son mouvement par rapport à 0 : $\{\mathcal{C}_{2/0}\}$.

Q9. Exprimer dans la base B_1 , par ses éléments de réduction en A le torseur dynamique du système $\Sigma = \{1, 2\}$ dans son mouvement par rapport à 0 : $\{\mathcal{D}_{\Sigma/0}\}$

La motorisation de la liaison 1-0 permet d'exercer une action mécanique de 0 sur 1 réductible au torseur couple $\{\mathcal{A}_{0 \rightarrow 1}\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{0} \\ \vec{C}_{m_1} \cdot \vec{k}_{01} \end{array} \right\}_{VP}$ où C_{m_1} est le couple moteur de la liaison 1-0 exprimé en Nm.

Q10. Le repère lié à 0 étant considéré comme galiléen, exprimer en fonction de $\dot{\alpha}$, $\ddot{\alpha}$, a et g (accélération de la pesanteur au lieu considéré) et des caractéristiques d'inertie des solides 1 et 2 :

Q10a. les coordonnées du torseur des efforts transmis par la liaison 1-0;

Q10b. le couple C_{m_1} ;

Q11. Expliquer à quelles conditions, les coordonnées du torseur 0 1 sont indépendantes du temps, et quels avantages cela présente pour le fonctionnement du mécanisme.

Devoir 9 - Presse à vis - cinétique

adapté du concours E3A PSI- 2017

Corrigé page 31

Les presses à vis électriques sont des machines utilisées dans l'industrie pour forger, ou calibrer à chaud et / ou à froid l'acier, l'aluminium et autres métaux non ferreux ou matières fortement alliées.

L'ensemble matrice supérieure-matrice inférieure représente l'outillage, conçu et fabriqué sur mesure en fonction de la pièce à forger.

Nous nous intéresserons dans cette étude au modèle SPR400 de la société LASCO, installée sur la plateforme VULCAIN dédiée à la mise en forme des matériaux du campus des Arts et Métiers de Metz.

La presse à vis est principalement constituée de :

- Un moteur électrique (a) en entraînement direct avec la vis.
- Un frein à deux mâchoires (b) pouvant freiner la rotation de la vis.
- L'écrou de la vis solidaire du coulisseau (c). La matrice supérieure est solidaire du coulisseau.
- Un bâti (d). La matrice inférieure est solidaire du bâti.

et les données suivantes

- A = Course du coulisseau
- B = Largeur du coulisseau
- C = Profondeur du coulisseau
- D = Distance maximale table - coulisseau
- E = Longueur de guidage
- F = Largeur d'ouverture dans les jambages
- G = Hauteur totale

Le schéma cinématique de la presse est donné sur la figure 6. Le frein à deux mâchoires n'est pas représenté sur ce schéma.

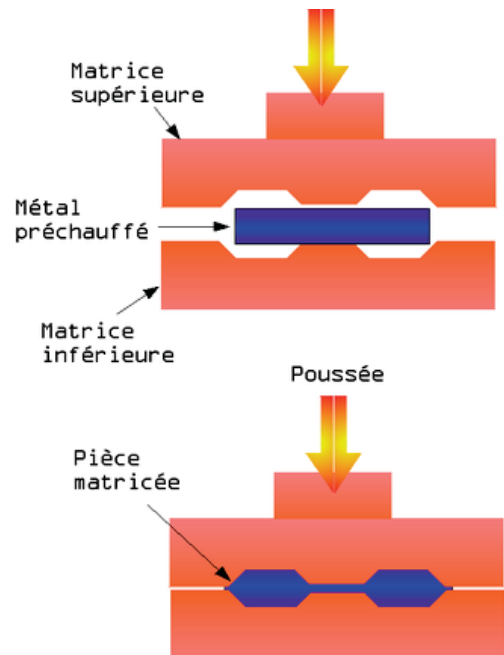
A. Vérification des données techniques de la presse SPR400

Objectifs :

- Vérifier l'énergie brute de la presse SPR400
- Comprendre pourquoi la structure de la presse permet d'obtenir une capacité à forger peu sensible aux changements d'outillage de forgeage.

Données :

- La vis est à 4 filets.
- Le pas axial p_x de la vis est égal à 40 mm/tr.
- La vitesse de rotation nominale de l'arbre moteur est $N_v = 266,25$ tr/min.



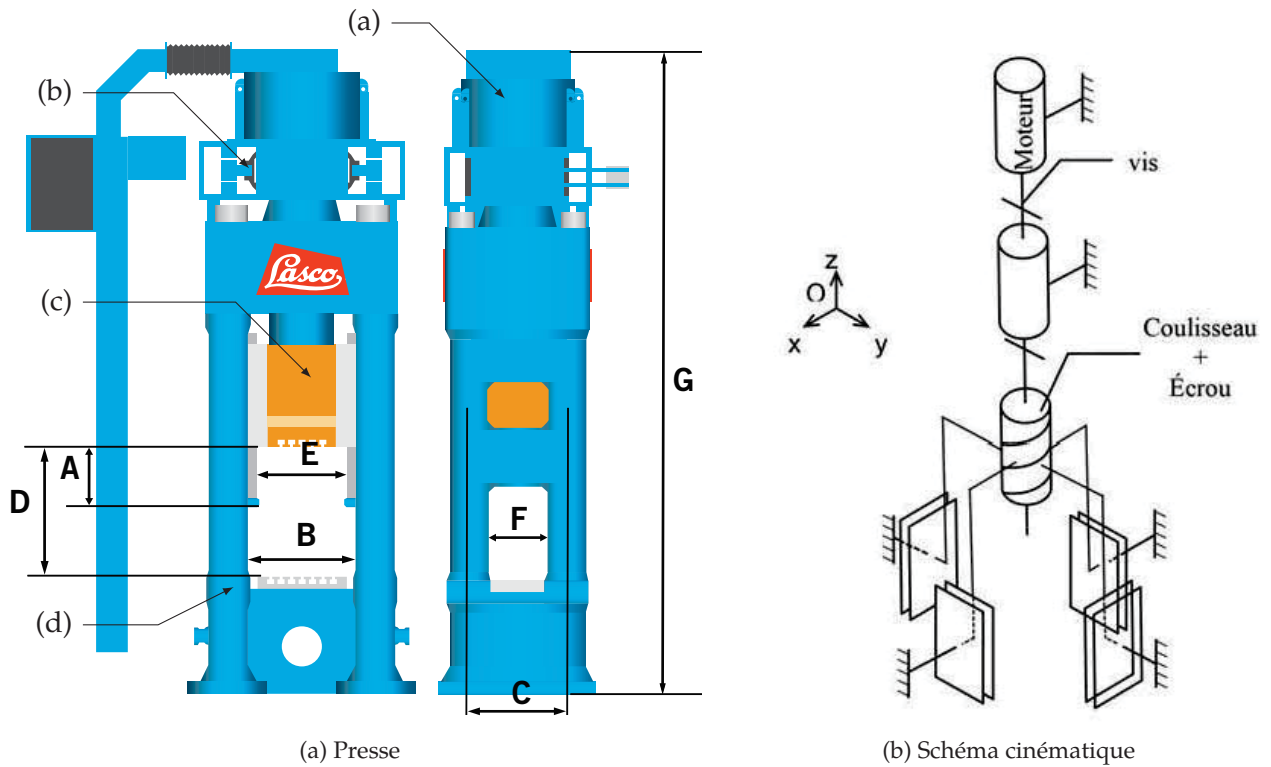


FIGURE 6 – Presse SPR400

— La masse de l'ensemble coulisseau coulisseau-écrou-matrice supérieure est $m_c = 1\,500\text{ kg}$.
La figure 7 rappelle quelques données sur les vis.

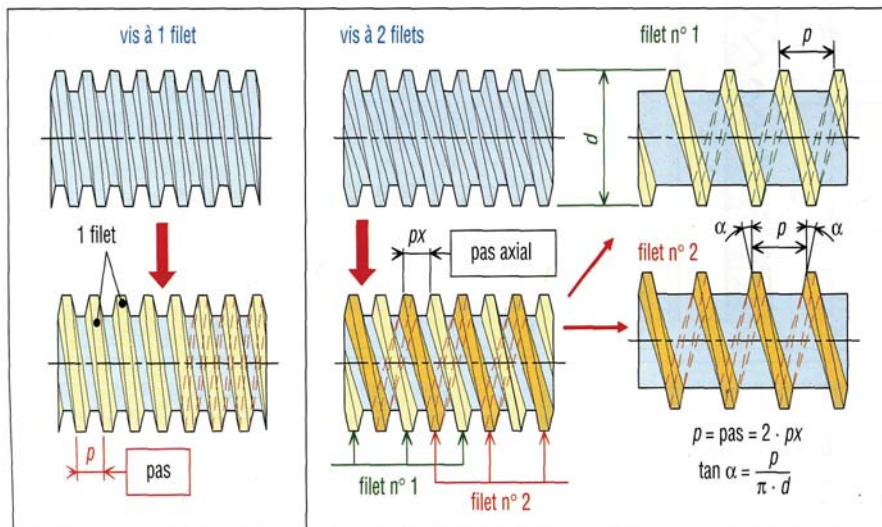


FIGURE 7 – Données sur les vis

Q1. Calculer le pas p de la vis.

Q2. Calculer la vitesse de translation V_c de l'ensemble coulisseau en fonction de N_c et p_x . Faire l'application numérique.

Q3. Calculer l'énergie cinétique $E_c(c)$ de l'ensemble coulisseau.

Les parties tournantes de la Presse SPR400 peuvent être modélisées par l'association : de la vis, du volant d'inertie et du rotor moteur (figure 8).

— vis :

— Acier de masse volumique $\rho_a = 7\,860\text{ kg m}^3$

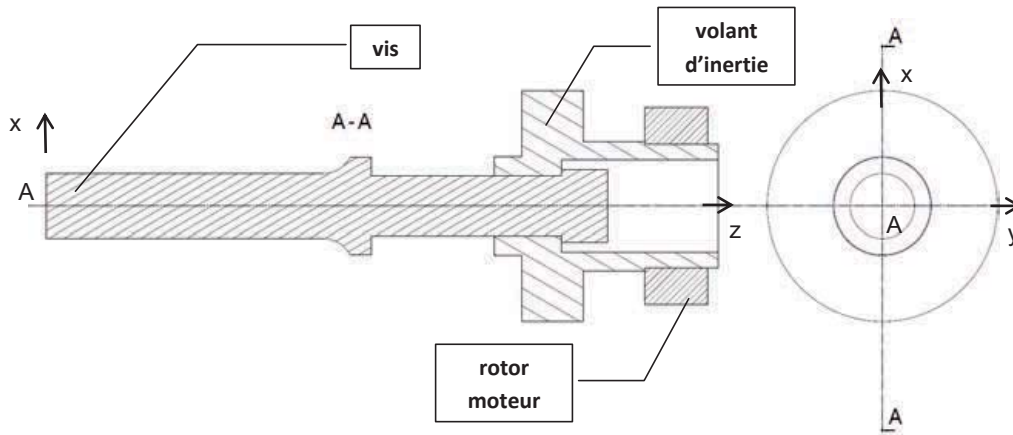


FIGURE 8 – Modélisation des parties tournantes

— masse $m_v = 515 \text{ kg}$

— matrice d'inertie en kgm^2 $\overline{\overline{\mathcal{I}_A(\text{vis})}} = \begin{pmatrix} A_v = 142,7 & 0 & 0 \\ 0 & B_v = 142,7 & 0 \\ 0 & 0 & C_v = 3,7 \end{pmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}^A$

— volant d'inertie :

— Acier de masse volumique $\rho_a = 7860 \text{ kg m}^3$

— masse $m_{vi} = 870 \text{ kg}$

— matrice d'inertie en kgm^2 $\overline{\overline{\mathcal{I}_A(\text{vis})}} = \begin{pmatrix} A_{vi} = 50,2 & 0 & 0 \\ 0 & B_{vi} = 50,2 & 0 \\ 0 & 0 & C_{vi} = 51,8 \end{pmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}^A$

— rotor-moteur

— Cuivre de masse volumique $\rho_a = 8900 \text{ kg m}^3$

— Diamètre extérieur : $D = 640 \text{ mm}$ Diamètre intérieur : $d = 40 \text{ mm}$, longueur : $L = 200 \text{ mm}$

— Pour un cylindre creux de masse m , de rayon extérieur R et de rayon intérieur r , le moment d'inertie porté par l'axe du cylindre et exprimé en un point de cet axe est de la forme $m \cdot \frac{R^2 + r^2}{2}$.

Q4a. Justifier pourquoi les produits d'inertie de la vis et du volant d'inertie sont nuls.

Q4b. Justifier pourquoi les moments d'inertie de la vis et du volant d'inertie sont égaux sur les axes \vec{x} et \vec{y} .

Q4c. Dans quelles bases les matrices d'inertie de la vis et du volant d'inertie restent-elles identiques ?

Q5. Calculer J_{rz} le moment d'inertie du rotor-moteur par rapport à l'axe. En déduire J_z le moment d'inertie de l'ensemble parties tournantes par rapport à l'axe (A, \vec{z}) .

Pour la suite du sujet, on considèrera que le moment d'inertie de l'ensemble parties tournantes par rapport à l'axe est $J_z = 80 \text{ kgm}^2$.

Q6. Calculer l'énergie cinétique $E_{c(\text{pt})}$ de l'ensemble parties tournantes. En déduire l'énergie cinétique totale des pièces en mouvements. Comparer votre résultat avec l'énergie brute annoncée dans le tableau des caractéristiques techniques de la série SPR en page 4.

Q7. Calculer l'inertie équivalente ramenée à l'arbre-moteur.

La capacité à forger de la presse dépend de son énergie brute.

Q8. Comparer, en pourcentage, l'influence des parties tournantes à celle du coulisseau dans la valeur de l'inertie équivalente. Pourquoi la capacité à forger de la presse est-elle peu sensible aux changements d'outillage de forgeage ?