

Proposition de corrigé

Concours : Banque PT

Année : 2024

Filière : PT

Épreuve : Sciences Industrielles C

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](https://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.

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

L'équipe UPSTI

RETALT1 : projet européen de lanceur orbital réutilisable

Corrigé UPSTI

I - Étude d'exigences d'une mission de lancement orbital

Objectif : Dans cette partie, nous étudions les bases théoriques et les besoins d'une mission de lancement de charges utiles en orbite. Dans un premier temps, nous nous intéressons à la condition de stabilité d'une orbite d'une masse ponctuelle m (charge utile), de hauteur h par rapport à la surface de la Terre. Le **Document Ressource 2** fournit une description du système Terre / charge utile (satellite artificiel, par exemple), et des informations utiles pour la suite. Les paramètres du mouvement stable étudié sont : la norme de la vitesse V (considérée constante) de la charge utile arrivée sur son orbite et la hauteur h de l'orbite (considérée circulaire autour de la surface de la Terre). Nous considérons ici un champ gravitationnel uniforme et constant, auquel on peut associer un potentiel de la pesanteur.

Question 1 I.1 : Dédurre l'expression de la vitesse nécessaire V en fonction de la hauteur h d'une orbite circulaire stable. Calculer cette vitesse pour une charge utile m à placer sur une orbite de hauteur $h = 1700$ km.

On isole la charge utile + TRD en projection sur x_1^- :

$$\bar{R}(g \rightarrow m) \cdot \bar{x}_1^- = m \cdot \bar{a}(G, m/R_g) \cdot x_1^- \Rightarrow -\frac{m \cdot M_T \cdot G}{(R+h)^2} = -m \cdot \frac{V^2}{R+h} \text{ d'où } V = \left(\frac{M_T \cdot G}{R+h} \right)^{1/2}$$

$$\text{A.N. : } V = \left(\frac{6 \cdot 10^{24} \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 10^{-3}}{6300 + 1700} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{3 \times 50}{3} \cdot 10^7 \right)^{\frac{1}{2}} = 7000 m \cdot s^{-1}$$

Question 2 I.2 : Donner l'expression et la valeur numérique de l'énergie mécanique totale (énergie potentielle + énergie cinétique) qu'une masse $m = 10$ t doit gagner pour être placée sur une orbite de hauteur $h = 1700$ km.

$$E_c \left(S/R_g \right) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$\text{et } E_p \left(S/R_g \right) = \int_0^h F(x) \cdot dx = \int_0^h \frac{m \cdot M_T \cdot G}{(R+x)^2} \cdot dx = m \cdot M_T \cdot G \cdot \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h} \right) = m \cdot M_T \cdot G \cdot \frac{h}{R \cdot (R+h)}$$

$$\text{Soit : } E_t \left(S/R_g \right) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 + m \cdot M_T \cdot G \cdot \frac{h}{R \cdot (R+h)}$$

$$\text{A.N. : } E_t \left(S/R_g \right) = \frac{10^4}{2} \times 7^2 \cdot 10^6 + 10^4 \times 6 \cdot 10^{24} \times \frac{20}{3} \cdot 10^{-11} \times \frac{17}{63 \times 8 \cdot 10^6} = 25 \cdot 10^{10} + 6 \times 2 \cdot 10^{10} = 3,7 \cdot 10^{11} \text{ J}$$

Question 3 1.3 : En supposant que 60% de l'énergie dégagée par le propergol est réellement convertie en énergie mécanique, calculer la masse totale de propergol nécessaire pour produire l'énergie calculée à la question 1.2. Comparer le résultat avec les caractéristiques de la fusée (Document Ressource 1) et expliquer la différence en critiquant le raisonnement proposé.

$$\text{Masse propergol : } M_p = \frac{E_t}{0,6 \cdot E_s} = \frac{3,7 \cdot 10^{11}}{0,6 \times 7 \cdot 10^6} = \frac{37 \times 10^5}{4} = 9 \cdot 10^5 \text{ kg} = 90 \text{ t pour envoyer } 10 \text{ t.}$$

La masse du 2^{ème} étage, de la réserve et de la charge est : $M_f = 17 + 60 + 14 = 91 \text{ t}$. Avec le calcul précédent il faudrait $91 \times 9 = 900 \text{ t}$ de propergol > aux 758 t nécessaires malgré le fait que l'on n'ait pas pris en compte le propergol nécessaire à la propulsion (consommé progressivement) ni le 1^{er} étage ni l'action de l'air.

Le fait de considérer le référentiel terrestre comme galiléen n'est pas satisfaisant ici.

Question 4 1.4 : (Équation de Moore-Tsiolkovski-Oberth) En utilisant les considérations du Document Ressource 3, prouver que : $M \cdot \Delta \vec{V} = \vec{V}_E \cdot \Delta M$

$$\text{Pas de variation de la quantité de mouvement : } -\Delta M \cdot (\vec{V} + \Delta \vec{V} + \vec{V}_E) + (M + \Delta M) \cdot (\vec{V} + \Delta \vec{V}) = \vec{0}$$

$$\Rightarrow -\Delta M \cdot \vec{V}_E + M \cdot \Delta \vec{V} = \vec{0}$$

$$\Rightarrow M \cdot \Delta \vec{V} = \Delta M \cdot \vec{V}_E$$

Question 5 1.5 : Partant la relation proposée à la question 1.4, des notations et considérations présentées dans le sujet ainsi que des aide-mémoires et graphiques des Documents Ressources 4 et 5, prouver que : $\Delta V = V_f - V_i = -V_E \cdot \ln\left(\frac{M_i}{M_f}\right)$

$$\text{En projection sur la direction de déplacement : } \Delta V = \frac{\Delta M}{M} \cdot V_E \Rightarrow V_f - V_i = \Delta \ln(M) \cdot V_E$$

$$\text{et } \Delta \ln(M) = \ln(M_f) - \ln(M_i) = -\ln\left(\frac{M_i}{M_f}\right)$$

$$\text{Finalement : } \Delta V = V_f - V_i = -V_E \cdot \ln\left(\frac{M_i}{M_f}\right)$$

Question 6 1.6 : Partant des relations proposées précédemment, donner les expressions des vitesses finales de la charge utile (à l'épuisement de la totalité de propergol), pour les deux configurations A et B présentées dans le sujet.

$$\text{Configuration A : } V_f = -V_E \cdot \ln\left(\frac{M_i}{M_i - M_p}\right)$$

$$\text{Configuration B : } V_{f1} = -V_E \cdot \ln\left(\frac{M_{i1}}{M_{i1} - M_{p1}}\right) \text{ et } V_f = V_{f1} - V_E \cdot \ln\left(\frac{M_{i2}}{M_{i2} - M_{p2}}\right)$$

$$\text{Soit : } V_f = -V_E \cdot \ln\left(\frac{M_{i1} M_{i2}}{(M_{i1} - M_{p1})(M_{i2} - M_{p2})}\right)$$

Question 7 I.7 : Partant des relations déduites à la question précédente, donner une évaluation numérique de la vitesse finale de la charge utile dans les deux configurations A et B. À partir des résultats obtenus, justifier l'intérêt des fusées à deux étages par rapport aux fusées à un seul étage.

Configuration A :

$$V_f = 4000 \times \ln\left(\frac{899}{899-818}\right) = 4000 \times (\ln(90) - \ln(8)) = 4000 \times (\ln(9) + \ln(5) - \ln(4)) = 9600 \text{ m.s}^{-1}$$

Configuration B :

$$V_f = 4000 \cdot \ln\left(\frac{680 \times 219}{50 \times 30}\right) = 4000 \times \ln(4,4^2 \times 5) = 4000 \times (2 \ln(4,4) + \ln(5)) = 18400 \text{ m.s}^{-1}$$

Les fusées à 2 étages sont 2 fois plus efficaces.

II - Étude de la descente à contrôle aérodynamique et du mécanisme d'orientation des ailettes

Objectif : Une fusée conventionnelle à deux étages présente l'inconvénient de la perte du premier étage (système complexe et très coûteux, comportant réservoirs, moteurs, etc.). Il est souvent trop lourd pour l'utilisation des parachutes, raison pour laquelle ont été développées des technologies capables de ramener cet étage par un contrôle efficace de la rentrée dans l'atmosphère et par un vol descendant maîtrisé. Lors du retour sur Terre de l'étage principal, après le deuxième retournement de la fusée, en préparation de l'entrée dans l'atmosphère, les ailettes du système de contrôle aérodynamique sont déployées lors de la phase 5 du **Document Ressource 1** (phase détaillée dans le **Document Ressource 6**). Les moteurs de la fusée freinent ensuite par rétropropulsion lors de la phase 6 du **Document Ressource 1**.

Question 8 II.1 : Expliquer en proposant aux moins deux arguments pourquoi les phases 5 et 6 du **Document Ressource 1** se déroulent avant l'entrée dans l'atmosphère.

Phase 5 : les ailettes sont déployées avant l'entrée dans l'atmosphère pour s'affranchir des actions mécaniques que peut provoquer l'air.

Phase 6 : il est préférable de freiner la chute avant l'entrée dans l'atmosphère pour limiter l'échauffement par frottement avec l'air.

Question 9 II.2 : Quelles sont les positions angulaires α_1 , α_2 , α_3 et α_4 des ailettes permettant de générer un freinage maximum ? Compléter le tableau suivant et expliquer votre raisonnement.

α_1	α_2	α_3	α_4
20°	-20°	20°	-20°

Il faut incliner les ailettes au maximum et en opposition 2 à 2 pour ne pas générer de moment suivant $(C_G, \vec{z})$

Question 10 II.3 : Donner l'expression analytique de l'effort normal F_N s'exerçant sur une ailette pour les deux cas décrits (descente subsonique et descente supersonique). Faire l'application numérique.

TRD appliqué à la fusée en projection sur $\vec{z}$: $-G + F_T + 4 \cdot (F_A \cdot \cos(\alpha) + F_N \cdot \sin(\alpha)) = M_F \cdot \vec{a}(C_G, f/R_g) \cdot \vec{z} = 0$

avec $G = M_F \cdot g$ (figure 3) car $h \ll R$

(ne pas confondre avec G de la loi de gravitation du document ressource 2).

$$F_N = \frac{G - F_T}{4 \cdot (k \cdot \cos(\alpha) + \sin(\alpha))} \text{ avec } F_A = k \cdot F_N$$

$$\text{Descente subsonique : } F_N = \frac{700 - 150}{4 \cdot (0,45 \times 0,94 + 0,34)} = \frac{550}{3} = 180 \text{ kN}$$

$$\text{Descente supersonique : } F_N = \frac{950 - 10}{4 \cdot (0,35 \times 0,94 + 0,34)} = \frac{940}{3} = 310 \text{ kN}$$

Question 11 II.4 : Justifier le choix des deux types d'actionneurs pour mettre en mouvement l'axe 2 dans les deux phases distinctes que sont la phase de déploiement et la phase d'utilisation (phase 5 et respectivement phase 7 du Document Ressource 1).

En phase 5 les actions mécaniques sont très faibles. Un petit actionneur avec chaîne de puissance réversible et une vitesse élevée du mouvement est adapté.

En phase 7 les actions mécaniques sont très fortes. D'où un actionneur plus important en force mais une petite vitesse.

Question 12 II.5 : Déterminer le degré d'hyperstatisme du système en ne considérant qu'un vérin, comme représenté sur le schéma cinématique équivalent (Figure 4 du Document Ressource 9).

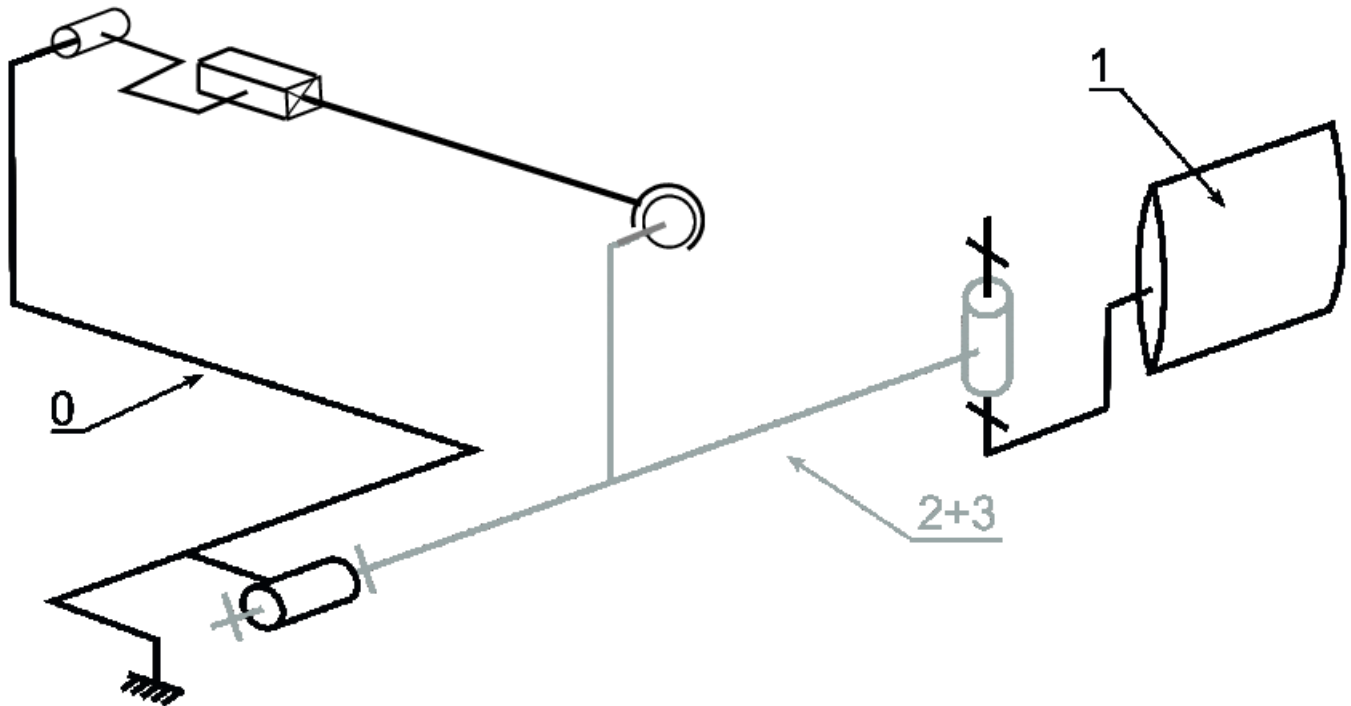
$I_c = 4 \times 1$ degrés de liberté et $E_c = 6$ équations de cinématique (boucle 0-2+3-6-5)

$m_c = 1$ mobilité (le mouvement de 6/5 entraîne la rotation de 2+3/0).

$r_c = I_c - m_c = 3$ équations linéairement indépendantes.

Soit $h = E_c - r_c = 6 - 3 = 3$ degrés de surabondance ou degré d'hyperstatisme.

Question 13 II.6 : Compléter le schéma cinématique suivant afin de rendre le système isostatique. Justifier votre proposition.



Pour un vérin électrique la glissière est nécessaire. Il faut 3 degrés de liberté en plus si $m_c = 1$:

Pivot -> rotule

Pivot -> pivot glissant

$I_c = 7, m_c = 1$ et $r_c = 6$ soit $h = E_c - m_c = 0$

La pivot 0/2 est conservée pour garder une bonne rigidité.

Question 14 II.7 : En considérant que le système est maintenant isostatique, expliquer si le fait d'utiliser deux systèmes identiques (les vérins) en parallèle rend le système hyperstatique.

Dans ce cas on a deux chaînes cinématiques identiques et isostatiques en parallèle partageant une liaison pivot et ayant la même mobilité.

$I_c = 2 \times 7 - 1 = 13, E_c = 2 \times 6 = 12$ et $m_c = 1$ soit $h = E_c - r_c = 12 - 13 + 1 = 0$

Question 15 II.8 : À partir du Document Ressource 11, déterminer dans le repère de l'aillette l'expression de la position sur la corde de l'axe de rotation 2 (longueur d_2) afin de minimiser le couple C_v que les deux vérins doivent générer. Faire l'application numérique.

$$C_v = P_2 P_{super} \cdot F_{super} = P_2 P_{sub} \cdot F_{sub}$$

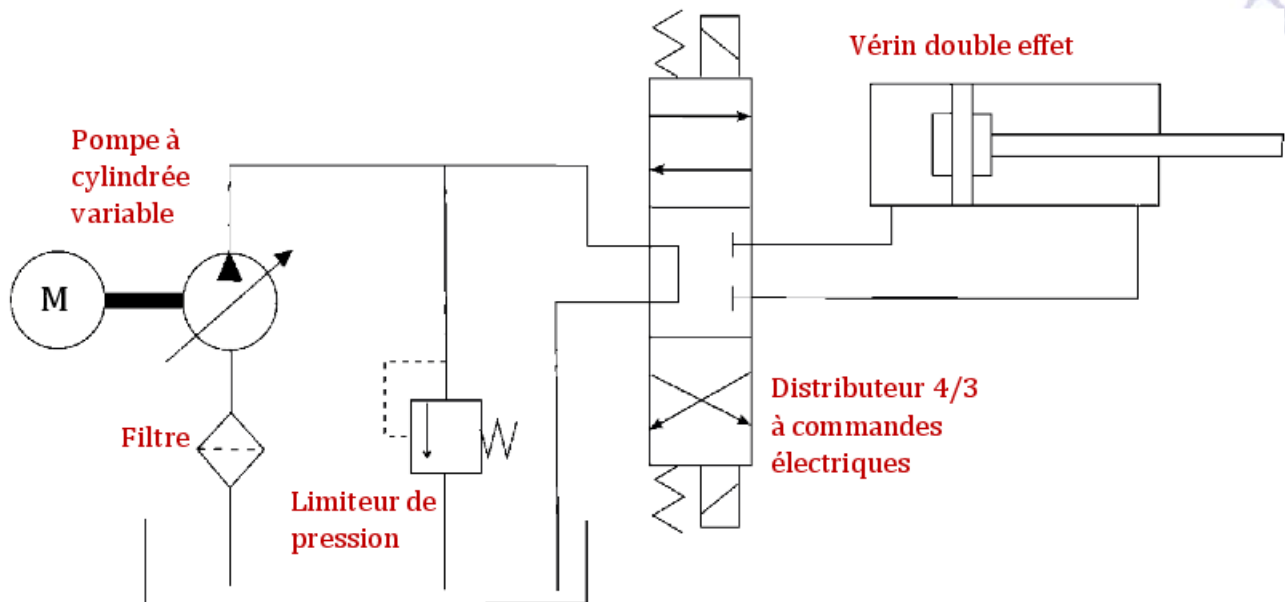
Avec : $P_2 P_{super} = d_2 - OP_{super} = d_2 - 0,1L_c$ et $P_2 P_{sub} = OP_{sup} - d_2 = 0,3L_c - d_2$

Finalement : $d_2 = \frac{0,3F_{sub} + 0,1F_{super}}{F_{sub} + F_{super}} \cdot L_c = \frac{3 \times 18 + 35}{530} \times 3 = \frac{89 \times 3}{530} \approx 0,5m$

Question 16 II.9 : Donner l'expression du couple maximal C_v . Faire l'application numérique.

$$C_v = (d_2 - 0,1.L_c)F_{super} = (0,5 - 0,3) \times 350 = 70Nm$$

Question 17 II.10 : Analyser le schéma hydraulique, puis compléter le tableau ci-dessous :



Rôle de la pompe hydraulique à cylindrée variable : Convertir l'énergie mécanique de rotation en énergie hydraulique ($C_m \cdot \omega_m = Q \cdot \Delta P$ si rendement unitaire)		Signification du terme « cylindrée variable » : C'est le volume d'huile déplacé quand le rotor fait un tour ($Q = \frac{C}{2\pi} \omega_m$). La cylindrée C étant variable, elle peut être modifiée de manière à régler le débit quand $\omega_m = cste$.
Rôle du distributeur : Connecter les chambres du vérin au circuit hydraulique en fonction des signaux électriques de commande.		Analyse du choix d'un distributeur 4/3 : Ce distributeur à trois positions dont une au repos à centre fermé de manière à bloquer le vérin en position en l'absence de commande. Il a quatre orifices : haute pression, basse pression et deux raccordés aux chambres du vérin.
Rôle du limiteur de pression : Limiter la pression maximale en sortie de pompe hydraulique (évite les surpressions)		

Question 18 II.11 : En tenant compte de l'hypothèse explicitée dans le sujet, donner en justifiant le composant hydraulique qu'il est nécessaire d'ajouter pour assurer le fonctionnement correct du circuit hydraulique.

Il faut rajouter un accumulateur hydraulique qui va alimenter le circuit hydraulique en fonction du volume nécessaire (déplacement du piston...). Il sera placé en sortie de pompe.

III - Industrialisation de composants du mécanisme d'orientation des ailettes

Objectif : Nous nous intéressons maintenant à la réalisation de certaines pièces qui entrent dans la constitution du mécanisme d'orientation des ailettes, notamment l'ensemble « moyeu central » et l'« arbre de transmission de l'axe 2 » (voir **Document Ressource 10**).

Le **Document Ressource 12** présente partiellement la constitution de l'ensemble appelé « moyeu central », ainsi que les formes et gabarits des composants. Dans la configuration présentée cet ensemble est obtenu par assemblage de composants fabriqués individuellement. Après une analyse multi-critérielle, nous souhaitons étudier la réalisation de la pièce « 2 - pièce de liaison » séparément, en respectant les fonctions et les formes associées, déduites du **Document Ressource 10** et du **Document Ressource 12**.

Question 19 III.1 : Indiquer deux critères déterminants pour le choix d'un matériau compte tenu des particularités du système étudié dans ce sujet.

Densité (nécessité de diminuer la masse pour une fusée)

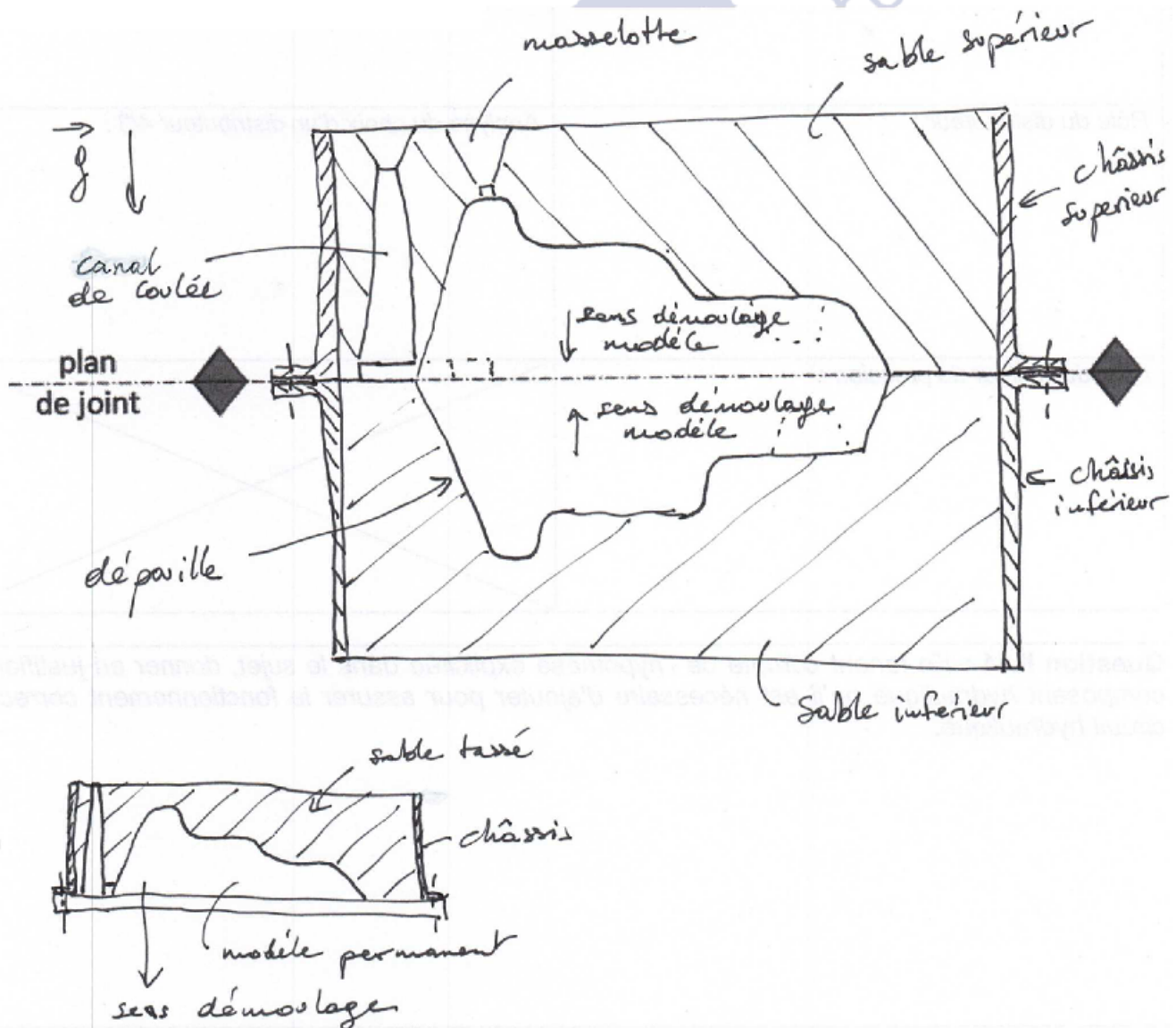
Limite élastique (actions mécaniques élevées)

Question 20 III.2 : Indiquer trois propriétés physiques et/ou aptitudes technologiques que le matériau doit satisfaire pour une réalisation du brut de cette pièce par un procédé de fonderie. Proposer un matériau adéquat, en intégrant également les critères proposés en réponse à la question III.1.

Température de fusion basse, fluidité à l'état liquide et moulabilité.

Matériau possible : alliage d'aluminium.

Question 21 III.3 : Réaliser un croquis à main levée qui complète la figure dans le cahier réponse. Ce croquis doit contenir et indiquer (texte explicatif avec flèches), les éléments précisés dans le sujet.



Question 22 III.4 : Donner en complétant le tableau ci-dessous trois défauts typiques des pièces obtenues par moulage en sable, les phénomènes physiques responsables et les règles ou moyens utiles pour les éviter.

Défaut typique	Phénomène physique responsable	Règles ou moyens utiles pour l'éviter
Retassure	Retrait lors de la solidification	Épaisseurs variant doucement pour orienter le refroidissement vers l'extérieur. Pas de zone massive ou ajout de refroidisseur.
Crique	Retrait à l'état solide	Congés et arrondis assez grand.
Remplissage incomplet	Conduction thermique du moule	Épaisseur minimale en fonction du matériau et du procédé. (Rapport Volume/Surface assez grand).

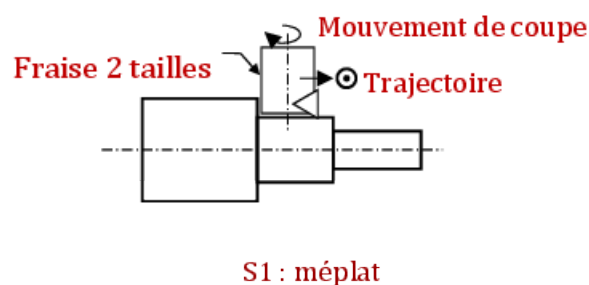
Question 23 III.5 : Donner l'avantage principal du procédé de moulage à modèle perdu par rapport au moulage en sable avec modèle permanent.

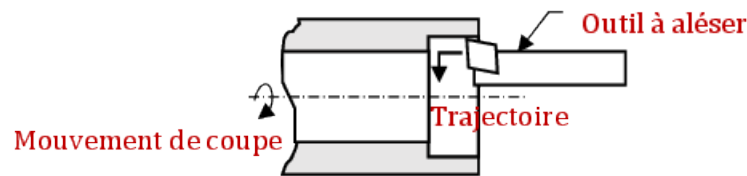
Précision des pièces obtenues (exemple : cire perdue)

Question 24 III.6 : Citer et décrire deux procédés d'obtention de brut capables de produire une pièce monobloc pour l'ensemble « moyeu central » présenté dans le Document Ressource 12. Préciser les avantages et inconvénients de ces procédés d'un point de vue technico-économique

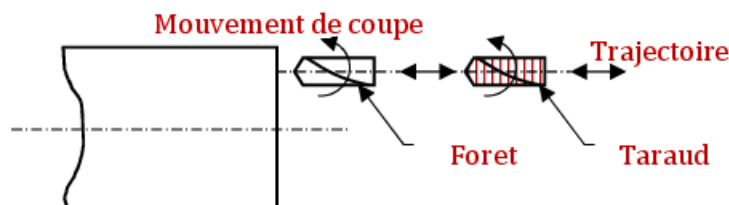
Procédé	Avantage	Inconvénient
Mécano-soudage	Coût outillage faible	Petite série
Moulage à modèle perdu	Pièce très complexe possible	Mise en œuvre nécessitant de nombreux équipements.

Question 25 III.7 : Illustrer au moyen de trois schémas les trois opérations d'usinage des surfaces élémentaires S1 : méplat, S2 : alésage intérieur et S3 : 8 trous taraudés. Vous représenterez les outils correctement orientés par rapport à la surface usinée ainsi que le nom et la trajectoire de chacun des outils pour réaliser l'entité.





S2 : alésage intérieur



S3 : 8 trous taraudés

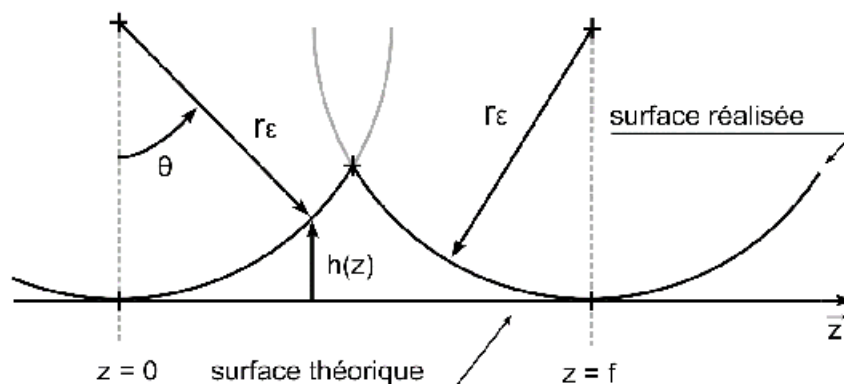
Question 26 III.8 : Préciser de quel(s) outillage(s) spécifique(s) doit-on disposer sur la machine-outil imposée dans le sujet, de manière à pouvoir réaliser convenablement les surfaces S1, S2 et S3.

Porte outil tournant pour S₁ et S₃.

Question 27 III.9 : Donner l'expression de l'avance par tour notée f en fonction des paramètres précisés précédemment. Effectuer ensuite l'application numérique.

$$V_f = f \cdot N \text{ et } V_c = \pi \cdot D \cdot N \text{ soit } f = \frac{V_f \cdot \pi \cdot D}{V_c} = \frac{18 \times \pi \times 220}{1000 \times 60} = 0,22 \text{ mm/tr}$$

Question 28 III.10 : En utilisant la figure ci-dessous, donner l'expression de h (la hauteur entre la surface théorique et la surface réalisée) en fonction de z . Nous nous intéressons seulement à z variant entre 0 et $f/2$.



$$h = r_\epsilon - r_\epsilon \cdot \cos(\theta) \text{ et } z = r_\epsilon \cdot \sin(\theta)$$

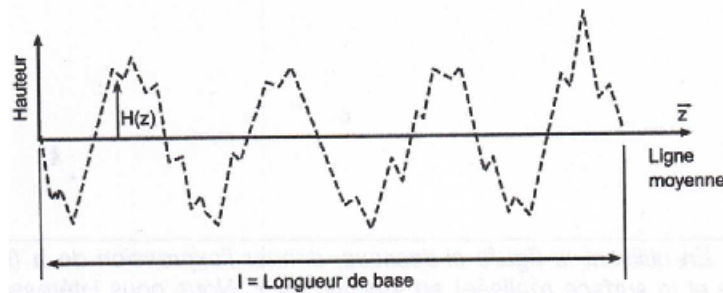
$$\text{Soit } h = r_\epsilon - \sqrt{r_\epsilon^2 - z^2}$$

Question 29 III.11 : Donner ensuite l'expression de R_z , hauteur entre le pic le plus élevé et le creux le plus bas. Faire l'application numérique. Préciser quels sont les paramètres que nous pouvons modifier pour diminuer le R_z .

$$R_z = r_\epsilon - \sqrt{r_\epsilon^2 - \frac{f^2}{4}} = r_\epsilon \left(1 - \left(1 - \frac{f^2}{4r_\epsilon^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \approx \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon} = \frac{0,22^2}{8 \times 0,2} \approx 0,03 \text{ mm}$$

R_z peut être diminué en diminuant f ou en augmentant r_ϵ

Question 30 III.12 : En utilisant la figure ci-dessous, donner l'expression mathématique de R_a en fonction des paramètres de la figure.



$$R_a = \frac{1}{L} \cdot \int_0^L |H(z)| dz \text{ (hors programme !)}$$

Aurait pu être donnée pour une question de calcul numérique (Python)

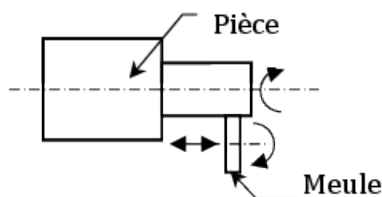
Question 31 III.13 : Conclure au regard des spécifications du dessin de définition de l'arbre de transmission de l'axe 2 (Document Ressource 13).

$R_a = 7 \mu\text{m} > 0,4 \mu\text{m}$ attendus.

La spécification de rugosité n'est pas respectée.

Question 32 III.14 : Donner un autre procédé que le tournage permettant d'obtenir la rugosité souhaitée. Décrire ce procédé.

Il faut réaliser une rectification des zones où la rugosité doit être faible.



Une meule vient enlever une fine couche de matière par abrasion.

Question 33 III.15 : Donner un procédé de traitement thermique ou thermochimique permettant d'améliorer la dureté superficielle de l'arbre de transmission de l'axe 2 au niveau des portées de roulement. Expliquer le phénomène utilisé et le déroulement de ce procédé.

En supposant que l'acier a environ 0,4% de carbone, on peut faire une trempe superficielle (suivi d'un revenu).

La pièce est chauffée en surface (induction haute fréquence...) à une température de changement de structure cristallographique et ensuite refroidie rapidement par un bain d'eau ou d'huile suivant les vitesses nécessaires pour obtenir la structure souhaitée.

Question 34 III.16 : Expliciter les spécifications géométriques à l'aide des « fiches GPS » des pages suivantes.

Voir tableaux.

Question 35 III.17 : En vous aidant des Documents Ressources 10, 13 et 14, préciser le besoin fonctionnel de chacune des spécifications précédentes.

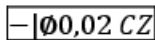
$\perp \mid 0,1 \mid A$ Montage du chapeau supérieur par appui plan (B) – centrage court (A). B devrait servir de référence.

$- \mid \emptyset 0,02 \mid CZ$ Permet d'assurer une coaxialité suffisante pour les roulements réalisant le guidage en rotation.

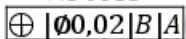
$\oplus \mid 0,02 \mid B \mid A$ Permet d'assurer le montage des vis de l'assemblage du chapeau supérieur par appui plan (SB) et centrage court (SA) et du support d'axe 1 en appui sur le chapeau supérieur.

TOLÉRANCEMENT NORMALISÉ		Analyse d'une spécification par zone de tolérance	
Type de spécification		Élément(s) non idéal(aux) extrait(s) du « Skin modèle »	
Forme	Orientation	Elément(s) tolérancé(s)*	Elément(s) de référence*
Position	Battement		
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance		Unique Groupe	Unique Multiples
Schéma Extrait du dessin de définition $\perp \mid 0,1 \mid A$		Surface nominalement plane	Surface nominalement cylindrique SA.
Éléments idéaux			
Référence spécifiée(s)*		Zone de tolérance*	
Simple	Commune	Simple	Contraintes
Système		Composée	Orientation Position Par rapport à la référence spécifiée
Droite A : axe du cylindre associé à SA avec le critère « minimiser la distance maxi »		2 plans distants de 0,1mm	Perpendiculaire à A Méthode de calcul : Soit Pi le plan idéal minimisant la distance d avec l'élément tolérancé. La spécification est valide si $d \leq 0,05\text{mm}$

* Rayer la (les) mention(s) inutile(s)

TOLÉRANCEMENT NORMALISÉ		Analyse d'une spécification par zone de tolérance		
Type de spécification Forme Orientation Position Battement		Élément(s) non idéal(aux) extrait(s) du « Skin modèle »		
		Élément(s) tolérancé(s)*	Élément(s) de référence*	
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance		Unique Groupe	Unique Multiples	
Schéma Extrait du dessin de définition 		2 axes dérivés de 2 surfaces nominalement cylindriques		
Éléments idéaux				
Référence spécifiée(s)*	Zone de tolérance*			
Simple Commune Système	Simple Composée	Contraintes Orientation Position Par rapport à la référence spécifiée		
	Cylindre de Ø0,02mm	Aucune		
		Méthode de calcul : Soit Di la droite idéale minimisant la distance d avec les éléments tolérancés. La spécification est valide si $d \leq 0,01\text{mm}$		

* Rayer la (les) mention(s) inutile(s)

TOLÉRANCEMENT NORMALISÉ		Analyse d'une spécification par zone de tolérance	
Type de spécification		Élément(s) non idéal(aux) extrait(s) du « Skin modèle »	
Forme	Orientation	Elément(s) tolérancé(s)*	Elément(s) de référence*
Position	Battement		
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance		Unique Groupe	Unique Multiples
Schéma Extrait du dessin de définition ×8 M15 		8 axes dérivés de 8 surfaces nominalement cylindriques	Surface nominalement cylindrique SA Surface nominalement plane SB
Éléments idéaux			
Référence spécifiée(s)*		Zone de tolérance*	
Simple Commune Système		Simple Composée	Contraintes Orientation Position Par rapport à la référence spécifiée
Plan B associé à SB avec le critère « minimiser la distance maxi » Droite A perpendiculaire à B et associée à SA avec le critère « minimiser la distance maxi »		8 cylindres de Ø0,02mm	D'axes perpendiculaires à B et coïncidents à un cercle de Ø180mm de centre A∩B et repartis angulairement tous les 45°. Soit Di les droites idéales minimisant la distance d avec les éléments tolérancés. La spécification est valide si $d \leq 0,01\text{mm}$

* Rayer la (les) mention(s) inutile(s)

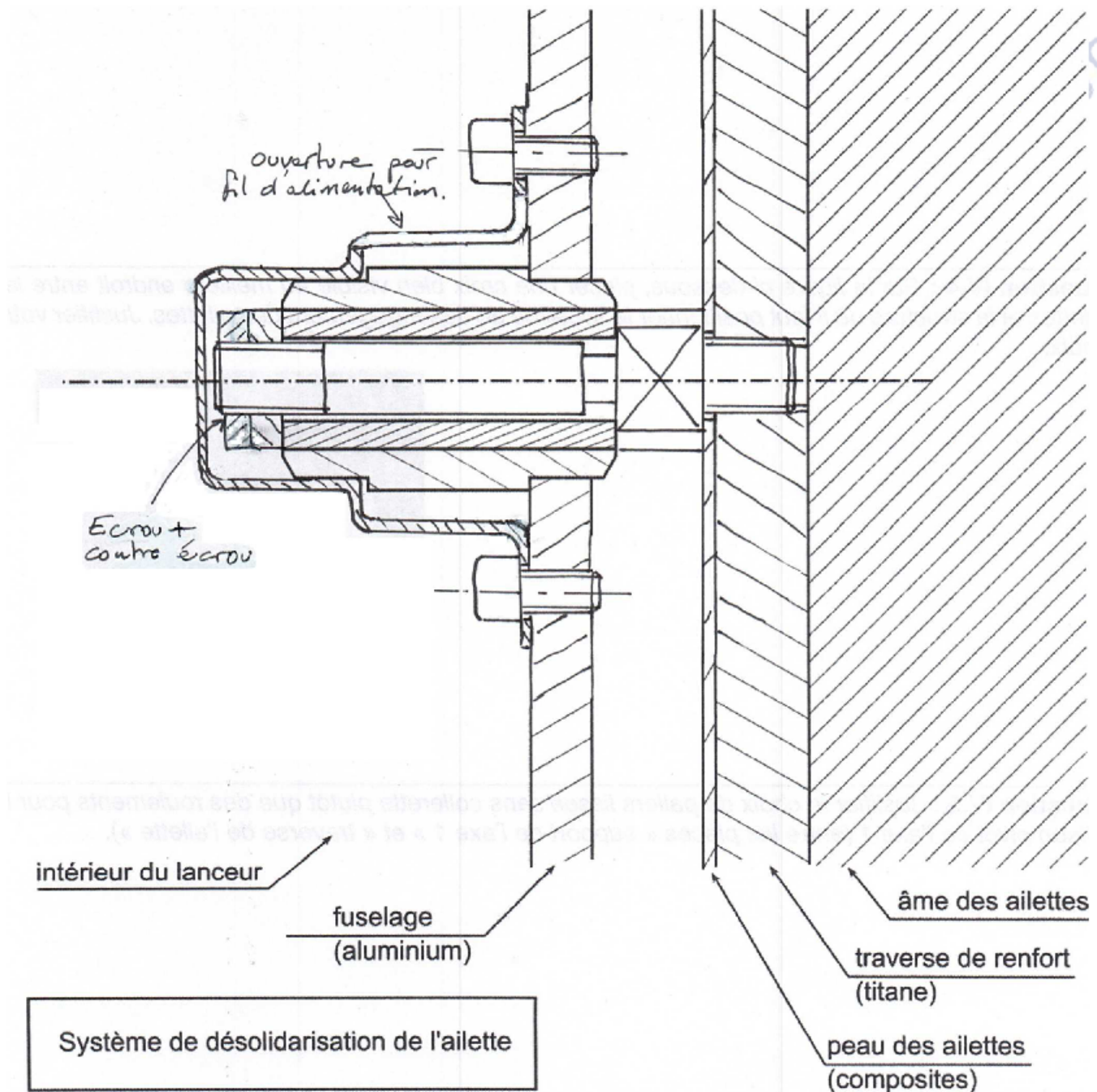
IV - Conception

Objectif : Dans cette partie, nous nous intéressons à la conception des systèmes permettant de réaliser les étapes 1 à 3 du mécanisme de déploiement des ailettes (Document Ressource 6).

Nous analysons d'abord le système permettant de réaliser l'étape 1. Pour cela, nous utilisons le dispositif Frangibolt (famille FC8) présenté dans le Document Ressource 15. Ce dispositif permet dans un premier temps de maintenir l'ailette solidaire de la structure du lanceur pendant la phase de lancement. Lors de cette phase, les ailettes sont repliées, mais subissent des efforts dus aux forces de frottement de l'air qui tendent à les déployer. Dans un second temps, lors de la phase de retour, le dispositif Frangibolt permet de désolidariser l'ailette du lanceur. Le dispositif Frangibolt est partiellement représenté dans le cahier réponse par deux pièces : le corps chauffant et le cylindre en alliage à mémoire de forme.



Question 36 IV.1 : En vous aidant du Document Ressource 15, compléter le dessin proposé ci-dessous avec une solution constructive qui permet de désolidariser l'ailette de la structure. La solution doit respecter les contraintes spécifiées dans le sujet.



Question 37 IV.2 : Quel type de sollicitation conduit à la rupture du goujon ?

Sollicitation de traction.

Question 38 IV.3 : En vous aidant du Document Ressource 15 et des données du sujet, donner l'expression analytique de la limite supérieure du diamètre du goujon au niveau de la restriction de section. Faire l'application numérique.

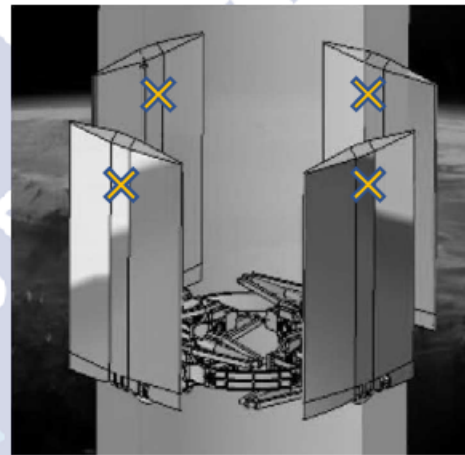
$$\sigma = \frac{N}{S} \geq R_m \cdot k \text{ avec } S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \text{ pour assurer la rupture}$$

$$\text{Soit } \frac{4N}{\pi \cdot d^2} \geq R_m \cdot k \text{ d'où } d \leq \left(\frac{4 \cdot N}{\pi \cdot R_m \cdot k} \right)^{\frac{1}{2}}. \text{ A.N.: } d \leq 2 \times \left(\frac{42 \cdot 10^3}{\pi \times 600 \times 1,5} \right)^{\frac{1}{2}} = 2 \times \left(\frac{70}{\pi \times 1,5} \right)^{\frac{1}{2}} = 2 \times 14^{\frac{1}{2}} = 7 \text{ mm}$$

Rmq : la variation brusque de section droite entraîne des concentrations de contrainte.

Question 39 IV.4 : Sur la figure ci-dessous, placer une croix bien visible au meilleur endroit entre les ailettes et la structure où il faut positionner le système de désengagement des ailettes. Justifier votre choix.

Pour limiter l'effet de levier il est préférable de placer le système de désengagement à l'extrémité des ailettes (le plus loin possible de la liaison pivot 1-2).



Question 40 IV.5 : Justifier le choix de paliers lisses sans collerette plutôt que des roulements pour la liaison pivot de l'axe 1 (entre les pièces « support de l'axe 1 » et « traverse de l'ailette »).

La vitesse de rotation est peu élevée et le débattement est limité. De plus le nombre de manœuvres est faible. L'utilisation de paliers lisses est donc bien adapté.

Question 41 IV.6 : Citer deux matériaux usuels pour réaliser ce type de palier. Décrire les critères de dimensionnement de ces paliers lisses.

Téflon (PTFE) ou bronze.

Critères de dimensionnement :

- Pression de contact maximale : p
- Produit pression - vitesse relative au contact : $p \cdot V$ (correspond à la puissance dissipée par unité de surface)

Question 42 IV.7 : En vous aidant des Documents Ressources 10 et 14, représenter sur le Dessin Réponse une solution constructive pour la réalisation de chacune des fonctions spécifiées dans le sujet.

Voir Dessin Réponse

Solution 1

Arrêt axial dans
les deux sens grace
au montage symétrique

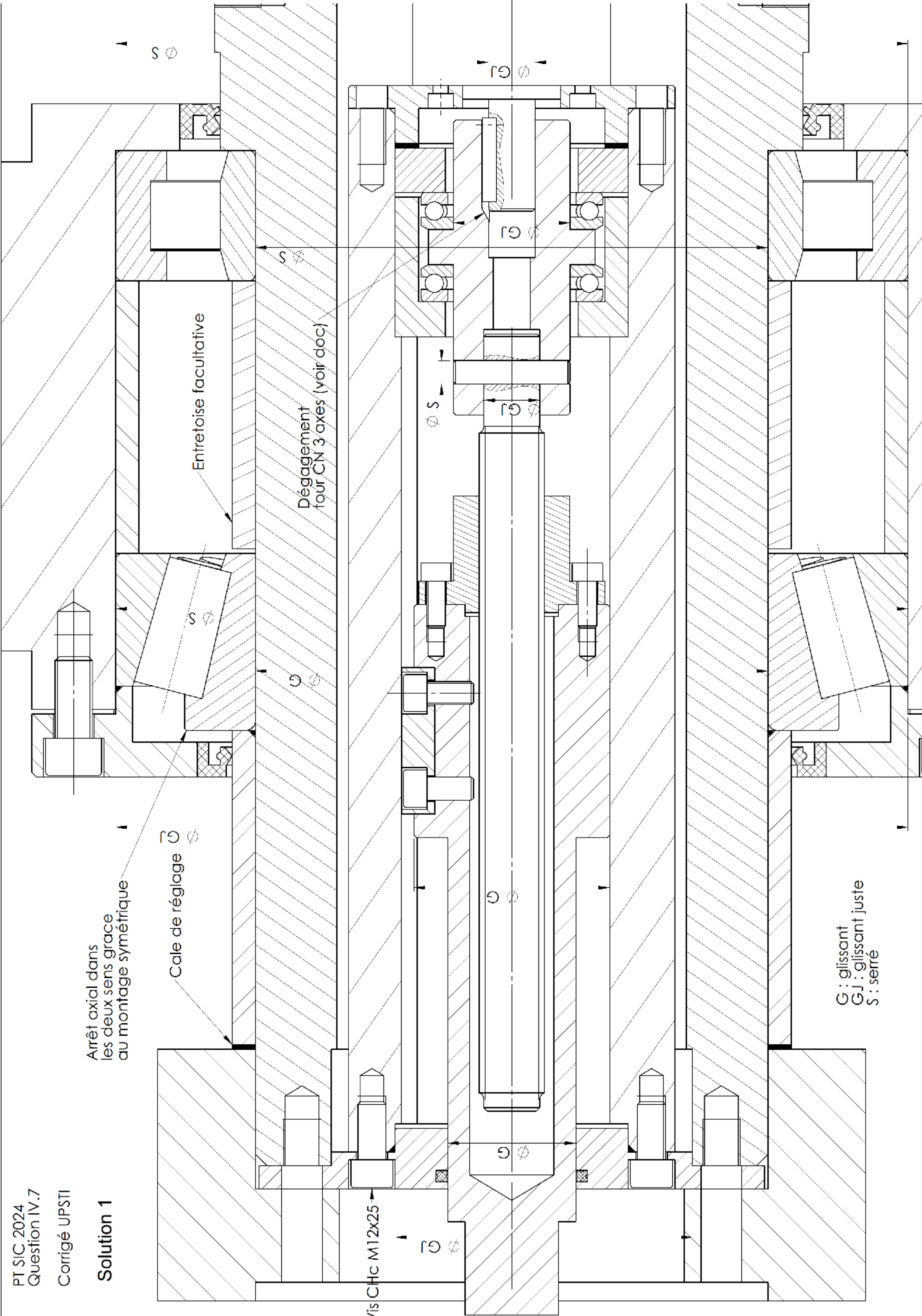
Cale de réglage

Entretoise facultative

Dégagement
four CN 3 axes (voir doc)

4 Vis CHc M12x25

G : glissant
GJ : glissant juste
S : serré



Solution 2

Arrêt axial dans
les deux sens grace
au montage symétrique

Cale de réglage

Entretoise facultative

Dégagement
four CN 3 axes (voir doc)

4 Vis CHc M12x25

G : glissant
GJ : glissant juste
S : serré

