

SESSION 2020

---

**AGRÉGATION  
CONCOURS EXTERNE**

**Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR**

**Option : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR  
ET INGÉNIERIE MÉCANIQUE**

**CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME,  
D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION**

Durée : 6 heures

---

*Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.**

**INFORMATION AUX CANDIDATS**

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAE	1414A	103	1268





# Analyse et validation des choix de conception d'un système d'attache de télécabine

## Présentation du système et du support de l'étude

Il existe plusieurs types de remontées mécaniques (télécabine, télésiège) qui permettent de gravir des pentes sans effort. Parmi elles, certaines sont débrayables ; l'intérêt de celles-ci est de désolidariser le véhicule (cabine ou siège) afin de ralentir temporairement sa vitesse. Cela permet une montée et une descente plus aisées et donc sécurisées des usagers.

La station de ski Les Contamines Montjoie, située au cœur du massif du Mont Blanc, est dotée, notamment, d'une télécabine récente mise en service en 2015 développée par la société POMA. Un diagramme partiel d'exigences est donné ci-dessous en figure 1.

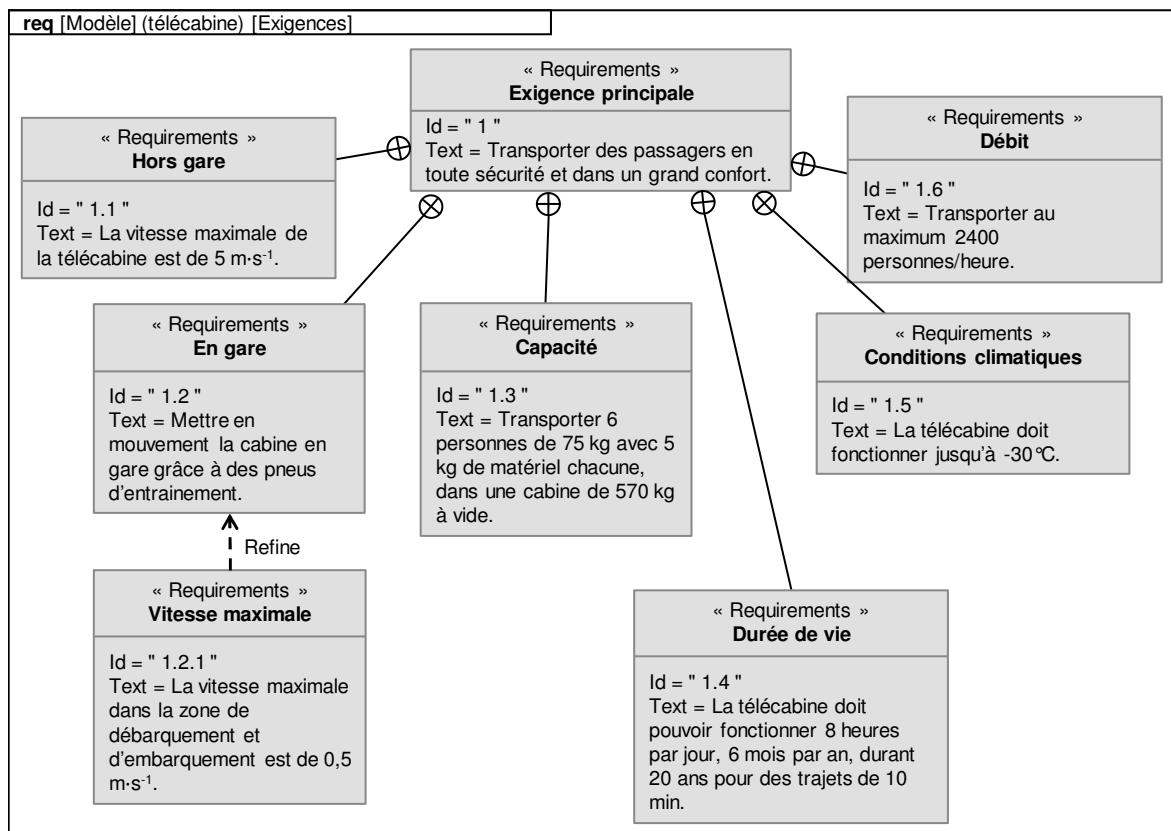


Figure 1 : diagramme partiel des exigences de la télécabine

La sécurité et le confort des passagers, ainsi que la durée de vie du mécanisme sont des enjeux majeurs pour une station de ski car les investissements sont colossaux. La société POMA a donc conçu et réalisé une télécabine satisfaisant ces exigences.

Toutefois, cette étude se focalisera sur le système d'attache (voir figures 2a et 2b) des cabines qui concentre tous ces enjeux.

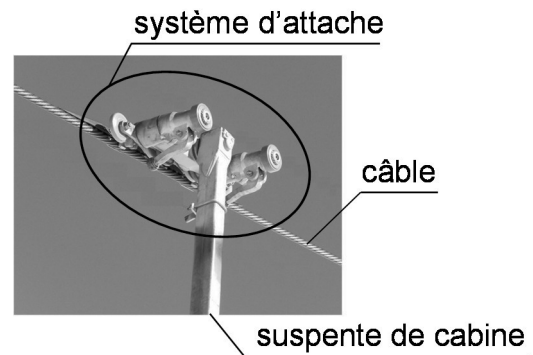


Figure 2a : photo d'une cabine de la station Les Contamines Montjoie Figure 2b : zoom sur le système d'attache de la cabine

La cabine est reliée au câble grâce à une suspente, au bout de laquelle est placée le système d'attache. Lors de l'arrivée en gare, la cabine va entrer dans un espace de débarquement constitué de (figures 3 et 4) :

- une zone de débrayage, dans laquelle les pinces et le câble sont désolidarisés. La cabine, attachée à la traverse, est alors mise en mouvement grâce aux pneus d'entraînement ;
- une zone de décélération, dans laquelle les pneus d'entraînement ralentissent progressivement la vitesse de translation de la traverse. L'inclinaison du rail de roulement permet d'aider au freinage de la télécabine ;
- une zone de cadencement, dans laquelle chaque télécabine est régulièrement espacée. C'est dans cette zone que les passagers peuvent sortir de la télécabine et embarquer.

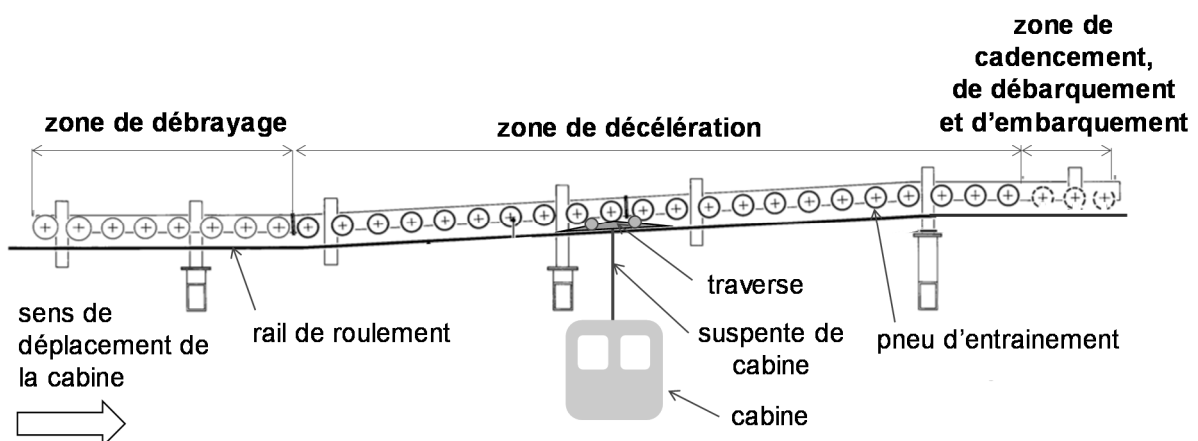


Figure 3 : espace de débarquement des passagers (vue de côté)

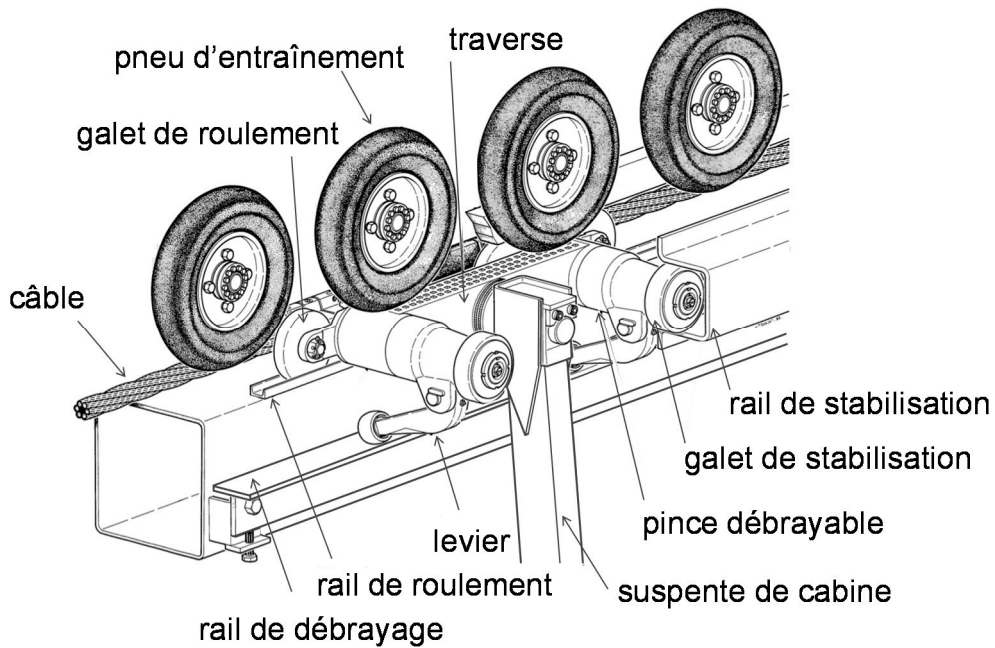


Figure 4 : description du mécanisme lorsque la cabine est en gare

Afin de garantir l'adhérence entre le système d'attache de la cabine et le câble, deux pinces débrayables sont utilisées (figure 4). En position « hors gare », deux mors solidarisent le système d'attache et le câble (figure 5). Pour des raisons de fiabilité, la liaison encastrement cabine/câble est réalisée sans apport d'énergie extérieure. Lorsque la cabine arrive en gare, les pinces s'ouvrent automatiquement sans commande extérieure : des passages successifs sur différents rails, permettent le déverrouillage de la pince, puis son maintien en position ouverte.

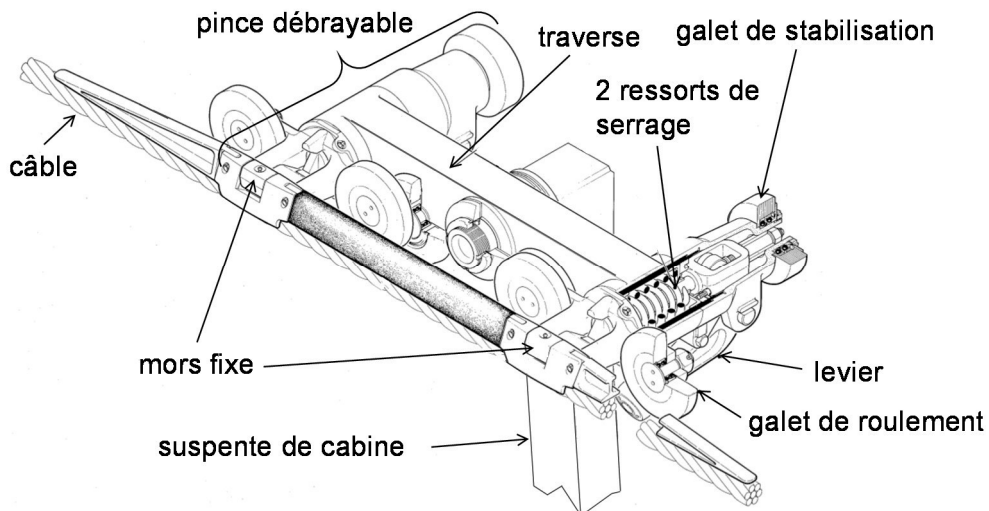


Figure 5 : vue en coupe du système d'attache de la cabine

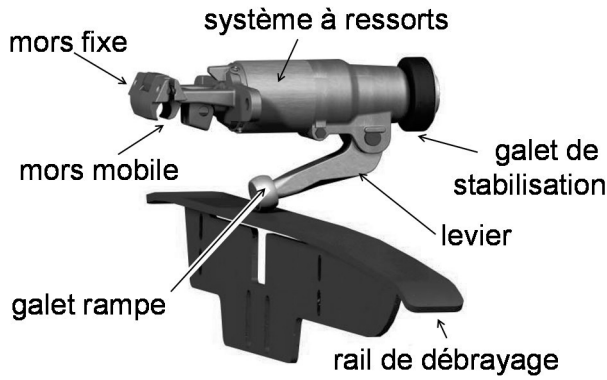


Figure 6a : modèle numérique d'une pince débrayable sur le rail de débrayage

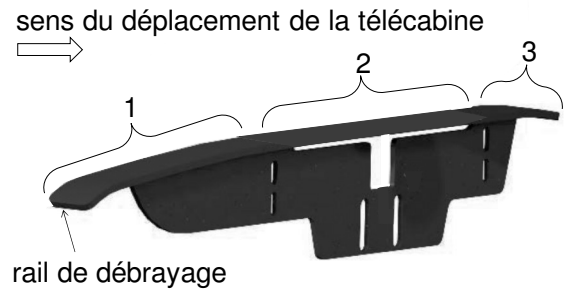
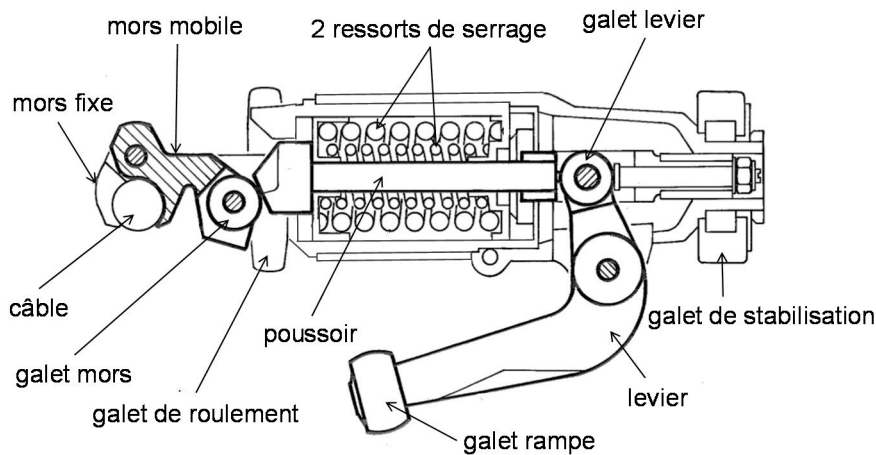


Figure 6b : identification des trois profils du rail de débrayage

La pince débrayable est composée de deux ressorts de serrage mis en parallèle (figures 5 et 7). Ils exercent un effort permanent, sur le poussoir, qui maintient le mors mobile en position fermée. La commande de déverrouillage de la pince s'effectue grâce au levier et au rail de débrayage (figure 6a et 6b).

### Cinématique d'une pince débrayable

« Hors gare », le levier est en position basse. Les deux ressorts maintiennent le poussoir dans sa position, il exerce donc un effort sur le galet mors, et permet l'adhérence des deux mors sur le câble (figure 7). En annexe 1, le diagramme de définition des blocs est donné.





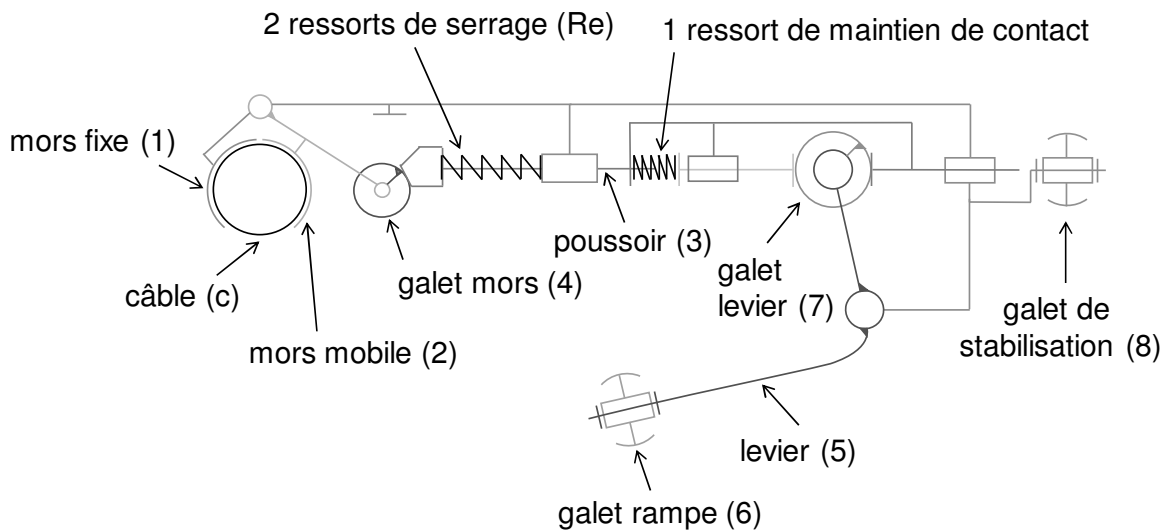
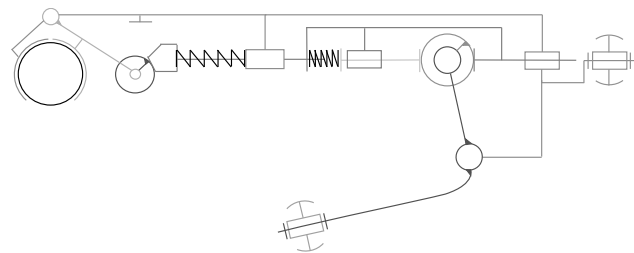
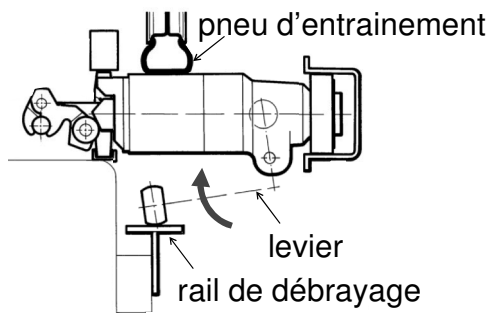


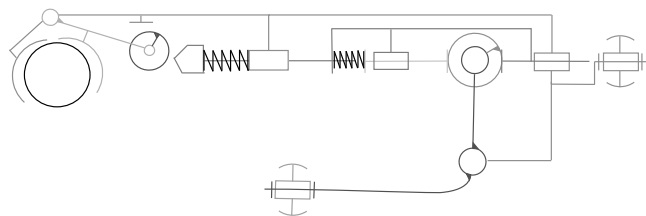
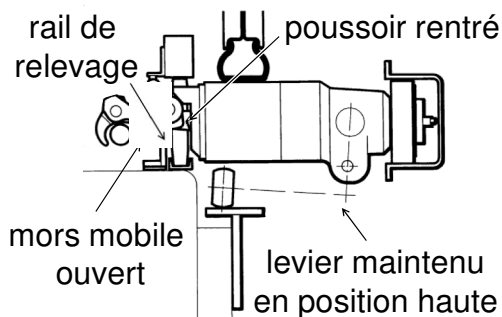
Figure 7 : dessin et schéma cinématique de la pince débrayable

« En gare », le rail de débrayage déclenche l'ouverture de la pince. Grâce aux trois profils du rail (figure 6b), le levier va commander l'ouverture de la pince :

- zone 1 du rail de débrayage, dans laquelle le levier pivote autour de son axe, le galet levier translate vers la droite. Les deux ressorts de serrage sont comprimés, ce qui permet au poussoir de ne plus être bloqué en position ;

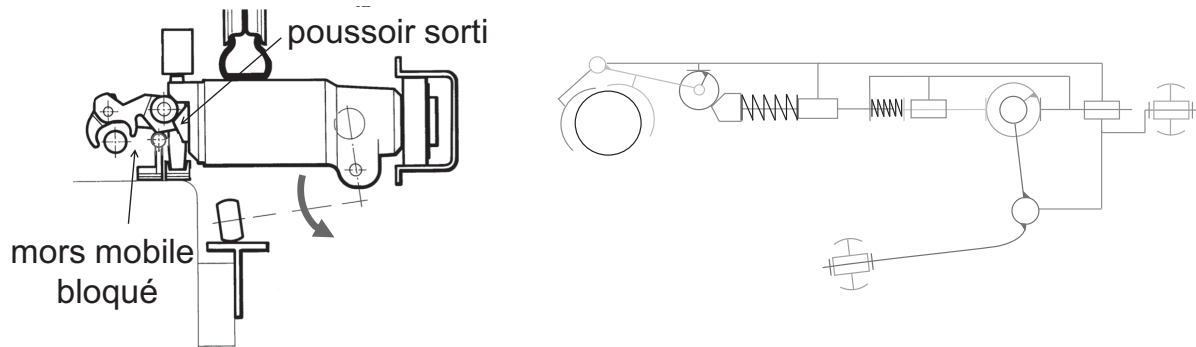


- zone 2 du rail de débrayage, dans laquelle un rail de relevage déplace le mors mobile qui n'est plus bloqué en position par le galet mors et le poussoir. Un autre mécanisme (non représenté) permet de faire translater légèrement la pince, afin d'écarter le câble du mors fixe ;



- zone 3 du rail de débrayage, dans laquelle le levier redescend, les ressorts se détendent, le poussoir sort de nouveau. Grâce à la came du poussoir, le mors mobile est verrouillé en position ouverte. La pince est désolidarisée du câble

et l'ensemble de la télécabine est mis en mouvement grâce aux pneus d'entraînement qui roulent sur la traverse.



### Problématique :

L'objectif de cette étude est de justifier et valider les différents choix technologiques réalisés par la société POMA sur le système d'attache en vue de garantir le confort et la sécurité des passagers, ainsi que la durée de vie de la pince.

Le diagramme partiel d'exigences du système d'attache est donné ci-dessous en figure 8.

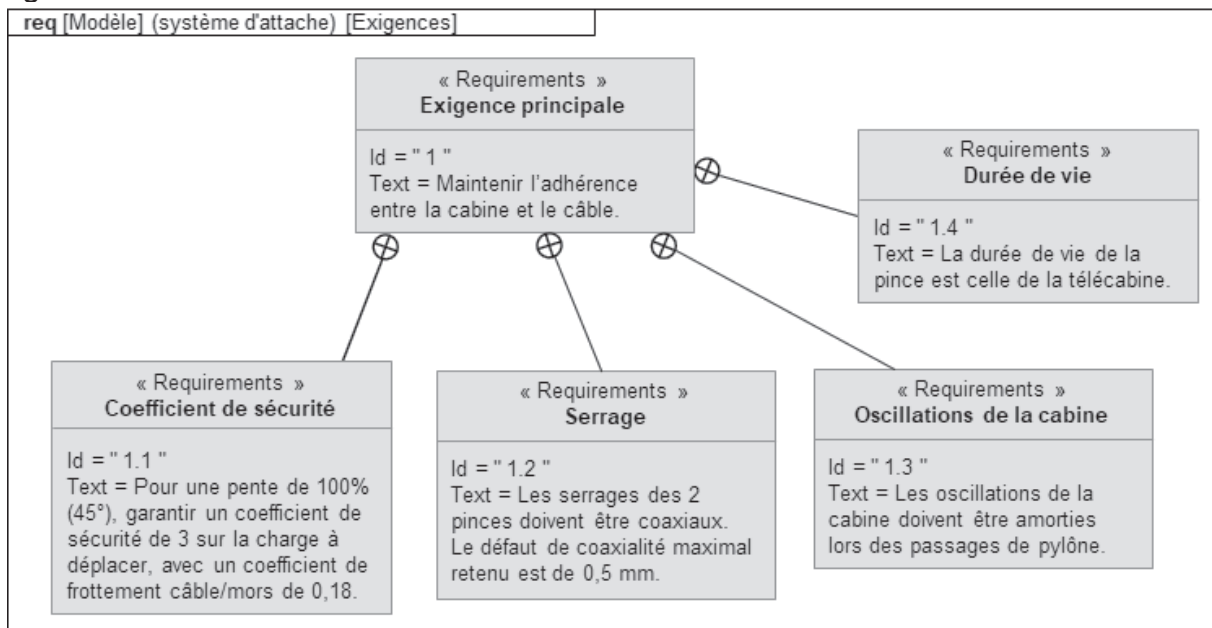


Figure 8 : diagramme partiel des exigences du système d'attache

Le sujet propose donc de :

- vérifier si le choix de la cinématique et des ressorts permettent de garantir le coefficient de sécurité retenu par les normes de sécurité ;
- vérifier si les choix retenus sur la fabrication de la traverse permettent des serrages coaxiaux des deux pinces, conditions nécessaires pour garantir un coefficient de sécurité suffisant dans l'étude précédente ;
- vérifier si les choix retenus sur la fabrication et sur le matériau du levier permettent de garantir la durée de vie souhaitée dans le cahier des charges ;

- proposer une évolution de conception de la liaison pivot entre la suspenste et la traverse pour garantir une durée de vie accrue de cette liaison.

## 1. Maintenir l'adhérence entre le système d'attache de la télécabine et le câble avec un coefficient de sécurité élevé

**Objectif :** vérifier l'exigence d'adhérence des pinces sur le câble et du respect des normes en vigueur.

La cabine est accrochée au câble à l'aide de deux pinces identiques. La pente maximale est de 100% soit un angle  $\alpha$  de 45°. Le centre de gravité de la cabine est supposé être à l'aplomb du câble. On considérera qu'il n'y a pas de vent, que les frottements de l'air sur la cabine sont négligeables et que la cabine est en phase de montée. L'accélération de pesanteur est telle que  $\vec{g} = -g \vec{y}_g$ .

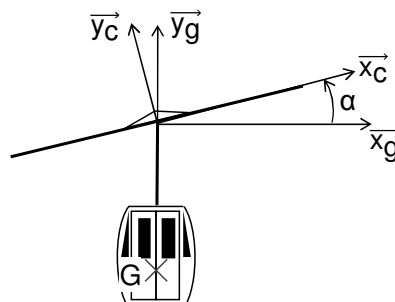


Figure 9 : pente du câble

### Étude des efforts des mors sur le câble

Pour pincer le câble, deux mors sont utilisés. Sur la figure 10, le schéma cinématique est représenté.

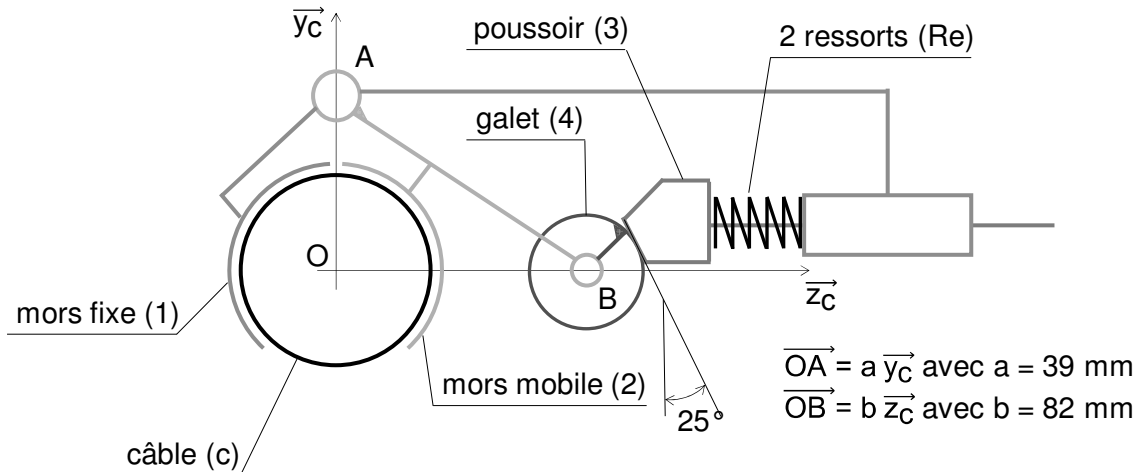


Figure 10 : schéma cinématique partiel de la pince

Le contact entre les mors et le câble est considéré comme surfacique et cylindrique. Les longueurs de contact sont différentes pour les deux mors :  $l_1$  pour le mors 1 et  $l_2$  pour le mors 2. Le poids de la cabine et la pente du câble ont une influence sur la répartition de la pression de contact mais pour mener les calculs de cette partie, une répartition de pression de contact sinusoïdale est considérée. Ceci est illustré sur les figures 11 et 12. Les autres liaisons sont supposées parfaites.

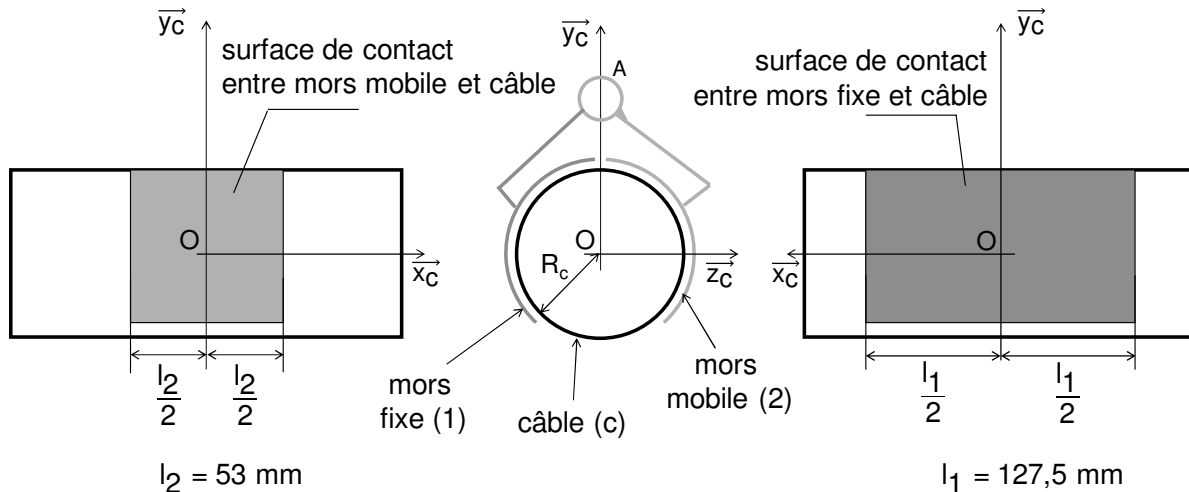
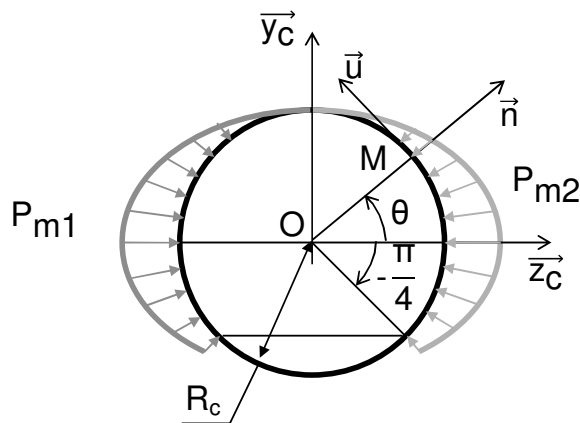


Figure 11 : géométrie des surfaces de contact entre les mors et le câble



Pression de contact en M entre le mors (2) et le câble (c) :

$P(M) = P_{m2} \cos \theta$  pour  $\theta = \left[-\frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{2}\right]$ ,  $P_{m2}$  est la pression maximale

Pression de contact maximale entre le mors (1) et le câble (c) :  $P_{m1}$

Rayon du câble :  $R_c = 19,5$  mm

Coefficient de frottement :  $f_c = 0,18$

La base  $(\vec{u}, \vec{n}, \vec{x}_c)$  est orthonormée directe

Figure 12 : modèle de répartition de pression de contact entre les mors et le câble

**Question 1.1.** Donner le torseur de l'action mécanique élémentaire en M du mors (2) sur le câble (c), en se plaçant à la limite d'adhérence.

L'action globale du mors (2) sur le câble (c) est décrite par le torseur suivant :

$$\{F_{2 \rightarrow c}\}_O = \begin{Bmatrix} -P_{m2} R_c l_2 \left( f_c \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \vec{x}_c + \frac{1}{4} \vec{y}_c + \frac{1}{4} \left( \frac{3\pi}{2} + 1 \right) \vec{z}_c \right) \\ -P_{m2} R_c^2 l_2 f_c \left( \frac{1}{4} \left( \frac{3\pi}{2} + 1 \right) \vec{y}_c - \frac{1}{4} \vec{z}_c \right) \end{Bmatrix}$$

**Question 1.2.** Sans faire les calculs, donner la démarche qui a permis d'obtenir le torseur ci-dessus.

**Question 1.3.** Par analogie, donner le torseur de l'action globale du mors (1) sur le câble (c) en fonction de  $P_{m1}$ ,  $l_1$ ,  $R_c$  et  $f_c$ .

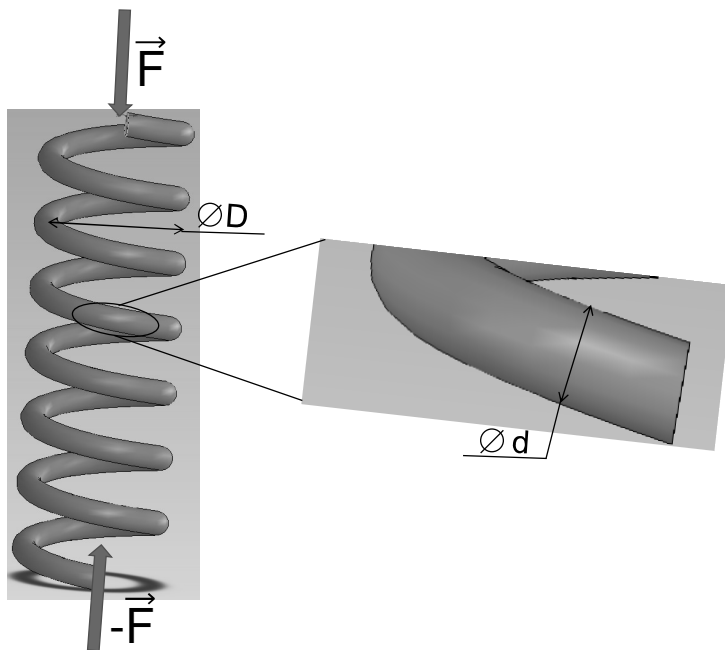
Pour la suite, il est considéré que la pince n'exerce pas de résultante d'action mécanique suivant  $\vec{z}_c$ .

**Question 1.4.** Justifier l'affirmation faite ci-dessus et donner une relation entre  $P_{m1}$ ,  $l_1$ ,  $P_{m2}$  et  $l_2$ .

**Question 1.5.** En déduire le torseur de l'action globale du câble sur les deux mors (1) et (2) en fonction de  $P_{m2}$ ,  $l_2$ ,  $R_c$  et  $f_c$ .

### Détermination de la pression maximale $P_{m2}$

Pour pincer le câble, deux ressorts en parallèle sont utilisés. Ils sont coaxiaux (figure 7). La détermination de la raideur d'un ressort de compression peut être déterminée à l'aide la formule de la figure 13 ci-dessous.



La raideur d'un ressort de compression est donnée par :

$$K = \frac{G d^4}{8 D^3 n}$$

avec :

G, le module de Coulomb ;  
d, le diamètre du fil ;  
D, le diamètre d'enroulement ;  
n, le nombre de spires.

Figure 13 : raideur d'un ressort de compression

**Question 1.6.** À partir de la formule ci-dessus et des données de l'annexe 1, donner les raideurs des deux ressorts ainsi que le module de l'effort total développé par les deux ressorts en position pince fermée noté  $F_{pf}$ .

**Question 1.7.** En vous aidant du schéma de la figure 10, proposer une démarche pour estimer la pression de contact maximale  $P_{m2}$  en fonction de l'effort développé par les deux ressorts de serrage.

**Question 1.8.** Suivre la démarche proposée dans la question précédente pour donner l'expression littérale et la valeur numérique de la pression de contact maximale  $P_{m2}$ . En déduire les valeurs numériques du torseur de l'action globale du câble sur les deux mors (1) et (2) pour une pince.

## Vérification de l'exigence de non glissement pour les deux pinces

La cabine et la suspenne sont en liaison pivot avec la traverse, qui grâce aux deux pinces sont accrochées au câble.

**Question 1.9.** À l'aide du résultat de la question 1.8, donner la valeur numérique de la masse maximale qui peut être accrochée au câble sans qu'il n'y ait glissement entre les mors et le câble, pour une pente de câble de  $45^\circ$ .

**Question 1.10.** Conclure quant au respect de l'exigence de sécurité Id 1.1 du diagramme des exigences de la figure 8.

## Réalisation de la traverse

Il a été vérifié que l'exigence de sécurité était validée en termes d'effort. Cependant, ce n'est pas suffisant, il faut que les deux pinces soient parfaitement positionnées et orientées l'une par rapport à l'autre pour assurer des serrages « coaxiaux ». La traverse, définie figure 14, assure le positionnement des deux pinces et la liaison pivot avec la suspenne et la cabine (voir figure 5).

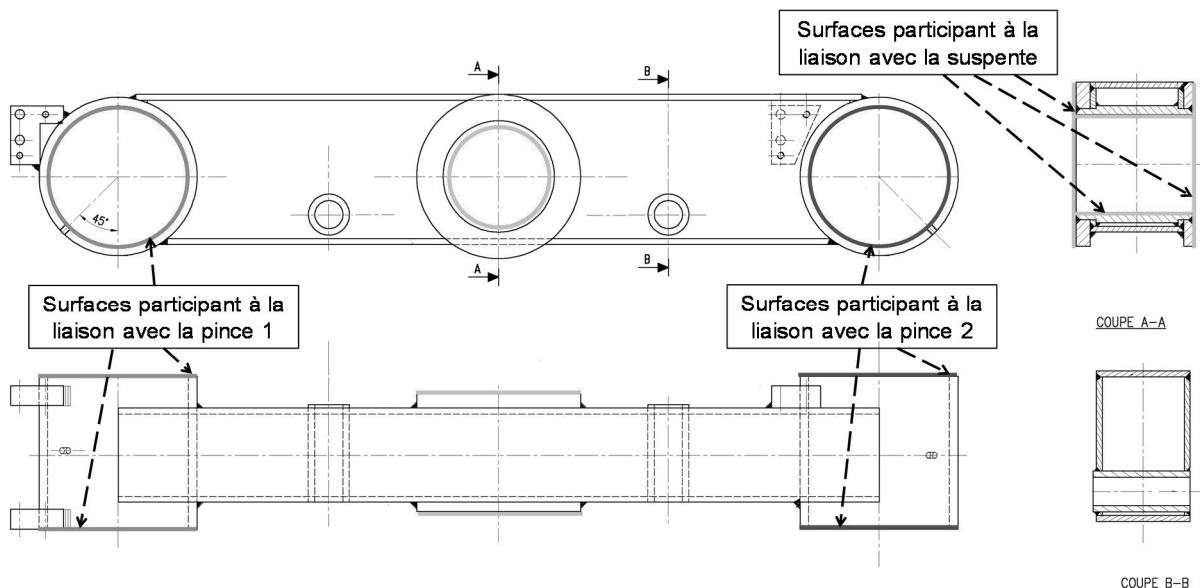
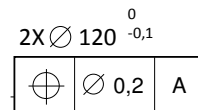


Figure 14 : dessin de définition de la traverse

**Question 1.11.** Pourquoi les serrages des deux pinces doivent-ils être coaxiaux ? Vous pourrez vous aider d'une figure.

**Question 1.12.** Justifier ainsi la présence de la localisation  $2X \varnothing 120^{0}_{-0,1}$  sur le dessin de définition de la traverse donné en annexe 2. Expliquer sur le document réponse DR1 la signification de cette spécification.



La traverse est obtenue par mécano-soudage d'un ensemble de tubes et tôles en acier de construction d'épaisseurs différentes. Les dimensions des différentes tubes et tôles sont données sur la figure 15 ci-dessous.

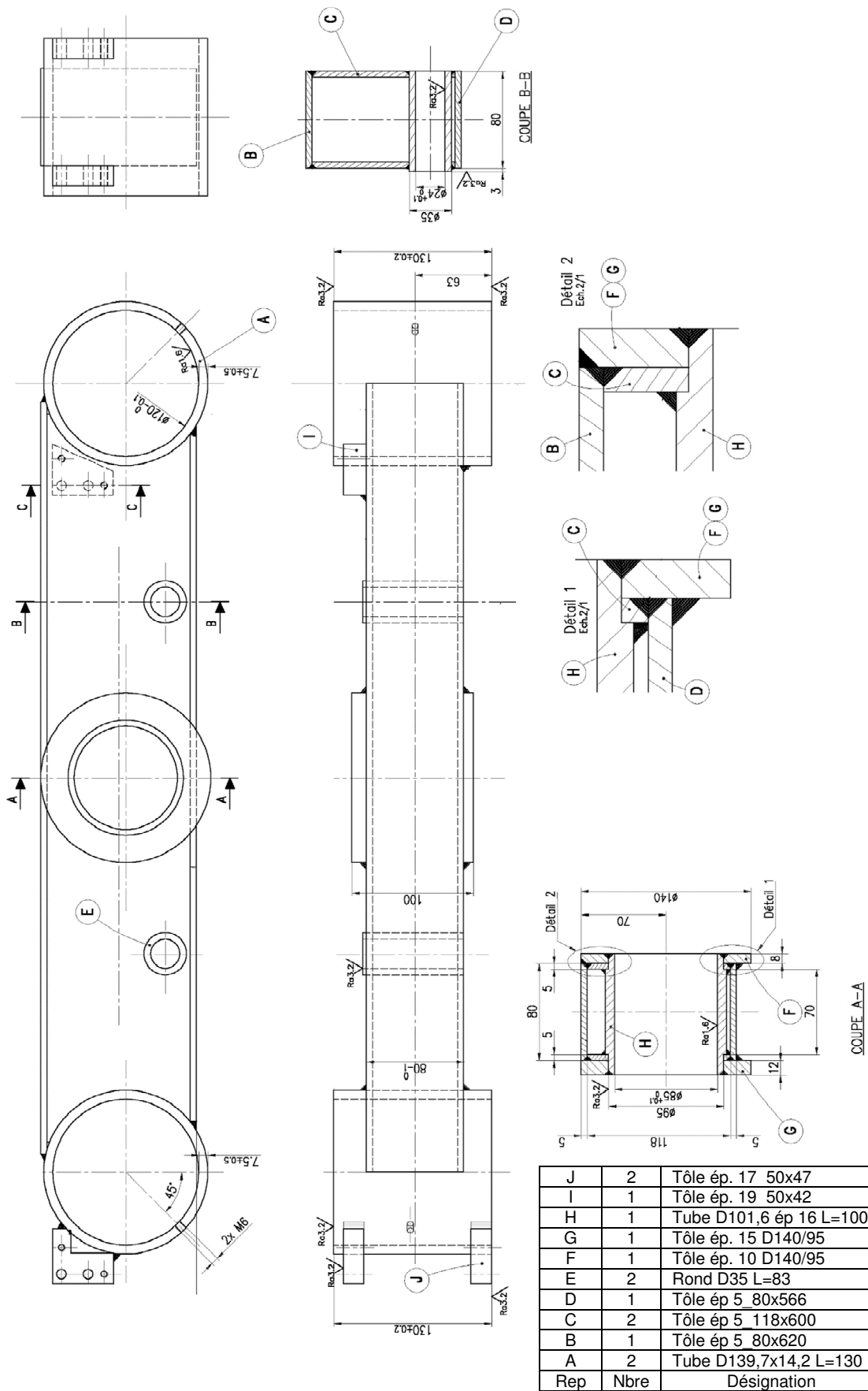


Figure 15 : éléments composants la traverse

**Question 1.13.** Justifier l'utilisation de plusieurs nuances d'acier.

**Question 1.14.** Justifier l'emploi du soudage pour obtenir le brut de cette pièce. Proposer un procédé de soudage pour réaliser cette pièce.

La société POMA a décidé de réaliser cette pièce en suivant la gamme de fabrication suivante :

- découpe et préparation des différentes tôles et tubes ;
- soudage des différents éléments ;
- recuit de détensionnement ;
- usinage des surfaces fonctionnelles participant aux liaisons avec les deux pinces et la suspente.

**Question 1.15.** Justifier l'ordre chronologique de la gamme de fabrication et notamment la place du recuit dans la gamme de fabrication.

Les surfaces fonctionnelles définies sur la figure 14 doivent être usinées en une ou deux phases d'usinage.

**Question 1.16.** Sur le document réponse DR2, proposer les mises en position isostatiques, les outils et les machine-outils pour assurer l'usinage des surfaces fonctionnelles en une ou deux phases.

Après l'usinage, un contrôle géométrique de la pièce est effectué avec une machine à mesurer tridimensionnelle équipée d'un logiciel de traitement des points palpés. Une des spécifications géométriques à contrôler est la localisation étudiée en question 1.12.

Le palpé des surfaces s'effectue avec un capteur de type « cinématique » équipé d'un stylet avec une bille de diamètre 2 mm. Les coordonnées des points palpés sur les surfaces planes réelles et les surfaces cylindriques réelles (figure 16) sont acquises automatiquement par un ordinateur dédié dans lequel est implanté un logiciel de traitement. Les données sont caractérisées par les coordonnées dans un repère de mesure  $R_m (O_m, \vec{x}_m, \vec{y}_m, \vec{z}_m)$  des points palpés associés la machine à mesurer.

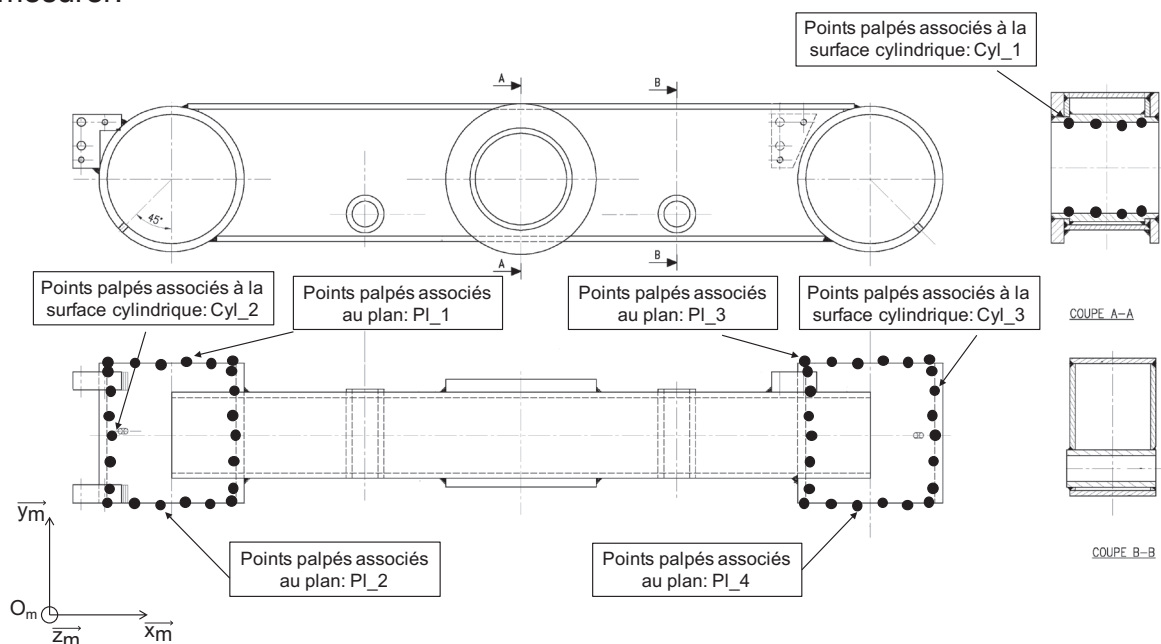


Figure 16 : situation des points palpés pour le contrôle de conformité



Pour faire un contrôle final de conformité du produit il est nécessaire de préparer une gamme des opérations de mesure, de constructions géométriques et de tests de validité.

**Question 1.17.** Proposer la gamme de mesure tridimensionnelle en décrivant le mode opératoire à partir de la saisie des points palpés des surfaces dans le cas d'un contrôle de conformité de la spécification étudiée en question 1.12. Justifier notamment :

- le nombre de points palpés par éléments ;
- leurs positions ;
- la construction ou non d'éléments géométriques parfaits ;
- les critères d'association aux nuages de points le cas échéant ;
- les valeurs critiques qui doivent être contrôlées.

**Question 1.18.** En vous appuyant sur les réponses des questions 1.12 et 1.15, conclure quant à la faisabilité de respecter l'exigence Id 1.2 du diagramme des exigences de la figure 8.

## 2. Vérification de la résistance à la fatigue du levier de débrayage

**Objectif :** vérifier la tenue du levier de débrayage sollicité en fatigue.

La pince s'ouvre grâce au levier (figure 7). En basculant, il permet via le galet (7) et le poussoir (3) de comprimer les deux ressorts de serrage et ainsi libérer les deux mors du câble. Pour l'étude, on utilisera le schéma cinématique et le paramétrage de la figure 17 ci-dessous.

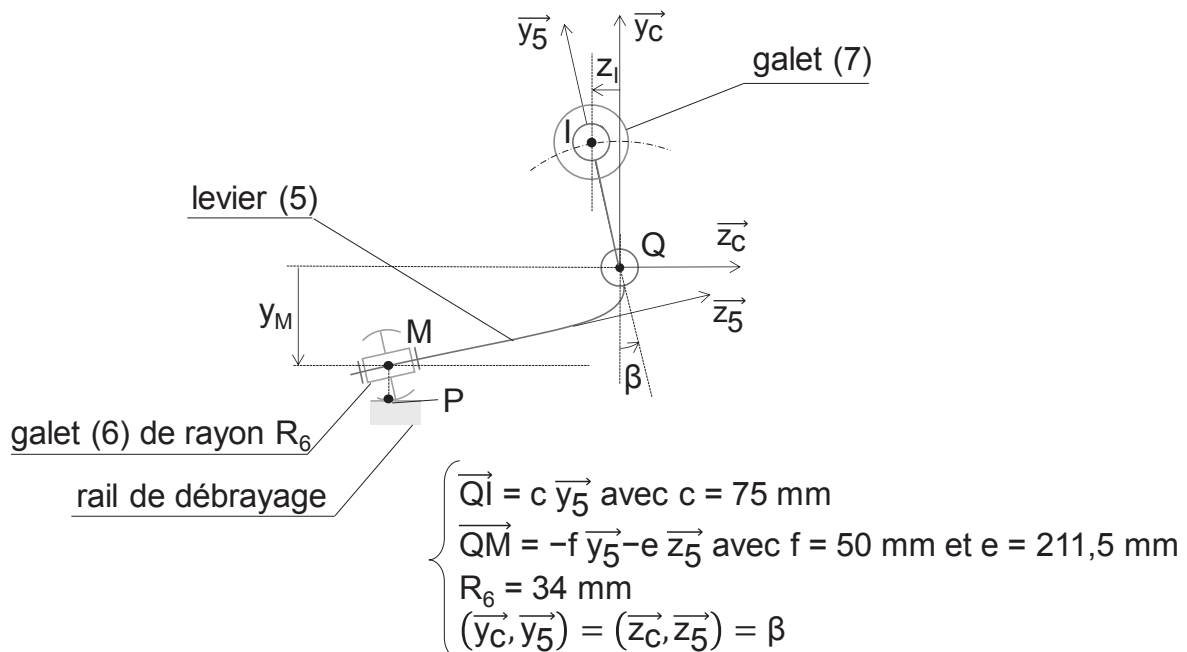
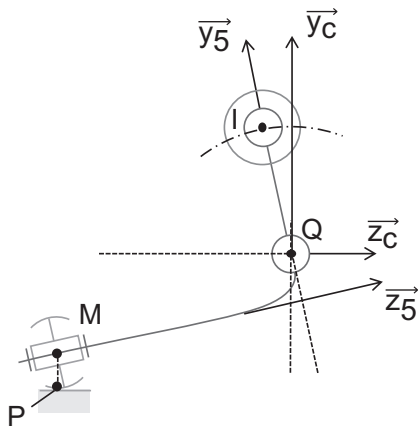


Figure 17 : schéma cinématique et paramétrage du levier

Il est important de remarquer que l'angle  $\beta$  est négatif pour la position du levier de la figure 17.

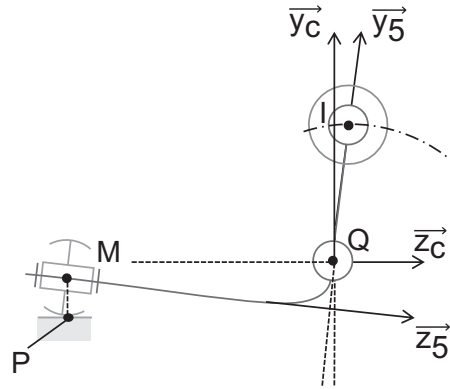
**Question 2.1.** Donner une relation entre  $y_M$ ,  $f$ ,  $e$  et  $\beta$ . Mettre cette relation sous la forme  $\sin(\beta - \beta_0) = \frac{y_M}{k}$  en explicitant  $\beta_0$  et  $k$ .

Le rail de débrayage (figure 6b) impose la rotation du levier et donc l'ouverture de la pince. Les deux positions extrêmes du levier au début et à la fin de l'ouverture sont données sur les figures 18a et 18b.



$$\overrightarrow{QP} \cdot \vec{y}_C = y_{Ppf} \text{ avec } y_{Ppf} = -152 \text{ mm}$$

Figure 18a : position du levier au début de l'ouverture pour la pince fermée



$$\overrightarrow{QP} \cdot \vec{y}_C = y_{Ppo} \text{ avec } y_{Ppo} = -70 \text{ mm}$$

Figure 18b : position du levier à la fin de l'ouverture pour la pince ouverte

**Question 2.2.** Pour les positions pince fermée (pf) et pince ouverte (po), calculer les valeurs numériques des positions angulaires du levier notées respectivement  $\beta_{pf}$  et  $\beta_{po}$ .

**Question 2.3.** À l'aide de la figure 7, en déduire la course du poussoir (3). À partir de l'annexe 1, de la formule donnée en figure 13 et des résultats de la question 1.6, en déduire les valeurs numériques des modules des efforts développés par les deux ressorts de serrage en position pince ouverte et pince fermée, notés respectivement  $F_{po}$  et  $F_{pf}$ .

Pour la suite, on donne les valeurs numériques de certains résultats :

$$\beta_{pf} = -19,6^\circ ; \beta_{po} = 3,77^\circ ; F_{pf} = 13\,090 \text{ N} ; F_{po} = 24\,930 \text{ N}.$$

**Question 2.4.** À partir du schéma de la figure 7 et du schéma de la figure 17, donner en le justifiant l'expression du torseur de l'action mécanique du galet 7 sur le levier 5 au point I dans la base  $(\vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)$  en fonction du module  $F$  de l'effort du ressort et de  $\beta$ . Faire l'application numérique pour la pince en position ouverte et en position fermée.

La figure 19 ci-dessous montre la forme du levier et ses surfaces de liaisons :

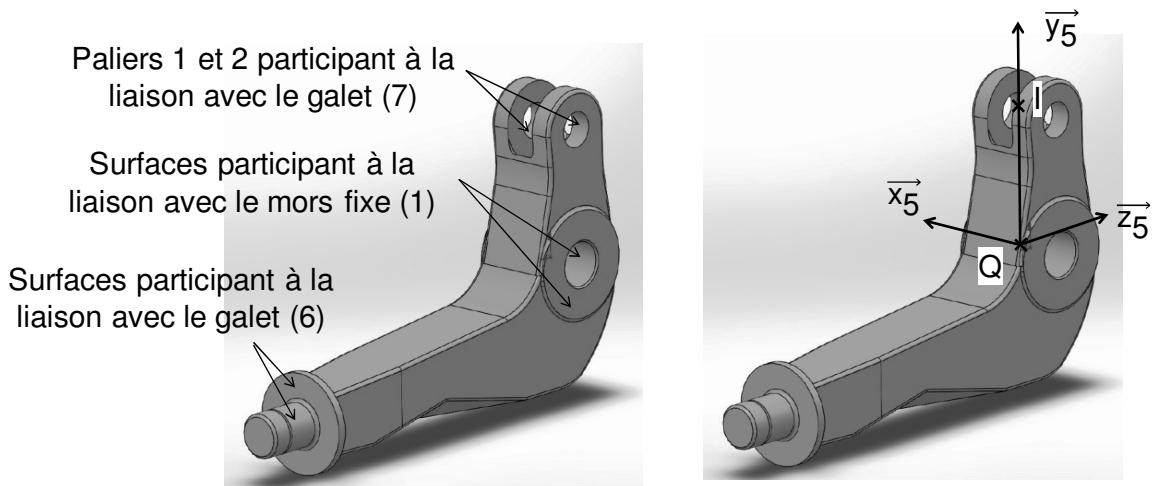
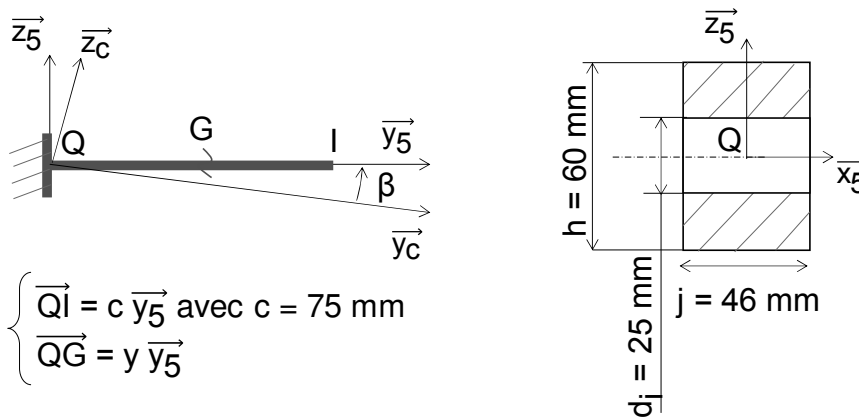


Figure 19 : surfaces de liaisons du levier

Pour vérifier la tenue mécanique du levier à la fatigue, un modèle poutre est utilisé en première approximation (figure 20).



$$\begin{cases} \overrightarrow{QI} = c \overrightarrow{y_5} \text{ avec } c = 75 \text{ mm} \\ \overrightarrow{QG} = y \overrightarrow{y_5} \end{cases}$$

Figure 20 : modèle poutre d'une partie du levier et géométrie de la section droite en Q

**Question 2.5.** À partir du résultat de la question précédente, donner le torseur de cohésion en G (centre d'inertie de la section droite de la poutre) dans la base  $(\overrightarrow{x_5}, \overrightarrow{y_5}, \overrightarrow{z_5})$  en fonction de F et de  $\beta$ .

**Question 2.6.** À quelle(s) sollicitation(s) est soumise la poutre ?

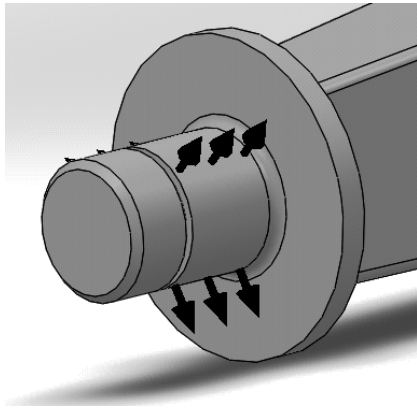
**Question 2.7.** Justifier que c'est dans la section droite en Q que la matière est la plus sollicitée.

Pour la section droite en Q, on donne l'expression des moments quadratiques

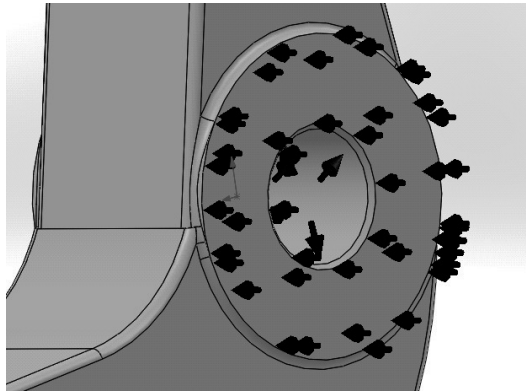
$$I_{Qx} = \frac{j(h^3 - d_j^3)}{12} \text{ et } I_{Qz} = \frac{j^3(h - d_j)}{12}.$$

**Question 2.8.** Donner l'expression littérale de la contrainte normale maximale. Faire l'application numérique pour le cas de chargement le plus critique.

La contrainte maximale étant relativement grande, on décide de réaliser un calcul éléments finis pour s'affranchir des concentrations de contraintes et des hypothèses liées à la théorie des poutres. La figure 21 montre les conditions aux limites en déplacement retenues et la figure 22 montre le chargement pour les deux positions du levier.



- déplacements radiaux bloqués sur la surface cylindrique



- déplacements radiaux bloqués sur la surface cylindrique
- déplacements normaux bloqués sur la surface plane

Figure 21 : conditions aux limites en déplacement du levier

	Position pince : fermée	Position pince : ouverte
Palier 1	F1 = 2 195 N F2 = - 6 165 N	F1 = - 820 N F2 = - 12 440 N
Palier 2	F3 = 2 195 N F4 = - 6 165 N	F3 = - 820 N F4 = - 12 440 N

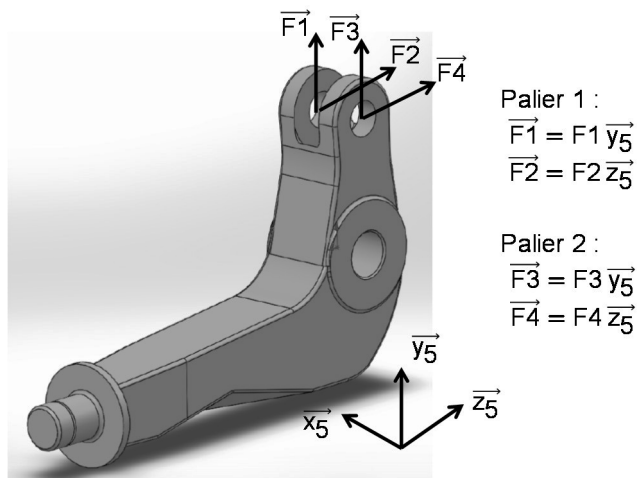


Figure 22 : chargements sur le levier pour les deux positions de la pince

**Question 2.9.** Justifier les conditions aux limites en déplacement. Justifier que les efforts retenus pour les simulations aient deux composantes. Commenter le signe des composantes en effort pour les deux positions de la pince.

Le comportement du matériau retenu pour la simulation est un comportement élastique. Sur la figure 23 ci-dessous, les contraintes de Von-Mises sont représentées pour les deux chargements considérés.

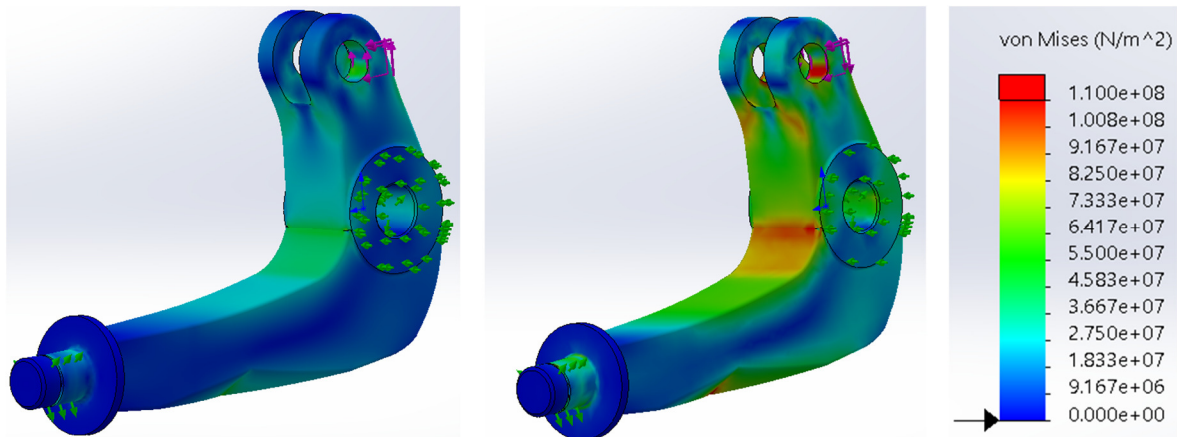


Figure 23 : contraintes de Von-Mises pour les deux chargements pince fermée (à gauche) et pince ouverte (à droite)

**Question 2.10.** Analyser les contraintes obtenues et comparer aux résultats de la question 2.8.

La société POMA a choisi de réaliser cette pièce en alliage d'aluminium EN-AW 6013 et d'utiliser le matriçage à chaud comme procédé de brut. À la vue de la géométrie de la pièce, il aurait également été possible de la réaliser par un procédé de fonderie en alliage d'aluminium EN-AC 44100. En annexe 3 et 4, les caractéristiques de ces deux alliages d'aluminium sont données.

**Question 2.11.** Dessiner la forme du brut de cette pièce et positionner le plan de joint des deux matrices permettant l'obtention de ce brut.

**Question 2.12.** Le matériau retenu est un alliage d'aluminium. Pourquoi, pour cette pièce un acier n'a-t-il pas été retenu ?

Lors d'un trajet entre deux gares, la pince effectue une ouverture et une fermeture. L'ouverture de la pince est décrite en page 5 et 6.

**Question 2.13.** À partir des annexes 3 et 4, des résultats de simulation de la figure 23, justifier le choix retenu pour le couple Matériau/Procédé pour le levier et conclure quant au respect de l'exigence de durée de vie (ld 1.4 figure 1 et ld 1.4 figure 8).

### 3. Réalisation de la liaison pivot amortie entre la cabine et le système d'attache

**Objectif :** proposer une solution constructive pour réaliser la liaison pivot amortie entre la cabine et le système d'attache.

La société POMA a choisi de réaliser la liaison pivot entre la cabine et le système d'attache pour limiter la maintenance. On rappelle sur la figure 24, les surfaces fonctionnelles participant à cette liaison pivot.

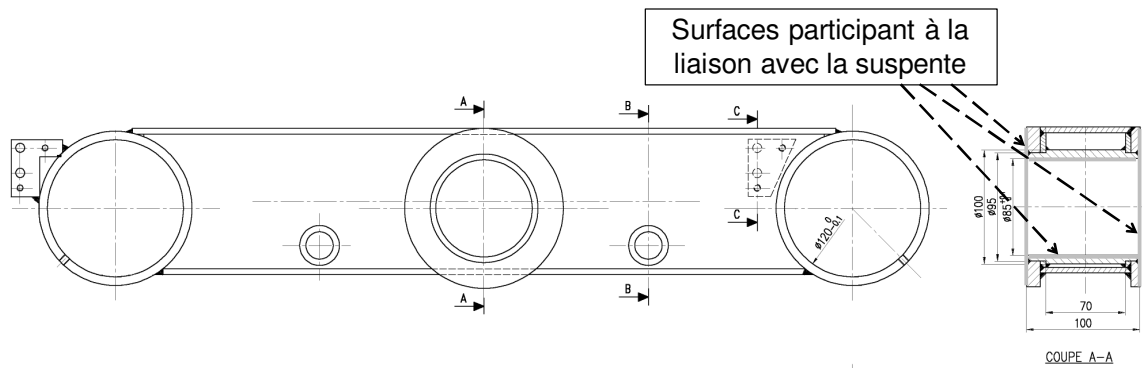


Figure 24 : surfaces fonctionnelles sur la traverse pour réaliser la liaison pivot

La société s'est tournée vers une solution avec une liaison pivot réalisée à l'aide d'un palier en Ertalyste TX, nom commercial désignant un PET (Polytéréphtalate d'éthylène) dans lequel est incorporé et régulièrement réparti un lubrifiant solide. Sa formule spécifique fait de l'Ertalyste TX un matériau « autolubrifiant » pour la réalisation de pièces de glissement. Ses propriétés sont les suivantes :

- bonne résistance mécanique, rigidité et dureté ;
- coefficient de frottement faible et constant avec des pièces métalliques ;
- excellente résistance à l'usure ;
- très bonne stabilité dimensionnelle.

Les produits en Ertalyste TX peuvent se trouver sous forme de barres, tubes, plaques de dimensions diverses. Ce matériau est usinable de manière classique.

La liaison pivot est à réaliser entre la traverse et la suspente. La suspente est un tube de section rectangulaire de longueur 110 mm, de largeur 90 mm et d'épaisseur 5 mm (voir figure 2b). Elle peut être usinée. Pour le confort des passagers, cette liaison pivot devra être amortie pour limiter les oscillations de la cabine lors des passages au niveau des pylônes.

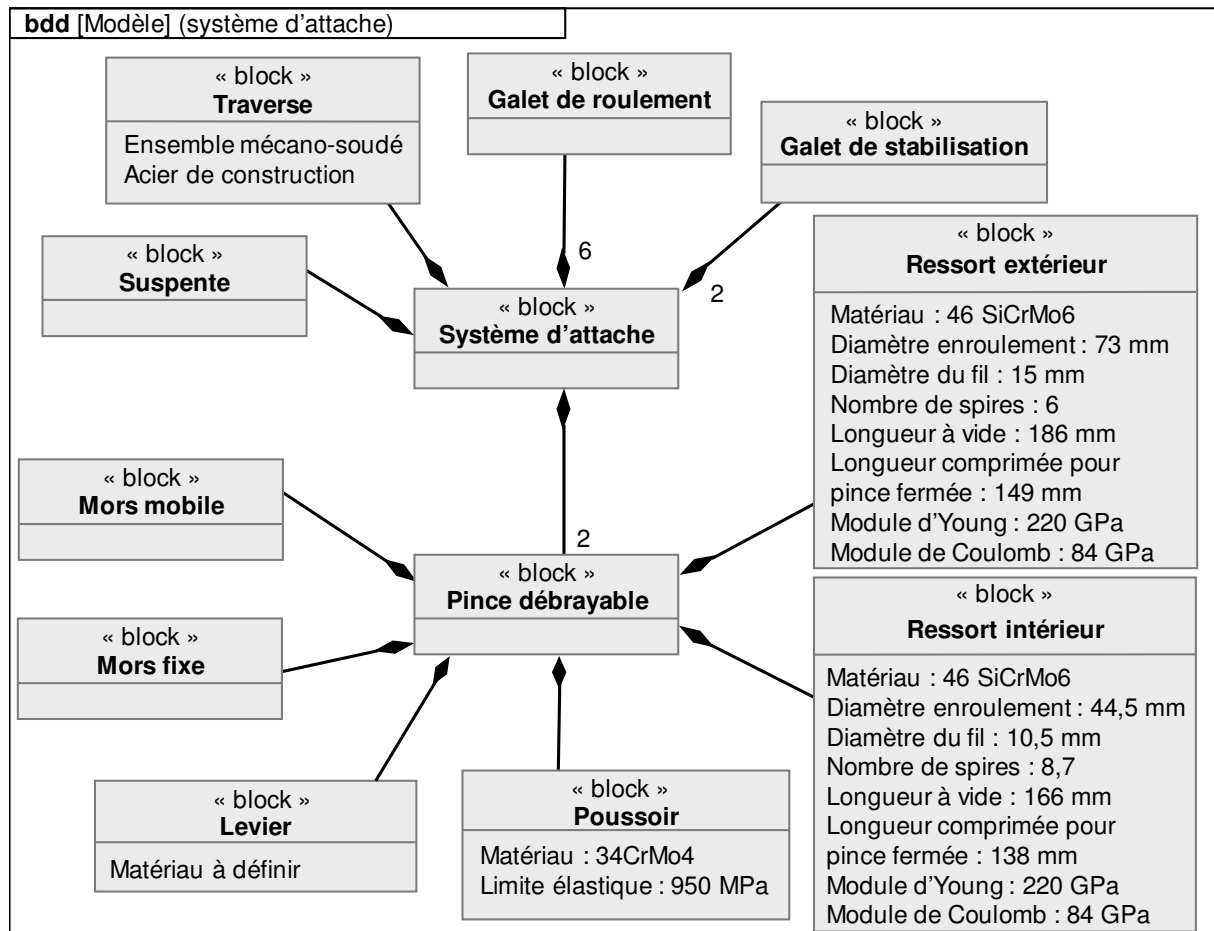
**Question 3.1.** Proposer une démarche et le(s) critère(s) retenu(s) permettant de dimensionner le palier.

**Question 3.2.** Proposer une solution afin de réaliser la liaison pivot amortie. Vous pourrez vous aider d'un schéma ou d'un dessin technique.

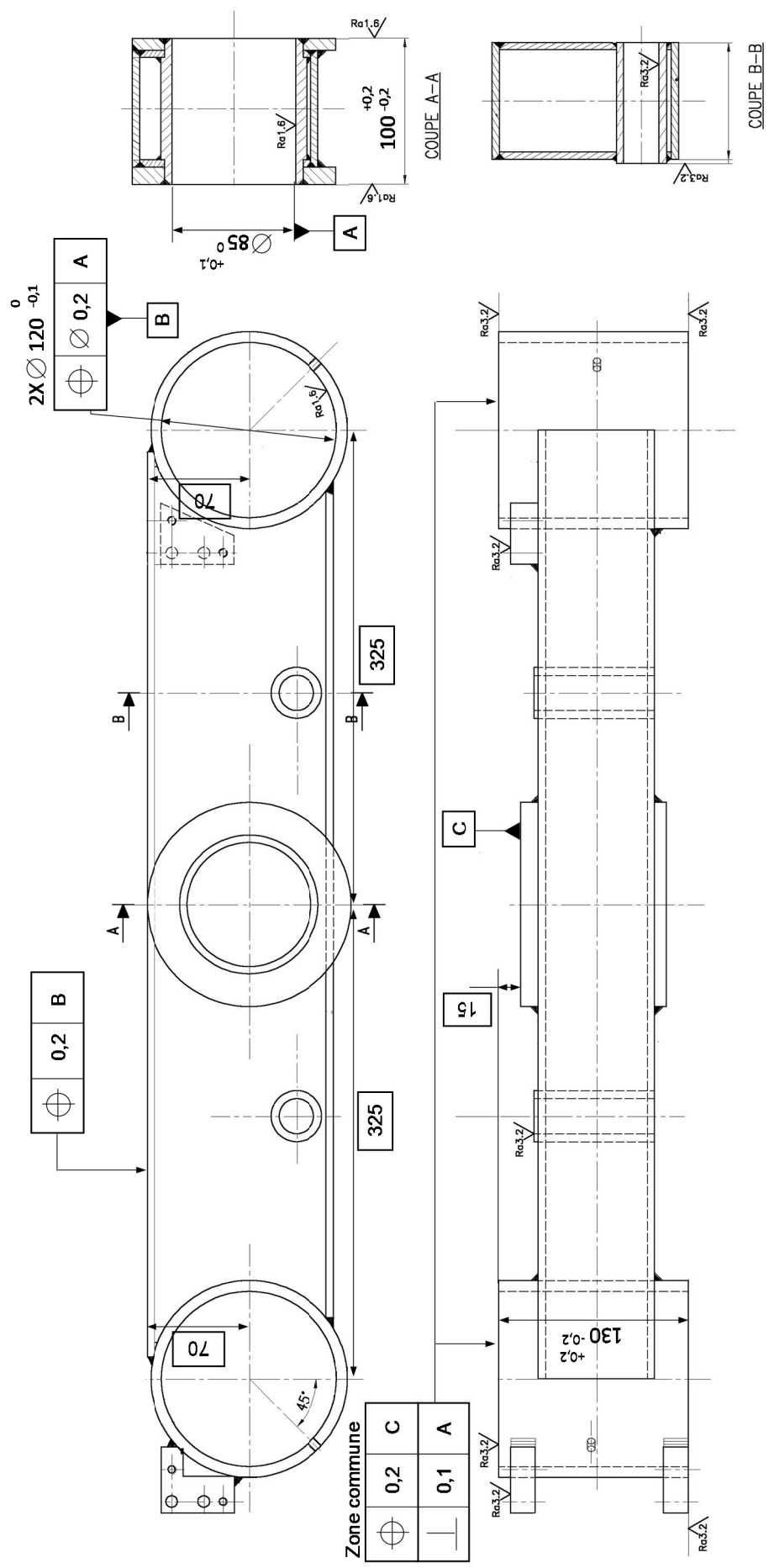
## 4. Synthèse

**Question 4.** Réaliser une synthèse des activités réalisées sous la forme d'un poster au format A4. On précisera si les exigences du cahier des charges ont été satisfaites ou non ainsi que les moyens mis en œuvre pour les satisfaire.

## Annexe 1 : diagramme de définition des blocs partiel du système d'attache



**Annexe 2 : dessin de définition de la traverse**





### Annexe 3 : caractéristiques de l'alliage d'aluminium EN AC-44100 / EN AC-AI Si12 (issues du Logiciel CES)

#### Composition chimique :

Élément	Al	Cu	Fe	Mg	Mn
Matériau	Aluminium	Cuivre	Fer	Magnésium	Manganèse
%	82,9 à 88	0,25 à 1	0,33 à 1,3	0,03 à 0,1	0,09 à 0,35

Élément	Ni	Si	Sn	Zn
Matériau	Nickel	Silicium	Étain	Zinc
%	0,13 à 0,5	11 à 13	0,04 à 0,15	0,13 à 0,5

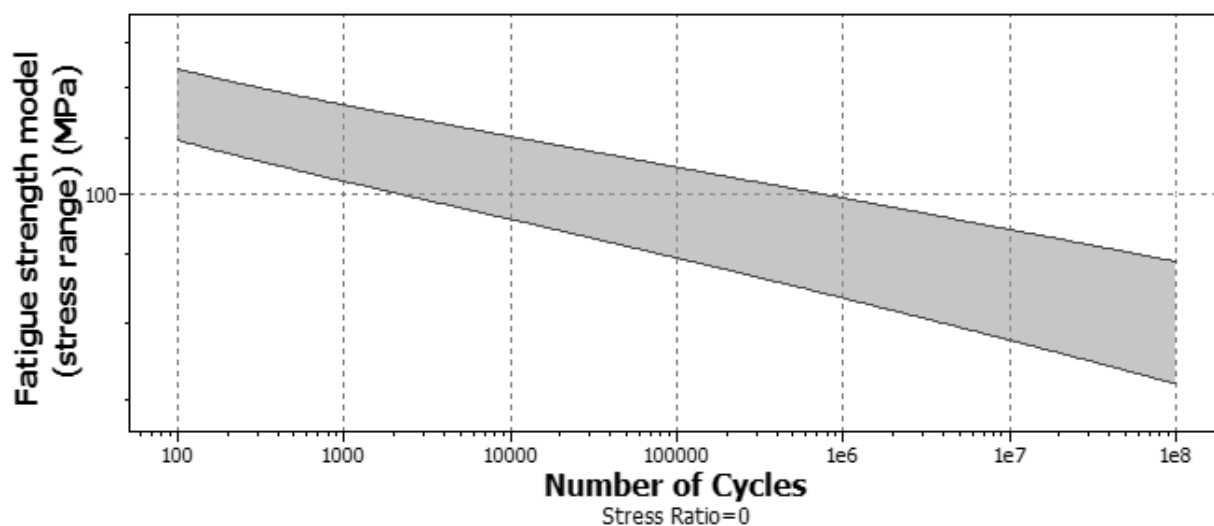
Prix : 1,67 à 1,84 EUR·kg<sup>-1</sup>

#### Propriétés physiques :

Densité : 2,63.10<sup>3</sup> à 2,68.10<sup>3</sup> kg·m<sup>-3</sup>

#### Propriétés mécaniques :

Module d'Young	69,6 à 72,4 GPa
Limite élastique	105 à 116 MPa
Résistance mécanique	241 à 265 MPa
Coefficient de Poisson	0,322 à 0,338
Dureté Vickers	86 à 96 HV
Contrainte de fatigue à 10 <sup>7</sup> cycles	117 à 143 MPa



#### Propriétés thermiques :

Température de fusion	572 à 584 °C
Température maximale en service	150 à 170 °C
Température minimale en service	-273 °C

**Propriétés de fabrication :**

Moulabilité	excellente
Formage à froid	inappropriée
Formage à chaud	inappropriée

**Durabilité :**

Eau (seule)	excellente
Eau (salée)	acceptable

**Énergie de production primaire, CO<sub>2</sub> et eau :**

Énergie, production primaire	184 à 204 MJ·kg <sup>-1</sup>
Empreinte CO <sub>2</sub> , production primaire	10,9 à 12 kg·kg <sup>-1</sup>
Utilisation d'eau	993 à 1,1.10 <sup>3</sup> l·kg <sup>-1</sup>

**Annexe 4 : caractéristiques de l'alliage d'aluminium EN AW-6013 / EN AW-AI Mg1Si0,8CuMn (issues du Logiciel CES)**

**Composition chimique :**

Élément	Al	Cr	Cu	Fe	Mg
Matériau	Aluminium	Chrome	Cuivre	Fer	Magnésium
%	94,8 à 97,8	0 à 0,1	0,6 à 1,1	0 à 0,5	0,8 à 1,2

Élément	Mn	Si	Ti	Zn
Matériau	Manganèse	Silicium	Titane	Zinc
%	0,2 à 0,8	0,6 à 1	0 à 0,1	0 à 0,25

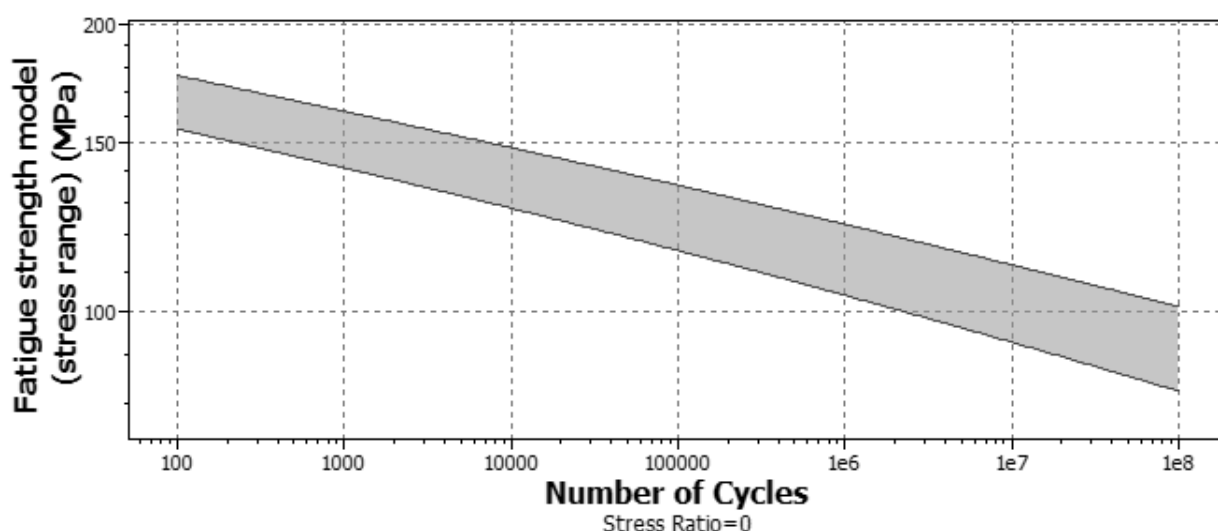
**Prix :** 1,65 à 1,82 EUR·kg<sup>-1</sup>

**Propriétés physiques**

Densité : 2,7.10<sup>3</sup> à 2,73.10<sup>3</sup> kg·m<sup>-3</sup>

**Propriétés mécaniques :**

Module d'Young	68 à 71,5 GPa
Limite élastique	317 à 350 MPa
Résistance mécanique	359 à 397 MPa
Coefficient de Poisson	0,33 à 0,343
Dureté Vickers	142 à 157 HV
Contrainte de fatigue à 10 <sup>7</sup> cycles	130 à 150 MPa



**Propriétés thermiques :**

Température de fusion	522 à 641 °C
Température maximale en service	130 à 150 °C
Température minimale en service	-273 °C

**Propriétés de fabrication :**

Moulabilité	inappropriée
Formage à froid	acceptable
Formage à chaud	acceptable

**Durabilité :**

Eau (seule)	excellente
Eau (salée)	acceptable

**Énergie de production primaire, CO<sub>2</sub> et eau :**

Énergie, production primaire	196 à 216 MJ·kg <sup>-1</sup>
Empreinte CO <sub>2</sub> , production primaire	12 à 13,3 kg·kg <sup>-1</sup>
Utilisation d'eau	1,11.10 <sup>3</sup> à 1,23.10 <sup>3</sup> l·kg <sup>-1</sup>

Nom de famille :

(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Prénom(s) :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Numéro  
Inscription :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Né(e) le :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : ..... Section/S spécialité/Série : .....

Epreuve : ..... Matière : ..... Session : .....

**CONSIGNES**

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

EAE SIM 3

**DR1 et DR2**

**Tous les documents réponses sont à rendre,  
même non complétés.**

**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

DR1 : expression de la signification de la spécification de localisation

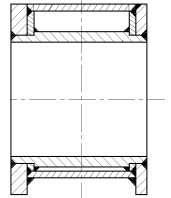
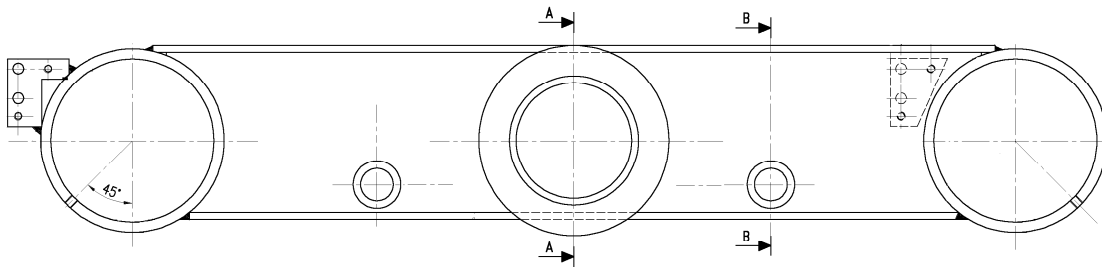
	Éléments Non-idéaux		Éléments Idéaux	
	Élément(s) tolérancé(s)	Élément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance
Type de spécification <input type="checkbox"/> forme <input type="checkbox"/> position <input type="checkbox"/> orientation	<input type="checkbox"/> unique <input type="checkbox"/> groupe	<input type="checkbox"/> unique <input type="checkbox"/> multiples	<input type="checkbox"/> simple <input type="checkbox"/> commune <input type="checkbox"/> système	<b>Situation par rapport aux références spécifiées</b>  description littérale
Schéma de la spécification sur le nominal	description littérale	description littérale	description littérale	description littérale
Expression de la contrainte fonctionnelle associée à cette spécification :				

**DR2 : gamme d'usinage de la traverse**

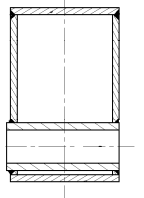
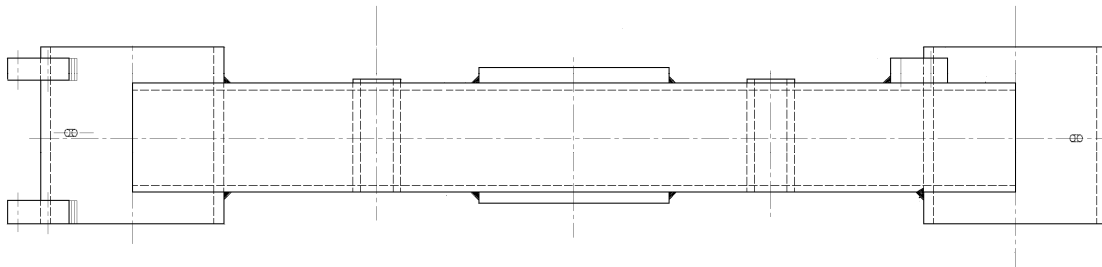
**Phase :**

**Machine-outils :**

**Outils/opérations :**



COUPE A-A

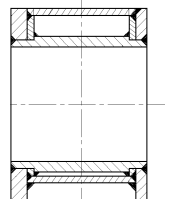
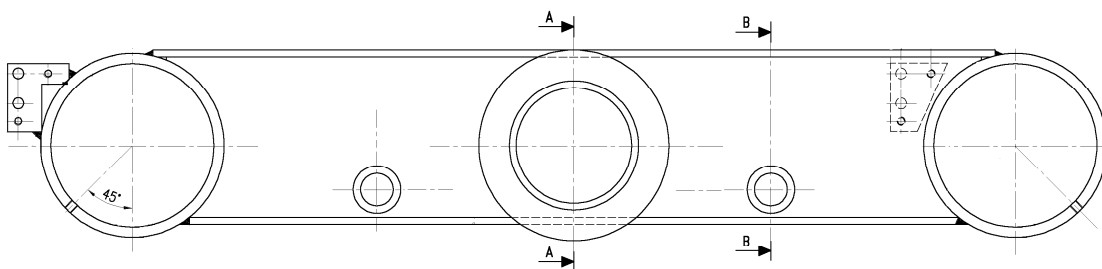


COUPE B-B

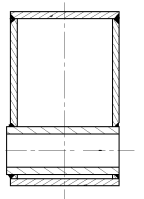
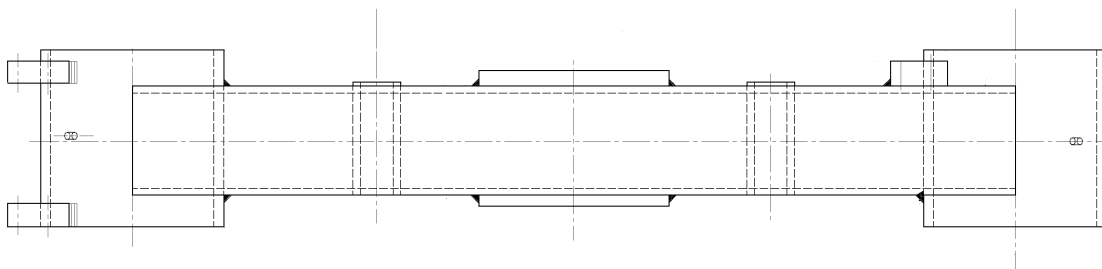
**Phase :**

**Machine-outils :**

**Outils/opérations :**



COUPE A-A



COUPE B-B