Banque PT, France

Session 2020, filière PT

Sciences industrielles B

Durée : 6 heures

Ce que traite le sujet

- Présentation et travail demandé
- Partie I : validation de l'exigence de rentabilité de l'attraction
- Partie II : validation de la sécurité de l'attraction
- Partie III : choix de solution pour l'entraînement en rotation de la nacelle
- Partie IV : conception

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/banque-pt/pt/2020/si-b

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

Epreuve de Sciences Industrielles B

Durée 6 h

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, d'une part il le signale au chef de salle, d'autre part il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

L'usage de calculatrices est interdit.

Aucun document n'est autorisé.

Composition du sujet :

- 1 cahier contenant une description du support de l'étude et le travail demandé (16 pages), et des documents annexes (21 pages) ;
- 1 cahier réponse de 7 pages **à rendre à la fin de l'épreuve.**
- 1 feuille pré-imprimée au format A3 **à rendre à la fin de l'épreuve** ;

Remarque :
Le document annexe S présente un tableau récapitulant les données et les notations principales utilisées dans l'épreuve.

Il est demandé au candidat :

- de formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour répondre aux questions posées ;
- de rédiger tous les calculs en **littéral** avant de faire, si elles sont demandées, les applications numériques ;
- d'**encadrer** les réponses finales.

Matériel autorisé :
Tous les instruments usuels du dessinateur sont autorisés. Les tablettes à dessiner permettant de travailler sur des documents de dimension A3 sont autorisées.

La présentation, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. L'ensemble des réponses sera rédigé sur les documents réponses dans les espaces libres proposés pour chaque question.

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Une attraction nommée AEROBAR

L'AEROBAR est le premier bar aérien au monde, il est également le premier restaurant aérien au monde et a fait l'objet d'un brevet international. L'AEROBAR permet à des passagers d'être assis, les pieds dans le vide à 35 mètres de haut, autour d'un bar et de consommer nourriture et boissons, tout en échangeant avec ses voisins et en admirant le paysage à 360°. L'AEROBAR est actuellement implanté dans plusieurs parcs d'attraction. Le futuroscope a effectué l'acquisition du premier bar aérien en 2013 suivi en 2014 par le parc du Petit Prince (figure 1), puis par Sindiparc au Maroc. A ce jour, 12 exemplaires ont été produits.



Figure 1 – Photo de l'AEROBAR présent au parc du Petit Prince à Ungersheim (France)

1 Cahier des charges partiel associé à l'AEROBAR

L'environnement de l'attraction AEROBAR est présenté à l'aide du diagramme de contexte de la figure 2. Les principales exigences fonctionnelles associées au système AEROBAR étudié sont présentées sur la figure 3.

La présente étude porte essentiellement sur :

- l'exigence 1.1 permettant de préciser certaines contraintes liées à la rentabilité de l'attraction ; les exigences associées à cette exigence exprimée de manière globale sont détaillées spécifiquement en annexe A ;
- l'exigence 1.2 permettant de préciser certaines contraintes liées à la sécurité de l'attraction ; les exigences associées à cette exigence exprimée de manière globale sont détaillées spécifiquement en annexe B ;
- l'exigence 1.3 permettant de préciser certaines contraintes liées au plaisir et aux sensations procurés aux clients de l'attraction ; les exigences associées à cette exigence exprimée de manière globale sont détaillées spécifiquement en annexe C.

Chacun des trois documents annexes A, B, et C présente notamment un certain nombre de critères de dimensionnement et les niveaux qui y sont associés.

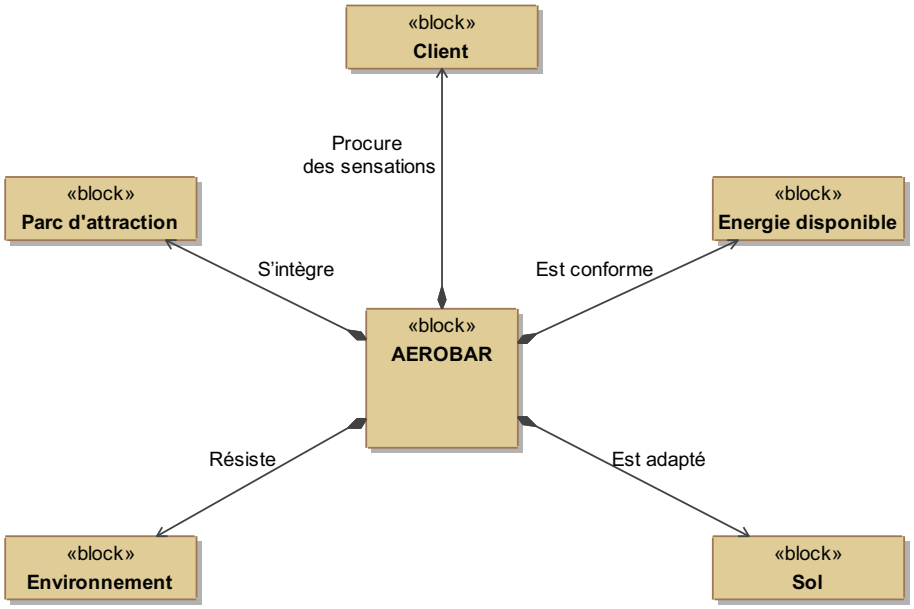


Figure 2 – Diagramme SysML de contexte de l'AEROBAR

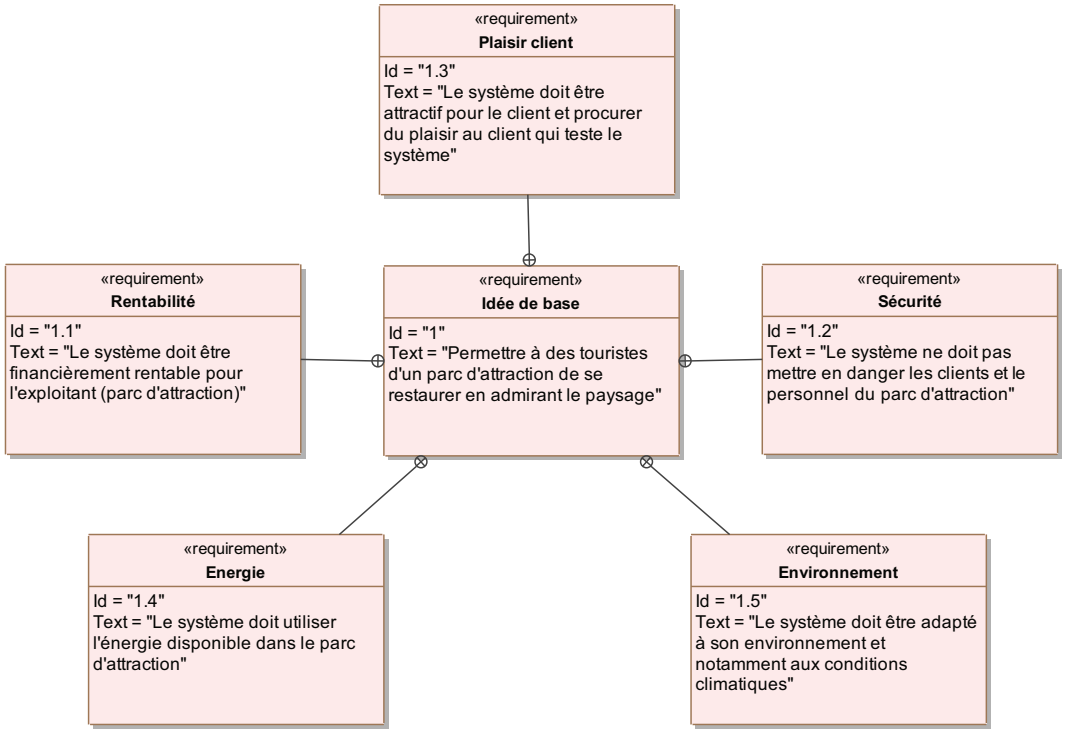


Figure 3 – Diagramme SysML des principales exigences de l'attraction AEROBAR

2 Travail demandé

Travail demandé

Ce sujet comporte quatre parties indépendantes, elles-mêmes constituées de nombreuses questions qui peuvent être traitées séparément :

— la **Partie I** (durée conseillée 45 min) se concentre sur l'exigence de rentabilité de l'attraction ;
— la **Partie II** (durée conseillée 1h15) se concentre sur l'exigence de sécurité de l'attraction ;

Tournez la page S.V.P.

— la **Partie III** (durée conseillée 1h00) se concentre sur la solution d'entrainement en rotation de la nacelle permettant au client de bénéficier d'une vue à 360° ;
— la **Partie IV** (durée conseillée 2h30) se concentre sur la représentation de solutions techniques en accord avec les études précédentes.

Une lecture préalable du sujet complet est vivement conseillée (durée indicative 30 min).

Applications numériques. — Dans le domaine des Sciences Industrielles, le fait de savoir calculer et analyser les valeurs des grandeurs utiles au dimensionnement est aussi important que celui de savoir déterminer leurs expressions littérales. C'est pourquoi, **une attention toute particulière sera accordée à la réalisation des applications numériques**.

Pour réaliser celles-ci sans l'usage d'une calculatrice, le candidat pourra faire des approximations de bon sens, qui conduiront éventuellement à une erreur relative de quelques pourcents sur le résultat final, tolérée par le correcteur.

PARTIE

Validation de l'exigence de rentabilité de l'attraction

Objectif. — Dans cette partie, on souhaite vérifier que l'exigence 1.1 de rentabilité de l'attraction est satisfaite. Plus précisément, il est question de vérifier que la solution technique envisagée pour faire monter et descendre la nacelle permet de respecter un temps de cycle donné.

Un cycle, de durée totale notée T_c, comprend les étapes suivantes :

— installation des clients dans la nacelle en position basse : $T_c^1 = 2\ min$;

— élévation de la nacelle de la position basse à la position haute : T_c^2 à déterminer ;

— stationnement de la nacelle en position haute et rotation sur elle-même : $T_c^3 = 5\ min$;

— descente de la nacelle de la position haute à la position basse : T_c^4 à déterminer ;

— évacuation des clients de la nacelle en position basse : $T_c^5 = 1\ min$.

La nacelle est équipée de N_p places pour les clients. La durée standard d'exploitation durant une journée est de $T_{exp} = 12\ h$. L'objectif de l'exploitant est de pouvoir installer N_j clients dans une journée d'exploitation.

I.1 — Contraintes cinématiques imposées par l'exigence 1.1

Question 1 Donner l'expression du nombre de cycles $N_{c,h}$ à réaliser en une heure d'exploitation pour satisfaire l'exigence liée au nombre de clients ; donner en conséquence l'expression du temps de cycle T_c en heures ; les réponses seront données en fonction de N_j, N_p, T_{exp} ; donner la valeur numérique de $N_{c,h}$ et la valeur de T_c en minutes.

On considère que les temps d'élévation et de descente de la nacelle sont identiques, c'est-à-dire : $T_c^2 = T_c^4$. On note ce temps T_c^e dans la suite.

Question 2 Donner l'expression de T_c^e en fonction de T_c, T_c^1, T_c^3, T_c^5 ; effectuer l'application numérique donnant T_c^e en minutes.

On souhaite maintenant choisir une motorisation et une transmission qui permettent d'atteindre cet objectif. L'ensemble de cette transmission est visible sur le schéma proposé en annexe D. Sur chacun des trois mâts, la transmission est composée d'un moteur dont la vitesse de rotation nominale est ω_{mot}^e et d'un réducteur dont le rapport de réduction est noté $i^e > 1$. Ce réducteur entraîne en rotation un treuil sur lequel est enroulé un câble. Le rayon d'enroulement est supposé constant et noté R^e. Le câble passe par une poulie disposée en haut du mât et est considéré solidaire d'un des trois bras de la nacelle. Cette attache sera étudiée dans une autre partie du sujet. La hauteur sur laquelle la nacelle doit s'élever est notée H^e.

Question 3 Exprimer la vitesse d'élévation V de la nacelle est fonction de ω_{mot}^e, i^e, R^e.

Pour des raisons de confort des clients, la mise en mouvement de la nacelle doit se faire progressivement, tout comme sa mise à l'arrêt. Lors de la montée, le profil de vitesse retenu pour la nacelle est présenté sur l'annexe E. Il serait de la même forme dans la phase de descente de la nacelle.

Question 4 Donner l'expression de la vitesse en régime permanent V^e en fonction de H^e, τ^e et T_c^e puis effectuer l'application numérique (unité S.I.) ; exprimer le rapport de réduction i^e permettant d'obtenir cette vitesse V^e en régime permanent pour un régime moteur donné ω_{mot}^e, en fonction de ω_{mot}^e, H^e, R^e, τ^e et T_c^e .

Tournez la page S.V.P.

I.2 — Choix de composants pour la motorisation et la transmission

Le moteur retenu pour entraîner le réducteur et le treuil est à choisir dans le catalogue SEW. Le choix se porte vers une machine alimentée en 380V, à 50 Hz, et à 4 pôles. Les caractéristiques des moteurs disponibles sont fournies en annexe F. Tous les moteurs ayant une vitesse de rotation nominale similaire, on retiendra dans la suite $\omega^e_{mot} = 1470\ tr.min^{-1}$. L'accélération de la pesanteur est classiquement notée g. Dans la suite, on note M_n la masse de la nacelle sans passager et m_p la masse d'un passager. On rappelle que $N_p + 1$ passagers sont installés dans la nacelle : N_p clients et un barman. Les valeurs numériques associées sont fournies en annexe S.

Question 5 Donner l'expression de l'effort de traction dans **un** câble en fonction de M_n, m_p, N_p et g ; effectuer l'application numérique ; donner l'expression du couple C_r à transmettre en sortie du réducteur en fonction de F_c et R^e ; effectuer l'application numérique en $N.m$.

Question 6 Le rendement de la chaîne de transmission est noté $\eta^e = 0.85$. Donner l'expression de la puissance motrice nécessaire au niveau d'un actionneur, en régime permanent, notée P^e_m, en fonction de F_c, η^e et V^e puis effectuer l'application numérique ; proposer la référence de moteur la plus compacte permettant de satisfaire ce besoin en puissance.

Une gamme de réducteurs est fournie en annexe G ainsi que la démarche de choix proposée par le constructeur. On souhaite choisir un réducteur en accord avec l'exigence liée au temps de cycle T_c. Par ailleurs, le constructeur de l'attraction prévoit une maintenance de la transmission tous les N_{jours} d'exploitation. Enfin, pour le choix du réducteur, on prendra $K_A = 1.1$ étant donné le domaine d'application, le nombre d'heures de fonctionnement par jour, et la cadence de démarrage raisonnable.

Question 7 Exprimer la durée de fonctionnement h_r en heures d'un réducteur correspondant au nombre de jours d'exploitation souhaités entre deux maintenances en fonction de N_{jours}, T^e_c, $N_{c,h}$, T_{exp} ; effectuer l'application numérique donnant le facteur de durée f_{h2} (voir annexe G) ; donner la valeur numérique du rapport de réduction i^e permettant d'avoir la bonne vitesse d'élévation pour le régime moteur nominal ; donner la référence d'un réducteur et le rapport de réduction associé permettant de respecter les temps de montée et de descente souhaités, capable de transmettre le couple nécessaire à l'élévation, et compatible avec la fréquence de maintenance souhaitée ; justifier le choix.

PARTIE II

Validation de la sécurité de l'attraction

Objectif. — Dans cette partie, on souhaite valider partiellement les exigences liées à la sécurité de l'attraction. On se limite à l'exigence 1.2.1.2. Il s'agit de valider le principe de fonctionnement et la résistance d'un dispositif mécanique permettant d'assurer la sécurité des passagers lorsqu'un câble entraînant la nacelle se rompt accidentellement.

II.1 — Temps de réponse du système anti-chute

Dans le cas où l'un des câbles tractant la nacelle cède, un système de sécurité doit permettre de bloquer la nacelle afin d'éviter qu'elle ne s'écrase sur le sol avec ses occupants. Pour cela un système antichute est intégré à chacune des attaches du câble sur la nacelle. Le principe de fonctionnement du système antichute, ainsi que les différents solides qui le constituent, sont présentés en annexe H.

Le solide (S_4), appelé tirant et lié à l'extrémité du câble de traction, est en liaison glissière d'axe $\vec{j} = \vec{z}$ (direction verticale ascendante) avec la nacelle (S_1). Le crochet (S_5) est en liaison pivot d'axe $(A, \vec{k})$ avec la nacelle (S_1). La bielle (S_6) est en liaison rotule de centre B avec le crochet (S_5) et en liaison rotule de centre C avec le tirant (S_4). La nacelle mobile (S_1) est en liaison glissière d'axe $\vec{j} = \vec{z}$ avec le bâti (0). Enfin, un composant élastique (R_{15}) est inséré entre le crochet (S_5) et la nacelle (S_1). Il s'agit d'un ressort de torsion placé au niveau de la liaison pivot entre les deux solides.

En phase de traction normale, un effort $F_c\vec{z}$ est imposé sur le tirant (S_4). La bielle (S_6) transmet cet effort au crochet (S_5) qui pivote, en déformant le composant élastique installé, et en entraînant ensuite la nacelle (S_1). Cette configuration est représentée sur la figure H.14(a) de l'annexe H. En cas de rupture du câble, l'effort F_c s'annule brutalement et l'ensemble du système tend à chuter. Le composant élastique tend à revenir à sa configuration libre et ramène le crochet (S_5) dans une configuration telle que (S_5) devienne approximativement parallèle à $\vec{i}$. L'extrémité du crochet (S_5) peut alors venir se loger dans une des encoches prévue sur le bâti et l'autre extrémité du crochet (S_5) se place en appui sur la nacelle (S_1) ce qui stoppera la chute. Cette configuration est représentée sur la figure H.14(b) de l'annexe H. L'objectif de cette étude est :

- d'estimer le temps que met le crochet (S_5) à se placer dans une position suffisamment parallèle à $\vec{i}$ pour accrocher une encoche présente sur le bâti ;
- d'estimer l'énergie cinétique de la nacelle au moment de cette accroche ;
- de dimensionner le crochet afin qu'il résiste au choc.

De ce fait, les liaisons ponctuelles entre (S_5) et (0) et entre (S_5) et (S_1) ne seront pas prises en compte dans la modélisation puisqu'elles ne sont pas présentes dans la phase transitoire étudiée.

L'objectif de ce prédimensionnement est de minimiser l'énergie cinétique à absorber dans le système lorsque les crochets (S_5) vont se positionner dans les encoches du bâti. Pour cela, il faut à la fois étudier la dynamique de la nacelle et la dynamique du crochet.

On se place dans le cas défavorable où les trois câbles se rompent au même moment, ce qui permet de considérer que la nacelle conserve un mouvement de translation verticale. On place l'origine des temps $t = 0$ au moment où les câbles cassent. À ce moment là, la nacelle à une vitesse d'élévation normale notée $v(0) = V^e$. Dans la suite, sa position sera notée $z(t)$ et repérée par rapport à cette position particulière. On a donc $z(0) = 0$. On considère que la seule action mécanique s'exerçant sur la nacelle est son poids propre ainsi que celui de ses passagers. Les actions du système antichute sur la nacelle durant la phase transitoire sont négligées. Les frottements dans les liaisons guidant la nacelle sur les différents mâts ou les frottements aérodynamiques sont également négligés.

Tournez la page S.V.P.

Question 8 Après avoir précisé le théorème et l'équation utilisés, donner l'équation différentielle du mouvement de la nacelle en fonction de $v(t)$ et de l'accélération de la pesanteur g.

Question 9 Donner l'expression de $v(t)$ fonction de g et V^e. Donner l'expression de l'altitude $z(t)$ fonction de g et V^e.

Les évolutions de $v(t)$ et $z(t)$ sont données sur les figures 15 et 16 en annexe I pour la vitesse initiale de V^e calculée en partie I. On considère que le crochet ne pourra accrocher une encoche que lorsque la vitesse de la nacelle est négative. On introduit donc t_{inv} le temps d'inversion, temps à partir duquel la nacelle passe d'une vitesse positive à une vitesse négative. La distance entre deux encoches successives est notée p dans la suite. On souhaite que le crochet soit mis en position d'accroche dans un temps suffisamment faible pour que la nacelle ait parcouru, au plus, un pas p vers $-\vec{z}$ (ce point sera vérifié ultérieurement). On introduit donc également $t_{stop} - t_{inv}$ l'intervalle de temps mis par la nacelle à parcourir un pas p entre deux encoches.

Question 10 Donner la valeur de t_{inv} ; donner la valeur de t_{stop} pour $p = 75\ mm$; donner la valeur de t_{stop} pour $p = 100\ mm$.

Quels que soient les résultats précédemment obtenus, on considère ici que la masse de la nacelle équipée de ses passagers est de 5200 kg.

Question 11 Donner la valeur de $v(t_{stop})$ pour $p = 75\ mm$ puis pour $p = 100\ mm$; calculer l'énergie cinétique $E_{c,n}$ de la nacelle au moment de l'accrochage pour $p = 75\ mm$ puis pour $p = 100\ mm$; donner en le justifiant, le pas p le plus intéressant.

On souhaite maintenant estimer le temps que met le crochet à passer en position d'accroche. On rappelle que ce temps doit être inférieur à l'intervalle $t_{stop} - t_{inv}$. La figure 18 de l'annexe J présente le système antichute dans une configuration intermédiaire aux deux états présentés en annexe H.

Question 12 Proposer une fermeture géométrique permettant à terme d'obtenir le lien entre la position λ_t et l'angle θ_c.

La fermeture géométrique précédente permet d'obtenir une relation de la forme suivante :

$$2K_C \cos(\theta_c) + 2K_S \sin(\theta_c) = K_0 \tag{II.1}$$

où K_C, K_S et K_0 sont des fonctions des paramètres géométriques δ_n, l_b, l_c et du paramètre λ_t.

On propose, pour simplifier l'étude dynamique qui suit, de linéariser la dépendance de λ_t à θ_c. Un développement à l'ordre 1 pour θ_c petit permet de trouver :

$$\lambda_t \approx l_c \theta_c + K_t \tag{II.2}$$

où K_t est une constante que l'on n'explicitera pas ici. On fait également l'hypothèse que la bielle (S_6) ne joue que le rôle de transmetteur d'effort entre le tirant (S_4) et le crochet (S_5). Sa masse et son inertie sont suffisamment faibles pour ne pas contribuer significativement à l'énergie cinétique du système étudié. Sa masse est suffisamment faible pour que son poids puisse être négligé également.

Le centre de gravité du crochet (S_5) est positionné tel que : $\vec{AG_c} = a_c \vec{u_c}$. Le crochet (S_5) est supposé avoir un moment d'inertie J_c selon l'axe $(G_c, \vec{w_c})$. Sa masse est notée m_c. La masse du tirant (S_4) est notée m_t.

Question 13 Donner l'expression, dans la base $(\vec{u_c}, \vec{v_c})$, de la vitesse du point G_c dans le mouvement du crochet (S_5) par rapport à la nacelle supposée fixe ici, en fonction de a_c et $\dot{\theta}_c$; exprimer l'énergie cinétique $E_{c,c}$ du crochet (S_5) en fonction de J_c, m_c, a_c, et $\dot{\theta}_c$.

Question 14 Exprimer l'énergie cinétique $E_{c,t}$ du tirant (S_4) en fonction de m_t, et $\dot{\lambda}_t$; exprimer ensuite une approximation de cette énergie en fonction de m_t, l_c et $\dot{\theta}_c$.

Question 15 Exprimer l'énergie cinétique $E_{c,tcb}$ du système considéré $\{(S_4), (S_5), (S_6)\}$ en fonction de J_c, m_c, m_t, l_c et $\dot{\theta}_c$; en déduire l'expression de l'inertie équivalente du système notée $J_{c,eq}$.

Le système étudié est soumis à l'action de la pesanteur sur (S_4) et (S_5), ainsi qu'au couple de rappel du ressort de torsion (R_{15}) sur (S_5), donné par :

$$C_{(R_{15})\to(S_5)} = -k_{15}(\theta_c - \theta_{c0}) \tag{II.3}$$

Question 16 Exprimer la puissance $P_{p,t}$ de l'action de pesanteur sur le tirant (S_4) en fonction de m_t, g et $\dot{\lambda}_t$; exprimer la puissance $P_{p,c}$ de l'action de pesanteur sur le crochet (S_5) en fonction de m_c, g, a_c, θ_c et $\dot{\theta}_c$; exprimer la puissance $P_{r,c}$ de l'action du ressort (R_{15}) sur le crochet (S_5) en fonction de k_{15}, θ_c, θ_{c0} et $\dot{\theta}_c$.

Question 17 Après avoir explicité le théorème utilisé, déduire des résultats précédents l'équation différentielle de mouvement du crochet (S_5) en fonction de $\ddot{\theta}_c$, θ_c, θ_{c0}, k_{15}, l_c, a_c, m_t, m_c, $J_{c,eq}$ et g.

L'équation obtenue étant non linéaire, on propose de la résoudre numériquement. L'évolution de l'angle θ_c fonction du temps est fournie sur la figure 17 en annexe I.

Question 18 Au bout de combien de temps Δt_c après la rupture des câbles le crochet est-il susceptible d'entrer dans une encoche ? Le système antichute peut-il fonctionner comme espéré ?

II.2 — Résistance mécanique du système antichute

L'objectif de cette partie est de définir la section du crochet afin que celui-ci puisse supporter les efforts engendrés par le blocage de la nacelle alors que celle-ci est en train de tomber. Dans la suite, quels que soient les résultats obtenus précédemment, on considère que l'énergie cinétique à absorber lors du choc par un système antichute est de $E_c = 1275\ J$. Afin de limiter les chocs subis par les passagers, et le système lui-même, la liaison ponctuelle entre le crochet et la nacelle (voir figure H.14(b) en annexe H) est remplacée par un appui élastique de raideur K_r supposé non préchargé.

On considère que le crochet sera le plus sollicité lorsque toute l'énergie cinétique sera transférée, sous forme d'énergie potentielle élastique, dans le composant élastique.

Question 19 Dans cette situation, exprimer la longueur Δx dont le composant élastique doit être comprimée en fonction de K_r et E_c.

Pour réaliser l'appui élastique, on souhaite utiliser un empilement de rondelles élastiques dont les caractéristiques géométriques sont fournies sur la figure 19 en annexe K. Le comportement de ce type de rondelle élastique peut être légèrement non linéaire mais on l'approximera par un comportement linéaire dans la suite afin de simplifier l'étude. Comme montré en figure 21, les rondelles, supposées identiques, peuvent être montées en parallèle ou en série. Des sous-assemblages de rondelles montées en parallèles peuvent également ensuite être montés en série. On introduit donc :

— n_p : le nombre de paquets montés en série ;
— $n_{r/p}$: le nombre de rondelles montées en parallèle dans chaque paquet.

Question 20 Exprimer la raideur K_r d'un empilement composé de n_p paquets de $n_{r/p}$ rondelles par paquet en fonction de k_r, n_p, et $n_{r/p}$; exprimer l'écrasement maximal Δx^{max} que peut subir l'assemblage en fonction de n_p et de la hauteur h_0 dont une rondelle peut s'écraser ; exprimer la raideur k_r d'une rondelle à partir de l'effort F^{max} qui conduit à son écrasement total et de la hauteur h_0.

On considère que l'empilement constitué doit être comprimé d'une longueur $\Delta x = \alpha \Delta x^{max}$ avec $\alpha < 1$. Le coefficient α peut être vu comme une marge, et on retiendra $\alpha = 0.9$ pour les applications numériques. On propose d'utiliser une rondelle de dimensions $D_e = 150\ mm$, $D_i = 71\ mm$, $e = 6\ mm$ dont le comportement est fourni sur la figure 20 en annexe K.

Question 21 Déduire de la question précédente l'expression du produit $n_p n_{r/p}$ caractérisant l'assemblage à choisir en fonction de E_c, h_0, F^{max}, α ; pour la rondelle choisie, donner la valeur du produit $n_p n_{r/p}$ qui convient puis proposer un choix pour les entiers n_r et $n_{r/p}$ permettant de minimiser l'effort imposé au crochet et d'obtenir une hauteur totale de l'empilement inférieure à $110mm$; en déduire enfin la valeur numérique de l'effort maximal P_r imposé par le composant élastique au crochet (S_5).

Etant donné son élancement, le crochet est assimilé à une poutre droite de longueur L_c. Les conditions aux limites et le chargement sont déduits de l'analyse de la figure H.14(b) en annexe H. En $x = 0$ (point E), le crochet est supposé appuyé dans une encoche. En $x = d_c$ (point A), le crochet est articulé par rapport à la nacelle. Enfin, en $x = L_c$ (point D), le crochet est sollicité par l'effort P_r provenant de l'appui élastique. Le problème ainsi modélisé est présenté sur la figure 22 en annexe L. La section du crochet est supposée rectangulaire de hauteur h_c et de largeur b_c comme indiqué sur la figure 23.

On note Y_E l'action du bâti sur la poutre en E et X_A, Y_A, les actions du bâti sur la poutre en A.

Question 22 Après avoir précisé le théorème utilisé, exprimer les inconnues de liaison Y_E, X_A, Y_A en fonction de P_r, L_c, d_c.

La forme générale du torseur des efforts intérieurs (actions de la partie (P^+) de la poutre sur la partie (P^-)) est notée :

$$\left\{\mathcal{T}_{P^+\to P^-}\right\} = \left\{\begin{matrix} N & M_t \\ T_y & M_{fy} \\ T_z & M_{fz} \end{matrix}\right\}_{G,\vec{x},\vec{y},\vec{z}} \tag{II.4}$$

Question 23 Sans réaliser les calculs donnant les expressions des efforts intérieurs, indiquer les types de sollicitations présentes dans la poutre.

Question 24 Exprimer les moments fléchissants $M_{fz,1}$ sur le tronçon $x \in [0\ d_c]$ puis $M_{fz,2}$ sur le tronçon $x \in [d_c\ L_c]$ en fonction de L_c, d_c, P_r et x ; en déduire l'abscisse x pour laquelle le moment fléchissant est maximal et donner l'expression du moment maximal $M_{fz,max}$.

Question 25 Donner l'expression du moment quadratique I_{gz} de la section droite par rapport à l'axe $(G, \vec{z}_c)$ en fonction de b_c et h_c. Exprimer la contrainte normale maximale en fonction de L_c, d_c, P_r, h_c et b_c.

Le matériau utilisé pour réaliser le crochet est un acier de limite élastique $\sigma_e = 400\ MPa$. On souhaite par ailleurs avoir un coefficient de sécurité $s_c = 1.5$. Pour des raisons d'encombrement, la largeur du crochet est fixée à $b_c = 60\ mm$. Quels que soient les résultats trouvés précédemment, on prendra $P_r = 100000\ N$ pour réaliser l'application numérique.

Question 26 Exprimer la hauteur h_c permettant de garantir la résistance du crochet dans la section la plus sollicitée en fonction de L_c, d_c, P_r, b_c, s_c et σ_e ; effectuer l'application numérique à partir des données fournies en annexe S.

PARTIE III

Choix de solution pour l'entraînement en rotation de la nacelle

Objectif. — Dans cette partie, on souhaite définir les caractéristiques d'une motorisation et d'une transmission apte à entraîner en rotation la nacelle selon les spécifications décrites dans les diagrammes des exigences fournis en annexe A et C.

La nacelle (S_1) dont on a précédemment étudié l'élévation par rapport au sol est en fait composée de deux ensembles principaux :

— une nacelle fixe désignée dans la suite par (S_1^f) ;

— une nacelle mobile désignée dans la suite par (S_1^m) montée en liaison pivot d'axe $(O, \vec{z}_0)$ avec la nacelle fixe (S_1^f).

Selon l'exigence 1.3.1.2 du cahier des charges, la nacelle mobile doit être motorisée afin de permettre aux clients d'admirer la vue à 360° lors du stationnement en position haute. On considère dans l'étude qu'elle peut réaliser N_s tours, N_s étant un entier. Par ailleurs, l'exigence 1.1.4.2 impose une durée de stationnement de $T_s = 5\ min$. Enfin, l'exigence 1.3.3.2 impose une accélération angulaire raisonnable pour ne pas secouer les clients lors de la mise en rotation ou de l'arrêt.

La solution retenue pour entrainer la nacelle en rotation est présentée en annexe M, sur la figure 24. Une roue motorisée (S_3) est en contact en I avec la nacelle fixe (S_1^f). Le pneumatique équipant cette roue est supposé suffisamment gonflé pour pouvoir être considéré indéformable et de rayon constant r_3. La roue (S_3) est en liaison pivot d'axe $(B, \vec{z}_0)$ avec le basculeur (S_2). Le basculeur (S_2) est lui même en liaison pivot d'axe $(A, \vec{z}_0)$ avec la nacelle mobile (S_1^m). Enfin, un ressort de compression (R_{12}) placé entre le basculeur (S_2) et la nacelle mobile (S_1^m) vient plaquer la roue (S_3) contre la nacelle fixe (S_1^f).

III.1 — Validation de l'exigence 1.3.1.2

Dans cette partie, on considère que la roue (S_3) est en contact permanent avec la nacelle fixe (S_1^f) au point I. On note $\vec{\Omega}_{(S_1^m)/(S_1^f)} = \dot{\theta}_1^m \vec{z}_0$ la vitesse angulaire de la nacelle mobile (S_1^m) relativement à la nacelle fixe (S_1^f). On note également $\vec{\Omega}_{(S_3)/(S_2)} = \dot{\theta}_3 \vec{z}_0$ la vitesse angulaire de la roue (S_3) par rapport au basculeur (S_2).

Question 27 Ecrire la condition de roulement sans glissement entre la roue d'entrainement (S_3) et le fût de la nacelle fixe (S_1^f). En déduire l'expression de la vitesse angulaire $\dot{\theta}_1^m$ en fonction de la vitesse angulaire $\dot{\theta}_3$, et des dimensions r_3 et R_1.

On note ω_{mot}^r la vitesse angulaire du moteur électrique entraînant la roue (S_3). Ce moteur est accouplé à un réducteur de rapport i^r dont la sortie entraîne la roue (S_3). On note plus précisément : $i^r = \omega_{mot}^r / \dot{\theta}_3$.

Le moteur utilisé pour entraîner la roue est de marque SEW et de type DFR63M4. La puissance nominale est 180 W. Le couple nominal est de 1.31 $N.m$. Le régime nominal est de 1320 $tr.min^{-1}$. Pour satisfaire l'exigence liée à la vitesse de rotation de la nacelle, on souhaite choisir un réducteur de type cyclo dans le catalogue Sumitomo. Une synthèse des différents rapports de réduction disponibles est fournie en annexe N. Le réducteur choisi possède deux étages de réduction et a un rapport de réduction $i^r = 1225$. On fait pour le moment l'hypothèse que la vitesse de rotation de la nacelle est constante durant la phase de stationnement. Avec la motorisation et le réducteur retenus, la valeur numérique de la vitesse de rotation de la nacelle (S_1^m) est alors de 0.21 $tr.min^{-1}$.

Tournez la page S.V.P.

Question 28 Pour le choix de motorisation et de réducteur réalisés, donner le nombre de tours N_s que peut réaliser la nacelle mobile (S_1^m) pendant la durée de stationnement T_s ; ce choix permet-il de satisfaire l'exigence 1.3.1.2 ?

III.2 — Validation de l'exigence 1.3.3.2

On considère maintenant que la vitesse angulaire $\dot{\theta}_1$ de la nacelle mobile suit le profil donné en annexe O, figure 27. Dans cette partie, on cherche à vérifier que le motoréducteur retenu dans la partie précédente ne conduira pas à des glissements répétés au contact entre la roue (S_3) et la nacelle fixe (S_1^f) et à une usure rapide du pneumatique.

On considère que dans la position décrite en annexe M sur la figure 24, le ressort (R_{12}) exerce un effort $\vec{F}_r = F_r\vec{y}_0$ sur le basculeur (S_2) au point C. On modélise le frottement au contact entre la roue (S_3) et la nacelle fixe (S_1^f) par les lois de Coulomb. On note μ_{13} le coefficient de frottement associé à ce modèle. Au contact en I, l'effort de la nacelle fixe (S_1^f) sur la roue (S_3) est noté $\vec{R}_{1\to3} = -N_{13}\vec{u}_0 - \varepsilon_{13}T_{13}\vec{v}_0$. L'effort normal de contact N_{13} et l'effort tangentiel T_{13} sont des quantités positives : $N_{13} \geq 0$ et $T_{13} \geq 0$. Dans cette expression, $\varepsilon_{13} = \pm 1$ permet d'orienter l'effort tangentiel T_{13} selon $+\vec{v}_0$ ou $-\vec{v}_0$. L'objectif de l'étude qui suit étant d'estimer le risque de glissement entre la roue (S_3) et la nacelle fixe (S_1^f), on se place à la limite du glissement au contact en I.

Afin de mettre en rotation la nacelle mobile (S_1^m) par l'intermédiaire de la roue (S_3), un couple moteur sera imposé à la roue (S_3), noté $C_3\vec{z}_0$.

Question 29 Sur les deux figures prévues à cet effet dans le cahier réponse, représenter les vecteurs $-N_{13}\vec{u}_0$ et $-\varepsilon_{13}T_{13}\vec{v}_0$ dans le cas où $C_3 > 0$ puis dans le cas où $C_3 < 0$; dans le tableau du cahier réponse, indiquer par des croix les valeurs de ε_{13} correspondant aux deux signes possibles pour le couple C_3.

Question 30 Préciser le lien entre les quantités N_{13} et T_{13}.

On souhaite trouver une relation entre les efforts T_{13}, N_{13} et F_r uniquement. Pour cela, on propose d'isoler l'ensemble composé de la roue (S_3) et du basculeur (S_2) muni du moto-réducteur.

Question 31 Préciser le théorème utilisé et la projection effectuée pour obtenir l'équation souhaitée ; donner finalement l'expression de T_{13} en fonction de F_r, μ_{13}, ε_{13} et des données géométriques introduites en annexe M : a_2, b_2, r_3, l_2, α_0, θ_2.

On se place dans le cas particulier où le coefficient de frottement μ_{13} est altéré du fait de la présence de salissures (graisse par exemple) au contact de la roue (S_3) et du fût (S_1^f). Dans ce cas, tous calculs faits, on trouve $T_{13} = A_{13}F_r$ avec $A_{13} = 0.33$ pour $C_3 > 0$ et $A_{13} = 0.23$ pour $C_3 < 0$.

On rappelle que l'évolution souhaitée pour la vitesse angulaire $\dot{\theta}_1$ est fournie en annexe O.

Question 32 Quel est le cas le plus défavorable pour choisir le ressort permettant d'imposer F_r ? Justifier la réponse. Dans quel(s) intervalle(s) de temps le risque de glissement au contact entre (S_3) et (S_1^f) est-il le plus important ? Justifier la réponse.

On note J_1 le moment d'inertie selon $\vec{z}$ de la nacelle mobile (S_1^m), en un point de son axe de rotation $(O, \vec{z})$, équipée de ses N_p passagers (le barman ne sera pas comptabilisé puisqu'il est positionné à proximité de l'axe de rotation de la nacelle). On se place dans le cas particulier où tous les passagers ont la même masse m_p. Les passagers sont assis à une distance R_p de l'axe de rotation de la nacelle. Enfin, l'inertie de la structure de la nacelle mobile est notée J_1^s.

Question 33 Exprimer le moment d'inertie J_1 en fonction de J_1^s, R_p, N_p, et m_p. Effectuer l'application numérique.

Question 34 Après avoir précisé l'isolement choisi, le théorème utilisé et la projection réalisée, donner l'expression de l'effort T_{13}^{max} en fonction de J_1, R_1, $\dot{\theta}_1^{max}$ et τ_s ; en déduire l'expression de l'effort F_r à imposer pour ne pas avoir glissement au contact entre la roue (S_3) et la nacelle fixe (S_1^f), en fonction de A_{13}, J_1, R_1, $\dot{\theta}_1^{max}$ et τ_s.

Quels que soient les résultats précédemment obtenus, on prendra $F_r = 150\ N$ comme effort à imposer par le ressort (R_{12}) au basculeur pour ne pas avoir glissement au contact entre la roue (S_3) et la nacelle fixe (S_1^f). On donne en annexe P les caractéristiques de différents ressorts dont les dimensions sont compatibles avec l'encombrement. On souhaite par ailleurs prendre un coefficient de sécurité de $s = 2$.

Question 35 Calculer, pour chaque ressort, la précharge (en millimètres) à installer pour obtenir le comportement souhaité ; indiquer quel ressort convient pour l'application ; indiquer enfin, en le justifiant, quel ressort conduirait à la plus faible sensibilité de T_{13} à une chute de pression du pneumatique équipant la roue (S_3).

PARTIE IV Conception

Objectif. — Dans cette partie de l'étude, il est demandé de définir plusieurs sous-ensembles du mécanisme sur le document pré-imprimé au format A3 fourni avec le sujet. Les éléments pré-imprimés sur ce document sont destinés à faciliter la mise en place des différents composants.

IV.1 — Présentation générale des travaux à effectuer

Le travail de conception porte sur le système permettant d'entraîner la nacelle en rotation. Ce système a été étudié en section III. L'ensemble du système à concevoir s'appuie sur une plaque support qui est elle même vissée sur la platine de fixation représentée sur le figure 4. Cette platine de fixation est quant à elle soudée sur le châssis de la nacelle mobile. Cette figure présente également les structures des nacelles fixe et mobile. Elle fait apparaître la fenêtre dans laquelle la roue motrice vient en contact avec la nacelle fixe comme expliqué en section III.

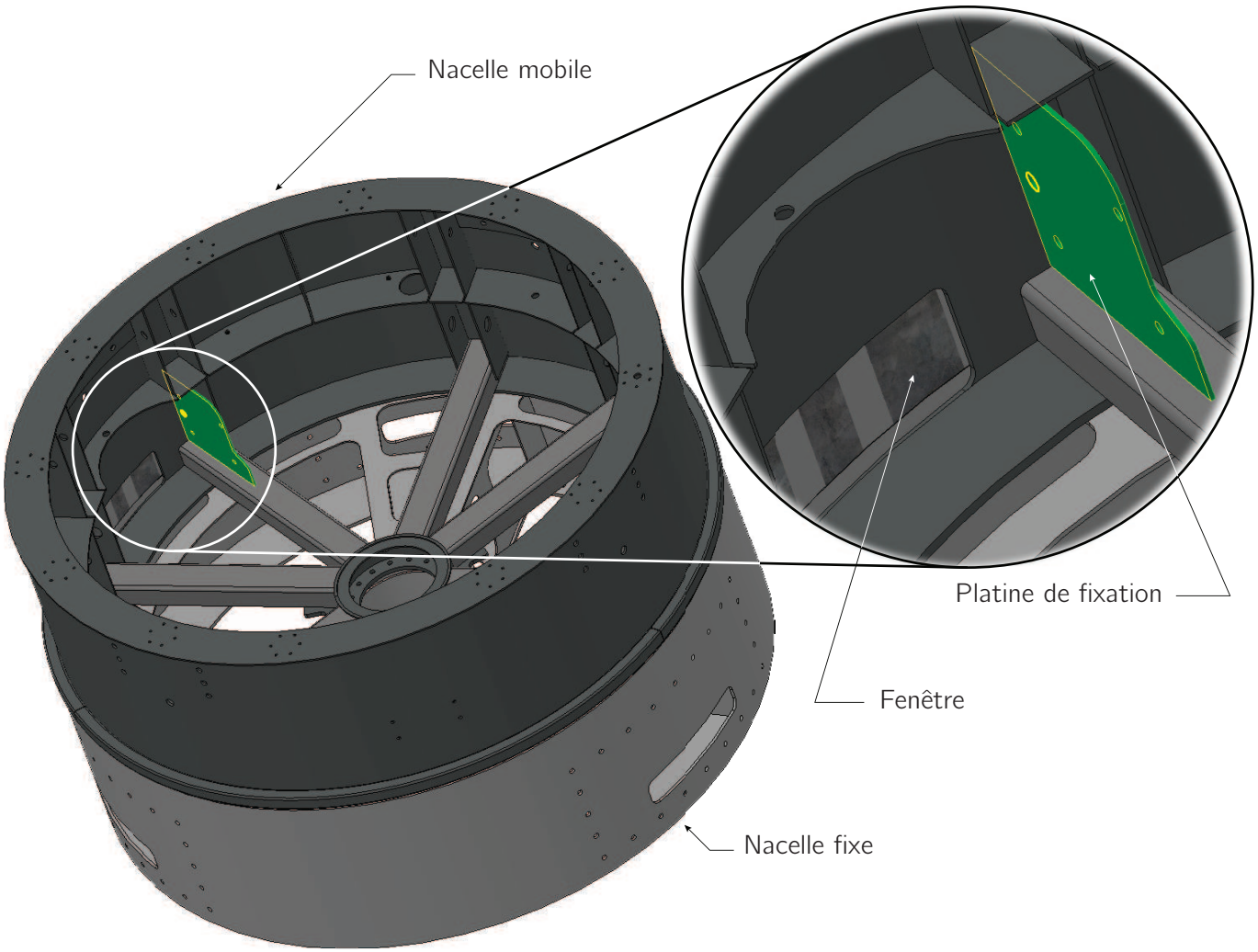


Figure 4 – Structure de la nacelle et localisation des éléments à concevoir

La figure 5 permet de visualiser l'implantation des différents éléments à concevoir. Les travaux à réaliser sont les suivants :

— Conception de la liaison encastrement entre la roue motrice et l'arbre de sortie du réducteur cyclodrive ;
— Conception de la structure mécano-soudée appelée basculeur sur laquelle sera fixé le réducteur ;
— Conception de la structure mécano-soudée liée à la plaque support ;
— Conception du guidage en rotation de l'ensemble basculeur par rapport à l'ensemble mécano-soudé solidaire de la plaque support ;
— Installation du ressort de précharge et d'un système permettant la maintenance.

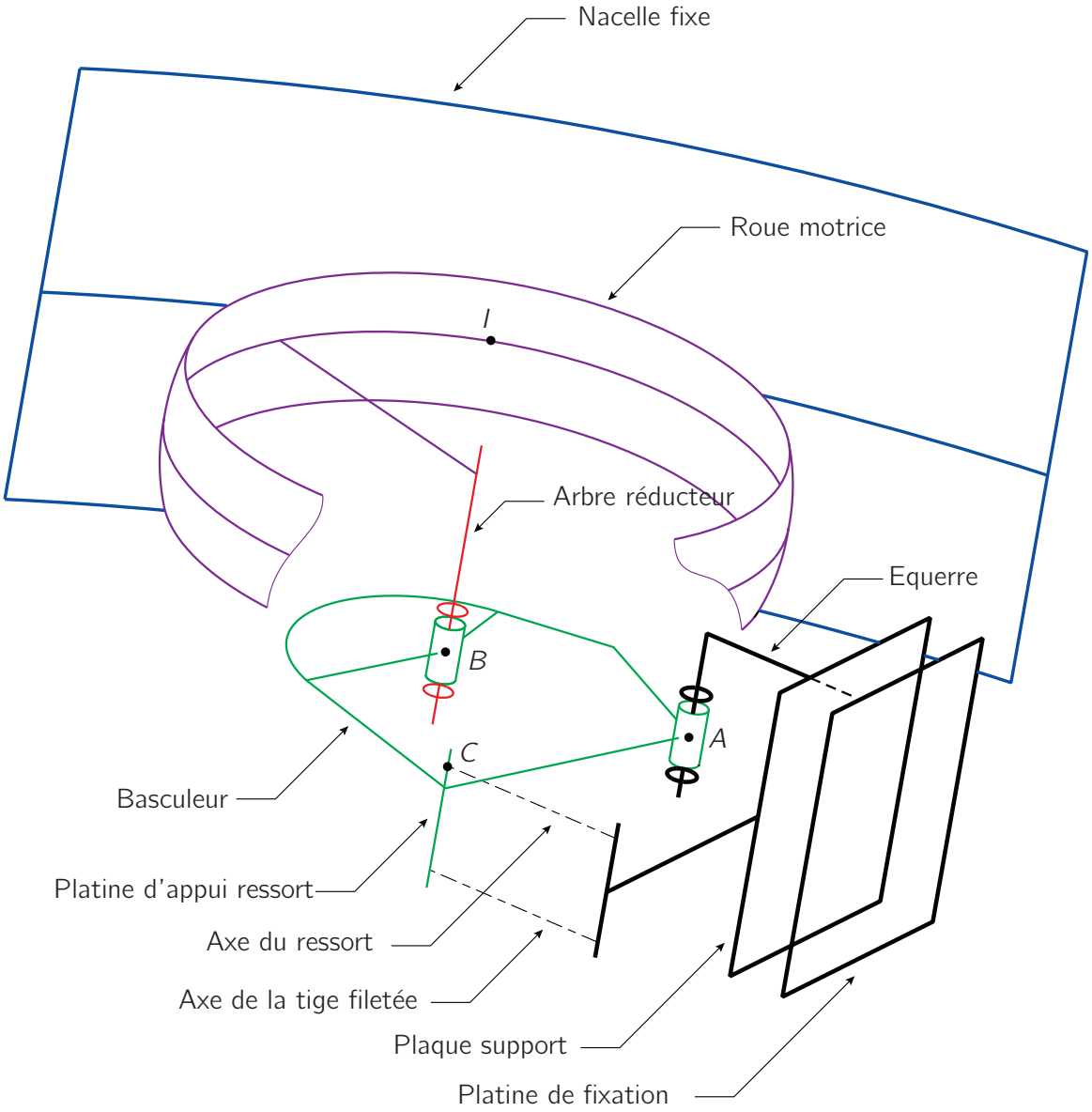


Figure 5 – Schéma de principe montrant l'implantation des différents éléments à concevoir

IV.2 — Consignes spécifiques aux travaux graphiques

On demande aux candidats des dessins qui doivent traduire sans ambiguïté leurs intentions de conception. Pour cela, les candidats sont invités à faire preuve de rigueur dans leur tracé (en particulier, l'utilisation d'une règle ne pourra être que conseillée) et à donner toutes les précisions qu'ils jugeront pertinentes afin de permettre au jury d'évaluer la pertinence de leurs solutions. Les principales conditions fonctionnelles relatives aux liaisons représentées seront clairement indiquées en respectant les règles normalisées AFNOR. Les éléments normalisés

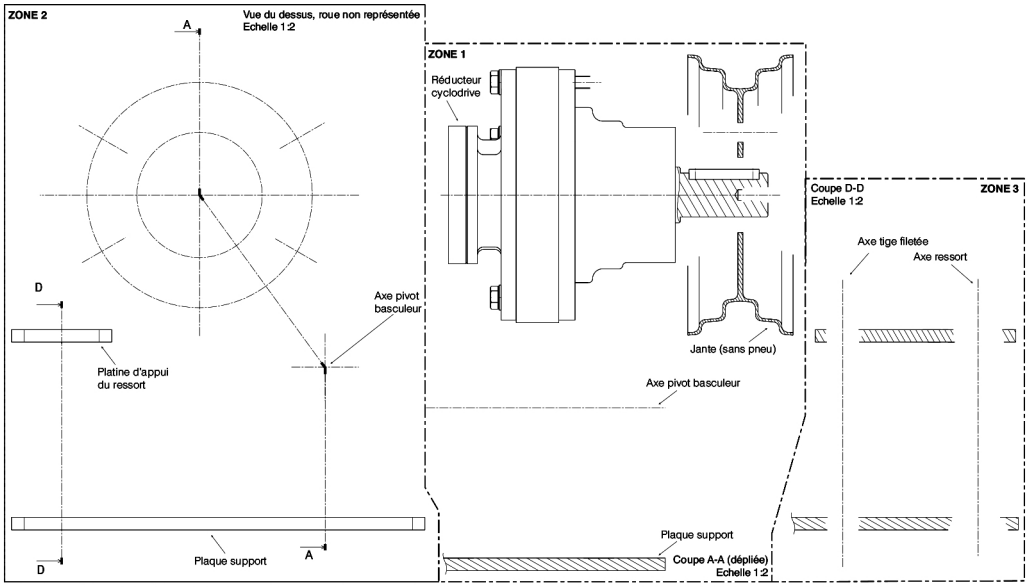


Figure 6 – Mise en page du document pré-imprimé fourni

dessinés par le candidat autres que ceux fournis dans le sujet, seront dessinés approximativement en respectant au mieux leurs proportions.

IV.3 — Conception d'un manchon d'accouplement entre arbre de sortie et roue motrice

L'arbre de sortie du réducteur, partiellement représenté en zone 1, doit être encastré à la jante de la roue motrice. Pour cela, une pièce intermédiaire, appelée manchon, est à concevoir. Cette pièce, usinée dans un brut, doit s'adapter à l'arbre de sortie du réducteur (présence d'une clavette et d'un taraudage M10 à l'extrémité de l'arbre). L'ensemble doit également être démontable pour assurer la maintenance. Cette pièce à concevoir doit également permettre de centrer la jante de la roue motrice et de positionner celle-ci axialement. Le maintien en position est réalisé par 4 boulons M14.

Question 36 Représenter, dans la zone 1 (voir figure 6) du document pré-imprimé fourni, les propositions de solution adaptées aux besoins et recommandations précédents.

IV.4 — Conception du guidage en rotation de l'ensemble basculeur

L'ensemble basculeur, comprenant le réducteur, le moteur (non représenté), la roue motrice, doit être relié à l'ensemble plaque support par une liaison pivot. L'axe de cette liaison pivot est matérialisé en zone 1 du document pré-imprimé fourni. Cette liaison doit être réalisée par deux coussinets à collerette présentés en annexe Q. Les préconisations concernant les éléments de structure environnant cette liaison (basculeur et plaque support) sont fournies à la section IV.5 —.

La solution qu'il est demandé de représenter devra permettre :

— d'assurer la possibilité de maintenance des coussinets ;

— d'autoriser un jeu axial compris entre 0.5 *mm* et 1 *mm*.

Question 37 Représenter, dans la zone 1 (voir figure 6) du document pré-imprimé fourni, les propositions de solution adaptées aux besoins et recommandations précédents.

IV.5 — Conception des ensembles plaque support et basculeur en mécano-soudé

La structure porteuse solidaire de la plaque support, devra être réalisée en mécano-soudé. Des équerres pourront permettre de déporter l'axe de la liaison pivot avec le basculeur, par rapport à la plaque support. De même, l'ensemble basculeur supportant la motorisation, le réducteur, et la roue, devra être réalisé en mécano-soudé. Cette ensemble devra intégrer la platine d'appui du ressort déjà représentée en zone 2. Les plaques d'acier sont disponibles en épaisseur 10 *mm* et 5 *mm*. Le réducteur sera positionné et fixé dans la structure mécano-soudée du basculeur au moyen d'un centrage court, d'un appui plan, et de 6 boulons M10.

Question 38 Représenter, dans les zones 1 et 2 (voir figure 6) du document pré-imprimé fourni, les propositions de solution pour les deux sous-ensembles mécano-soudés. La zone 2 permettra notamment de mettre en évidence les formes retenues pour les deux structures mécano-soudées.

IV.6 — Conception du système de précharge élastique

Le ressort retenu en partie III doit être installé pour plaquer la roue motrice contre le fût solidaire de la nacelle fixe. Un système doit permettre de précontraindre ce ressort afin d'imposer un effort suffisant au contact entre la roue et fût. Le ressort doit également être centré au niveau de ses deux appuis afin d'éviter tout glissement latéral. Enfin, pour les opérations de maintenance, un système à concevoir doit permettre de décoller la roue du fût en comprimant le ressort. Un élément supplémentaire devra être interposé entre le basculeur et la plaque support comme suggéré en annexe R. On pourra utiliser une tige filetée dont l'axe est représenté en zone 3 du document pré-imprimé fourni.

Question 39 Représenter, dans la zone 3 (voir figure 6) du document pré-imprimé fourni, les propositions de solution pour la mise en place du ressort et du système permettant d'assurer la maintenance.

IMPRIMERIE NATIONALE – 20 1108 – D'après documents fournis

Documents annexes
Épreuve de Sciences Industrielles B
Banque PT – 2020

ANNEXE A

Détail des exigences liées à l'exigence 1.1 "Rentabilité"

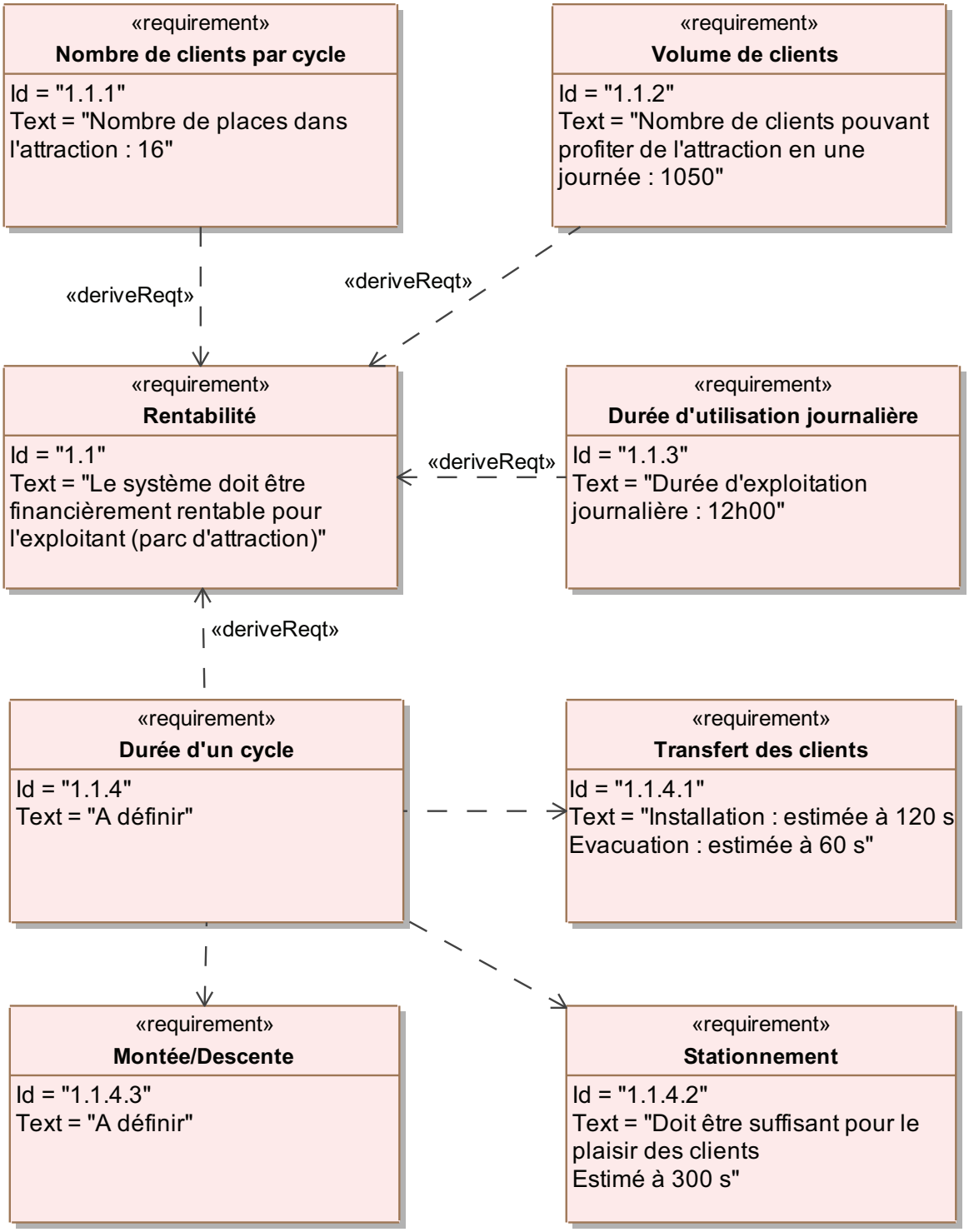


Figure 7 – Diagramme SysML détaillé de l'exigence 1.1 liée à la rentabilité de l'attraction

ANNEXE **B**

Détail des exigences liées à l'exigence 1.2 "Sécurité"

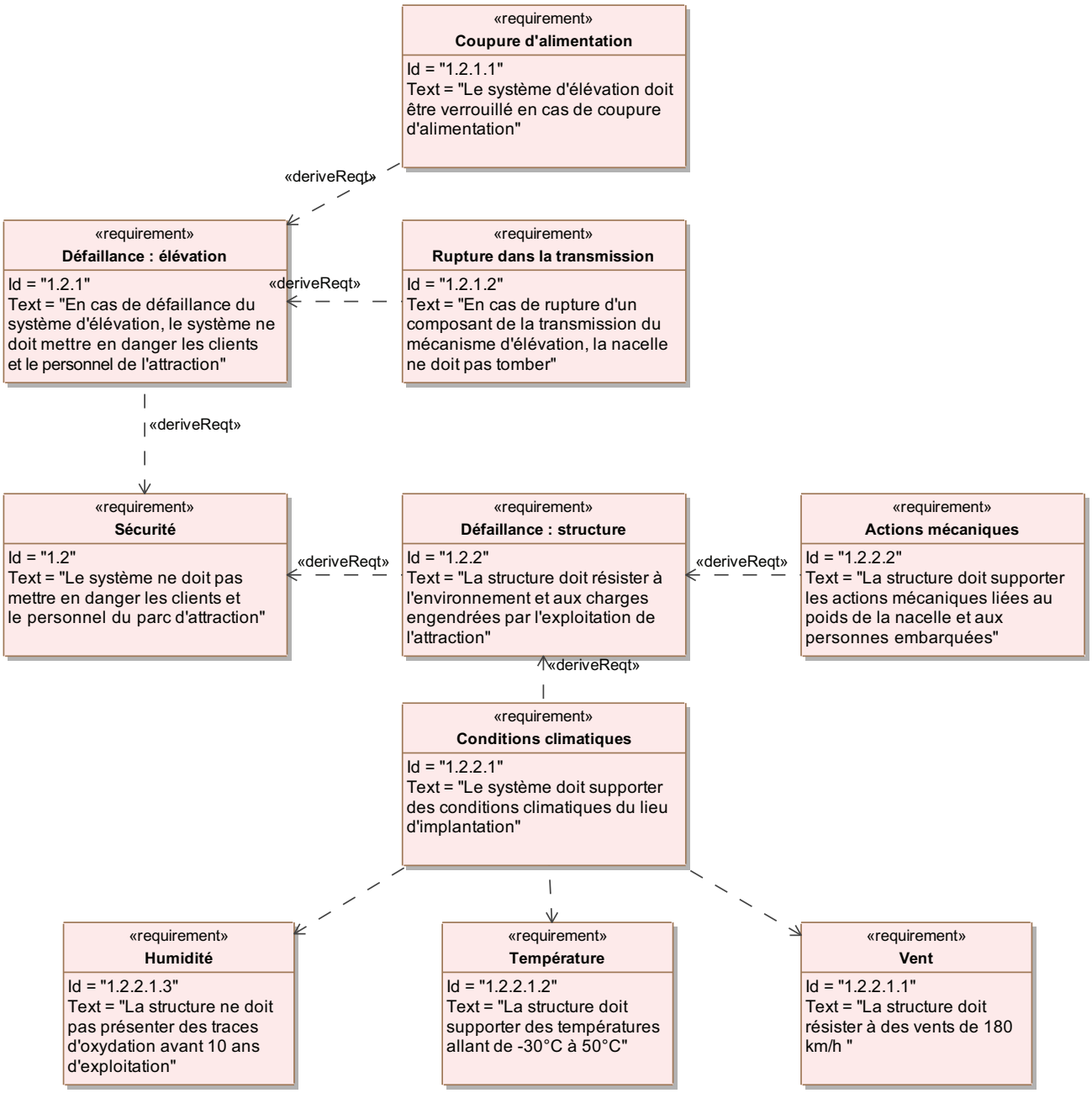


Figure 8 – Diagramme SysML détaillé de l'exigence 1.2 liée à la sécurité de l'attraction

Tournez la page S.V.P.

ANNEXE C

Détail des exigences liées à l'exigence 1.3 "Plaisir client"

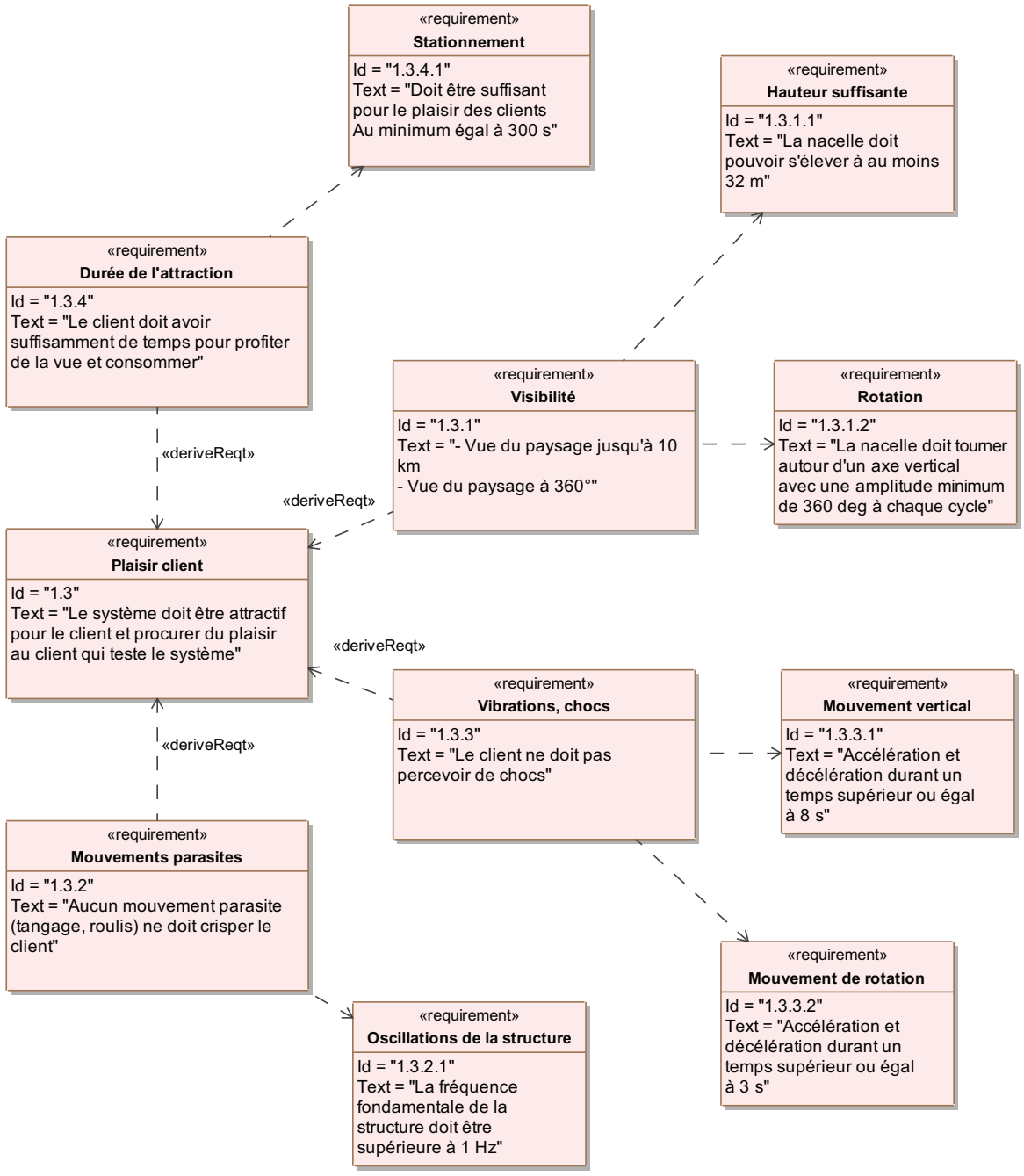


Figure 9 – Diagramme SysML détaillé de l'exigence 1.3 liée au plaisir et sensations procurés par l'attraction

ANNEXE D

Principe d'élévation de la nacelle

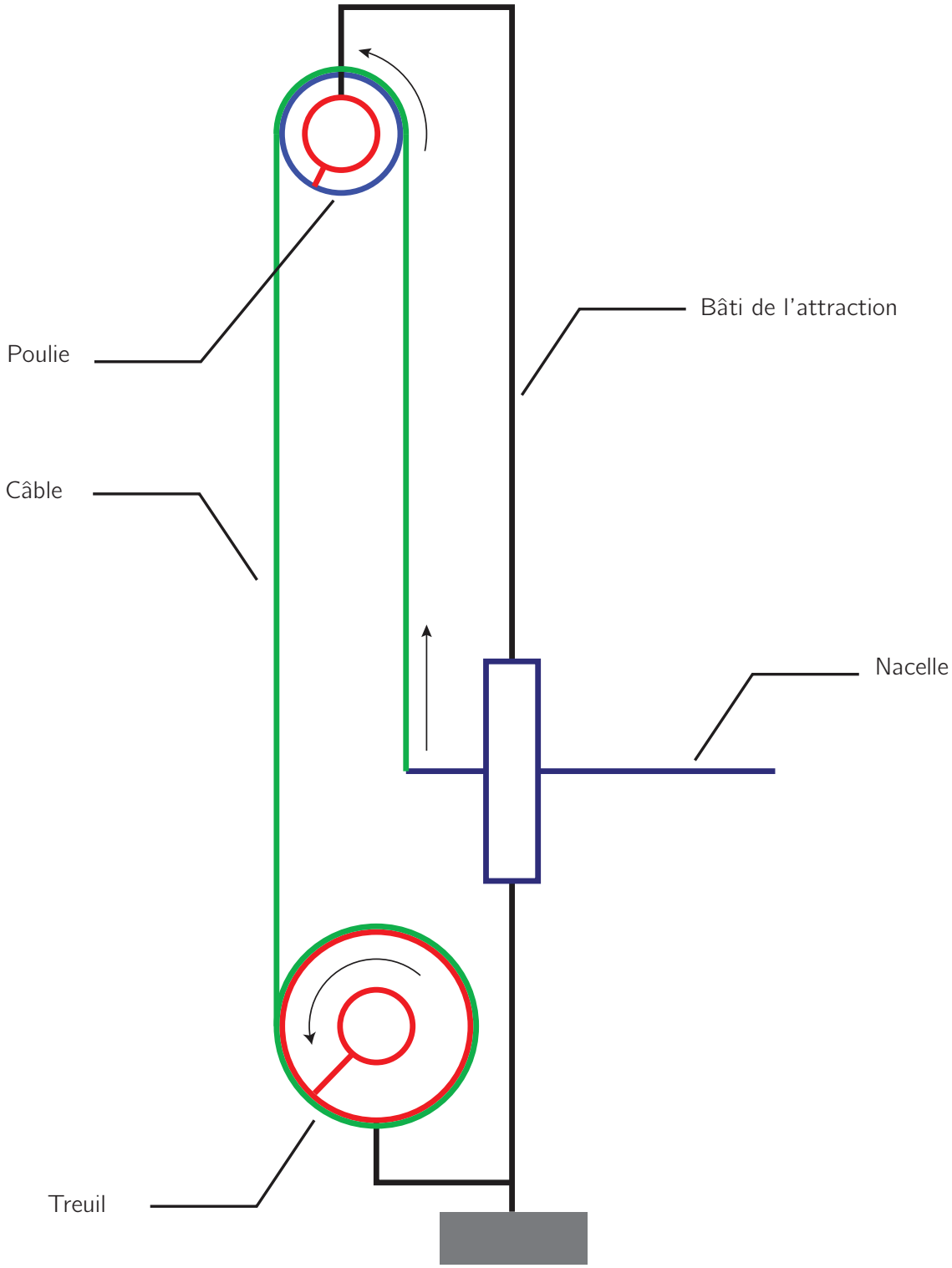


Figure 10 – Schéma d'architecture du système d'élévation de la nacelle (schéma limité à un des trois mâts de la structure porteuse)

Tournez la page S.V.P.

ANNEXE E

Elévation de la nacelle : loi de vitesse retenue

Le profil de vitesse retenu pour l'élévation de la nacelle est présenté sur la figure 11. Ce profil contient trois phases principales :

— une phase ① durant laquelle la vitesse linéaire croit linéairement à partir d'une valeur nulle ;

— une phase ② durant laquelle la vitesse linéaire est constante ;

— une phase ③ durant laquelle la vitesse linéaire décroit linéairement jusqu'à s'annuler.

Un profil similaire est utilisé pour la phase de descente de la nacelle. La vitesse atteinte en régime permanent, en phase ②, serait alors négative.

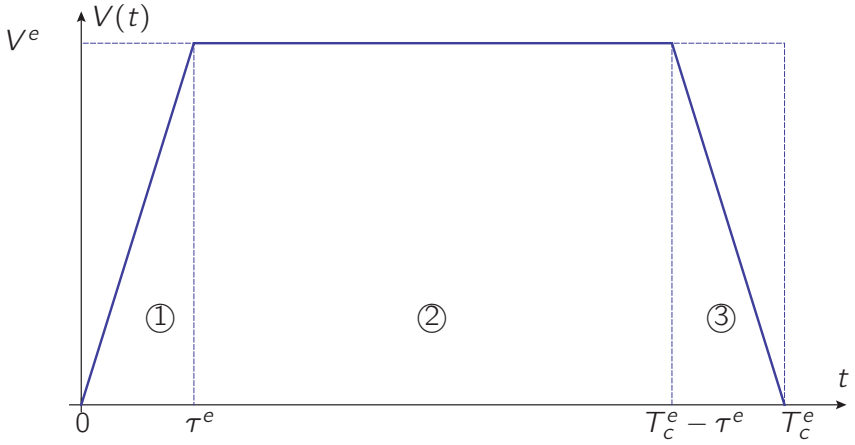


Figure 11 – Représentation de la loi de vitesse retenue pour l'élévation de la nacelle mobile

ANNEXE F

Moteurs pour l'élévation de la nacelle

Notation	Désignation
P_N	Puissance nominale
M_N	Couple nominal
N_N	Vitesse nominale
I_N	Courant nominal
$cos\Phi$	Facteur de puissance
η_{50}	Rendement à 50 % de la puissance nominale
η_{75}	Rendement à 75 % de la puissance nominale
η_{100}	Rendement à 100% de la puissance nominale
I_A/I_N	Facteur de surintensité au démarrage
M_A/M_N	Rapport du couple de démarrage sur le couple nominal
M_H/M_N	Rapport du couple d'accélération sur le couple nominal
M_K/M_N	Rapport du couple de décrochage sur le couple nominal
m_{mot}	Masse du moteur
J_{mot}	Moment d'inertie des parties tournantes

Tableau 1 – Notations utilisées dans la documentation moteur fournie en figure 12

Moteur	P_N kW	M_N Nm	n_N tr/min	I_N A	cosϕ	$\eta_{50\%}$ %	$\eta_{75\%}$ %	$\eta_{100\%}$ %	I_A/I_N	M_A/M_N M_H/M_N	M_K/M_N	m_{mot} kg	J_{mot} 10^{-4} kgm^2
DRN112M4	4	26	1464	8.4	0.81	88.6	89.4	88.7	8.2	2.4 1.6	3.6	45	178
DRN132S4	5.5	36	1461	11	0.84	90.6	90.6	89.6	8.3	2.8 2.2	3.5	56	241
DRN132M4	7.5	49	1468	16	0.78	90.8	91.1	90.4	7.8	3.1 2.4	3.3	73	381
DRN132L4	9.2	60	1470	19.7	0.77	90.8	91.6	91.0	8.4	3.7 1.8	3.7	81	439
DRN160M4	11	71	1473	22	0.81	91.1	91.7	91.4	7.3	2.6 2.2	3.0	115	817
DRN160L4	15	97	1474	30.5	0.80	91.9	92.5	92.1	8.0	3.0 2.0	3.4	130	1040
DRN180M4	18.5	120	1478	35	0.85	92.8	93.1	92.6	9.5	3.6 2.9	3.6	155	1630
DRN180L4	22	142	1477	40.5	0.87	93.4	93.6	93.0	9.6	3.5 2.1	3.4	170	1950
DRN200L4	30	194	1480	59	0.82	93.3	93.9	93.6	8.2	2.9 2.5	3.3	280	2660
DRN225S4	37	240	1482	67	0.88	94.3	94.4	93.9	8.4	3.0 2.3	2.7	310	4350
DRN225M4	45	290	1482	85	0.85	94.1	94.5	94.2	8.8	3.0 2.2	2.7	310	4350
DRN250M4	55	355	1482	110	0.80	94.4	94.8	94.6	8.2	4.0 2.5	2.9	460	7360
DRN280S4	75	485	1482	151	0.79	94.9	95.3	95.0	7.6	3.7 2.6	2.9	520	8940
DRN280M4	90	580	1481	169	0.84	95.4	95.6	95.2	7.7	3.6 2.0	2.7	630	12000

Figure 12 – Documentation extraite du catalogue SEW concernant les moteurs type IE3 DRN... 380 V, 50 Hz, 4 pôles

Tournez la page S.V.P.

ANNEXE G

Réducteur pour l'élévation de la nacelle

Les données d'entrée pour le choix d'un réducteur sont :
— la vitesse en entrée notée n_1 en $tr.min^{-1}$;
— la vitesse requise en sortie notée n_{2r} en $tr.min^{-1}$;
— le couple requis en sortie noté C_{2r} en $N.m$;
— le couple transmissible à la sortie du réducteur noté C_2 en $N.m$;
— la durée de fonctionnement requise avant maintenance h_r en heures ;
— le facteur de service K_A sans dimension ; ce coefficient tient compte du type d'usage, de la cadence des démarrages et la durée de fonctionnement par jour.

Ces données permettent de calculer le rapport de réduction (> 1) défini par :

$$i_r = \frac{n_1}{n_{2r}} \tag{G.1}$$

puis le couple corrigé en sortie :

$$C_{2c} = K_A C_{2r} \tag{G.2}$$

Enfin, on peut calculer le facteur de durée f_{h2} :

$$f_{h2} = n_{2r} h_r \tag{G.3}$$

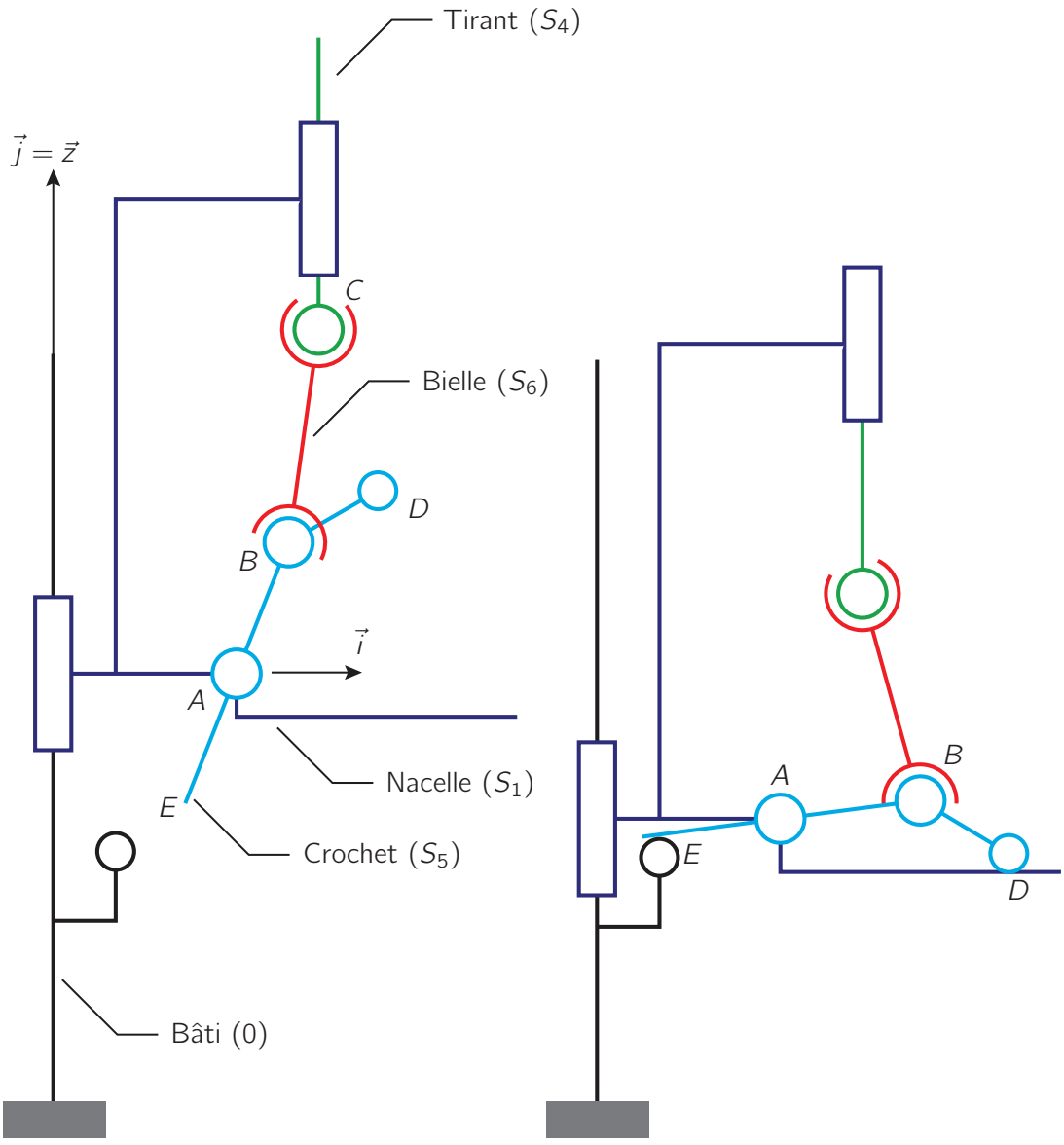


		i	C_2 [Nm] n_{2r} x h_r						n_{1max}	T_{2max}	P_t
		1/...	10000 (10^4)	25000 ($2.5 \cdot 10^4$)	50000 ($5 \cdot 10^4$)	100000 (10^5)	500000 ($5 \cdot 10^5$)	1000000 (10^6)	[min^{-1}]	[Nm]	[kW]
RA1700	(A)	**15.60**	6510	5930	5230	4960	3800	3090	3500	26500	38 (M...) 27 (FS)
		17.64	7350	6560	5830	5560	4140	3370			
		20.56	8540	7440	6720	6420	4610	3750			
		25.08	10320	8750	8090	7720	5300	4310			
	(B)	**10.64**	23860	22960	19630	15940	9840	7990	2500	26500	46 (M...) 35 (FS)
		12.03	22700	21390	20470	17380	10720	8710			
		14.02	19910	16560	14410	13250	11940	9700			
		17.10	16730	13910	12100	11510	10430	9990			
RA1700D		**53.04**	18590	16620	15850	14140	8730	7090	3500	26500	27 (M...) 20 (FS)
		62.40	21250	18120	17370	15850	9780	7940			
		70.56	22700	20350	19500	17280	10660	8660			
		88.20	17420	15550	14900	14280	12460	10120			
		100.32	16730	13910	12100	11510	10430	9990			
		125.40	16730	13910	12100	11510	10430	9990			
		175.56	16390	13910	12100	11510	10430	9990			
RA1700T		**200.93**	21370	18120	17370	14910	9200	7470	3500	26500	19 (M...) 14 (FS)
		251.16	21370	18120	17370	16650	10760	8740			
		291.35	21370	18120	17370	16650	11840	9620			
		351.62	20770	18120	17370	16650	11840	9620			
		439.53	15760	13850	13270	12720	11520	9380			
		565.30	16730	13910	12100	11510	10430	9990			
		706.63	16730	13910	12100	11510	10430	9990			
		819.69	16730	13910	12100	11510	10430	9990			
		989.28	16390	13910	12100	11510	10430	9990			
		1054.22	15330	14010	13420	12870	11660	10000			
		1125.20	10720	9920	9500	9110	8250	7910			
		1272.34	11850	11130	10670	10230	9260	8880			
		1482.95	13600	12860	12320	11810	10700	10250			
		1808.97	16390	13910	12100	11510	10430	9990			

Figure 13 – Documentation extraite du catalogue Reggiana Riduttori

ANNEXE H

Système antichute



(a) Mécanisme en phase de traction

(b) Mécanisme bloqué après rupture du câble

Figure 14 – Principe de fonctionnement du système antichute étudié : l'étude portera sur la phase dynamique transitoire entre ces deux états

Tournez la page S.V.P.

Résultats du modèle dynamique

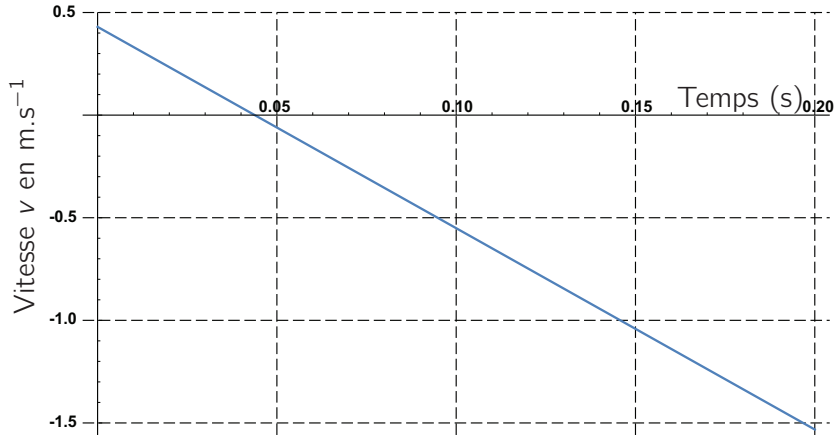


Figure 15 – Vitesse de la nacelle après rupture du câble de traction à $t = 0$

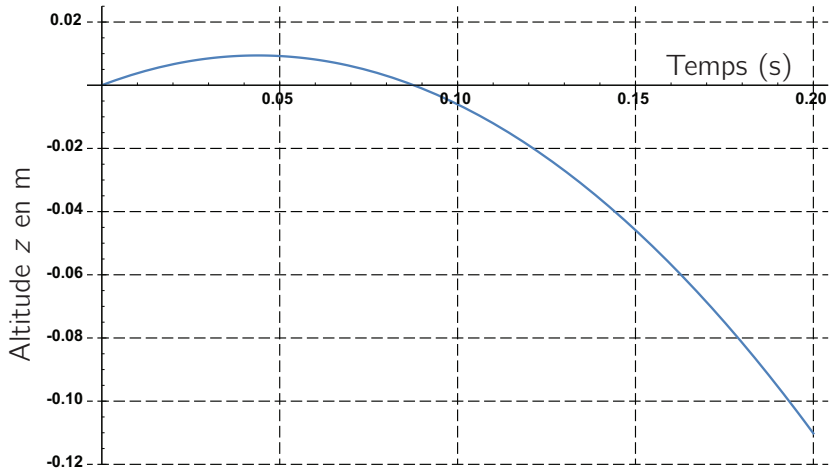


Figure 16 – Position de la nacelle après rupture du câble de traction à $t = 0$

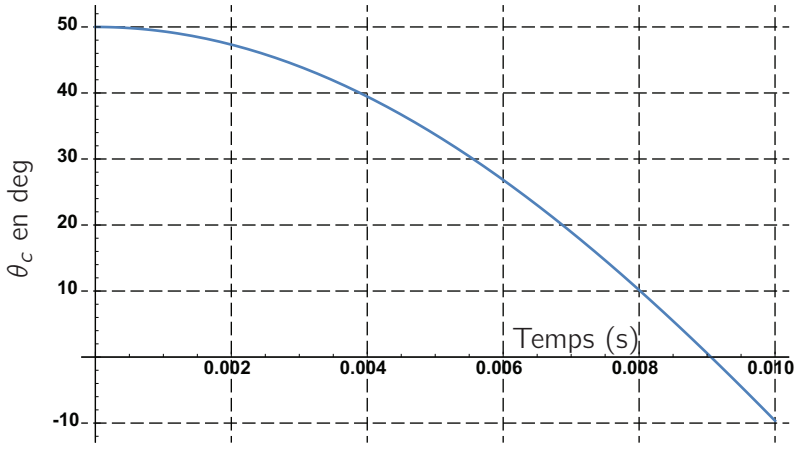


Figure 17 – Angle θ_c du crochet après rupture du câble de traction à $t = 0$

ANNEXE J

Géométrie du système antichute

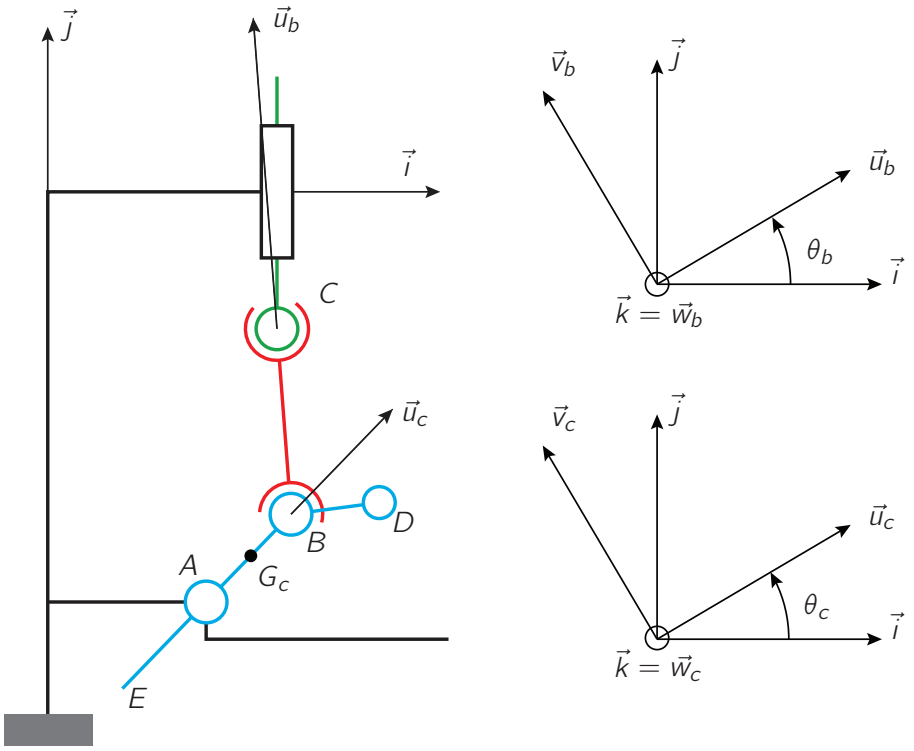


Figure 18 – Représentation du système antichute durant la phase transitoire entre les états présentés sur les figures H.14(a) et H.14(b) de l'annexe H ; $\vec{AB} = l_c\vec{u_c}$, $\vec{AG_c} = a_c\vec{u_c}$, $\vec{BC} = l_b\vec{u_b}$, $\vec{AC} = \delta_n\,\vec{I} + \lambda_t\,\vec{J}$

Tournez la page S.V.P.

ANNEXE **K**

Rondelles élastiques

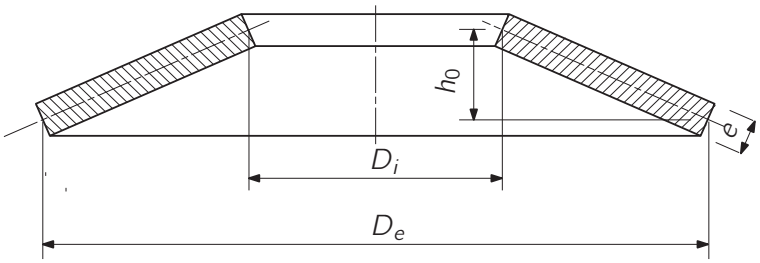


Figure 19 – Géométrie d'une rondelle élastique SCHNORR

Les rondelles ressort, notamment les colonnes de rondelles ressort, réclament toujours un élément de guidage afin d'éviter tout glissement latéral sous charge. Ce guidage peut être réalisé sur le diamètre intérieur D_i tout comme sur le diamètre extérieur D_e. La plupart du temps, on préfère un guidage sur le diamètre intérieur au moyen d'un boulon ou d'un arbre au guidage sur le diamètre extérieur au moyen d'une douille parce que cette solution présente des avantages constructifs et économiques.

Les éléments de guidage et les supports doivent être autant que possible durcis pour l'utilisation (profondeur de durcissement env. 0,8 mm) et présenter une durée minimale de 60 HRC. La surface des éléments de guidage doit être aussi lisse et poncée que possible. En cas de charge statique, l'utilisation de pièces de guidage non trempées peut également suffire.

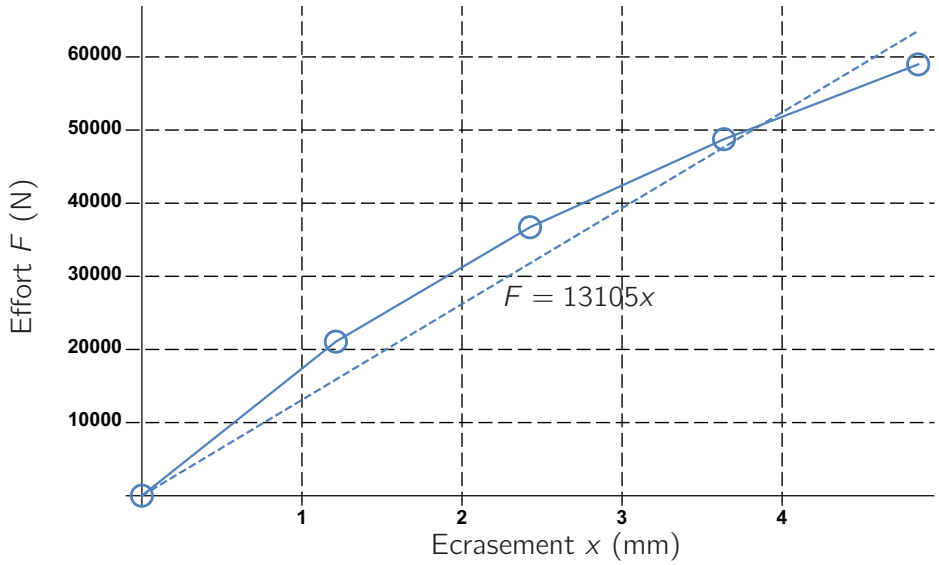
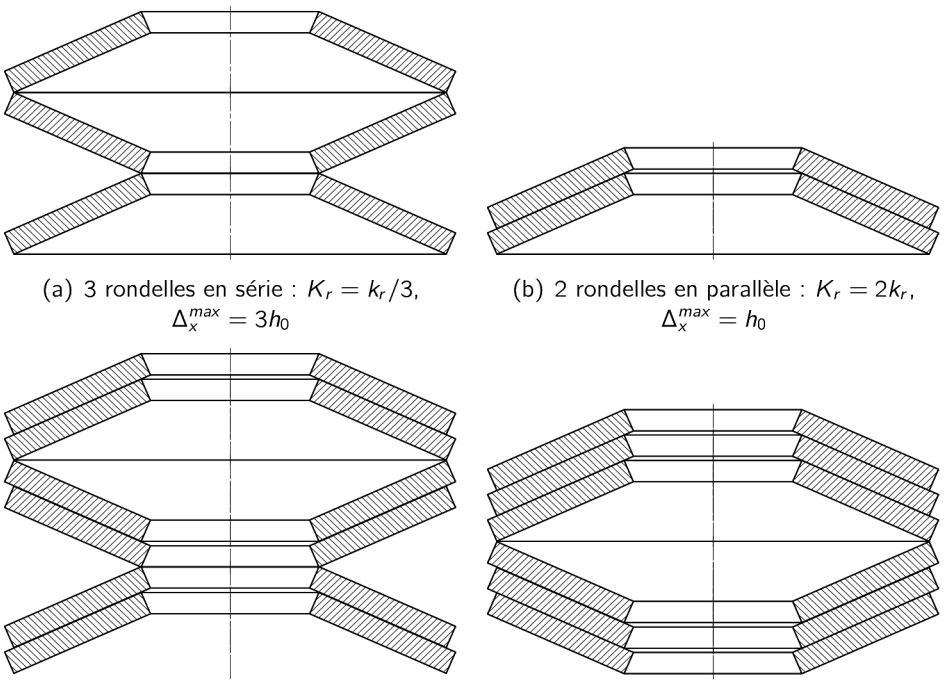


Figure 20 – Comportement de la rondelle SCHNORR $D_i = 71\ mm$, $D_e = 150\ mm$, $e = 6\ mm$, $h_0 = 4.85\ mm$



(a) 3 rondelles en série : $K_r = k_r/3$, $\Delta_x^{max} = 3h_0$

(b) 2 rondelles en parallèle : $K_r = 2k_r$, $\Delta_x^{max} = h_0$

(c) 3 paquets, montés en série, de 2 rondelles en parallèle : $K_r = 2k_r/3$, $\Delta_x^{max} = 3h_0$

(d) 2 paquets, montés en série, de 3 rondelles en parallèle : $K_r = 3k_r/2$, $\Delta_x^{max} = 2h_0$

Figure 21 – Exemples d'empilements de rondelles élastiques de raideur unitaire k_r et de hauteur h_0 ; la raideur de l'empilement K_r et l'écrasement maximal possible Δ_x^{max} sont donnés pour chaque empilement

ANNEXE L

Modélisation poutre du crochet

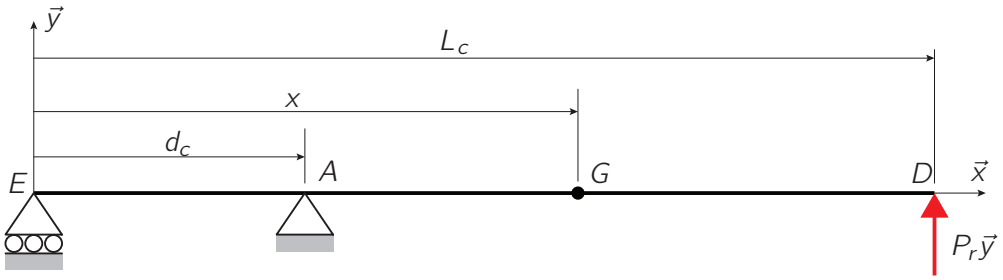


Figure 22 – Modèle proposé pour évaluer la résistance du crochet du système antichute ; x représente la position du centre G d'une section quelconque de la poutre

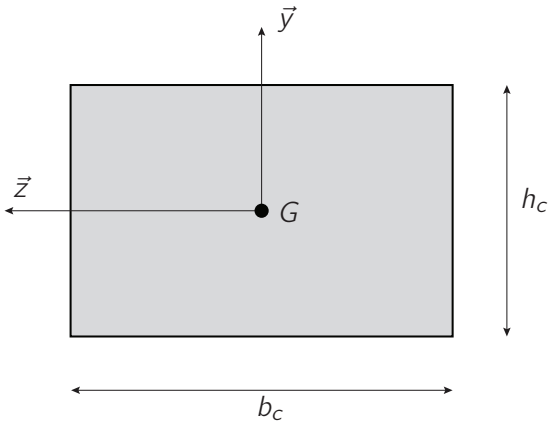


Figure 23 – Géométrie de la section du crochet

ANNEXE **M**

Entrainement de la nacelle en rotation

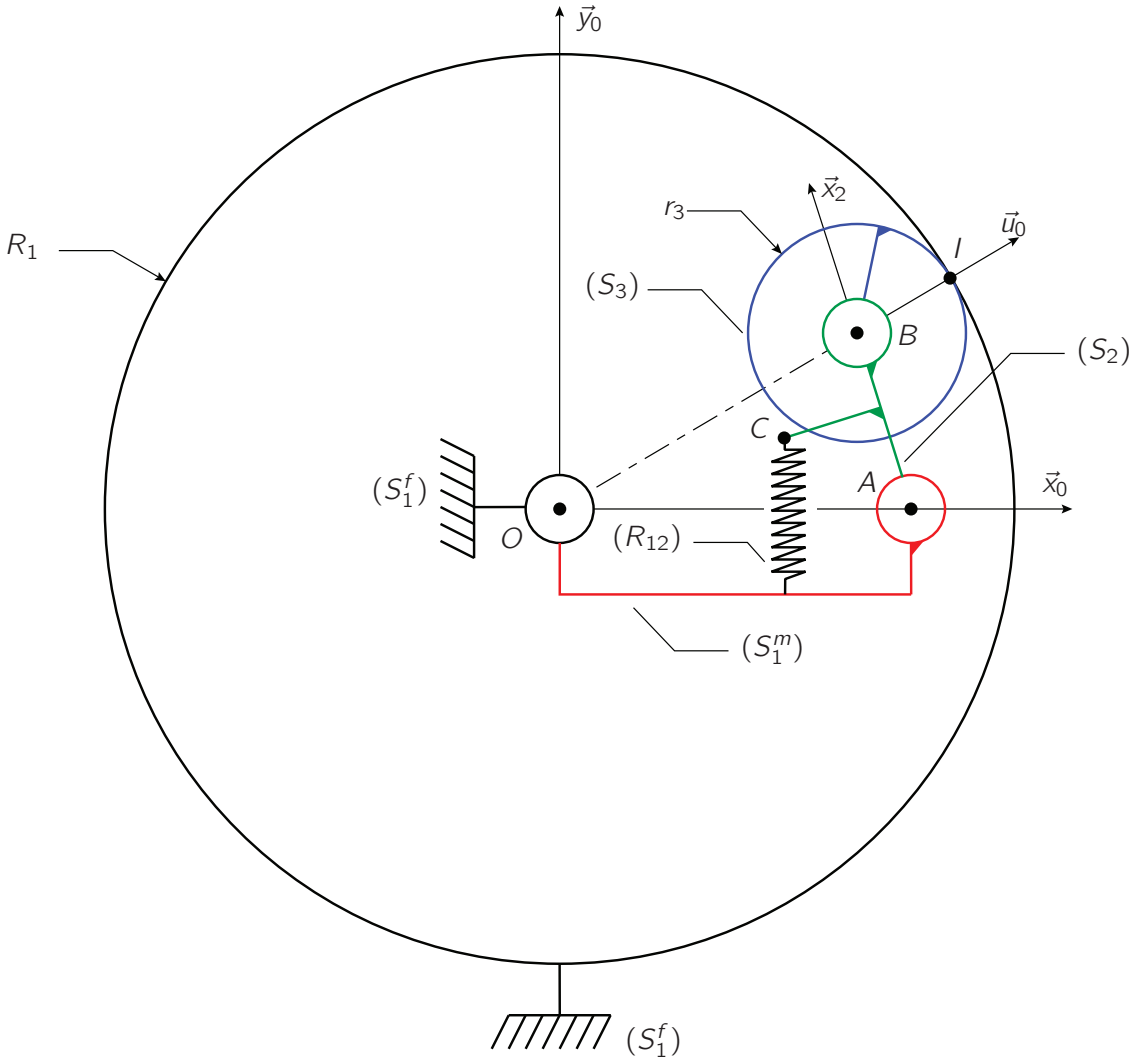


Figure 24 – Schéma d'architecture du système d'entrainement de la nacelle ; les positions des différents points sont données par : $\vec{AB} = l_2\vec{x}_2$, $\vec{AC} = a_2\vec{x}_2 + b_2\vec{y}_2$, $\vec{BI} = r_3\vec{u}_0$, $\vec{OI} = R_1\vec{u}_0$

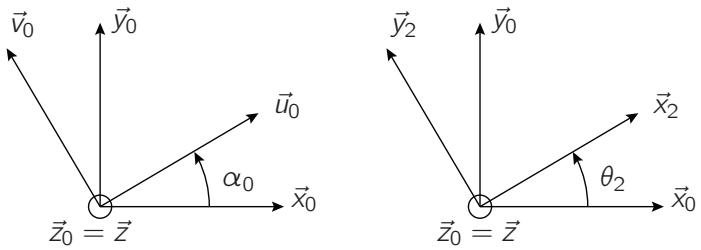


Figure 25 – Figures planes associées à la figure 24

Tournez la page S.V.P.

ANNEXE N

Réducteur pour la rotation de la nacelle

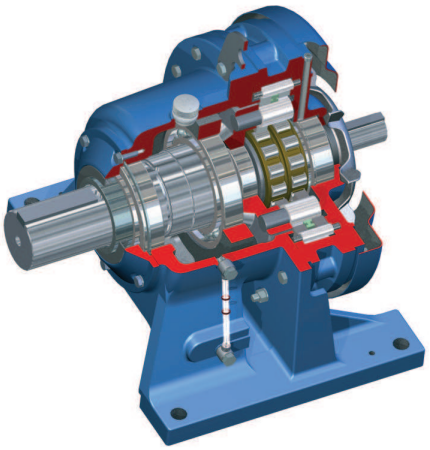


Figure 26 – Réducteur Cyclodrive 6000 utilisé pour la mise en rotation de la nacelle

3	5	6	8	11	13	15	17	21	25	29	35	43	51	59	71	87	119

Tableau 1 – Rapports de réduction des réducteurs à simple étage

	11	13	15	17	21	25	29	35	43	51	59	87
6				102			174	210	258		354	522
8		104										
11	121	143	165	187	231		319	385	473		649	957
13			195		273		377		559			1131
15			225				435					
17				289	357	425	493	595	731		1003	1479
21						525						
29							841		1247		1711	
35								1225	1505		2065	3045
43									1849	2193	2537	3741
51												4437
59											3481	5133
71												6177
87												7569

Tableau 2 – Rapports de réduction des réducteurs à deux étages exploitant des réducteurs à simple étage ; seules les associations existant dans le catalogue sont données

ANNEXE O

Rotation de la nacelle : loi de vitesse retenue

Le profil de vitesse retenu pour la mise en rotation de la nacelle (S_1^m) lors de la phase de stationnement est présenté sur la figure 27. Ce profil contient trois phases principales :

— une phase ① durant laquelle la vitesse angulaire croit linéairement à partir d'une valeur nulle ;
— une phase ② durant laquelle la vitesse angulaire est constante ;
— une phase ③ durant laquelle la vitesse angulaire décroit linéairement jusqu'à s'annuler.

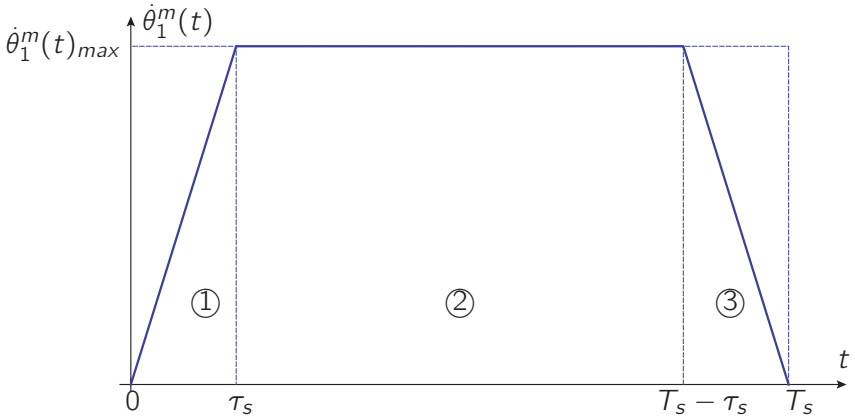


Figure 27 – Représentation de la loi de vitesse angulaire retenue pour la nacelle mobile (S_1^m)

Tournez la page S.V.P.

ANNEXE P

Ressort de basculeur

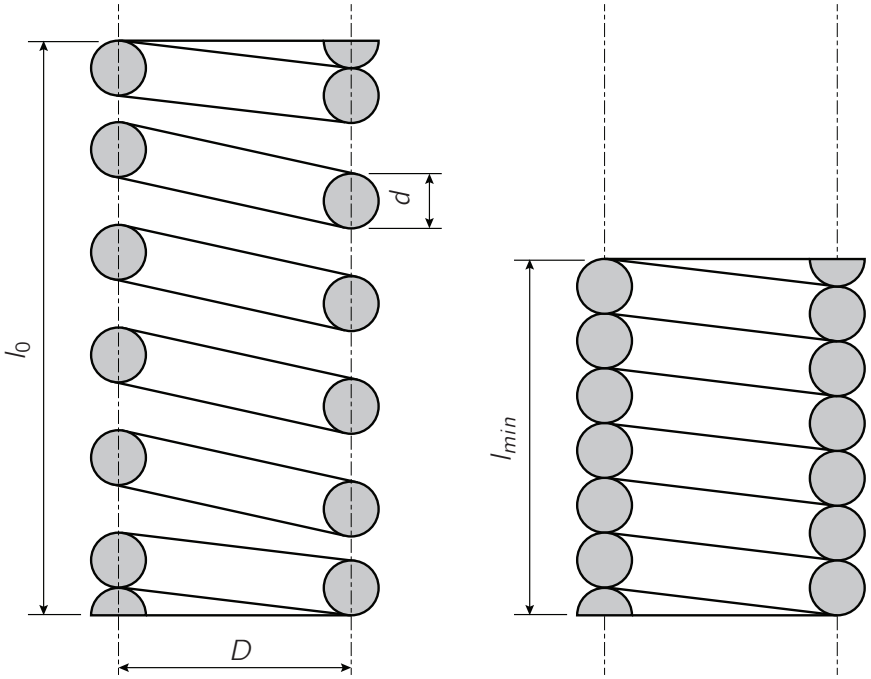


Figure 28 – Vue en coupe d'un ressort hélicoïdal ; représentation à sa longueur libre l_0 et entièrement comprimé

La raideur d'un ressort hélicoïdal tel que celui présenté en figure 28 peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$k = \frac{Gd^4}{8nD^3}$$

avec :

- k : raideur du ressort en $N.mm^{-1}$;
- G : module de cisaillement du matériau ;
- d : diamètre du fil rond en mm ;
- D : diamètre moyen d'enroulement en mm ;
- n : nombre de spires utiles.

Référence	d	D	F	l_0	l_{min}	n	k
C.493.380.1270.A	3.8	49.3	144	127	43.5	8.8	3.3
C.480.500.1600.A	5.0	43	784	160	78.4	10	10.0
C.492.580.1400.AP	5.8	43.4	1523	140	78.46	9.3	19.4

Tableau 1 – Caractéristiques de quelques ressorts du commerce de la société Vanel ; l_0 désigne la longueur (mm) à vide, l_{min} désigne la longueur (mm) du ressort lorsqu'il est entièrement comprimé (spires jointives), et F désigne l'effort maximal (N) que peut supporter le ressort en statique

ANNEXE **Q**

Coussinets retenus pour l'articulation du basculeur

Les coussinet IBINZA sont produits à partir d'une bande de matériau multicouche composé :
— d'une bague en acier recouverte d'étain ;
— d'une couche de bronze fritté ;
— d'une couche de PTFE et de bisulfure de molybdène.
Ce type de coussinet est adapté aux fonctionnements à sec, sans lubrification supplémentaire.

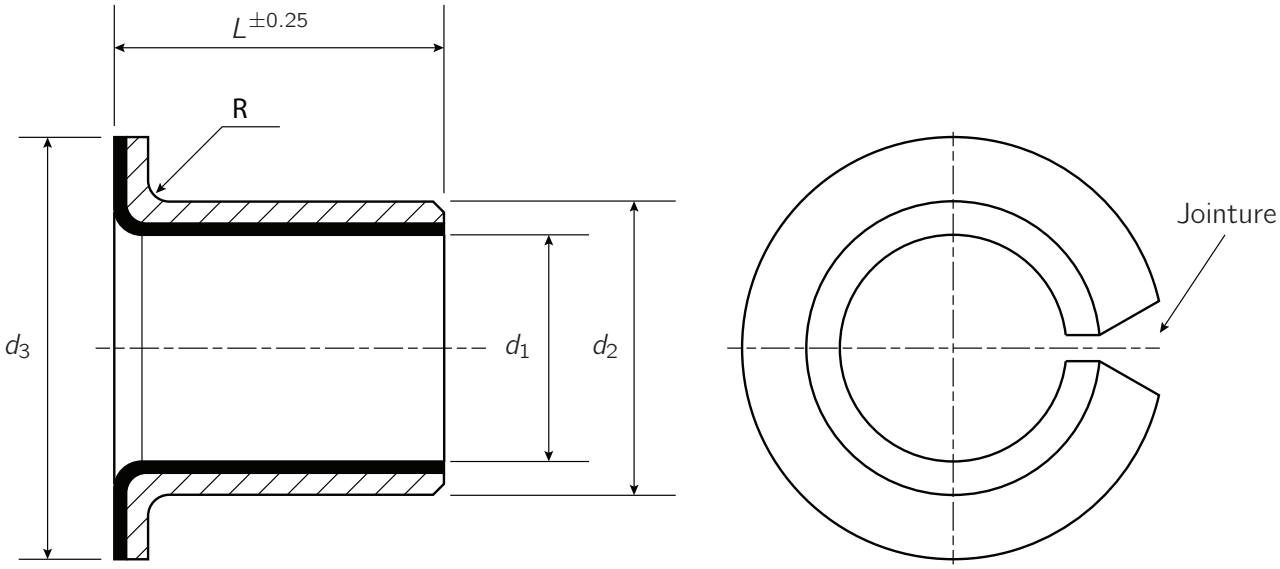


Figure 29 – Géométrie des coussinets acier/PTFE à colerette retenus

Ref.	d_1	d_2	L	d_3
FMB 25-11.5 DU	25	28	11.5	35
FMB 25-16.5 DU	25	28	16.5	35
FMB 25-21.5 DU	25	28	21.5	35
FMB 30-16 DU	30	34	16	42
FMB 30-26 DU	30	34	26	42
FMB 35-16 DU	35	39	16	47
FMB 35-26 DU	35	39	26	47

Tableau 1 – Dimensions des coussinets disponibles

Tournez la page S.V.P.

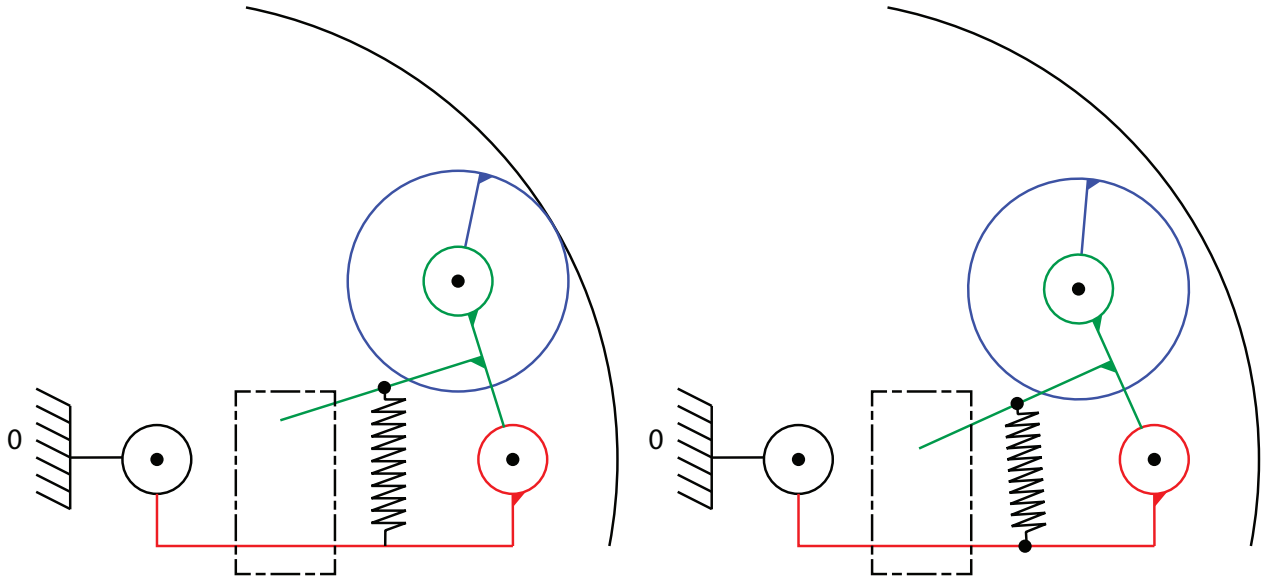
ANNEXE R

Maintenance de la nacelle mobile

En cas de maintenance sur la partie mobile de la nacelle, celle-ci doit pouvoir tourner librement sur son axe. Il est donc nécessaire de pouvoir maintenir la roue motrice éloignée du fût durant cette opération. Pour cela, il est suggéré d'interposer un élément supplémentaire entre le basculeur et le châssis de la nacelle mobile. Cet élément devra :

— laisser le ressort plaquer librement la roue contre le fût en phase de fonctionnement normal ;

— permettre, par l'intervention d'un technicien, d'éloigner la roue du fût durant toute la phase de maintenance.



(a) Système en phase de fonctionnement normal : le ressort plaque la roue contre le fût

(b) Système en phase de maintenance : le système à concevoir permet d'écarter la roue du fût

Figure 30 – Présentation du rôle du système à concevoir permettant d'assurer une position de maintenance ; le système sera interposé entre le basculeur et le châssis de la nacelle mobile (zone du cadre en trait mixte)

ANNEXE S

Récapitulatif des notations utilisées

Notation	Valeur/Unité	Commentaires
N_p	16	Nombre de places assises disponibles dans la nacelle (hors barman)
m_p	77 kg	Masse moyenne d'un passager retenue pour le dimensionnement
M_n	3900 kg	Masse de la nacelle sans passager
T_{exp}	12h	Durée journalière d'exploitation de l'attraction
T_c		Durée d'un cycle de l'attraction
T_c^e		Durée de la phase de montée ou de la phase de descente
N_j	1050	Nombre de clients souhaité par jour
$N_{c,h}$		Nombre de cycles à réaliser dans une heure d'exploitation
N_{jours}	3500	Nombre de jours d'utilisation entre deux maintenances du système d'élévation
ω_{mot}^e	1470 tr.min^{-1}	Vitesse de rotation d'un moteur entraînant un treuil
i^e		Rapport de réduction d'un réducteur entrainant un treuil
R^e	0.46 m	Rayon d'enroulement du câble sur le treuil
H^e	32 m	Hauteur d'élévation de la nacelle
τ^e	8 s	Phase d'accélération durant l'élévation
V^e		Vitesse d'élévation de la nacelle en régime permanent
η^e	0.85	Rendement de la chaine de transmission permettant l'élévation
C_r		Couple appliqué par un réducteur sur un treuil durant l'élévation de la nacelle
h_r		Durée d'exploitation en heures d'un réducteur entre deux maintenances
F_c		Effort appliqué par un câble sur un tirant (S_4)
$z(t)$		Position de la nacelle sur l'axe vertical après rupture des câbles à $t = 0$
$v(t)$		Vitesse de la nacelle sur l'axe vertical après rupture des câbles à $t = 0$
t_{inv}		Temps au bout duquel $v(t)$ change de signe
t_{stop}		Temps au bout duquel le crochet entre dans une encoche
p		Distance entre deux encoches successives
$E_{c,n}$		Energie cinétique de la nacelle après rupture des câbles
$E_{c,c}$		Energie cinétique du crochet après rupture des câbles
$E_{c,t}$		Energie cinétique d'un tirant après rupture des câbles
λ_t		Paramètre de position d'un tirant relativement à la nacelle
θ_b		Paramètre de position angulaire d'une bielle (S_6) relativement à la nacelle (S_1)
θ_c		Paramètre de position angulaire d'un crochet (S_5) relativement à la nacelle (S_1)
δ_n		Caractéristique géométrique de la nacelle (S_1)
l_b		Caractéristique géométrique de la bielle (S_6)
l_c		Caractéristique géométrique du crochet (S_5)
m_t		Masse du tirant (S_4)
a_c		Positionnement du centre de gravité du crochet (S_5)
m_c		Masse du crochet (S_5)
J_c		Inertie du crochet (S_5)
$J_{c,eq}$		Inertie équivalente du système antichute ramenée au crochet (S_5)
$C_{(R_{15}\to(S_5)}$		Couple de rappel du ressort de torsion sur le système antichute
k_{15}		Raideur du ressort de torsion du système antichute

Tournez la page S.V.P.

Notation	Valeur/Unité	Commentaires
$P_{p,t}$		Puissance de la pesanteur sur le tirant (S_4)
$P_{p,c}$		Puissance de la pesanteur sur le crochet (S_5)
$P_{r,c}$		Puissance de l'action du ressort (R_{15}) sur le crochet (S_5)
Δt_c		Temps au bout duquel le crochet (S_5) peut entrer dans une encoche
E_c		Energie cinétique à absorber par un système antichute
K_r		Raideur de l'appui élastique entre crochet (S_5) et nacelle (S_1)
Δx		Ecrasement de l'appui élastique entre crochet (S_5) et nacelle (S_1)
Δx^{max}		Ecrasement maximal possible de l'appui élastique entre (S_5) et (S_1)
α	0.9	Marge souhaitée par rapport à l'écrasement maximal Δx^{max}
k_r		Raideur d'une rondelle élastique
h_0		Ecrasement maximal possible pour une rondelle élastique
n_p		Nombre de paquets de rondelles élastiques
$n_{r/p}$		Nombre de rondelles élastiques dans chaque paquet
F^{max}		Effort à produire pour écraser totalement une rondelle élastique
P_r		Effort imposé au crochet (S_5) par l'appui élastique
L_c	130 mm	Longueur du crochet (S_5)
d_c	60 mm	Distance entre deux articulations du crochet(S_5)
h_c		Hauteur de la section du crochet(S_5)
b_c	60 mm	Largeur de la section du crochet(S_5)
$M_{fz,max}$		Moment fléchissant maximal dans la poutre modélisant le crochet (S_5)
σ_e	400 MPa	Limite élastique du matériau constituant le crochet (S_5)
s_c	1.5	Coefficient de sécurité pour le dimensionnement du crochet (S_5)
r_3	210 mm	Rayon de la roue d'entrainement (S_3)
R_1	1110 mm	Rayon du fût de la nacelle (S_1^f)
l_2	170 mm	Caractéristique géométrique du basculeur (S_2)
a_2	150 mm	Caractéristique géométrique du basculeur (S_2)
b_2	150 mm	Caractéristique géométrique du basculeur (S_2)
θ_2	2.2 rad	Caractéristique géométrique du basculeur (S_2)
N_s		Nombre de tours de nacelle durant le stationnement en position haute
T_s	5 min	Temps de stationnement en position haute
τ^s	3 s	Phase d'accélération durant la rotation de la nacelle
ω^r_{mot}	1320 $tr.min^{-1}$	Vitesse de rotation d'un moteur entraînant la nacelle mobile (S_1^m) en rotation
i^r	1225	Rapport de réduction du motoréducteur entrainant la nacelle mobile (S_1^m)
F_r		Effort imposé par le ressort (R_{12}) sur le basculeur portant la roue (S_3)
N_{13}		Effort normal au contact entre la roue (S_3) et la nacelle mobile (S_1^m)
T_{13}		Effort tangentiel au contact entre la roue (S_3) et la nacelle mobile (S_1^m)
ε_{13}	± 1	Paramètre permettant de modifier le sens de l'effort tangentiel T_{13}
μ_{13}		Coefficient de frottement au contact entre la roue (S_3) et la nacelle mobile (S_1^m)
R_p	1.8 m	Eloignement d'un passager de l'axe de rotation de la nacelle mobile (S_1^m)
J_1^s	1500 kg.m^2	Moment d'inertie selon $\vec{z}$ de la nacelle mobile (S_1^m) sans occupant
J_1		Moment d'inertie selon $\vec{z}$ de la nacelle mobile (S_1^m) avec N_p occupants

Cahier réponse
Épreuve de Sciences Industrielles B

Toutes les calculatrices sont interdites, quel qu'en soit le type, ainsi que les agendas électroniques et les téléphones portables…

INSTRUCTIONS

- Remplir sur chaque copie A3 en MAJUSCULES toutes vos informations d'identification : nom, prénom, numéro inscription, date de naissance, le libellé du concours, le libellé de l'épreuve et la session.
- **Une feuille dont l'entête n'a pas été intégralement renseignée, ne sera pas prise en compte.**
- **Vérifiez que votre cahier réponse comporte le nombre de pages indiqué et qu'il est correctement imprimé.**
- Composer lisiblement sur les copies avec un stylo à encre foncée : bleue ou noire, et à bille, à feutre ou à plume (ne pas utiliser de stylo plume à encre claire : turquoise ou rose).
- L'usage de stylo à friction, liquide de correction et dérouleur de ruban correcteur est interdit.
- **Toute réclamation ultérieure ne pourra pas être prise en compte.**

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

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/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.*

Question 1 Nombre de cycles par heure d'exploitation : $N_{c,h}=$

Temps de cycle en heure : $T_c =$

Applications numériques : $N_{c,h}=$ $T_c =$

Question 2 Temps d'élévation ou de descente : $T_c^e =$

Application numérique : $T_c^e =$

Question 3 Vitesse d'élévation : $V =$

Question 4 Vitesse en régime permanent : $V^e =$

Application numérique : $V^e =$

Rapport de réduction adapté : $i^e =$

Ca

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Question 5 Effort de traction dans un câble : $F_c =$

Application numérique : $F_c =$

Couple en sortie de réducteur : $C_r =$

Application numérique : $C_r =$

Question 6 Puissance motrice : $P_m^e =$

Application numérique : $P_m^e =$

Référence moteur :

Question 7 Durée de fonctionnement du réducteur : $h_r =$

Application numérique : $f_{h2} =$

Valeur souhaitée pour i^e :

Réducteur adapté :

Justification :

Question 8 Théorème utilisé :

Equation utilisée :

Equation de mouvement :

Question 9 $v(t) =$ $z(t) =$

Question 10 Valeur de t_{inv} : $t_{inv} =$

Valeur t_{stop} pour $p = 75\ mm$: $t_{stop}^{75} =$

Valeur t_{stop} pour $p = 100\ mm$: $t_{stop}^{100} =$

Question 11 Valeur de $v(t_{stop}^{75})$: Energie cinétique associée : $E_{c,n}(t_{stop}^{75}) =$

Valeur de $v(t_{stop}^{100})$: Energie cinétique associée : $E_{c,n}(t_{stop}^{100}) =$

Pas le plus intéressant : $\square\, p = 75\ mm$ $\square\, p = 100\ mm$

Justification :

Question 12 Fermeture géométrique proposée :

Question 13 $\overrightarrow{V_{G_c,(5)/(0)}} =$ $E_{c,c} =$

Question 14 $E_{c,t} =$ Expression approchée : $\widetilde{E}_{c,t} =$

Question 15 Energie cinétique du système : $E_{c,tcb} =$

Inertie équivalente $J_{c,eq}$: $J_{c,eq} =$

Question 16 Puissance de la pesanteur sur le tirant : $P_{p,t} =$

Puissance de la pesanteur sur le crochet : $P_{p,c} =$

Puissance du couple du ressort sur le crochet : $P_{r,c} =$

Question 17 Théorème utilisé :

Equation de mouvement :

Question 18 Temps Δt_c : $\Delta t_c =$

Validation :

Question 19 Expression de Δx : $\Delta x =$

Question 20 Expression de K_r : $K_r =$ Expression de Δx^{max} : $\Delta x^{max} =$

Expression de k_r : $k_r =$

Question 21 Expression de $n_p n_{r/p}$: $n_p n_{r/p} =$ Application numérique : $n_p n_{r/p} =$

Choix pour n_p : $n_p =$ Choix pour $n_{r/p}$: $n_{r/p} =$

Effort maximal imposé au crochet : $P_r =$

Question 22 Théorème utilisé :

Expression de Y_E :

Expression de X_A : Expression de Y_A :

Question 23 Sollicitations dans le crochet (mettre une croix si le type de sollicitation existe) :

Sollicitation	Tronçon $[0\ d_c]$	Tronçon $[d_c\ L_c]$
Traction		
Cisaillement		
Torsion		
Flexion		

Question 24 Moment fléchissant sur $x \in [0\ d_c]$: $M_{fz,1}(x) =$

Moment fléchissant sur $x \in [d_c\ L_c]$: $M_{fz,2}(x) =$

Abscisse de moment maximal : $x =$

Moment fléchissant maximal : $M_{fz,max} =$

Question 25 Moment quadratique : $I_{gz} =$

Contrainte normale maximale : $\sigma_{max} =$

Question 26 Expression de h_c : $h_c =$

Application numérique : $h_c =$

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

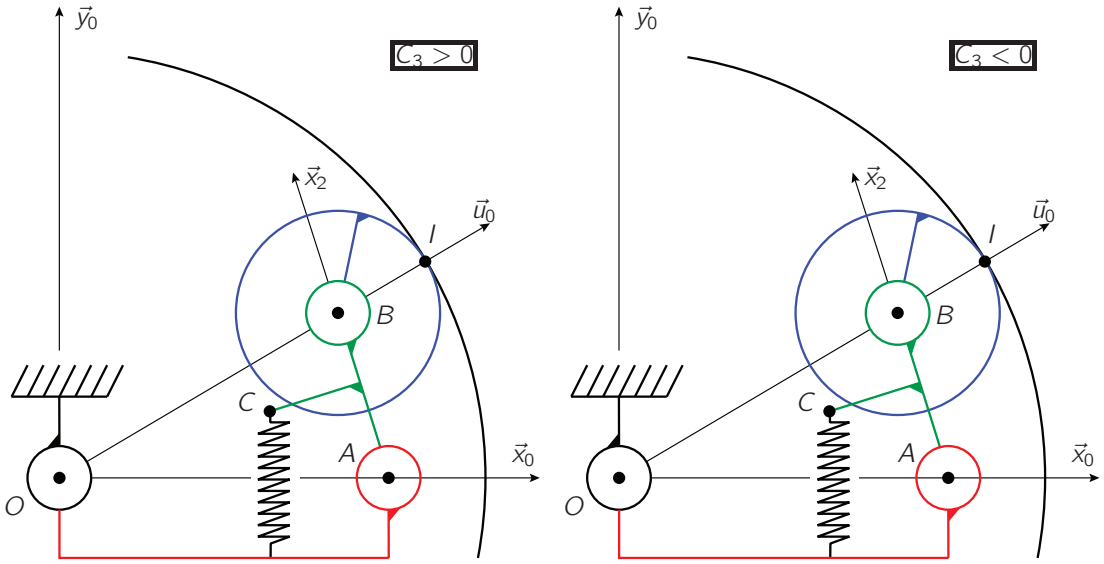
Question 27 Condition de roulement sans glissement :

Expression de $\dot{\theta}_1^m$: $\dot{\theta}_1^m =$

Question 28 Nombre de tours de (S_1^m) en position haute : $N_s =$ tr

Satisfaction de l'exigence 3.1.2 :

Question 29 Tracé des efforts normaux et tangentiels :



Bilan :

	Cas $C_3 > 0$	Cas $C_3 < 0$
$\varepsilon_{13} = +1$		
$\varepsilon_{13} = -1$		

Question 30 Relation entre T_{13} et N_{13} :

Question 31 Théorème :

Projection :

Expression de T_{13} : $T_{13} =$

Question 32 Cas le plus défavorable : ☐ $C_3 > 0$ ☐ $C_3 < 0$

Justification :

Phase(s) où le risque de glissement est le plus présent :

Question 33 Expression de J_1 : $J_1 =$ Application numérique : $J_1 =$

Question 34 Isolement : Théorème :

Projection :

Expression de T_{13}^{max} : $T_{13}^{max} =$ Expression de F_r : $F_r =$

Question 35 Choix d'un ressort et de la précharge associée :

Référence	Convient	p en mm
C.493.380.1270.A		
C.480.500.1600.A		
C.492.580.1400.AP		

Ressort le plus adapté :

Modèle CMEN-DOC v2 ©EXATECH

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/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.*

Sciences Industrielles B

Document à rendre à la fin de l'épreuve

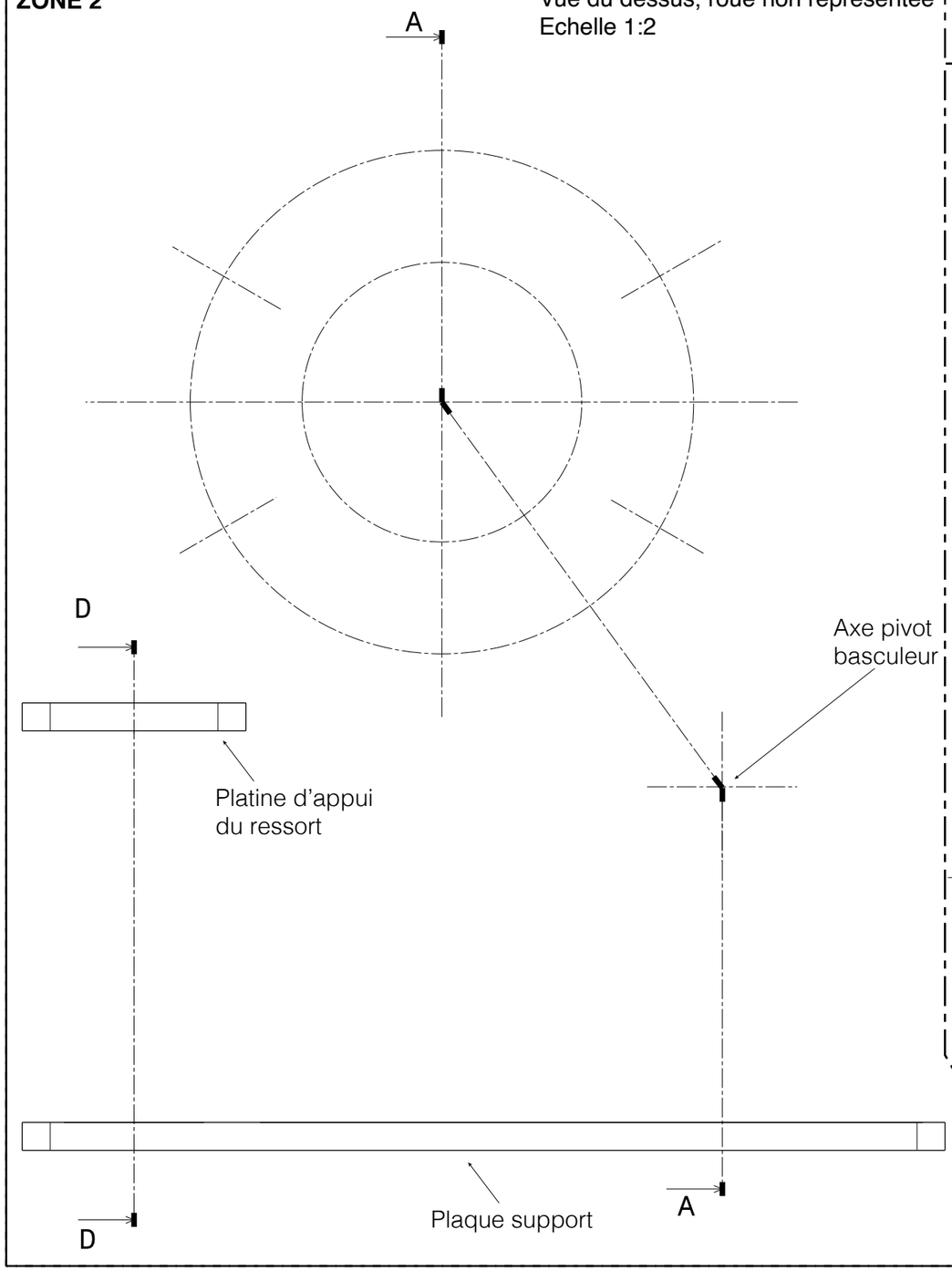
Tournez la page S.V.P.

Cc

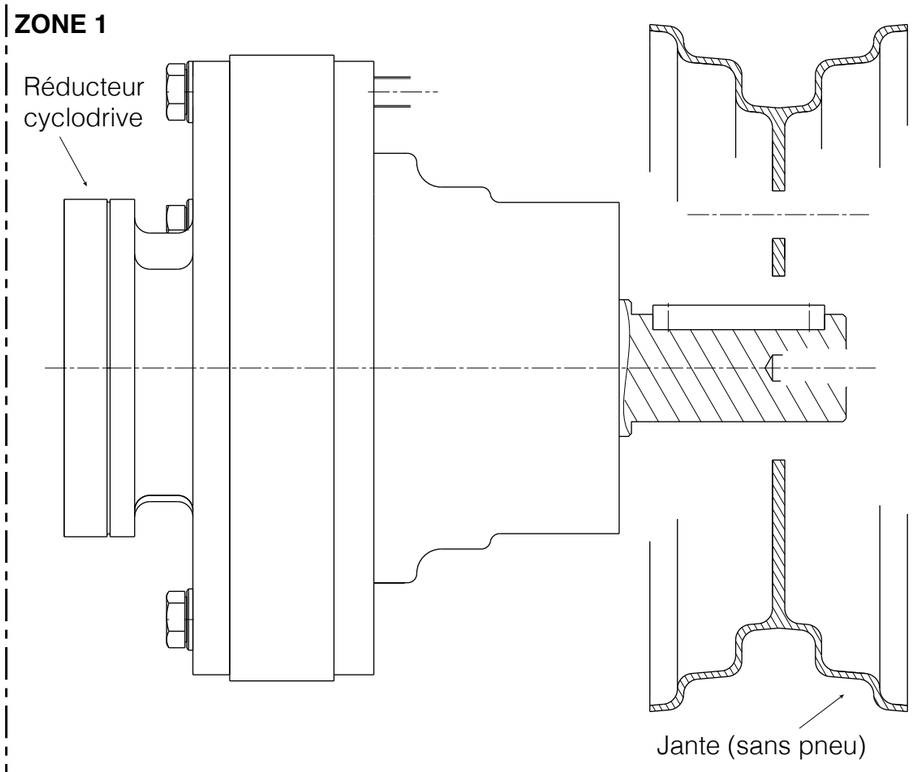
NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

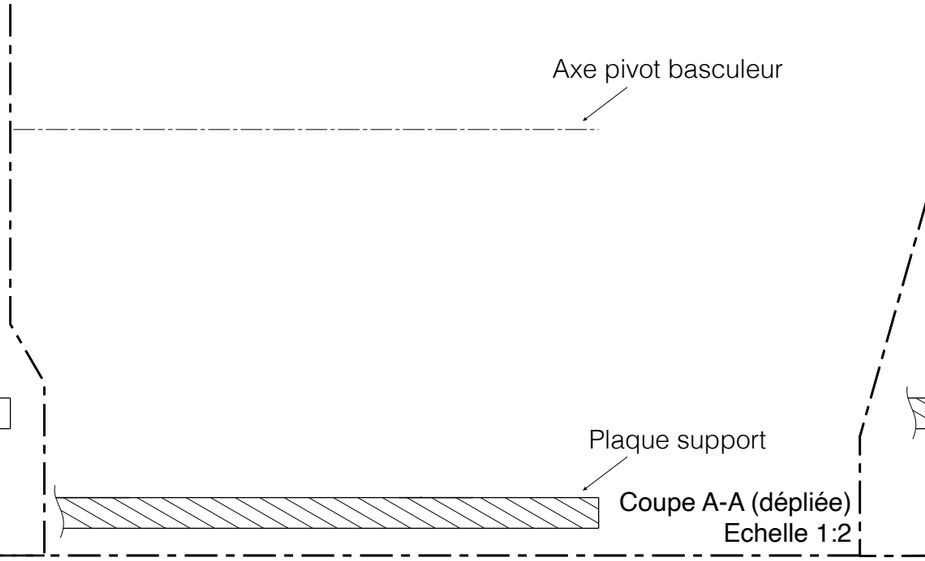
ZONE 2

Vue du dessus, roue non représentée
Echelle 1:2



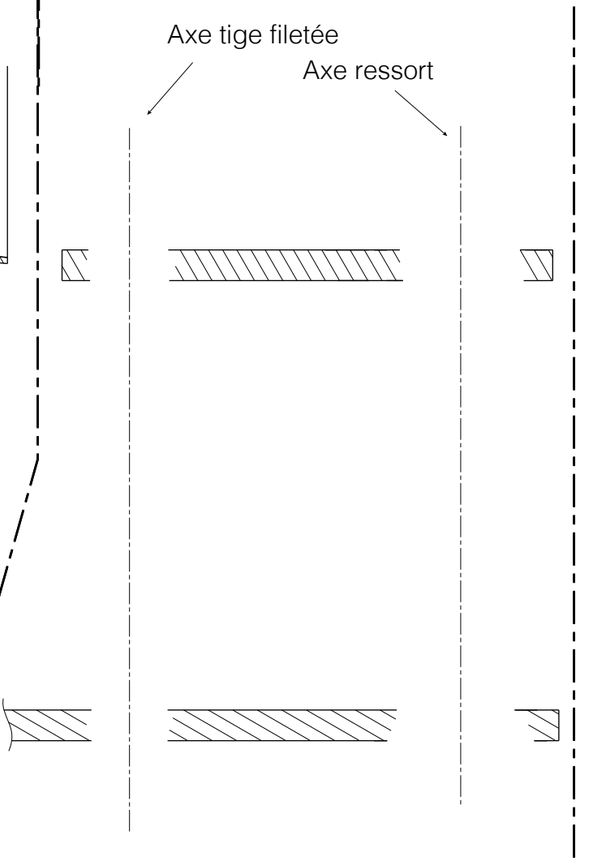
ZONE 1





ZONE 3

Coupe D-D
Echelle 1:2



Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de PT chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Ingénierie système : besoin, exigences et diagrammes SysML
- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Transmetteurs de puissance et trains d'engrenages
- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière :
écrire sur WhatsApp

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/banque-pt/pt