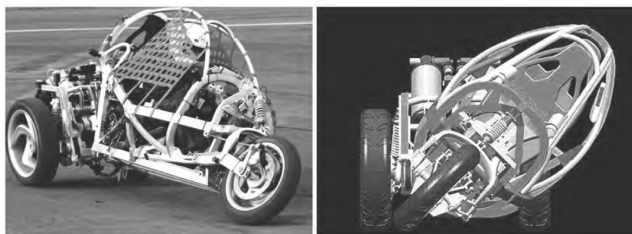
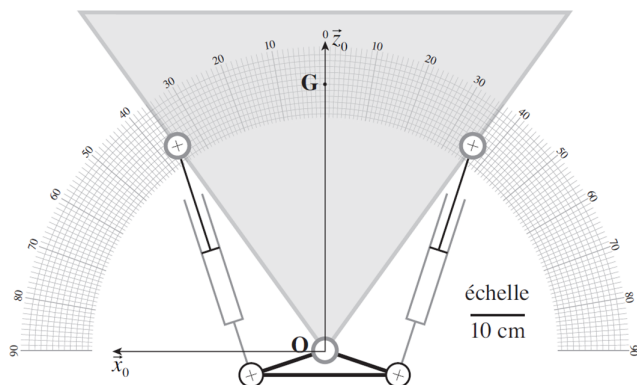


## Exercice 174 – Géométrie

On s'intéresse à un véhicule triporteur permettant de s'incliner en virage.



Le schéma cinématique du système de transformation de mouvement est précisé sur la figure suivante. On considère le triangle  $OA_1A_2$  (0) comme étant le bâti. La course des vérins est de 200 mm. L'ensemble (1) désigne l'habitacle du véhicule.

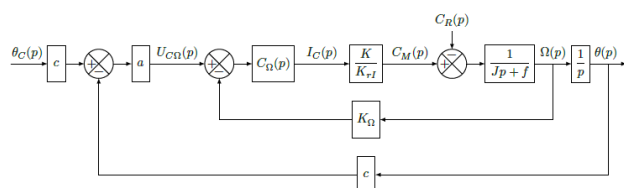


L'habitacle doit pouvoir se déplacer de  $-45^\circ$  à  $45^\circ$ .

**Question 1** Déterminer la course des vérins.

## Exercice 173 – SLCI Calculs

L'étude suivante consiste à obtenir un modèle simplifié de la boucle d'asservissement de vitesse (figure suivante) au regard des réglages effectués et de l'influence d'une perturbation de type échelon sur le dossier. En effet, vu la courte durée des sollicitations, la perturbation sur le dossier, dont l'origine peut être une action du spectateur sur ses muscles cervicaux, peut être modélisée par un échelon.



Modèle de la boucle d'asservissement de vitesse

On a  $C_\Omega(p) = k_1 \left(1 + \frac{1}{T_1 p}\right)$ . De plus :  $K = 0,115 \text{ N mA}^{-1}$ ;  $R = 1 \Omega$ ;  $L = 1,1 \text{ mH}$ ;  $K_{rI} = 0,5 \text{ VA}^{-1}$ ;  $r = 1/50$ ;  $f = 4,1 \times 10^{-4} \text{ N m s rad}^{-1}$ ;  $J = 0,16 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$ .

**Question 1** Exprimer la fonction de transfert de la boucle de vitesse  $H_\Omega(p) = \Omega(p)/U_{CN}(p)$ , lorsque  $C_R(p) = 0$ . Le résultat sera mis sous une forme canonique.

**Question 2**  $T_1$  étant égal à  $J/f$ , montrer alors que la fonction de transfert en boucle fermée peut se mettre sous la forme  $\frac{b}{\tau p + 1}$ . Calculer les valeurs numériques des termes  $b$  et  $\tau$ .

**Question 3** En déduire, à l'aide de la figure précédente,  $\theta(p)/C_R(p)$  lorsque  $\theta_C(p) = 0$ . Calculer ensuite la valeur finale de  $\theta(t)$  lorsque  $c_R(t)$  est un échelon unitaire. Conclure quant à l'action, en régime permanent, du correcteur proportionnel et intégral sur les effets d'une perturbation  $c_R(t)$  de type échelon.

## Exercice 172 – Schéma cinématique

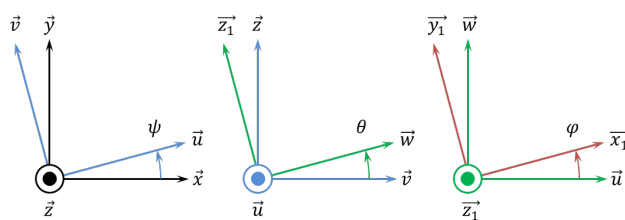
Soit le système suivant.



**Question 1** Proposer un schéma cinématique.

## Exercice 171 – Dérivation vectorielle

On note  $\mathcal{B}_0 = (\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ ,  $\mathcal{B}_1 = (\vec{u}, \vec{v}, \vec{z})$ ,  $\mathcal{B}_2 = (\vec{w}, \vec{z}_1, \vec{u})$  et  $\mathcal{B}_3 = (\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ .



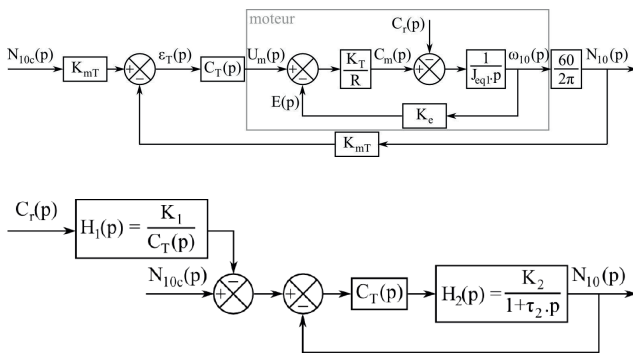
**Question 1** Donner la formule de dérivation vectorielle.

**Question 2** Calculer les dérivées vectorielles suivantes (en exprimant le résultat dans la base la plus simple possible) :

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1. $\frac{d}{dt} [\vec{x}]_{\mathcal{B}_0}$ ; | 4. $\frac{d}{dt} [\vec{w}]_{\mathcal{B}_0}$ ;   | 7. $\frac{d}{dt} [\vec{y}_1]_{\mathcal{B}_0}$ ; |
| 2. $\frac{d}{dt} [\vec{u}]_{\mathcal{B}_0}$ ; | 5. $\frac{d}{dt} [\vec{z}_1]_{\mathcal{B}_0}$ ; | 8. $\frac{d}{dt} [\vec{x}_1]_{\mathcal{B}_1}$ ; |
| 3. $\frac{d}{dt} [\vec{v}]_{\mathcal{B}_0}$ ; | 6. $\frac{d}{dt} [\vec{x}_1]_{\mathcal{B}_0}$ ; | 9. $\frac{d}{dt} [\vec{y}_1]_{\mathcal{B}_1}$ ; |

## Exercice 170 – SLCI Calculs

Soient les schéma-blocs suivants.



**Question 1** Mettre le premier schéma-blocs sous la forme du second schéma-blocs. Exprimer les fonctions de transfert  $H_1(p)$  et  $H_2(p)$  en fonction des paramètres du premier schéma-blocs.

## Exercice 169 – Schéma cinématique

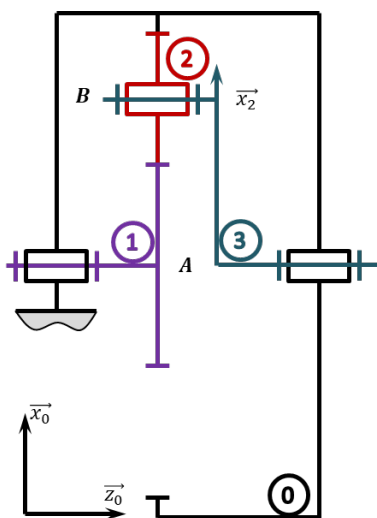
Soit le système suivant.



**Question 1** Proposer un schéma cinématique.

## Exercice 168 – Train épicycloïdal

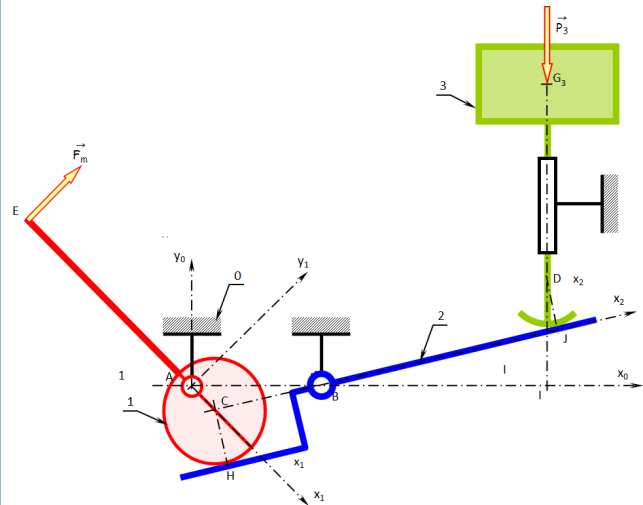
Soit le train épicycloïdal suivant.



**Question 1** Déterminer le rapport de réduction  $\frac{\omega_{30}}{\omega_{10}}$ .

## Exercice 167 – PFS

Le mécanisme représenté schématiquement ci-dessus est destiné à assurer le levage d'une charge liée au coulisseau (3) au moyen d'un levier à excentrique (1) et d'un balancier (2).



**Objectif** Dans cette étude, on va mettre en évidence l'influence du frottement sur l'équilibre d'un système.

On note  $\vec{P}_3$  le poids de la charge appliquée sur le coulisseau et  $\vec{F}_m$  l'effort appliqué en  $E$  par l'opérateur sur le levier à excentrique (1).

### Paramétrage géométrique

$$\begin{aligned} \vec{AB} &= L_0 \vec{x}_0; \vec{AE} = -L_1 \vec{x}_1; \vec{BI} = d_0 \vec{x}_0; \vec{AC} = e_1 \vec{x}_1; \\ \vec{HC} &= R_1 \vec{y}_2; \vec{BJ} = \lambda_{32} \vec{x}_2; \vec{ID} = \lambda_{30} \vec{y}_0; \vec{JD} = R_3 \vec{y}_2; \\ (\vec{x}_0, \vec{x}_1) &= \theta_{(1/0)}; (\vec{x}_0, \vec{x}_2) = \theta_{(2/0)}. \end{aligned}$$

On suppose dans un premier temps que toutes les liaisons sont sans frottement.

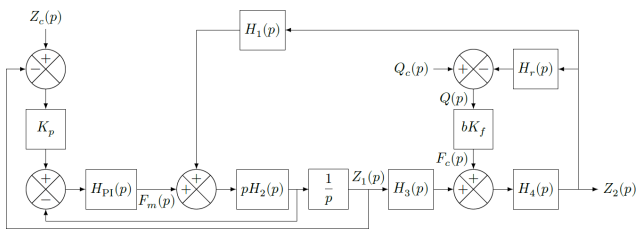
**Question 1** Réaliser le graphe de structure.

**Question 2** En écrivant les équations associées à l'équilibre de chacune des pièces, établir la relation liant  $F_m$  et  $P_3$  à l'équilibre. On cherchera à écrire le minimum d'équations.

**Question 3** Pour quelle(s) valeur(s) particulière(s) de  $\theta_{1/0}$  l'équilibre est-il possible avec un effort  $F_m$  nul?

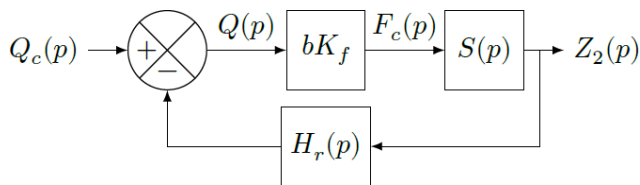
## Exercice 166 – SLCI Retard

Soient les modèles suivants. L'effort est donné par  $f_c(t) = b K_f q(t)$ . La quantité de matière enlevée est donnée par  $q(t) = q_c(t) - z_2(t) + z_2(t - \tau)$  où  $\tau$  est la durée nécessaire à la roue pour effectuer un tour complet. D'un point de vue numérique,  $K_f = 1,5 \times 10^9 \text{ N m}^{-1}$  et  $\tau = 1 \text{ s}$ . Le modèle de la chaîne d'asservissement est représenté par le schéma suivant.

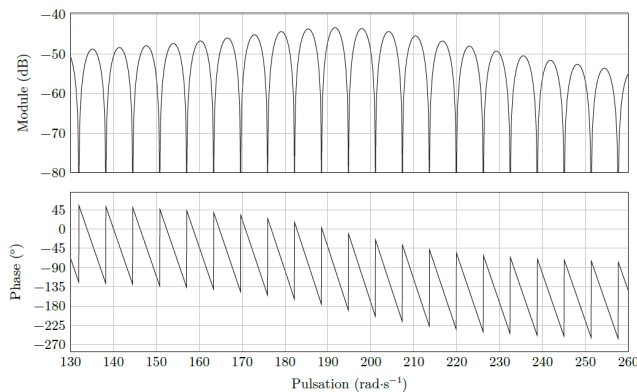


**Question 1** Déterminer  $H_r(p)$  en fonction de  $\tau$ .

En prenant  $Z_c(p) = 0$ , le modèle précédent peut se mettre sous la forme du modèle équivalent suivant.



La figure suivante représente le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte du système modélisé figure précédemment, avec  $b = \frac{1}{\pi} 5 \times 10^{-2} \text{ mmrad}^{-1}$ .



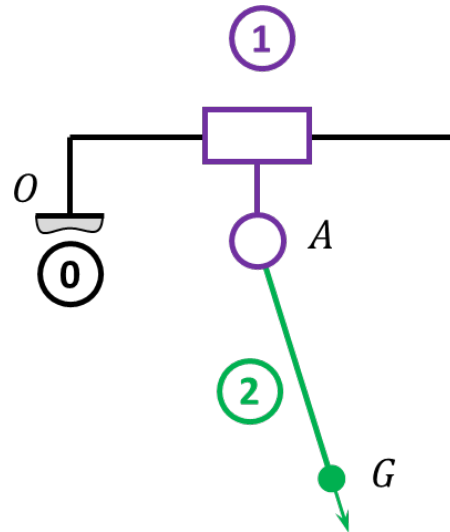
Les « zéros de transmission » d'une fonction de transfert  $H(p)$  correspondent aux pulsations  $\omega$  pour lesquelles  $H(j\omega)$  est nul.

**Question 2** Préciser l'expression de la fonction de transfert en boucle ouverte puis vérifier la cohérence du diagramme de Bode en analysant les « zéros de transmission ».

**Question 3** Déterminer un ordre de grandeur du paramètre  $b$  permettant de conserver la stabilité du système en boucle fermée.

## Exercice 165 – Cinématique

Soit le schéma cinématique suivant.



**Question 1** Réaliser le paramétrage.

**Question 2** Déterminer  $\overline{V(G \in 2/0)}$ .

**Question 3** Déterminer  $\overline{\Gamma(G \in 2/0)}$ .

## Exercice 164 – SLCI – Démonstration

Soit une fonction de transfert du premier ordre, bouclée avec un retour unitaire.

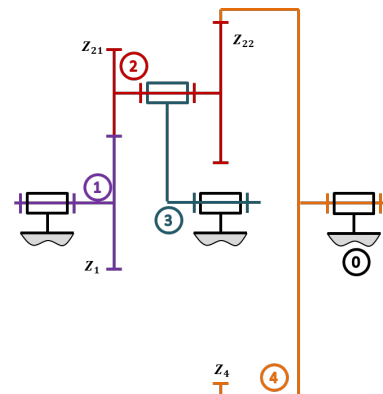
**Question 1** Tracer le schéma blocs.

**Question 2** Montrer que lorsque la bande passante de la FTBO augmente, le temps de réponse à 5% de la FTBF diminue.

Vous pourrez commencer par déterminer  $\omega_{0\text{dB}}$  la pulsation pour laquelle le gain de la FTBO est nul.

## Exercice 163 – Train épicycloïdal

Soit le train épicycloïdal suivant.



**Question 1** Déterminer  $\omega_{40}$  en fonction de  $\omega_{30}$  et  $\omega_{10}$ .

**Question 2** On suppose que  $\omega_{40}$  est bloqué. Exprimer le rapport  $\frac{\omega_{30}}{\omega_{10}}$ .

## Exercice 162 – Schéma cinématique

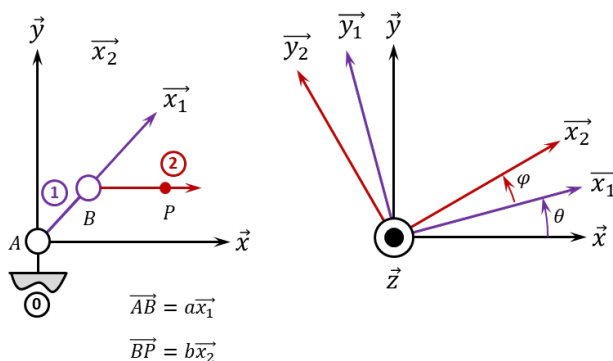
Soit le système suivant.



**Question 1** Proposer un schéma cinématique.

## Exercice 161 – Géométrie

Soit le schéma cinématique précédent.



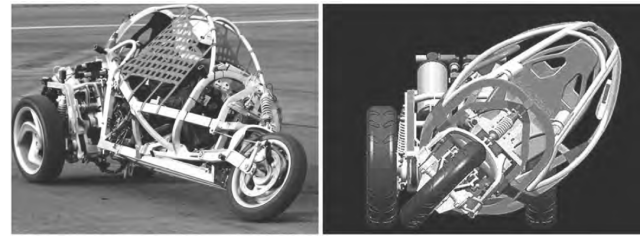
**Question 1** Exprimer les coordonnées du point P en fonction de  $\varphi$  et  $\theta$ .

**Question 2** Exprimer  $\varphi$  et  $\theta$  en fonction des autres paramètres (je ne sais pas si c'est possible).

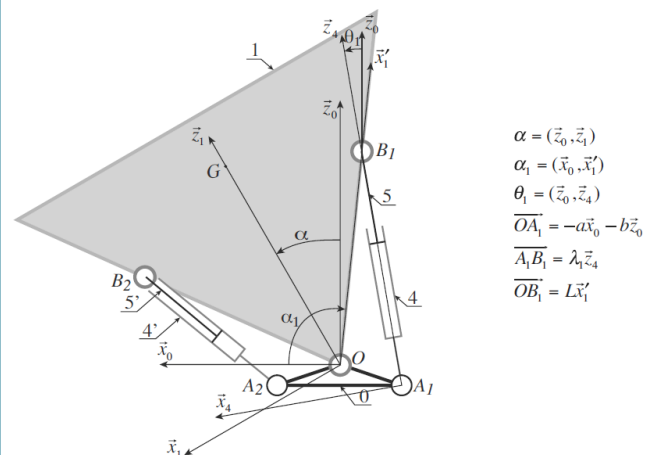
**Question 3** Donner les valeurs angulaire de  $\varphi$  et  $\theta$  pour que le point P suive une ligne droite du point  $(L, -h)$  à  $(L, h)$ . NDLR : cette question ne me semble pas facile. Il faudra surement utiliser Python pour faire ces tracés. On pourra prendre  $a = b = 1$ ,  $L = 1$  et  $h = 1$ .

## Exercice 160 – Géométrie

On s'intéresse à un véhicule triporteur permettant de s'incliner en virage.

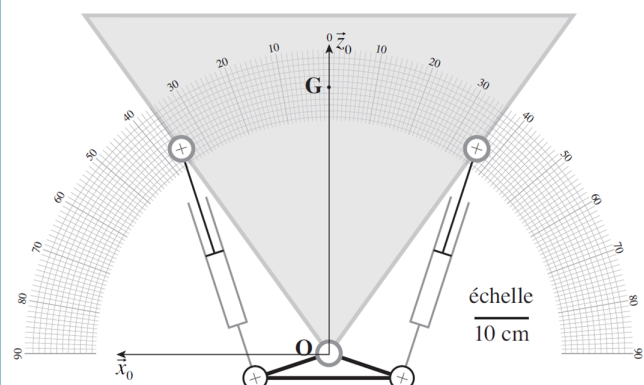


On suppose que le mécanisme étudié admet  $(O, \vec{z}_0, \vec{x}_0)$  comme plan d'étude. Le modèle cinématique adopté est précisé par le schéma cinématique de la figure suivante, sur laquelle sont aussi représentées les données géométriques et les paramètres de mouvements qui seront utilisés dans la question suivante afin de simplifier l'étude.



**Question 1** Déterminer 2 équations scalaires reliant  $\alpha_1$  (on a  $\alpha = \alpha_1 - \alpha_{10}$ , avec  $\alpha_{10}$  valeur de  $\alpha_1$  pour l'habitable non-incliné),  $\theta_1$  et  $\lambda_1$  (les directions de projection seront judicieusement choisies). En éliminant le paramètre  $\theta_1$ , mettre la relation entre  $\alpha_1$  et  $\lambda_1$  sous la forme :  $\cos(\alpha_1 + \psi) = \frac{A}{B}$  en précisant les expressions de  $\psi$ , A et B en fonction de a, b, L et  $\lambda_1$ .

Le tracé de cette relation est laborieux sans moyen numérique. Aussi, il vous est proposé de déterminer la position de certains points de la courbe  $\alpha(\lambda_1)$  en prenant 2 positions d'inclinaison de l'habitable entre 0 et 45°. On obtient ainsi 7 points pour la plage de variation de  $\alpha$  (de -45° à 45°). Pour cela, on adopte le paramétrage de la figure suivante en prenant comme origine des angles la position « habitacle non-incliné ».





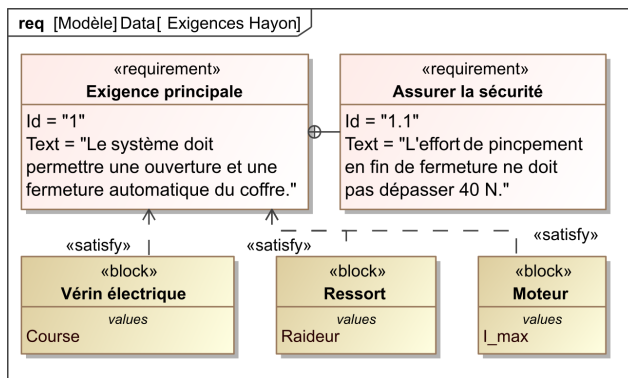
**Question 2** Représente les positions des points  $B_1$  et  $B_2$  pour les 2 positions angulaires choisies. Tracer l'évolution de  $\alpha$  en fonction de  $\lambda_1$  pour  $\alpha$  compris entre  $-45^\circ$  et  $+45^\circ$ . Est-il possible de décrire cette courbe par une fonction linéaire en prenant comme origine les valeurs des paramètres pour la position « habitacle non-incliné » (on définit alors le paramètre  $\lambda$  tel que :  $\lambda = \lambda_1 - \lambda_{10}$ ) ? Si oui, donner une valeur approximative de sa pente, paramètre noté  $R$  pour la suite.

## Exercice 159 – PFS

### Mise en situation

Le PCS (Power Closure System), conçu par Valéo, est un système d'ouverture et de fermeture automatique de hayon de coffre automobile. Le système étant symétrique, les deux vérins sont ramenés dans le plan d'évolution de la porte de coffre et leur action mécanique s'exerçant sur la porte de coffre est supposée identique.

On donne un diagramme d'exigence partiel du système étudié.



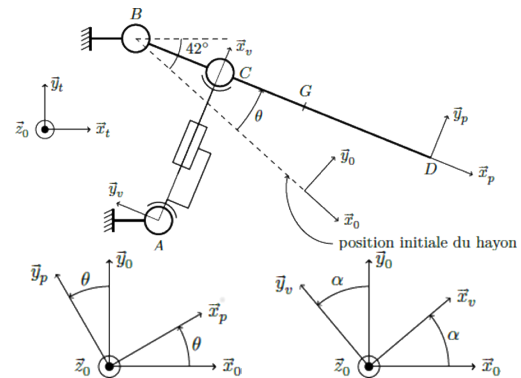
### Objectif

- Déterminer les caractéristiques du vérin répondant au cahier des charges : longueur du vérin en position coffre ouvert et coffre fermé, course du vérin, raideur du ressort équipant le vérin.
- Déterminer le couple moteur maximal nécessaire pour le maintien en position du hayon.
- Déterminer le courant de pincement afin que l'effort de pincement soit inférieure à 40 N pendant 10 ms.

Le repère  $(B; \vec{x}_t, \vec{y}_t, \vec{z}_0)$  est lié à la Terre. L'accélération de la pesanteur s'écrit  $\vec{g} = -g \vec{y}_t$  avec  $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ . La structure du véhicule et la porte de coffre sont en liaison pivot d'axe  $(B, \vec{z}_0)$ .

Le repère  $(B; \vec{x}_p, \vec{y}_p, \vec{z}_0)$  est lié à la porte de coffre  $S_1$  de masse  $M = 30 \text{ kg}$ . Le repère  $(B; \vec{x}_v, \vec{y}_v, \vec{z}_0)$  est lié au corps du vérin. La sortie de tige par rapport au corps du vérin  $S_3$  se fait dans la direction du vecteur  $\vec{x}_v$ . Les liaisons entre le corps du vérin  $S_3$  et le bâti  $S_0$  ainsi qu'entre la tige du vérin  $S_2$  et la porte de coffre  $S_1$  sont des liaisons rotules de centres respectifs  $A$  et  $C$ . Le point  $D$  représente l'extrémité de la porte du coffre. La hauteur du point  $D$

par rapport au sol suivant la verticale est de 0,7 m en position coffre fermé et de 1,8 m en position coffre ouvert.



### Caractéristiques géométriques du vérin

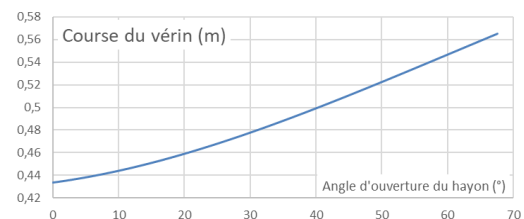
Le centre d'inertie du coffre est situé en  $G$  tel que  $\vec{BG} = \lambda \vec{x}_p$  avec  $\lambda = 0,6 \text{ m}$ .

$\vec{AB} = -a \vec{x}_0 + b \vec{y}_0$ ,  $\vec{AC} = L \vec{x}_v$ ,  $\vec{BC} = c \vec{x}_p$ ,  $\vec{BD} = d \vec{x}_p$  avec  $a = 0,55 \text{ m}$ ,  $b = 0,14 \text{ m}$ ,  $c = 0,14 \text{ m}$  et  $d = 1 \text{ m}$ . L'angle formé entre  $\vec{x}_0$  et l'horizontale  $\vec{x}_t$  est  $\theta_0 = 42^\circ$ .

**Question 1** Déterminer l'angle d'ouverture maximal.

**Question 2** Déterminer la longueur du vérin  $L$  en fonction de l'angle d'ouverture du coffre  $\theta$ .

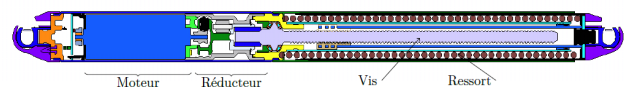
On donne la courbe donnant l'évolution de la course du vérin en fonction de l'ouverture du hayon.



**Question 3** Déterminer les valeurs extrêmes de  $L$ , ainsi que la course du vérin.

### Dimensionnement des caractéristiques du ressort

Les vérins utilisés sont constitués d'un moteur à courant continu, d'un réducteur à engrenage, d'une vis à billes et d'un ressort. Ce dernier permet d'assurer l'équilibre de la porte de coffre en cas de panne des vérins électriques.



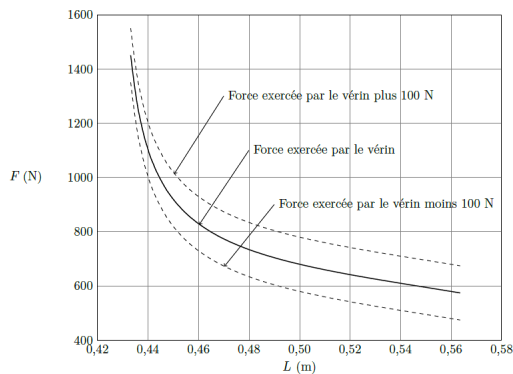
On suppose dans un premier temps que le coffre est à l'équilibre.

**Question 4** Déterminer l'effort  $F$  exercé par chacun des vérins sur la porte de coffre en fonction de  $\theta$ ,  $\alpha$  et des constantes du problème.

En exploitant les équations obtenues à partir de l'écriture de la fermeture géométrique obtenue précédemment, on montre que la relation entre  $\theta$  et  $\alpha$  s'écrit :

$$\tan \alpha = \frac{b + c \sin \theta}{-a + c \cos \theta}$$

On déduit de la question précédente le tracé de l'évolution de l'effort  $F$  nécessaire au maintien en équilibre du coffre en fonction de la longueur  $L$  du vérin.

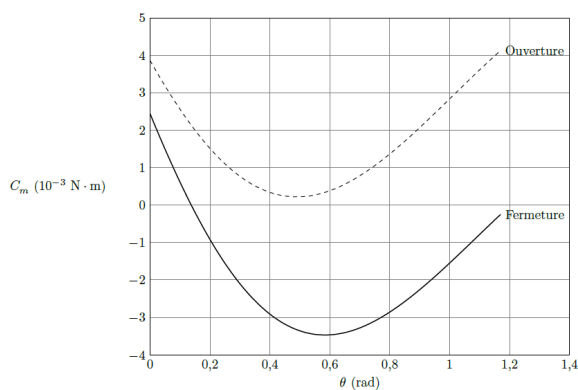


On choisit d'utiliser un ressort précontraint au sein du vérin de manière à assister l'ouverture du coffre et à assurer l'équilibre du coffre sur une plage de fonctionnement maximale. On estime que les forces de frottement maximales au sein du vérin (essentiellement dues à la friction dans la vis) sont de l'ordre de  $F_{\text{frot}} = 100 \text{ N}$ .

La figure précédente représente la force que doit exercer le vérin sur la porte de coffre pour assurer l'équilibre de cette dernière en fonction de la longueur du vérin. Les courbes en pointillés représentent la force du vérin  $\pm 100 \text{ N}$ .

**Question 5** Déterminer la raideur  $k$  du ressort et sa longueur à vide  $L_0$  de manière à obtenir une situation d'équilibre sur la plus grande plage de fonctionnement. Préciser votre démarche.

La figure suivante représente l'évolution du couple moteur dans un vérin lors des phases d'ouverture et de fermeture du coffre.

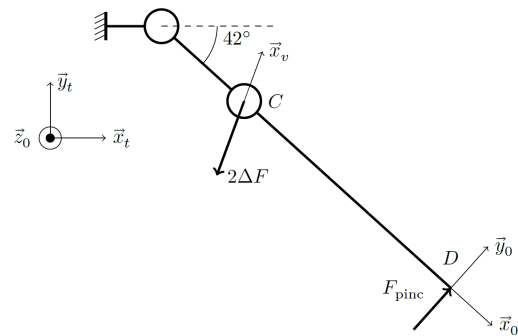


**Question 6** Déterminer le couple moteur maximal en phase d'ouverture puis en phase de fermeture.

### Réglage de la fonction sécurité des personnes

Pour limiter le risque d'accident lié au pincement d'un utilisateur, il est nécessaire de limiter le couple du moteur à courant continu durant la phase de fermeture du hayon.

On envisage la présence d'un obstacle empêchant la fermeture du coffre. On modélise l'action de l'obstacle sur la porte de coffre par un glisseur s'appliquant en  $D$  et s'exprimant  $\vec{F}_{\text{pinc}} = F_{\text{pinc}} \vec{y}_p$ .



On cherche à déterminer l'accroissement de couple moteur en cas de présence d'obstacle. On suppose ainsi que la porte de coffre est en équilibre sous l'effet du poids et de l'action des vérins. On ajoute ainsi l'effort de pincement  $F_{\text{pinc}}$  en  $D$  et on cherche l'accroissement d'effort  $\Delta F \vec{x}_v$  qu'exercent chacun des vérins en  $C$  sur la porte en la supposant en équilibre.

On donne la relation entre le couple moteur et la force fournie par le vérin en régime quasi-statique :  $C_m = \rho F$  avec  $\rho = 7,89 \times 10^{-5} \text{ m}$ .

**Question 7** Déterminer l'expression littérale puis la valeur numérique de  $\Delta F$  l'accroissement de la force qu'exerce chacun des vérins sur la porte de hayon.

La constante de couple du moteur est donnée par  $K_t = 9,5 \times 10^{-3} \text{ Nm A}^{-1}$ .

**Question 8** En déduire la valeur numérique de l'accroissement  $\Delta C_m$  de couple moteur en fonction de la présence d'un obstacle. Déterminer l'intensité maximale du courant dans le moteur lors d'un pincement.

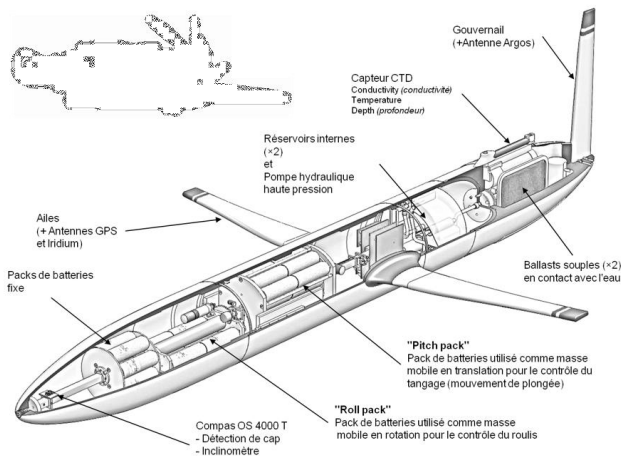
### Synthèse

**Question 9** Réaliser un poster permettant de synthétiser comment les caractéristiques des composants ont été déterminés.

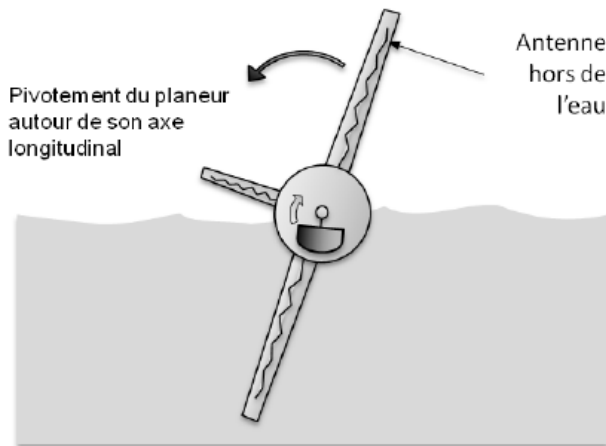
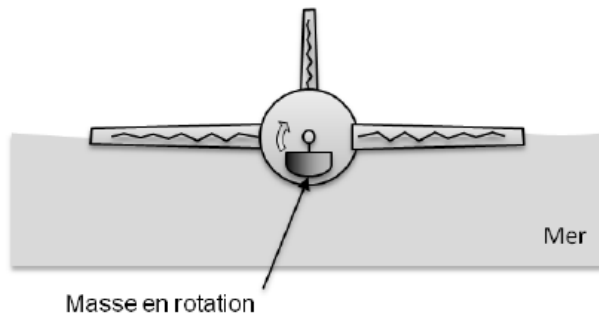
### Exercice 158 – SED

(Pôle Chateaubriand Joliot Curie)

Dans l'objectif d'optimiser le fonctionnement d'un hydro-planeur il faut tenir compte de toutes les procédures de fonctionnement prévues, comme celle d'alerte en cas de panne de la transmission des données, qui impose d'émettre un signal de détresse permettant de venir repêcher l'hydro-planeur. À chaque remontée en surface, l'hydro-planeur se connecte à un réseau sans fil (IRIDIUM) afin de transmettre les données enregistrées. L'hydro-planeur dispose de trois antennes logées dans la dérive et dans chaque aileron stabilisateur. Cette solution implique que, pour émettre en surface, l'engin pivote sur lui-même d'un quart de tour pour faire émerger une des deux antennes dédiées au réseau IRIDIUM. Pendant cette phase, le dispositif de basculement, qui permet de contrôler le tangage de l'hydro-planeur, n'est pas actif. En fin de charge des batteries ou en cas de souci technique, l'hydro-planeur dispose d'une balise ARGOS (dont l'antenne est dans la dérive verticale) qui permet de le localiser et d'envoyer un navire pour le récupérer.



### PRINCIPE DE PIVOTEMENT DU PLANEUR



Dans ce cas de dysfonctionnement, l'hydro-planeur adopte le comportement décrit par le diagramme d'état ci-dessous :

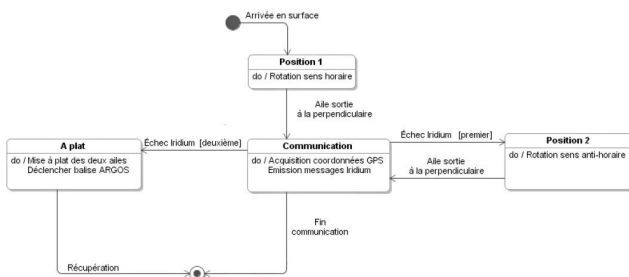
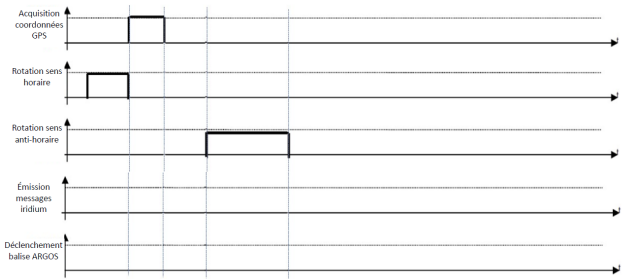


Diagramme d'état de la commande en cas de dysfonctionnement de l'hydro planeur

**Question 1** Compléter les chronogrammes qui correspondent à la séquence des signaux de commande fournis par l'unité de traitement pour obtenir le fonctionnement

souhaité dans le cas où la première et la deuxième transmission IRIDIUM échouent (lorsqu'un élément doit être activé, il sera représenté par un niveau haut).

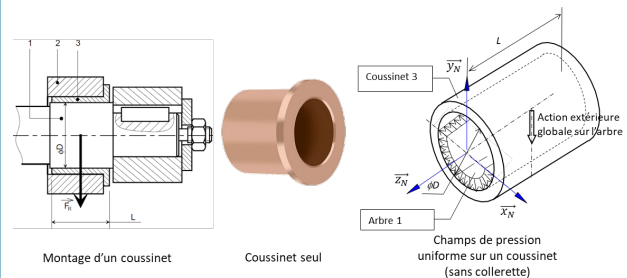


### Exercice 157 – Diagramme de Bode

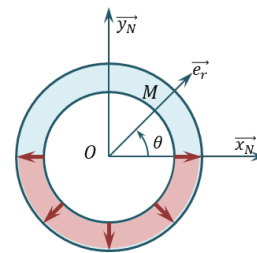
Tracer le diagramme de Bode des fonctions de transfert suivante :  $H_1(p) = \frac{0,05p + 2}{1 + 0,1p}$  et  $H_2(p) = \frac{4}{0,2p^2 + p}$ .

### Exercice 156 – Modélisation des actions mécaniques

Un coussinet (ou bague) est un élément technologique permettant de réaliser des liaisons pivot. Suivant les cas d'utilisation d'un système, un chargement sur l'arbre est transmis au coussinet.



On donne le modèle suivant où le champ de pression de l'arbre sur le coussinet est uniforme pour  $\theta \in [\pi, 2\pi]$ . On note  $R = \frac{D}{2}$  le rayon du coussinet.



**Question 1** Déterminer la résultante des actions mécaniques de 1 sur 3. On la note  $R(1 \rightarrow 3)$ .

**Question 2** Déterminer  $\mathcal{M}(O, 1 \rightarrow 3) \vec{z}_N$ .

### Exercice 155 – Modélisation des actions mécaniques

(Suite)

On considère maintenant que la pression n'est pas uniforme et vaut au point M  $p(M) = p_0 \sin \theta$ .

**Question 1** Justifier que  $\overrightarrow{R(1 \rightarrow 3)}$  n'a une composante que sur  $\vec{y}$ .

**Question 2** Déterminer la résultante des actions mécaniques de 1 sur 3. On la note  $\overrightarrow{R(1 \rightarrow 3)}$ . On rappelle que  $\sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$ .