

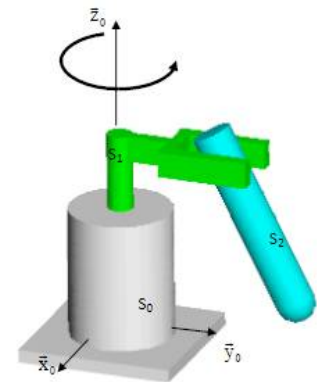
DS MPSI1, mars 2026, durée 1h

Exercice 1. Centrifugeuse

On donne le schéma cinématique plan d'une centrifugeuse de laboratoire.

Une centrifugeuse de laboratoire est constituée d'un carter (0) en forme de bol, d'un rotor (1) auquel sont fixées des éprouvettes (2).

Les éprouvettes contiennent chacune deux liquides de masse volumique différente.



Sous l'effet centrifuge dû à la rotation du rotor (1), les éprouvettes (2) s'inclinent et le liquide dont la masse volumique est la plus grande est rejeté vers le fond des éprouvettes, ce qui réalise la séparation des deux liquides.

Au carter (0) est lié le repère $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.

Le rotor (1), en liaison pivot avec le carter (0), est animé d'un mouvement de rotation d'axe $(O, \vec{z}_0)$ et d'angle θ par rapport à (0).

Au rotor (1) est lié le repère $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$, on a $\vec{z}_1 = \vec{z}_0$ et $\theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$.

L'éprouvette (2), en liaison pivot avec le rotor (1), est animée d'un mouvement de rotation d'axe $(A, \vec{y}_1)$ et d'angle φ par rapport à (1).

A l'éprouvette (2) est lié le repère $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$, on a $\vec{y}_2 = \vec{y}_1$ et $\varphi = (\vec{x}_1, \vec{x}_2)$.

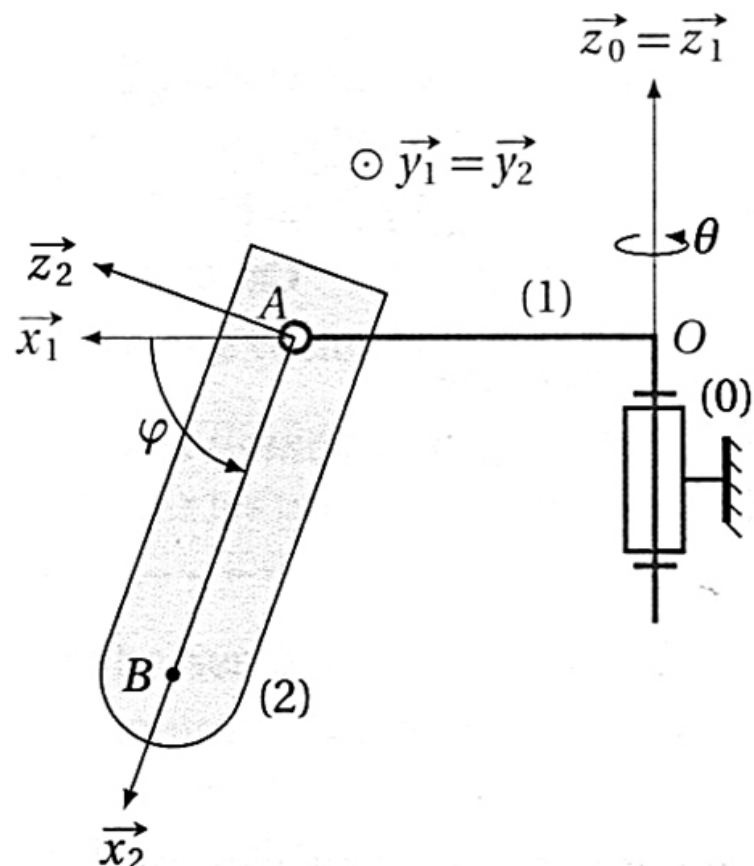
On donne :

$$\overrightarrow{OA} = a \cdot \vec{x}_1$$

$$\overrightarrow{AB} = b \cdot \vec{x}_2$$

Questions

1. Faire les figures de changement de base.
2. Déterminer $\vec{V}(B \in 2/0)$, la vitesse du point B appartenant à l'éprouvette (2) dans son mouvement par rapport au carter (0)



Exercice 2.

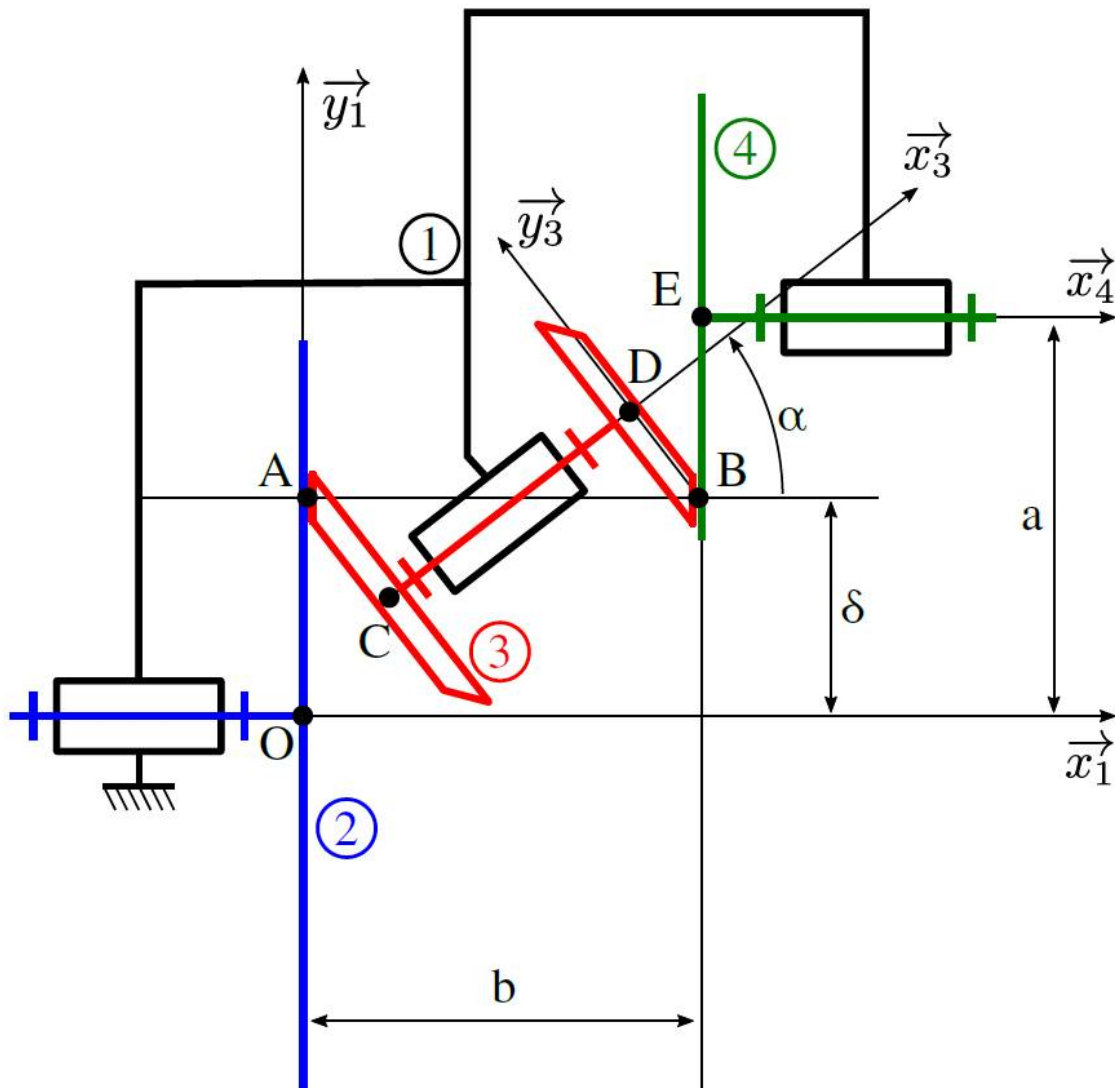
Le variateur représenté ci-dessous permet d'obtenir un rapport continument variable entre les vitesses angulaires de l'arbre de sortie (4) et l'arbre d'entrée (2).

Cette variation est obtenue grâce au déplacement radial d'un galet (3) entre les disques solitaires des arbres (2) et (4), les rayons OA et EB varient simultanément.

Le but de cet exercice est de déterminer le rapport entre les vitesses angulaires des deux arbres.

Les contacts en A et B sont sans glissement.

On pose : $(\vec{x}_1, \vec{x}_3) = \alpha$ $\vec{CA} = R_1 \cdot \vec{y}_3$ $\vec{BD} = R_2 \cdot \vec{y}_3$



Questions

1. Exprimer les conditions de non glissement en A et B.
2. Déterminer l'expression de ω_{31} en fonction de ω_{21} et des paramètres géométriques.
3. Déterminer l'expression de ω_{31} en fonction de ω_{41} et des paramètres géométriques.
4. Déterminer l'expression du rapport $i = \frac{\omega_{21}}{\omega_{41}}$.

Exercice 3.

Le système étudié, appelé inverseur de poussée, est un dispositif utilisé dans le domaine de l'aéronautique commerciale ou privée permettant de contribuer au freinage d'un avion lors de sa phase d'atterrissage sur piste.

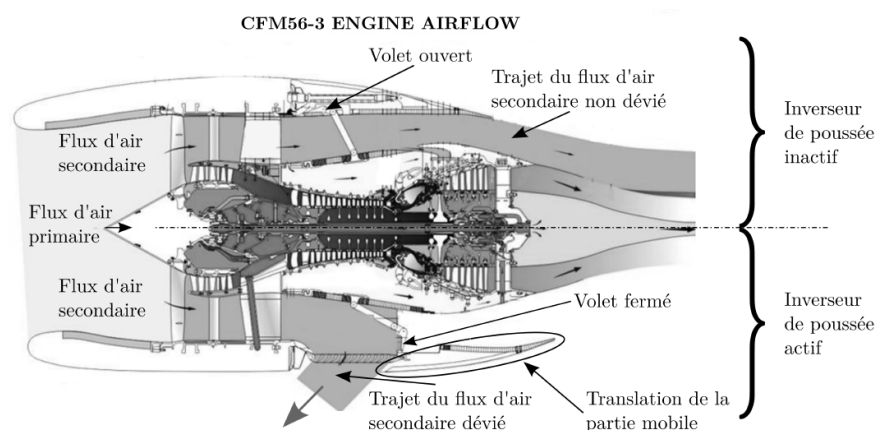


Nacelle fermée
Inverseur de poussée non activé

Nacelle ouverte
Inverseur de poussée activé

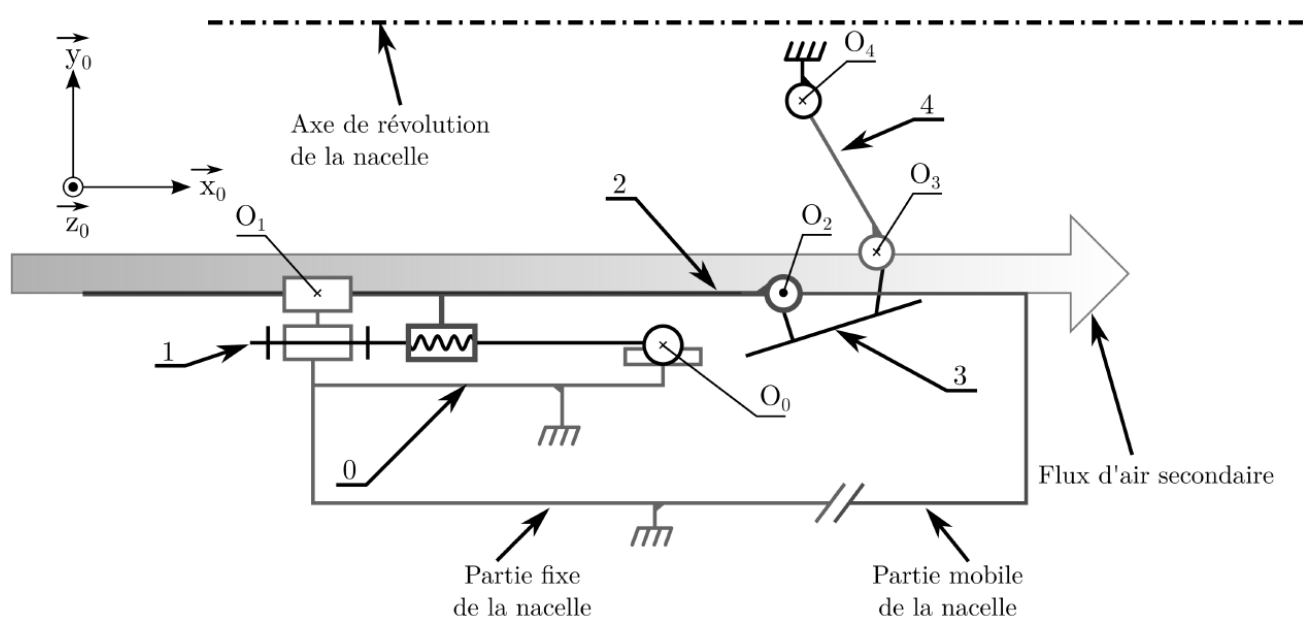
L'inversion de poussée est obtenue grâce à la déviation du flux d'air secondaire. En position fermée le flux d'air secondaire s'écoule normalement.

En position ouverte la partie mobile munie d'un béquet déflecteur dirige le flux vers l'avant créant ainsi un effet de "reverse".



Modélisation cinématique de l'ouverture de la nacelle

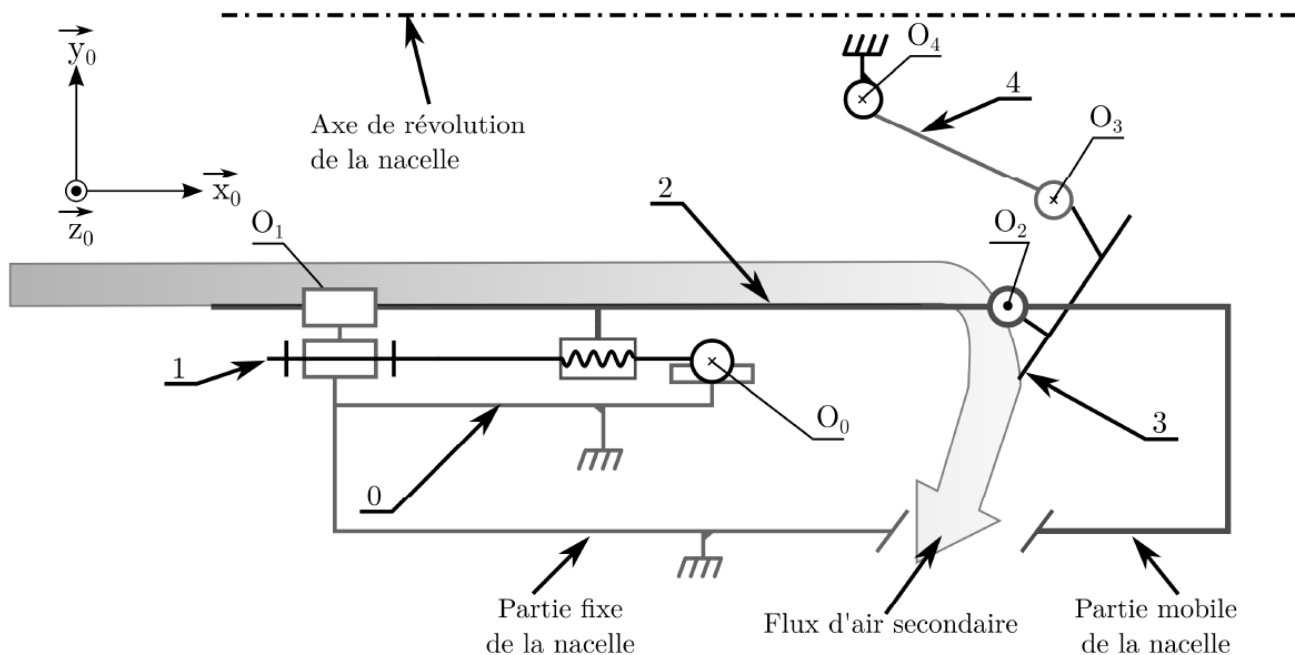
La figure suivante représente la structure de la chaîne cinématique lorsque la nacelle est en position fermée, aucune commande de contre-poussée n'est activée. Le flux d'air secondaire suit une trajectoire rectiligne.



Liste des pièces :

- ✓ 0 : Bâti, partie fixe de la nacelle.
- ✓ 1 : Vis à billes, entraînée par le flex-shaft.
- ✓ 2 : Écrou, partie mobile de la nacelle.
- ✓ 3 : Volet.
- ✓ 4 : Bielle.

La figure suivante représente la position fermée d'un des volets, ce qui permet de dévier le flux d'air secondaire afin de générer la contre-poussée. Le tableau permet de référencer l'ensemble des composants de cette chaîne cinématique.



On considère dans cette partie de l'étude que l'ensemble de la nacelle admet une symétrie de révolution autour de l'axe $(O_1, \vec{x}_0)$. On étudie le mouvement d'un seul volet en supposant que le comportement cinématique de l'ensemble des volets est analogue.

Paramétrage :

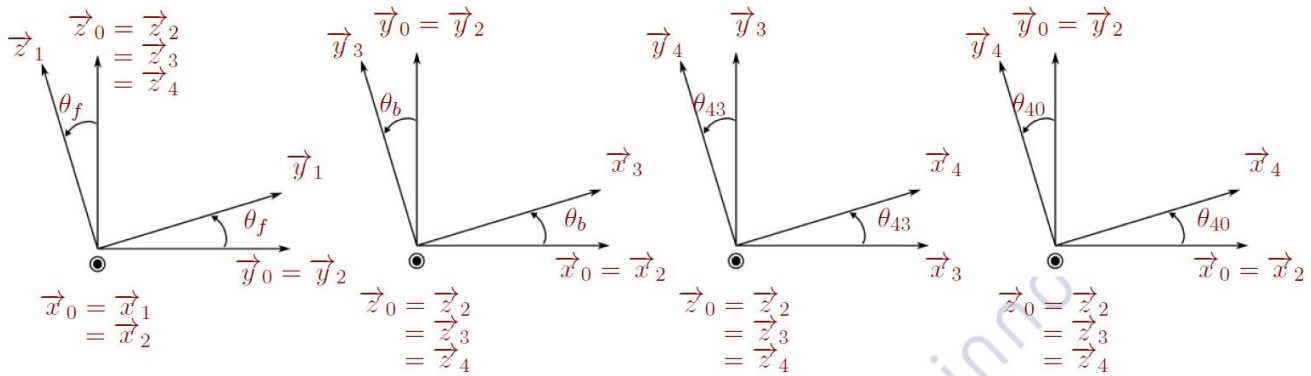
- ✓ La vis (1) du vérin à vis est en liaison pivot d'angle θ_f par rapport au bâti (0).
- ✓ La vis (1) est en liaison sphère-cylindre par rapport au bâti (0).
- ✓ La vis (1) est en liaison hélicoïdale par rapport à l'écrou (2) fixé à la partie mobile de la nacelle. On note p le pas de la vis.
- ✓ La partie mobile (2) est en liaison glissière par rapport au bâti.
- ✓ Le volet (3) est en liaison pivot glissant d'angle θ_b par rapport à la partie mobile (2).
- ✓ Le volet (3) est en liaison pivot d'angle θ_{43} par rapport à la bielle (4).
- ✓ La bielle (4) est en liaison pivot d'angle θ_{40} par rapport au bâti (0).

On donne : $\overrightarrow{O_1O_2} = \lambda \cdot \vec{x}_0$ $\overrightarrow{O_2O_3} = L_3 \cdot \vec{x}_3$ $\overrightarrow{O_3O_4} = L_4 \cdot \vec{y}_4$ $\overrightarrow{O_4O_1} = -L \cdot \vec{x}_0 - H \cdot \vec{y}_0$

Grandeurs caractéristiques :

- ✓ Nombre de volets : 22.
- ✓ Valeurs minimale et maximale de θ_b : 5° et 85° .
- ✓ $L_3 = 320 \text{ mm}$ $L_4 = 400 \text{ mm}$ $L = 422 \text{ mm}$.
- ✓ Pas de vis : $p = 8 \text{ mm.tr}^{-1}$ Vitesse du moteur : $N_m = 2000 \text{ tr.min}^{-1}$.

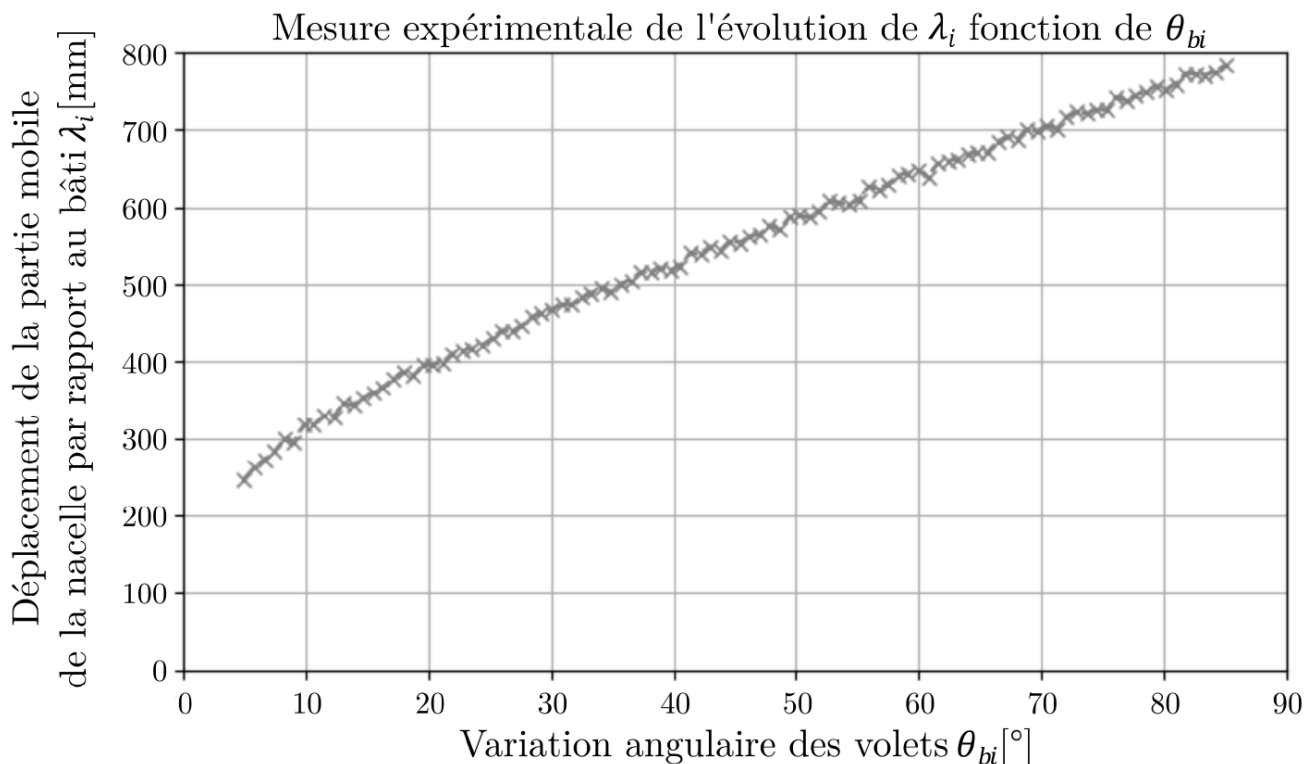
On donne les figures de changement de Bases associées au paramétrage.

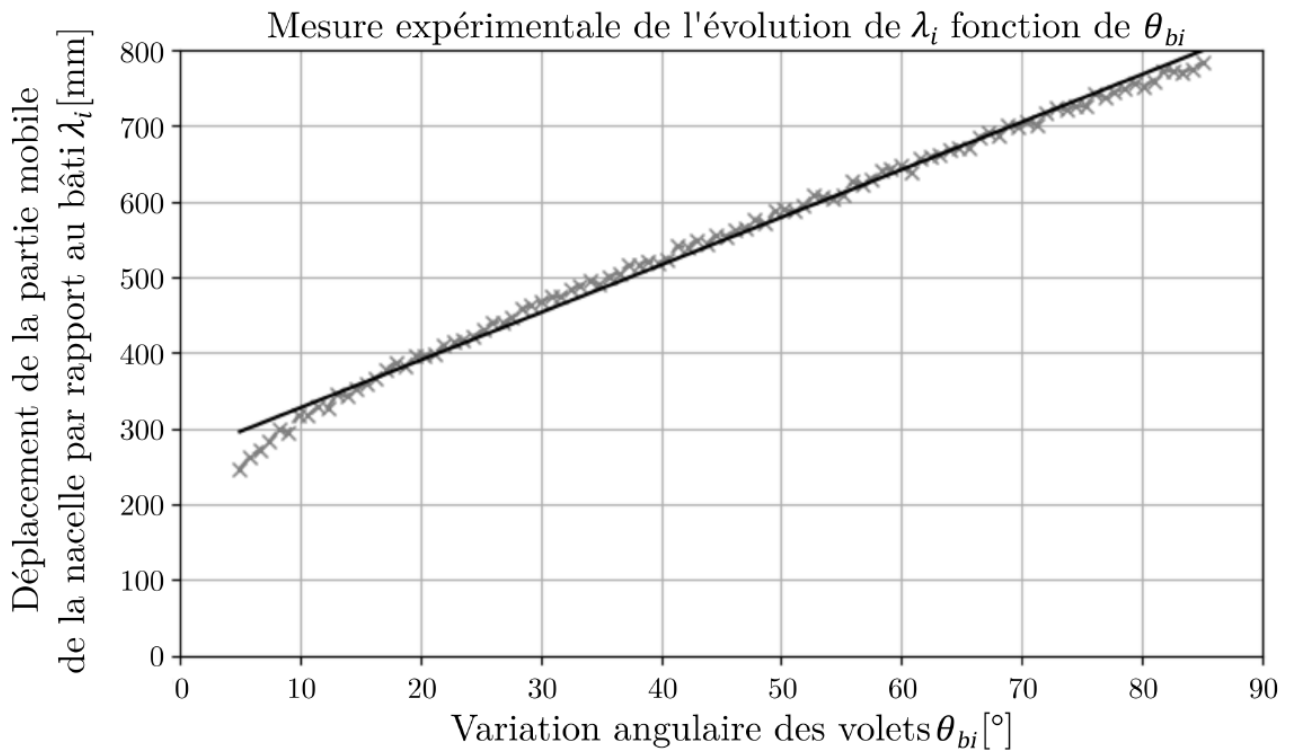


Question 1

Déterminer l'expression de la variable de translation λ de la partie mobile de la nacelle (2) en fonction de l'angle de rotation θ_b ainsi que des grandeurs géométriques constantes du système.

Les figures suivantes représentent l'évolution de la variable λ en fonction θ_b à partir de l'expression déterminée à la question précédente.





On donne un extrait du cahier des charges :

- ✓ L'ouverture de la nacelle doit être au moins de 50 centimètres.
- ✓ L'inversion de poussée doit avoir lieu en moins de 3 secondes.

Question 2

À partir des figures données, déterminer la course C de la partie mobile de la nacelle correspondant à l'évolution angulaire des volets puis la comparer à la valeur du cahier des charges.

Afin de compléter le schéma bloc de l'asservissement en position de l'inverseur de poussée, il est nécessaire d'établir une relation linéaire et continue entre les paramètres de

la chaîne cinématique : $V_{20}(t) = \frac{d\lambda(t)}{dt}$ $\omega_b(t) = \frac{d\theta_b(t)}{dt}$.

Question 3

Déterminer le gain $K = \frac{\omega_b}{V_{20}}$ associée à la chaîne cinématique.

Rappels : Pas de vis : $p = 8 \text{ mm.tr}^{-1}$

Vitesse du moteur : $N_m = 2000 \text{ tr.min}^{-1}$.

Question 4

Déterminer le temps d'ouverture de la nacelle.

Conclure vis-à-vis du cahier des charges.

Question bonus : Faire le graphe de structure du mécanisme.