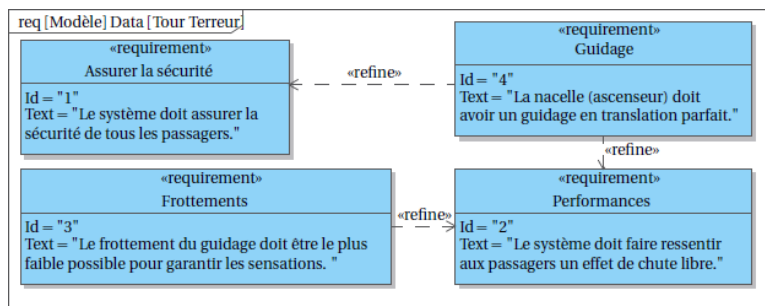


Application 1 : Tour de la terreur – Sujet

La Tour de la terreur du parc Walt Disney Studios propose aux visiteurs d'entrer dans une tour et d'effectuer une chute de 13 étages dans un ascenseur. L'ascenseur est guidé en translation sur deux rails par 12 galets répartis sur 4 systèmes de guidage.

Cahier des charges

Le diagramme des exigences partiel de la Tour de la terreur est donné figure suivante.



D'après Livre Ed. Vuibert.

Galets



Guidage en A

FIGURE 3.1 – Guidage de l'ascenseur.

FIGURE 3.2 – Diagramme des exigences partiel.

Objectif

L'objectif est d'analyser différentes liaisons en parallèle ou en série de la Tour de la terreur afin de valider l'exigence de précision du guidage lors de la descente.

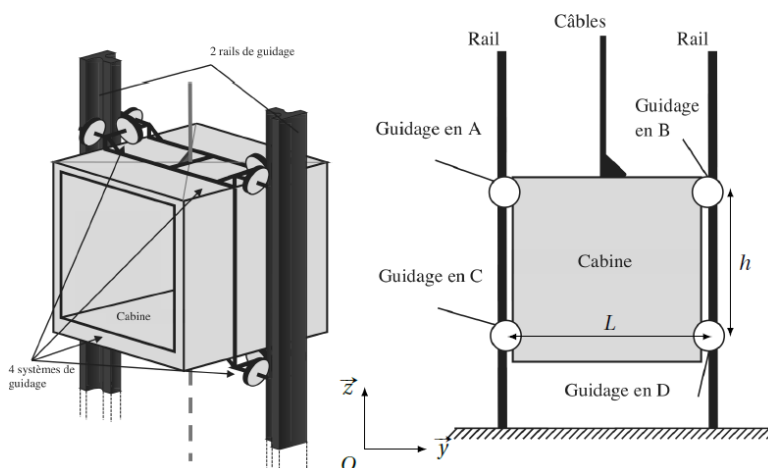


FIGURE 3.3 – Modélisation de la Tour.

On modélise chaque contact entre un galet et le rail par une liaison ponctuelle. On modélise chaque liaison entre un galet et la cabine par une liaison pivot.

Afin de simplifier l'étude, nous nous intéressons d'abord à la liaison équivalente à une liaison pivot en série avec une liaison ponctuelle (liaison réalisée entre la cabine et un rail par l'intermédiaire d'un seul galet).

Question 1 En utilisant le modèle de la figure précédente, déterminer la liaison équivalente à l'association en série d'une ponctuelle de normale \vec{n} et d'une liaison pivot d'axe \vec{z} .

Dans la suite, nous considérerons cette simplification pour tous les galets.

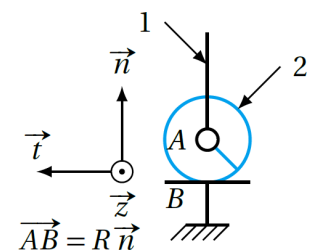


FIGURE 3.4 – Association en série d'une liaison pivot et d'une liaison ponctuelle.

Question 2 Proposer un graphe des liaisons faisant intervenir les modèles des 12 galets entre le rail et l'ascenseur.

Question 3 Donner le torseur cinématique d'une liaison ponctuelle ou sphère-plan en précisant le point d'écriture et la base.

Question 4 Donner la liaison équivalente à l'association de trois liaisons ponctuelles en parallèle au niveau d'un guidage (A , B , C ou D).

Question 5 Montrer que l'association en parallèle de deux liaisons sphère-cylindre de même axe est équivalente à une liaison pivot glissant.

Question 6 Conclure sur la liaison équivalente entre la cabine et le rail compte tenu des résultats précédents.

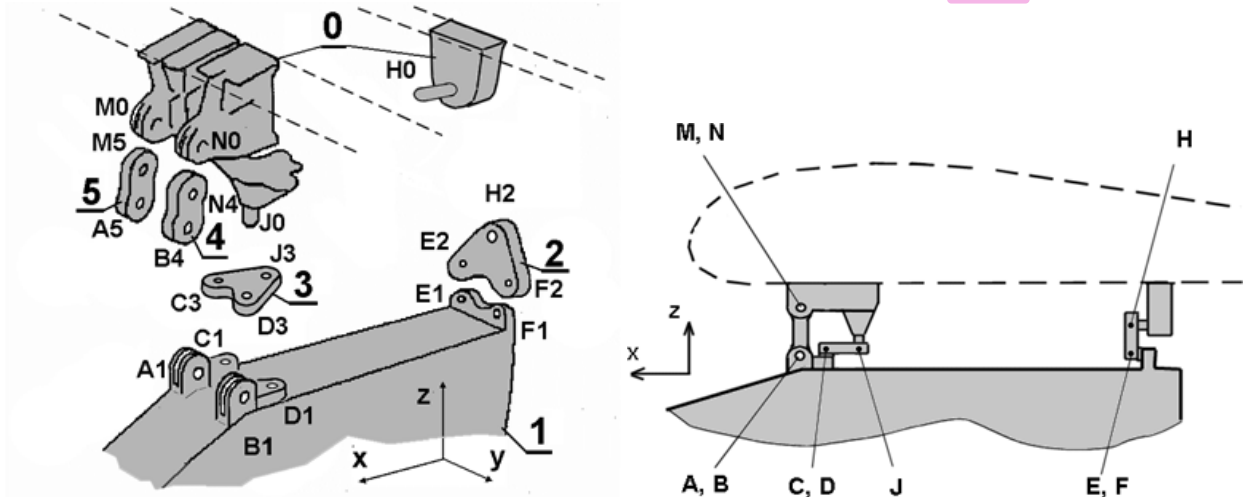
Question 7 Pourquoi utilise-t-on cette solution pour guider la cabine de l'ascenseur ?

Application 2 : Mât réacteur A320 – Sujet

D'après F. Weiss.

L'étude porte sur la solution d'assemblage choisie entre le mât-réacteur et l'aile de l'avion A320. Les figures suivantes présentent les différentes pièces de cet assemblage ainsi que la disposition des liaisons dans le plan (\vec{x}, \vec{z}) .

B2-15



Le mât-réacteur (1) est suspendu à l'aile (0) grâce aux deux biellettes (4) et (5). Les articulations réalisées aux points A , B , N et M sont considérées comme des liaisons « sphériques ». On a : $\vec{AM} = \vec{BN} = a\vec{z}$. Les mouvements du mât-réacteur (1) par rapport à l'aile (0) sont stoppés par la présence de deux triangles (2) et (3). Le triangle (2) est articulé sur (1) par deux liaisons « sphériques » de centres E et F , et sur (0) par une liaison « sphérique » de centre H . On a : $\vec{EF} = e\vec{y}$ et $\vec{EH} = \frac{1}{2}e\vec{y} + h\vec{z}$.

Le triangle (3) est articulé sur (1) par deux liaisons « sphériques » de centres C et D , et sur (0) par une liaison « sphérique » de centre J . On a : $\vec{CD} = a\vec{y}$ et $\vec{CJ} = \frac{1}{2}c\vec{y} - j\vec{x}$.

Question 1 Tracer le graphe de structure de l'assemblage.

Question 2 Déterminer la liaison équivalente entre (1) et (0) réalisée par la biellette (4) puis par la biellette (5).

Question 3 Déterminer la liaison équivalente réalisée entre (1) et (0) par le triangle (2) puis par le triangle (3).

Question 4 Tracer en perspective le schéma architectural de l'assemblage du mât (1) sur l'aile (0) en utilisant les modèles des liaisons équivalentes déterminées aux questions précédentes.

Question 5 Déterminer le degré d'hyperstatisme de l'assemblage (1)/(0); justifier l'intérêt du résultat en raisonnant sur les dilatations provoquées par des températures et des matériaux différents pour l'aile et le mât-réacteur.

Colle 1

Pompe à chaleur à compresseur Scroll –

Sujet

XENS – PSI – 2018.

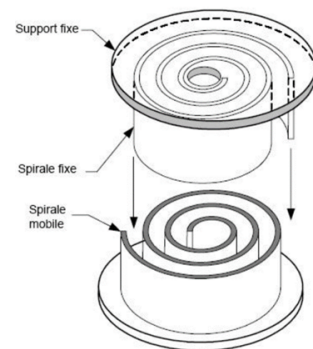
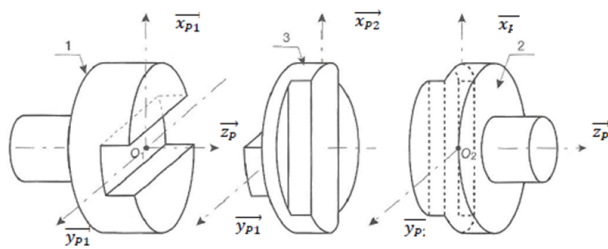
Présentation

Le compresseur Scroll utilise deux spirales de géométrie identique emboîtées l'une dans l'autre. L'une des spirales est fixe tandis que la seconde est mobile et mise en mouvement grâce à un arbre muni d'un excentrique.

Etude préliminaire d'un joint de Oldham

Le joint de Oldham est un accouplement utilisé en général entre 2 axes parallèles mais non-coaxiaux. La figure ci-après en donne les constituants de principe :

- un arbre d'entrée (noté 1) pouvant tourner autour de l'axe (O_1, \vec{z}_{p1}) par rapport à un bâti ;
- un arbre de sortie (noté 2) pouvant tourner autour de l'axe (O_2, \vec{z}_{p2}) par rapport à un bâti ;
- une pièce intermédiaire appelée en général « noix » ou « croix » (notée 3).

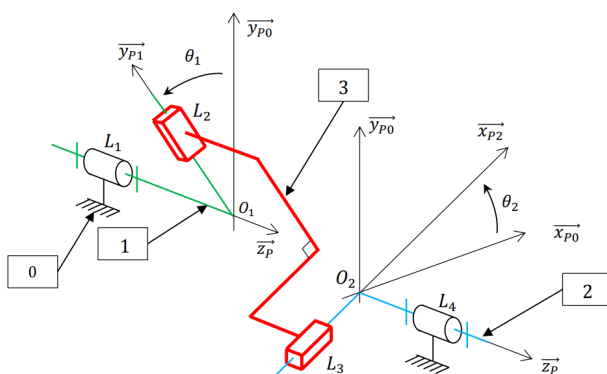


La transmission de la rotation de l'arbre 1 à l'arbre 2 est rendue possible par les caractéristiques des liaisons avec la noix 3 : il est nécessaire d'avoir deux glissières orthogonales au niveau de la noix. Ainsi, on retrouve :

- une glissière de direction \vec{y}_{p1} entre 1 et 3 ;
- une glissière de direction \vec{x}_{p2} entre 3 et 2.

Ces 2 glissières sont par construction constamment orthogonales.

La figure ci-après représente le paramétrage de ce même joint de Oldham avec $\mathcal{B}_0 (\vec{x}_{p0}, \vec{y}_{p0}, \vec{z}_{p0})$ la base fixe liée au bâti 0.



Paramétrage :

- $\vec{O_1O_2} = -e\vec{x}_{p0} + h\vec{z}_0$;
- $\vec{L_1O_1} = l_1\vec{z}_p$;
- $\vec{O_1L_2} = \lambda_2\vec{y}_{p1}$;
- $\vec{O_2L_4} = l_2\vec{z}_p$;
- $\vec{L_3O_2} = \lambda_2\vec{x}_{p2}$.

Les liaisons entre le bâti 0 et les pièces 1 et 2 sont toutes deux des liaisons pivots d'axes respectifs (L_1, \vec{z}_p) et (L_4, \vec{z}_p) .

Question 1 Représenter la figure plane de calcul reliant la base $\mathcal{B}_1 (\vec{x}_{p1}, \vec{y}_{p1}, \vec{z}_{p0})$ à la base \mathcal{B}_0 ainsi que celle reliant la base $\mathcal{B}_2 (\vec{x}_{p2}, \vec{y}_{p2}, \vec{z}_{p0})$ à la base \mathcal{B}_0 . Exprimer \vec{y}_{p1} et \vec{x}_{p2} dans la base \mathcal{B}_0 en fonction respectivement de θ_1 et θ_2 .

Question 2 Étant donnée l'orthogonalité entre \vec{y}_{p1} et \vec{x}_{p2} , montrer que $\sin(\theta_2 - \theta_1) = 0$.

On note $\dot{\theta}_1 = \omega_1$ et $\dot{\theta}_2 = \omega_2$.

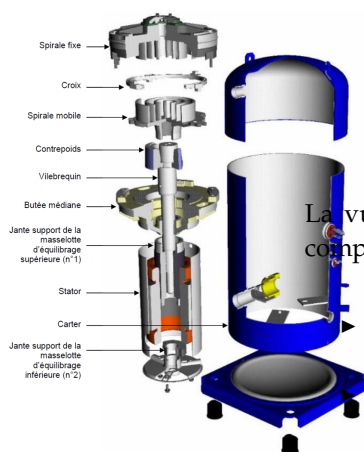
Question 3 Justifier, à partir du résultat précédent, que l'accouplement en rotation par joint de Oldham soit qualifié de « homocinétique en rotation », c'est-à-dire que le rapport de transmission entre la vitesse de rotation de 1 par rapport à 0, ω_1 , et celle de 2 par rapport à 0, ω_2 , est constant dans le temps.

Question 4 Calculer le degré d'hyperstatisme de ce modèle d'accouplement à partir des grandeurs cinématiques.

Afin de baisser l'hyperstatisme de l'accouplement, une version alternative est proposée en remplaçant les liaisons L_2 et L_3 par des liaisons pivot-glissant toujours d'axes respectifs (O_1, \vec{y}_{p1}) et (O_2, \vec{x}_{p2}) .

Question 5 Vérifier, à partir d'une analyse basée sur les grandeurs statiques, que le degré d'hyperstatisme a bien diminué suite à cette modification.

Question 6 Proposer une modification permettant de rendre le système isostatique en conservant sa fonctionnalité.

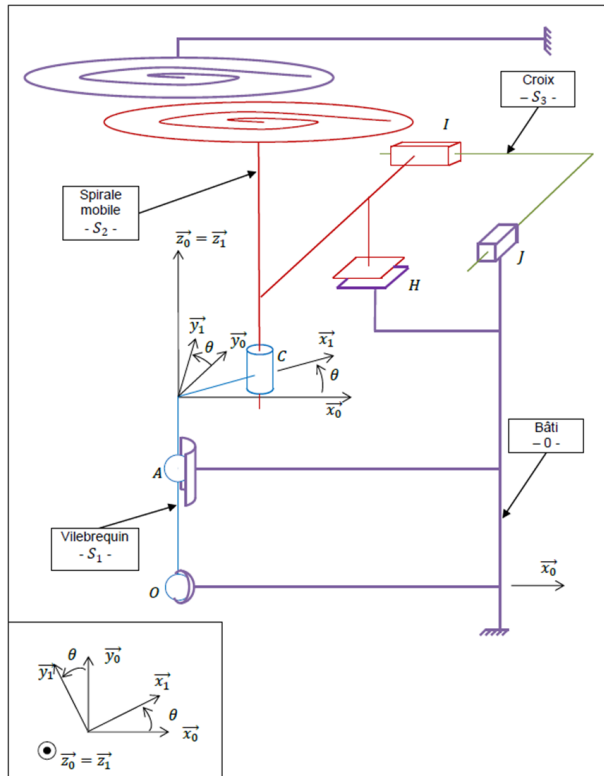


e cinématique du compresseur Scroll complet

La vue éclatée présentée sur la figure suivante permet d'identifier les différents composants du compresseur :

- ▶ le bâti fixe composé du carter extérieur, du stator du moteur électrique, de la butée médiane et de la spirale fixe placée en partie haute ;
- ▶ l'axe principal composé d'un vilebrequin, du rotor moteur, du contrepoids et de masselottes d'équilibrage ;
- ▶ la spirale mobile ;
- ▶ la croix.

Le schéma cinématique proposé reprend les éléments précédents en conservant les ensembles cinématiques. Les contacts entre les spirales fixe et mobile sont négligés dans cette modélisation.



Liaisons supposées parfaites :

- ▶ entre le vilebrequin S_1 et le bâti 0 :
 - liaison rotule de centre O ;
 - liaison linéaire annulaire de centre A et d'axe \vec{Az}_0 ;
- ▶ entre le vilebrequin S_1 et la spirale mobile S_2 : liaison pivot glissant d'axe (C, \vec{z}_0) ;
- ▶ entre la spirale mobile S_2 et la croix S_3 : liaison glissière de direction \vec{x}_0 ;
- ▶ entre la croix S_3 et le bâti 0 : liaison glissière de direction \vec{y}_0 .

Liaison non parfaite :

- ▶ entre la spirale mobile S_2 et le bâti 0 :
 - liaison appui-plan avec frottement de normale \vec{z}_0 .

Question 7 Tracer le graphe des liaisons du système tel que modélisé sur la Figure précédente en faisant apparaître chaque liaison avec ses caractéristiques.

Question 8 Démontrer par le calcul que l'association des liaisons en O et en A entre le vilebrequin et le carter forme une liaison pivot d'axe (O, \vec{z}_1) .

Question 9 Indiquer la valeur de l'indice de mobilité du système dans cette modélisation à partir de l'analyse du schéma cinématique. Proposer une démarche qui, sans utiliser le degré d'hyperstatisme du système, permettrait de retrouver analytiquement cette valeur.

Il est intéressant de remarquer que la croix S_3 réalise un accouplement de type joint de Oldham entre la spirale mobile S_2 et le bâti 0.

Question 10 Justifier alors que la vitesse de rotation de S_2 par rapport à 0 est nulle.

Question 11 Exprimer, dans la base \mathcal{B}_1 , la vitesse instantanée du point C appartenant à S_2 dans son mouvement par rapport à 0. Faire l'application numérique.

Paramétrage :

- ▶ $\mathcal{R}_0(O; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est le repère associé au bâti 0 ;
- ▶ $\mathcal{R}_1(O; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ est le repère associé au vilebrequin 1 :
 - la rotation de S_1 par rapport à 0 est repérée par l'angle $\theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$;
 - la vitesse de rotation est notée $\omega = \dot{\theta} = 3600 \text{ tr/min}$.
- ▶ $\vec{OA} = a\vec{z}_1$ avec $a = 340 \text{ mm}$;
- ▶ $\vec{AC} = R_{\text{orb}}\vec{x}_1 + d\vec{z}_1$ avec $R_{\text{orb}} = 8 \text{ mm}$ et $d = 80 \text{ mm}$.

Question 12 Dédurre des questions précédentes le type de mouvement de la spirale mobile S_2 dans son déplacement par rapport à 0 ainsi que ses qualificatifs et caractéristiques.

Colle 2

Nacelle articulée grande portée – Sujet

La nacelle articulée (Figure 3.5) étudiée permet de sécuriser des opérations de travail en hauteur. Cette nacelle s'utilise en extérieur et est adaptée à tous les terrains grâce à ses 4 roues motrices et son essieu oscillant. Elle est principalement utilisée pour : la construction de gros et second œuvre, l'aménagement d'espaces verts, la logistique, la distribution et l'industrie, la maintenance et la restauration.

La nacelle est amenée à évoluer dans des terrains parfois accidentés (chantier, terrain en friche. . .). L'objectif est de valider la motricité du châssis par rapport au sol, même sur un terrain accidenté. Le châssis possède un essieu avant monté sur un palonnier pilotable par deux vérins.

C_1, C'_1, C_2, C'_2 sont les centres respectivement des roues avant droite, avant gauche, arrière droite et arrière gauche. Les quatre roues sont considérées en liaison ponctuelle parfaite avec le sol. Les points de contact sont notés respectivement F_1, F'_1, F_2, F'_2 .

Question 1 Tracer le graphe de structure.

Question 2 Déterminer le degré d'hyperstatisme du modèle de la figure 3.6 sans les vérins et indiquer si ce modèle permet ou non de conserver le contact avec chacune des roues quelle que soit la forme du terrain.

Les vérins ne sont toujours pas pris en compte.

Question 3 Etablir la liaison équivalente réalisée par l'essieu avant entre le sol et le châssis. Donner chaque étape de la démarche.

Question 4 Donner l'avantage de la solution constructeur par rapport à une solution à 4 roues directement sur le châssis et par rapport à une solution à 3 roues directement sur le châssis.

Question 5 Donner le rôle des vérins et indiquer selon quels critères ils peuvent être pilotés.

Les vérins sont maintenant pris en compte.

Question 6 En utilisant le modèle de la figure 3.6, proposer une liaison entre le corps du vérin d'une part et le châssis d'autre part. Proposer ensuite une liaison entre la tige du vérin d'une part et l'essieu avant d'autre part. Tracer un schéma cinématique de la solution proposée.

Question 7 Tracer le nouveau graphe de structure puis déterminer le degré d'hyperstatisme du mécanisme.

XENS PSI 2019.

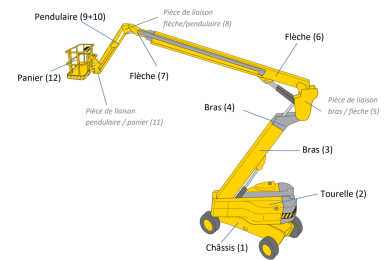


FIGURE 3.5 – Architecture globale de la nacelle

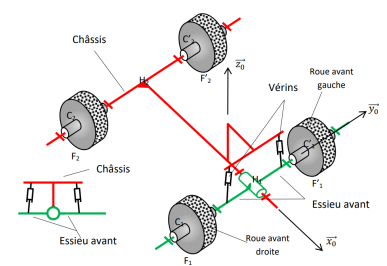


FIGURE 3.6 – Modèle du châssis