

## 11.5 Feuille de travaux dirigés n°11

### Exercice 5 - Colonne de levage

CCP MP 2011

Corrigé page 56

Les sociétés de transports publics des grandes agglomérations gèrent des réseaux comportant des bus et/ou des tramways. Ces sociétés possèdent des centres de maintenance ayant en charge l'entretien et la réparation de leurs véhicules. Parmi ces véhicules, on peut trouver des tramways de deux types : sur rails ou sur pneus. On s'intéresse ici à la maintenance de tramways sur rails de type T.F.S. (Tramway Français Standard).

Les rames T.F.S. sont dotées d'un plancher bas, à 35 cm au-dessus du sol, sur les 3/4 de leur longueur. Dans le cadre d'une opération de maintenance, il est nécessaire d'intervenir sous le tramway et donc de le soulever entièrement.

Pour soulever un tramway de 45 tonnes et de 30 mètres de long, le service de maintenance utilise 8 colonnes de levage d'une capacité unitaire maximale de 8,2 tonnes commandées simultanément



#### Vérification du critère de non-basculement (stabilité mécanique)

Objectif : vérifier le NON-BASCULEMENT

d'une colonne dans le plan  $yOz$ . La stabilité mécanique de la colonne doit être assurée, quelle que soit la charge à soulever.

Le modèle retenu (figure 11.5) pour cette étude est le suivant :

- Système isolé : colonne entière.
- Le plan  $yOz$  est plan de symétrie pour les efforts et la géométrie.
- Le poids des éléments de la colonne est négligé par rapport à la charge à soulever.
- L'action de contact sol/colonne est modélisée par une répartition de pression  $q(y)$  variant linéairement entre  $q_1$  et  $q_2$  pour  $y \in [e, e + L]$ , et restant uniforme selon  $x$ , comme indiqué sur la figure 11.5. L'unité de  $q(y)$  est le MPa.
- La charge à soulever est modélisée par un glisseur  $\overrightarrow{F_{T \rightarrow C}} = -F_T \cdot \vec{z}$  dont le support passe par le point P situé à la distance  $d$  de l'axe  $(O, \vec{x})$  de la vis du chariot.

**Q1.** Déterminer la résultante  $\overrightarrow{R_{s \rightarrow C}}$  de l'action mécanique du sol sur la colonne, en fonction de  $q_1$ ,  $q_2$  et des dimensions.

**Q2.** Déterminer le moment en O,  $\overrightarrow{M_{O, s \rightarrow C}}$ , de cette action mécanique, puis en P,  $\overrightarrow{M_{P, s \rightarrow C}}$ .

**Q3.** En déduire le torseur de l'action mécanique du sol,  $\{\mathcal{T}_{s \rightarrow C}\}$ , sur la colonne en P.

**Q4.** Déterminer  $q_1$  et  $q_2$  en fonction de  $F_T$  et de  $d$ .

**Q5.** Pour éviter la déformation du sol, les valeurs  $q_1$  et  $q_2$  ne doivent jamais être nulles. En déduire les valeurs mini et maxi de  $d$ .

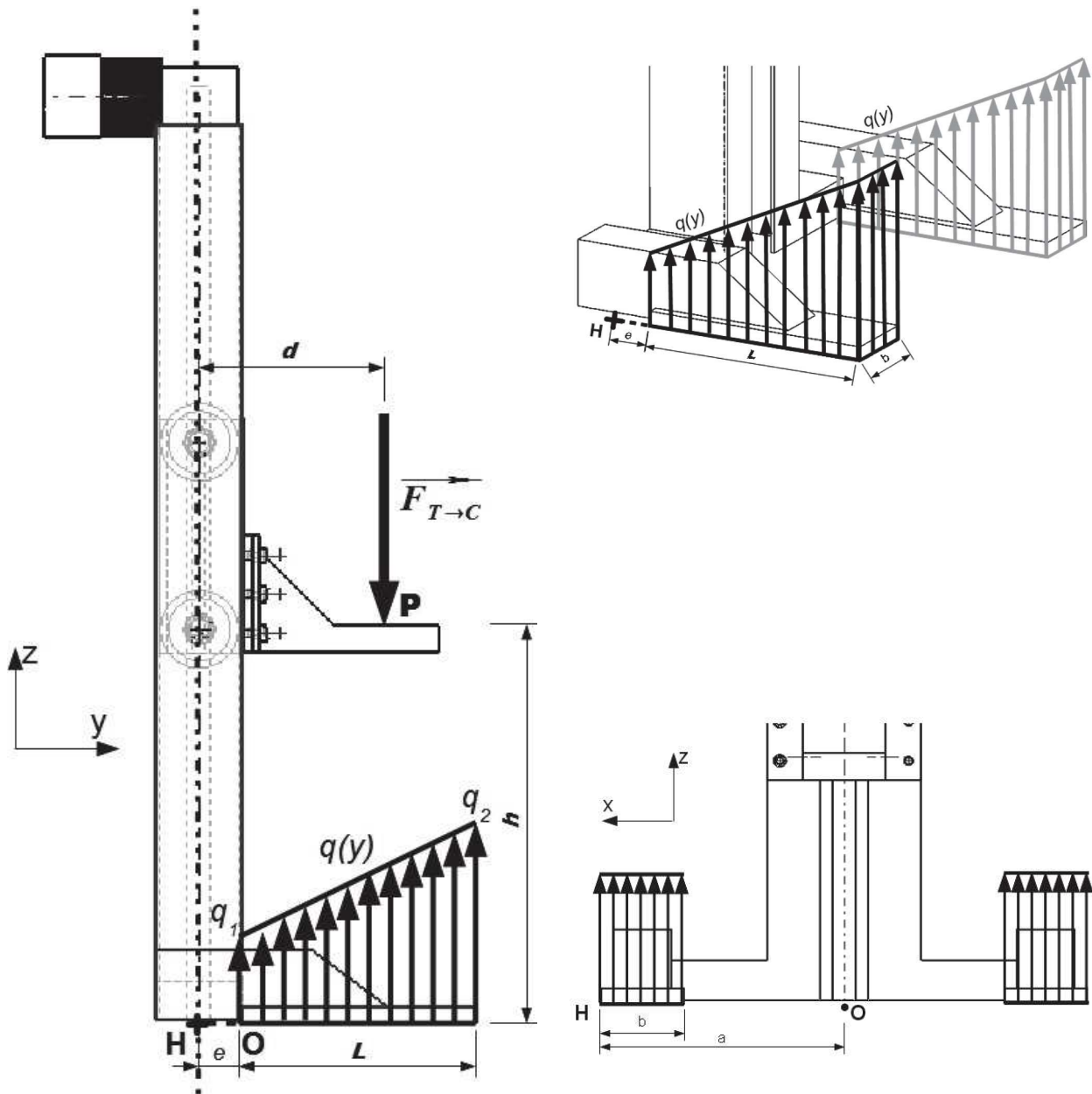


FIGURE 11.5 – Modélisation du contact sol/colonne

### Exercice 6 - Écluse de Canal

Adapté EPITA 1999

Corrigé page 57

#### A. Présentation

La fonction d'une écluse (figure 11.6) est de permettre à un bateau de franchir un dénivelé.

Chaque porte est constituée de deux vantaux (figure 11.7). La figure 11.8 représente un vantail et le vérin qui le met en mouvement.

Le vantail (1) de largeur  $L$  et de hauteur  $H$  repose à sa partie basse sur une « crapaudine » modélisée par une liaison rotule. Il est maintenu à sa partie haute par un « étrier » modélisé par une liaison linéaire-annulaire. Il est ainsi globalement en liaison pivot d'axe vertical avec le « bajoyer (0) » (les murs).

Pour le canal de Bourgogne les portes font  $L = 3,44$  m de largeur et la hauteur totale d'eau est de  $H = 3$  m.

La liaison du corps (2) du vérin avec le bajoyer (0) est de type « cardan », ici la liaison est modélisée

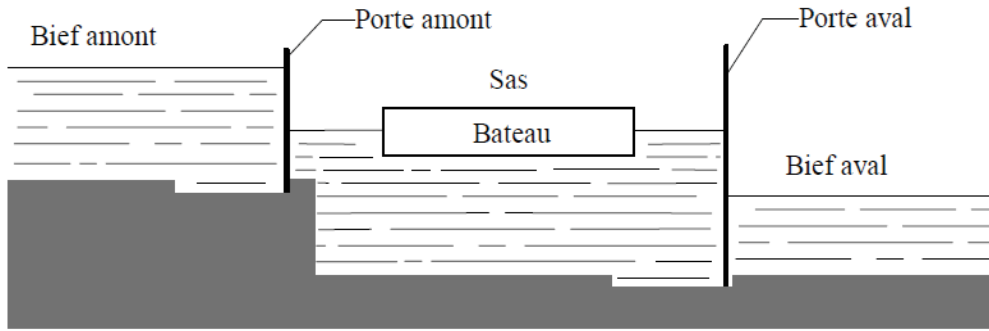


FIGURE 11.6 – Écluse de canal

par une liaison sphérique (à la place d'une sphérique à doigt). La tige (3) du vérin est en liaison rotule avec le vantail (1) et en liaison pivot-glissant avec le corps (2).

La masse du vantail est  $M_1$ , le centre d'inertie  $G_1$  est au centre du panneau. Les autres masses sont négligeables. La durée du cycle d'ouverture (et du cycle de fermeture) est de 2 min.



FIGURE 11.7 – Portes d'écluses et vérins

Lorsque le vérin déplace le vantail, le niveau d'eau du sas est identique à celui du bief. La porte est immergée sur la moitié de sa hauteur  $h_e = \frac{H}{2}$ .

L'action de l'eau sur le vantail pendant le déplacement est modélisée, en tout point P de sa surface, par un effort élémentaire :  $d\vec{F}_{\text{eau} \rightarrow \text{v}} = \pm p_r \cdot ds \cdot \vec{y}_1$  (le signe dépend du sens du déplacement) où  $p_r$  est une pression proportionnelle à la masse volumique de l'eau et au carré de la vitesse de déplacement :  $p_r = k \cdot \rho \cdot V_{P \in 1/0}^2$ .

On note,  $p_v$  la pression dans le vérin hydraulique et  $S_u$  la section utile du vérin.

Le repère  $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  est lié au bajoyer. Le repère  $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  avec  $\vec{z}_1 = \vec{z}_0$  est lié au vantail. L'axe  $(B, \vec{y}_2)$  est celui de la tige du vérin.

On note :  $(\vec{x}_0, \vec{x}_1) = \alpha$ ;  $(\vec{y}_0, \vec{y}_2) = \beta$ ;  $\vec{OA} = H \cdot \vec{z}_0$ ;  $\vec{BC} = \lambda \cdot \vec{y}_2$ ;  $\vec{AC} = a \cdot \vec{x}_1$ ;  $\vec{AB} = b \cdot \vec{x}_0$ ,  
 $\vec{OP} = x \cdot \vec{x}_1 + z \cdot \vec{z}_0$ .

On se propose dans cette étude de déterminer la pression  $p_v$  dans le vérin afin de déplacer le vantail.

## B. Étude

### B.1. Modélisation

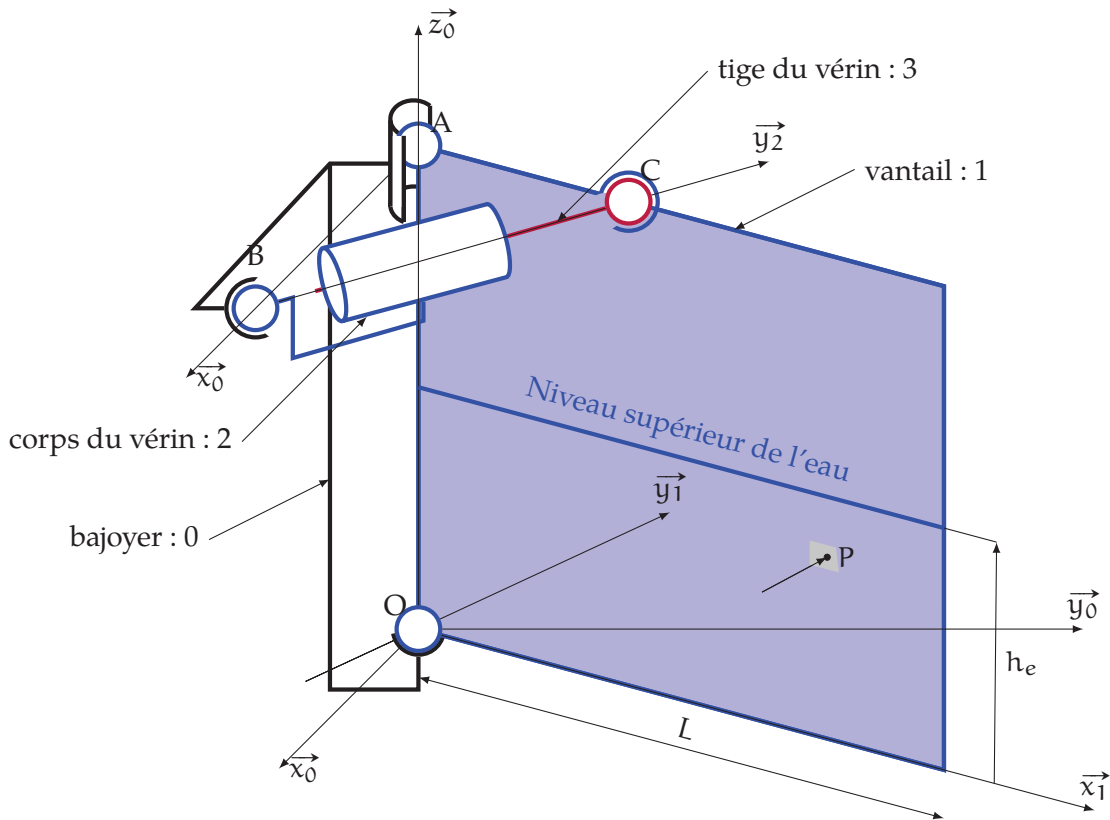


FIGURE 11.8 – Modèle cinématique

- Q1. Tracer le graphe des liaisons du mécanisme complet constitué par le bajoyer, le corps du vérin, la tige du vérin et le vantail.
- Q2. Préciser sur le graphe les actions mécaniques.
- Q3. Préciser les différents torseurs d'action transmissibles par les liaisons.

### B.2. Cinématique

La figure 11.9 représente une vue de dessus partielle d'un vantail et de son vérin.

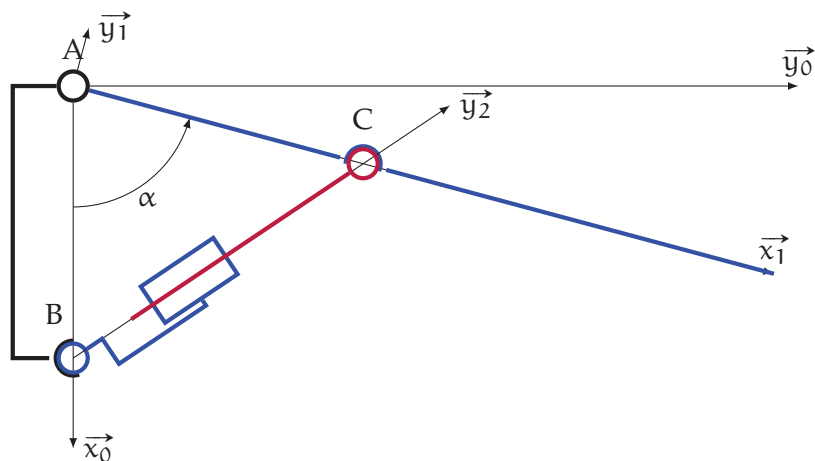


FIGURE 11.9 – Modèle cinématique simplifié

- Q4. Soit P un point du vantail de coordonnées  $(x, 0, z)$  dans  $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ , exprimer sa vitesse par rapport au bajoyer  $\vec{V}_{P \in 1/0}$  en fonction de  $\omega_1$ .

### B.3. Équilibre du vantail

## — Action de l'eau sur le vantail

Q5. Exprimer  $d\vec{F}_{\text{eau} \rightarrow 1}$  en fonction de  $\omega_1$  et  $x$ . Préciser l'élément de surface  $ds$  ainsi que les bornes d'intégration.

Q6. Déterminer  $\vec{F}_{\text{eau} \rightarrow 1}$  en fonction de  $\omega_1$  et des différents paramètres géométriques. Faire l'application numérique.

Q7. Déterminer  $\vec{M}_{O, \text{eau} \rightarrow 1} = \int_S \vec{OP} \wedge d\vec{F}_{\text{eau} \rightarrow 1}$

Q8. Exprimer le torseur de l'action mécanique de l'eau sur le vantail en O.

Q9. Déterminer le point P du vantail pour lequel  $\vec{M}_{P, \text{eau} \rightarrow 1} = \vec{0}$ .

## — Action du bajoyer sur le vantail

La liaison entre le bajoyer et le vantail est réalisée par deux liaisons en parallèle, une liaison sphérique et une liaison sphère cylindre.

On note  $L_O$  la liaison réalisée.

Q10. Déterminer le moment en O du torseur de l'action mécanique transmissible par la liaison sphère cylindre entre (0) et (1).

Q11. Déterminer le torseur résultant des deux liaisons entre le bajoyer (0) et le vantail (1) en O.

## — Action du vérin sur le vantail

Q12. En isolant l'ensemble  $\{2,3\}$ , justifier que la résultante de l'action mécanique en A de la tige du vérin sur le vantail s'écrit :  $\vec{R}_{3 \rightarrow 1} = F \cdot \vec{y}_2$ .

Q13. Déterminer le moment en O de cette action  $\vec{M}_{O, 3 \rightarrow 1}$ .

Q14. Déterminer F en fonction de la pression  $p_v$ .

## — Autres actions

Q15. Préciser les autres actions mécaniques extérieures sur le vantail et leur moment en O en projection sur  $\vec{z}_0$ .

## — Équilibre de 1

On considère que le vantail se déplace à vitesse constante dans le sens de la fermeture ( $\alpha$  varie de  $0^\circ$  à  $90^\circ$ ), le principe fondamental de la statique peut donc être utilisé.

On isole le vantail (1).

Q16. Énoncer le P.F.S.

Q17. Quelle équation doit-on écrire pour obtenir une relation entre l'action de l'eau et l'action du vérin sur le vantail, justifier.

Q18. Déterminer la relation donnant F en fonction de la vitesse de rotation  $\omega_1$  du vantail, en déduire  $p_v$  en fonction de  $\omega_1$ .

**Exercice 7 - Barrage du Couesnon**

Entre le Capet Techno et le bac S-SI

Corrigé page 59

**A. Présentation générale**

Le barrage du Couesnon est un barrage pivotant qui permet le désensablage de la baie du Mont-Saint-Michel.

Pendant la phase de marée montante, l'eau pénètre dans le Couesnon, à la fin du remplissage, le barrage est fermé. À marée basse, le barrage est soulevé de manière à ce que le débit passant sous le barrage chasse les sédiments transportés par la marée au large.

Je vous invite à faire une recherche sur internet pour comprendre le fonctionnement.

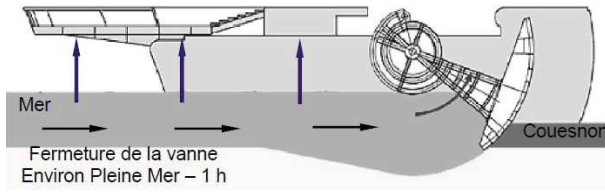
**B. Principe de fonctionnement**

La solution choisie pour désensabler le Mont-Saint-Michel, est d'utiliser l'effet de chasse, le principe est décrit ci-dessous.

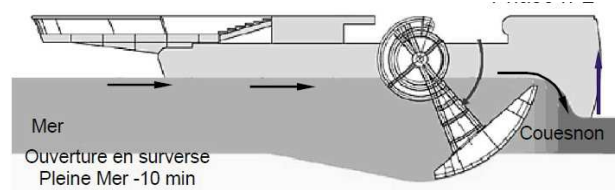
**C. Objectif**

On se propose dans cette étude de déterminer les caractéristiques dimensionnelles des vérins hydrauliques de manœuvre des vannes du barrage.

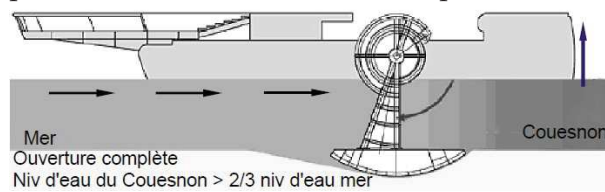
Phase 1 : Pleine mer moins 1 heure. Empêcher les sédiments de se déposer dans le Couesnon. Fermeture de la vanne.



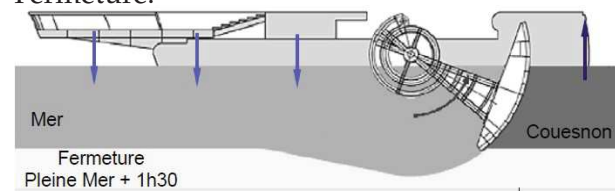
Phase 2 : Pleine mer moins 10 minutes. Début du remplissage par l'eau de mer. Ouverture en surverse.



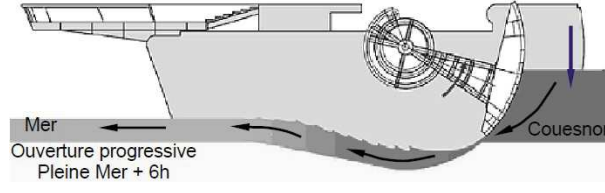
Phase 3 : Niveau d'eau du Couesnon supérieur à 2/3 du niveau d'eau mer. Remplissage par l'eau de mer. Ouverture complète.



Phase 4 : Pleine mer plus 1 heure 30 minutes. Empêcher l'eau stockée d'aller vers la mer. Fermeture.



Phase 5 : Pleine mer plus 6 heures. Chasse. Ouverture progressive et contrôlée de la vanne à marée basse.



Phase 6 : Pleine mer plus 7 heures. Écoulement normal du Couesnon. Ouverture en sousverse.

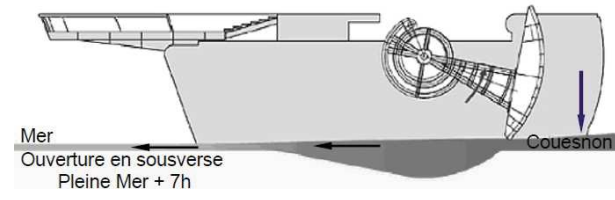


FIGURE 11.10 – Fonctionnement du barrage du Couesnon

#### D. Caractérisation cinématique

La figure 11.11 présente la modélisation cinématique 3D du mécanisme de manœuvre de la vanne du barrage.

**Q1.** Tracer le graphe de structure du mécanisme complet. Préciser les torseurs cinématiques de la boucle  $(O_1, A_1, B_1)$ .

Pour la suite, on se limitera à une modélisation de cinématique plane du mécanisme telle que définie sur la figure 11.12.

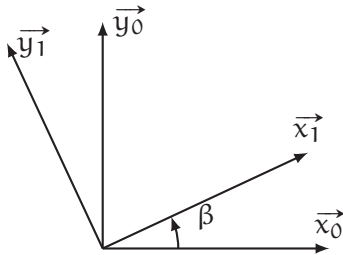
- Le repère  $R_0 (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , supposé galiléen, est lié au radier (0).
- Le repère  $R_1 (O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ , lié à la vanne (1).
- Le repère  $R_2 (B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$ , lié à la tige du vérin (2).
- Le repère  $R_3 (A, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$ , lié au corps du vérin (3).

Les masses des vérins sont négligées devant celle de la vanne (1). On note  $m_1 = 63\,700$  kg la masse de la vanne et  $G_1$  son centre de masse.

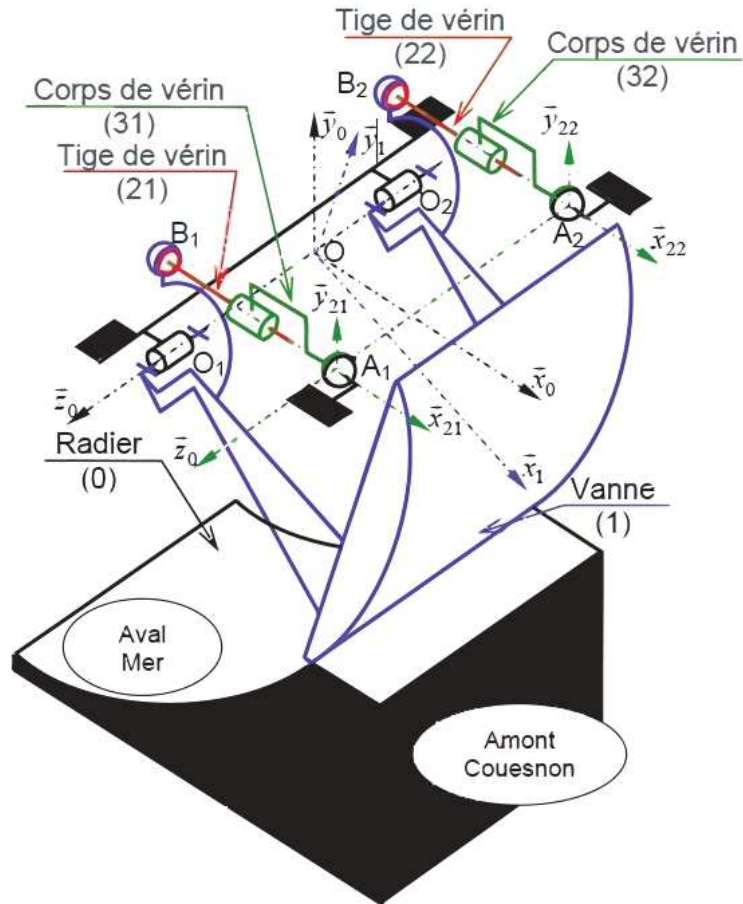
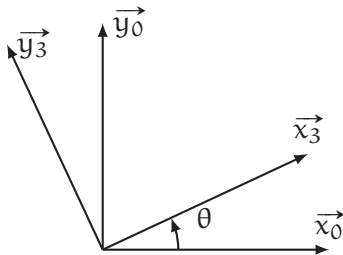
- $\vec{O_2O_1} = L \cdot \vec{z}_0$ , ( $L = 9$  m).
- $\vec{OB} = a \cdot \vec{x}_1 + b \cdot \vec{y}_1$ , ( $a = -1,09$  m et  $b = 1,68$  m).
- $\vec{OG_1} = c \cdot \vec{x}_1 + d \cdot \vec{y}_1$ , ( $c = 3,97$  m et  $d = -0,42$  m).
- $\vec{AB} = -\lambda(t) \cdot \vec{x}_3$ .
- $\vec{OA} = e \cdot \vec{x}_0 + f \cdot \vec{y}_0$ , ( $e = 5,45$  m et  $f = 1,9$  m).
- $\vec{OM} = R_1 \cdot \vec{x}_1$ , ( $R_1 = 7$  m)

- $\psi_C = (\overrightarrow{OM}, \overrightarrow{OC}) = 38,25^\circ$ , l'angle entre les droites (OM) et (OC).
- $\psi_D = (\overrightarrow{OM}, \overrightarrow{OD}) = -34^\circ$ , l'angle entre les droites (OM) et (OD).

—  $\beta = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$ .



—  $\theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_3) = (\vec{y}_0, \vec{y}_3)$ .



**E. Vérification des vérins choisis du point de vue des actions mécaniques**

On se propose maintenant de valider les caractéristiques des vérins, du point de vue des actions mécaniques.

**E.1. Action de l'eau sur la vanne**

FIGURE 11.11 – Schéma cinématique 3D du mécanisme

L'action de l'eau sur la vanne est maximale six heures après la haute mer, à cet instant, la vanne est fermée, l'eau de la marée haute précédente est retenue par la vanne, et la mer est à marée basse. Cette position est représentée sur le schéma de la figure 11.12.

Hypothèse et données :

On admet, afin de faciliter les calculs, que :

- le mécanisme est modélisable par le mécanisme plan de la figure 11.12,
- lors de la pleine mer, la hauteur d'eau maximale est celle représentée sur la figure et que seul le secteur angulaire compris entre  $[\alpha_0, \alpha_1]$  est immergée : ( $\alpha_0 = 0^\circ$  et  $\alpha_1 = -60^\circ$ ).

On note :

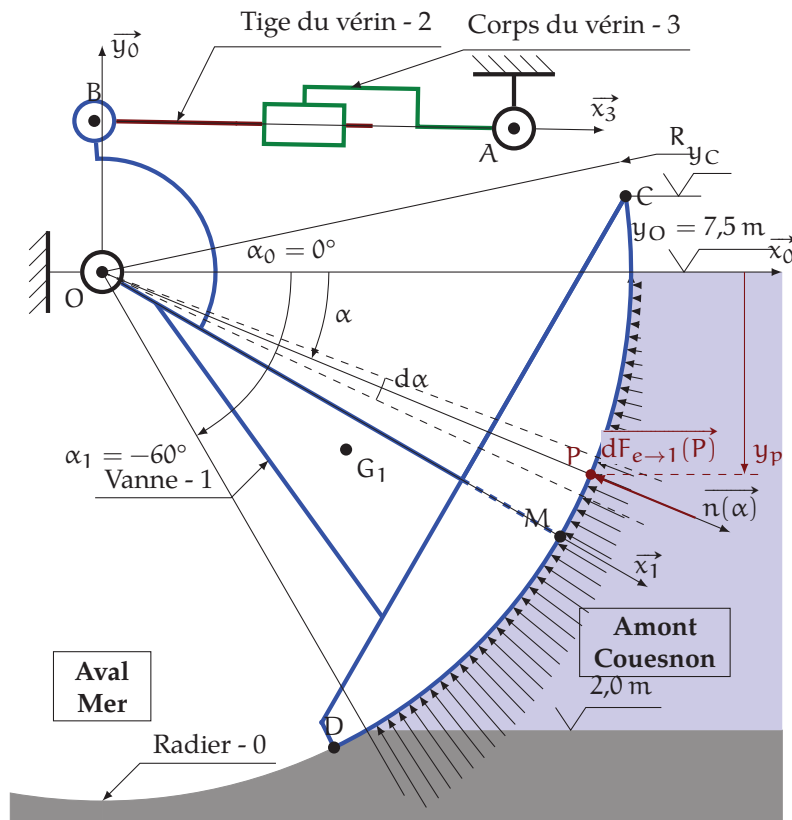
- $p = h \cdot \rho \cdot g$  : la pression de l'eau sur la vanne à la profondeur h,
- $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  : la masse volumique de l'eau,
- $\overrightarrow{dF_{e \rightarrow 1}(P)}$  : l'action mécanique élémentaire appliquée par l'eau au point P,
- $y_p$ , l'ordonnée du point P.

**Q2.** Justifier que l'action élémentaire de l'eau sur la vanne au point P s'écrit :

$$\overrightarrow{dF_{e \rightarrow 1}(P)} = -R_1^2 \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha \cdot dz \cdot \vec{n}$$

**Q3.** Déterminer  $\overrightarrow{F_{e \rightarrow 1}} = F_{ex} \cdot \vec{x}_0 + F_{ey} \cdot \vec{y}_0$ . puis faire l'application numérique.

**Q4.** Justifier que le torseur de l'action mécanique de l'eau en O s'écrit :  $\{\mathcal{A}_{e \rightarrow 1}\} = \begin{Bmatrix} F_{ex} & 0 \\ F_{ey} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_O$  ( $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ )



L'altitude du secteur angulaire haut  $y_C$  en fonction des phases du fonctionnement :

- 10,86 m en fonctionnement sous-verse
- 9,66 m en fonctionnement vanne fermée
- 5,7 m en fonctionnement sur-verse
- 2 m en fonctionnement vanne ouverte

Vitesse de déplacement :

- $8^\circ \cdot \text{min}^{-1}$   
( $2,327 \times 10^{-3} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ) en fonctionnement séquencé
- $2^\circ \cdot \text{min}^{-1}$   
( $5,817 \times 10^{-5} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ) en fonctionnement simultané

FIGURE 11.12 – Modélisation plane du mécanisme, étude statique

### E.2. Détermination de l'action de maintien en position fermée

Il s'agit maintenant, de déterminer l'action développée par la tige du vérin (2) sur la vanne (1) en B, puis d'en déduire la pression hydraulique  $p_H$  nécessaire pour réaliser l'équilibre.

Pour cette étude, on se place encore dans la position décrite figure 11.12.

On note :  $\left\{ \mathcal{A}_{i \rightarrow j} \right\} = \left\{ \begin{matrix} \vec{R}_{i \rightarrow j} \\ \vec{M}_{Q, i \rightarrow j} \end{matrix} \right\}_Q = \left\{ \begin{matrix} X_{ij} & L_{ij} \\ Y_{ij} & M_{ij} \\ Z_{ij} & N_{ij} \end{matrix} \right\}_{(\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i)_Q}$ , le torseur de l'action transmissible du solide

$i$  sur le solide  $j$  par la liaison  $L_{ij}$ .

**Q5.** Tracer le graphe de structure de ce mécanisme.

**Q5a.** Placer les actions mécaniques, de l'eau, de la gravité et de la pression, on négligera la masse de la tige et du corps du vérin devant la masse de la vanne (1) et des actions mécaniques.

**Q5b.** Rappeler le torseur d'action mécanique transmissible par chaque liaison dans le cas de l'hypothèse d'un modèle plan.

**Q5c.** Combien d'inconnues de liaisons possède ce mécanisme ?

**Q5d.** Combien d'équations peut-on écrire ?

**Q5e.** Conclure.

On vous propose la stratégie suivante, pour déterminer la pression hydraulique nécessaire :

1. on isole l'ensemble  $\{2,3\}$
2. on isole ensuite  $\{2\}$
3. on isole finalement  $\{1\}$ .

**Q6.** Justifier cette stratégie.

**Q7.** En isolant  $\{2,3\}$  puis  $\{2\}$ , en déduire l'action en B entre les solides 2 et 1 en fonction de  $p_H$  et des dimensions utiles du vérin.

**Q8.** On isole maintenant  $\{1\}$ . Quelle équation faut-il écrire pour obtenir directement une relation entre  $p_H$  et les efforts extérieurs ?



Q9. Quel est l'effet de l'action de l'eau sur la pression dans le vérin? Aurait-on pu prévoir ce comportement?

### Exercice 8 - Couloir télescopique d'aéroport

Adapté CNIM – Mauritanie – 2017)

Corrigé page 61

#### A. Présentation

Dans les aéroports modernes, des couloirs télescopiques réunissent les halls d'embarquement à la porte de l'avion (figure 11.13). Les passagers sont ainsi à l'abri des intempéries.

L'extrémité raccordée aux bâtiments est soutenue par une articulation comparable à un cardan.

L'extrémité s'adaptant à l'avion peut se déplacer dans toutes les directions afin de pouvoir atteindre la porte de l'avion. Pour cela, un train d'entraînement orientable autour d'un axe vertical repose sur le sol horizontal et permet des déplacements horizontaux. La hauteur est réglable en fonction de la position de la porte de l'avion par rapport au sol.

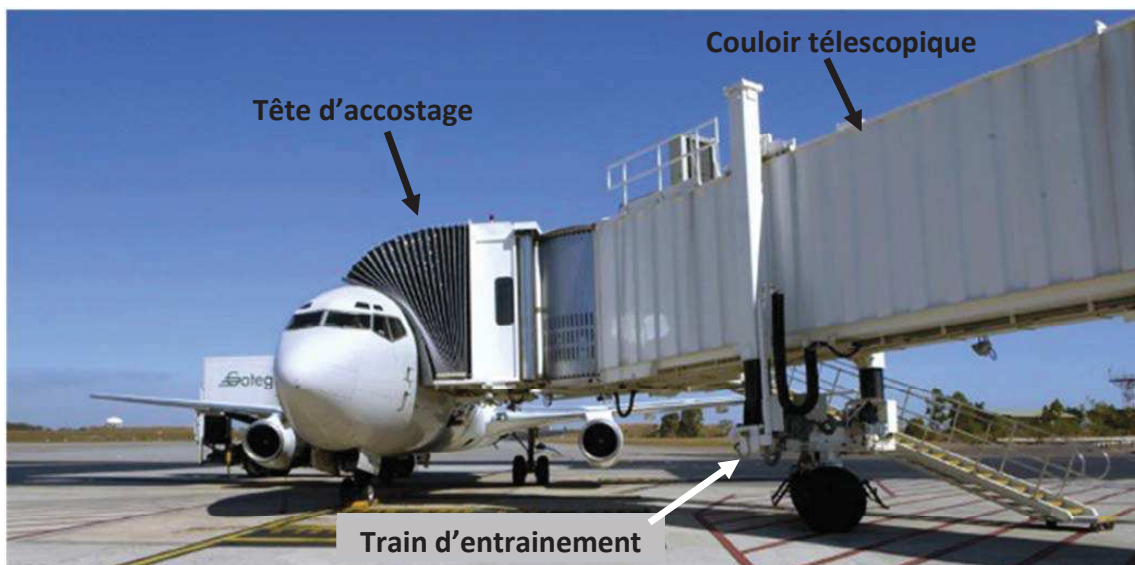


FIGURE 11.13 – Couloir télescopique

La passerelle télescopique est composée principalement de :

- Une rotonde : elle relie la passerelle à la salle d'embarquement et assure sa rotation autour d'un axe vertical.
- Couloirs télescopiques : ils permettent l'acheminement des passagers de la salle d'embarquement vers l'avion.
- Un train d'entraînement : il assure le déplacement horizontal, vertical et radial de la passerelle.
- Tête d'accostage : elle assure la liaison entre les couloirs télescopiques et la porte de l'avion. La figure 11.15 correspond au train d'entraînement de la passerelle télescopique. Ce système assure trois types de mouvement :
  - Mouvement horizontal : assuré à travers un motoréducteur  $M_{R1}$  (Horizontal drive motor).
  - Mouvement vertical : assuré par deux motoréducteurs  $M_{R2}$  (Vertical motor)
  - Mouvement radial : assuré par une butée à bille (Cross roller bearing).

La figure 11.13 présente le couloir télescopique. On prendra pour modèle d'étude le schéma de la figure 11.14.

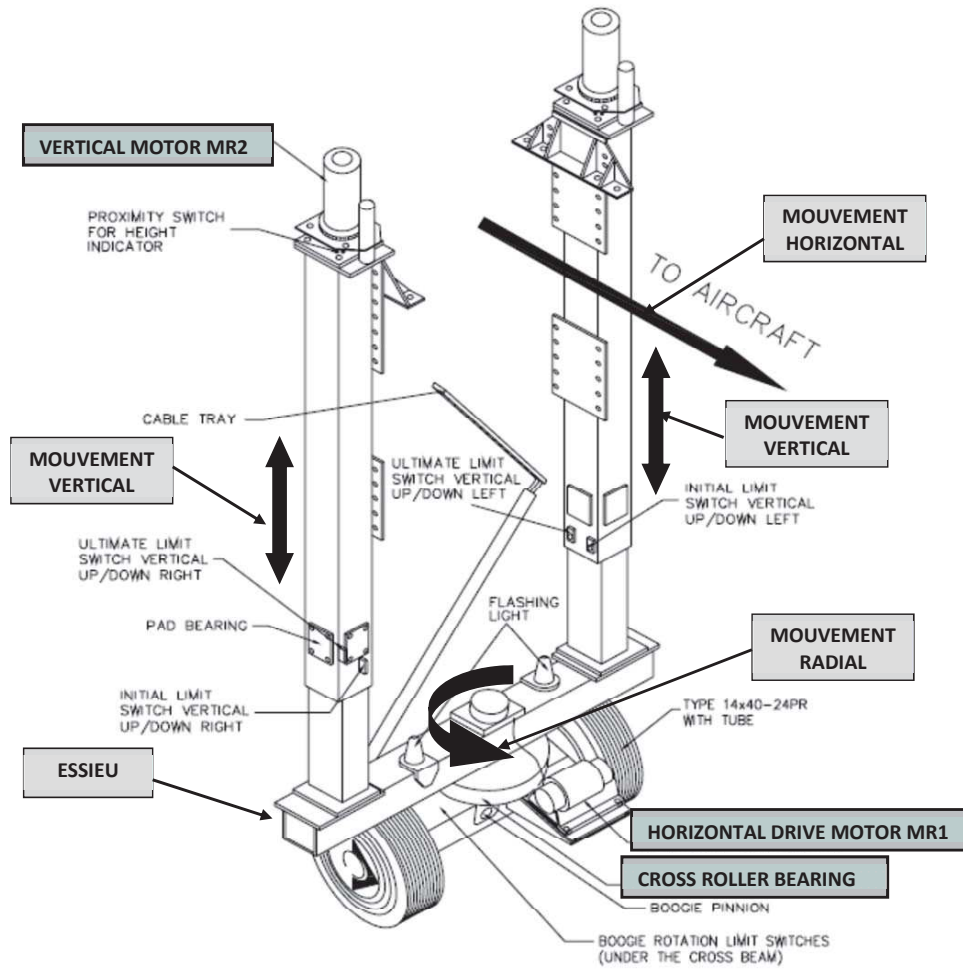


FIGURE 11.14 – Train d'entraînement de la passerelle

Le système représenté schématiquement sur la figure 11.15 est constitué des solides ci-après.

**Le sol et les murs (0) :** le repère  $R_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  est associé au sol et supposé galiléen.

**Une rotonde (1) :** liée au repère  $R_1 = (O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  avec  $\vec{z}_0 = \vec{z}_1$ .

**Couloir principal (2) :** lié au repère  $R_2 = (O, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$  avec  $\vec{x}_1 = \vec{x}_2$ ; le couloir (2) est supposé de masse  $m_2$  et de centre d'inertie  $G_2$  tel que  $\vec{OG}_2 = y_2 \cdot \vec{y}_2$ .

**Couloir coulissant (3) :** lié au repère  $R_3 = (A, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$  en translation par rapport au couloir (2), le couloir (3) est supposé de masse  $m_3$  et de centre d'inertie  $G_3$  tel que  $\vec{OG}_3 = y_3 \cdot \vec{y}_2$ .

**Un corps du portique (4) :** lié au repère  $R_4 = (B, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ .

**Un essieu (5) :** lié au repère  $R_5 = (B, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)$  avec  $\vec{z}_5 = \vec{z}_2$ .

**Une roue motrice (6) :** liée au repère  $R_6 = (B, \vec{x}_6, \vec{y}_6, \vec{z}_6)$  avec  $\vec{x}_5 = \vec{x}_6$ .

On donne :  $\vec{OA} = \lambda(t) \cdot \vec{y}_2$ ,  $\vec{AB} = -\mu(t) \cdot \vec{z}_2$ ,  $\vec{BI} = -\frac{D}{2} \cdot \vec{z}_0$ ,  $\vec{OI} = x_I \cdot \vec{x}_0 + y_I \cdot \vec{y}_0 + z_I \cdot \vec{z}_0$ ,  $\vec{AD} = \ell \cdot \vec{y}_2$ ,  
 $\vec{ID} = x_D \cdot \vec{x}_0 + y_D \cdot \vec{y}_0 + z_D \cdot \vec{z}_0$ .

On note :

—  $\{\mathcal{F}_{4 \rightarrow 3}\} = \left\{ \begin{matrix} F \cdot \vec{z}_2 \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_B$  le torseur de l'action mécanique du mouvement vertical.

—  $\{\mathcal{C}_{5 \rightarrow 6}\} = \left\{ \begin{matrix} \vec{0} \\ C_m \cdot \vec{x}_5 \end{matrix} \right\}_{VP}$  le torseur de l'action mécanique fournie par le moteur du mouvement horizontal.

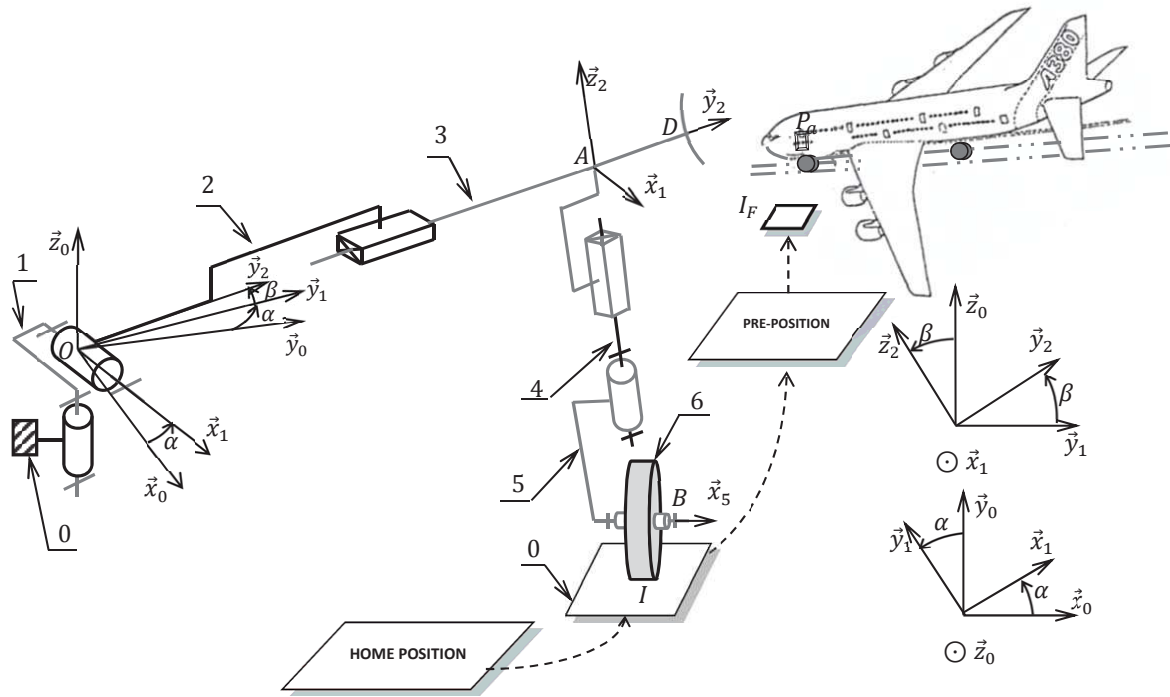


FIGURE 11.15 – Schéma d'étude

## B. Étude

### B.1. Modélisation

- Q1. Tracer le graphe de structure du mécanisme complet.
- Q2. Préciser les torseurs cinématiques et les torseurs d'action mécanique en considérant que les liaisons sont parfaites.
- Q3. Combien d'inconnues de liaison possède ce mécanisme ? Est-il possible de les déterminer toutes ?
- Q4. Placer sur le graphe de structure les actions de la pesanteur et les deux actions mécaniques motrices.

### B.2. Validation de la charge maximale admissible par l'essieu de la passerelle

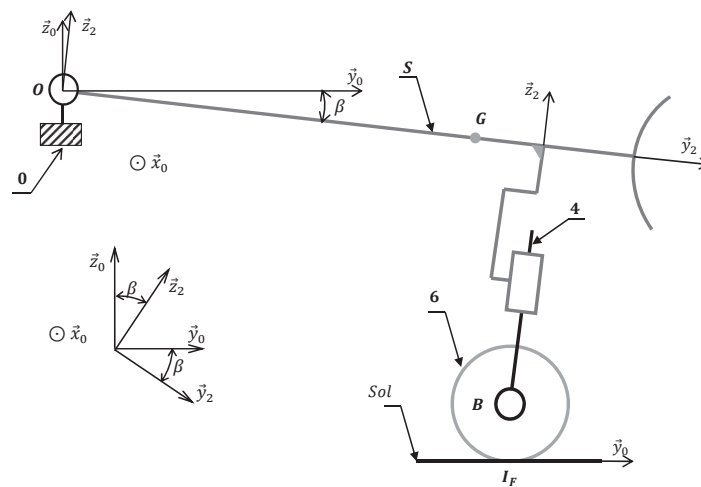


FIGURE 11.16 – Schéma d'étude simplifié

La figure 11.16 correspond au modèle statique de la passerelle dans le cas le plus défavorable (le point de contact I est confondu avec  $I_F$ ), les solides (2) et (3) sont immobiles l'un par rapport à l'autre ainsi que les solides (0) et (1). Dans cette partie, on adopte les hypothèses suivantes :

- L'angle  $\alpha = 0^\circ$ .
- La passerelle est supposée en équilibre.
- Dans cette configuration, l'ensemble des deux couloirs (2) et (3) forment un seul solide S de masse M et de centre G tel que  $\overrightarrow{OG} = y_G \overrightarrow{y_2}$ .
- La liaison pivot d'axe  $(O, \overrightarrow{x_2})$  entre l'ensemble S et le bâti (0) est supposée parfaite.
- On donne :  $\overrightarrow{OB} = b \cdot \overrightarrow{y_2} - a \cdot \overrightarrow{z_2}$ .

**Q5.** Déterminer les coordonnées du point G.

**Q6.** Préciser sur le graphe de structure limité à la figure 11.16. Compléter le graphe avec les actions mécaniques.

**Q7.** Déterminer F en fonction du poids et des dimensions.

**Q8.** D'après le cahier des charges, la charge maximale admissible par l'essieu de la passerelle est de "70 tonnes". Est-ce que cette condition est respectée sachant que  $M = 60 \times 10^3$  kg,  $y_G = 10$  m,  $b = 15$  m et  $\beta$  petit?

### B.3. Étude des liaisons de la rotonde

Pour cette partie, on reprend le schéma cinématique complet, on suppose que  $\beta \neq 0^\circ$  et les roues sont alignées avec le couloir.

**Q9.** Déterminer la liaison équivalente entre le couloir principal (2) et le mur (0).

**Q10.** Déterminer les deux torseurs d'actions mécaniques entre (0) et (1) et entre (1) et (2) en fonction des données géométriques et de la masse M de la passerelle.