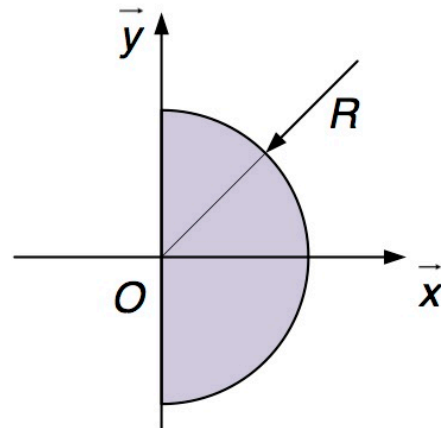
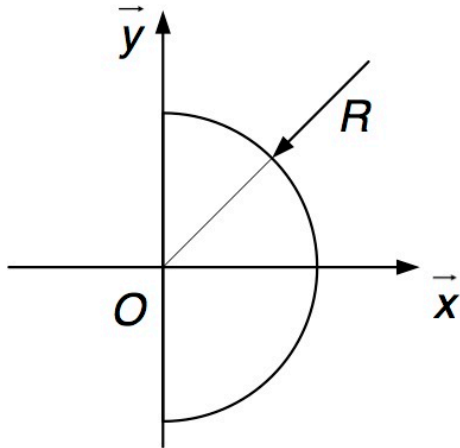


EXERCICE 1 : Modélisation de l'action de pesanteur



- Q1.** Déterminer en O le torseur des actions mécaniques exercées par la pesanteur sur le **demi-cercle** représenté sur la figure ci-dessus.
- Q2.** Déterminer en O le torseur des actions mécaniques exercées par la pesanteur sur le **demi-disque** représenté sur la figure ci-dessus.
- Q3.** Déterminer en O le torseur des actions mécaniques exercées par la pesanteur sur une **demie-boule**.

ANNEXE :

Coordonnées cylindriques
Volume type : "cylindre"

Volume élémentaire: $dv = r \cdot dr \cdot d\theta \cdot dz$ avec

$r \cdot \cos(\theta)$
$\vec{OP} \begin{vmatrix} r \cdot \sin(\theta) \\ z_p \end{vmatrix}$

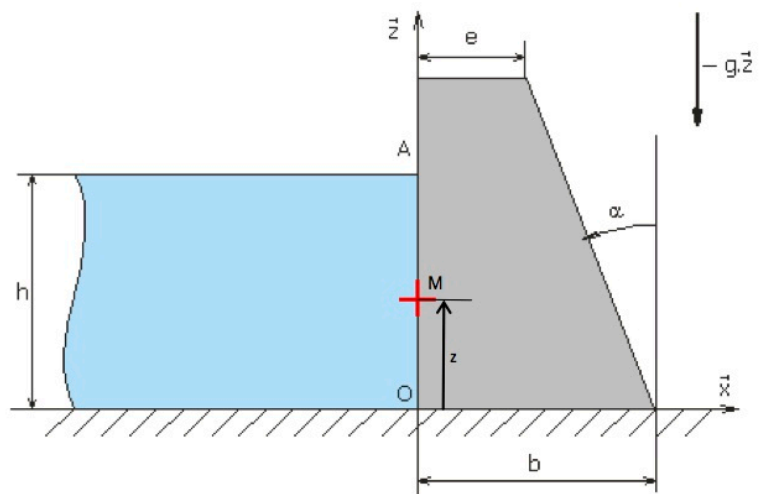
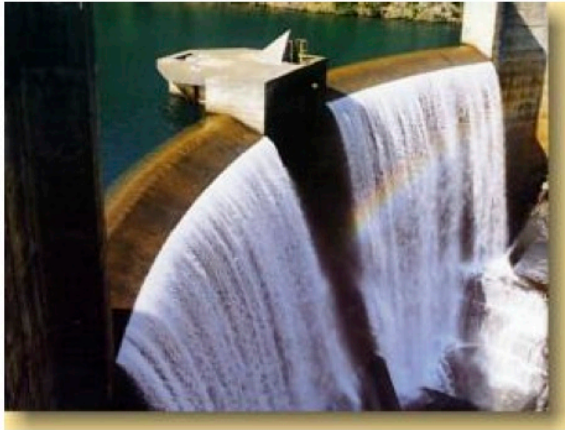
Coordonnées sphériques
Volume type : "Sphère"

Volume élémentaire: $dv = r^2 \cdot \sin(\varphi) \cdot dr \cdot d\theta \cdot d\varphi$

avec $\vec{OP} \begin{vmatrix} r \cdot \sin(\varphi) \cdot \cos(\theta) \\ r \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\theta) \\ r \cdot \cos(\varphi) \end{vmatrix}$ et $\vec{z}_G \vec{P} = r \cdot \sin(\varphi) \cdot \vec{u}$

EXERCICE 2 : Barrage pesant : modélisation de l'action de pesanteur

Considérons une portion de barrage dont la coupe transversale est représentée ci-dessous. Ce barrage est soumis à l'action de l'eau (pression hydrostatique), à l'action de la pesanteur et à l'action de la pression atmosphérique.



On s'intéresse à un élément de barrage de longueur unitaire (suivant la direction \vec{y}), soumis à l'action de l'eau.

Hypothèses et données :

La pression de l'eau n'est pas constante et dépend de la profondeur : $p(z) = p_0 + \rho \cdot g \cdot (h - z)$.

p_0 est la pression atmosphérique en Pa.

ρ est la masse volumique de l'eau en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

g est l'accélération gravitationnelle en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

TRAVAIL DEMANDÉ.

- Q1)** Déterminer et exprimer le torseur représentant l'action mécanique élémentaire de l'eau sur le barrage en un point de contact M.
- Q2)** Déterminer le torseur de l'action mécanique de l'eau sur le barrage en O.
- Q3)** Déterminer la position du centre de poussée P où les actions mécaniques de l'eau sur le barrage sont réductibles à un glisseur.
- Q4)** Déterminer le torseur d'action des actions de gravitation sur le barrage en O.

EXERCICE 3 : Guidage d'une vitre automobile : Modélisation des efforts de frottement

Les constructeurs automobiles sont sans cesse dans l'obligation d'innover pour rester attractifs vis-à-vis du client. Les ouvrants pilotés automobiles font partie des atouts différenciateurs. Le terme ouvrant désigne à la fois les lève-vitres électriques, les toits ouvrants, les toits escamotables, les coffres motorisés et les portes latérales coulissantes. Tous ces ouvrants sont une source d'attrait pour le client, de par leur praticité ou encore par leurs facteurs de différenciation importants.



Figure 1 – Différents types d'ouvrants du groupe PSA

On s'intéresse ici aux lève-vitres des portières.

Le guidage de la vitre est réalisé par un coulisseau en contact avec un rail parallélépipédique et par des coulisses en contact avec la vitre.

Les joints latéraux et intérieur sont également en contact avec la vitre (figure 6).

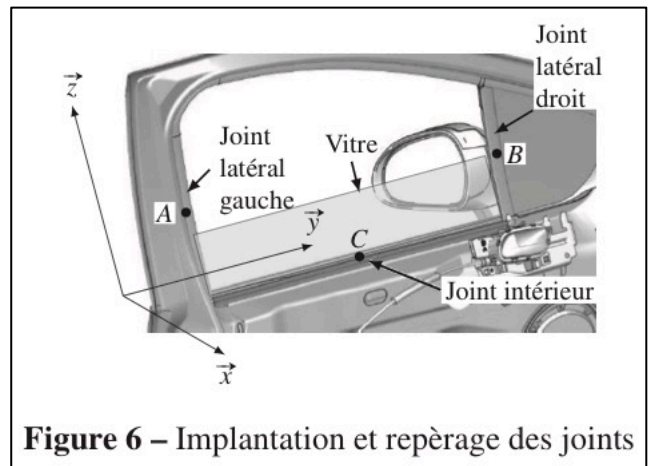


Figure 6 – Implantation et repérage des joints

Modélisation des efforts de frottement :

D'un point de vue des actions mécaniques, les joints jouent fortement sur le comportement de la motorisation de la vitre au cours du temps. C'est pourquoi il est important d'évaluer l'impact des frottements entre les joints et la vitre sur le comportement du système.

Les joints appliquent une action de part et d'autre de la vitre.

Le paramétrage est donné sur la figure 10 où seules les actions normales sont représentées. Le contact entre le joint inférieur et la vitre est permanent et se fait approximativement sur un segment de longueur

$L = 776 \text{ mm}$.

Le contact entre les joints latéraux (gauche et droit) se fait progressivement au cours du déplacement de la vitre. La hauteur des deux joints, supposés identiques, est $H = 450 \text{ mm}$.

Le coefficient de frottement entre un joint et la vitre est pris égal à $f = 0,5$.

Les zones de contact sont supposées être linéiques et la densité linéique d'effort au contact entre un joint et la vitre est supposée constante égale à $p = 25 \text{ N.m}^{-1}$.

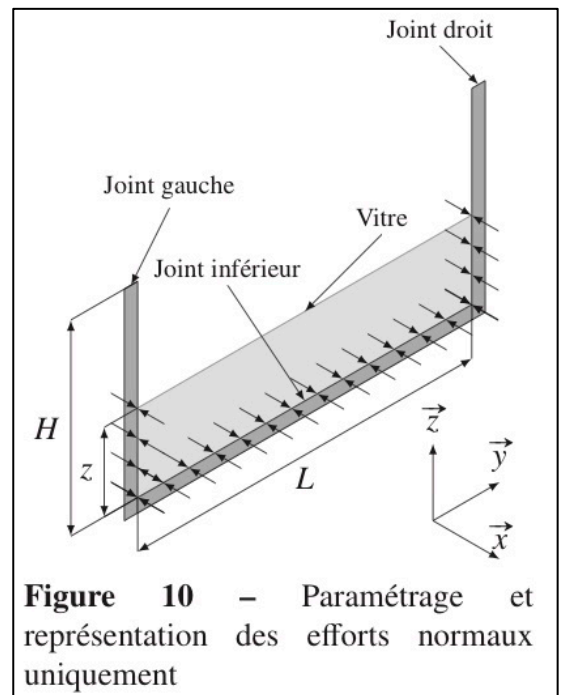


Figure 10 – Paramétrage et représentation des efforts normaux uniquement

Action mécanique exercée par le joint inférieur sur la vitre :

- Q1. À l'aide d'un schéma, représenter l'action mécanique élémentaire du joint inférieur sur la vitre.
- Q2. Justifier que la résultante des actions mécaniques du joint inférieur sur la vitre est portée par \vec{z} .
- Q3. Déterminer l'expression littérale de la résultante selon \vec{z} de l'action mécanique du joint inférieur sur la vitre au cours du déplacement de celle-ci en fonction de L, f et p.
Faire l'application numérique.

Action mécanique exercée par les joints latéraux sur la vitre :

- Q4. À l'aide d'un schéma, représenter l'action mécanique élémentaire d'un des deux joints latéraux sur la vitre.
- Q5. Justifier que la résultante des actions mécaniques des joints latéraux sur la vitre est portée par \vec{z} .
- Q6. Déterminer l'expression littérale de la résultante selon \vec{z} de l'action mécanique des joints latéraux sur la vitre en fonction de z(t), f et p.

On suppose que la vitesse de déplacement de la vitre est constante et que le temps du déplacement complet est de 4 s.

- Q7. Déterminer l'expression de z(t) en fonction de H.
- Q8. Représenter l'évolution au cours du temps de la résultante des efforts résistants selon \vec{z} de **l'ensemble des joints sur la vitre** (2 joints verticaux de hauteur H et un joint horizontal de longueur L). Donner les valeurs numériques minimale et maximale de cet effort.

Exercice 4 : Frein à disques d'une automobile : Modélisation du couple de freinage

Pour ralentir le véhicule, les forces de freinage s'ajoutent aux forces de frottement interne du mécanisme et aux forces de résistance de l'air.

L'énergie cinétique accumulée par la masse du véhicule mise en mouvement doit alors être dissipée en énergie thermique.

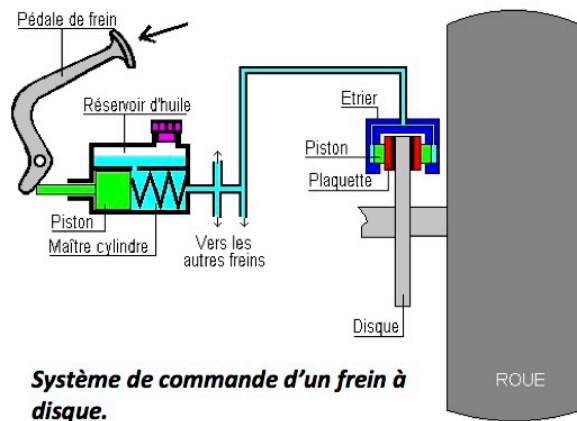
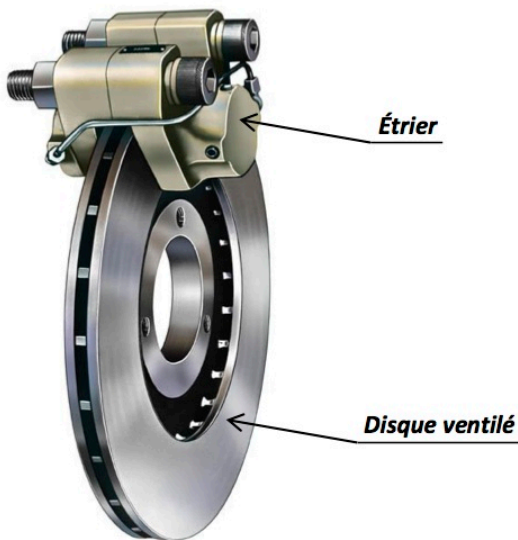
Cette transformation d'énergie se fait par mise en contact de surfaces de friction. La dissipation se produit par transfert thermique entre le disque de friction et l'air.

Selon la vitesse du véhicule, la masse à arrêter et la distance de freinage souhaitée, il faut agir sur l'effort presseur, la taille des disques de frein, la nature des matériaux.

Un frein à disque est un transformateur d'énergie mécanique en énergie calorifique. Il est constitué de trois parties principales :

- un **disque** (ou rotor), partie tournante ; son rôle est d'absorber et de dissiper l'énergie mécanique transformée en chaleur au cours du freinage ;
- un **ensemble étrier** (ou stator), partie NON tournante ; il peut être fixe ou avoir un mouvement de translation ou de rotation ;
- **des surfaces de frottement**, appelées également *patins* ou *organes de friction*, *garnitures* ou *plaquettes* ; elles sont planes et perpendiculaires à l'axe de rotation.

Pour faciliter les calculs la plaquette de frein est modélisée par un secteur circulaire de couronne supposée homogène d'épaisseur e . Le plan (O, \vec{x}, \vec{y}) est le plan médian de la plaquette

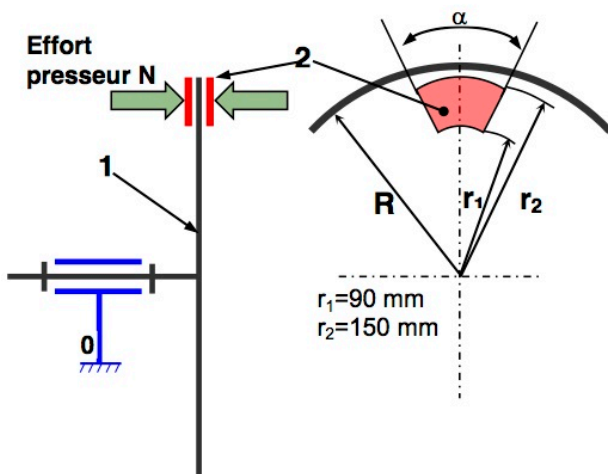


Système de commande d'un frein à disque.

Hypothèses et Données :

- La répartition de pression (p) est supposée uniforme.
- Facteur de frottement garniture / disque $f = 0,35$.

Modélisation et paramétrage :



TRAVAIL DEMANDÉ.

- Représenter une force élémentaire de la plaquette sur le disque appliquée en M.
- Déterminer le moment de cette force élémentaire en O.
- Déterminer alors la relation reliant l'effort presseur et le couple de frottement.

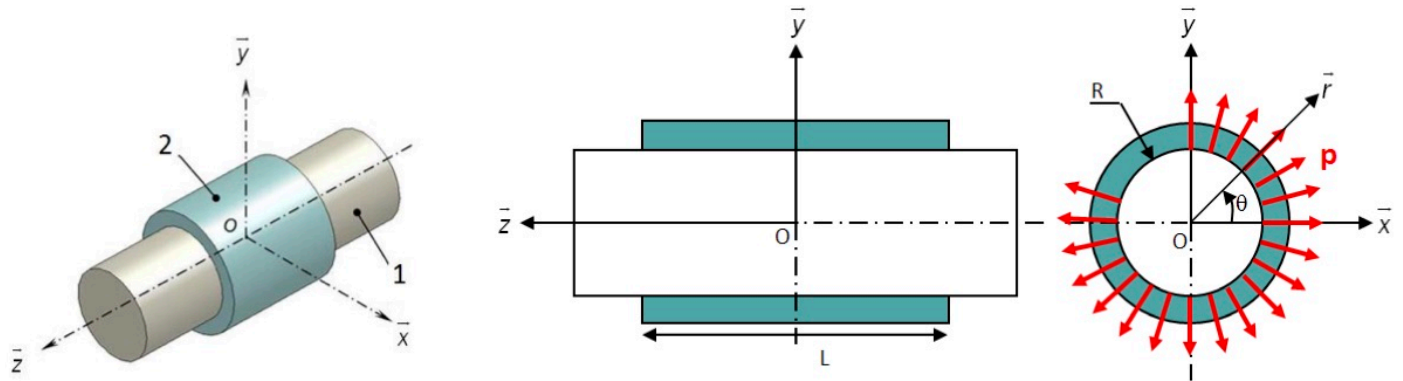
Le **frettage** consiste à encastrier deux pièces en utilisant le phénomène d'adhérence.

Avant l'assemblage réalisé à l'aide d'une presse, l'arbre 1 possède un diamètre très légèrement supérieur à celui de l'alésage (trou cylindrique) de la pièce 2 dans laquelle il vient se loger.

Après frettage, il subsiste donc une pression de contact p (supposée uniforme sur toute la surface de contact) entre les 2 pièces.

Les caractéristiques de cet assemblage par frettage sont données ci-dessous :

- Rayon de l'arbre 1 : R
- Longueur du contact : L
- Facteur de frottement entre les deux pièces : μ .

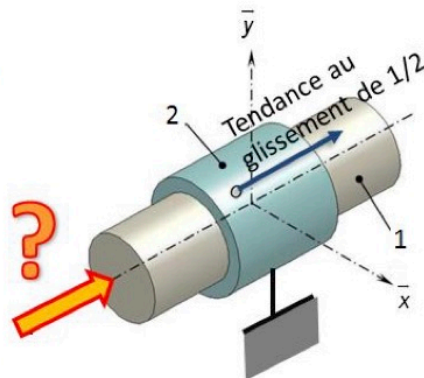


Objectif : Déterminer l'effort axial maximal transmissible et le couple maximal transmissible d'une pièce à l'autre.

Effort axial maximal transmissible

L'effort axial maximal transmissible correspond à la valeur maximale de la composante axiale de la résultante de l'action mécanique qui peut être transmise d'une pièce à l'autre sans qu'elles se désolidarisent.

Pour simplifier notre étude, on considère la pièce 2 fixe et on cherche à déterminer la composante axiale de la résultante de l'action mécanique à appliquer à la pièce 1 pour atteindre le glissement de 1/2 suivant \vec{z} .



Question 1 : Représenter sur deux schémas plans ou un schéma en perspective, la force élémentaire de pression $dN_{2 \rightarrow 1}(Q)$ et la force élémentaire de résistance au glissement $dT_{2 \rightarrow 1}(Q)$ en un point Q de la surface de contact.

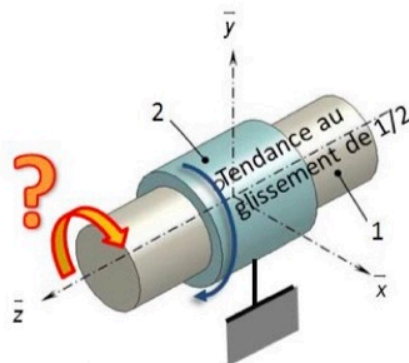
Question 2 : Donner l'expression de la force élémentaire $dF_{2 \rightarrow 1}(Q)$.

Question 3 : Déterminer, à la limite du glissement, l'effort axial maximal transmissible en fonction de p et des caractéristiques géométriques du frettage.

Couple maximal transmissible

Le couple (ou moment) maximal transmissible correspond à la valeur maximale de la composante sur l'axe \vec{z} du moment résultant de l'action mécanique qui peut être transmise d'une pièce à l'autre sans qu'elles se désolidarisent.

Pour simplifier notre étude, on considère la pièce 2 fixe et on cherche à déterminer la composante sur l'axe \vec{z} du moment résultant de l'action mécanique à appliquer à la pièce 1 pour atteindre le glissement de 1/2 autour de \vec{z} .



Question 4 : Représenter sur deux schémas plans ou un schéma en perspective, la force élémentaire de pression $dN_{2 \rightarrow 1}(Q)$ et la force élémentaire de résistance au glissement $dT_{2 \rightarrow 1}(Q)$ en un point Q de la surface de contact.

Question 5 : Donner l'expression de la force élémentaire $dF_{2 \rightarrow 1}(Q)$.

Question 6 : Déterminer, à la limite du glissement, la couple maximal transmissible en fonction de p et des caractéristiques géométriques du frettage.

EXERCICE 1 : Lève-malade Maxi Move	page 1
EXERCICE 2 : Console portante de bateau	page 2
EXERCICE 3 : Trappe de désenfumage	page 3
Illustration d'un résultat du cours :	
Système en équilibre sous l'action de trois actions mécaniques modélisables par trois glisseurs	page 4
EXERCICE 4 : Mécanisme en chaîne ouverte : Contrôle d'un châssis basculeur	page 6
EXERCICE 5 : Mécanisme en chaîne fermée : Turboréacteur avec tuyère à ouverture variable	page 8

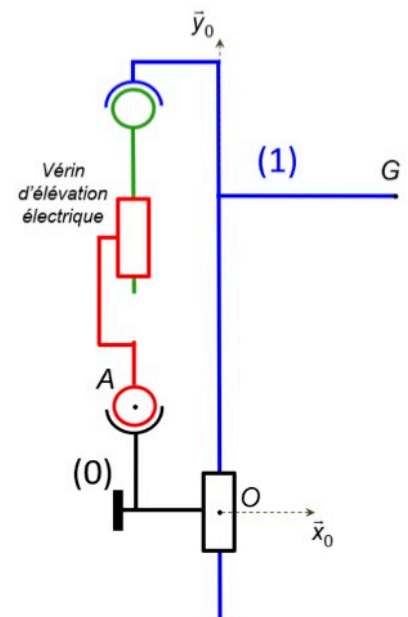
EXERCICE 1 : Lève-malade Maxi Move



Un lève-malade, utilisé dans les maisons de retraites ou les hôpitaux, est une aide technique mécanisée qui sert à effectuer des transferts de personnes qui n'ont pas la capacité de se déplacer en autonomie. Le transfert le plus courant est celui qui consiste à transporter le patient du lit vers le fauteuil et inversement (voir vidéo sur site internet).

Ce mécanisme, dont le modèle est représenté par son schéma cinématique ci-contre, est constitué :

- d'un support 0 de repère associé $R_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$;
- d'un ensemble 1 (bras + malade), de repère associé $R_1 = (O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$, de masse maximale m et de centre de gravité G tel que $\vec{OG} = a \vec{x}_0 + y \vec{y}_0$;
- d'un vérin d'élévation électrique assurant le déplacement vertical de l'ensemble 1. On notera F_{01} la force exercée par ce vérin, et $\vec{OA} = -b \vec{x}_0 + c \vec{y}_0$.
- d'un ressort de compression placé entre 0 et 1, permettant de compenser une partie du poids du malade (il pousse vers $+\vec{y}_0$ et soulage le vérin) tel que k est sa raideur, y sa longueur, y_0 sa longueur à vide et (O, \vec{y}_0) sa droite d'action.



Hypothèses

Les liaisons sont supposées parfaites.

Les poids du corps et de la tige de vérin sont négligés devant les autres actions mécaniques.

- Question 1 :** Représenter sur le schéma cinématique les actions mécaniques du vérin, du ressort et de la pesanteur.
- Question 2 :** Réaliser le graphe d'analyse du mécanisme (on ne tiendra pas compte du corps et de la tige du vérin dont on néglige le poids).
- Question 3 :** Faire le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures (BAME) auxquelles est soumis l'ensemble 1. On écrira les torseurs de ces différentes actions mécaniques en des points judicieusement choisis.
- Question 4 :** Déterminer l'effort F_{01} que doit fournir le vérin pour maintenir le mécanisme à l'équilibre.
- Question 5 :** Déterminer les efforts dans la liaison glissière entre 0 et 1.

EXERCICE 2 : Console portante de bateau

On s'intéresse à une console portante de bateau destinée à mettre les bateaux à l'eau ou à les en retirer à partir d'un quai dans les ports de plaisance (voir vidéo sur site internet).

Ce mécanisme, dont le modèle est représenté par son schéma cinématique ci-dessous, est constitué :

- d'un support 0 de repère associé $R_0 = (O, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$;
- d'un ensemble 1 (console + câbles + bateau), de repère associé $R_1 = (O, \bar{x}_1, \bar{y}_1, \bar{z}_1)$, de masse maximale $m = 4000\text{kg}$ et de centre de gravité G tel que $\overline{OG} = a \bar{x}_1 + b \bar{z}_1$ avec $a = 6\text{m}$ et $b = 4\text{m}$.

La liaison pivot entre 0 et 1 est motorisée. On notera C_{01} le couple exercé par cette motorisation (moteur + réducteur).

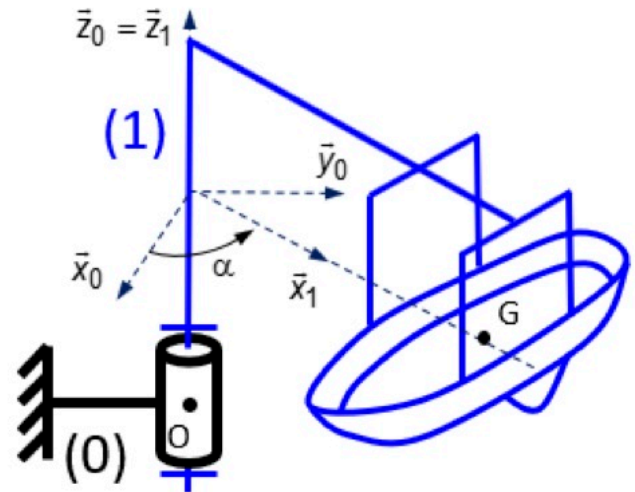


Hypothèses

Les liaisons sont supposées parfaites.

Une étude de mécanique des fluides a permis de modéliser l'action du vent sur le bateau dans les conditions les plus défavorables :

$$\left\{ T_{\text{vent} \rightarrow 1} \right\}_G = \left\{ \begin{array}{c} -F_{\text{vent}} \bar{y}_1 \\ \bar{0} \end{array} \right\} \text{ avec } F_{\text{vent}} = 1500\text{daN}.$$



Objectif : afin de dimensionner les constituants qui la réalisent, déterminer les actions transmises dans la liaison entre 1 et 0.

1. Positionner sur le schéma les résultantes des glisseurs des actions mécaniques du vent et de la pesanteur, ainsi que le couple de l'action mécanique du motoréducteur.
2. Réaliser le graphe d'analyse et la figure de changement de base.
3. Isoler 1 et déterminer, lorsque le mécanisme est à l'équilibre, l'expression dans la base 1 du torseur des actions mécaniques effectivement transmises dans la liaison entre 1 et 0. Faire l'application numérique.
4. Préciser l'équation issue de l'application du PFS qui a permis de déterminer l'action à fournir par la motorisation pour maintenir le mécanisme à l'équilibre.

EXERCICE 3 : Trappe de désenfumage

Les bâtiments ayant pour surface plus de 300 m² doivent obligatoirement intégrer des trappes de désenfumage, afin d'évacuer les fumées en cas d'incendie.

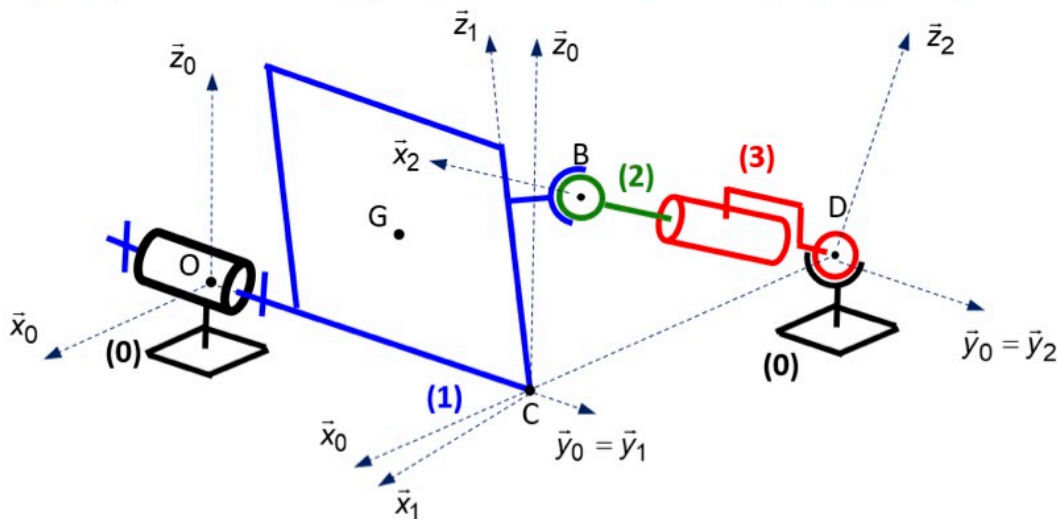
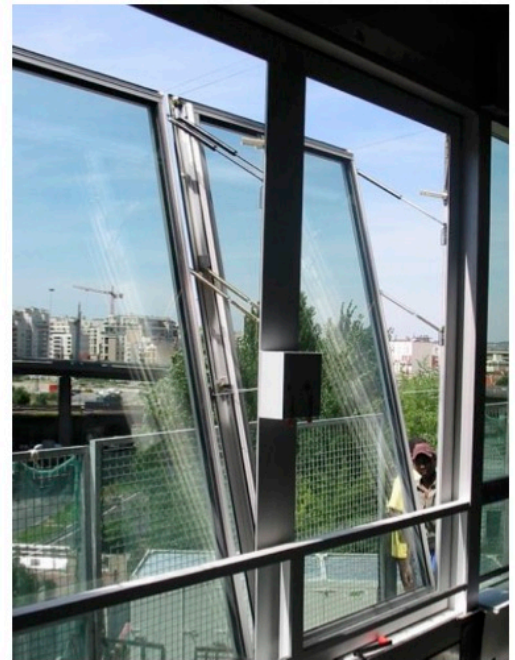
Suite à une alarme, ces trappes doivent s'ouvrir automatiquement.

Ces trappes peuvent être situées au plafond, ou faire office de fenêtre dans un mur.

Nous allons étudier une trappe/fenêtre.

Ce mécanisme, dont le modèle est représenté par son schéma cinématique ci-dessous, est constitué :

- d'un châssis 0 de repère associé $R_0 = (O, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$;
- d'une trappe/fenêtre 1, de repère associé $R_1 = (O, \bar{x}_1, \bar{y}_1, \bar{z}_1)$, tel que $\theta = (\bar{z}_0, \bar{z}_1)$, de masse m et de centre de gravité G tel que $\overline{OG} = a \bar{y}_1 + h \bar{z}_1$;
- d'un vérin 2-3 assurant la rotation de la trappe 1, de repère associé $R_2 = (D, \bar{x}_2, \bar{y}_2, \bar{z}_2)$, tel que $\alpha = (\bar{x}_0, \bar{x}_2)$. On notera F_{01} la force exercée par ce vérin, et $\overline{OD} = 2a \bar{y}_0 - e \bar{x}_0$.
- d'un ressort de torsion placé entre 0 et 1, permettant d'assurer la fermeture de la trappe lorsqu'aucune alarme n'est détectée (il plaque la fenêtre vers $-\bar{y}_0$), tel que k est sa raideur, θ son angle, et θ_0 son angle à vide ($\theta_0 < 0$).



Hypothèses

Les liaisons sont supposées parfaites.

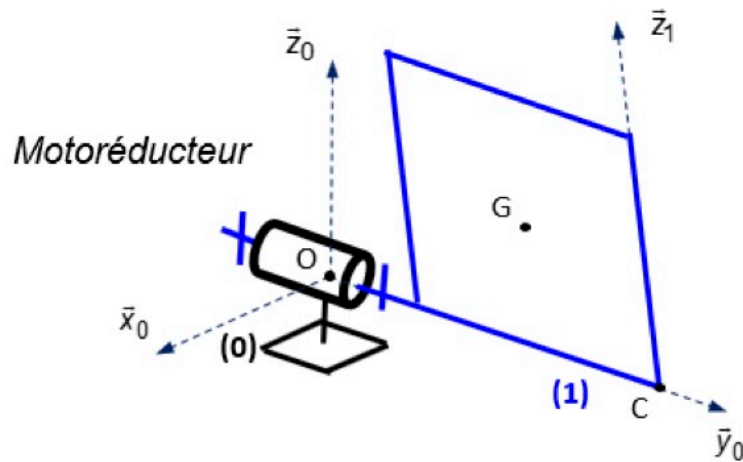
Les poids du corps et de la tige de vérin sont négligés devant les autres actions mécaniques.

Objectif : afin de dimensionner les constituants qui la réalisent, déterminer les actions transmises dans la liaison entre 1 et 0.

1. Positionner sur le schéma les résultantes des glisseurs des actions mécaniques du vérin et de la pesanteur, ainsi que le moment de l'action mécanique du ressort de torsion.
2. Réaliser le graphe d'analyse et les figures de changement de base.
3. Isoler 1 et déterminer, lorsque le mécanisme est à l'équilibre, l'expression dans la base 0 du torseur des actions mécaniques effectivement transmises dans la liaison entre 1 et 0. En déduire son expression la plus simple.
4. Préciser l'équation issue de l'application du PFS qui a permis de déterminer l'action à fournir par le vérin pour maintenir le mécanisme à l'équilibre.

Le concepteur du système souhaite remplacer le vérin par un motoréducteur. On notera C_{01} le couple exercé par cette motorisation (moteur + réducteur).

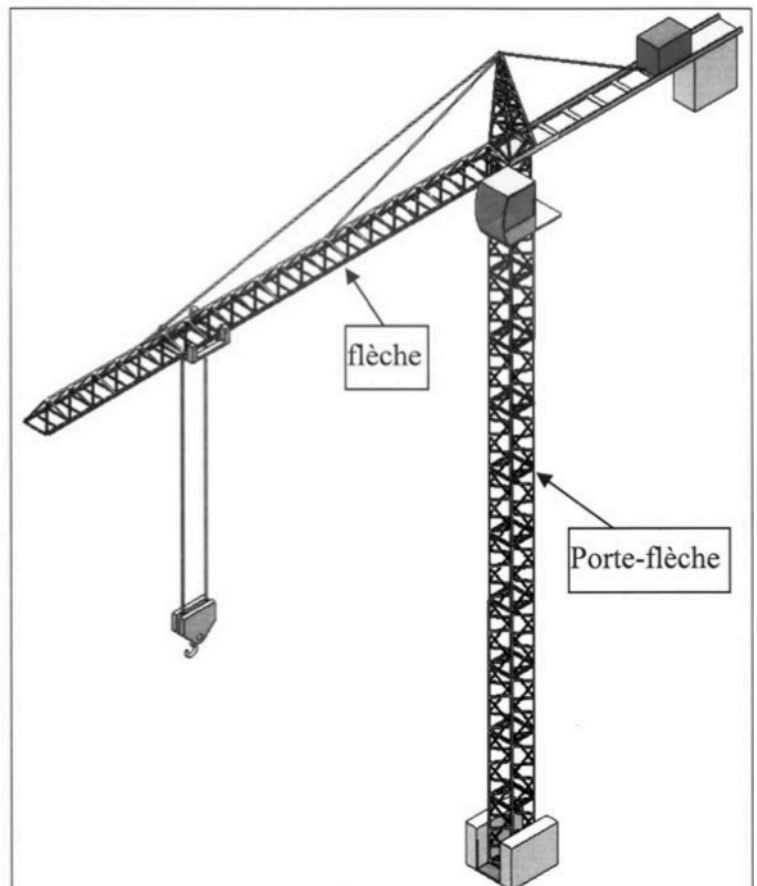
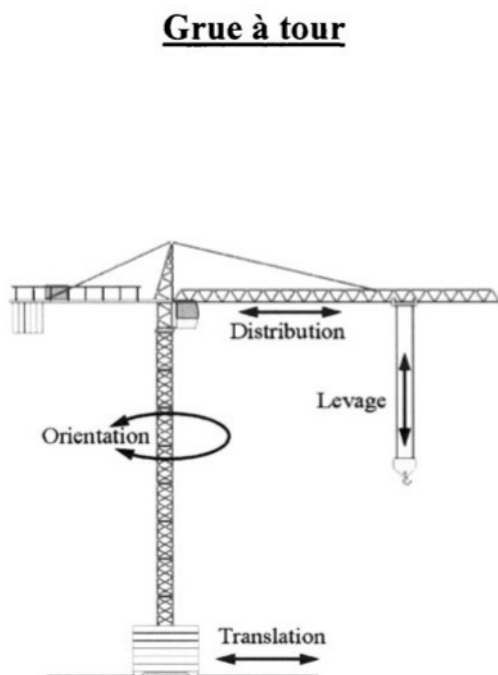
Le schéma cinématique du système est alors le suivant :



5. Positionner sur le schéma la résultante du glisseur de l'action mécanique de la pesanteur, ainsi que les couples des actions mécaniques du motoréducteur et du ressort de torsion.
6. Réaliser le graphe d'analyse.
7. Isoler 1 et déterminer, lorsque le mécanisme est à l'équilibre, l'expression dans la base 0 du torseur des actions mécaniques effectivement transmises dans la liaison entre 1 et 0.
8. Préciser l'équation issue de l'application du PFS qui a permis de déterminer l'action à fournir par le motoréducteur pour maintenir le mécanisme à l'équilibre.

Illustration d'un résultat du cours :

Cas d'un système en équilibre sous l'action de trois actions mécaniques modélisables par trois glisseurs D'après CCP 2008



Pour les questions Q3 et Q4, on suppose qu'une charge $\vec{F} = 5000 \text{ daN}$ est appliquée en A situé dans le plan de symétrie de la flèche (voir document réponse).

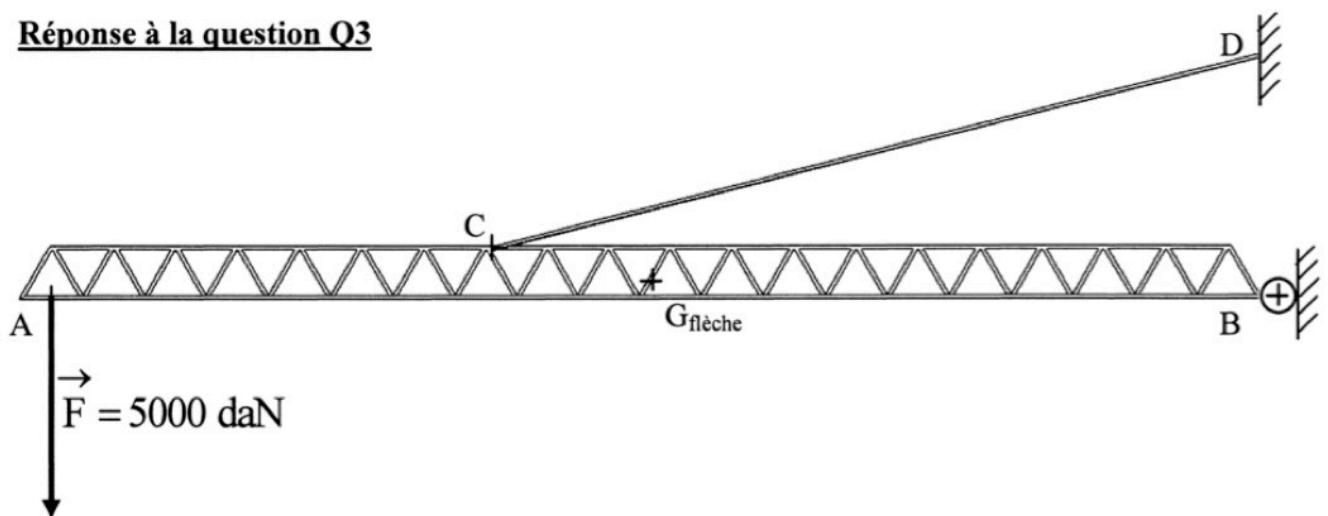
Q3 : Question à traiter sur le document réponse.

La liaison en B entre la flèche et le porte-flèche est modélisée comme un pivot.

a) En négligeant le poids propre de la flèche, déterminer graphiquement l'action du tirant CD et dans la liaison en B, lorsque qu'une charge de 5000 daN est soulevée en bout de flèche.

b) Indiquer une façon de traiter la même question si le poids de la flèche de 2000 daN qui s'exerce en $G_{\text{flèche}}$ n'est pas négligé.

Réponse à la question Q3



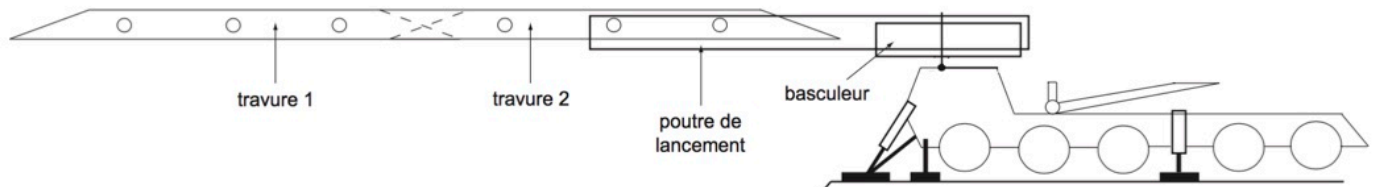
Expliquez ci-dessous votre construction :

EXERCICE 4 : Mécanisme en chaîne ouverte : *Contrôle d'un châssis basculeur*

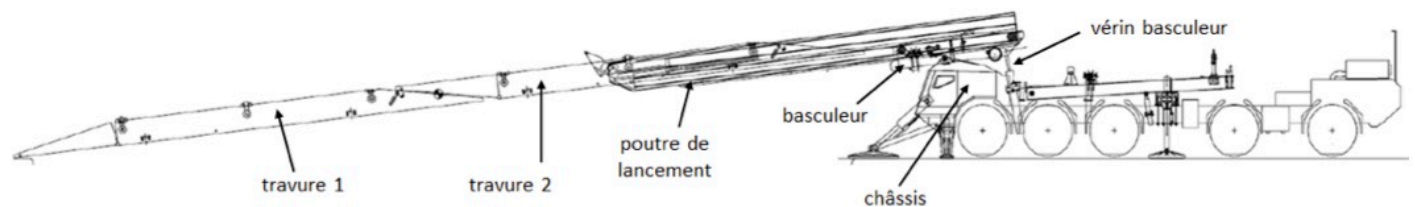


Le Système de Pose Rapide de Travures (SPRAT) est un improbable véhicule assurant la dépose rapide d'un pont permettant de franchir une brèche ou rivière de 25 m de large en moins de 10 min.

Avant dépose, 2 travures (constituant le pont) sont déployées et assemblées sur une poutre de lancement.

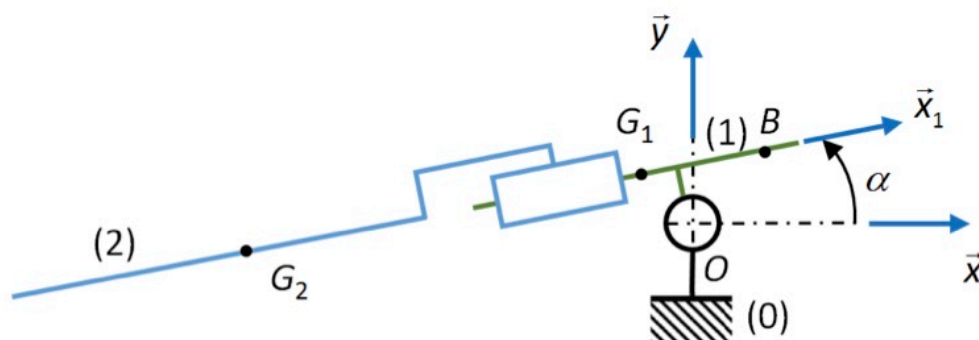


La dépose est réalisée par rotation du basculeur par rapport au châssis.



Le modèle est le suivant :

- **châssis (0)**, repère lié $(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$, supposé Galiléen,
- **basculeur (1)** en liaison pivot d'axe (O, \vec{z}) par rapport à (0), de masse $M_1=7,5$ tonnes, de centre de masse G_1 tel que $\overrightarrow{OG_1} = -a\vec{x}_1 + b\vec{y}_1$ avec $a=0,3$ m et $b=0,2$ m.
- **ensemble (2) : poutre de lancement + pont (travures)** en liaison glissière de direction \vec{x}_1 par rapport à (1), de masse $M_2=18,8$ tonnes, de centre de masse G_2 tel que $\overrightarrow{OG_2} = -x\vec{x}_1 + b\vec{y}_1$.



Pendant la phase de dépose ($0^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ$) :

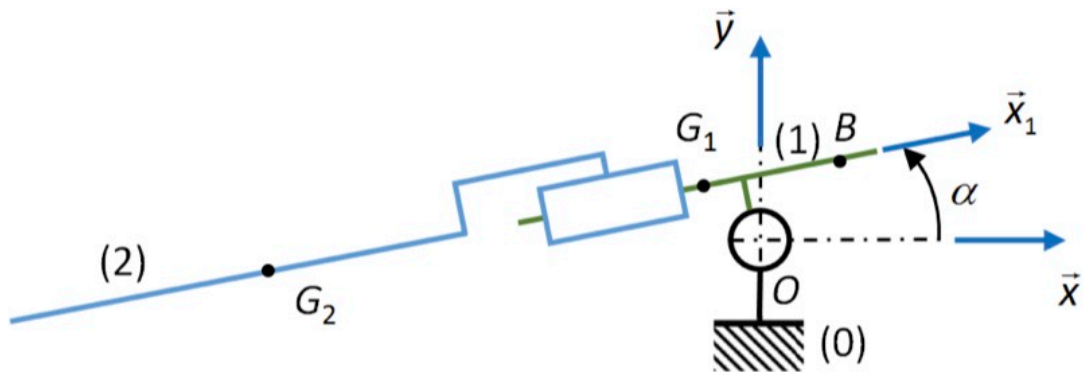
- le basculeur (1) s'incline à la vitesse de rotation $\dot{\alpha} = \text{cte}$ par rapport au châssis (0). Ce mouvement de rotation est contrôlé par le **vérin basculeur délivrant une force** $\vec{R}_{0 \rightarrow 1} = F_1 \vec{y}_1$ passant par B, avec $\overrightarrow{OB} \cdot \vec{x}_1 = c = 2$ m.
- un **vérin lanceur** contrôlant quant à lui le mouvement relatif entre (2) et (1) doit maintenir l'équilibre entre (2) et (1). Pour ce faire, il délivre une force $\vec{R}_{1 \rightarrow 2} = F_2 \vec{x}_1$ passant par G_1 . x est alors constant et vaut 8 m.

Lors de cette phase de dépose, on suppose que les mouvements relatifs des solides les uns par rapport aux autres se font à vitesse constante et suffisamment lente pour négliger les effets dynamiques. Cela signifie, que pour la détermination de actions mécaniques, on peut supposer que les mouvements sont assimilables à une succession de position d'équilibre.

Question 1 : Réaliser le graphe d'analyse de ce système.

Question 2 : Choisir l'isolement qui permettra, par application du principe fondamental de la statique, de déterminer l'expression de F_2 permettant de maintenir l'ensemble (2) en équilibre statique par rapport au basculeur (1). Faire l'inventaire, sous forme de torseurs, des actions mécaniques extérieures à cet isolement

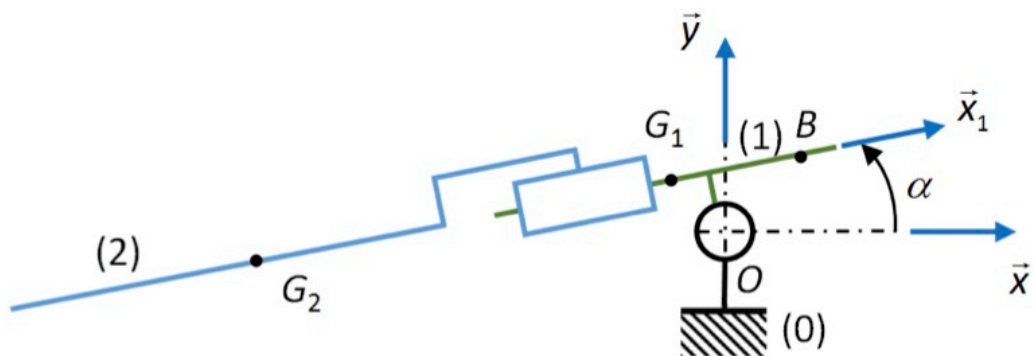
Question 3 : Après avoir choisi l'équation du principe fondamental de la statique qui sera utilisée, représenter sur le schéma ci-dessous (flèches pour les forces résultantes et arcs de cercle orientés pour les moments de force résultante) les actions mécaniques utilisées dans son application.



Question 4 : Déterminer l'expression de F_2 permettant de maintenir l'ensemble (2) en équilibre statique par rapport au basculeur (1). En déduire les valeurs maximale et minimale de F_2 lors d'une phase de dépose.

Question 5 : Choisir l'isolement qui permettra, par application du principe fondamental de la statique, de déterminer l'expression de F_1 permettant d'assurer la phase de dépose. Faire l'inventaire, sous forme de torseurs, des actions mécaniques extérieures à cet isolement.

Question 6 : Après avoir choisi l'équation du principe fondamental de la statique qui sera utilisée, représenter sur le schéma ci-dessous (flèches pour les forces résultantes et arcs de cercle orientés pour les moments de force résultante) les actions mécaniques utilisées dans son application.



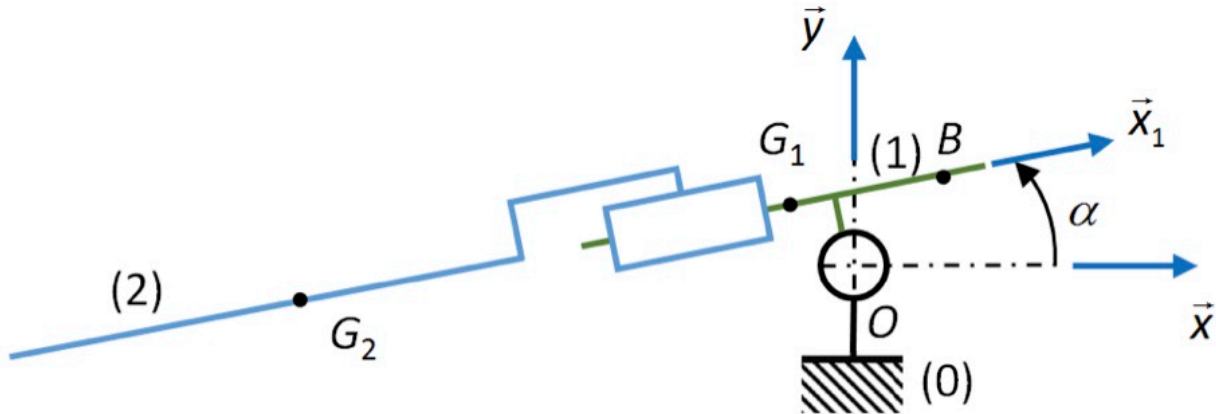
Question 7 : Déterminer l'expression de F_1 permettant d'assurer la phase de dépose. En déduire les valeurs maximale et minimale de F_1 lors de cette phase.

On remplace l'actionneur « vérin basculeur » par un **motoréducteur délivrant un couple** $C_m \vec{z}$ de (0) sur (1).

Question 8 : Réaliser le nouveau graphe d'analyse de ce système.

Question 9 : Choisir l'isolement qui permettra, par application du principe fondamental de la statique, de déterminer l'expression de C_m permettant d'assurer la phase de dépose. Faire l'inventaire, sous forme de torseurs, des actions mécaniques extérieures à cet isolement.

Question 10 : Après avoir choisi l'équation du principe fondamental de la statique qui sera utilisée, représenter sur le schéma ci-dessous (flèches pour les forces résultantes et arcs de cercle orientés pour les moments de force résultante) les actions mécaniques utilisées dans son application.



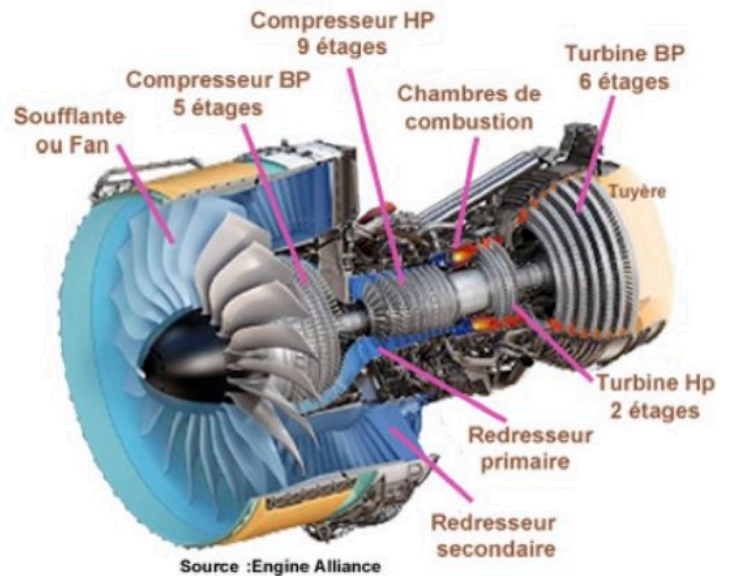
Question 11 : Déterminer l'expression de C_m permettant d'assurer la phase de dépose. En déduire les valeurs maximale et minimale de C_m lors de cette phase

EXERCICE 5 : Mécanisme en chaîne fermée : **Turboréacteur avec tuyère à ouverture variable**

Toutes les architectures de turboréacteurs reposent sur les 3 mêmes étapes, à savoir :

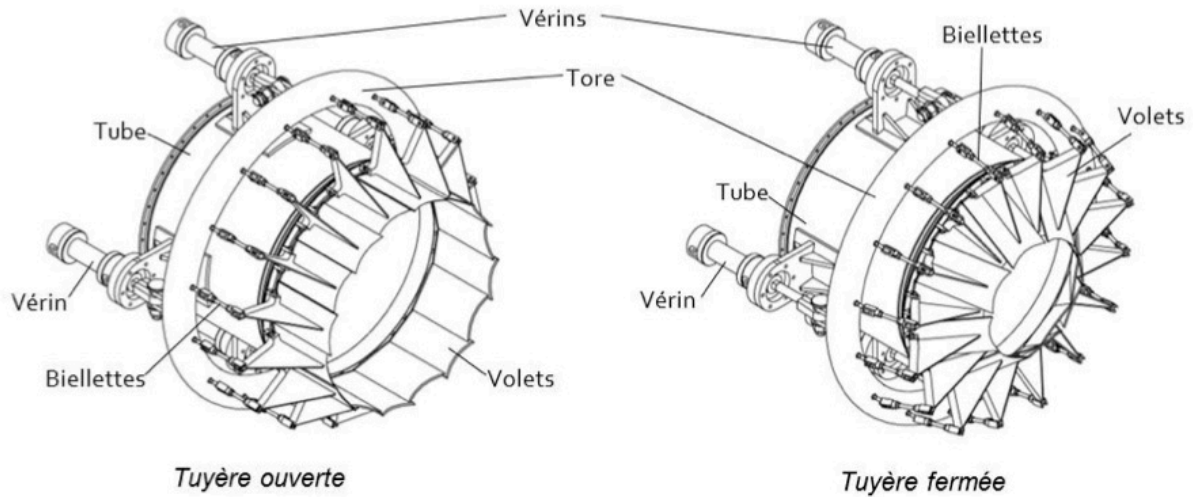
- 1/ **Compression** dans la soufflante + compresseurs basse pression + compresseurs haute pression)
- 2/ **Combustion** dans les chambres de combustion
- 3/ **Détente** dans les turbines + tuyère

(voir vidéos de fonctionnement des turboréacteurs sur le site internet).

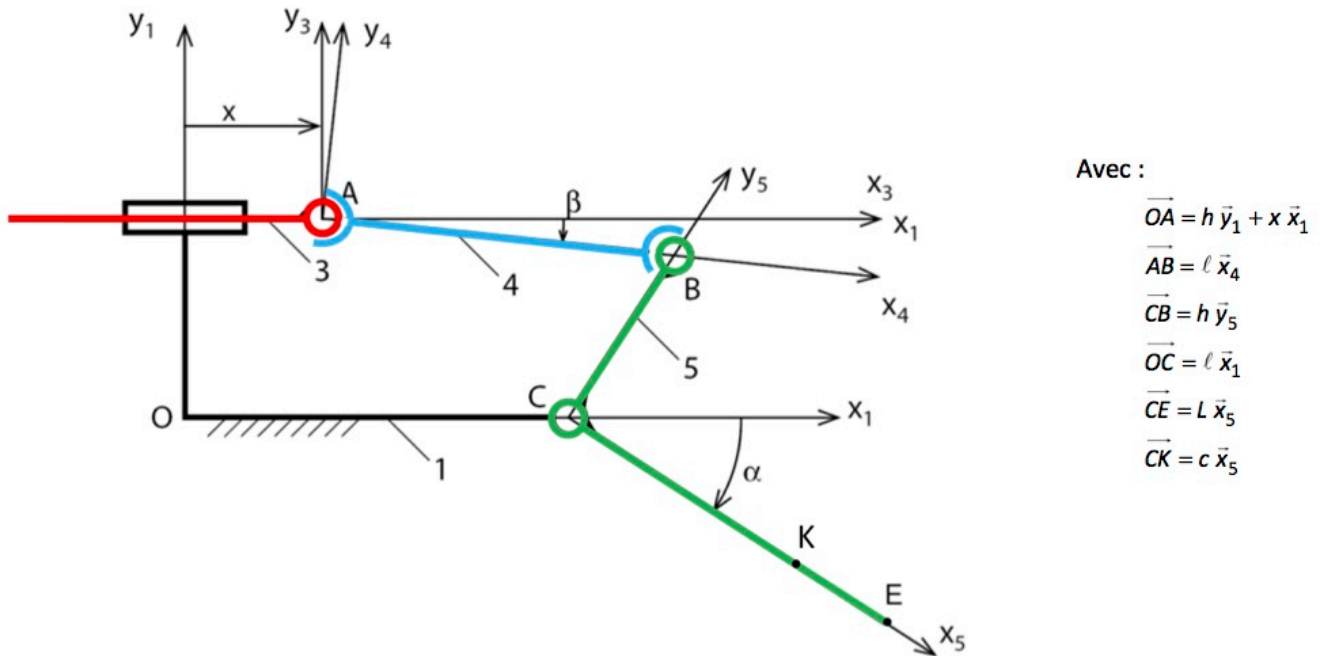


La tuyère à ouverture variable montée en sortie du turboréacteur, en aval de l'écoulement, a pour fonction de faire varier la section de la veine de fluide en sortie.

Cette tuyère à section variable est constituée de seize volets 5 articulés sur la périphérie du tube 1 qui permettent ainsi de réduire la section de passage du fluide. Ces volets 5 sont mis en mouvement par seize bielles 4 toutes identiques reliées à un tore mis en translation à l'aide de quatre vérins hydrauliques répartis régulièrement autour du tube.



Le schéma cinématique ci-dessous modélise le transmetteur qui transforme le déplacement linéaire $x(t)$ de la tige 3 d'un vérin hydraulique en déplacement angulaire $\alpha(t)$ d'un volet 5 :



Modèle cinématique limité à un vérin et un ensemble bielle-volet

On néglige l'action de pesanteur devant les autres actions mécaniques mises en jeu.

Les liaisons sont supposées parfaites.

L'action de l'air sur un volet 5 est modélisée par $\{T_{air \rightarrow 5}\} = \begin{Bmatrix} F_a \vec{y}_5 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$.

L'action de la pression d'huile sur la tige du vérin 3 est modélisée par $\{T_{1 \xrightarrow{fluide} 3}\} = \begin{Bmatrix} pS \vec{x}_3 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$.

p étant la pression du fluide et S la section de la tige du vérin.

Question 1 : Déterminer la pression p à imposer dans le vérin pour maintenir le système à l'équilibre.