

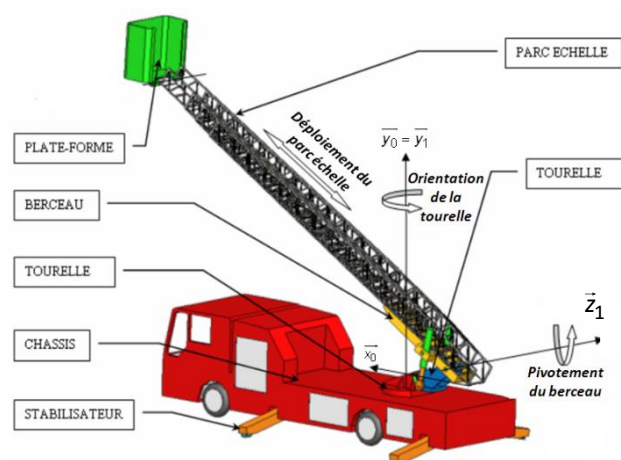


TD 1 : Interpréter un schéma cinématique et mouvements de solides.....	1
TD 2 : Modèle géométrique et coordonnées opérationnelles.....	6
TD 3 : Loi entrée-sortie d'une structure fermée	10

TD 1 : INTERPRETER UN SCHEMA CINEMATIQUE ET MOUVEMENTS DE SOLIDES

Exercice 1.1 : ECHELLE E.P.A.S

On s'intéresse à une Echelle Pivotante Automatique à commande Séquentielle. Ce système conçu et commercialisé par la société CAMIVA est monté sur le châssis d'un camion de pompiers et permet de déplacer une plate-forme pouvant recevoir deux personnes et un brancard (charge maxi 270 kg) le plus rapidement possible et en toute sécurité.



Un schéma cinématique du modèle étudié est donné ci-après, représenté dans le plan $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_0)$ de l'échelle.

Ce modèle est constitué de 5 ensembles indéformables, listés :

- châssis (0), $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, avec $\vec{x}_0$ orientée vers l'avant du châssis du camion.
- tourelle (1), $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ tel que $\alpha(t) = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$
- berceau (2), $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$
- échelle (3)
- nacelle (4), $R_4(D, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ tel que $\gamma(t) = (\vec{x}_2, \vec{x}_4)$

Le point E est caractéristique de la nacelle. Un vérin, non modélisé mais représenté, permet de dresser le berceau.

Q1 : Repasser en couleur chaque ensemble indéformable sur le schéma cinématique, puis compléter le graphe des liaisons en partant du châssis 0 : les nœuds sont les solides, les arrêtes représentent les liaisons. Compléter avec les liaisons, les repères liés et les paramètres.

Q2 : Compléter les figures de changement de base.

Q3 : Identifier les points fixes de chaque ensemble et proposer un repère lié pour l'ensemble (3).

Solides :	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Points fixes :					

On suppose le schéma cinématique à l'échelle (EPAS Minimoy).

Q4 : Dans la configuration du schéma cinématique et en supposant que $\vec{x}_0 = \vec{x}_1$, déterminer, approximativement, les valeurs des paramètres de position α , θ , x et γ .

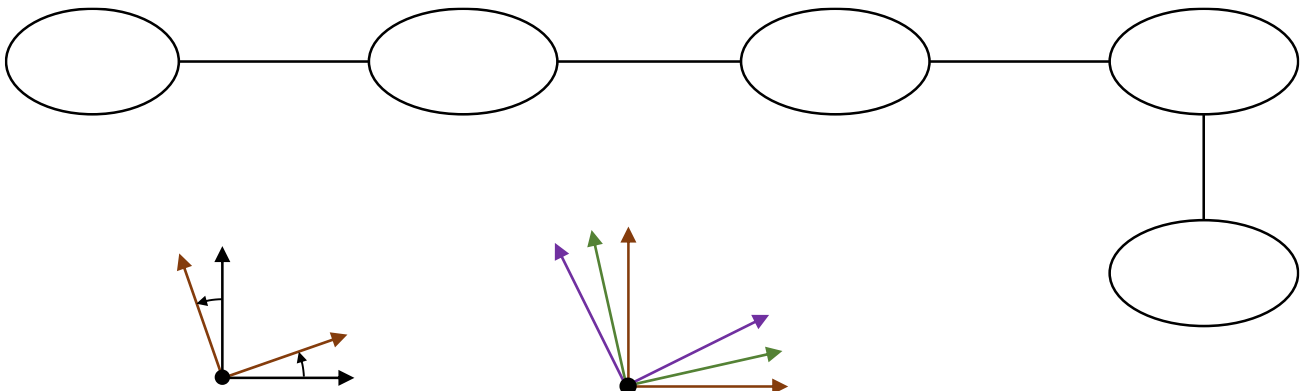
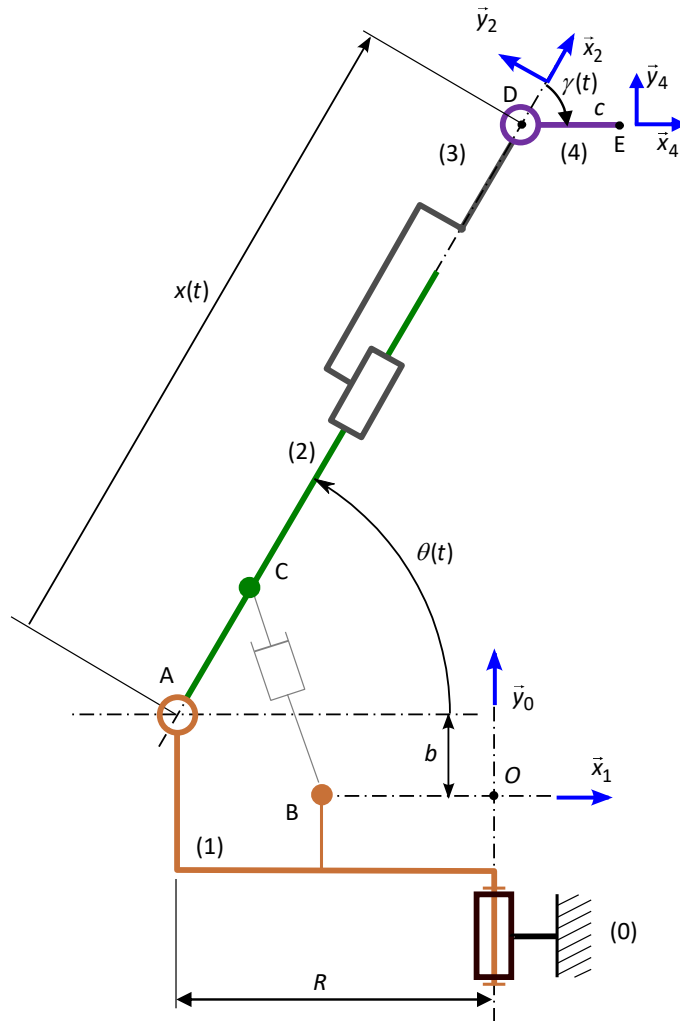
On considère une nouvelle position définie par $\alpha = 0^\circ$, $\theta = \pi/4$, $x = 64 \text{ mm}$, $\gamma = -\pi/4$.

Q5 : Compléter le schéma cinématique avec un schéma dans cette nouvelle position. On notera les nouveaux points et vecteurs avec ' en indice : A' , D' , E' , $\vec{x}'_2$, $\vec{x}'_4$.

Q6 : Tracer les trajectoires $T_{D/0}$ et $T_{E/0}$ en supposant un mouvement uniforme. En déduire un mouvement simple imposé à la nacelle (4) par rapport au châssis (0) permettant de passer de la position initiale à la nouvelle position.

Q7 : Déterminer un vecteur position de D dans (0).

Q8 : Déterminer un vecteur position de D dans (1).



Exercice 1.2 : MICROMOTEUR DE MODELISME

Le moteur étudié, qui permet de faire tourner une hélice, est destiné à être assemblé sur des avions de modélisme afin de les propulser.

Comme la très grande majorité des moteurs thermiques, il utilise un **mécanisme bielle-manivelle** pour transformer le mouvement de translation alternatif du piston (généré par la combustion du mélange air + carburant) en mouvement de rotation continu du vilebrequin.

Ce dispositif est représenté ci-dessous sous la forme d'un schéma cinématique avec :

- **carter 0**, repère associé $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, considéré comme fixe
- **vilebrequin 1**, $OA = e$
- **bielle 2**, $AB = L$ avec $L > e$
- **piston 3**, $\vec{OB} = x(t) \vec{x}_0$.

Données : $e = 11 \text{ mm}$, $L = 40 \text{ mm}$, diamètre du piston $\Phi_{\text{piston}} = 24 \text{ mm}$

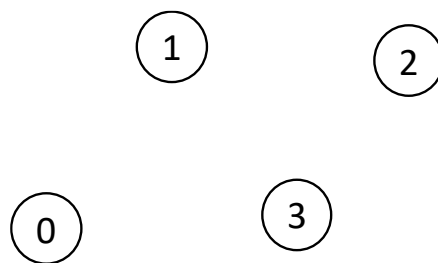
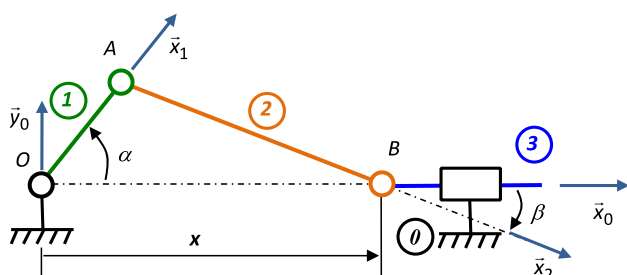
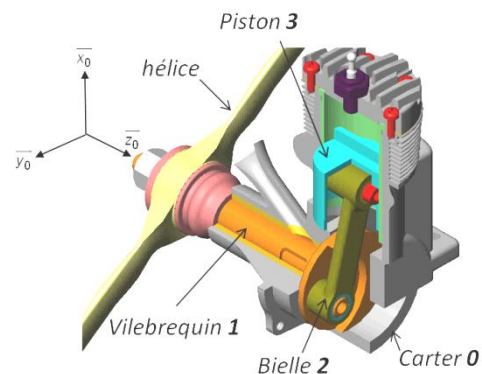


Figure 1 :

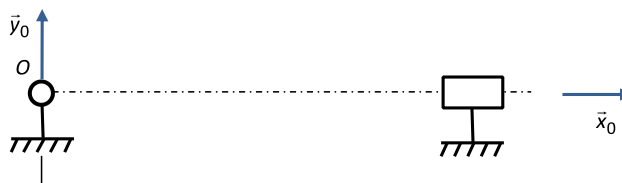


Figure 2a :

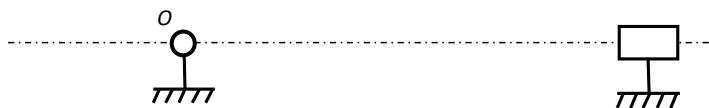
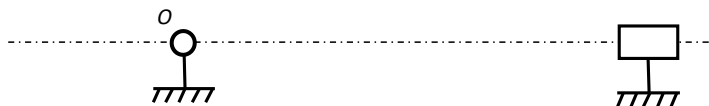


Figure 2b :



Q1 : Compléter le graphe des liaisons.

Q2 : Tracer, figure 1, le mécanisme pour $\alpha = \pi/2$. Existe-t-il une autre configuration compatible avec les liaisons ?

Q3 : Tracer, figures 2a et 2b, le mécanisme dans une configuration correspondant respectivement à $x_{\min}$ et à $x_{\max}$, valeurs minimale et maximale de x . Déterminer ces valeurs en fonction de e et L . En déduire la course du piston, distance maximale parcourue par le piston lors du mouvement.

Exercice 1.3 : CANADARM 2

Ci-dessous un modèle très simplifié du bras Canadarm 2, bras robotisé à 7 degrés de liberté de l'ISS.

Le bras peut être fixé à la station sur des bornes d'alimentation et de contrôle par l'une ou l'autre de ses extrémités, ce qui permet de le déplacer en passant d'une borne à l'autre. Les extrémités peuvent aussi être reliées au bras Dextre ou à des systèmes de saisie des astronautes et des véhicules spatiaux.

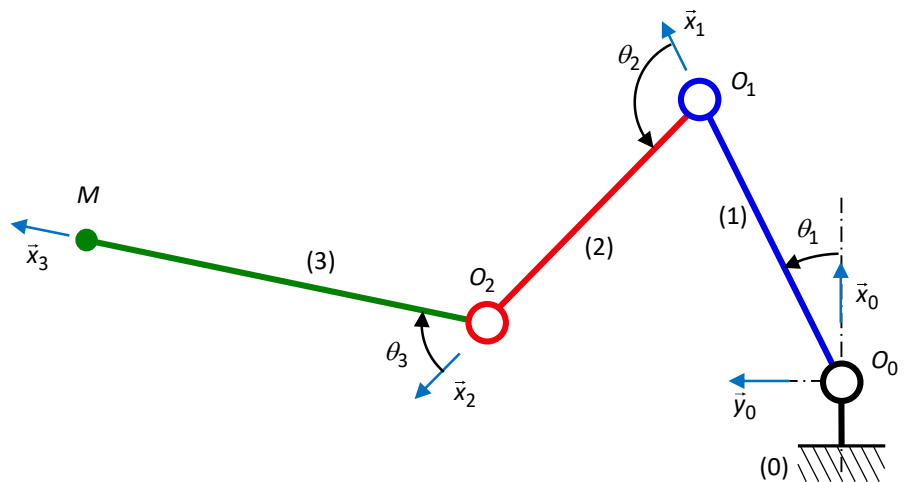
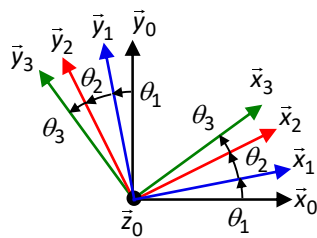


Le vecteur $\vec{z}_0$ est commun à toutes les bases.

Les **longueurs** des bras sont indiquées ci-dessous.

$$O_0O_1 = O_1O_2 = R$$

$$O_2M = L$$



On souhaite piloter le **bras (3)** de tel sorte qu'il suive, par rapport à la **base (0)**, les mouvements décrits dans le tableau ci-dessous :

	Mouvement 1	Mouvement 2	Mouvement 3
Mouvements imposés :	translation à trajectoire rectiligne de direction $+\vec{x}_0$	rotation d'axe $(M, \vec{z}_0)$	rotation d'axe $(O_0, \vec{z}_0)$
Amplitudes des mouvements :	+ 2 cm sur la figure	Rotation de $+30^\circ$	Rotation à une vitesse angulaire constante $N = -5 \text{ tr/mn}$ pendant 1 s

Q1 : Mettre en couleur le schéma cinématique.

Q2 : Représenter, sur les figures 1, 2 et 3 les positions du mécanisme définies par les mouvements imposés et les amplitudes définies dans le tableau.

Pour chaque mouvement, commencer par tracer les trajectoires $T_{M/0}$ et $T_{O_2/0}$ puis déterminer les nouvelles positions, M' et O_2' à partir de l'amplitude du mouvement. Tracer le bras (3), puis compléter le schéma avec les bras (2) et (1) en notant que les distances O_0O_1 et O_1O_2 sont des constantes (solides indéformables).

Q3 : Déterminer un vecteur position de M dans le repère $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.

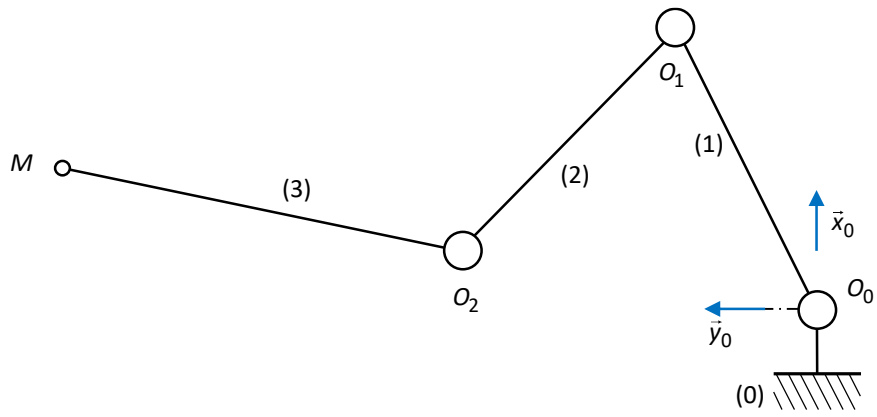


Figure 1

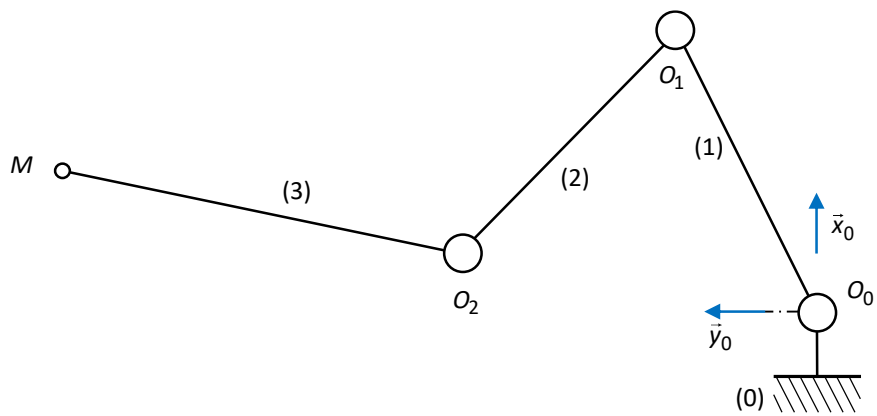


Figure 2

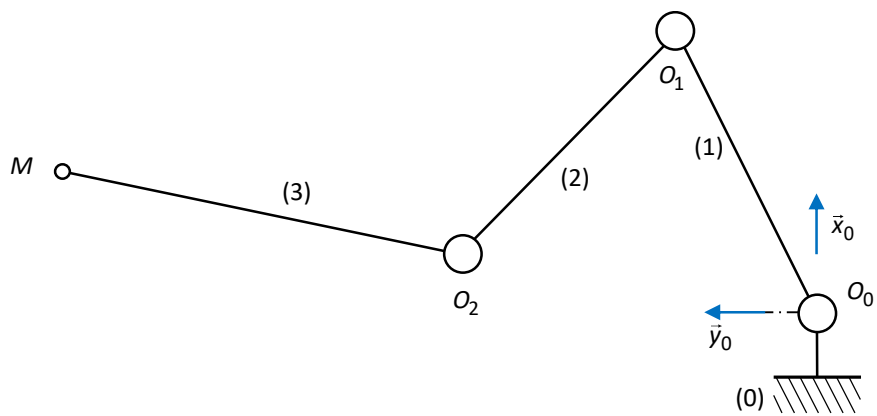


Figure 3

TD 2 : MODELE GEOMETRIQUE ET COORDONNEES OPERATIONNELLES

Exercice 2.1 : ROBOT DE MANUTENTION / TRANSLATION CIRCULAIRE

Le système étudié (voir photos ci-dessous) est un robot industriel destiné à la manutention de pièces lourdes. Ce robot a une structure en parallélogramme déformable qui lui permet de déplacer son poignet dans l'aire de travail.

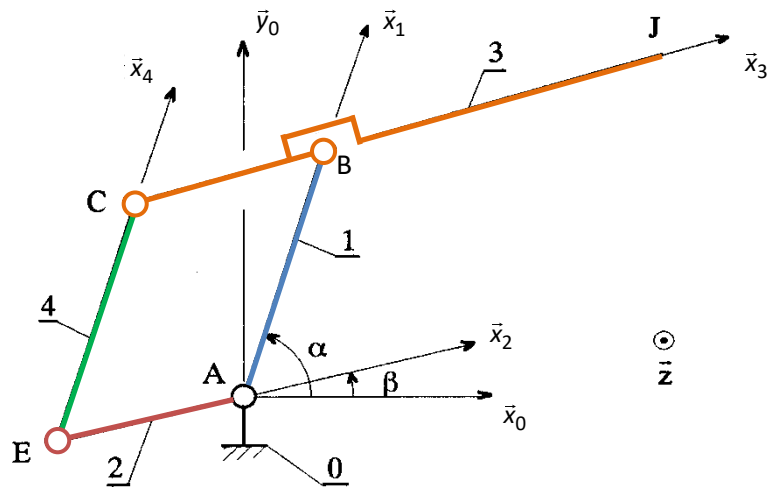


On associe à chaque solide (i) une base orthonormée directe $B_i(\bar{x}_i, \bar{y}_i, \bar{z})$. $\bar{y}_0$ est vertical ascendant.

On pose $\alpha = (\bar{x}_0, \bar{x}_1)$, $\beta = (\bar{x}_0, \bar{x}_2)$ et $\overline{AB} = L \bar{x}_1$, $\overline{EA} = D \bar{x}_2$, $\overline{CB} = D \bar{x}_3$, $\overline{BJ} = H \bar{x}_3$, $\overline{EC} = L \bar{x}_4$.

Les mouvements du robot sont commandés par 2 moteurs :

- le solide (1) a son mouvement de rotation par rapport à (0) commandé par un moteur M_1 tel que $\alpha \in \left[\frac{\pi}{3}, \frac{2\pi}{3} \right]$
- le solide (2) a son mouvement de rotation par rapport à (0) commandé par un moteur M_2 tel que $\beta \in \left[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4} \right]$.



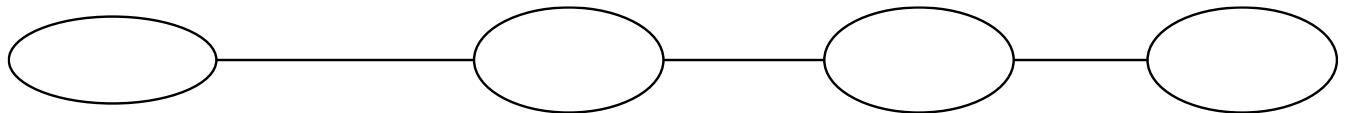
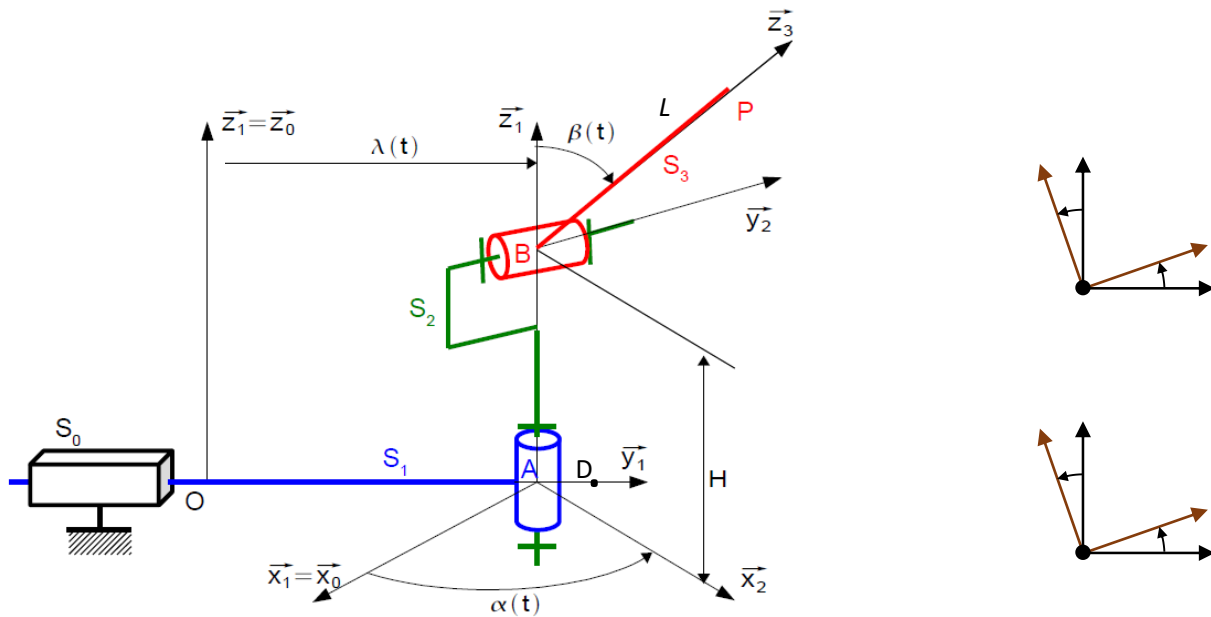
- Q1 :** Mettre le schéma cinématique en couleur et identifier les points fixes dans les ensembles 0, 1, 2, 3 et 4.
- Q2 :** $ABCE$ étant un parallélogramme, qu'en déduire sur les bases liées à 1, 2, 3 et 4. En déduire un repère lié « simplifié » pour le solide 3.
- Q3 :** Réaliser la ou les figures de changement de base.
- Q4 :** Lorsque le moteur M_1 est à l'arrêt, α est constant. Déterminer, dans ces conditions, le mouvement de 3/0 paramétré par β ainsi que les trajectoires $T_{J/0}$ et $T_{C/0}$.
- Q5 :** Lorsque le moteur M_2 est à l'arrêt, β est constant. Déterminer, dans ces conditions, le mouvement de 3/0 paramétré par α ainsi que les trajectoires $T_{J/0}$ et $T_{C/0}$.
- Q6 :** Tracer sur le schéma le mécanisme avec le point J déplacé verticalement de 1 cm (à l'échelle de la figure) suivant $-\bar{y}_0$. Déterminer et noter dans cet ordre les différents points : J' , B' , C' , E' .
- Q7 :** Déterminer un vecteur position de J dans (0).
- Q8 :** Déterminer le modèle géométrique direct en notant X et Y les coordonnées opérationnelles $\overline{AJ} = X \bar{x}_0 + Y \bar{y}_0$.

Exercice 2.2 : ROBOT DE PEINTURE

On étudie un robot de peinture de carrosserie de voiture.

La modélisation cinématique du robot comprend les ensembles suivants :

- Bâti S_0 , repère lié $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$;
- Chariot S_1 , repère lié $R_1(A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$;
- Corps S_2 , repère lié $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$;
- Bras S_3 , repère lié $R_3(B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$.



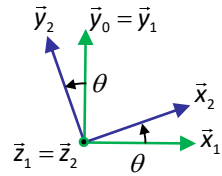
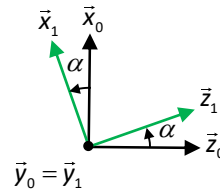
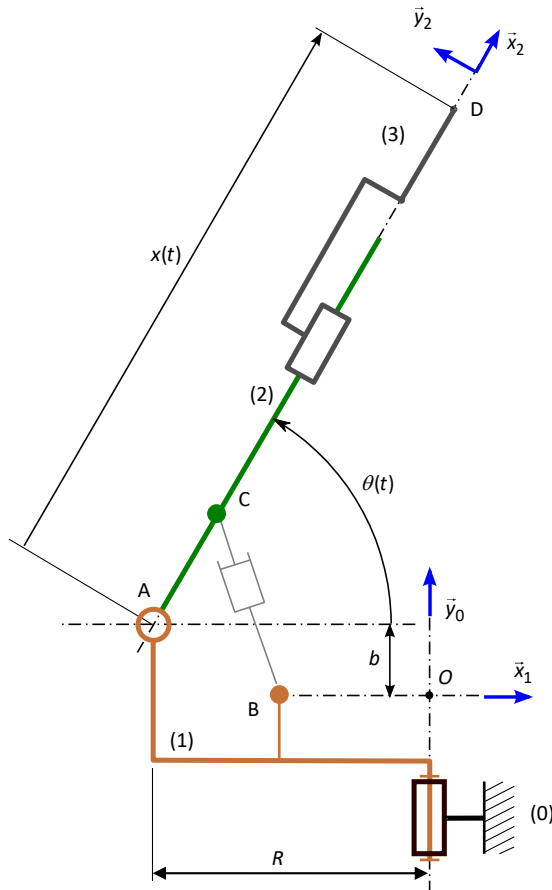
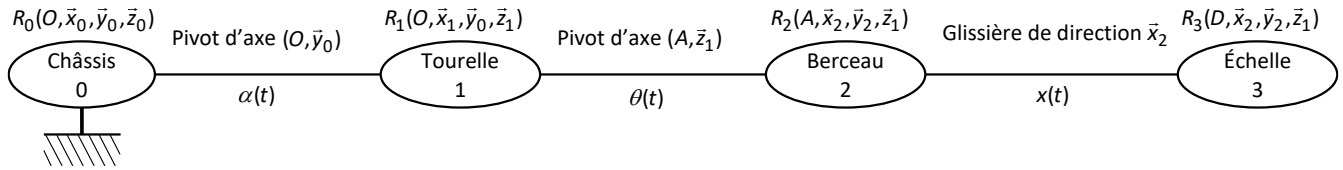
- Q1 :** Repasser en couleur chaque ensemble du schéma cinématique puis représenter le modèle sous la forme d'un graphe des liaisons (avec liaisons, repères liés et paramètres de position).
- Q2 :** Compléter les figures de changement de base associées aux paramètres $\alpha(t)$ et $\beta(t)$.
- Q3 :** Estimer, dans la configuration du schéma cinématique, des valeurs approchées de α et β .
- Q4 :** Définir la trajectoire $T_{P/0}$ et de $T_{B/0}$.
- Q5 :** Définir un vecteur position de P dans (0) .

Soit X , Y et Z les coordonnées opérationnelles du point P , coordonnées dans le repère R_0 . Les paramètres α et β sont compris entre 0 et π .

- Q6 :** Déterminer le modèle géométrique direct : relations scalaires entre les coordonnées opérationnelles et les paramètres de position des liaisons.
- Q7 :** * Déterminer le modèle géométrique inverse.

Exercice 2.3 : ÉCHELLE E.P.A.S.

On s'intéresse à l'Échelle Pivotante Automatique à commande Séquentielle modélisée ci-dessous sans la nacelle.



$$\vec{OD} = -R \vec{x}_1 + b \vec{y}_0 + x(t) \vec{x}_2 \quad \text{avec } R = 2 \text{ m et } b = 0,8 \text{ m}$$

Exigence : 1.1 Hauteur minimale atteignable latéralement, 25 m

La longueur de l'échelle est comprise entre 9,5 et 30 m.

Les coordonnées articulaires sont les paramètres de position des liaisons : α , θ et x .

On note X , Y et Z les coordonnées opérationnelles, coordonnées de l'extrémité D de l'échelle dans le repère R_0 lié au châssis : les distances sont mesurées par rapport au point O et aux directions du châssis.

On suppose X et θ strictement positifs et $\alpha, \theta < \pi/2$.

Q1 : Par projection (produit scalaire) déterminer le modèle géométrique direct.

Q2 : Déterminer α en fonction de X et Z et des dimensions du système, puis θ en fonction de X , Y et α et des dimensions du système.

Q3 : En déduire 3 équations, qui appliquées successivement, permettent de définir un modèle inverse.

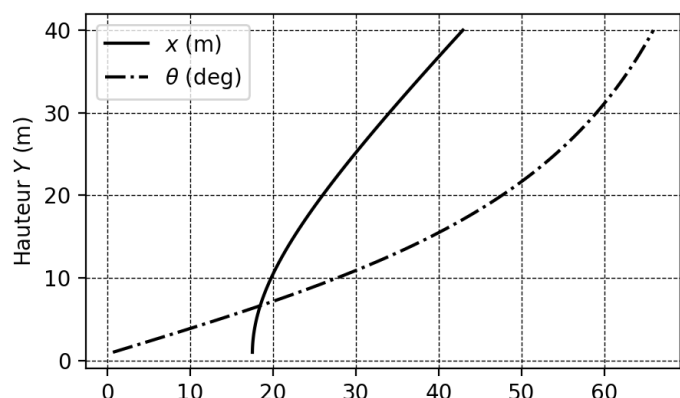
Q4 : Déterminer les paramètres de position permettant d'atteindre la position $(X, Y, Z) = (5, 20, 10)$ m.

Pour éviter le basculement lorsque 3 personnes occupent la nacelle, le système doit maintenir la condition $|Z| < 15,5$ m.

Q5 : Exprimer vectoriellement cette contrainte. En déduire une condition sur les paramètres de position.

La courbe ci-contre montre l'évolution des paramètres articulaires lorsque la nacelle est en position latérale limite : tournée de 90° ($\alpha = 90^\circ$ et $X \approx 0$ m) et à distance maximale, $Z = -15,5$ m. La hauteur Y varie de 1 à 40 m.

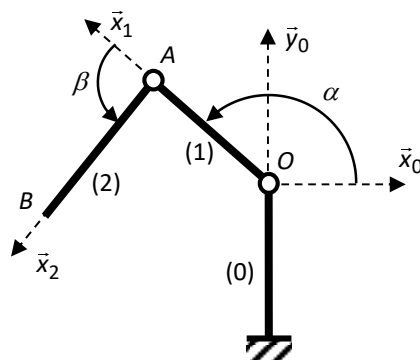
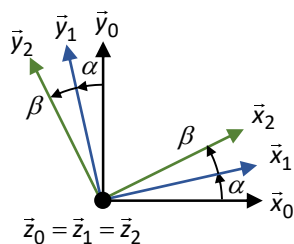
Q6 : L'exigence 1.1 est-elle vérifiée ?



Exercice 2.4 : ROBOT ERICC



On s'intéresse à deux axes (épaule et coude) d'un respectable robot présent au laboratoire. Un modèle simplifié est proposé ci-dessous :



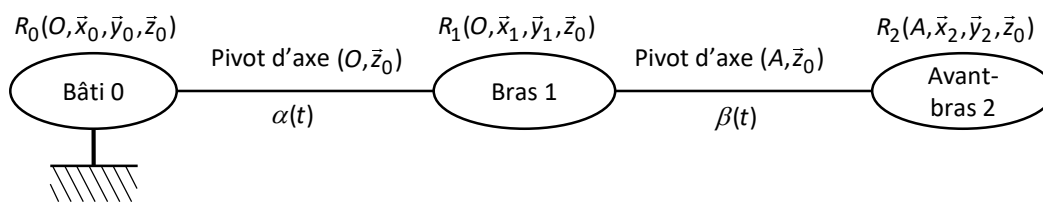
Les ensembles définis et les repères liés sont :

- Bâti 0, $R_0(O, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$
- Bras 1, $R_1(O, \bar{x}_1, \bar{y}_1, \bar{z}_1)$
- Avant-bras 2, $R_2(A, \bar{x}_2, \bar{y}_2, \bar{z}_2)$.

Le vecteur $\bar{z}_0$ est commun à toutes les bases et perpendiculaire au plan de la figure.

On pose $\overrightarrow{OA} = a \bar{x}_1$ et $\overrightarrow{AB} = b \bar{x}_2$. a et b sont des distances constantes et positives.

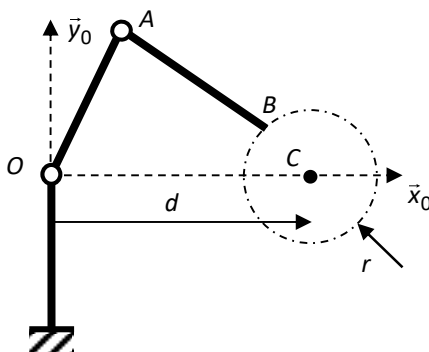
Considérons le robot dont le modèle est donné ci-après.



Afin d'assurer la sécurité de l'environnement, la commande impose que B ne doit pas être à une distance supérieure à R de l'origine O .

Q1 : Traduire cette contrainte sur les paramètres.

Q2 : Déterminer la condition pour que B soit sur un cercle de rayon r et de centre C tel que $\overrightarrow{OC} = d \bar{x}_0$. On suppose r et d suffisamment petits.



TD 3 : LOI ENTREE-SORTIE D'UNE STRUCTURE FERMÉE

Exercice 3.1 : STABILISATEUR CARDIAQUE

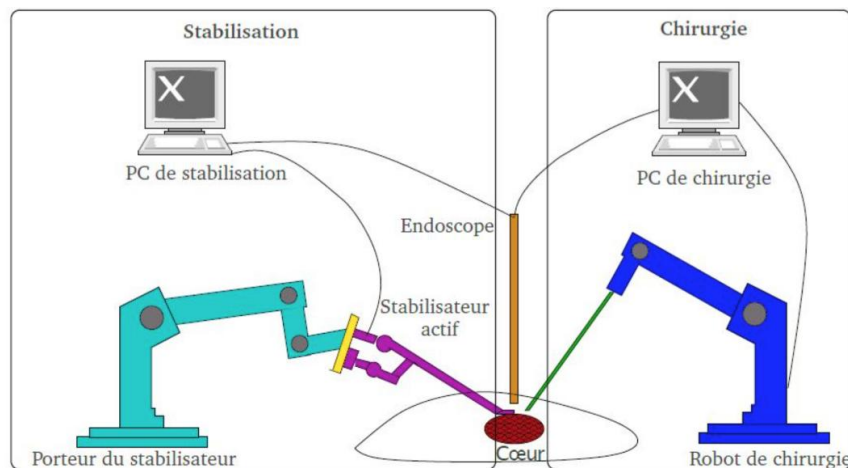
Les pathologies cardiaques, en particulier les rétrécissements des artères qui alimentent le myocarde (muscle cardiaque), sont en constante augmentation. La chirurgie à cœur battant se substitue progressivement à celle impliquant un arrêt du cœur et la mise en place d'une circulation extracorporelle. L'avantage essentiel de cette chirurgie à cœur battant est de limiter les complications induites par l'intervention.

Cette technique opératoire se différencie du pontage classique par la conservation du battement cardiaque durant l'intervention ; la principale difficulté réside alors dans la nécessité d'immobiliser la partie du cœur à opérer.

Pour intervenir précisément sur la zone concernée, il est nécessaire de faire appel à un stabilisateur mécanique qui immobilise cette « zone cible ».

Actuellement, les stabilisateurs mécaniques passifs laissent subsister pour cette zone un déplacement de l'ordre du millimètre, appelé par la suite déplacement résiduel, alors que la valeur souhaitée est plutôt de 0,1 mm. De plus, cette valeur n'est pas satisfaisante en vue d'une utilisation endoscopique, technique d'intervention dont le développement va croissant.

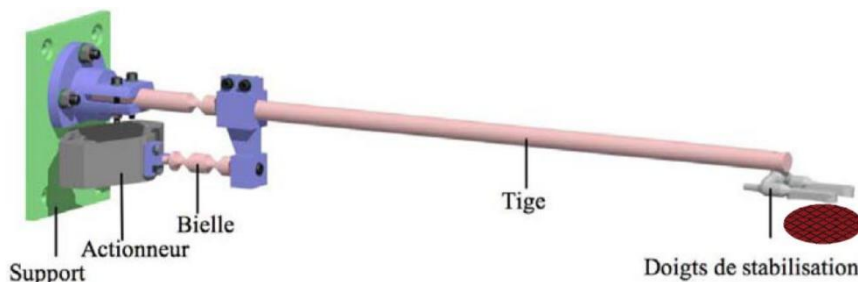
La solution proposée pour remédier à ces insuffisances est constituée par un stabilisateur cardiaque actif, c'est-à-dire commandé en position. Dans le cas de cette étude, il s'agit du système Cardiolock1 développé principalement au laboratoire LSIIT de l'Université de Strasbourg.



Présentation du Cardiolock1

Les faibles amplitudes des mouvements considérés et la recherche de guidages sans jeu justifient l'emploi d'un mécanisme constitué de « guidages en rotation élastiques ». Ceux-ci sont obtenus en combinant l'élasticité du matériau et la géométrie des pièces (amincissements localisés) de façon à favoriser une déformation locale qui donne le comportement d'un guidage en rotation sans jeu, modélisé par une liaison pivot.

Le mouvement de la paroi cardiaque se manifeste par un déplacement de l'extrémité de la tige (5). L'actionneur piézoélectrique permet le rattrapage de ce déplacement résiduel par déformation des liaisons pivot et de la tige (5). Il garantit aussi une dynamique importante (grandes accélérations et faible temps de réaction).



Le Cardiolock1 comporte les éléments suivants :

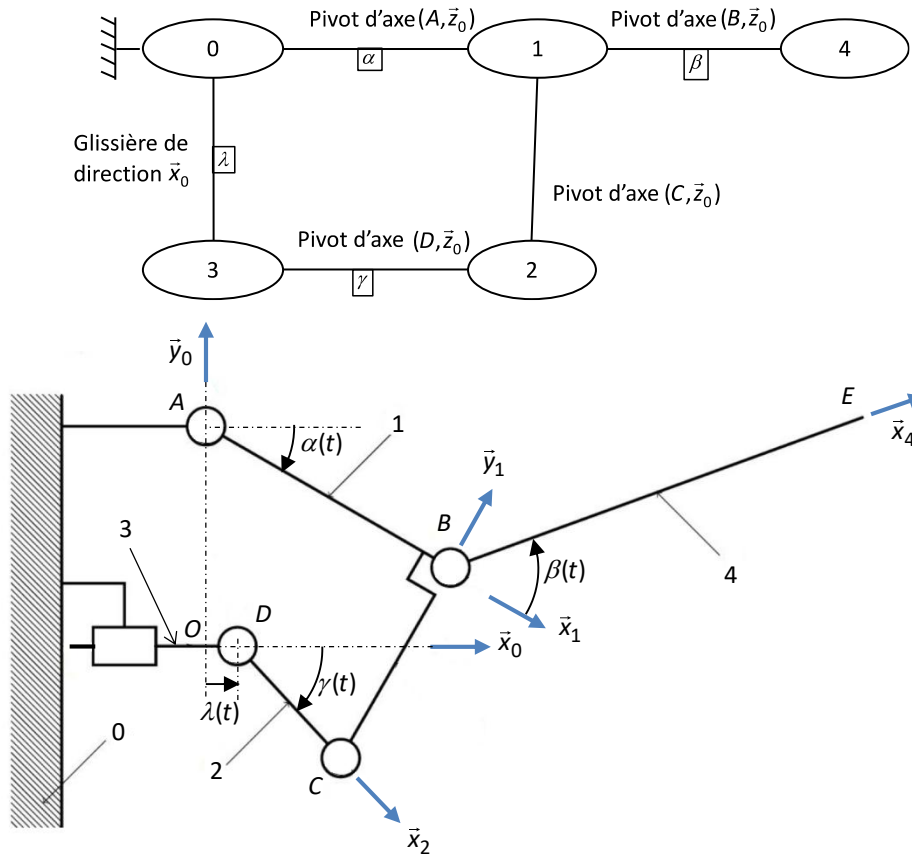
- une tige flexible de diamètre compatible avec la chirurgie mini-invasive comportant à son extrémité une fixation par succion sur la paroi cardiaque ;
- un dispositif bielle-manivelle constitué de guidages en rotation élastiques ;
- un actionneur linéaire piézoélectrique d'amplitude 130 μm .

La tige est stérilisable par autoclave, quant au reste du Cardiolock1 il peut être protégé par un sac stérile.

Modèle cinématique

Un modèle cinématique du stabilisateur actif est défini par les figures données ci-dessous. Dans toute l'étude, on retient les hypothèses et notations suivantes :

- modélisation plane (les projections sur $\vec{z}_0$ sont nulles) ;
- repère $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ lié au bâti (0) ;
- base $B_i(\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_0)$ liée à chaque solide (i).



$$\begin{aligned} \overrightarrow{OD} &= \lambda(t) \vec{x}_0 & \overrightarrow{AB} &= L_1 \vec{x}_1 & \overrightarrow{BE} &= L_4 \vec{x}_4 & \overrightarrow{CB} &= d_1 \vec{y}_1 & \overrightarrow{DC} &= L_2 \vec{x}_2 & \overrightarrow{OA} &= d_1 \vec{y}_0 \\ L_1 &= 21 \text{ mm} & d_1 &= 30 \text{ mm} & L_2 &= 18 \text{ mm} & L_4 &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

L'actionneur piézoélectrique contrôle directement la distance $\lambda(t)$. La position verticale du doigt de stabilisation est celle du point E. Elle dépend de $\alpha(t)$ et de l'angle $\beta(t)$ qui est lié à l'élasticité de la tige (4).

On pose : $y(t) = \overrightarrow{AE} \cdot \vec{y}_0$

Objectif : déterminer l'amplitude de déplacement $y(t)$ du point E dû à l'actionneur piézoélectrique.

Pour déterminer le déplacement dû uniquement à l'actionneur, on **néglige la flexion de la tige** : $\beta(t) = 0$.

- Q1 :** Par fermeture géométrique, déterminer le système d'équations liant λ , α , et γ aux paramètres géométriques.
- Q2 :** En déduire l'expression de λ en fonction de α et des caractéristiques géométriques du système. Exprimer la valeur λ_0 prise par λ dans la configuration de repos ($\alpha = 0$).

Les déplacements sont de petits déplacements et les angles restent proches de 0. Les expressions peuvent être linéarisées. On réalise les approximations suivantes, au voisinage de 0 : $\cos \alpha \approx 1$ et $\sin \alpha \approx \alpha$ en radian.

- Q3 :** * Linéariser le système d'équations obtenu question 2 et exprimer $\Delta \lambda = \lambda - \lambda_0$ et γ en fonction de α .
- Q4 :** * Déterminer $y(t)$ en fonction de α , puis, après linéarisation, en fonction de $\Delta \lambda$ et des caractéristiques géométriques du système.
- Q5 :** * Déterminer $\Delta \lambda$ pour obtenir un déplacement y de 5 mm. Conclure sur l'hypothèse de petit déplacement.

Exercice 3.2 : TUYERE A OUVERTURE VARIABLE

Les propulseurs utilisés dans les applications militaires ou civiles subissent, avant leur mise en service, des tests de certification visant à contrôler leur bon fonctionnement et le respect des normes de sécurité.

Ces tests consistent à simuler au sol les conditions de vol subies par le propulseur et à observer les réactions de celui-ci consécutives à des commandes de pilotage.

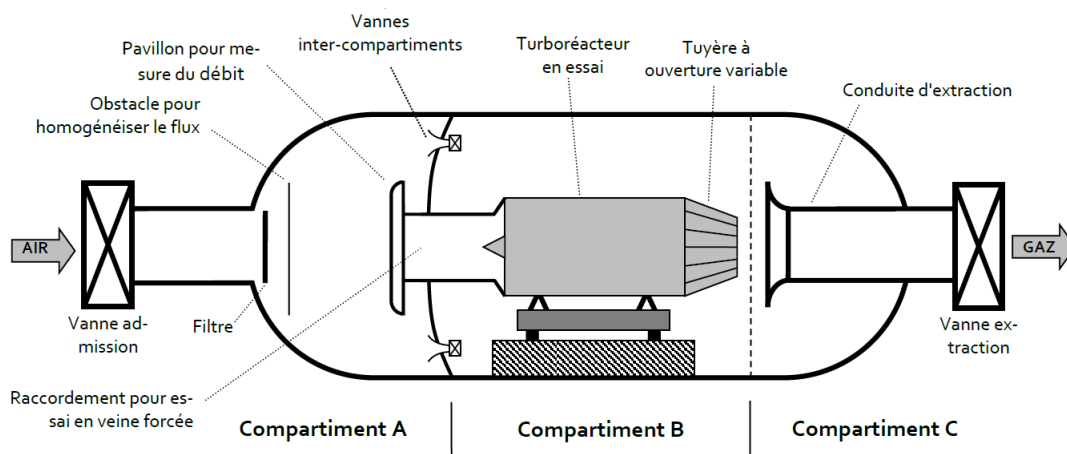
La **DGA** (Direction Générale de l'Armement) dispose dans son Centre d'Essais des Propulseurs (CEPr), situé à Saclay, de bancs d'essais dédiés à la certification et à la mise au point de différents types de propulseurs d'avions ou de missiles.

Le banc d'essais est constitué de trois compartiments.

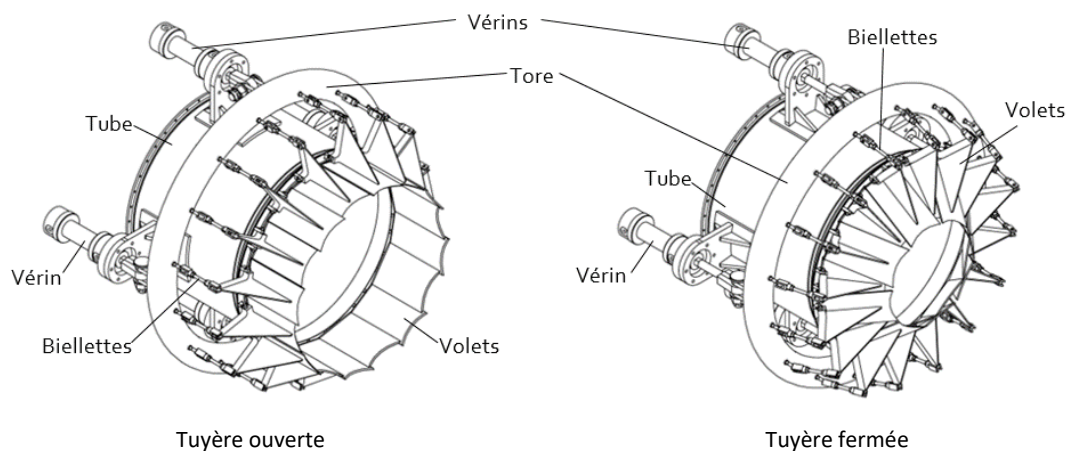
- le premier compartiment (A) est alimenté par une soufflerie et a pour fonction de conditionner le flux d'air en amont de la turbomachine testée ;
- le deuxième compartiment (B) contient le propulseur à tester ;
- le troisième compartiment (C) permet la collecte et l'évacuation des gaz produits lors de la combustion.



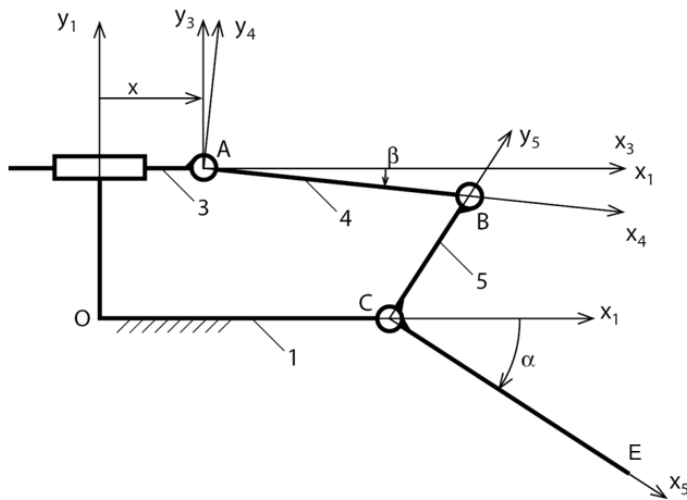
Rafale propulsé par deux moteurs Snecma M88



La tuyère à ouverture variable montée sur le tube, en aval de l'écoulement, fait varier la section de la veine de fluide en sortie de tube. La solution retenue consiste à disposer seize volets articulés sur la périphérie du tube qui permettent ainsi de réduire la section de passage du fluide. Ces volets sont mis en mouvement par seize bielles toutes identiques reliées à un tore. Ce tore est déplacé en translation à l'aide de quatre vérins hydrauliques répartis régulièrement autour du tube.



Ci-dessous, le modèle du mécanisme de transformation du déplacement $x(t)$ d'un vérin en rotation d'un volet $\alpha(t)$.



avec :

$$\overrightarrow{OA} = h \vec{y}_1 + x(t) \vec{x}_1$$

$$\overrightarrow{AB} = \ell \vec{x}_4$$

$$\overrightarrow{CB} = h \vec{y}_5$$

$$\overrightarrow{OC} = \ell \vec{x}_1$$

$$\overrightarrow{CE} = L \vec{x}_5$$

La position initiale, volet ouvert, est définie par $x(0) = 0$ et $\alpha(t) = 0$.

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

On donne ci-dessous un extrait du cahier des charges associé à l'exigence étudiée.

E1	Critères	Niveau
Faire varier le diamètre de la veine de fluide	Diamètre de la veine de fluide	de 400 à 600 mm

Objectif : déterminer la course des vérins permettant de valider le critère du cahier des charges.

Q1 : Déterminer l'équation scalaire reliant l'angle α à la longueur x .

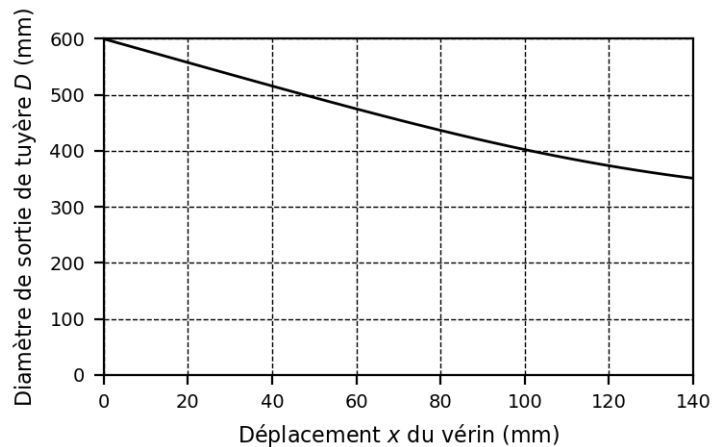
Q2 : * Exprimer l'angle α en fonction de x sous la forme $\alpha = -\arccos(f(x)) + \arctan(g(x))$ en précisant les fonctions $f(x)$ et $g(x)$. On gardera $(\ell - x)$ comme un seul terme.

Q3 : Par observation du schéma cinématique, donner l'expression du diamètre D de la veine fluide en fonction de α et de D_0 , diamètre de la section pour $\alpha = 0$.

On donne ci-contre le tracé de la fonction $D(x)$.

Q4 : En déduire, à partir du cahier des charges relatif à l'exigence étudiée, la course nécessaire des vérins

Q5 : Proposer une expression affine de D en fonction de x .



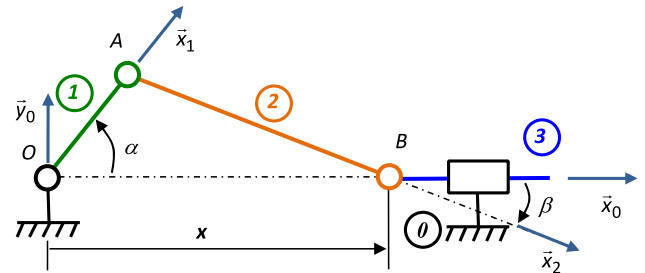
* corrigé à comprendre.

Exercice 3.3 : MICROMOTEUR DE MODELISME

Le schéma cinématique du mécanisme bielle-manivelle d'un micromoteur est rappelé ci-contre, avec :

- **carter 0**, repère associé $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, considéré comme fixe
- **vilebrequin 1**, $OA = e$
- **bielle 2**, $AB = L$.
- **piston 3**, $OB = x(t) \vec{x}_0$.

avec $e = 11 \text{ mm}$, $L = 40 \text{ mm}$, $\Phi_{\text{piston}} = 24 \text{ mm}$ (diamètre)



Q1 : Déterminer, à l'aide d'une fermeture géométrique et par projection, la loi entrée-sortie en position $\alpha = g(x)$ et la relation $x = f(\alpha)$ du mécanisme de transformation de mouvement.

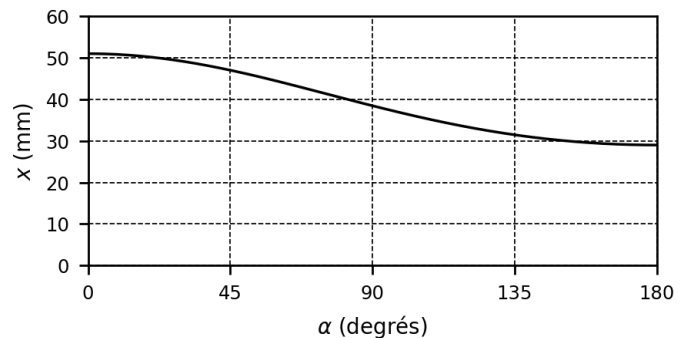
Q2 : * Déterminer ces mêmes relations à partir de la norme au carré de $\vec{AB}$.

Le tracé de cette fonction est donné ci-contre.

Q3 : Déterminer la cylindrée du micromoteur.

La cylindrée d'un moteur correspond au volume balayé par le piston lorsqu'il passe de la position « point mort bas » (position extrême basse) au « point mort haut » (position extrême haute) ; soit l'aire du piston multiplié par la course.

Si le moteur possède plusieurs cylindres, il faut multiplier ce volume par le nombre de cylindres.

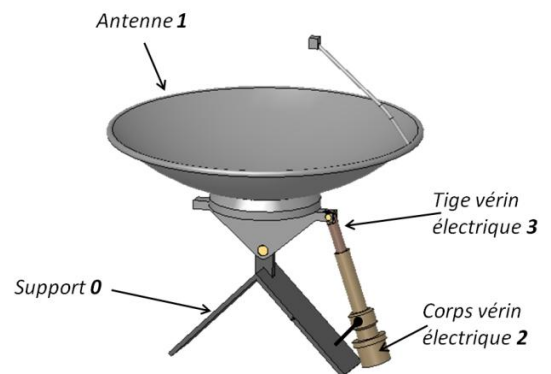


Exercice 3.4 : SYSTEME D'ORIENTATION D'ANTENNE

Le système d'orientation d'antenne ci-contre permet, grâce à une commande à distance, de régler l'orientation de la parabole afin d'optimiser la réception des informations.

Pour cela, le vérin électrique est alimenté de façon à faire rentrer ou sortir la tige et obtenir ainsi la position de l'antenne désirée.

Objectif : déterminer la relation entre la longueur du vérin et la position angulaire de l'antenne.



Une schéma cinématique du système d'orientation est donné ci-dessous.

Données : $\vec{AC} = L_0 \cdot \vec{x}_0$ et $\vec{AB} = L_1 \cdot \vec{x}_1$

- $\alpha_1(t)$: paramètre du mouvement de rotation de l'antenne 1 par rapport au support 0.
- $\alpha_2(t)$: paramètre du mouvement de rotation du corps 2 par rapport au support 0.
- $d(t)$: paramètre de mouvement de translation de la tige 3 par rapport au corps 2.

Q1 : Déterminer la loi entrée-sortie en position $d = f(\alpha_1)$ du système d'orientation d'antenne.

