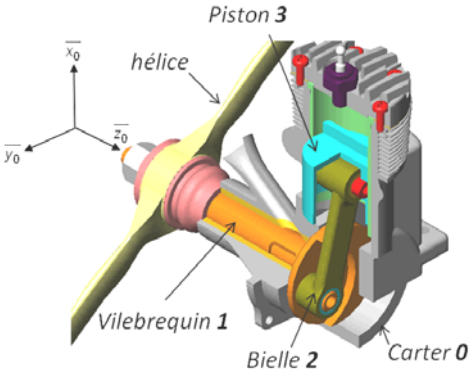
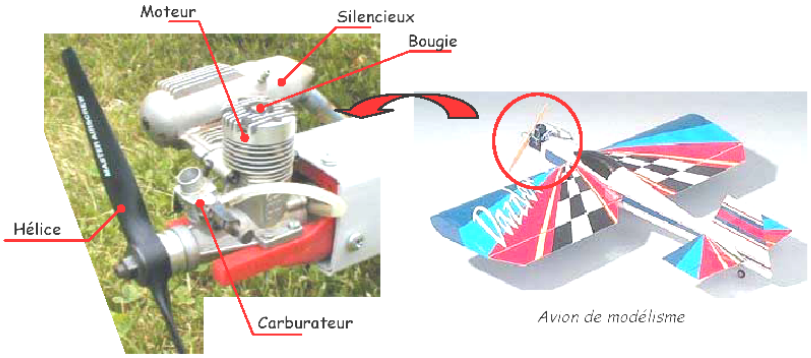
LOIS ENTREE-SORTIE PAS FERMETURE GEOMETRIQUE

Exercice 1 : MICROMOTEUR DE MODÉLISME

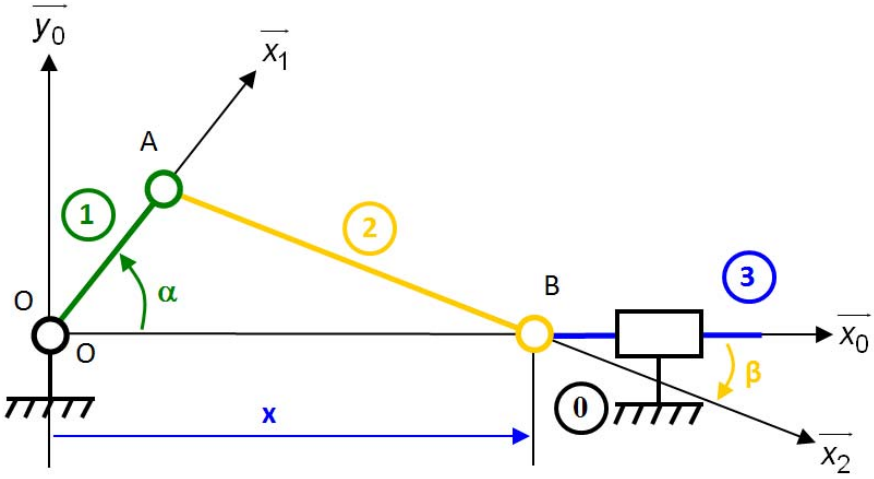
Le moteur étudié, qui permet de faire tourner une hélice, est destiné à être assemblé sur des avions de modélisme afin de les propulser.





Comme tous les moteurs thermiques, il utilise un dispositif « bielle-manivelle » pour transformer le mouvement de translation alternative du piston (généré par les explosions du mélange air + carburant) en mouvement de rotation continu du vilebrequin.

Ce dispositif est représenté ci-contre sous la forme d'un schéma cinématique.



Constituants et paramétrage :

- Le carter **0**, de repère associé $R_0(O,\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0})$, est considéré comme fixe.
- Le vilebrequin **1**, de repère associé $R_1(O,\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{z_1})$, est en liaison pivot d'axe $(O,\overrightarrow{z_0})$ avec le carter **0** tel que $\overrightarrow{z_0}=\overrightarrow{z_1}$ et $(\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{x_1})=\alpha$. On donne $OA=e$.
- La bielle **2**, de repère associé $R_2(A,\overrightarrow{x_2},\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{z_2})$, est en liaison pivot d'axe $(A,\overrightarrow{z_0})$ avec le vilebrequin 1 et en liaison pivot d'axe $(B,\overrightarrow{z_0})$ avec le piston 3 tel que $(\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{x_2})=\beta$. On donne $AB=L$.
- La piston **3**, de repère associé $R_3(B,\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0})$, est en liaison glissière de direction $\overrightarrow{x_0}$ avec le carter **0** tel que $\overrightarrow{OB}=x\cdot\overrightarrow{x_0}$.

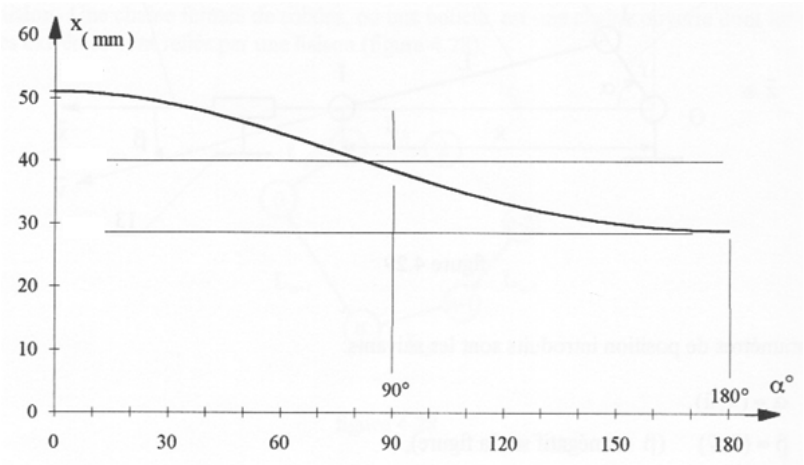
Données : $e=11\,mm$, $L=40\,mm$ et $\Phi_{piston}=24\,mm$

Question 1 : *Donner le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie du dispositif de transformation de mouvement.*

Question 2 : *Déterminer, à l'aide d'une fermeture géométrique, la loi entrée-sortie en position* $x = f(\alpha)$ *du dispositif de transformation de mouvement.*

Question 3 : *Retrouver ce résultat à l'aide du théorème d'Al-Kashi (Pythagore généralisé).*

Le graphique de cette fonction a l'allure suivante :



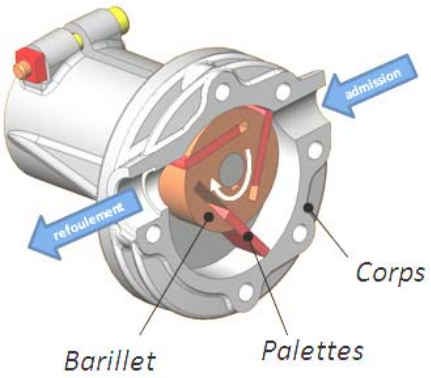
Question 4 : *Déterminer la cylindrée du micromoteur.*

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

Question 5 : *Déterminer, à l'aide du résultat de la question Q2, la loi entrée-sortie en vitesse* $\dot{x} = f(\dot{\alpha}, \alpha)$. *En déduire le vecteur vitesse* $\overrightarrow{V_{B\in 3/0}}$ *en fonction de* $\dot{\alpha}$, α, L *et* e.

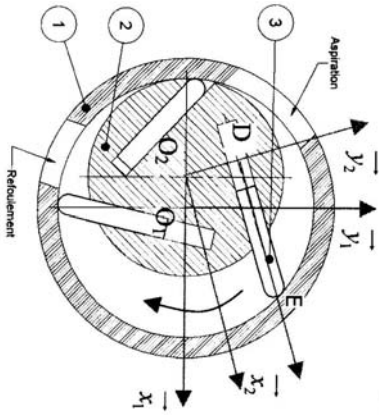
Exercice 2 : POMPE À PALETTES

Le dessin ci-contre représente une pompe à palettes.



Les trois palettes **3**, entraînées par le barillet **2**, sont plaquées, par effet centrifuge, sur le corps **1** et permettent ainsi de pousser le fluide depuis l'orifice l'admission vers l'orifice de refoulement.

Le repère $R_1(O_1, \overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_1})$ est associé au corps **1**, $R_2(O_2, \overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{y_2}, \overrightarrow{z_1})$ au barillet **2** et $R_3(E, \overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{y_2}, \overrightarrow{z_1})$ à la palette **3**.
Le barillet **2** a un mouvement de rotation d'axe $(O_2, \overrightarrow{z_1})$ par rapport au corps **1**. On note $\alpha = (\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{x_2})$.
Le rayon intérieur du corps **1** est noté R.



Le centre O_2 est excentré par rapport au corps **1**, avec pour excentration $\overrightarrow{O_1O_2} = -e.\overrightarrow{x_1}$ et e = 4,5 mm.
Le point E de contact avec le corps **1** est supposé dans le plan de symétrie de la palette.

$\overrightarrow{O_2D} = d.\overrightarrow{y_2}$ et d = 7,5 mm, $\overrightarrow{DE} = \lambda.\overrightarrow{x_2}$.

Question 1 : *Dessiner le graphe des liaisons de ce système.*

Question 2 : *Donner le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie du système.*

Question 3 : *Déterminer, à l'aide d'une fermeture géométrique, la loi entrée-sortie en position* $\lambda = f(\alpha)$ *de la pompe à palettes.*

Question 4 : *Donner, sans calcul, la trajectoire* $T_{E/1}$ *du point géométrique de contact.*

Question 5 : *Déterminer l'expression des vecteurs rotation* $\overrightarrow{\Omega_{2/1}}$, $\overrightarrow{\Omega_{3/2}}$ *et* $\overrightarrow{\Omega_{3/1}}$.

Pour dimensionner le système afin de s'assurer que les effets dynamiques (« force centrifuge ») plaqueront correctement les palettes sur la surface interne du corps **1**, il est nécessaire de connaître le vecteur accélération du centre de gravité G_i des palettes.

On donne : $\overrightarrow{G_3E} = b.\overrightarrow{x_2}$

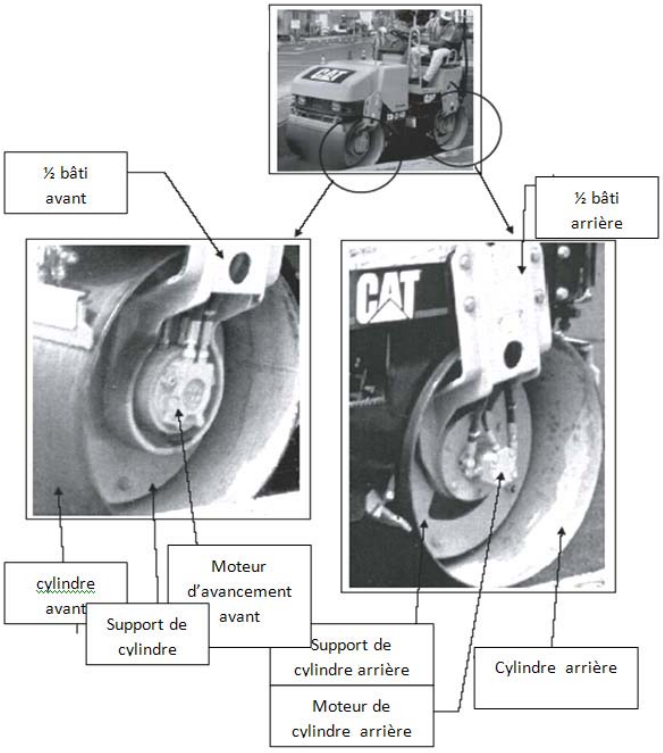
Question 6 : *Déterminer le vecteur vitesse* $\overrightarrow{V_{G_3 \in 3/1}}$.

Question 7 : *En déduire le vecteur accélération* $\overrightarrow{\Gamma_{G_3 \in 3/1}}$.

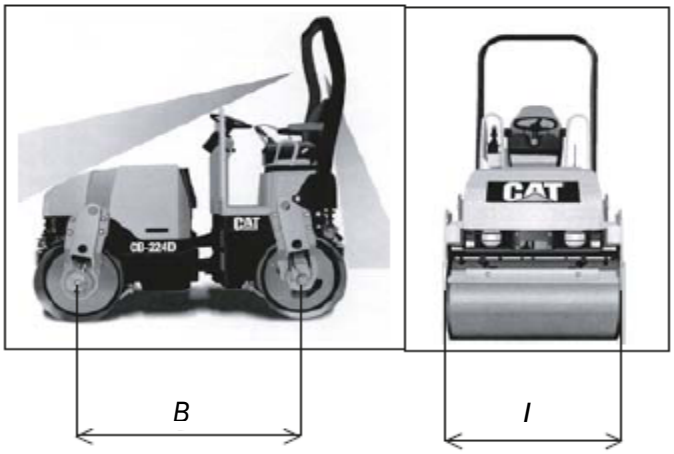
Exercice 3 : COMPACTEUR

Le compacteur étudié (Caterpillar, modèle CB-214D) est présenté sur les figures ci-dessous avec ses caractéristiques externes principales.

Ce compacteur vibrant est destiné aux petits travaux de compactage. Pour ce type d'engin, le compactage résulte plus des chocs à fréquence élevée qu'exerce chaque cylindre sur le sol plutôt que de la masse du compacteur.



Caractéristiques techniques		
Vitesse d'avancement	V	0 à 6,5 km.h^{-1}
Puissance moteur thermique	P_m	22,5 kW
Largeur des cylindres	l	1000 mm
Diamètre de chaque cylindre	D	700 mm
Empattement	B	1730 mm
Masse totale	M_t	2490 kg
Modes de compactage		Vibration sur cylindre avant ou sur les deux
Fréquence de vibration	f	60 Hz

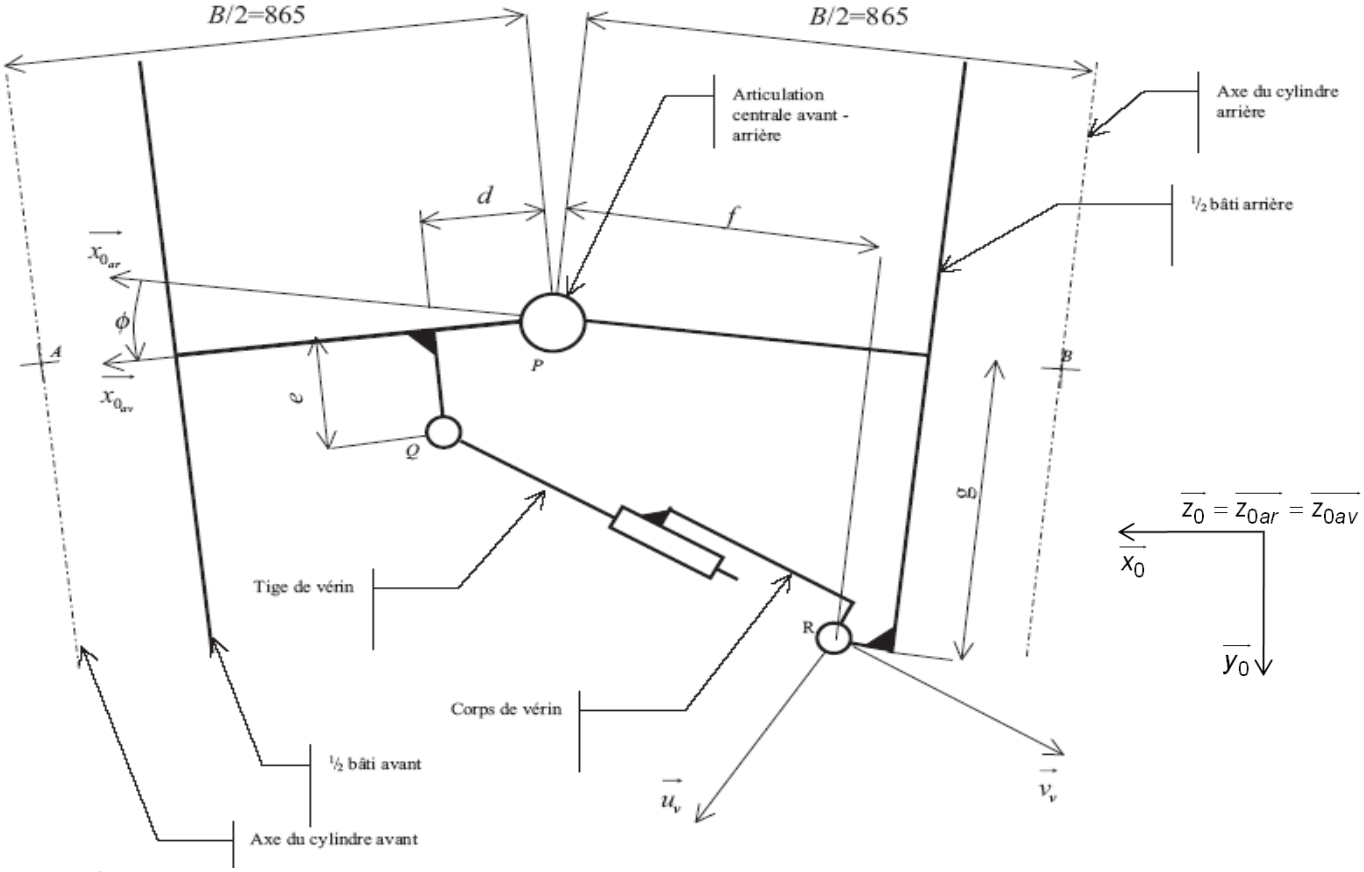


En fonctionnement normal le compacteur réalise tout type de trajectoire.

Les solutions techniques qui ont été choisies lors de sa conception doivent donc permettre de répondre à la fonction *FC3 : changer la direction du véhicule*.
Le choix effectué ici est une articulation entre la partie avant et la partie arrière commandée par un vérin hydraulique. (Voir schéma cinématique du système d'orientation des cylindres)

Il s'agit de traiter du problème d'orientation des deux demi-bâtis (et donc des cylindres) lorsque le compacteur se déplace en courbe.

Objectif : déterminer la course minimale c du vérin d'articulation qui permet à Ø (angle entre l'axe du cylindre avant et l'axe du cylindre arrière) d'être compris entre -32° et + 32° (virage vers la droite ou vers la gauche)



Données :

Le ½ bati arrière est considéré comme fixe.

$\phi = (\overrightarrow{x_{0_{ar}}}, \overrightarrow{x_{0_{av}}})$ $\psi = (\overrightarrow{x_{0_{ar}}}, \overrightarrow{u_v})$ $\overrightarrow{QR} = k(t) \cdot \overrightarrow{v_v}$

$d = 110\ mm$ $e = 120\ mm$ $f = 320\ mm$ $g = 430\ mm$

Question 1 : *Repasser en couleur les différents solides sur le schéma cinématique.*

Question 2 : *Dessiner le graphe des liaisons de ce système.*

Question 3 : *Donner le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie du système d'orientation des cylindres.*

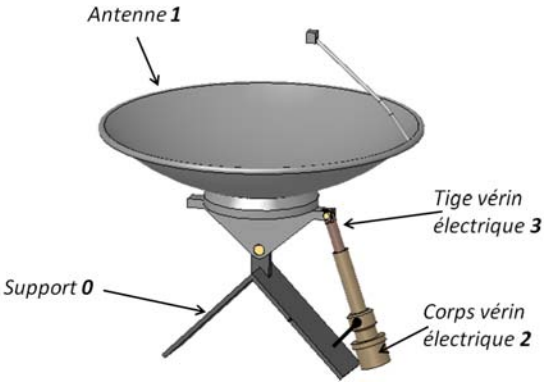
Question 4 : *Déterminer, à l'aide d'une fermeture géométrique, la loi entrée-sortie en position* $k = f(\phi)$ *du système d'orientation des cylindres.*

Question 5 : *En déduire la course minimale c du vérin d'articulation permettant d'obtenir le comportement souhaité du compacteur en virage.*

Exercice 4 : SYSTÈME D'ORIENTATION D'ANTENNE

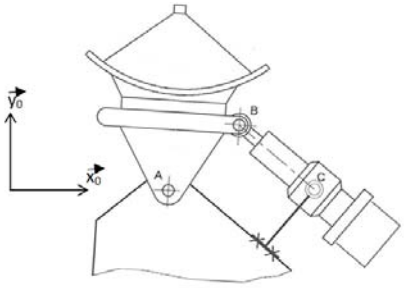
Le système d'orientation d'antenne ci-contre permet, grâce à une télécommande, de régler à distance l'orientation de sa parabole afin d'optimiser la réception des chaines de télévision.

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



Objectif : déterminer la durée d'alimentation en énergie électrique du système d'orientation pour un changement de position de l'antenne donné.

Une représentation 2D du système d'orientation d'antenne est donnée ci-dessous.



Données :

$\overrightarrow{AC} = L_0.\vec{X}_0$

$\overrightarrow{AB} = L_1 \cdot \overrightarrow{x_1}$

$\alpha_1(t)$: paramètre de mouvement de l'antenne **1** par rapport au support **0**.

$\alpha_2(t)$: paramètre de mouvement du corps **2** par rapport au support **0**.

$d(t)$: paramètre de mouvement de la tige **3** par rapport au corps **2**.

Question 1 : *Réaliser, en s'inspirant de la figure ci-dessus, le schéma cinématique du système d'orientation d'antenne dans le plan* $(O, \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0})$. *Paramétrer ce schéma cinématique.*

Question 2 : *Donner le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie du système.*

Question 3 : *Déterminer, à l'aide d'une fermeture géométrique, la loi entrée-sortie en position* $d = f(\alpha_1)$ *du système d'orientation d'antenne.*

Le vérin électrique utilisé est constitué :
- d'un moteur électrique ;
- d'un réducteur à engrenage (rapport de réduction $k = \frac{1}{5}$) ;
- d'un dispositif de transformation de mouvement de type vis-écrou (pas $p = 2$).

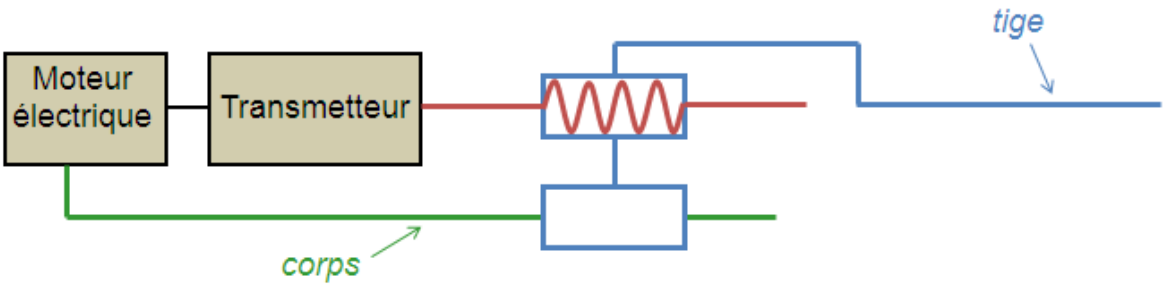
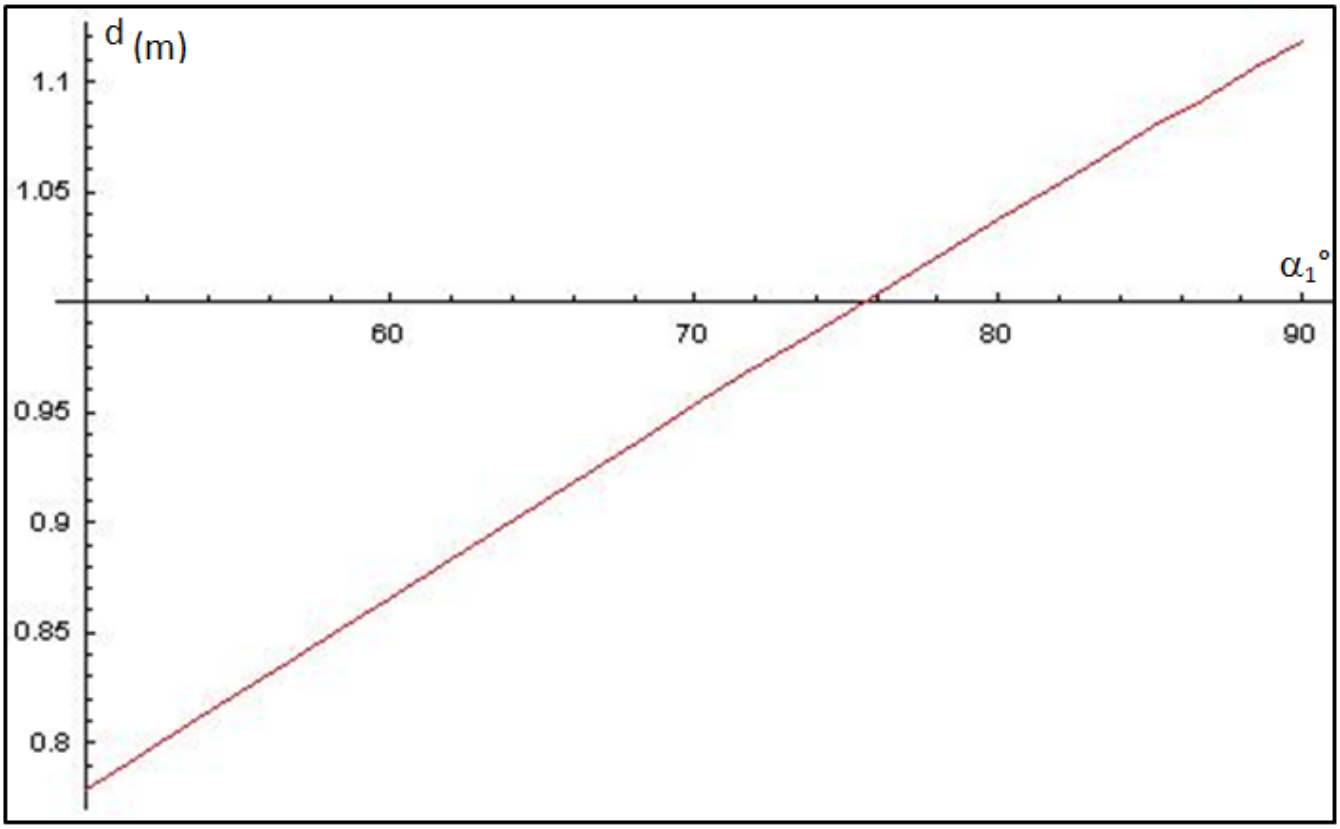


Schéma technologique du vérin électrique

On souhaite faire passer l'antenne **1** d'une position initiale ($\alpha_1 = 58°$) à une position finale ($\alpha_1 = 82°$).

Question 4 : *Déterminer, à l'aide de la courbe de la loi entrée-sortie donnée ci-dessous, la durée d'alimentation du vérin électrique permettant ce changement de position. On supposera que le moteur électrique tourne à la vitesse constante de 6000 tr/min.*