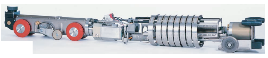
TD 4



Robot de dépose de fibres optiques

Mines Ponts – PSI – 2004

Savoirs et compétences :

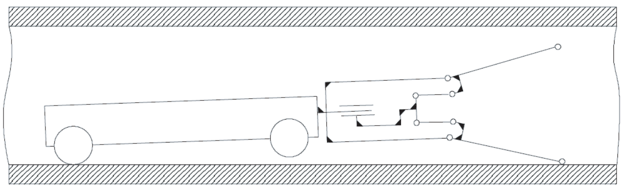
- ❐ *Mod2.C18.SF1 : Déterminer l'énergie cinétique d'un solide, ou d'un ensemble de solides, dans son mouvement par rapport à un autre solide.*
- ❐ *Res1.C1.SF1 : Proposer une démarche permettant la détermination de la loi de mouvement.*

Présentation

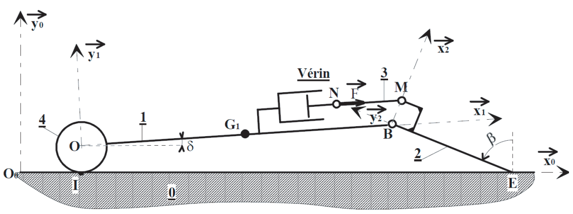
L'objet de cette étude est un robot permettant la pose d'arceaux métalliques pour l'installation de réseaux souterrains de télécommunication par fibres optiques.

Objectif Enfin des mouvements des bras, on doit avoir $\delta = 14°$ et $\dot{\delta} \leq 50°.s^{-1}$.

De façon à pouvoir dérouler les arceaux métalliques, le chariot est centré dans la canalisation à l'aide de quatre bras actionnés par un vérin hydraulique.



Afin de valider le choix du vérin, et donc sa puissance, il faut déterminer l'action F du vérin qui permettra au robot de se positionner correctement dans la canalisation. À l'instant où un anneau métallique doit être installé, les roues du train arrière sont bloquées par rapport au chariot. Sous l'effet d'un vérin, les bras inférieurs vont soulever le robot qui va pivoter sur son train arrière. La fin du positionnement sera assurée lorsque les roulettes des bras supérieurs viendront en contact avec la paroi de la canalisation. À un instant t, le système est modélisé selon le schéma ci-dessous :



Hypothèses

L'étude dynamique est à faire dans le plan de symétrie longitudinale du robot.

Le robot est modélisé par le schéma ci-dessus. Il comprend :

- une tige **1** de longueur $OB = L_1$, de section négligeable, de masse m_1, et de centre d'inertie G_1, tel que $\overrightarrow{OG_1} = \frac{L_1}{2}\overrightarrow{x_1}$;
- une roue 4, de centre O, de rayon $R = 0{,}07\,\text{m}$, de masse négligeable, qui correspond au train arrière. Cette roue est en liaison encastrement avec **1** ;
- un bras **2** constitué de deux éléments BE et BM tels que $\overrightarrow{BE} = -a\,\overrightarrow{y_2}$ et $\overrightarrow{BM} = b\,\overrightarrow{x_2}$, de section et de masse négligeables ;
- une biellette **3** (NM) de masse négligeable et dont la direction au cours du mouvement est sensiblement celle de la tige 1 ;
- un vérin hydraulique de masse négligeable.

En I, le contact entre la roue **4** et la paroi **0** se fait par roulement sans glissement.

En E, le contact entre le bras **2** et la paroi **0** se fait sans frottement.

L'action $\overrightarrow{F}$ du vérin sur la biellette $3a$, à chaque instant, pour direction $\overrightarrow{x_1}$:

$\overrightarrow{F} = F\overrightarrow{x_1}$.

Repères et paramétrage

- $R_0\left(O_0; \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0}\right)$, repère associée à la canalisation O et supposé galiléen.
- $R_1\left(O; \overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_1}\right)$, repère associé à la tige 1.
- $R_2\left(O; \overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{y_2}, \overrightarrow{z_2}\right)$, repère associé au bras 2.
- $\delta = \left(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_1}\right) = \left(\overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{y_1}\right)$.
- $\beta = \left(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_2}\right) = \left(\overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{y_2}\right)$.

Cahier des charges

On désire avoir en fin de mouvement des bras, correspondant à $\delta = 14°$, une vitesse $\dot{\delta}$ inférieur à $50°/s$

Modélisation dynamique

Question 1 *Donner l'expression de l'énergie cinétique galiléenne de l'ensemble $\Sigma = \{1+2+3+4\}$.*

Question 2 *Donner la puissance galiléenne des actions mécaniques extérieures agissant sur Σ.*

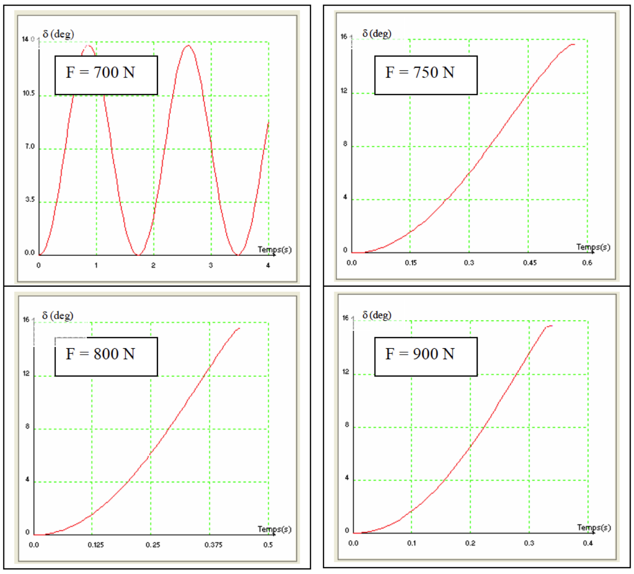
Question 3 *Donner la puissance intérieure à Σ.*

Question 4 *Appliquer le théorème de l'énergie cinétique à Σ pour déterminer l'équation de mouvement don-*

nant une relation entre F, δ, et β.

Des simulations pour différentes valeurs de F donnent les diagrammes (figure suivante) représentant l'évolution de δ en fonction du temps.

Question 5 *Pour chaque diagramme, analyser le comportement du robot. Déterminer les vitesses $\dot{\delta}$ en fin de course. En déduire les valeurs de F respectant le cahier des charges.*



1. $E_c = \frac{1}{2}\, m_1\, \dot{\delta}^2 \left(R^2 + \frac{L_1^2}{3} + R\, L_1 \sin\delta\right)$.
2. $\mathscr{P}(\text{ext} \to \Sigma/0) = -m_1\, g\, \frac{L_1}{2} \dot{\delta}\, \cos\delta$.
3. $\mathscr{P}_{\text{int}}(\Sigma) = -F\; b\; \left(\dot{\beta} - \dot{\delta}\right) \sin(\beta - \delta)$
4. $m_1\;\; \dot{\delta} \left[\ddot{\delta} \left(R^2 + \frac{L_1^2}{3} + R\, L_1 \sin\delta\right) + \frac{1}{2}\dot{\delta}^2\, R\, L_1 \cos\delta\right] = -F\; b\; \left(\dot{\beta} - \dot{\delta}\right) \sin(\beta - \delta) - m_1\, g\, \frac{L_1}{2} \dot{\delta}\, \cos\delta$.