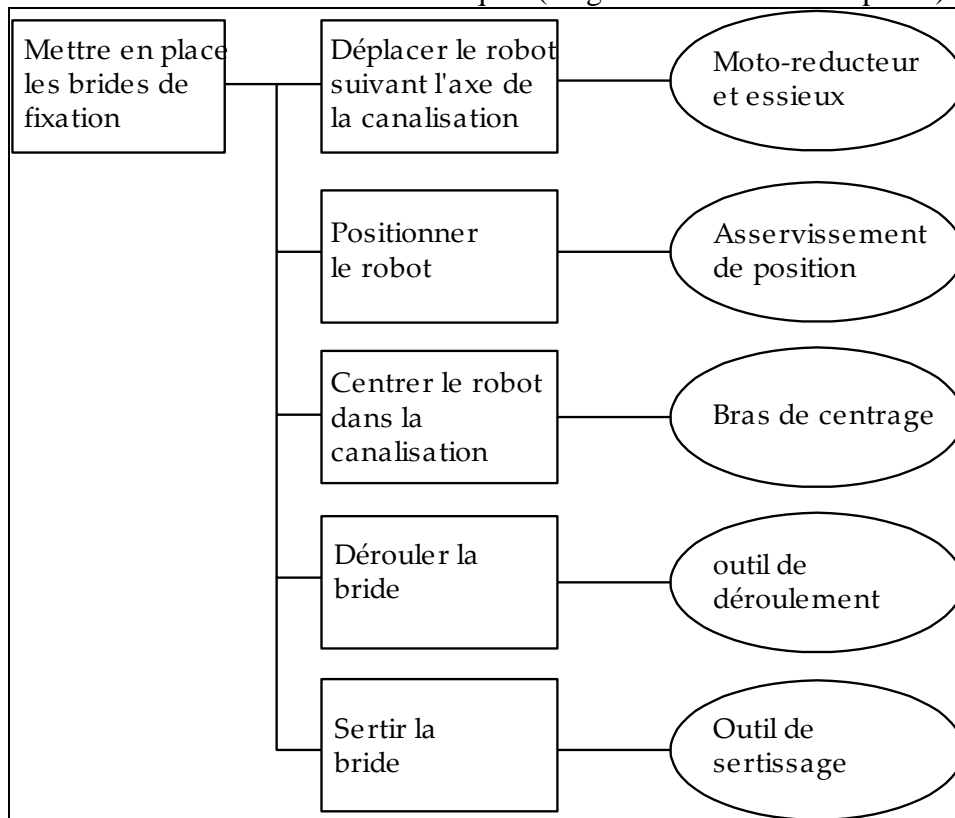


# Robot de pose de fibres optiques

## 1 - Analyse fonctionnelle

R1/ Identification des fonctions techniques (diagramme FAST à compléter)



## 2 - Vérification des performances

### 21. Motorisation du robot

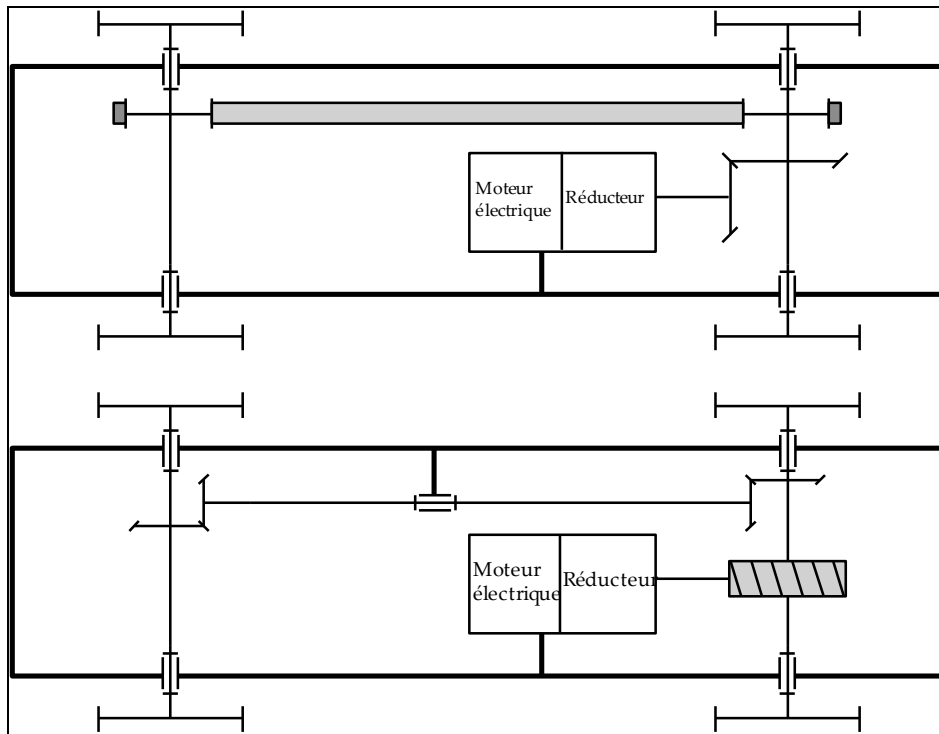
R2/ Elaboration d'un schéma cinématique :

Bilan des conditions à respecter :

- Les deux essieux doivent tourner dans le même sens et avec des vitesses identiques,
- L'axe du moteur est orthogonal aux axes des essieux. Un dispositif de renvoi d'angle devra être incorporé,
- L'actionneur étant un moteur électrique, il sera nécessaire d'adapter le mouvement par la mise en place d'un réducteur,
- L'encombrement devra être réduit. Dans une première approche, on peut considérer que les pièces devront contenir dans un cylindre de diamètre égal à la largeur du robot matérialisé sur le document réponse.

Solution 1 : Un engrenage conique permet d'assurer le renvoi d'angle sur l'essieu de droite. La transmission du mouvement à l'autre essieu se fait par l'utilisation d'un système à courroie constitué de deux poulies de même diamètre. Un réducteur sera disposé en sortie du moteur électrique. Pour des raisons d'encombrement, un train épicycloïdal assurant un grand rapport de réduction pour un encombrement minimum pourra être utilisé.

Solution 2 : Le renvoi d'angle est assuré par un système roue et vis sans fin. La mise en place d'un réducteur en sortie du moteur pourra toujours être envisagée même si la présence du système roue et vis sans fin assure en partie l'adaptation de mouvement. Un système d'engrenages coniques est utilisé afin de transmettre le mouvement entre les deux essieux.



Avantages et inconvénients du choix architectural imposé par le constructeur :

Placer le moteur suivant l'axe longitudinal du robot permet de faciliter son implantation ainsi que celle d'un réducteur placé en aval. Il faut par contre prévoir un renvoi d'angle.

Réaliser un véhicule à quatre roues motrices permet de limiter le risque de patinage du robot dans la canalisation. L'inconvénient est de forcer les roues à déraiper en virage (usure des roues). Le robot aura aussi une nette tendance à aller tout droit.

## 22. Direction du robot

### R3/ Comportement du robot dans la canalisation

Le contact entre le robot et la canalisation est modélisé par deux contacts ponctuels avec frottement en A et B.

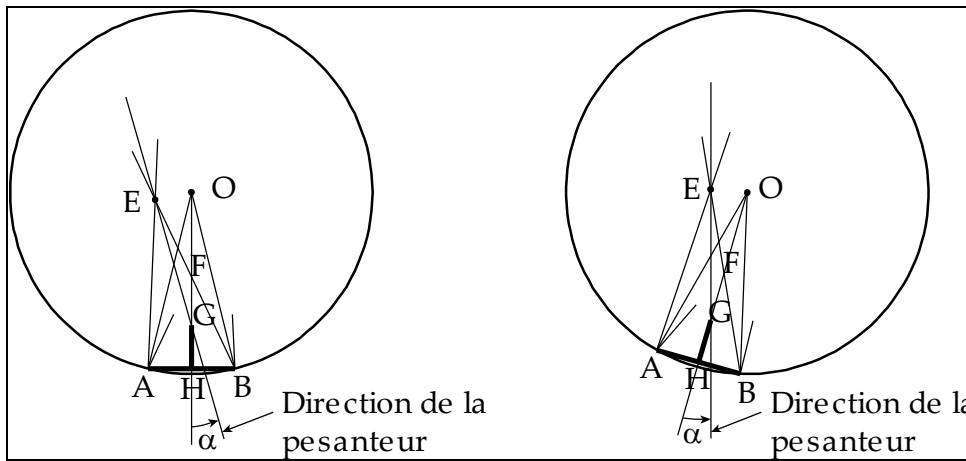
Les normales au contact ont pour vecteur directeur respectif  $\vec{AO}$  et  $\vec{BO}$

D'autre part, le robot est soumis aux actions de la pesanteur (centre de gravité G).

Le système est donc soumis à trois glisseurs. Les conditions nécessaires d'équilibre imposent la concurrence de ces trois glisseurs en un même point et leur somme nulle.

En A et B, on trace les cônes de frottement. La zone d'intersection des cônes représente la zone de concours possible des glisseurs.

Afin de déterminer la configuration limite, on se place à la limite du glissement. Les glisseurs associés aux contacts ponctuels appartiennent à l'enveloppe de leur cône respectif. D'autre part, il est à noter que les actions tangentielles sont dirigées dans le même sens.



Le point obtenu (voir figure) représente le point de concours des glisseurs dans la configuration limite. Il ne reste plus qu'à mesurer l'angle entre le robot et la verticale.

$$\alpha_{\max i} = 16^\circ$$

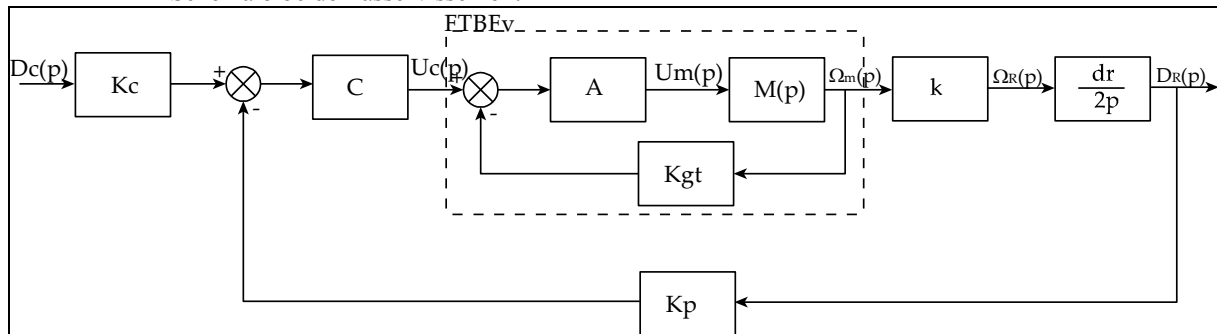
Le cahier des charges est respecté. L'inclinaison reste inférieure à 20°.

- Lorsque la distance HG croît, l'angle  $\alpha_{\max i}$  augmente dans la mesure où  $HG \leq HF$  (avec F le point d'intersection de (BE) et (HO)). Au-delà, l'action de la pesanteur risque de faire basculer le chariot, l'angle  $\alpha_{\max i}$  diminue.
- Lorsque l'angle  $\varphi$  du cône de frottement croît, l'angle d'inclinaison du chariot  $\alpha_{\max i}$  augmente.

### 23. Positionnement des arceaux dans la canalisation

#### R4/ Réglage de l'asservissement

- Schéma bloc de l'asservissement



- Inertie équivalente  $J_{eq}$ :

Principe : Il s'agit de remplacer le système réel par un système équivalent (au sens de l'énergie) constitué d'un arbre moteur d'inertie équivalente  $J_{eq}$  sur lequel agit un couple résistant équivalent  $C_{Req}$ . Les caractéristiques du moteur ne changent pas : la cinématique et le couple moteur identique.

Energie cinétique de la chaîne de transmission de puissance par rapport à un repère fixe lié à la canalisation :

$$E_{c_{\text{totale}}} = E_{c_{\text{rotor du moteur (rotation)}}} + \underbrace{E_{c_{\text{pièces assurant la réduction (rotation)}}}_{\text{négligeable par hypothèse de l'énoncé}} + E_{c_{\text{robot}}} = \frac{1}{2} J_m \omega_m^2 + \frac{1}{2} M_R v^2 = \frac{1}{2} \underbrace{\left( J_m + M_R \left( \frac{d_R}{2} k \right)^2 \right)}_{J_{eq}} \omega_m^2$$

On en déduit :

$$J_{eq} = \left( J_m + M_R \left( \frac{d_R}{2} k \right)^2 \right)$$

$$\text{AN : } J_{eq} = \left( 5.10^{-3} + 25 \left( \frac{0.14}{2} \times 0.2 \right)^2 \right) \approx 1 \times 10^{-2} \text{ kg.m}^2$$

- Réglage de la boucle d'asservissement en vitesse :

Fonction de transfert de l'asservissement en vitesse :

$$FTBF_v(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_c(p)} = \frac{7A}{7K_{gt}A + 1 + 30J_{eq}p + 0.05J_{eq}p^2}$$

La fonction de transfert en boucle fermée est du deuxième ordre. Sa forme canonique s'écrit de la manière suivante:

$$\frac{\Omega_m(p)}{U_c(p)} = \frac{7A / 7K_{gt}A + 1}{1 + \frac{30J_{eq}}{7K_{gt}A + 1}p + \frac{0.05J_{eq}}{7K_{gt}A + 1}p^2} = \frac{K}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0}p + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$$

avec  $\omega_0 = \sqrt{\frac{7K_{gt}A + 1}{0.05J_{eq}}}$  et  $\xi = \frac{\omega_0}{2} \frac{30J_{eq}}{7K_{gt}A + 1} = 15 \sqrt{\frac{J_{eq}}{(7K_{gt}A + 1) \times 0.05}}$

La rapidité minimale est obtenue pour un coefficient d'amortissement  $\xi \approx 0.7$  (le premier dépassement est alors de 1.05 fois la valeur à convergence).

Pour cette valeur de coefficient d'amortissement, on détermine le coefficient d'amplification A.

$$A = \frac{225J_{eq} - 0.05\xi^2}{(7K_{gt}\xi^2) \times 0.05}$$

$$AN : A = \frac{225 \times 1.10^{-2} - 0.05 \times 0.5}{7 \times 1 \times 0.5 \times 0.05} = \frac{2.225}{0.175} = 12.7$$

- Réglage de la boucle d'asservissement en position.

On se propose de régler l'asservissement en position à l'aide d'un correcteur proportionnel de gain C afin de respecter une marge de phase égale à 50°.

Remarque : La marge de phase se mesure sur la réponse fréquentielle en boucle ouverte. Il s'agit d'évaluer la distance entre la phase de la FTBO et  $-\pi$  pour une pulsation de coupure  $\omega_c$  définie par ( $G_{dB}(\omega_c) = 0$ ). L'utilisation d'un correcteur proportionnel agit sur la courbe de gain (translation verticale de  $20 \log(C)$ ) sans modifier la courbe de phase.

La fonction de transfert en boucle ouverte non corrigée (C=1) de l'asservissement en position est prise égale à :

$$H(p) = \frac{1}{p(1 + 7 \cdot 10^{-3}p + 2.5 \cdot 10^{-5}p^2)} = \frac{1}{p \left( 1 + \frac{2\xi}{\omega_0}p + \frac{p^2}{\omega_0^2} \right)} \text{ avec } \omega_0 = 200 \text{ rad/s et } \xi = 0.7$$

$$\text{Gain en décibels de la FTBO : } G_{dB}(\omega) = -20 \log(\omega) - 20 \log \left( \left| \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right) + j 2\xi \frac{\omega}{\omega_0} \right| \right)$$

$$\text{Phase de la FTBO : } \varphi(\omega) = \arg(H(j\omega)) = \underbrace{-\arg(j\omega)}_{-90^\circ} - \arg \left( \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right) + j \frac{2\xi}{\omega_0} \omega \right)$$

$$M\varphi = 180^\circ + \varphi(\omega_c) = -90^\circ - \arg \left( \left( 1 - \frac{\omega_c^2}{\omega_0^2} \right) + j \frac{2\xi}{\omega_0} \omega_c \right) = 50^\circ$$

$\varphi(\omega_c)$  est égale à  $-130^\circ$ . La présence d'un intégrateur dans le système induit un déphasage de  $-90^\circ$  ce qui conduit à une phase de  $-40^\circ$  pour le système du second ordre placé en série. La réponse fréquentielle d'un système du second ordre fournie en annexe permet de déterminer la pulsation de coupure, soit la valeur de

$\frac{\omega_c}{\omega_0}$  pour une phase de  $-40^\circ$  et un coefficient d'amortissement de 0.7.

$$\text{AN : } \frac{\omega_c}{\omega_0} = 0,45, \text{ soit } \omega_c = 90 \text{ rad/s}$$

Le gain non corrigé pour  $\omega = \omega_c$  est de :  $-20\log(90) - \underbrace{20\log\left(\left|1 - (0,45)^2 + j2\xi \times 0,45\right|\right)}_{\approx 0\text{dB, valeur lue sur la réponse fréquentielle du } 2^{\text{ème}} \text{ ordre fournie}}$

Afin d'obtenir un gain corrigé nul pour  $\omega = \omega_c$ , il s'agit de translater la courbe de gain de  $20\log(90)$ , soit de choisir un coefficient du correcteur proportionnel égal à :  $C = 90$ .

Cette valeur de coefficient permet

- D'assurer la stabilité
- D'augmenter la précision pour une entrée en rampe (présence d'un intégrateur dans la chaîne d'action)
- D'augmenter la bande passante

## 24. Centrage du robot

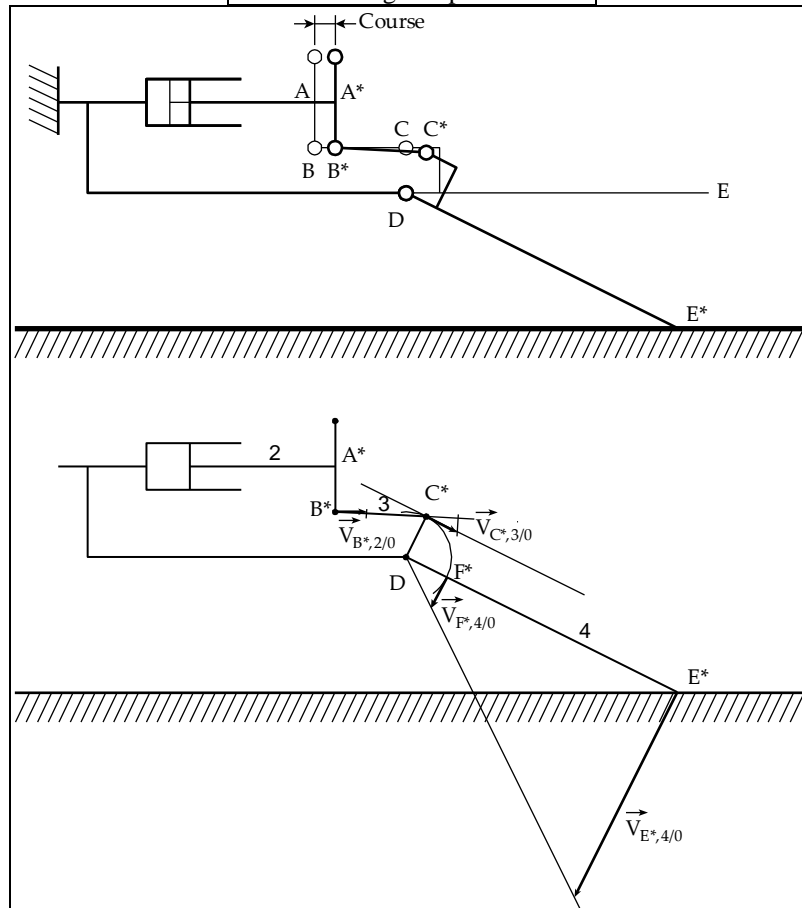
### R5/ Centrage du robot dans la canalisation

- Course de la tige du vérin de commande des bras de centrage :

Il s'agit de redessiner le robot dans une autre configuration (voir figure à l'échelle 0.1).

La course de la tige du piston est mesurée sur l'épure en tenant compte de l'échelle :

Course de la tige du piston = 3 cm



- Vitesse d'accostage des bras inférieurs avec la canalisation.

Composition des vitesses en B\* :  $\vec{V}_{B^*,3/0} = \vec{V}_{B^*,3/2} + \vec{V}_{B^*,2/0}$

Or B\* est le CIR entre 2 et 3 ( B\* appartient à l'axe de la liaison pivot entre 2 et 3) donc  $\vec{V}_{B^*,2/3} = \vec{0}$  .

Equiprojectivité du champ des vecteurs vitesses de la pièce 3/0 :  $\vec{V}_{B^*,3/0} \overrightarrow{B^*C^*} = \vec{V}_{C^*,3/0} \overrightarrow{B^*C^*}$

Composition des vitesses en C\* :  $\vec{V}_{C^*,4/0} = \vec{V}_{C^*,4/2} + \vec{V}_{C^*,2/0}$  . C\* est le CIR entre 4 et 2 donc  $\vec{V}_{C^*,4/2} = \vec{0}$  .

D est le CIR entre 4 et 0, le support de  $\vec{V}_{C^*,4/0}$  est donc orthogonal à (DC\*). On en déduit la définition complète de  $\vec{V}_{C^*,2/0}$ .

Le support de  $\vec{V}_{E^*,4/0}$  est orthogonal à (DE\*). La définition complète de  $\vec{V}_{E^*,4/0}$  est alors obtenue par linéarité du champ des vecteurs vitesses par rapport au CIR D du mouvement de 4/0 (ou éventuellement par equiprojectivité du champ des vecteurs vitesses de la pièce 4 entre C\* et E\*).

$$\|\vec{V}_{E^*,4/0}\| = 0.10 \text{ m/s}$$

**R6/ Comportement dynamique du robot**

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble mobile par rapport à un repère lié à la canalisation (repère considéré comme galiléen) :

$$\frac{dT_{\Sigma/R}}{dt} = P_{\Sigma}^{\text{int}} + P_{\text{ext} \rightarrow \Sigma/R}$$

- Energie cinétique de l'ensemble mobile  $\Sigma$ : seule la masse de la tige 1 est prise en compte,

$$2T_{\Sigma/0} = 2T_{1/0} = \{V_{1/0}\} \otimes \{C_{1/0}\} = \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{\Omega_{1/0}} \\ \overrightarrow{V_{G_1,1/0}} \end{array} \right\}_{G_1} \otimes \left\{ \begin{array}{c} m_1 \overrightarrow{V_{G_1,1/0}} \\ \overrightarrow{\sigma_{G_1,1/0}} \end{array} \right\}_{G_1} = m_1 \left( \overrightarrow{V_{G_1,1/0}} \right)^2 + \overrightarrow{\sigma_{G_1,1/0}} \cdot \overrightarrow{\Omega_{1/0}}$$

Vecteur taux de rotation de 1 par rapport à 0 :  $\overrightarrow{\Omega_{1/0}} = \dot{\delta} \overrightarrow{z_0}$

Vitesse du point  $G_1$  appartenant à 1 par rapport à 0 :

$$\overrightarrow{V_{G_1,1/0}} = \overrightarrow{V_{I,1/0}} + \overrightarrow{\Omega_{1/0}} \wedge \overrightarrow{IG_1} = \vec{0} + \dot{\delta} \overrightarrow{z_0} \wedge \left( R \overrightarrow{y_0} + \frac{L_1}{2} \overrightarrow{x_1} \right) = -R \dot{\delta} \overrightarrow{x_0} + \frac{L_1}{2} \dot{\delta} \overrightarrow{y_1}$$

Caractéristiques d'inertie de la tige 1 :

La tige 1 supposée unidimensionnelle présente naturellement des symétries matérielles suivant des plans contenant  $\overrightarrow{x_1}$ . Les produits d'inertie sont donc nuls. Le moment d'inertie en  $G_1$  suivant  $\overrightarrow{z_0}$  est

$$C_1 = \frac{m_1 L_1^2}{12}$$

Moment cinétique en  $G_1$  de 1 par rapport à 0 :

$$\overrightarrow{\sigma_{G_1,1/0}} = [I_{G_1,1}] \overrightarrow{\Omega_{1/0}} = \frac{m_1 L_1^2}{12} \dot{\delta} \overrightarrow{z_0}$$

On en déduit  $T_{\Sigma/0}$  :

$$T_{\Sigma/0} = T_{1/0} = \frac{1}{2} m_1 \dot{\delta}^2 \left( R^2 + \frac{L_1^2}{4} + RL_1 \sin(\delta) \right) + \frac{m_1 L_1^2}{12} \dot{\delta}^2 = \frac{1}{2} m_1 \dot{\delta}^2 \left( R^2 + \frac{L_1^2}{3} + RL_1 \sin(\delta) \right)$$

- Actions mécaniques extérieures s'appliquant sur l'ensemble mobile  $\Sigma$

$$P_{\text{ext} \rightarrow \Sigma/0} = P_{\text{pesanteur} \rightarrow \Sigma/0} + P_{\text{contacten E} \rightarrow \Sigma/0} + P_{\text{contacten I} \rightarrow \Sigma/0}$$

-Actions de la pesanteur :

$$P_{\text{pesanteur} \rightarrow \Sigma/0} = P_{\text{pes} \rightarrow 1/0} = \{V_{1/0}\} \otimes \{T_{\text{pes} \rightarrow 1}\} = m_1 \overrightarrow{g} \cdot \overrightarrow{V_{G_1,1/0}} = -m_1 g \overrightarrow{V_{G_1,1/0}} \cdot \overrightarrow{y_0} = -m_1 g \frac{L_1}{2} \dot{\delta} \cos(\delta)$$

-Actions de contact en I entre 0 et 4 : le contact se fait par roulement sans glissement

$$P_{\text{contacten I} \rightarrow \Sigma/0} = \{V_{4/0}\} \otimes \{T_{0 \rightarrow 4}\} = \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{\Omega_{4/0}} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_I \otimes \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{R_{0 \rightarrow 4}} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_I = 0$$

-Actions de contact en E entre 0 et 2 : le contact se fait sans frottement,

$$P_{\text{contacten E} \rightarrow \Sigma/0} = 0$$

- Actions mécaniques intérieures s'appliquant sur l'ensemble mobile  $\Sigma$

-Les liaisons sont considérées comme parfaites

$$P_{\text{liaisons}}^{\text{int}} = 0$$

-Actions du vérin entre 1 et 3 :

$$P_{\text{vérin}}^{\text{int}} = \{V_{3/1}\} \otimes \{T_{1 \rightarrow 3}\} = \overrightarrow{F} \cdot \overrightarrow{V_{N,3/1}} = F \overrightarrow{V_{N,3/1}} \cdot \overrightarrow{x_1}$$

Vitesse en N de 3 par rapport à 1 en projection suivant  $\overrightarrow{x_1}$  :

En appliquant la relation d'équiprojectivité à la pièce 1, on obtient :

$$\overrightarrow{V_{N,3/1}} \cdot \overrightarrow{NM} = \overrightarrow{V_{M,3/1}} \cdot \overrightarrow{NM} ,$$

En considérant que le vecteur  $\overrightarrow{NM}$  est porté par  $\overrightarrow{x_1}$  (hypothèse faite dans l'énoncé), on obtient :

$$\overrightarrow{V_{N,3/1}} \cdot \overrightarrow{x_1} = \overrightarrow{V_{M,3/1}} \cdot \overrightarrow{x_1} = \left( \underbrace{\overrightarrow{V_{M,3/2}}}_{\vec{0}} + \underbrace{\overrightarrow{V_{M,2/1}}}_{\overrightarrow{V_{B,2/1} + \Omega_{2/1} \wedge \overrightarrow{BM}}} \right) \cdot \overrightarrow{x_1} = b(\dot{\beta} - \dot{\delta}) \overrightarrow{y_2} \cdot \overrightarrow{x_1} = -b(\dot{\beta} - \dot{\delta}) \sin(\beta - \delta)$$

On en déduit :

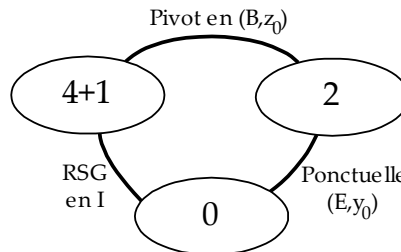
$$P_{\text{vérin}}^{\text{int}} = -Fb(\dot{\beta} - \dot{\delta}) \sin(\beta - \delta)$$

- Relation entre l'effort F du vérin sur les bras et les paramètres de mouvement  $\delta$  et  $\beta$  :

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} m_1 \dot{\delta}^2 \left( R^2 + \frac{L_1^2}{3} + RL_1 \sin(\delta) \right) \right) = -Fb(\dot{\beta} - \dot{\delta}) \sin(\beta - \delta) - m_1 g \frac{L_1}{2} \dot{\delta} \cos(\delta)$$

$$m_1 \dot{\delta} \left( \ddot{\delta} \left( R^2 + \frac{L_1^2}{3} + RL_1 \sin(\delta) \right) + \frac{1}{2} \dot{\delta}^2 RL_1 \cos(\delta) \right) = -Fb(\dot{\beta} - \dot{\delta}) \sin(\beta - \delta) - m_1 g \frac{L_1}{2} \dot{\delta} \cos(\delta)$$

- Relation complémentaire entre  $\dot{\beta}$  et  $\dot{\delta}$  (non demandée dans le sujet):



Fermeture cinématique (cf le graphe de structure précédent) :

$$\{V_{0/1-4}\} + \{V_{1-4/2}\} + \{V_{2/0}\} = \{0\}$$

On en déduit l'équation de vitesse en I :

$$\overrightarrow{V_{I,0/1-4}} + \overrightarrow{V_{I,1-4/2}} + \overrightarrow{V_{I,2/0}} = \vec{0}$$

$$\begin{aligned} \overrightarrow{V_{I,2/0}} &= \vec{0} + \omega_{21} \overrightarrow{z_0} \wedge \overrightarrow{BI} = \omega_{21} \overrightarrow{z_0} \wedge (-L_1 \overrightarrow{x_1} - R \overrightarrow{y_0}) = (R \overrightarrow{x_0} - L_1 \overrightarrow{y_1}) \omega_{21} \\ \overrightarrow{V_{I,2/0}} &= \dot{\lambda} \overrightarrow{x_0} + \dot{\beta} \overrightarrow{z_0} \wedge \overrightarrow{EI} = \dot{\lambda} \overrightarrow{x_0} + \dot{\beta} \overrightarrow{z_0} \wedge (-d \overrightarrow{x_0}) = \dot{\lambda} \overrightarrow{x_0} + d \dot{\beta} \overrightarrow{y_0} \text{ où } d = L_1 \cos(\delta) + a \sin(\beta) \end{aligned}$$

Soit :

$$\vec{0} + (L_1 \overrightarrow{y_1} - R \overrightarrow{x_0}) \omega_{21} + \dot{\lambda} \overrightarrow{x_0} + d \dot{\beta} \overrightarrow{y_0} = \vec{0}$$

D'après la fermeture en vitesses de rotation, projetée sur  $\overrightarrow{z_0}$  :  $-\dot{\delta} + \omega_{21} + \dot{\beta} = 0$

On en déduit  $\omega_{21}$ , remplacé dans l'équation vectorielle suivante de vitesse :

$$L_1 (\dot{\beta} - \dot{\delta}) \overrightarrow{y_1} + (\dot{\lambda} - R(\dot{\beta} - \dot{\delta})) \overrightarrow{x_0} + d \dot{\beta} \overrightarrow{y_0} = \vec{0}$$

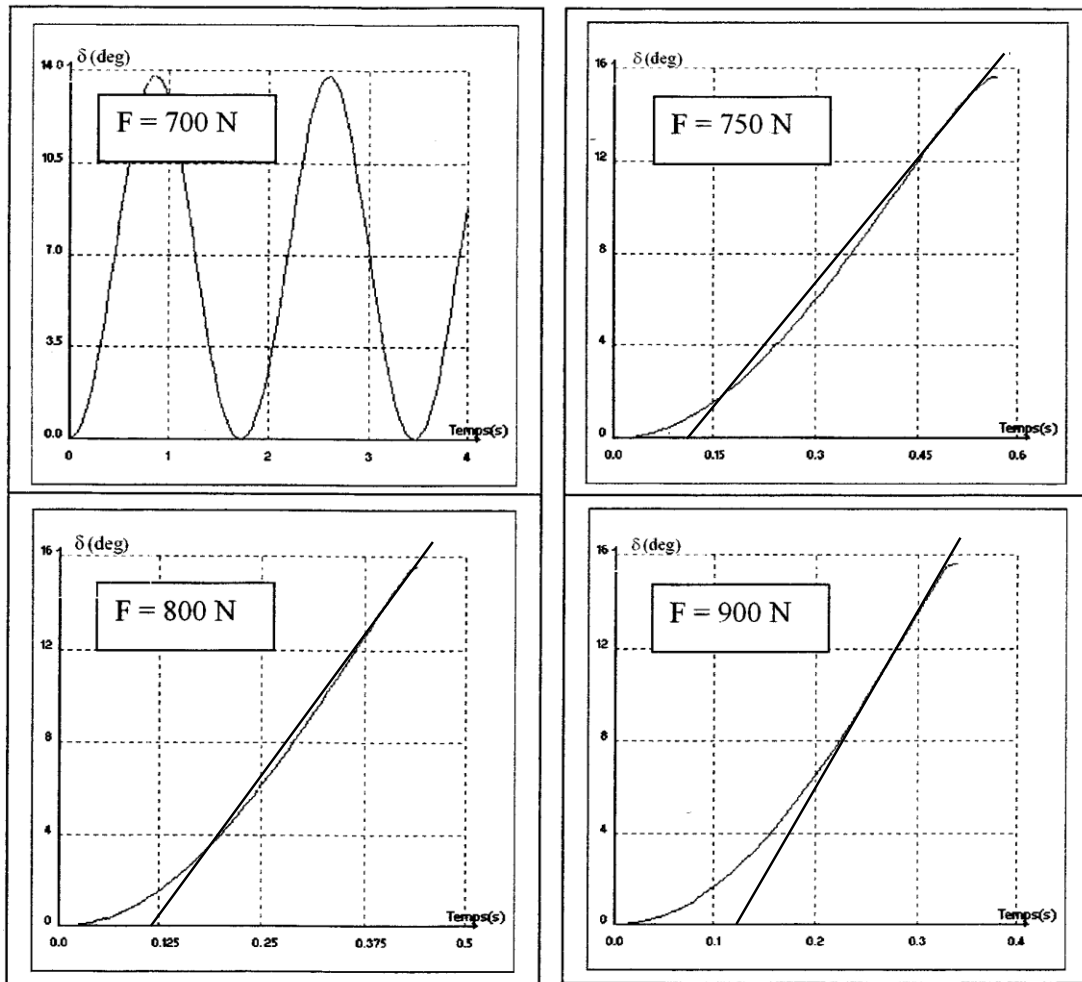
Par projection dans la base  $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$  :

$$\begin{cases} \dot{\lambda} - R(\dot{\beta} - \dot{\delta}) - L_1 (\dot{\beta} - \dot{\delta}) \sin(\delta) = 0 \\ L_1 (\dot{\beta} - \dot{\delta}) \cos(\delta) + d \dot{\beta} = 0 \end{cases}$$

La seconde équation donne une relation liant  $\dot{\beta}$  et  $\dot{\delta}$  :  $L_1 (\dot{\beta} - \dot{\delta}) \cos(\delta) + d \dot{\beta} = 0$

### R7/ Action exercée par le vérin

Le calcul est mené pour différents efforts. La figure suivante montre les tangentes tracées sur les courbes de simulation.



- $F=700\text{N}$

Le régime est fortement oscillant. Le système ne parvient pas à soulever le robot jusqu'à  $14^\circ$ . Celui-ci se comporte comme un oscillateur non amorti (le modèle est considéré sans frottement).

Cette valeur de l'effort n'est pas satisfaisante.

- $F=750\text{N}$

Le système atteint les  $14^\circ$ . La pente à l'accostage vaut environ  $37.5^\circ/\text{s}$  ce qui est raisonnable vis-à-vis du cahier des charges. Cependant, le modèle utilisé pour trouver ce résultat utilise des liaisons parfaites, sans frottement. L'effort de  $700\text{N}$  étant insuffisant avec ce modèle parfait, il est possible qu'un effort de  $750\text{N}$  devienne insuffisant en réalité.

Cette valeur est théoriquement satisfaisante mais l'écart entre modèle et réalité risque de modifier la conclusion.

- $F=800\text{N}$

Le système atteint les  $14^\circ$ . La pente à l'accostage vaut environ  $45^\circ/\text{s}$  ce qui est inférieur à la limite de  $50^\circ/\text{s}$  imposée par le cahier des charges. L'effort est 15% supérieur à la valeur minimale nécessaire pour atteindre les  $14^\circ$  ce qui semble une marge suffisante pour vaincre les frottements non pris en compte dans le modèle.

Cette valeur est satisfaisante.

- $F=950\text{N}$

Le système atteint les  $14^\circ$ . La pente à l'accostage vaut environ  $75^\circ/\text{s}$  ce qui est supérieur à la limite de  $50^\circ/\text{s}$  imposée par le cahier des charges.

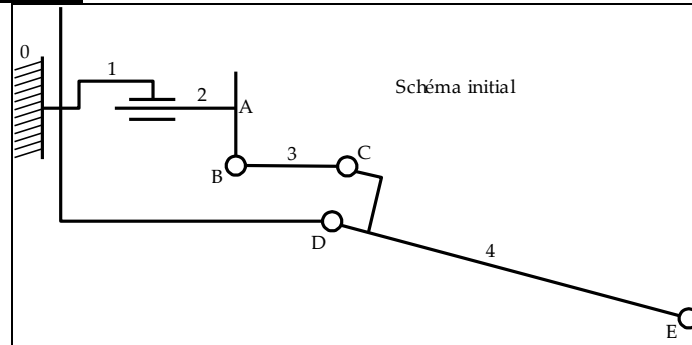
Cette valeur de l'effort n'est pas satisfaisante.

### 3 - Solutions techniques

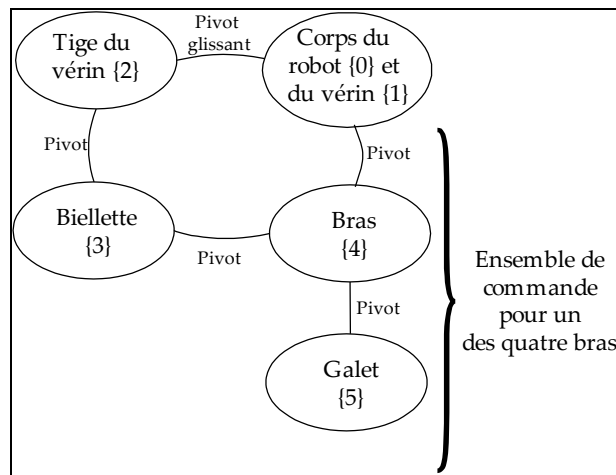
#### 31. Déploiement du bras de centrage du robot

R8/ Recherche d'une solution isostatique.

**Analyse d'un schéma initial :**



Le mécanisme est constitué de 4 bras. Le graphe des liaisons du dispositif de commande d'un bras est donné ci-dessous :



Par hypothèse, on se place dans la configuration où les galets 5 ne sont pas en contact avec la canalisation. L'analyse du graphe des liaisons montrent alors qu'ils n'appartiennent à aucune chaîne fermée de solides, ils n'ont donc aucune influence sur le degré d'hyperstatisme du système. Ils ne seront donc pas inclus dans l'étude.

Le degré d'hyperstatisme du système de commande est donné par :

$$h = -6(p-1) + N_s + m_c$$

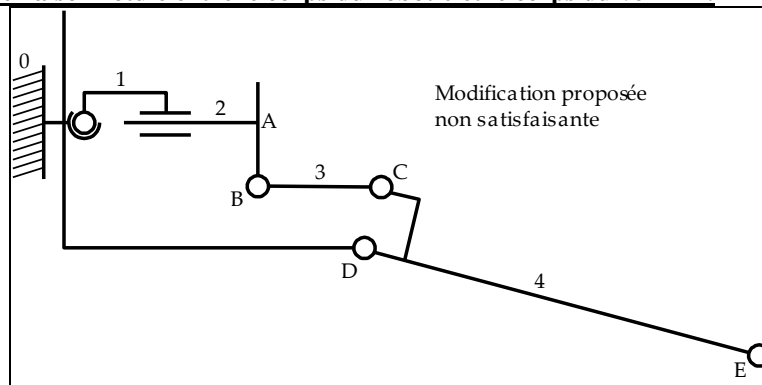
avec :

- p le nombre de solides (bâti compris) :  $p = \underbrace{2}_{\text{Corps 1 + tige 2}} + 4 \times \left( \underbrace{2}_{\text{bielle 3 + bras 4}} \right) = 10$
- $N_s$  le nombre d'inconnues d'actions mécaniques de liaisons :  $N_s = \underbrace{4}_{\text{Pivot glissant } L_{21}} + 4 \times \left( \underbrace{5 \times 3}_{\text{Pivots } L_{32} L_{43} L_{41}} \right) = 64$
- $m_c$  la mobilité cinématique :  $m_c = 1$  : la configuration du système est totalement déterminée par la position de la tige du vérin 2 par rapport au corps 1.

On en déduit le degré d'hyperstatisme h :

$$h = -6(10-1) + 64 + 1 = 11$$

**Mise en place d'une liaison rotule entre le corps du robot 0 et le corps du vérin 1 :**



L'axe de la tige du vérin doit rester centré par rapport à l'axe du corps du robot. La mise en place d'une liaison rotule entre le corps du vérin et le châssis du robot 0 ne garantit plus cette condition (une mobilité supplémentaire dans le mécanisme). La transmission de mouvement ne fonctionne plus.

**Recherche d'une solution isostatique :**

Solution 1 : Une liaison rotule est mise en place en B (ou en D), une liaison pivot glissant en C et la tige du vérin est mise en liaison glissière par rapport au corps 1 :  $h = -6(10-1) + 5 + 4 \times (5 + 4 + 3) + 1 = 0$

Solution 2 : Deux liaisons rotules sont mises en place en B et C introduisant ainsi une mobilité interne (rotation de la bielle 3 autour de son axe). La tige du vérin est mise en liaison glissière par rapport au corps 1.  $h = -6(10-1) + 5 + 4 \times (3 + 3 + 5) + 5 = 0$

