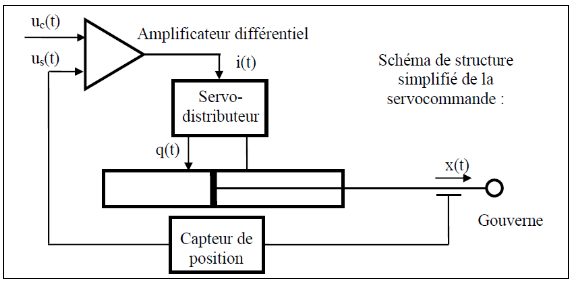
## Exercice 216 – Schéma-Blocs

On donne les équations du moteur à courant continu :

- $u(t) = e(t) + R\,i(t) + L\dfrac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$ ;
- $e(t) = K\omega(t)$ ;
- $c(t) = K\,i(t)$ ;
- $c(t) - f\omega(t) = J\dfrac{\mathrm{d}\omega(t)}{\mathrm{d}t}$.

**Question 1** *Réaliser le schéma-blocs.*

On donne le schéma de principe d'une servo-commande.




Les différentes équations temporelles qui modélisent le fonctionnement d'une servocommande sont :

- un amplificateur différentiel défini par : $u_c(t) = \dfrac{i(t)}{K_a} + u_s(t)$ ;
- débit dans le vérin dans le cas d'une hypothèse de fluide incompressible $q(t) = S\cdot\dfrac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}$ ;
- capteur de position : $u_s(t) = K_c \cdot x(t)$ ;
- le servo-distributeur est un composant de la chaîne de commande conçu pour fournir un débit hydraulique $q(t)$ proportionnel au courant de commande $i(t)$. (Attention, valable uniquement en régime permanent.) Le constructeur fournit sa fonction de transfert :

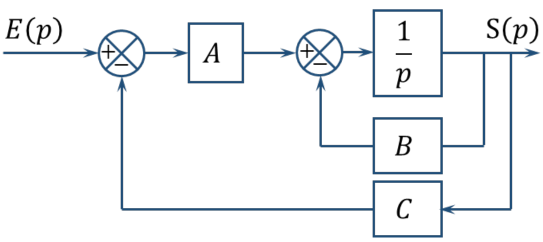
$$F(p) = \frac{Q(p)}{I(p)} = \frac{K_d}{1+Tp}$$

où $K_d$ est le gain du servo-distributeur et $T$ sa constante de temps.

**Question 2** *Réaliser le schéma-blocs.*

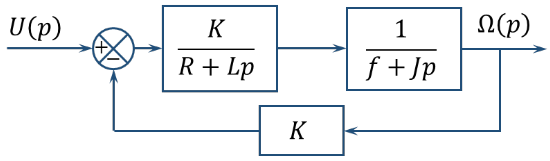
## Exercice 215 – FTBF et formes canoniques

Soit le schéma-blocs suivant.




**Question 1** *Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée. Mettre l'expression sous forme canonique et exprimer les paramétres caractéristiques.*

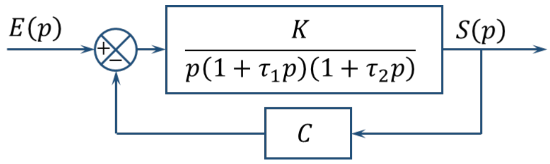
Soit le schéma-blocs suivant.




**Question 2** *Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée. Mettre l'expression sous forme canonique et exprimer les paramétres caractéristiques.*

## Exercice 214 – Théorème de la valeur finale

Soit le schéma-blocs suivant.

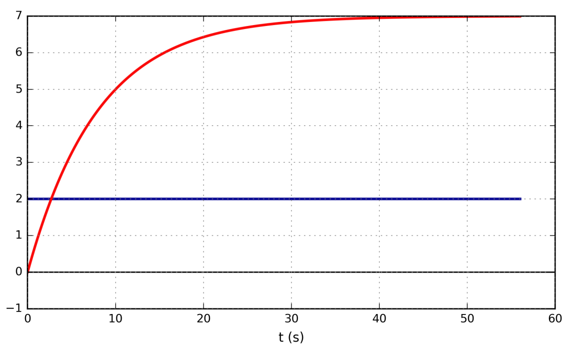



**Question 1** *Déterminer la valeur finale de $s(t)$ lorsque l'entrée est un échelon d'amplitude $E_0$.*

**Question 2** *Déterminer la valeur finale de $s(t)$ lorsque l'entrée est une rampe de pente $k$.*

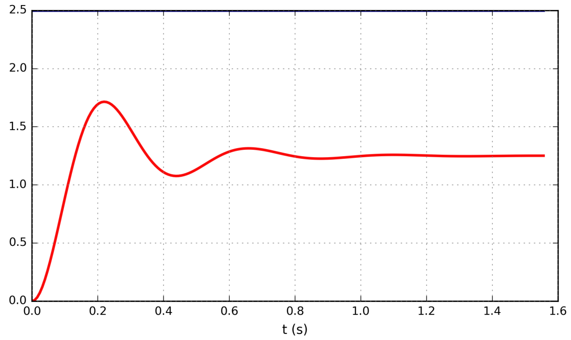
## Exercice 213 – Identification

Soit la réponse à un échelon.




**Question 1** *Déterminer la fonction de transfert du système.*

Soit la réponse à un échelon (amplitude 2,5).




**Question 2** *Déterminer la fonction de transfert du système.*

## Exercice 212 – Schéma-Blocs

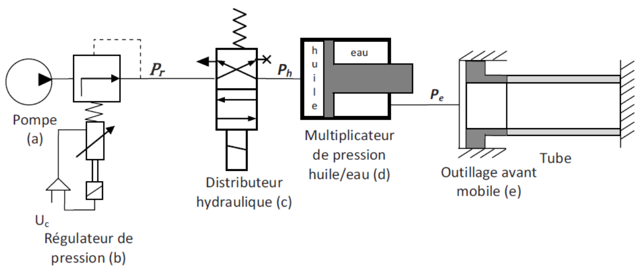
On donne les équations du moteur à courant continu :

- $u(t) = e(t) + Ri(t) + L\dfrac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$ ;
- $e(t) = K\omega(t)$;
- $c(t) = Ki(t)$;
- $c(t) - c_r(t) - f\omega(t) = J\dfrac{\mathrm{d}\omega(t)}{\mathrm{d}t}$.

**Question 1** *Réaliser le schéma-blocs.*

### Analyse de la fonction technique « mettre le tube sous pression ».

Un schéma hydraulique simplifié est donné figure suivante.




### Mise en place du modèle

En appliquant le théorème de la résultante dynamique selon $\overrightarrow{z}$ sur le piston du multiplicateur, on a : $M\ddot{z}(t) = S_h p_h(t) - S_e p_e(t) - Mg - f\dot{z}(t)$.

**Question 2** *Déduire de la relation précédente l'équation reliant $Z(p)$, $P_e(p)$, $P_h(p)$, et Poids$(p) = Mg/p$, transformées de Laplace de $z(t)$, $P_e(t)$, $P_h(t)$ et du poids perçu comme une perturbation. Les conditions initiales sont supposées nulles.*

On note :

- $L(t)$ la position de l'équipage mobile repérée par rapport à sa position initiale;
- $V_t(t)$ le volume du tube;
- $F_t(t)$ l'effort du tube sur l'équipage mobile, avec $F_t(t) = -rL(t)$.

On néglige les variations de volume du tube dues à ses déformations. L'équation du débit s'écrit alors :

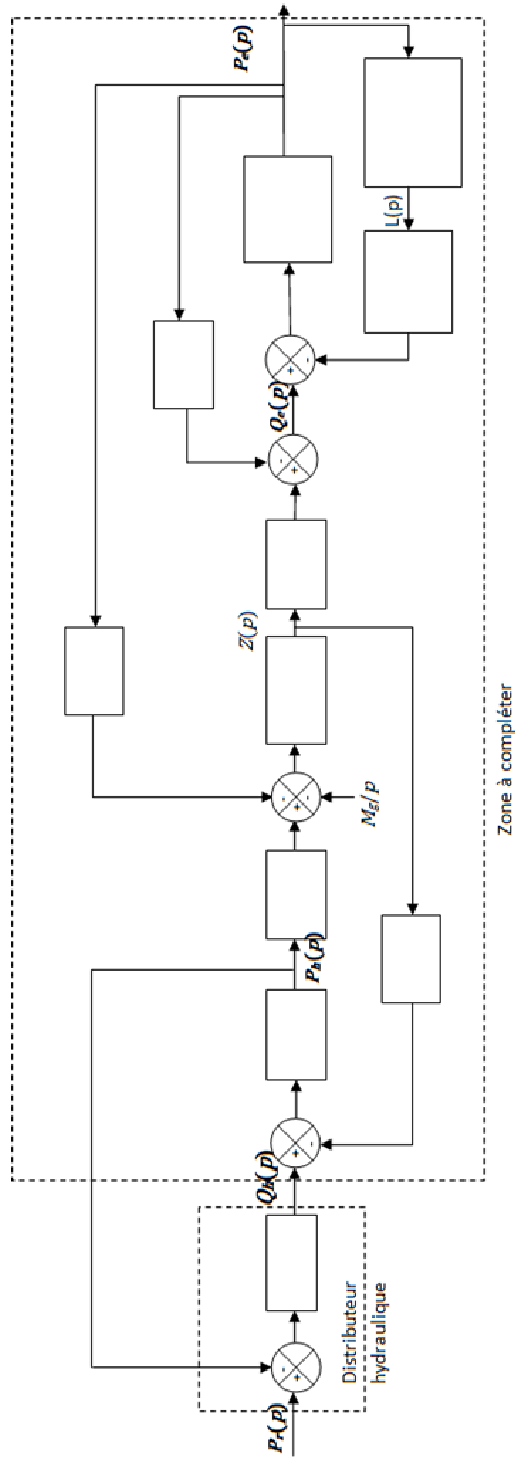
$$Q_e(t) = (S_a - S_b).\frac{\mathrm{d}L(t)}{\mathrm{d}t} + \frac{V_t}{B_e}\frac{\mathrm{d}P_e(t)}{\mathrm{d}t}.$$

L'équation du mouvement de l'équipage mobile est donnée par :

$$m\ddot{L}(t) = -rL(t) + (S_a - S_b)p_e(t) - f'\dot{L}(t).$$

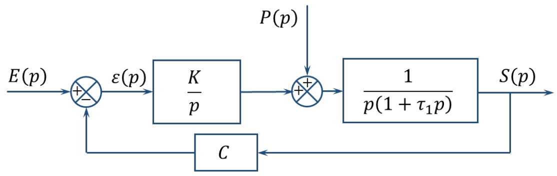
**Question 3** *En déduire, en tenant compte de l'équation du débit, deux équations liant $L(p)$, $P_e(p)$ et $Q_e(p)$, transformées de Laplace de $L(t)$, $P_e(t)$ et $Q_e(t)$.* Les conditions initiales sont supposées nulles.

**Question 4** *Compléter le schéma-blocs de l'ensemble (sans le distributeur hydraulique), l'entrée étant la pression d'huile régulée $P_r(p)$ et la sortie la pression d'épreuve dans le tube $P_e(p)$.*



## Exercice 211 – Théorème de la valeur finale

Soit le schéma-blocs suivant.




**Question 1** *Exprimer $\varepsilon(p)$ en fonction de $E(p)$ et $P(p)$.*

**Question 2** *Évaluer la valeur finale de $\varepsilon(t)$ lorsque $E(p)$ est un échelon d'amplitude $E_0$ et $P(p)$ est un échelon d'amplitude $P_0$.*

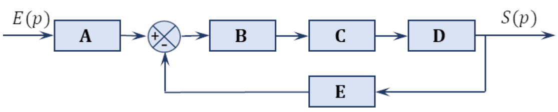
**Question 3** *Évaluer la valeur finale de $\varepsilon(t)$ lorsque $E(p)$ est un échelon d'amplitude $E_0$ et $P(p)$ est une rampe de pente $P_0$.*

**Question 4** *Évaluer la valeur finale de $\varepsilon(t)$ lorsque $E(p)$ est une rampe de pente $E_0$ et $P(p)$ est un échelon d'amplitude $P_0$.*

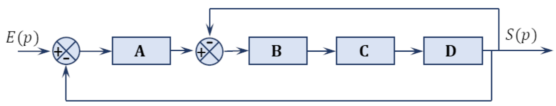
**Question 5** *Évaluer la valeur finale de $\varepsilon(t)$ lorsque $E(p)$ est une rampe de pente $E_0$ et $P(p)$est une rampe de pente $P_0$.*

## Exercice 210 – Calcul de FTBO

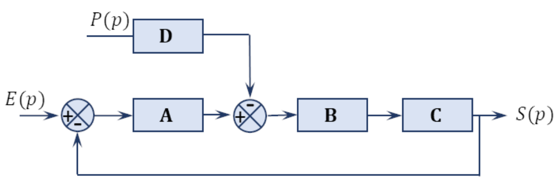
**Question 1** *Déterminer la FTBO dans la cas suivant.*



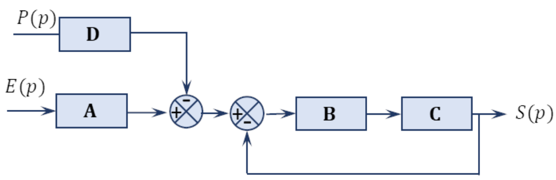

**Question 2** *Déterminer la FTBO dans la cas suivant.*




**Question 3** *Déterminer la FTBO dans la cas suivant.*

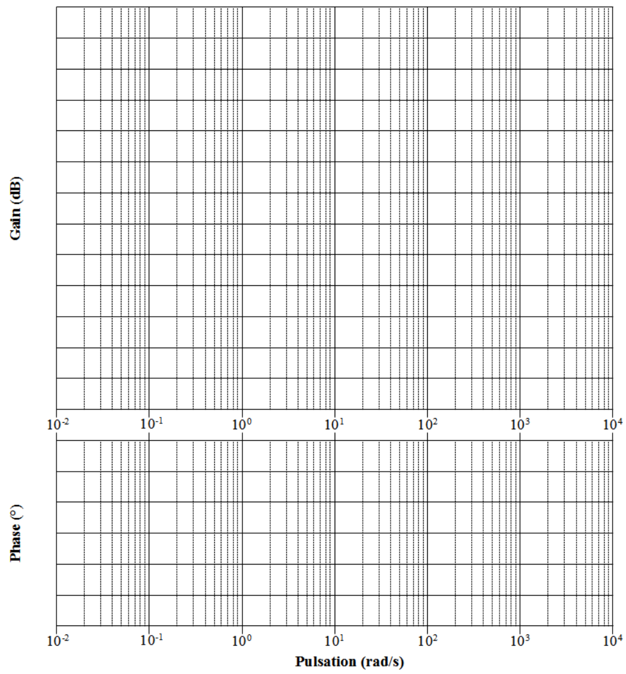



**Question 4** *Déterminer la FTBO dans la cas suivant.*

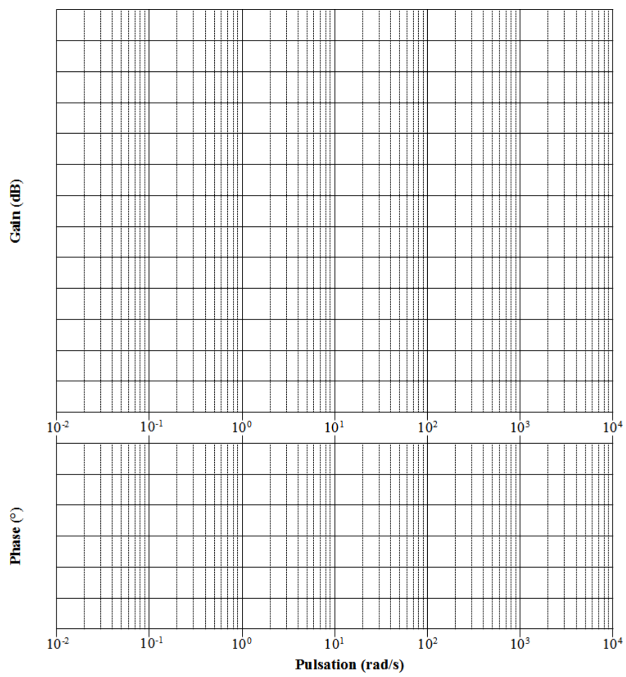



## Exercice 209 – Diagramme de FTBO

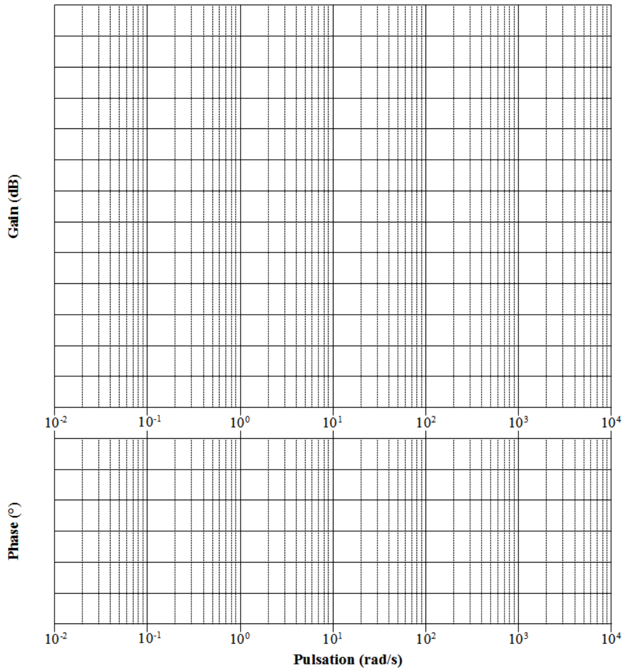
**Question 1** *Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert suivante :* $F_1(p)=\dfrac{15}{1+10p}$.




**Question 2** *Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert suivante :* $F_2(p)=\dfrac{10}{(1+10p)(10+p)}$.

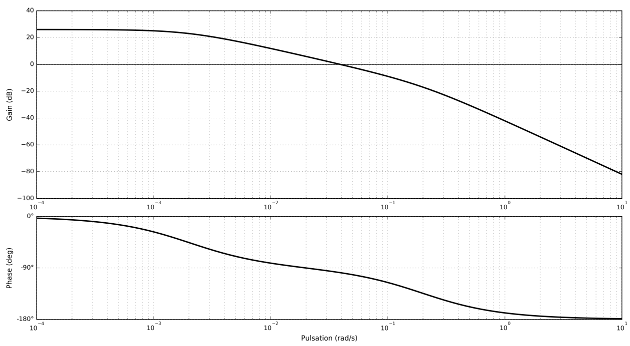



**Question 3** *Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert suivante :* $F_3(p)=\dfrac{40}{p(1+300p)}$.



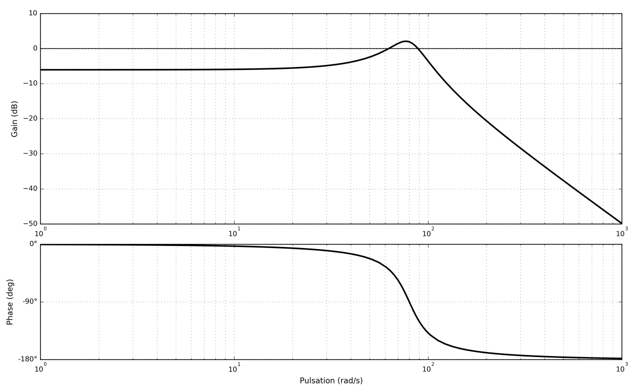

## Exercice 208 – Identification fréquentielle

Soit la réponse fréquentielle suivante.




**Question 1** *Déterminer la fonction de transfert du système.*

Soit la réponse fréquentielle suivante.




**Question 2** *Déterminer la fonction de transfert du système.*

## Exercice 207 – Capteurs

Donner le rôle et le principe de fonctionnement (schémas) des capteurs suivants :

- génératrice tachymétrique ;
- potentiomètre rotatif ;
- codeur incrémental ;
- codeur absolu.

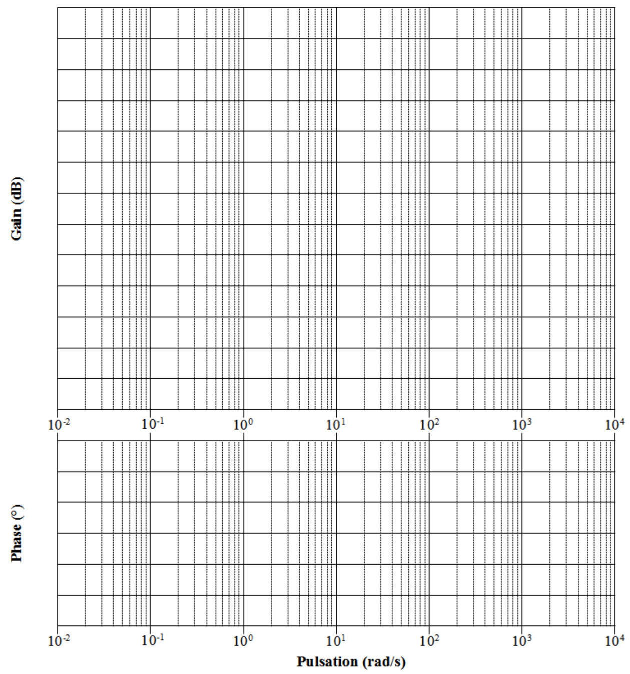
## Exercice 206 – Analyse Systèmes

Ressources de C. Durant. Lycée Clémenceau, Nantes.

https://forms.gle/5dF589t4WYaqZBjG8

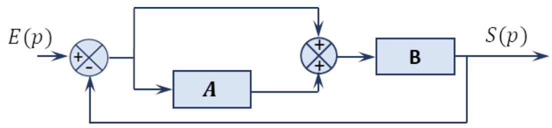
## Exercice 205 – Diagramme de Bode

**Question 1** *Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert suivante :* $F_1(p)=\dfrac{200}{p\left(1++20p+100p^2\right)}$.

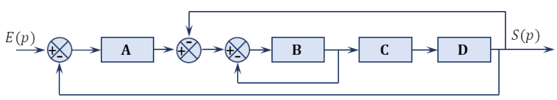



## Exercice 204 – Calcul de FTBO

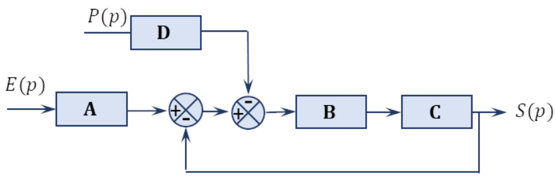
**Question 1** *Déterminer la FTBO dans la cas suivant.*



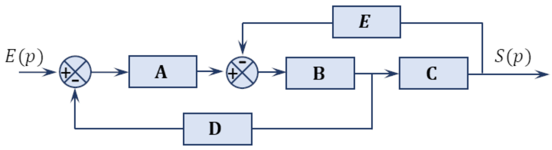

**Question 2** *Déterminer la FTBO dans la cas suivant.*



**Question 3** *Déterminer la FTBO dans la cas suivant.*

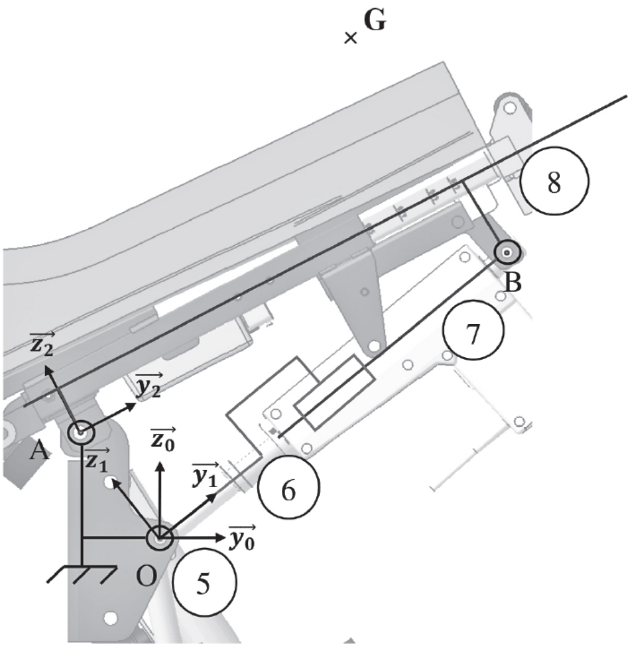


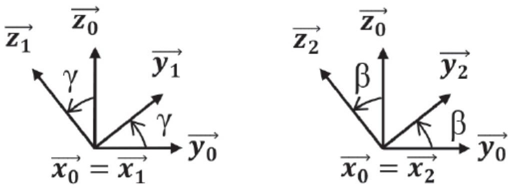

**Question 4** *Déterminer la FTBO dans la cas suivant.*




## Exercice 203 – Loi entrée-sortie

On s'intéresse au système de basculement de l'assise d'un système de fauteuil roulant.



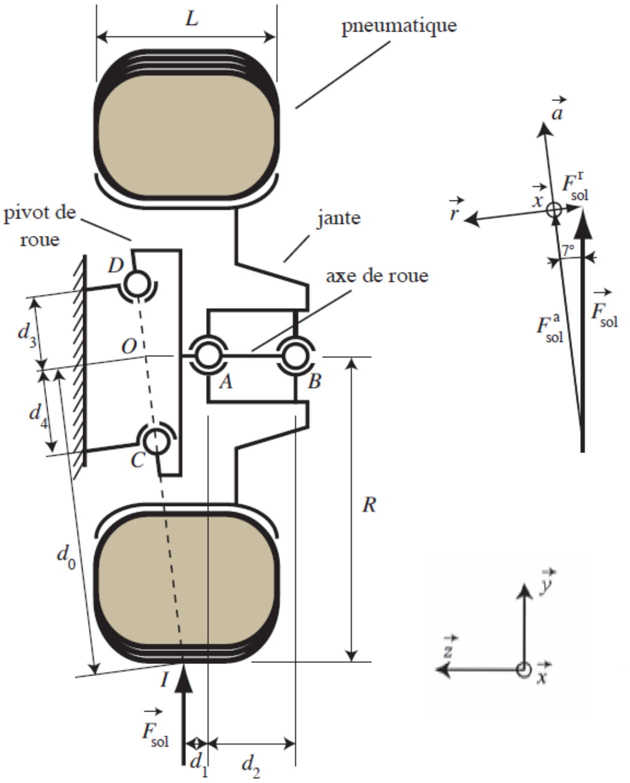
$$\overrightarrow{OA} = -a.\overrightarrow{y_0} + b.\overrightarrow{z_0}$$
$$\overrightarrow{OB} = \lambda(t).\overrightarrow{y_1}$$
$$\overrightarrow{AB} = l_1.\overrightarrow{y_2} - d_1.\overrightarrow{z_2}$$
$$\overrightarrow{AG} = l_2.\overrightarrow{y_2} + d_2.\overrightarrow{z_2}$$

**Question 1** *Déterminer les relations issues de la fermeture géométrique liant les paramètres $\gamma$, $\beta$ et $\lambda(t)$.*

**Question 2** *En déduire l'expression de $\gamma$ en fonction de $\beta$.*

## Exercice 202 – PFS

On s'intéresse à la liaison entre l'axe de la toue et le châssis du véhicule. Les notations adoptées seront les suivantes : $F_C^a$ (respectivement $F_C^r$, $F_C^x$) désignera la composante suivant $\overrightarrow{a}$ (respectivement $\overrightarrow{r}$, $\overrightarrow{x}$) de l'effort extérieur exercé en $C$. On procédera de même pour le point $D$.




**Question 1** *En isolant l'ensemble {pneumatique + jante + axe de roue}, écrire les équations issues du principe fondamental de la statique appliqué au point $C$, en projection sur les axes de la base $\left(\overrightarrow{a}, \overrightarrow{r}, \overrightarrow{x}\right)$ en fonction des composantes $F_{sol}^a$ et $F_{sol}^r$ et des dimensions $d_0$, $d_3$ et $d_4$.*

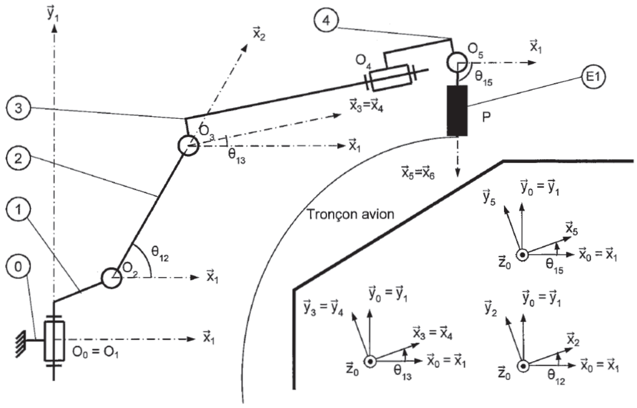
**Question 2** *Peut-on résoudre complètement le système ? Pourquoi ?*

**Question 3** *Résoudre littéralement le système.*

## Exercice 201 – PFS

**Objectif** L'objectif est de déterminer le couple articulaire C12 à appliquer sur le bras 2 afin de garantir l'effort de perçage et l'effort presseur.

DDS 1




### Hypothèses

- l'étude est réalisée pour une demi couture orbitale (couture supérieure);
- le repère $\mathcal{R}_0\left(O_0;\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0}\right)$ sera supposé galiléen;
- $\overrightarrow{y_0}$ est l'axe vertical ascendant et $\overrightarrow{g}=-g\,\overrightarrow{y_0}$ avec $g=9{,}81\,\mathrm{m\,s^{-2}}$;
- toutes les liaisons sont supposées parfaites.

### Repérage et paramétrage

Le repère associé à l'embase fixe (0) est le repère $\mathcal{R}_0\left(O_0;\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0}\right)$, $\overrightarrow{y_0}$ étant l'axe vertical ascendant.

L'embase de rotation (1), en liaison pivot d'axe $\left(O_1,\overrightarrow{y_1}\right)$, par rapport au bâti (0), a pour repère associé le repère $\mathcal{R}_1\left(O_1;\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{z_1}\right)$ tel que $O_0=O_1$, $\overrightarrow{x_0}=\overrightarrow{x_1}$, $\overrightarrow{y_0}=\overrightarrow{y_1}$, $\overrightarrow{z_0}=\overrightarrow{z_1}$.

Le bras (2), en liaison pivot d'axe $\left(O_2,\overrightarrow{z_2}\right)$ par rapport à l'embase de rotation (1), a pour repère associé le repère $\mathcal{R}_2\left(O_2;\overrightarrow{x_2},\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{z_2}\right)$ tel que $\overrightarrow{O_1O_2}=L_1\overrightarrow{x_1}+L_2\overrightarrow{y_1}$, $\overrightarrow{z_1}=\overrightarrow{z_2}$ et $\left(\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{x_2}\right)=\left(\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{y_2}\right)=\theta_{12}$.

Le bras (3), en liaison pivot d'axe $\left(O_3,\overrightarrow{z_3}\right)$ par rapport au bras (2), a pour repère associé le repère $\mathcal{R}_3\left(O_3;\overrightarrow{x_3},\overrightarrow{y_3},\overrightarrow{z_3}\right)$ tel que $\overrightarrow{O_2O_3}=L_3\overrightarrow{x_2}$, $\overrightarrow{z_1}=\overrightarrow{z_3}$ et $\left(\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{x_3}\right)=\left(\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{y_3}\right)=\theta_{13}$.

Le bras (4), en liaison pivot d'axe $\left(O_4,\overrightarrow{x_4}\right)$ par rapport au bras (3), a pour repère associé le repère $\mathcal{R}_4\left(O_4;\overrightarrow{x_4},\overrightarrow{y_4},\overrightarrow{z_4}\right)$ tel que $\overrightarrow{O_3O_4}=L_4\overrightarrow{x_3}+l_5\overrightarrow{y_3}$, $\overrightarrow{x_3}=\overrightarrow{x_4}$ et $\left(\overrightarrow{y_3},\overrightarrow{y_4}\right)=\left(\overrightarrow{z_3},\overrightarrow{z_4}\right)=\theta_{34}$.

L'ensemble (E1) composé du bras (5), du poignet et de l'outil, en liaison pivot d'axe $\left(O_5,\overrightarrow{z_5}\right)$ par rapport au bras (4), a pour repère associé le repère $\mathcal{R}_5\left(O_5;\overrightarrow{x_5},\overrightarrow{y_5},\overrightarrow{z_5}\right)$ tel que $\overrightarrow{O_4O_5}=L_5\overrightarrow{x_3}$, $\overrightarrow{z_1}=\overrightarrow{z_5}$ et $\left(\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{x_5}\right)=\left(\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{y_5}\right)=\theta_{15}$.

La masse du bras (2) est notée $M_2$ et la position du centre de gravité est définie par $\overrightarrow{O_2G_2}=\dfrac{1}{2}L_3\overrightarrow{x_2}$.

La masse du bras (3) et du bras (4) est notée $M_{34}$ et la position du centre de gravité est définie par $\overrightarrow{O_3G_3}=\dfrac{1}{3}L_4\overrightarrow{x_3}+L_5\overrightarrow{y_3}$.

La masse de l'ensemble (E1) est notée $M_{E1}$ et la position du centre de gravité est définie par $\overrightarrow{O_5G_5}=L_7\overrightarrow{x_5}$.

L'extrémité de l'outil est définie par le point $P$ définie par $\overrightarrow{O_5P}=L_8\overrightarrow{x_5}$.

Le torseur d'action mécanique lié au perçage sera noté : $\left\{\mathcal{T}\left(\text{Tronçon (perçage)}\rightarrow E_1\right)\right\}=\left\{\begin{array}{cc}-F & 0\\ 0 & 0\\ 0 & 0\end{array}\right\}_{P,\mathcal{R}_5}$.

Un effort presseur est de plus nécessaire pour le perçage optimal des deux tronçons. Le torseur d'action mécanique associé sera noté :$\left\{\mathcal{T}\left(\text{Tronçon (presseur)}\rightarrow E_1\right)\right\}=\left\{\begin{array}{cc}-P & 0\\ 0 & 0\\ 0 & 0\end{array}\right\}_{P,\mathcal{R}_5}$..

La rotation entre les solides (0) et (1) est supposée bloquée dans la suite du sujet.

**Question 1** *Réaliser le graphe de structure de l'ensemble en précisant les liaisons.*

**Question 2** *Quel est l'ensemble $\Sigma$ à isoler afin de déterminer le couple $C_{12}$.*

**Question 3** *Réaliser un bilan des actions mécaniques extérieures appliquées à $\Sigma$ et écrire les éléments de réduction de chaque torseur d'actions mécaniques.*

**Question 4** *Quel théorème doit-être appliqué et sur quel axe de projection, pour déterminer le couple $C_{12}$ ?*

La configuration correspondant à la position extrême supérieure de la couture orbitale correspond aux angles suivants : $\theta_{12}=60°$, $\theta_{13}=-4°$, $\theta_{15}=-90°$.

Dans la suite de l'étude, l'angle $\theta_{13}$ sera considéré nul.

**Question 5** *Déterminer l'équation littérale du couple $C_{12}$ en fonction de $g$, $F$, $P$, $M_2$, $M_{34}$, $M_{E1}$, $L_3$, $L_4$, $L_5$, $L_6$, $L_7$, $\theta_{12}$, $\theta_{15}$.*

Les valeurs du robot considéré sont :

- $M_2=264\,\mathrm{kg}$, $M_{234}=430\,\mathrm{kg}$, $M_{\mathrm{E1}}=2150\,\mathrm{kg}$, $P=150\,\mathrm{N}$;
- $L_1=0{,}405\,\mathrm{m}$, $L_2=0{,}433\,\mathrm{m}$, $L_3=1{,}075\,\mathrm{m}$, $L_4=1{,}762\,\mathrm{m}$, $L_5=0{,}165\,\mathrm{m}$, $L_6=0{,}250\,\mathrm{m}$, $L_7=0{,}550\,\mathrm{m}$, $L_8=0{,}750\,\mathrm{m}$.

**Question 6** *Déterminer alors la valeur du couple $C_{12}$.*

La valeur limite supérieure du couple $C_{12}$ est fixée par le constructeur à $9000\,\mathrm{N\,m}$.

**Question 7** *Le choix du robot permettra-t-il de garantir les conditions d'assemblage dans cette position ? Justifier la réponse.*