Exercice 218 – Moteur à courant continu⋆

B2-04

On donne les équations du moteur à courant continu :

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

Question 1 *Exprimer la fonction de transfert* $H(p)=\dfrac{\Omega(p)}{U(p)}$.

Question 2 *Préciser l'ordre et la classe de* H.

Question 3 *Mettre* $H(p)$ *sous forme canonique.*

Question 4 *Donner les caractéristiques de la fonction de transfert.*

Question 5 *Vérifier l'homgénéité des différentes constantes.*

Éléments de corrigé :

1. $H(p)=\dfrac{K_m}{K_m^2+\left(R+Lp\right)\left(Jp+f\right)}$.
2. Ordre 2, classe 0.
3. $H(p)=\dfrac{\dfrac{K_m}{K_m^2+Rf}}{1+\dfrac{\left(RJ+Lf\right)}{K_m^2+Rf}p+\dfrac{LJ}{K_m^2+Rf}p^2}$.
4. $K=\dfrac{K_m}{K_m^2+Rf}$, $\omega_0=\sqrt{\dfrac{K_m^2+Rf}{LJ}}$, $\xi=\dfrac{RJ+Lf}{2\sqrt{LJ\left(K_m^2+Rf\right)}}$.

Corrigé voir 218.

Exercice 217 – Moteur à courant continu⋆

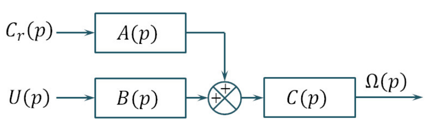
B2-07

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.*

Question 2 *Mettre le schéma-blocs sous la forme suivante.*



Éléments de corrigé :

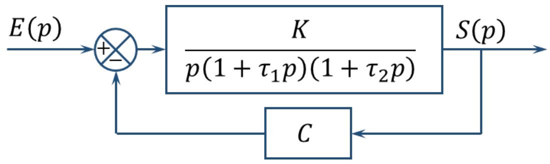
1. .
2. $A(p)=R+Lp$, $B(p)=K$, $C(p)=\dfrac{1}{K^2+\left(f+Jp\right)\left(R+Lp\right)}$ (plusieurs réponses possibles).

Corrigé voir 217.

Exercice 216 – Valeur finale⋆

C2-03

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 *En déduire la valeur de l'erreur statique.*

Question 3 *Déterminer la valeur finale de* $s(t)$ *lorsque l'entrée est une rampe de pente* k.

Question 4 *En déduire la valeur de l'erreur de traînage.*

Question 5 *Qu'en est-il si* $C=1$ *?.*

Éléments de corrigé :

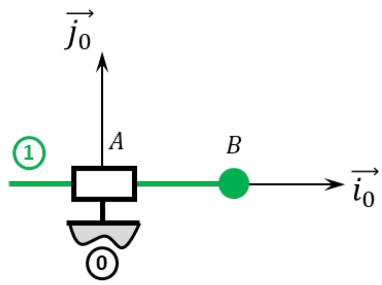
1. $s_\infty=\lim\limits_{p\to 0}p\dfrac{E_0}{p}\dfrac{K}{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)+CK}=\dfrac{E_0}{C}$.
2. $\lim\limits_{t\to+\infty}\left(e(t)-s(t)\right)=E_0-\dfrac{E_0}{C}$.
3. $s_\infty=\infty$.
4. $\varepsilon_v=\infty$.
5. $\varepsilon_v=\dfrac{k}{K}$.

Corrigé voir 216.

Exercice 215 – Mouvement T – ⋆

B2-12

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB}=\lambda(t)\overrightarrow{i_0}$.



Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Retracer le schéma cinématique pour* $\lambda=10\,\text{mm}$.

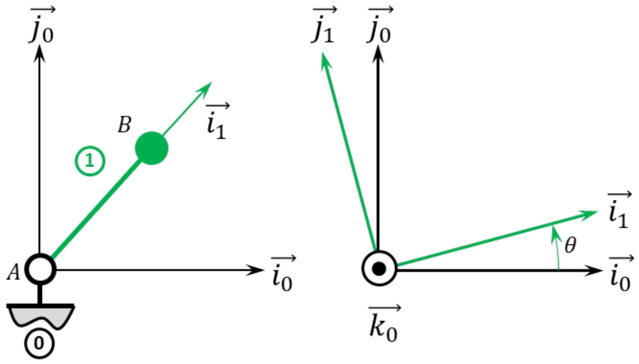
Question 3 *Retracer le schéma cinématique pour* $\lambda=-20\,\text{mm}$.

Corrigé voir 215.

Exercice 214 – Mouvement R ⋆

B2-12

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB}=R\overrightarrow{i_1}$ avec $R=20\,\text{mm}$.



Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Retracer le schéma cinématique pour* $\theta = \dfrac{\pi}{4}$ *rad.*

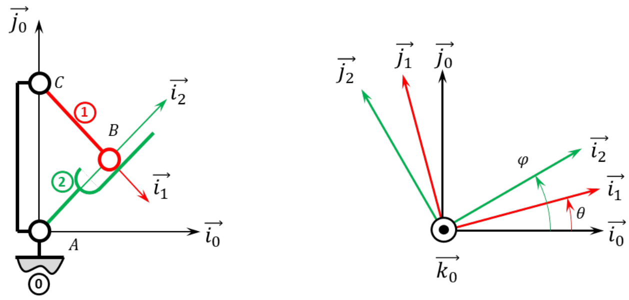
Question 3 *Retracer le schéma cinématique pour* $\theta = \pi$ *rad.*

Corrigé voir 214.

Exercice 213 – Barrière Sympact ★★

B2-12

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = H\,\vec{j_0}$ et $\overrightarrow{CB} = R\,\vec{i_1}$. De plus, $H = 120\,\text{mm}$ et $R = 40\,\text{mm}$.



Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Retracer le schéma cinématique pour* $\theta(t) = \dfrac{\pi}{2}$ *rad.*

Question 3 *Retracer le schéma cinématique pour* $\theta(t) = 75\,°$.

Question 4 *Dans l'hypothèse où la pièce **1** peut faire des tours complets, quelle doit être la longueur minimale de la pièce **2**.*

Question 5 *Dans l'hypothèse où la pièce **2** fait* 12 cm, *quel sera le débattement maximal de la pièce **1**.*

Indications :
1. .
2. .
3. .
4. 160 mm.
5. 160,8 °.

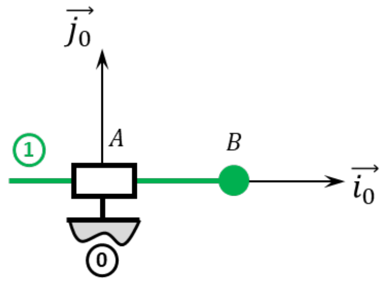
Corrigé voir 213.

Exercice 212 – Mouvement T – ★

C2-05

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t)\,\vec{i_0}$.



Question 1 *Quel est le mouvement de **1** par rapport à **0**.*

Question 2 *Donner l'équation paramétrique de la trajectoire du point B, point appartenant à **1** par rapport à **0**.*

Indications :
1. .
2. $x_B(t) = \lambda(t)$.

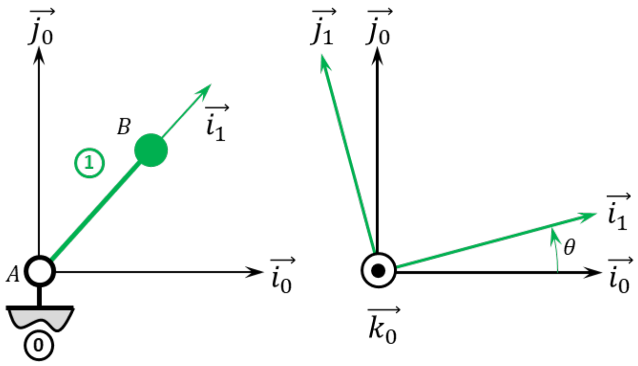
Corrigé voir 212.

Exercice 211 – Mouvement R ★

C2-05

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R\,\vec{i_1}$ avec $R = 20\,\text{mm}$.



Question 1 *Quel est le mouvement de **1** par rapport à **0**.*

Question 2 *Quelle est la trajectoire du point B appartenant à **1** par rapport à **0**.*

Question 3 *Donner l'équation paramétrique de la trajectoire du point B, point appartenant à **1** par rapport à **0**.*

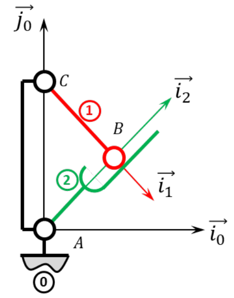
Indications :
1. .
2. .
3. $x_B(t) = R\cos\theta(t)$ et $y_B(t) = R\sin\theta(t)$.

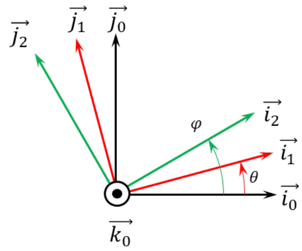
Corrigé voir 211.

Exercice 210 – Barrière Sympact ★★

B2-13 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = H\,\overrightarrow{j_0}$ et $\overrightarrow{CB} = R\,\overrightarrow{i_1}$. De plus, $H = 120\,\text{mm}$ et $R = 40\,\text{mm}$.





Question 1 *Calculer $\overrightarrow{V(B,1/0)}$?*

Question 2 *Calculer $\overrightarrow{V(B,2/0)}$?*

Question 3 *Justifier que $\overrightarrow{V(B,2/1)} \cdot \overrightarrow{j_2} = 0$.*

Question 4 *En déduire une relation cinématique entre les différentes grandeurs.*

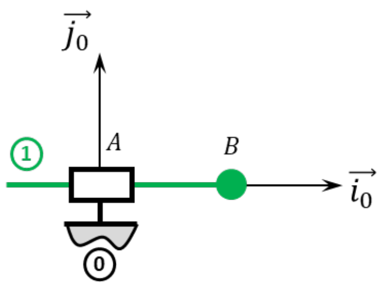
Indications :
1. $\overrightarrow{V(B,1/0)} = R\dot{\theta}\,\overrightarrow{j_1}$.
2. $\overrightarrow{V(B,2/0)} = \lambda\dot{\varphi}\,\overrightarrow{j_2}$.
3. .
4. $\lambda\dot{\varphi} - R\dot{\theta}\cos(\varphi - \theta) = 0$.

Corrigé voir 210.

Exercice 212 – Mouvement T – ★

B2-14
B2-15
C1-05 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t)\,\overrightarrow{i_0}$. On note m_1 la masse du solide **1**. On note G le centre d'inertie de **1** tel que $\overrightarrow{BG} = \ell\,\overrightarrow{j_1}$. La pesanteur est telle que $\overrightarrow{g} = -g\,\overrightarrow{i_0}$. Un vérin pneumatique positionné entre **1** et **0** permet de maintenir **1** en équilibre. On souhaite prendre en compte les frottements secs dans la liaison glissière.



Question 1 *Réaliser le graphe d'analyse en faisant apparaître l'ensemble des actions mécaniques.*

Question 2 *Donner le torseur de chacune des actions mécaniques.*

Question 3 *Simplifier les torseurs dans l'hypothèse des problèmes plans.*

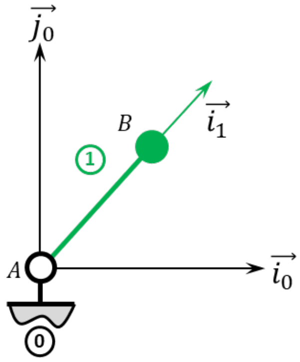
Question 4 *Proposer une démarche permettant de déterminer l'effort que doit développer le vérin pour maintenir **1** en équilibre.*

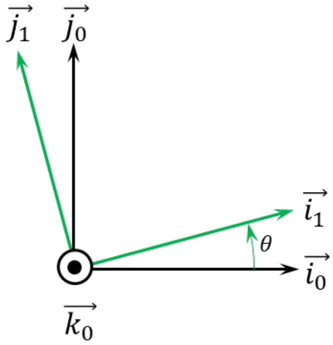
Corrigé voir 212.

Exercice 211 – Mouvement R ★

B2-14
B2-15
C1-05 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R\,\overrightarrow{i_1}$ avec $R = 20\,\text{mm}$. La liaison pivot est motorisée par un moteur modélisée dont l'action mécanique sur **1** est donnée par $\overrightarrow{C_m} = C_m\,\overrightarrow{k_0}$. On note m_1 la masse du solide 1 et B son centre d'inertie. La pesanteur est telle que $\overrightarrow{g} = -g\,\overrightarrow{j_0}$.





Question 1 *Réaliser le graphe d'analyse en faisant apparaître l'ensemble des actions mécaniques.*

Question 2 *Donner le torseur de chacune des actions mécaniques.*

Question 3 *Simplifier les torseurs dans l'hypothèse des problèmes plans.*

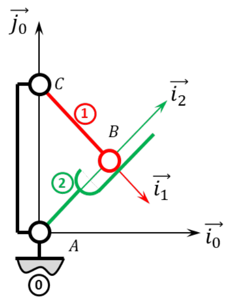
Question 4 *Proposer une démarche permettant de déterminer l'effort que doit développer le moteur pour maintenir **1** en équilibre.*

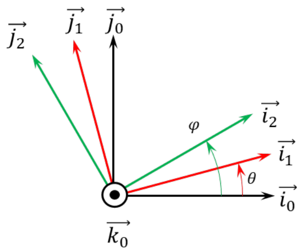
Corrigé voir 211.

Exercice 210 – Barrière Sympact ★★

B2-13 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = H\,\overrightarrow{j_0}$ et $\overrightarrow{CB} = R\,\overrightarrow{i_1}$. De plus, $H = 120\,\text{mm}$ et $R = 40\,\text{mm}$.





On néglige la pesanteur sur la pièce **1**.

On note $\{\mathscr{F}(\text{Moteur} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{0} \\ C_m \overrightarrow{k_0} \end{array} \right\}_{\forall P}$ l'action mécanique du moteur sur la pièce **1**.

On note $\{\mathscr{F}(\text{Ressort} \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{0} \\ C_r \overrightarrow{k_0} \end{array} \right\}_{\forall P}$ l'action mécanique d'un ressort couple sur la pièce **2**. Le raideur du ressort est telle qu'il exerce un couple de 45 Nm pour un angle de rotation 100°. On considère que le couple est nul lorsque la pièce 2 est à la verticale ($\varphi_o = \dfrac{\pi}{2}$). Il est au maximum lorsque $\varphi_f = 0$.

On note $\{\mathscr{F}(\text{Pes} \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{c} -Mg\overrightarrow{j_0} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_{\forall G}$ avec $\overrightarrow{AG} = L\overrightarrow{i_2}$.

Question 1 *Réaliser un graphe d'analyse.*

Question 2 *Expliciter C_r en fonction des différents constantes $(k, \varphi_o, \varphi_f)$ et celles qui vous sembleraient utile.*

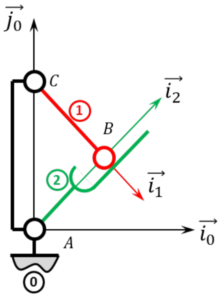
Question 3 *Proposer une méthode permettant d'exprimer le couple moteur en fonction des autres actions mécaniques.*

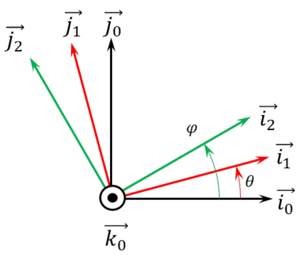
Corrigé voir 210.

Exercice 209 – Barrière Sympact ⋆

C2-06

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = H\overrightarrow{j_0}$ et $\overrightarrow{CB} = R\overrightarrow{i_1}$. De plus, $H = 120\,\text{mm}$ et $R = 40\,\text{mm}$.





Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Exprimer $\varphi(t)$ en fonction de $\theta(t)$.*

Question 3 *Exprimer $\dot{\varphi}(t)$ en fonction de $\dot{\theta}(t)$.*

Question 4 *En utilisant Python, tracer $\dot{\varphi}(t)$ en fonction de $\dot{\theta}(t)$. On considérera que la fréquence de rotation de la pièce **1** est de 10 tours par minute.*

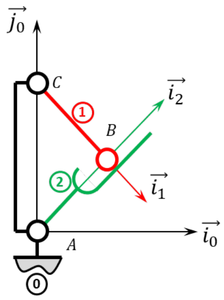
Indications :
1. .
2. $\tan\varphi(t) = \dfrac{R\sin\theta(t) + h}{R\cos\theta(t)}$.
3. $\dot{\varphi}(t) = \dfrac{R\dot{\theta}(t)(R + h\sin\theta(t))}{R^2 + h^2 + 2Rh\sin\theta(t)}$.
4. .

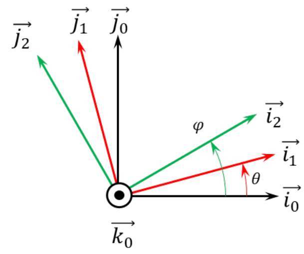
Corrigé voir 209.

Exercice 208 – Barrière Sympact ⋆⋆ A FINIR

C2-07 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = H\overrightarrow{j_0}$ et $\overrightarrow{CB} = R\overrightarrow{i_1}$. De plus, $H = 120\,\text{mm}$ et $R = 40\,\text{mm}$.





On néglige la pesanteur sur la pièce **1**.

On note $\{\text{Moteur}(1 \longrightarrow =)\}\left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{0} \\ C_m \overrightarrow{k_0} \end{array} \right\}_{\forall P}$ l'action mécanique du moteur sur la pièce **1**.

On note $\{\text{Ressort}(2 \longrightarrow =)\}\left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{0} \\ C_r \overrightarrow{k_0} \end{array} \right\}_{\forall P}$ l'action mécanique d'un ressort couple sur la pièce **2**. Le raideur du ressort est telle qu'il exerce un couple de 45 Nm pour un angle de rotation 100°. On considère que le couple est nul lorsque la pièce 2 est à la verticale ($\varphi_o = \dfrac{\pi}{2}$). Il est au maximum lorsque $\varphi_f = 0$.

On note $\{\text{Pes}(2 \longrightarrow =)\}\left\{ \begin{array}{c} -Mg\overrightarrow{j_0} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_{\forall G}$ avec $\overrightarrow{AG} = L\overrightarrow{i_2}$.

Question 1 *Réaliser un graphe d'analyse.*

Question 2 *Expliciter C_r en fonction des différents constantes $(k, \varphi_o, \varphi_f)$ et celles qui vous sembleraient utile.*

Question 3 *Proposer une méthode permettant d'exprimer le couple moteur en fonction des autres actions mécaniques.*

Question 4 *Mettre en oeuvre une méthode permettant d'exprimer le couple moteur en fonction des autres actions mécaniques.*

Question 5 *Tracéer de courbe Python.*

Corrigé voir 208.

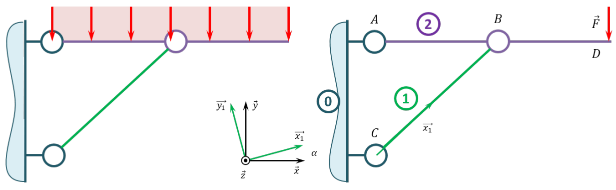
Exercice 207 – Détermination des efforts dans une structure étayée ⋆⋆

C2-07 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Lors de la démolition d'une partie de la gare de Lyon Part-Dieu (en 2018), des étais ont du être posés afin de soutenir la structure supérieure.

Dans le but de dimensionner les étais, il est nécessaire de déterminer les actions mécanique dans chacune des liaisons.

Pour cela, on utilise la modélisation suivante.



Modèle initial　　Modèle retenu

On a $\overrightarrow{AB}=a\,\overrightarrow{x}$, $\overrightarrow{BD}=b\,\overrightarrow{x}$ et $\overrightarrow{CB}=L\,\overrightarrow{x_1}$.

Question 1 *Tracer le graphe d'analyse du système (graphe des liaisons et actions extérieures).*

Question 2 *Proposer une stratégie permettant de déterminer les actions mécaniques dans les liaisons.*

Question 3 *Déterminer les actions mécaniques dans les liaisons en fonction de F.*

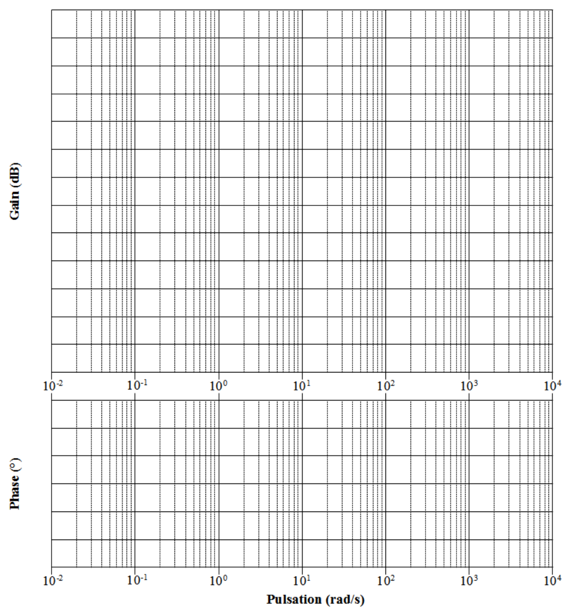
Éléments de corrigé : 3. $X_{02}=-F\dfrac{a+b}{a\tan\alpha}$, $F_{01}=F\dfrac{a+b}{a\sin\alpha}$, $Y_{02}=-\dfrac{b}{a}F$.

Corrigé voir 207.

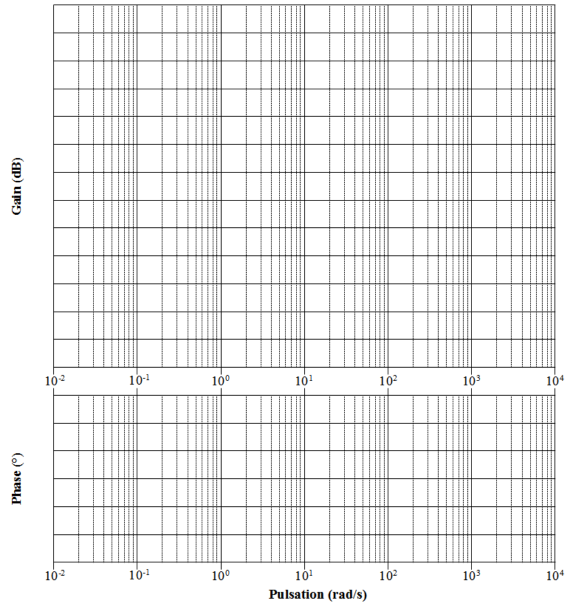
Exercice 206 – Ecart ⋆

C2-02 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

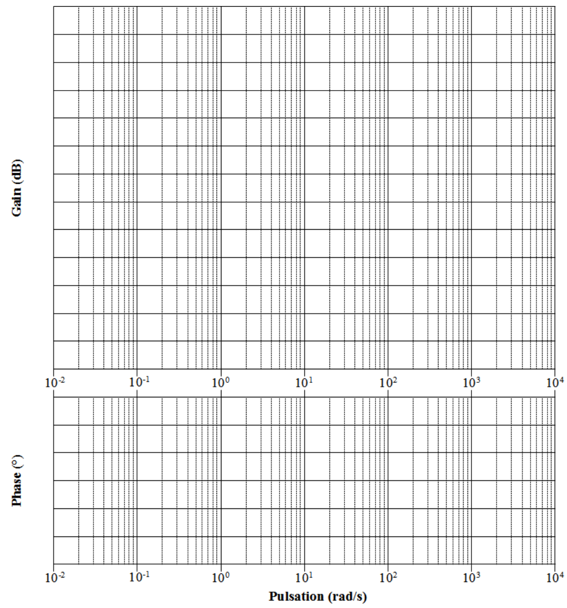
Question 1 *Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert suivante :* $F_1(p)=\dfrac{15}{1+10p}$.



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 :* $F_3(p)=\dfrac{40}{p(1+300p)}$.

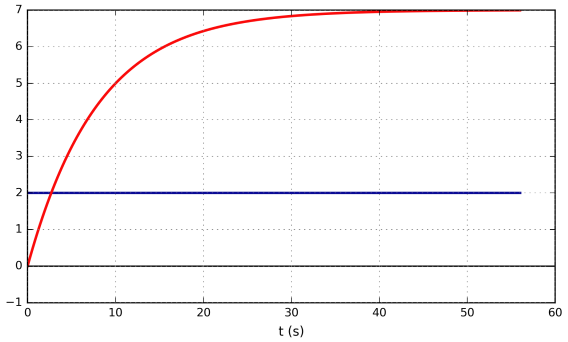


Corrigé voir 206.

Exercice 205 – Identification temporelle ⋆

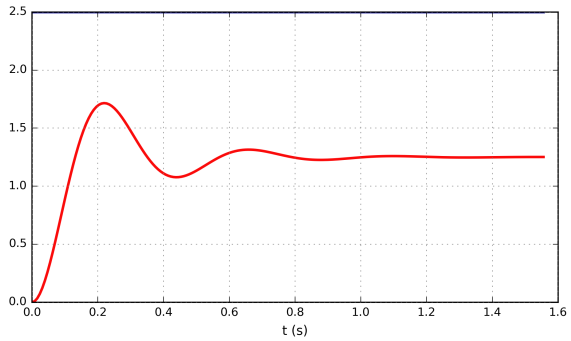
B2-06 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Soit la réponse à un échelon.



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

Soit la réponse à un échelon d'amplitude 2,5.



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

Corrigé voir 205.

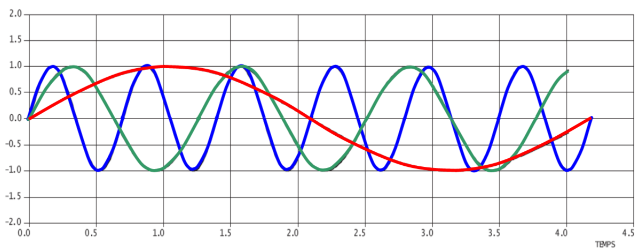
Exercice 204 – Identification ⋆

B2-06

Pas de corrigé pour cet exercice.

D'après Florestan Mathurin.

Le diagramme temporel ci-dessous présente 3 signaux d'entrée sinusoïdaux.



Question 1 *Déterminer les période et les pulsations de chacun des signaux..*

Question 2 *En déduire le gain et le déphasage en régime permanent pour chacune des courbes temporelles de sortie correspondant aux 3 entrées.*

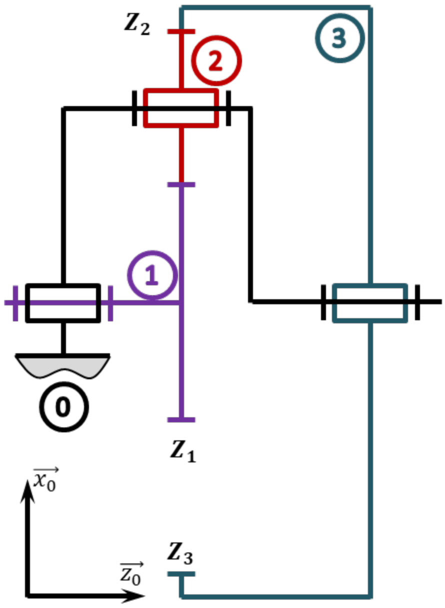
Corrigé voir 204.

Exercice 203 – Train simple ⋆

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Déterminer* $\dfrac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}}$ *en fonction du nombre de dents des roues dentées.*

Question 3 *Donner une relation géométrique entre* Z_1, Z_2 *et* Z_3 *permettant de garantir le fonctionnement du train d'engrenages.*

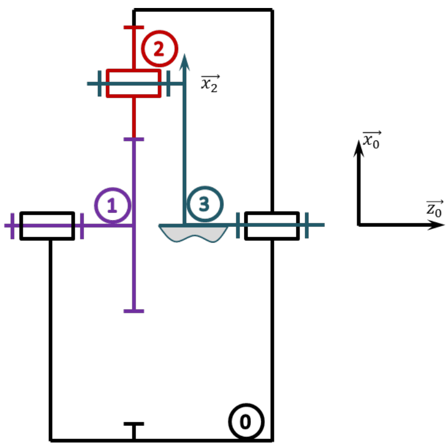
Corrigé voir 203.

Exercice 202 – Train simple ⋆

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Déterminer* $\dfrac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$ *en fonction du nombre de dents des roues dentées.*

Question 3 *Donner une relation géométrique entre Z_1, Z_{21}, Z_{22} et Z_4 permettant de garantir le fonctionnement du train d'engrenages.*

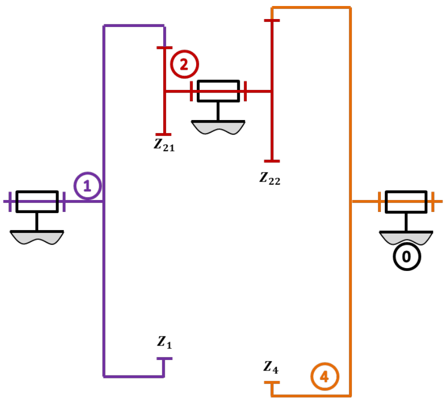
Corrigé voir 202.

Exercice 201 – Train simple ⋆

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Déterminer $\dfrac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$ en fonction du nombre de dents des roues dentées.*

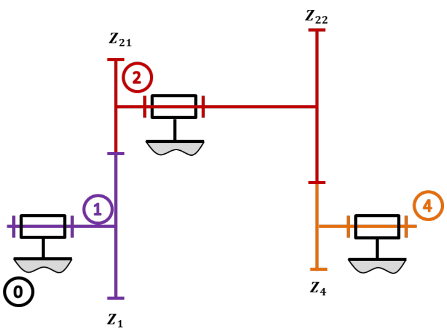
Corrigé voir 201.

Exercice 200 – Train simple ⋆

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

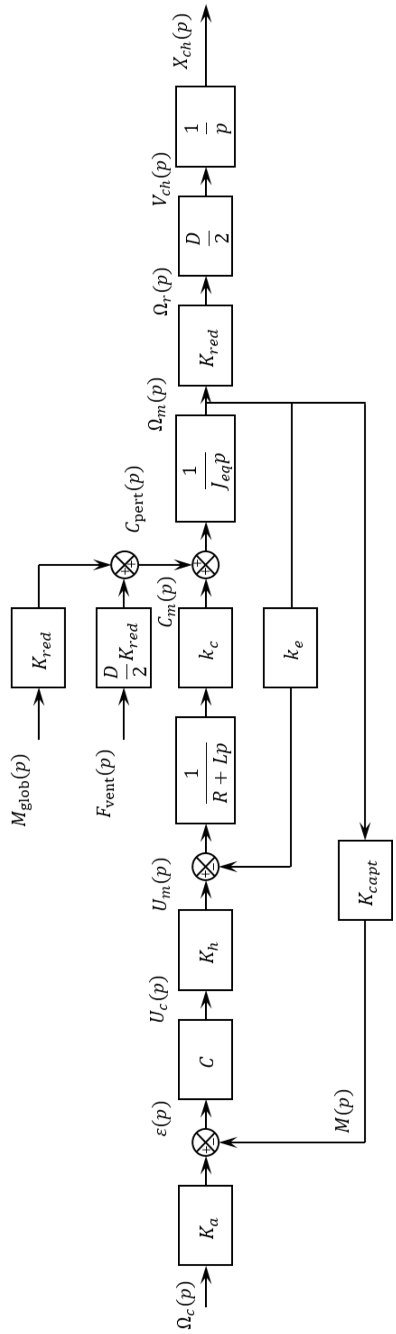
Question 2 *Déterminer $\dfrac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$ en fonction du nombre de dents des roues dentées.*

Corrigé voir 200.

Exercice 199 – La Seine Musicale⋆

B2-07 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Soit le schéma-blocs suivant.



Question 1 *En considérant que la perturbation $C_{pert}(p)$ est nulle, déterminer $H_f(p) = \dfrac{\Omega_m(p)}{\Omega_c(p)}$ sous forme canonique.*

Question 2 *Exprimer la fonction de transfert $H_r(p) = \dfrac{\Omega_m(p)}{C_{pert}(p)}$ en la mettant sous la forme : $H_r(p) = -\dfrac{\alpha(1+\tau p)}{1+\gamma p+\delta p^2}$. Exprimer α, τ, γ et δ en fonction des différents paramètres de l'étude.*

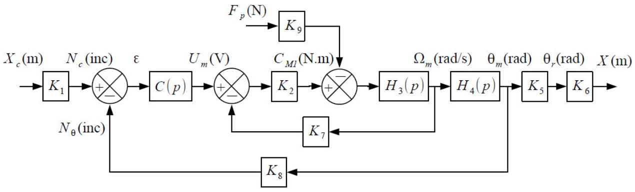
Question 3 *Exprimer $X_{ch}(p)$ en fonction de $\Omega_m(p)$ et $C_{pert}(p)$.*

Corrigé voir 199.

Exercice 198 – Machine de rééducation SysReeduc ⋆

B2-07 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

On propose une modélisation par schéma-blocs dans la figure suivante.



Le moteur à courant continu est régi par les équations suivantes : $u_m(t) = e(t) + R\,i(t)$, $e(t) = k_e\,\omega_m(t)$ et $C_{M1}(t) = k_t\,i(t)$.

Une étude dynamique a mené à l'équation suivante :

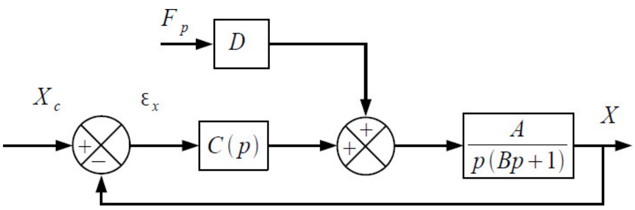
$$(M+m)\,r\rho_1\dot{\omega}_m(t) = \frac{C_{M1}(t)}{\rho_1 r} - F_p(t)$$

avec : M la masse du chariot et m la masse du support de pied, $\rho_1 = \dfrac{1}{10}$ le rapport de réduction du réducteur, $r = 46{,}1$ mm le rayon de la poulie du transmetteur poulie–courroie, $C_{M1}(t)$ le couple délivré par le moteur et $F_p(t)$ l'effort délivré par le patient sur le support 3.

Le codeur incrémental possède 500 fentes équiréparties. Deux émetteurs-récepteurs positionnés en quadrature permettent de mesurer l'information.

Question 1 *À partir des équations proposées, déterminer les fonctions de transfert K_1, K_2, $H_3(p)$, $H_4(p)$, K_5, K_6, K_7, K_8 et K_9.*

Question 2 *Montrer que le schéma-blocs peut être mis sous la forme suivante. On exprimera A, B et D en fonction des paramètres du système r, ρ_1, k_t, k_e, R, M, m et K_8.*



Corrigé voir 198.

Exercice 218 – Moteur à courant continu⋆

B2-04

Question 1 *Exprimer la fonction de transfert $H(p)=\dfrac{\Omega(p)}{U(p)}$.*

En passant les équations dans le domaine de Laplace, on a :

- $U(p)=E(p)+RI(p)+LpI(p)$;
- $E(p)=K_m\Omega(p)$;
- $C(p)=K_mI(p)$;
- $C(p)-f\Omega(p)=Jp\Omega(p)\Leftrightarrow C(p)=\Omega(p)\left(Jp+f\right)$.

Vous devez savoir qu'un moteur à courant continu est piloté en tension ($U(p)$) et qu'en sortie on observe le taux de rotation ($\Omega(p)$).

En ne conservant que $U(p)$ et $\Omega(p)$, on a donc $U(p)=E(p)+RI(p)+LpI(p)\Leftrightarrow U(p)=K_m\Omega(p)+\left(R+Lp\right)\dfrac{C(p)}{K_m}\Leftrightarrow$ $U(p)=K_m\Omega(p)+\left(R+Lp\right)\dfrac{\Omega(p)\left(Jp+f\right)}{K_m}\Leftrightarrow U(p)=\left(K_m+\left(R+Lp\right)\dfrac{\left(Jp+f\right)}{K_m}\right)\Omega(p)\Leftrightarrow U(p)=\dfrac{K_m^2+\left(R+Lp\right)\left(Jp+f\right)}{K_m}\Omega(p)$.

On a donc $H(p)=\dfrac{\Omega(p)}{U(p)}=\dfrac{K}{K^2+\left(R+Lp\right)\left(Jp+f\right)}$.

Question 2 *Préciser l'ordre et la classe de H.*

H est d'ordre 2 et de classe 0 car on ne peut pas mettre de p en facteur. Le terme de plus haut degré du dénominateur est de degré 2.

Question 3 *Mettre $H(p)$ sous forme canonique.*

$$H(p)=\frac{K_m}{K_m^2+Rf+\left(RJ+Lf\right)p+LJp^2}\Leftrightarrow H(p)=\frac{\dfrac{K_m}{K_m^2+Rf}}{1+\dfrac{\left(RJ+Lf\right)}{K_m^2+Rf}p+\dfrac{LJ}{K_m^2+Rf}p^2}.$$

Question 4 *Donner les caractéristiques de la fonction de transfert.*

En identifiant avec la forme canonique standard, $H(p)=\dfrac{K}{1+\dfrac{2\xi}{\omega_0}p+\dfrac{p^2}{\omega_0^2}}$ soit $K=\dfrac{K_m}{K_m^2+Rf}$, $\dfrac{2\xi}{\omega_0}=\dfrac{\left(RJ+Lf\right)}{K_m^2+Rf}$ et $\dfrac{1}{\omega_0^2}=\dfrac{LJ}{K_m^2+Rf}$.

Au final, $K=\dfrac{K_m}{K_m^2+Rf}$, $\omega_0=\sqrt{\dfrac{K_m^2+Rf}{LJ}}$, $\xi=\dfrac{RJ+Lf}{2\sqrt{LJ\left(K_m^2+Rf\right)}}$.

Question 5 *Vérifier l'homgénéité des différentes constantes.*

Le gain doit être en $\text{rad}\,\text{s}^{-1}\text{V}^{-1}$.

D'une part, $[K_m]=\text{N}\,\text{m}\,\text{A}^{-1}$. D'autre part, $[K_m]=\text{V}\,\text{rad}^{-1}\,\text{s}$. On a donc $\text{V}\,\text{rad}^{-1}\,\text{s}=\text{N}\,\text{m}\,\text{A}^{-1}$. (On pourrait aussi le montrer par une analyse dimensionnelle...)

De plus $[R]=\Omega=\dfrac{\text{V}}{\text{A}}$ et $[f]=\text{N}\,\text{m}\,\text{rad}^{-1}\,\text{s}$.

On a donc $[K]=\dfrac{\text{N}\,\text{m}\text{A}^{-1}}{(\text{N}\,\text{m}\text{A}^{-1})^2+\text{N}\,\text{m}\,\text{rad}^{-1}\,\text{s}\times\text{V}\text{A}^{-1}}=\dfrac{1}{\text{N}\,\text{m}\text{A}^{-1}+\text{rad}^{-1}\,\text{s}\,\text{V}}=\dfrac{1}{\text{rad}^{-1}\,\text{s}\,\text{V}}=\text{rad}\,\text{s}^{-1}\,\text{V}^{-1}$.

La pulsation propre doit être en s^{-1} ou $\text{rad}\,\text{s}^{-1}$.

On a vu que $[K_m^2]=[Rf]$. De plus $[L]=H=\text{V}\,\text{s}\text{A}^{-1}$ et $[J]=\text{N}\text{m}\,\text{rad}^{-1}\text{s}^2$ (PFD).

$[\omega_0]=\sqrt{\dfrac{\text{N}^2\,\text{m}^2\text{A}^{-2}}{\text{V}\,\text{s}\text{A}^{-1}\times\text{N}\text{m}\,\text{rad}^{-1}\text{s}^2}}=\sqrt{\dfrac{\text{N}\,\text{m}\,\text{rad}}{\text{V}\,\text{s}\text{A}\text{s}^2}}$. Or, $\text{W}=\text{N}\,\text{m}\,\text{rad}\,\text{s}^{-1}=\text{VA}$.

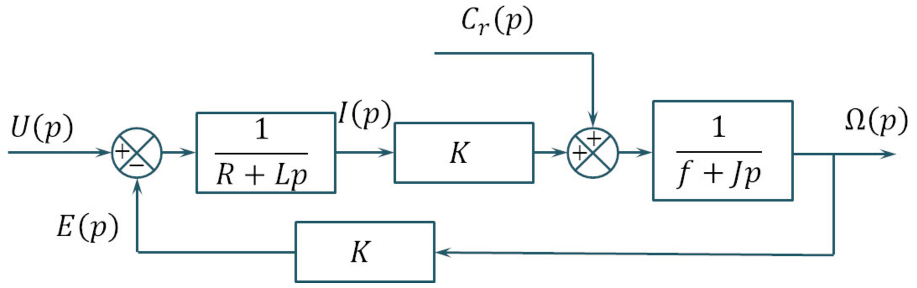
On a alors $[\omega_0]=\sqrt{\dfrac{\text{N}\,\text{m}\,\text{rad}\,\text{s}^{-1}}{\text{V}\,\text{s}^2\text{A}}}=\sqrt{\dfrac{1}{\text{s}^2}}=\text{s}^{-1}$.

Enfin, ξ est sans unité... à vérifier :)

Exercice 217 – Moteur à courant continu⋆

B2-07

Question 1 *Réaliser le schéma-blocs.*



Question 2 *Mettre le schéma-blocs sous la forme suivante.*

En utilisant le schéma-blocs proposé, on a $\Omega(p)=\left(C_r(p)A(p)+U(p)B(p)\right)C(p)$.

D'autre part, $\Omega(p)=\left(C_r(p)+\dfrac{K}{R+Lp}\left(U(p)-K\Omega(p)\right)\right)\dfrac{1}{f+Jp}$.

On a donc $\left(f+Jp\right)\Omega(p)=C_r(p)+U(p)\dfrac{K}{R+Lp}$

$$\Leftrightarrow \left(f+Jp\right)\Omega(p)+\frac{K^2}{R+Lp}\Omega(p)=C_r(p)+U(p)\frac{K}{R+Lp}$$

$$\Leftrightarrow \left(\left(f+Jp\right)+\frac{K^2}{R+Lp}\right)\Omega(p)=C_r(p)+U(p)\frac{K}{R+Lp}$$

$$\Leftrightarrow \frac{K^2+\left(f+Jp\right)\left(R+Lp\right)}{R+Lp}\Omega(p)=C_r(p)+U(p)\frac{K}{R+Lp}$$

$$\Leftrightarrow \Omega(p)=\left(C_r(p)+U(p)\frac{K}{R+Lp}\right)\frac{R+Lp}{K^2+\left(f+Jp\right)\left(R+Lp\right)}.$$

Dés lors plusieurs schéma-blocs peuvent répondre à la question. Par exemple, $A(p)=1$, $B(p)=\dfrac{K}{R+Lp}$,

$$C(p)=\frac{R+Lp}{K^2+\left(f+Jp\right)\left(R+Lp\right)}.$$

En poursuivant, on a aussi : $\Omega(p)=\left(C_r(p)(R+Lp)+U(p)K\right)\dfrac{1}{K^2+\left(f+Jp\right)\left(R+Lp\right)}$.

On a donc aussi, $A(p)=R+Lp$, $B(p)=K$, $C(p)=\dfrac{1}{K^2+\left(f+Jp\right)\left(R+Lp\right)}$

Exercice 216 – Valeur finale⋆

C2-03

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

On a $H(p)=\dfrac{\dfrac{K}{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)}}{1+\dfrac{CK}{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)}}=\dfrac{K}{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)+CK}$. En conséquence, $S(p)=E(p)\dfrac{K}{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)+CK}$.

$s_\infty=\lim\limits_{t\to+\infty}s(t)=\lim\limits_{p\to 0}pS(p)=\lim\limits_{p\to 0}pE(p)H(p)$. Dans le cas où $E(p)$ est un échelon, on a $E(p)=\dfrac{E_0}{p}$ et donc $s_\infty=\lim\limits_{p\to 0}p\dfrac{E_0}{p}\dfrac{K}{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)+CK}=\dfrac{E_0}{C}$.

Question 2 *En déduire la valeur de l'erreur statique.*

L'erreur statique est donnée par $\lim\limits_{t\to+\infty}\left(e(t)-s(t)\right)=E_0-\dfrac{E_0}{C}$.

Question 3 *Déterminer la valeur finale de $s(t)$ lorsque l'entrée est une rampe de pente k.*

On a maintenant $E(p)=\dfrac{k}{p^2}$. On a donc et donc $s_\infty=\lim\limits_{p\to 0}p\dfrac{k}{p^2}\dfrac{K}{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)+CK}$ et $s_\infty=\infty$.

Question 4 *En déduire la valeur de l'erreur de traînage.*

$$\varepsilon_v=\lim_{t\to+\infty}\left(e(t)-s(t)\right)=\lim_{p\to 0}p\left(\frac{k}{p^2}-\frac{k}{p^2}\frac{K}{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)+CK}\right)$$

$$=\lim_{p\to 0}\frac{k}{p}\left(1-\frac{K}{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)+CK}\right)=\lim_{p\to 0}\frac{k}{p}\frac{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)+CK-K}{p\left(1+\tau_1 p\right)\left(1+\tau_2 p\right)+CK}=+\infty$$

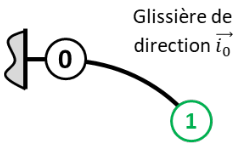
Question 5 *Qu'en est-il si $C=1$?*

$$\varepsilon_v = \lim_{p\to 0} \frac{k}{p}\frac{p(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)+CK-K}{p(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)+CK} = \lim_{p\to 0} \frac{k}{p}\frac{p(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}{p(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)+K} = \lim_{p\to 0} k\frac{(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}{p(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)+K} = \frac{k}{K}.$$

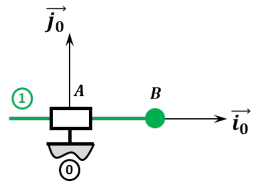
Exercice 215 – Mouvement T – ⋆

B2-12

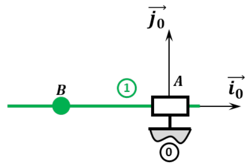
Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*



Question 2 *Retracer le schéma cinématique pour $\lambda = 10\,\text{mm}$.*



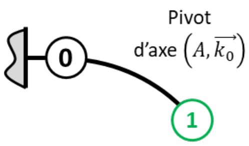
Question 3 *Retracer le schéma cinématique pour $\lambda = -20\,\text{mm}$.*



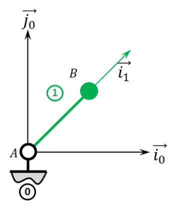
Exercice 214 – Mouvement R ⋆

B2-12

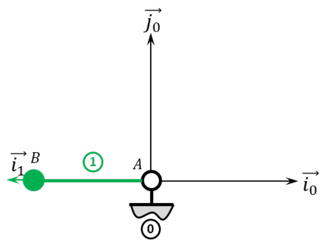
Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*



Question 2 *Retracer le schéma cinématique pour $\theta = \frac{\pi}{4}$ rad.*



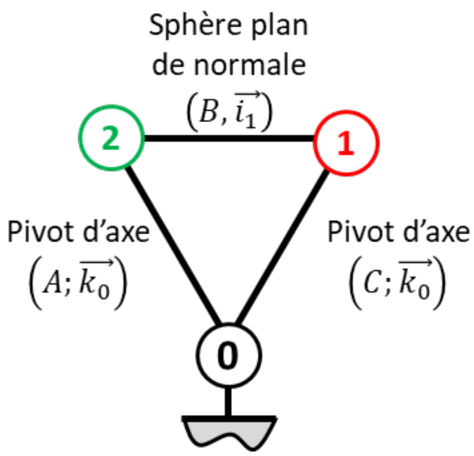
Question 3 *Retracer le schéma cinématique pour $\theta = \pi$ rad.*



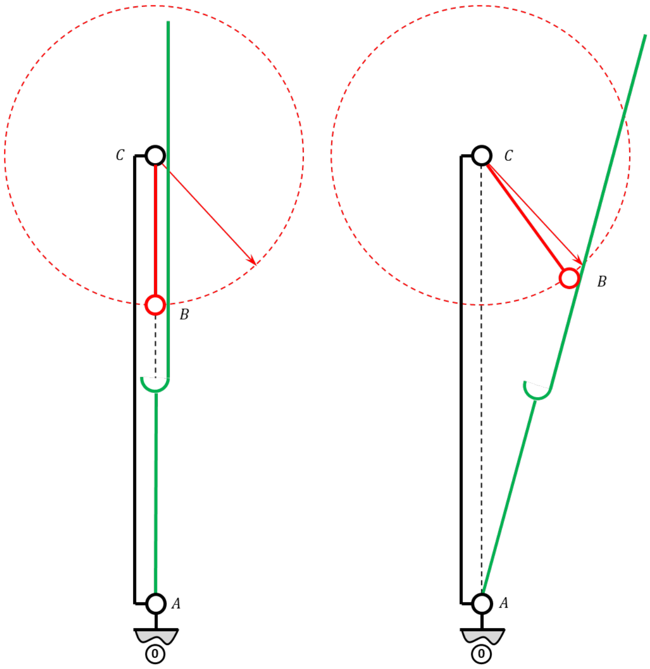
Exercice 213 – Barrière Sympact ⋆⋆

B2-12

Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*



Question 2 *Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = \frac{\pi}{2}$ rad.*



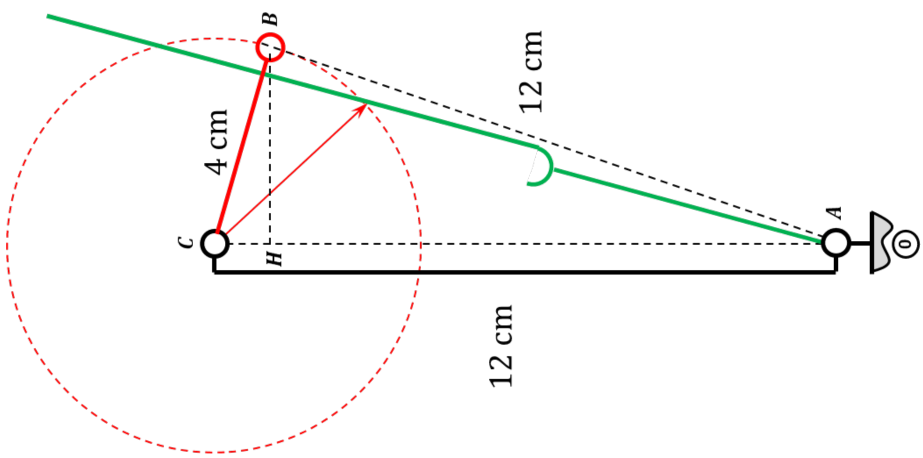
Question 3 *Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = 75°$.*

Question 4 *Dans l'hypothèse où la pièce **1** peut faire des tours complets, quelle doit être la longueur minimale de la pièce **2**.*

Dans cas, dans le pire des cas, A, B et C sont alignés (avec B au-dessus de C). Il faut donc $AB = AC + CB = 160\,\text{mm}$.

Question 5 *Dans l'hypothèse où la pièce **2** fait* 12 cm, *quel sera le débattement maximal de la pièce **1**.*

Comme je suis paresseux, j'ai réalisé la construction avec geogebra. On mesure 160,8 °.



Exercice 212 – Mouvement T – ⋆

C2-05

B2-13

Question 1 *Quel est le mouvement de **1** par rapport à **0**.*

1 est en translation de direction $\overrightarrow{i_0}$ par rapport à **0**.

Question 2 *Donner l'équation paramétrique de la trajectoire du point B, point appartenant à **1** par rapport à **0**.*

On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t)\overrightarrow{i_0}$. La trajectoire du point B est donc donnée par $\left\{\begin{array}{l} x_B(t) = \lambda(t) \\ y_B(t) = 0 \\ z_B(t) = 0 \end{array}\right.$ dans le repère $\left(A; \overrightarrow{i_0}, \overrightarrow{j_0}, \overrightarrow{z_0}\right)$.

Exercice 211 – Mouvement R ⋆

C2-05

B2-13

Question 1 *Quel est le mouvement de **1** par rapport à **0**.*

1 est en rotation de centre A et d'axe $\overrightarrow{k_0}$ par rapport à **0**.

Question 2 *Quelle est la trajectoire du point B appartenant à **1** par rapport à **0**.*

B est est en rotation par rapport à **0** (cercle de centre A et de rayon R).

Question 3 *Donner l'équation paramétrique de la trajectoire du point B, point appartenant à **1** par rapport à **0**.*

On a $\overrightarrow{AB} = R\overrightarrow{i_1} = R\cos\theta\overrightarrow{i_0} + R\sin\theta\overrightarrow{j_0}$. La trajectoire du point B est donc donnée par $\left\{\begin{array}{l} x_B(t) = R\cos\theta(t) \\ y_B(t) = R\sin\theta(t) \\ z_B(t) = 0 \end{array}\right.$ dans le repère $\left(A;\overrightarrow{i_0},\overrightarrow{j_0},\overrightarrow{z_0}\right)$.

Exercice 210 – Barrière Sympact ⋆⋆

B2-13 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Question 1 *Calculer $\overrightarrow{V(B,1/0)}$?*

$\overrightarrow{V(B,1/0)} = \overrightarrow{V(C,1/0)} + \overrightarrow{BC} \wedge \overrightarrow{\Omega(1/0)} = \overrightarrow{0} - R\overrightarrow{i_1} \wedge \dot\theta\overrightarrow{k_0} = R\dot\theta\overrightarrow{j_1}$.

(Possibilité d'utiliser la dérivation vectorielle.)

Question 2 *Calculer $\overrightarrow{V(B,2/0)}$?*

$\overrightarrow{V(B,2/0)} = \overrightarrow{V(A,2/0)} + \overrightarrow{BA} \wedge \overrightarrow{\Omega(2/0)} = \overrightarrow{0} - \lambda\overrightarrow{i_2} \wedge \dot\varphi\overrightarrow{k_0} = \lambda\dot\varphi\overrightarrow{j_2}$.

(**Impossibilité** d'utiliser la dérivation vectorielle.)

Question 3 *Justifier que $\overrightarrow{V(B,2/1)} \cdot \overrightarrow{j_2} = 0$.*

La liaison entre **2** et **1** est une liaison ponctuelle de normale $\overrightarrow{j_2}$. Il n'y a donc pas de vitesse sur cette direction (ce qui de plus provoquerait une rupture de contact en B).

Question 4 *En déduire une relation cinématique entre les différentes grandeurs.*

En utilisant la décomposition du vecteur vitesse, on a $\overrightarrow{V(B,2/1)} \cdot \overrightarrow{j_2} = \left(\overrightarrow{V(B,2/0)} - \overrightarrow{V(B,1/0)}\right) \cdot \overrightarrow{j_2} \Leftrightarrow 0 = \left(\lambda\dot\varphi\overrightarrow{j_2} - R\dot\theta\overrightarrow{j_1}\right) \cdot \overrightarrow{j_2} \Leftrightarrow 0 = \lambda\dot\varphi - R\dot\theta\cos\left(\varphi - \theta\right)$

Exercice 212 – Mouvement T – ⋆

B2-14

B2-15

C1-05 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Question 1 *Réaliser le graphe d'analyse en faisant apparaître l'ensemble des actions mécaniques.*

Question 2 *Donner le torseur de chacune des actions mécaniques.*

Question 3 *Simplifier les torseurs dans l'hypothèse des problèmes plans.*

Question 4 *Proposer une démarche permettant de déterminer l'effort que doit développer le vérin pour maintenir **1** en équilibre.*

Exercice 211 – Mouvement R ⋆

B2-14

B2-15

C1-05 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Question 1 *Réaliser le graphe d'analyse en faisant apparaître l'ensemble des actions mécaniques.*

Question 2 *Donner le torseur de chacune des actions mécaniques.*

Question 3 *Simplifier les torseurs dans l'hypothèse des problèmes plans.*

Question 4 *Proposer une démarche permettant de déterminer l'effort que doit développer le moteur pour maintenir **1** en équilibre.*

Exercice 210 – Barrière Sympact ⋆⋆

B2-13 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

On néglige la pesanteur sur la pièce **1**.

On note $\{\mathscr{F}(\text{Moteur} \rightarrow 1)\} = \left\{\begin{array}{c} \overrightarrow{0} \\ C_m\overrightarrow{k_0} \end{array}\right\}_{\forall P}$ l'action mécanique du moteur sur la pièce **1**.

On note $\{\mathscr{F}(\text{Ressort} \rightarrow 2)\} = \left\{\begin{array}{c} \overrightarrow{0} \\ C_r\overrightarrow{k_0} \end{array}\right\}_{\forall P}$ l'action mécanique d'un ressort couple sur la pièce **2**. Le raideur du ressort est telle qu'il exerce un couple de 45 Nm pour un angle de rotation 100°. On considère que le couple est nul lorsque la pièce 2 est à la verticale ($\varphi_o = \dfrac{\pi}{2}$). Il est au maximum lorsque $\varphi_f = 0$.

On note $\{\mathscr{F}(\text{Pes} \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{c} -Mg\,\overrightarrow{j_0} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_{\forall G}$ avec $\overrightarrow{AG} = L\,\overrightarrow{i_2}$.

Question 1 *Réaliser un graphe d'analyse.*

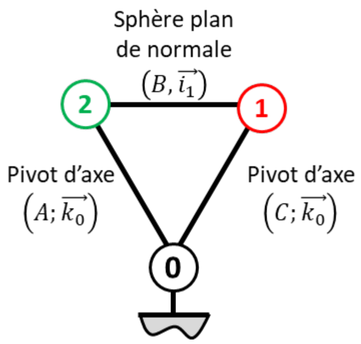
Question 2 *Expliciter C_r en fonction des différents constantes (k, φ_o, φ_f) et celles qui vous sembleraient utile.*

Question 3 *Proposer une méthode permettant d'exprimer le couple moteur en fonction des autres actions mécaniques.*

Exercice 209 – Barrière Sympact ⋆

C2-06

Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*



Question 2 *Exprimer $\varphi(t)$ en fonction de $\theta(t)$.*

On a $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CA} = \overrightarrow{0}$ soit $\lambda(t)\,\overrightarrow{i_2} - R\,\overrightarrow{i_1} - h\,\overrightarrow{j_0} = \overrightarrow{0}$.

En exprimant l'équation vectorielle dans le repère $\mathscr{R}_0$, on a $\lambda(t)\left(\cos\varphi(t)\,\overrightarrow{i_0} + \sin\varphi(t)\,\overrightarrow{j_0}\right) - R\left(\cos\theta(t)\,\overrightarrow{i_0} + \sin\theta(t)\,\overrightarrow{j_0}\right) - h\,\overrightarrow{j_0} = \overrightarrow{0}$.

On a alors $\left\{ \begin{array}{l} \lambda(t)\cos\varphi(t) - R\cos\theta(t) = 0 \\ \lambda(t)\sin\varphi(t) - R\sin\theta(t) - h = 0 \end{array} \right.$

soit $\left\{ \begin{array}{l} \lambda(t)\cos\varphi(t) = R\cos\theta(t) \\ \lambda(t)\sin\varphi(t) = R\sin\theta(t) + h \end{array} \right.$.

En faisant le rapport des équations, on a donc : $\tan\varphi(t) = \dfrac{R\sin\theta(t) + h}{R\cos\theta(t)}$ (pour $\theta(t) \neq \dfrac{\pi}{2}\, mod \pi$).

Question 3 *Exprimer $\dot{\varphi}(t)$ en fonction de $\dot{\theta}(t)$.*

On a : $\varphi(t) = \arctan\left(\dfrac{R\sin\theta(t) + h}{R\cos\theta(t)}\right)$.

Pour commencer, $(R\sin\theta(t) + h)' = R\dot{\theta}(t)\cos\theta(t)$ et $(R\cos\theta(t))' = -R\dot{\theta}(t)\sin\theta(t)$.

De plus, $\left(\dfrac{R\sin\theta(t) + h}{R\cos\theta(t)}\right)'$

$= \dfrac{R\dot{\theta}(t)\cos\theta(t) R\cos\theta(t) + R\dot{\theta}(t)\sin\theta(t)(R\sin\theta(t) + h)}{R^2\cos^2\theta(t)}$

$= \dfrac{R^2\dot{\theta}(t)\cos^2\theta(t) + R\dot{\theta}(t)\sin\theta(t)(R\sin\theta(t) + h)}{R^2\cos^2\theta(t)}$

$= \dfrac{R\dot{\theta}(t)\cos^2\theta(t) + R\sin^2\theta(t)\dot{\theta}(t) + h\dot{\theta}(t)\sin\theta(t)}{R\cos^2\theta(t)}$

$= \dot{\theta}(t)\dfrac{R + h\sin\theta(t)}{R\cos^2\theta(t)}$.

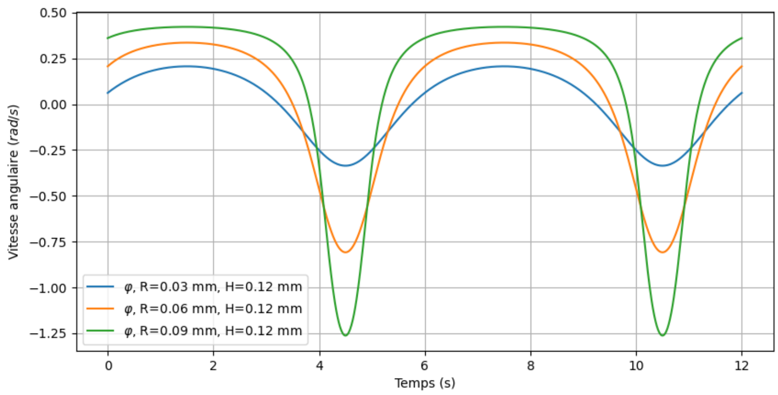
Au final,

$$\dot{\varphi}(t) = \frac{\dot{\theta}(t)\dfrac{R + h\sin\theta(t)}{R\cos^2\theta(t)}}{1 + \left(\dfrac{R\sin\theta(t) + h}{R\cos\theta(t)}\right)^2}\;\frac{\dot{\theta}(t)\dfrac{R + h\sin\theta(t)}{R\cos^2\theta(t)}}{1 + \dfrac{(R\sin\theta(t) + h)^2}{R^2\cos^2\theta(t)}}.$$

$$\dot{\varphi}(t)=R^2\cos^2\theta(t)\frac{\dot{\theta}(t)\dfrac{R+h\sin\theta(t)}{R\cos^2\theta(t)}}{R^2\cos^2\theta(t)+\dfrac{\left(R\sin\theta(t)+h\right)^2}{R^2\cos^2\theta(t)}}=\frac{R\dot{\theta}(t)(R+h\sin\theta(t))}{R^2\cos^2\theta(t)+\left(R\sin\theta(t)+h\right)^2}.$$

$$\dot{\varphi}(t)=\frac{R\dot{\theta}(t)(R+h\sin\theta(t))}{R^2\cos^2\theta(t)+R^2\sin^2\theta(t)+h^2+2Rh\sin\theta(t)}=\frac{R\dot{\theta}(t)(R+h\sin\theta(t))}{R^2+h^2+2Rh\sin\theta(t)}.$$

Question 4 *En utilisant Python, tracer $\dot{\varphi}(t)$ en fonction de $\dot{\theta}(t)$. On considérera que la fréquence de rotation de la pièce **1** est de 10 tours par minute.*




```
#!/usr/bin/env python
# -*- coding: utf-8 -*-

"""14_Sympact.py"""

__author__ = "Xavier␣Pessoles"
__email__ = "xpessoles.ptsi@free.fr"

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import math as m
from scipy.optimize import newton
from scipy.optimize import fsolve

R = 0.03 # m
H = 0.12 # m
w = 10 # tours /min
w = 10*2*m.pi/60 # rad/s

def calc_phi(theta):
    num = R*np.sin(theta)+H
    den = R*np.cos(theta)
    return np.arctan2(num,den)

def calc_phip(theta):
    num = R*w*(R+H*np.sin(theta))
    den = R*R+H*H+2*R*H*np.sin(theta)
    return np.arctan2(num,den)

def plot_phi():
    les_t = np.linspace(0,12,1000)
    les_theta = w*les_t
    les_phi = calc_phi(les_theta)
    plt.grid()
    plt.xlabel("Temps␣(s)")
    plt.ylabel("Position␣angulaire␣($rad$)")
    #plt.plot(les_t,les_theta,label=str("$\\theta$, R=")+str(R)+" mm,"+str("H=")+str(H)+" mm")
    plt.plot(les_t,les_phi,label=str("$\\varphi$,␣R=")+str(R)+"␣mm,␣"+str("H=")+str(H)+"␣mm")
    plt.legend()
```

```
    plt.show()


def plot_phip():
    les_t = np.linspace(0,12,1000)
    les_theta = w*les_t
    les_phip = calc_phip(les_theta)

    plt.grid()
    plt.xlabel("Temps␣(s)")
    plt.ylabel("Vitesse␣angulaire␣($rad/s$)")
    #plt.plot(les_t,les_theta,label=str("$\\theta$, R=")+str(R)+" mm,"+str("H=")+str(H)+" mm")
    plt.plot(les_t,les_phip,label=str("$\\varphi$,␣R=")+str(R)+"␣mm,␣"+str("H=")+str(H)+"␣mm")
    plt.legend()
    plt.show()

for R in [0.03,0.06,0.09]:
    plot_phip()
```

Exercice 208 – Barrière Sympact ⋆⋆ A FINIR

C2-07 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

On néglige la pesanteur sur la pièce **1**.

On note $\{\text{Moteur}(1 \rightarrow =)\}\left\{\begin{array}{c}\overrightarrow{0}\\ C_m\,\overrightarrow{k_0}\end{array}\right\}_{\forall P}$ l'action mécanique du moteur sur la pièce **1**.

On note $\{\text{Ressort}(2 \rightarrow =)\}\left\{\begin{array}{c}\overrightarrow{0}\\ C_r\,\overrightarrow{k_0}\end{array}\right\}_{\forall P}$ l'action mécanique d'un ressort couple sur la pièce **2**. Le raideur du ressort est telle qu'il exerce un couple de 45 Nm pour un angle de rotation 100°. On considère que le couple est nul lorsque la pièce 2 est à la verticale ($\varphi_o = \dfrac{\pi}{2}$). Il est au maximum lorsque $\varphi_f = 0$.

On note $\{\text{Pes}(2 \rightarrow =)\}\left\{\begin{array}{c}-M g\,\overrightarrow{j_0}\\ \overrightarrow{0}\end{array}\right\}_{\forall G}$ avec $\overrightarrow{AG} = L\,\overrightarrow{i_2}$.

Question 1 *Réaliser un graphe d'analyse.*

Question 2 *Expliciter C_r en fonction des différents constantes (k, φ_o, φ_f) et celles qui vous sembleraient utile.*

Question 3 *Proposer une méthode permettant d'exprimer le couple moteur en fonction des autres actions mécaniques.*

Question 4 *Mettre en oeuvre une méthode permettant d'exprimer le couple moteur en fonction des autres actions mécaniques.*

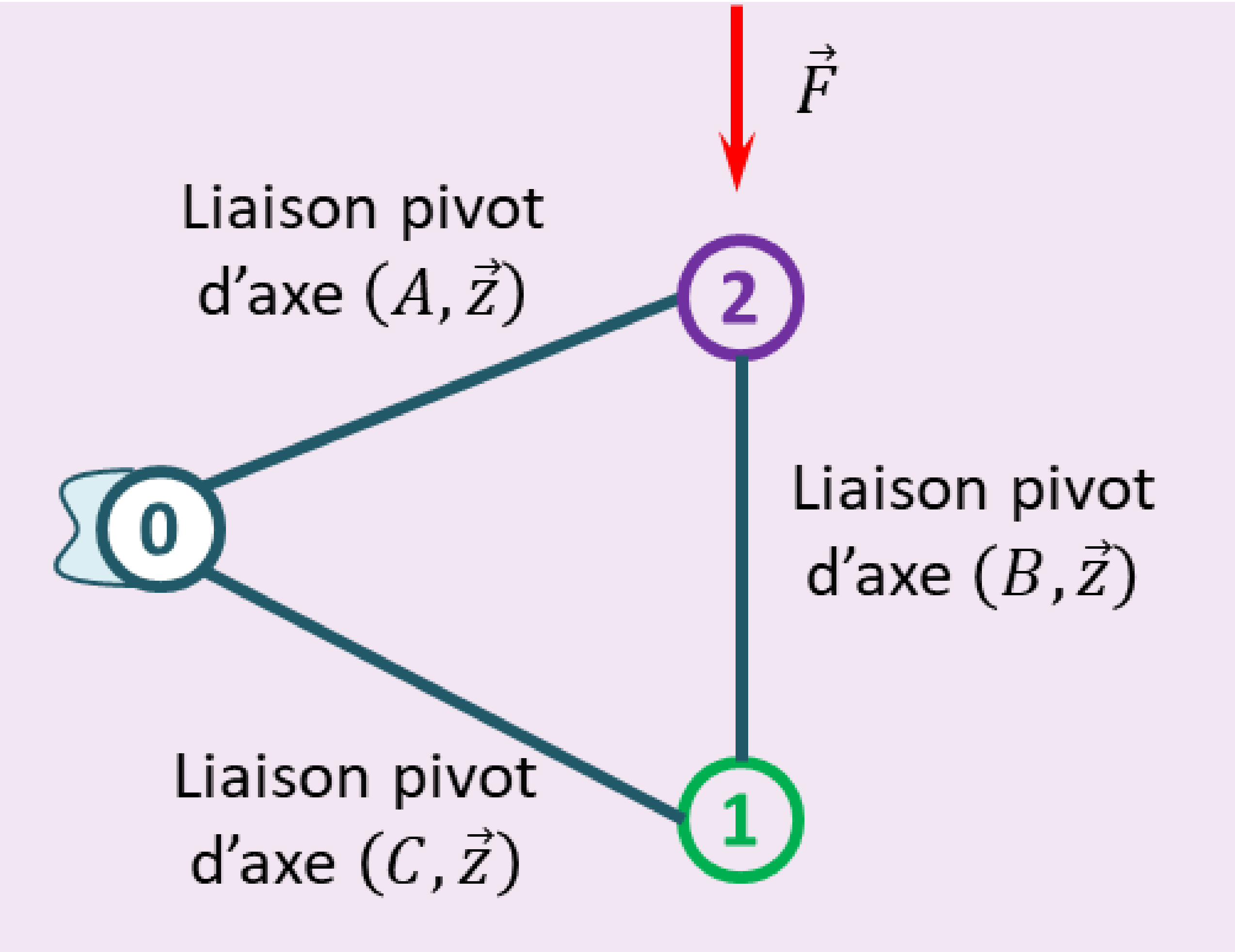
Question 5 *Tracéer de courbe Python.*

Exercice 207 – Détermination des efforts dans une structure étayée ⋆⋆

C2-07 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Question 1 *Tracer le graphe d'analyse du système (graphe des liaisons et actions extérieures).*

Correction



Question 2 *Proposer une stratégie permettant de déterminer les actions mécaniques dans les liaisons.*

Correction Ici, il s'agit de déterminer les actions mécaniques dans toutes les liaisons. Il faudra donc isoler successivement toutes les pièces et réaliser un PFS pour chacune d'entre elles. Cependant, il y a quand même une stratégie d'isolement à avoir : **il faut commencer par isoler les solides soumis à deux glisseurs**. En effet, d'après le PFS, lorsqu'un solide est soumis à deux glisseurs, les deux forces sont de même norme, de même direction (droite passant par le point d'application des deux glisseurs) et de sens opposé.

La stratégie est donc la suivante :

- on isole 1 et on réalise le PFS.
- on isole 2 et on réalise le PFS en B.

Question 3 *Déterminer les actions mécaniques dans les liaisons en fonction de F.*

Correction **On isole 1. On réalise le BAME :**

- $\{\mathcal{T}(0\rightarrow 1)\}$;
- $\{\mathcal{T}(2\rightarrow 1)\}$.

D'après le PFS pour un solide soumis à 2 glisseurs, on a : $\{\mathcal{T}(0\rightarrow 1)\}+\{\mathcal{T}(2\rightarrow 1)\}=0$.

Résolution : $\{\mathcal{T}(0\rightarrow 1)\}=-\{\mathcal{T}(2\rightarrow 1)\}=\left\{\begin{array}{c} F_{01}\overrightarrow{x_1} \\ \overrightarrow{0} \end{array}\right\}_A$.

Correction **On isole 2. On réalise le BAME :**

- $\{\mathcal{T}(0\rightarrow 2)\}=\left\{\begin{array}{c} X_{02}\overrightarrow{x}+Y_{02}\overrightarrow{y} \\ \overrightarrow{0} \end{array}\right\}_A=\left\{\begin{array}{c} X_{02}\overrightarrow{x}+Y_{02}\overrightarrow{y} \\ -a\,Y_{02}\overrightarrow{z} \end{array}\right\}_A$;
- $\{\mathcal{T}(1\rightarrow 2)\}=\left\{\begin{array}{c} F_{01}\overrightarrow{x_1} \\ \overrightarrow{0} \end{array}\right\}_B$;

- $\{\mathscr{T}(\text{ext} \to 2)\} = \left\{ \begin{array}{c} -F\overrightarrow{y} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_C = \left\{ \begin{array}{c} -F\overrightarrow{y} \\ -F\,b\,\overrightarrow{z} \end{array} \right\}_C$.

D'après le PFS pour un solide soumis à 2 glisseurs, on a :

$\{\mathscr{T}(0 \to 2)\} + \{\mathscr{T}(1 \to 2)\} + \{\mathscr{T}(\text{ext} \to 2)\} = 0$.

Résolution :

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{02} + F_{01}\cos\alpha = 0 \\ Y_{02} + F_{01}\sin\alpha - F = 0 \\ -a\,Y_{02} - F\,b = 0 \end{array} \right.$$

$$\Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_{02} = -F_{01}\cos\alpha = -F\dfrac{a+b}{a\tan\alpha} \\ F_{01} = \dfrac{F - Y_{02}}{\sin\alpha} = F\dfrac{a+b}{a\sin\alpha} \\ Y_{02} = -\dfrac{b}{a}F \end{array} \right.$$

Exercice 206 – Ecart★

C2-02 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

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 205 – Identification temporelle ★

B2-06 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

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

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

Exercice 204 – Identification ★

B2-06

Pas de corrigé pour cet exercice.

Question 1 *Déterminer les période et les pulsations de chacun des signaux..*

Question 2 *En déduire le gain et le déphasage en régime permanent pour chacune des courbes temporelles de sortie correspondant aux 3 entrées.*

Exercice 203 – Train simple ★

A3-05

C2-06

Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Déterminer* $\dfrac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}}$ *en fonction du nombre de dents des roues dentées.*

On a $\dfrac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}} = -\dfrac{Z_1}{Z_3}$.

Question 3 *Donner une relation géométrique entre* Z_1, Z_2 *et* Z_3 *permettant de garantir le fonctionnement du train d'engrenages.*

On a $Z_3 = 2Z_2 + Z_1$.

Exercice 202 – Train simple ★

A3-05

C2-06

Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Déterminer* $\dfrac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$ *en fonction du nombre de dents des roues dentées.*

On a $\dfrac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}} = -\dfrac{Z_1 Z_{22}}{Z_4 Z_{21}}$.

Question 3 *Donner une relation géométrique entre Z_1, Z_{21}, Z_{22} et Z_4 permettant de garantir le fonctionnement du train d'engrenages.*

On a $Z_1+Z_{21}+Z_{22}=Z_4$.

Exercice 201 – Train simple ⋆

A3-05

C2-06

Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Déterminer $\dfrac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$ en fonction du nombre de dents des roues dentées.*

On a $\dfrac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}=\dfrac{Z_1 Z_{22}}{Z_4 Z_{21}}$.

Exercice 200 – Train simple ⋆

A3-05

C2-06

Question 1 *Tracer le graphe des liaisons.*

Question 2 *Déterminer $\dfrac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$ en fonction du nombre de dents des roues dentées.*

On a $\dfrac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}=\dfrac{Z_1 Z_{22}}{Z_4 Z_{21}}$.

Exercice 199 – La Seine Musicale⋆

B2-07 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Question 1 *En considérant que la perturbation $C_{pert}(p)$ est nulle, déterminer $H_f(p)=\dfrac{\Omega_m(p)}{\Omega_c(p)}$ sous forme canonique.*

Question 2 *Exprimer la fonction de transfert $H_r(p)=\dfrac{\Omega_m(p)}{C_{pert}(p)}$ en la mettant sous la forme : $H_r(p)=-\dfrac{\alpha(1+\tau p)}{1+\gamma p+\delta p^2}$. Exprimer α, τ, γ et δ en fonction des différents paramètres de l'étude.*

Question 3 *Exprimer $X_{ch}(p)$ en fonction de $\Omega_m(p)$ et $C_{pert}(p)$.*

Exercice 198 – Machine de rééducation SysReeduc ⋆

B2-07 **Pas de corrigé pour cet exercice.**

Question 1 *À partir des équations proposées, déterminer les fonctions de transfert K_1, K_2, $H_3(p)$, $H_4(p)$, K_5, K_6, K_7, K_8 et K_9.*

On a :

- $u_m(t)=e(t)+Ri(t)\Rightarrow U_m(p)=E(p)+RI(p)$ et $C_{M1}(p)=k_t I(p)$ donc $K_2=\dfrac{k_t}{R}$;
- $E(p)=k_e\Omega_m(p)$ et donc $K_7=k_e$;
- $(M+m)r\rho_1 p\Omega_m(p)=\dfrac{C_{M1}(p)}{\rho_1 r}-F_p(p)\Leftrightarrow(M+m)r^2\rho_1^2 p\Omega_m(p)=C_{M1}(p)-\rho_1 r F_p(p)$ et donc $K_9=\rho_1 r$ et $H_3(p)=\dfrac{1}{(M+m)r^2\rho_1^2 p}$;
- $H_4(p)$ permet d'obtenir une position à partir d'une vitesse. Il s'agit donc d'un intégrateur et $H_4(p)=\dfrac{1}{p}$;
- un codeur incrémental avec 1 émetteur-récepteur permet de détecter les fentes et les « non fentes » donc ici 1000 informations par tour. Avec un second émetteur, on double la résolution soit 2000 informations pour un tour soit $K_8=\dfrac{2000}{2\pi}$;
- en utilisant le réducteur et le poulie courroie, on a directement $K_5=\rho_1$ et $K_6=r$ (à convertir en mètres) ;
- enfin, K_1 convertit des mètres en incréments. X_c est la consigne que doit respectée X. Pour avoir un asservissement précis, il faut donc $\varepsilon=0$ et $X=X_c$ soit $\varepsilon=0=K_1X_C-K_8\theta_m=K_1X_C-K_8\dfrac{X}{K_5K_6}$. Au final, $K_1=\dfrac{K_8}{K_5K_6}$.

Question 2 *Montrer que le schéma-blocs peut être mis sous la forme suivante. On exprimera A, B et D en fonction des paramètres du système r, ρ_1, k_t, k_e, R, M, m et K_8.*

Correction