

DDS 3

Les ptits devoirs du soir
Xavier Pessoles

Chapitre 1

Analyser

1.1 Analyser le besoin et les exigences

- 1.1.1 Décrire le besoin et les exigences.
- 1.1.2 Traduire un besoin fonctionnel en exigences.
- 1.1.3 Définir les domaines d'application et les critères technico-économiques et environnementaux.
- 1.1.4 Qualifier et quantifier les exigences.
- 1.1.5 Évaluer l'impact environnemental et sociétal.

1.2 Définir les frontières de l'analyse

- 1.2.1 Isoler un système et justifier l'isolement.
- 1.2.2 Définir les éléments influents du milieu extérieur.
- 1.2.3 Identifier la nature des flux échangés traversant la frontière d'étude.

1.3 Analyser l'organisation fonctionnelle et structurelle

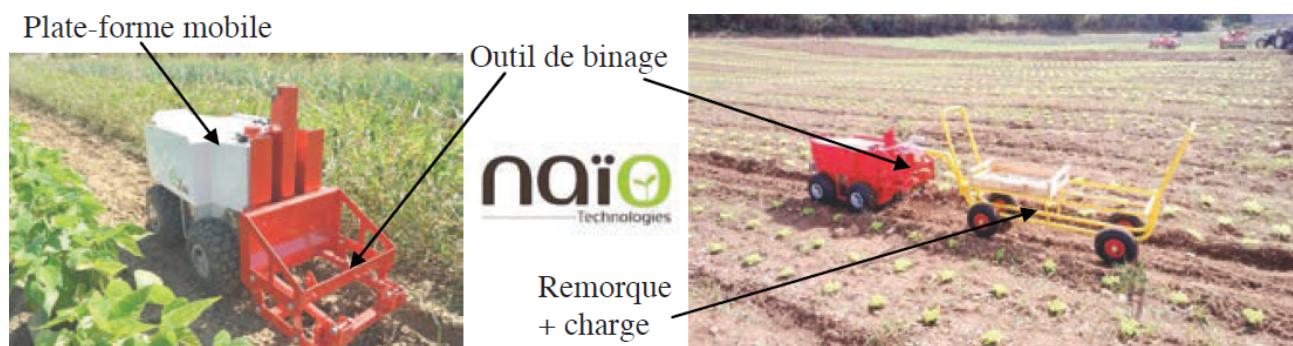
- 1.3.1 Associer les fonctions aux constituants.

Exercice 1 – Robot de maraîchage Oz 440 *

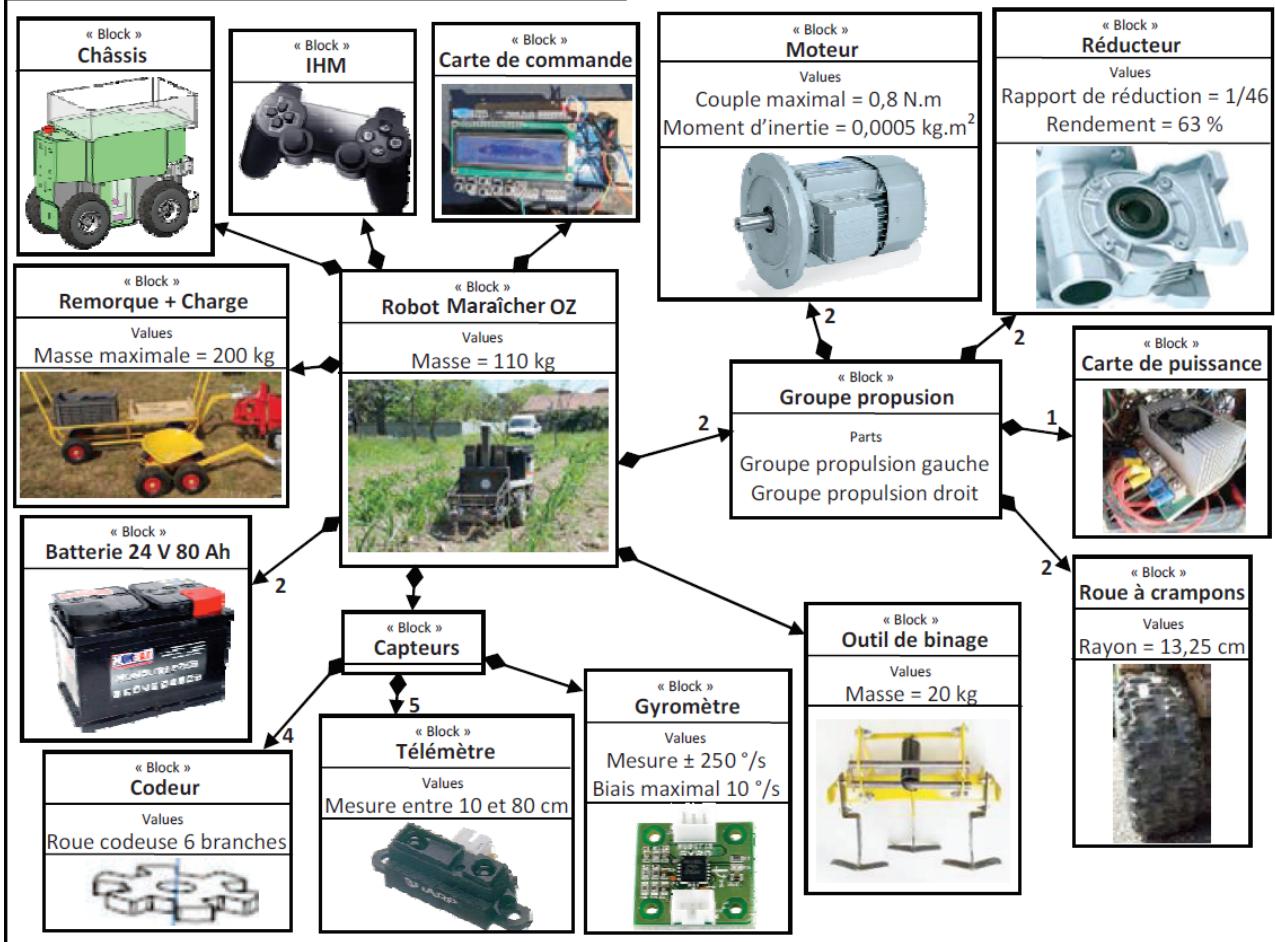
A3-01

Pas de corrigé pour cet exercice.

Le robot de maraîchage Oz 440 développé par la société Naïo Technologies est un outil autonome agricole, alliant robustesse et écologie, capable d'assister les maraîchers dans les tâches les plus pénibles comme le transport de charges lors des récoltes et le désherbage mécanique à l'aide d'un outil de binage.



Ce robot est constitué d'une plate-forme mobile électrique à 4 roues motrices sur laquelle sont fixés divers outils et capteurs. La figure 1 donne la structure du robot sous la forme d'un diagramme de définition de blocs (BDD) avec les propriétés principales de chaque constituant, utiles pour la résolution du problème.

BDD - Robot Maraîcher OZ - Diagramme de définition de blocs


Ce robot de petite taille évolue directement entre les rangées de cultures pour un travail de précision. Il peut, par exemple, désherber et aussi suivre des personnes lors de la récolte tout en transportant des charges. Bien plus petit qu'un tracteur classique, il ne casse pas la structure naturelle du sol et évite ainsi le phénomène de compaction des sols provoqué habituellement par les tracteurs ou le piétinement de l'homme. Il roule lentement et passe au plus près des cultures sans risquer de les abîmer. Selon le vieux adage « un binage vaut deux arrosages », le fait de pouvoir utiliser ce robot régulièrement, sans perte de temps, permet de toujours avoir un sol parfaitement biné et ainsi de diminuer les effets d'évaporation de l'eau.

Question 1 À l'aide du diagramme de définition de blocs disponible, réaliser le diagramme correspondant à la chaîne fonctionnelle de l'ensemble groupe propulsion droit du robot.

Corrigé voir 1.

Exercice 2 – Système de levage à multiples colonnes *
A3-01
Pas de corrigé pour cet exercice.

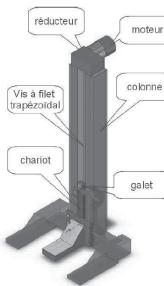
Les sociétés de transports publics des grandes agglomérations gèrent des réseaux comportant des bus et/ou des tramways. Ces sociétés possèdent des centres de maintenance ayant en charge l'entretien et la réparation de leurs véhicules. On s'intéresse ici à la maintenance de tramways sur rails de type TFS (Tramway Français Standard).

Le système de levage est constitué d'une armoire de commande (nommée PC) munie d'un pupitre de commande, d'un API (Automate Programmable Industriel), de relais et cartes de commande pour moteurs. Cette PC peut gérer jusqu'à 10 colonnes de levage. Ces colonnes de levage sont des unités indépendantes mobiles que l'on peut déplacer manuellement grâce à des roues escamotables. Elles sont constituées d'un chariot de levage guidé par 4 galets roulant à l'intérieur d'une colonne (rails en tôle pliée).

L'entraînement du chariot se fait par une vis à filet trapézoïdal, mise en rotation par un moto-réducteur-frein asynchrone. On met en place les colonnes au niveau de la plate forme du tramway à soulever, aux endroits prévus à cet effet.



Photo 2 : Colonne de levage



Modèle numérique de la colonne



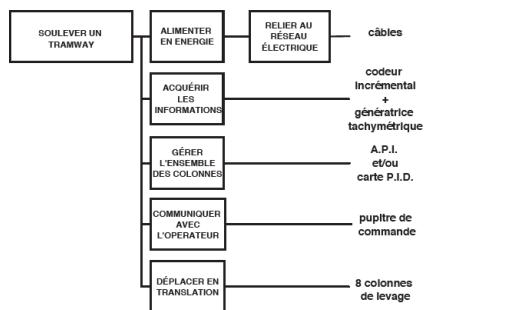
Photo 5 : Tramway en position soulevée



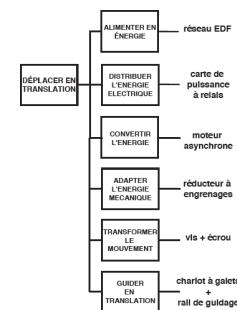
Photo 6 : Vis d'entraînement

Pour soulever un tramway de 45 tonnes et de 30 mètres de long, le service de maintenance utilise 8 colonnes de levage d'une capacité unitaire maximale de 8,2 tonnes commandées simultanément. Lorsque les colonnes sont en place, on démarre le cycle de levage : l'opérateur peut choisir un fonctionnement manuel ou automatique. En mode automatique, on affiche sur le pupitre la consigne de hauteur à atteindre, la PC pilote alors chaque moteur des 8 colonnes jusqu'à ce que cette hauteur soit atteinte. Chaque colonne est équipée d'un codeur incrémental informant la PC de la position du chariot de levage de la colonne. Pour un fonctionnement en toute sécurité, il faut assurer une certaine horizontalité du tramway soulevé : l'ensemble des points de levage doit être compris entre deux plans parallèles distants de 20 mm au maximum (coplanéité).

Le développement sous forme de FAST de la fonction principale F.P.1 (plus simplement écrite « Soulever un tramway ») est donné ci-après.



Le développement sous forme de FAST de la fonction technique « Déplacer en translation » pour une colonne est donné ci-après.



Question 1 Vous ne connaissez pas le diagramme FAST (je le sais). Quel(s) diagramme(s) SysML pourriez-vous utiliser pour remplacer les diagrammes « FAST ».

Question 2 Réaliser la chaîne fonctionnelle du système de levage étudié.

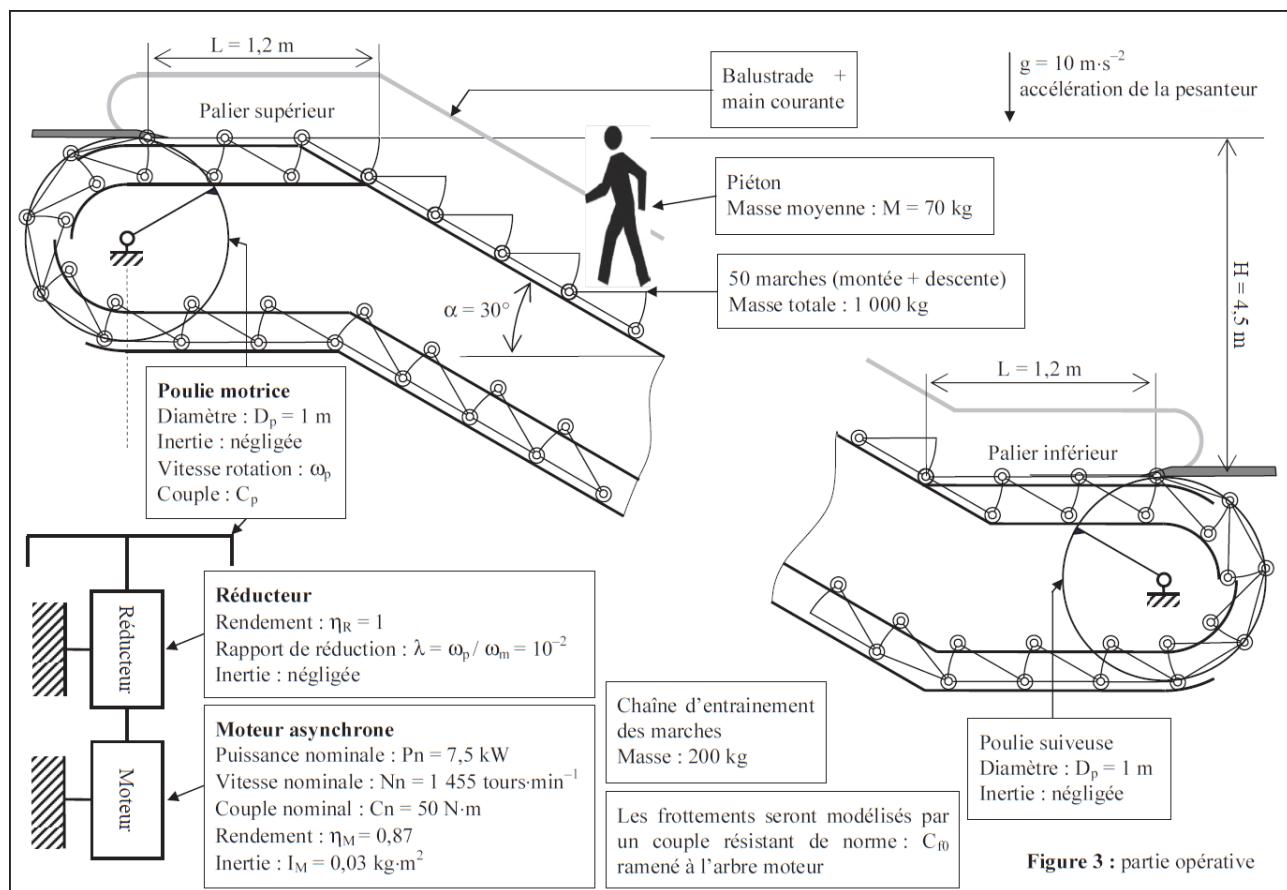
Corrigé voir 2.

Exercice 3 – Escalier mécanique*

A3-01

Pas de corrigé pour cet exercice.

Un escalier mécanique (figure 1), appelé aussi escalier roulant ou Escalator (nom déposé par la société Otis), est un élévateur adapté au transport de personnes. Sa fonction principale est de faciliter le déplacement des piétons entre deux points de différentes hauteurs.



Question 1 En analysant le schéma de principe de la figure précédente, proposer une chaîne fonctionnelle de l'escalier mécanique.

Corrigé voir 3.

1.3.2 Justifier le choix des constituants dédiés aux fonctions d'un système.

1.3.3 Identifier et décrire les chaînes fonctionnelles du système.

1.3.4 Identifier et décrire les liens entre les chaînes fonctionnelles.

1.3.5 Caractériser un constituant de la chaîne de puissance.

1.3.6 Caractériser un constituant de la chaîne d'information.

Exercice 4 – Capteurs *

A3-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

Question 1 Donner le rôle et le principe de fonctionnement (schémas) des capteurs suivants :

- génératrice tachymétrique;

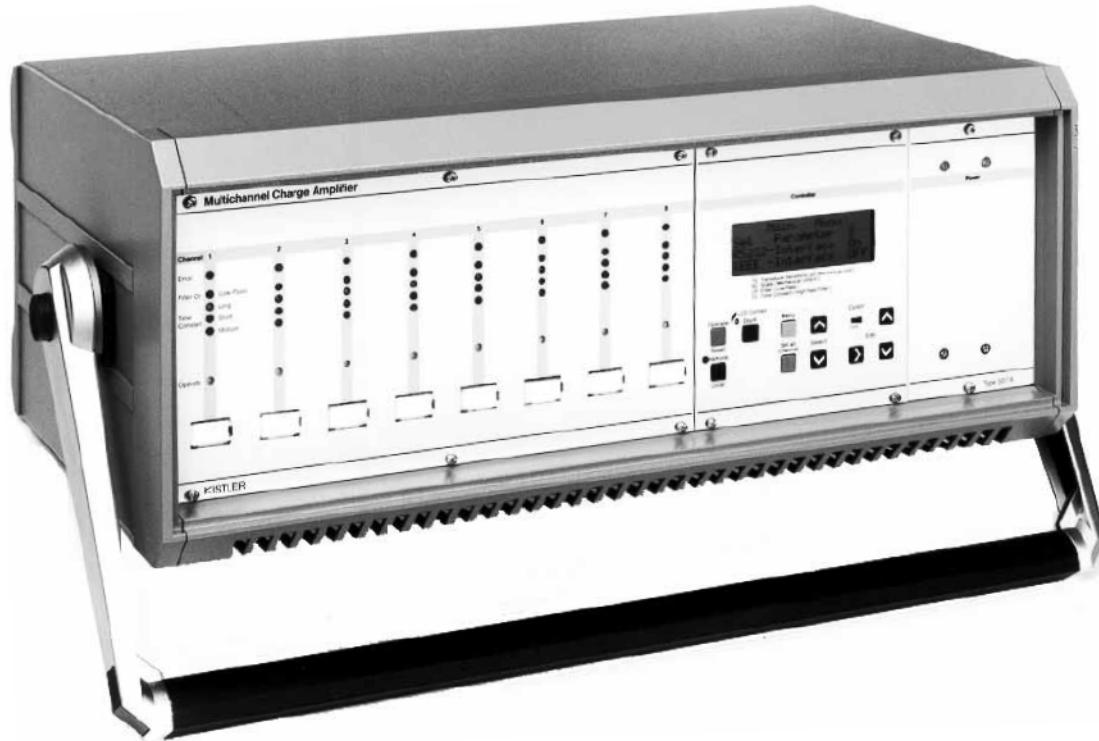
- potentiomètre rotatif;
- codeur incrémental;
- codeur absolu.

Corrigé voir 4.

Exercice 5 – Le banc balafre *

A3-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

Entre autres contrôles de la chaîne d'acquisition, le superviseur vérifie que la mesure des efforts se fait correctement : au niveau des actionneurs piézoélectriques et au niveau du joint testé. Les capteurs de force utilisés sur le système sont analogiques. Afin de simplifier le traitement et l'interprétation de ces forces, on utilise un amplificateur de charges à plusieurs canaux (voir figure 3.10).



DDS

FIGURE 1.1 – Amplificateur de charge à plusieurs canaux KISTLER.

Cet amplificateur possède deux options qui sont utilisées sur le banc Balafre :

- l'amplificateur de sommation pour le calcul analogique des forces et moments résultants;
- un convertisseur Analogique/Numérique pour faire le traitement des données (algorithme de contrôle).

Dans l'algorithme de contrôle, la valeur d'effort de chaque actionneur est comparée à la valeur théorique de la consigne effectuée pour le contrôle. Si un écart trop grand est constaté, l'algorithme de contrôle émet un signal d'erreur (Contrôle=2). Pour cette mesure, on considère qu'une résolution inférieure à 10 N est nécessaire. La conversion analogique/numérique se fait ici sur 12 bits. La mesure de l'effort se fait sur la plage de -20 à 20 kN. Les données techniques utiles sont rassemblées sur la figure 1.2.

Le capteur de force (voir figure 1.3) utilisé est un capteur KISTLER 9167A, permettant de mesurer des efforts dans trois directions. Pour la mesure de l'effort développé par les actionneurs, seule la direction Z est utilisée, et la sensibilité du capteur dans cette direction est $4,2 \text{ pCN}^{-1}$. Le synoptique de la figure 1.4 présente la structure interne de l'amplificateur de charge.

Ladungsverstärker	Amplificateur de charge	Charge amplifier	
Anzahl Messkanäle	Nombre des canaux de mesure	Number of measuring channels	3 ... 8
Messbereich	Gamme de mesure	Measuring range	pC $\pm 10 \dots 999'000$
Sensorempfindlichkeit	Sensibilité du capteur	Sensor sensitivity	pC / M.U. 0,01 ... 9990 1)
Massstab	Echelle	Scale	M.U. / V 0,001 ... 9'990'000
Ausgangsspannung	Tension de sortie	Output voltage	V ± 10
Ausgangstrom (kurzschlussicher)	Courant de sortie (protégé contre les court-circuits)	Output current (short-circuit protected)	mA 0 ... ± 5
Ausgangsimpedanz	Impédance de sortie	Output impedance	Ω 10
Frequenzbereich (-3dB, Filter off)	Gamme de fréquence (-3dB, Filter off)	Frequency limit (-3dB, Filter off)	kHz $\approx 0 \dots 200$
Tiefpassfilter	Filtre passe-bas Butterwoth à 2 pôles, à 8 étages 10, 30, 100 ... (-3dB)	Low-pass filter Butterworth 2-pole, 8 stages 10, 30, 100 ... (-3dB)	kHz 0,01 ... 30 ($\pm 10\%$)
Zeitkonstante	Constante de temps	Time constant	DC-mode
Hochpassfilter	Long Medium Short	High-pass filter Long Medium Short	1 ... 10'000
			s 0,01 ... 100
Linearität	Linéarité	Linearity	% $<\pm 0,05$
Messfehler	Erreur de mesure	Measuring error	% $<\pm 3$
$\leq 99,9 \text{ pC FS}$	$\leq 99,9 \text{ pC FS}$	$\leq 99,9 \text{ pC FS}$	% $<\pm 1$
$\geq 100 \text{ pC FS}$	$\geq 100 \text{ pC FS}$	$\geq 100 \text{ pC FS}$	
Ausgangsstörsignal	Interférence à la sortie	Output interference	mV_{rms} <1,5
Drift (Leckstrom MOSFET) bei 25 °C	Dérive (courant d'entrée MOSFET) à 25 °C	Drift (input current MOSFET) at 25 °C	pC/s < $\pm 0,09$

FIGURE 1.2 – Amplificateur de charge à plusieurs canaux KISTLER.



Type 9167A... / 9168A...

FIGURE 1.3 – Capteur de force KISTLER 9167A.

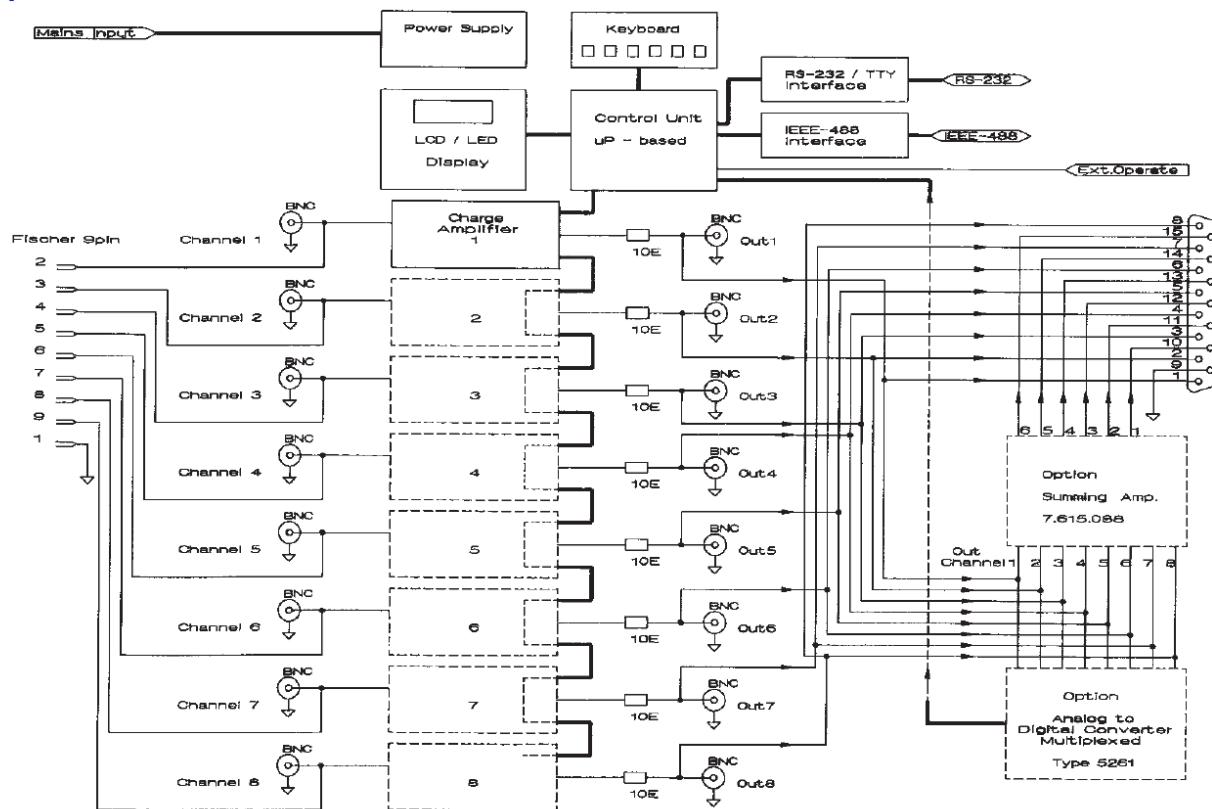


FIGURE 1.4 – Synoptique de la structure interne de l'amplificateur de charge.

Question 1 Sur le synoptique de la figure 1.4, on peut lire « Analog to Digital Converter Multiplexed ». Que signifie le terme multiplexé utilisé ici ?

Question 2 Compte tenu de la sensibilité du capteur et de l'étendue des valeurs à mesurer, déterminer la gamme de mesure à régler sur l'amplificateur de charge.

Question 3 En utilisant la documentation technique de l'amplificateur de charge, déterminer la plage de variation de la tension de sortie de l'amplificateur. En déduire le quantum de la conversion analogique numérique, puis la résolution de la mesure. Conclure vis-à-vis de la résolution demandée.

Corrigé voir 5.

Exercice 6 – Codeur incrémental *

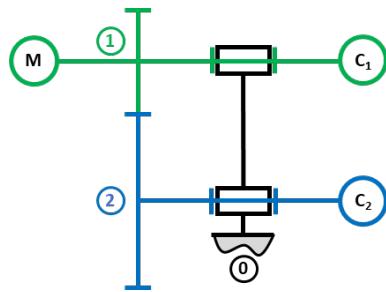
A3-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

Question 1 Donner le rôle et le principe de fonctionnement (schémas) d'un codeur incrémental optique.

Question 2 Le codeur est équipé d'une voie de mesure et d'un disque à 25 fentes. Donner la résolution du capteur en degrés.

Question 3 Quelle sera la résolution du capteur s'il est équipé de deux voies de mesure ?

Un codeur est monté en sortie d'un moteur. Le moteur est suivi d'un réducteur de rapport 100.



Question 4 Quelle est la résolution du capteur vis-à-vis de l'arbre de sortie du réducteur ?

La position du codeur est transformée par un convertisseur numérique analogique en V. Ce convertisseur permet de convertir des angles variants de -10 tours à $+10$ tours sur une échelle de -5 à $+5$ V.

Question 5 Donner le gain du convertisseur numérique analogique.

Corrigé voir 6.

1.3.7 Analyser un algorithme.

1.3.8 Analyser les principes d'intelligence artificielle.

1.3.9 Interpréter tout ou partie de l'évolution temporelle d'un système séquentiel.

1.3.10 Identifier la structure d'un système asservi.

1.4 Analyser les performances et les écarts

1.4.1 Extraire un indicateur de performance pertinent à partir du cahier des charges ou de résultats issus de l'expérimentation ou de la simulation.

1.4.2 Caractériser les écarts entre les performances.

1.4.3 Interpréter et vérifier la cohérence des résultats obtenus expérimentalement, analytiquement ou numériquement.

1.4.4 Rechercher et proposer des causes aux écarts constatés.

Chapitre 2

Modéliser

2.1 Choisir les grandeurs physiques et les caractériser

2.1.1 Identifier les performances à prévoir ou à évaluer.

2.1.2 Identifier les grandeurs d'entrée et de sortie d'un modèle.

2.1.3 Identifier les paramètres d'un modèle.

2.1.4 Identifier et justifier les hypothèses nécessaires à la modélisation.

2.2 Proposer un modèle de connaissance et de comportement

2.2.1 Choisir un modèle adapté aux performances à prévoir ou à évaluer.

2.2.2 Compléter un modèle multiphysique.

2.2.3 Associer un modèle aux composants des chaînes fonctionnelles.

2.2.4 Établir un modèle de connaissance par des fonctions de transfert.

Exercice 7 – Moteur à courant continu*

B2-04

On donne les équations du moteur à courant continu :

- $u(t) = e(t) + R i(t) + L \frac{di(t)}{dt};$
- $e(t) = K \omega(t);$
- $c(t) = K i(t);$
- $c(t) - f \omega(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt}.$

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

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'homogénéité des différentes constantes.

Éléments de corrigé :

$$1. H(p) = \frac{K_m}{K_m^2 + (R + Lp)(Jp + f)}.$$

2. Ordre 2, classe 0.

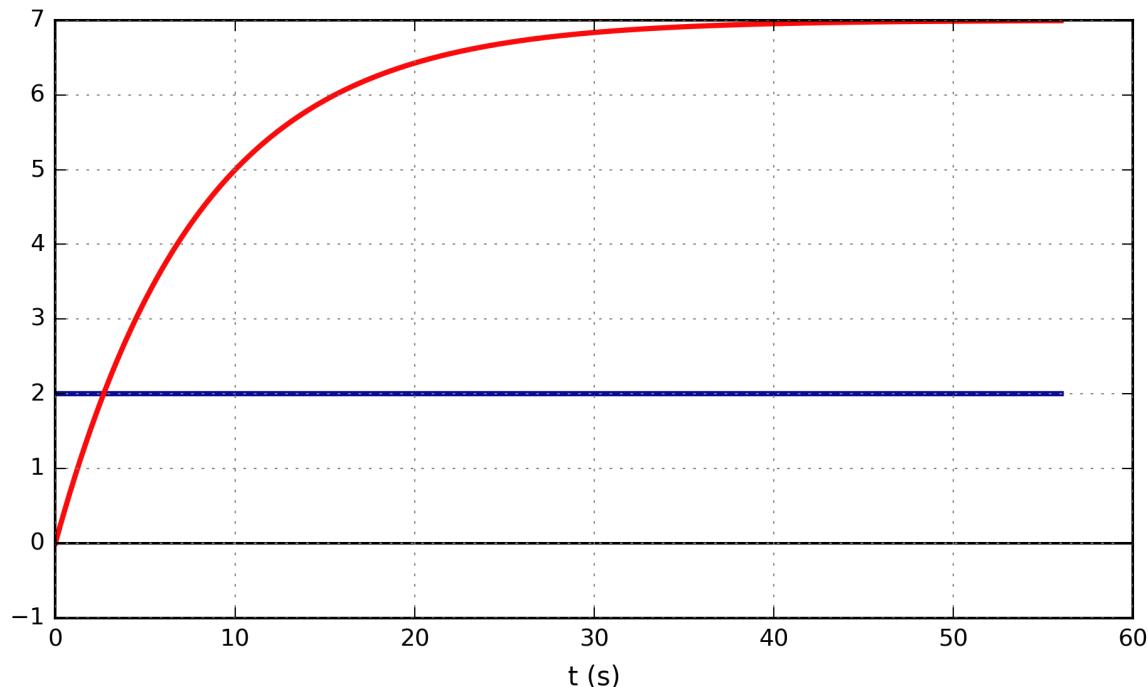
$$3. H(p) = \frac{\frac{K_m}{K_m^2 + Rf}}{1 + \frac{(RJ + Lf)}{K_m^2 + Rf} p + \frac{LJ}{K_m^2 + Rf} p^2}.$$

$$4. K = \frac{K_m}{K_m^2 + Rf}, \omega_0 = \sqrt{\frac{K_m^2 + Rf}{LJ}}, \xi = \frac{RJ + Lf}{2\sqrt{LJ(K_m^2 + Rf)}}.$$

Corrigé voir 7.

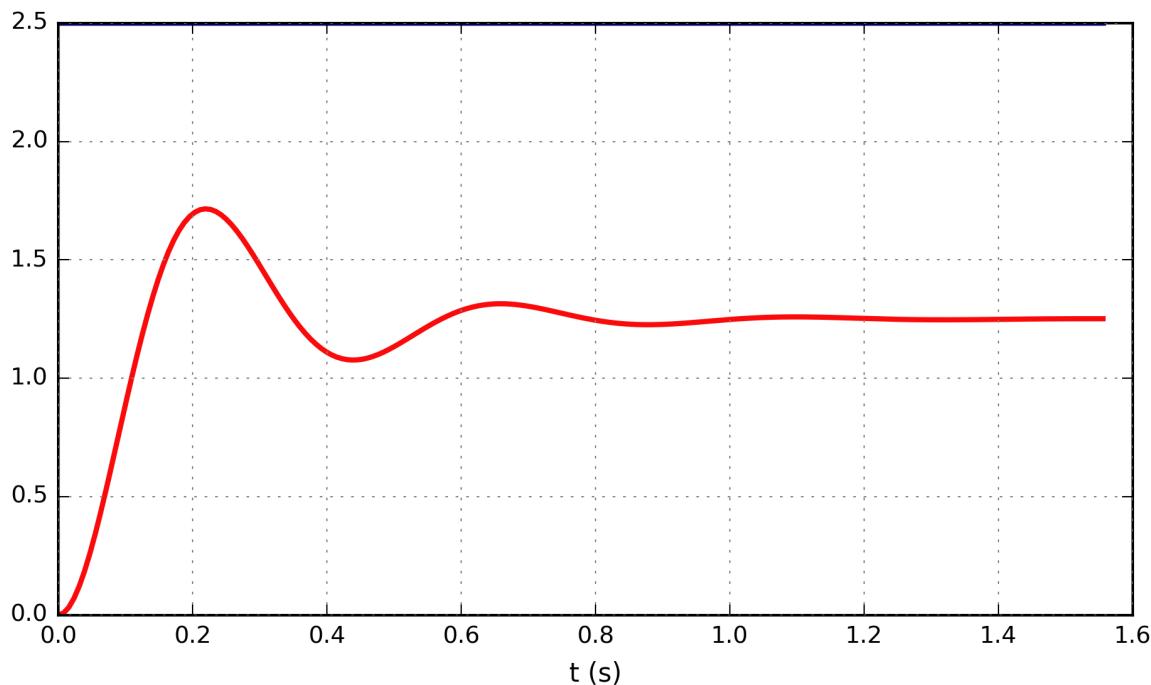
2.2.5 Modéliser le signal d'entrée.
2.2.6 Établir un modèle de comportement à partir d'une réponse temporelle ou fréquentielle.
Exercice 8 – Identification temporelle *
B2-06

Soit la réponse à un échelon.

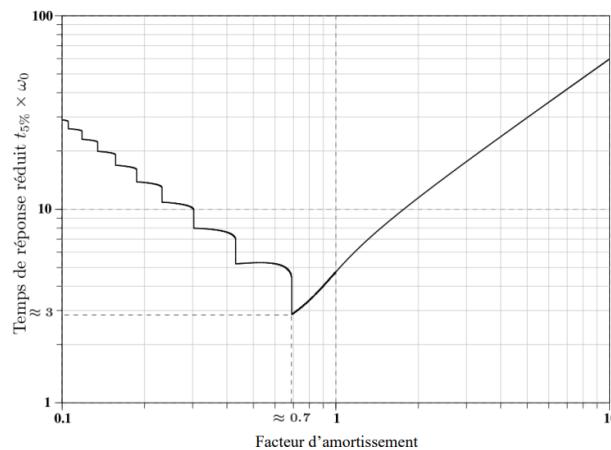
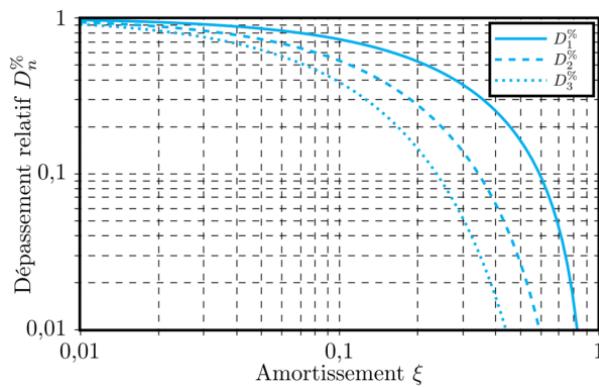


Question 1 Déterminer la fonction de transfert du système.

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



Question 2 Déterminer la fonction de transfert du système en réalisant les mesures nécessaires et en utilisant les formules appropriées.

Question 3 Déterminer la fonction de transfert du système en utilisant les abaques.


Indications :

$$1. H(p) = \frac{3,5}{1+8p}$$

$$2. H(p) = \frac{0,5}{1 + \frac{2 \times 0,1}{14,25} p + \frac{p^2}{14,25^2}}$$

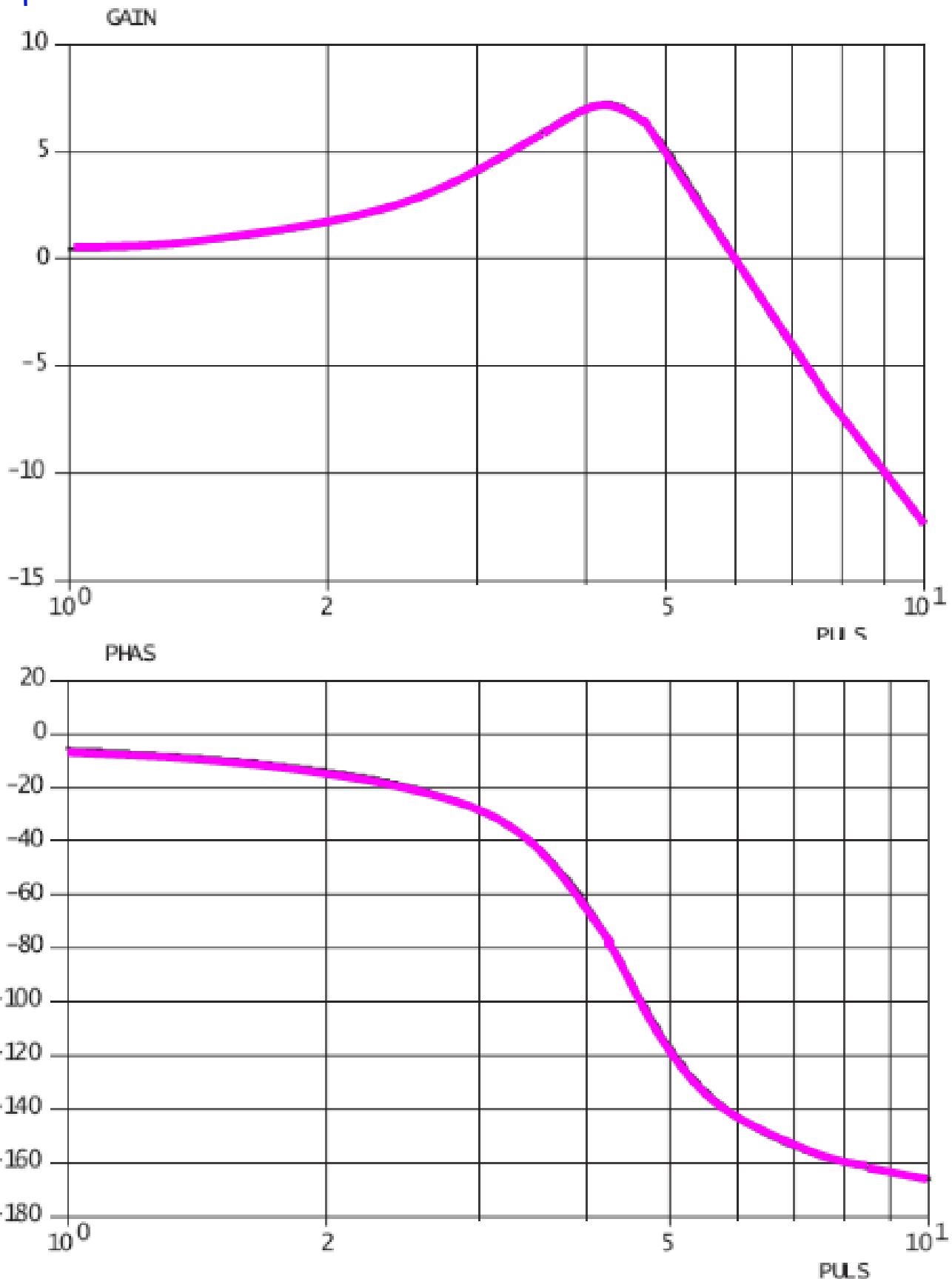
$$3. H(p) = \frac{0,5}{1 + \frac{2 \times 0,3}{16} p + \frac{p^2}{16^2}}$$

Corrigé voir 8.

Exercice 9 – Identification *
B2-06

D'après Florestan Mathurin.

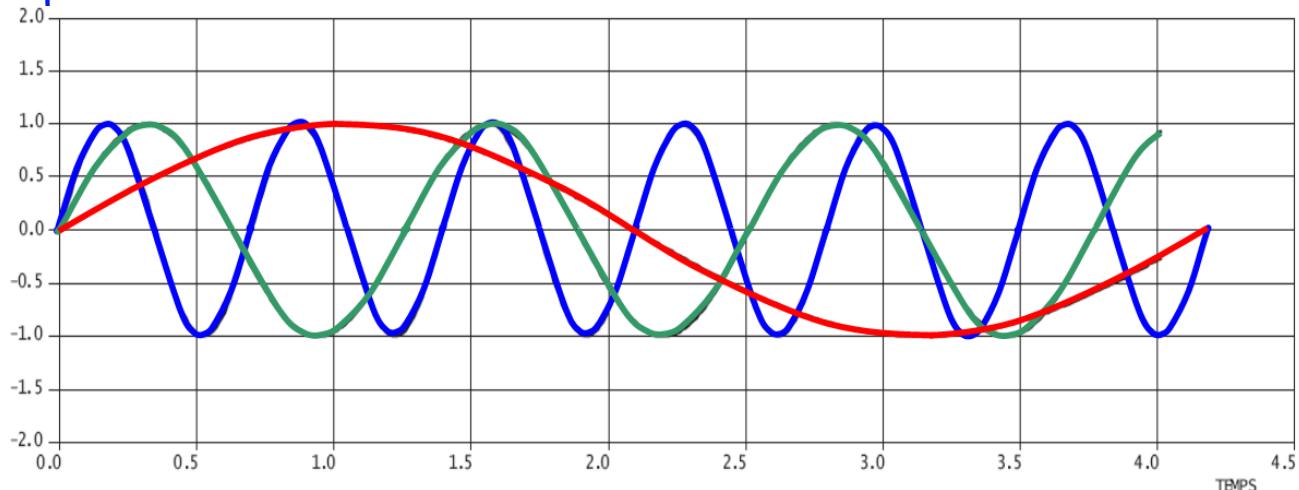
Soit un système dont le diagramme de Bode est donné ci-dessous.



Question 1 Tracer le diagramme de Bode asymptotique.

Question 2 Identifier le type de la fonction de transfert et ses valeurs remarquables.

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



Question 3 Déterminer les périodes et les pulsations de chacun des signaux.

Question 4 En déduire le gain et le déphasage en régime permanent pour chacune des courbes temporelles de sortie correspondant aux 3 entrées.

Indications :

1. .
2. $H(p) = \frac{1}{1 + \frac{2 \times 0,23}{4,5} p + \frac{p^2}{4,5^2}}$.
3. .
 - Signal rouge : $T = 4,2\text{s}$ et $\omega = 1,5\text{rad/s}$.
 - Signal vert : $T = 3,6/3 = 1,2\text{s}$ et $\omega = 5,2\text{rad/s}$.
 - Signal bleu : $T = 4,2/6 = 0,7\text{s}$ et $\omega = 9\text{rad/s}$.
4. .
 - $s(t) = 1,12 \sin(\omega t - 0,17)$.
 - $s(t) = 1,8 \sin(\omega t - 2,1)$.
 - $s(t) = 0,3 \sin(\omega t - 2,8)$.

DDS

Corrigé voir 9.

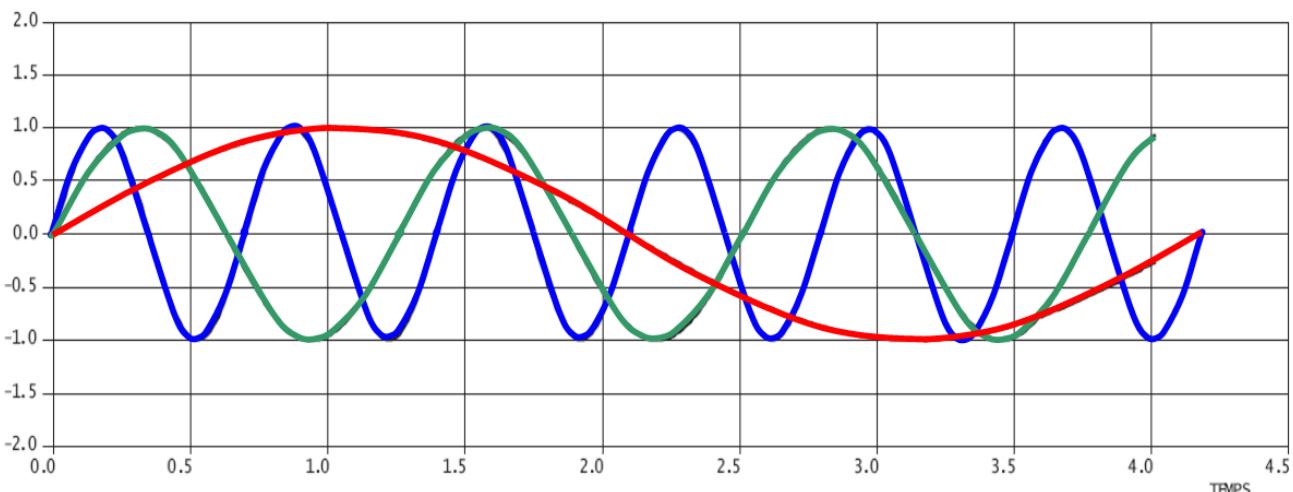
Exercice 10 – Identification *

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 périodes 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.

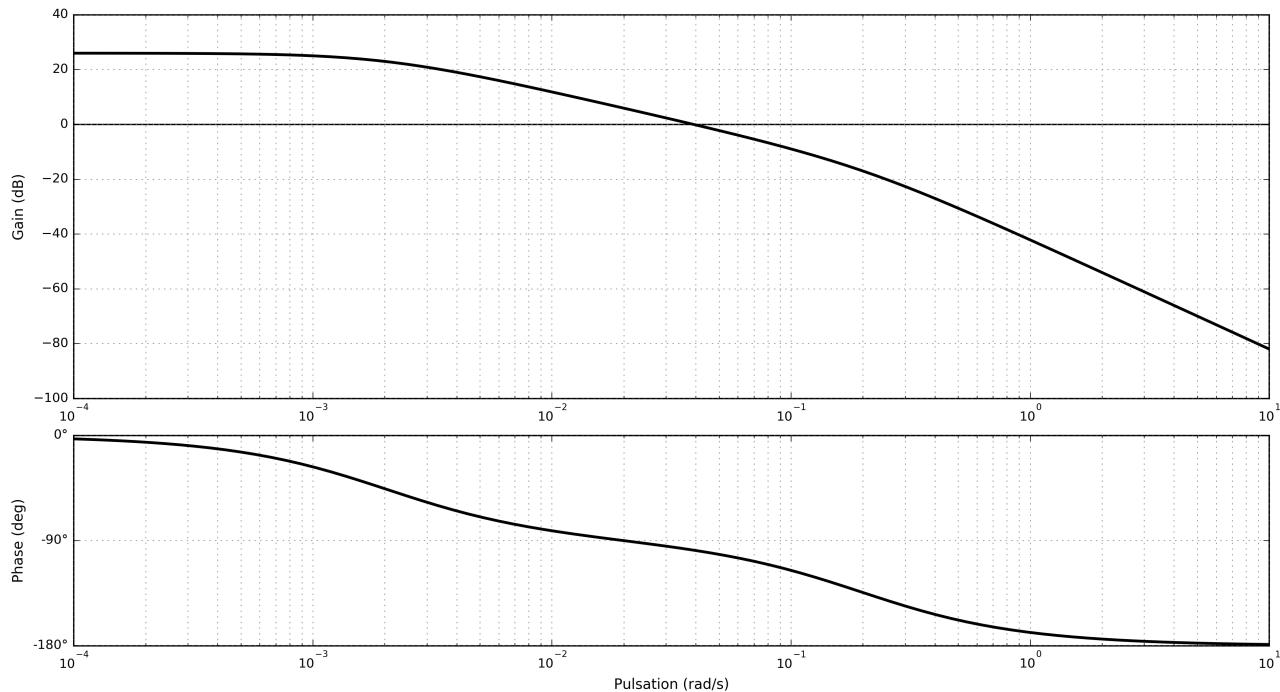
Corrigé voir 10.

Exercice 11 – Identification *

B2-06

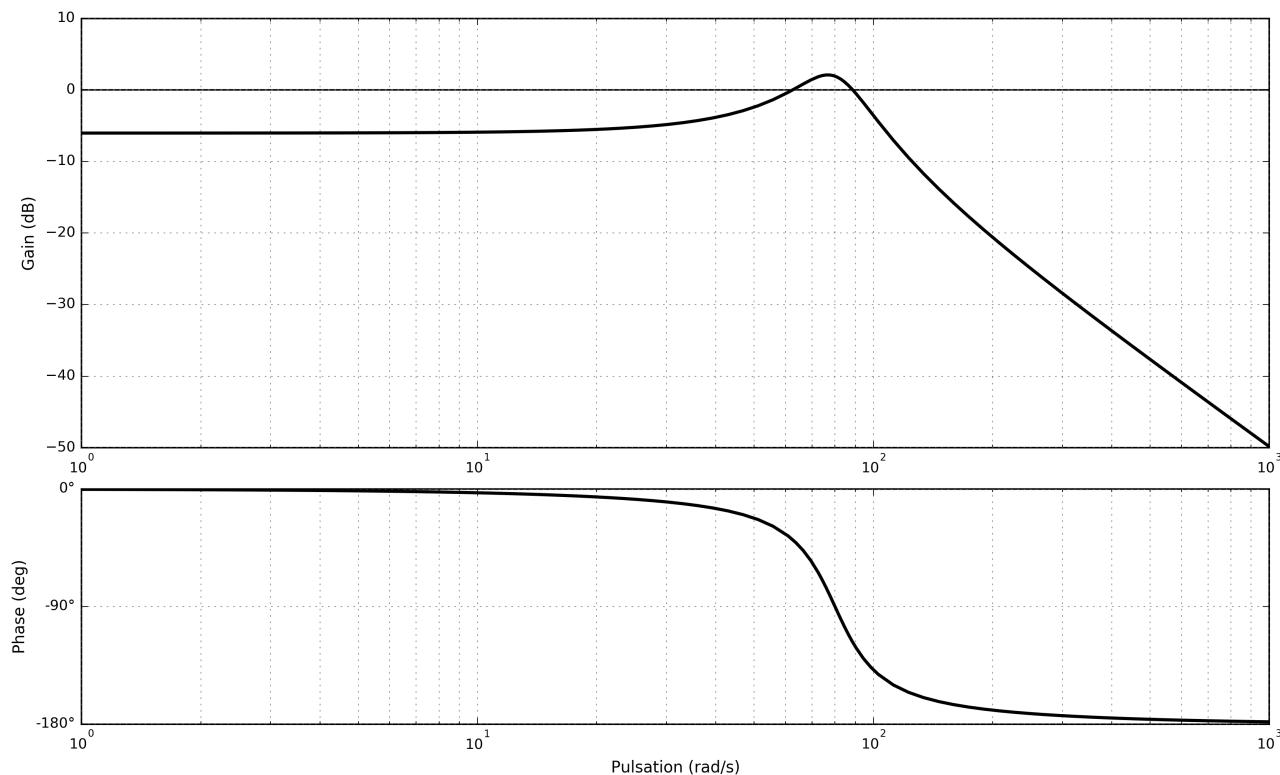
Pas de corrigé pour cet exercice.

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.

Corrigé voir 11.

2.2.7 Modéliser un système par schéma-blocs.

Exercice 12 – Vérin*

B2-07

Pas de corrigé pour cet exercice.

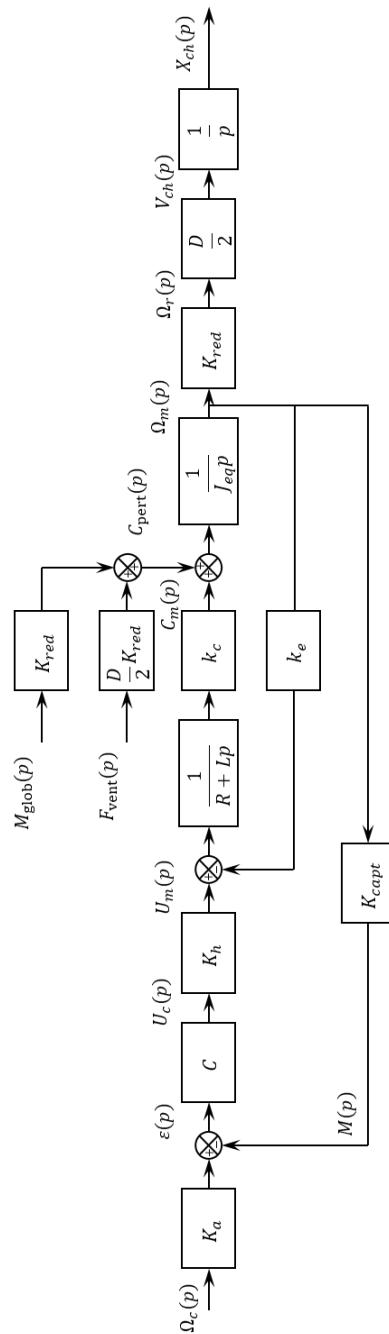
Question 1

Corrigé voir 16.

Exercice 13 – La Seine Musicale*

B2-07

Soit le schéma-blocs suivant.



DDS

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

Question 2 En prenant $\Omega_c(p) = 0$, exprimer la fonction de transfert $H_r(p) = \frac{\Omega_m(p)}{C_{pert}(p)}$ en la mettant sous la forme : $H_r(p) = -\frac{\alpha(1+\tau p)}{1+\gamma p+\delta p^2}$. 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 $C_{pert}(p)$.

Indications :

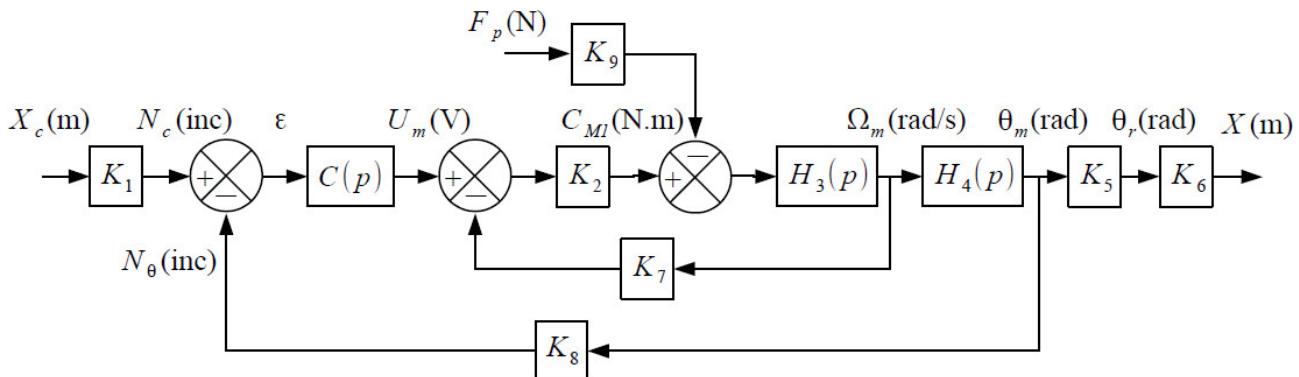
1. $H_f(p) = \frac{K_a}{(k_e k_c + C K_h K_{capt} k_c)} \frac{C K_h k_c}{J_{eq}(R + Lp)} p + 1$
2. $\alpha = -\frac{R}{(C K_h K_{capt} + k_e) k_c}, \tau = \frac{L}{R}, \gamma = \frac{R J_{eq}}{(C K_h K_{capt} + k_e) k_c}, \delta = \frac{L J_{eq}}{(C K_h K_{capt} + k_e) k_c}$.
3. $X_{ch}(p) = (H_f(p) \Omega_c(p) + H_r(p) C_{pert}(p)) \frac{D K_{red}}{2p}$.

Corrigé voir 13.

Exercice 14 – Machine de rééducation SysReeduc *

B2-07

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 :

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

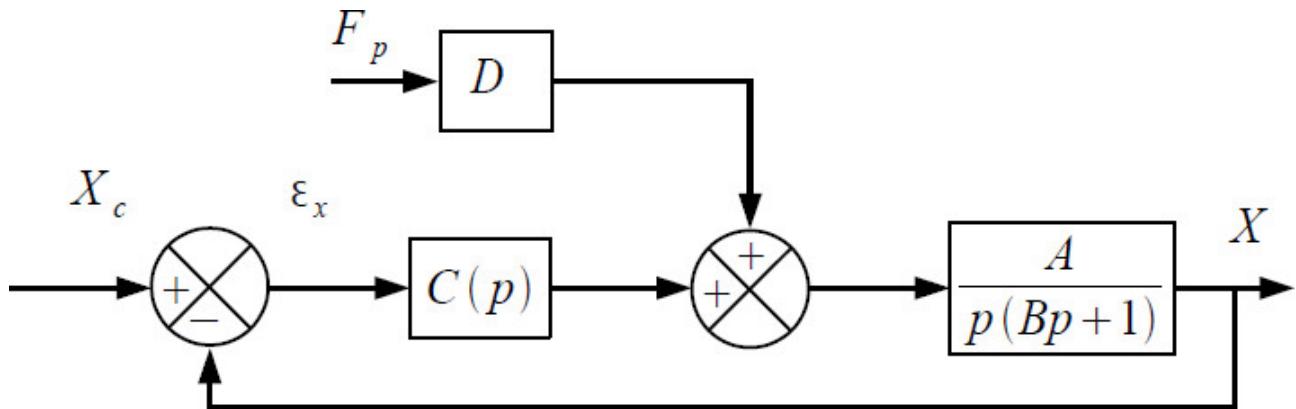
avec : M la masse du chariot et m la masse du support de pied, $\rho_1 = \frac{1}{10}$ le rapport de réduction du réducteur, $r = 46,1$ mm le rayon de la poulie du transmetteur poulie-courroie, $C_{M1}(t)$ le couple délivré par le moteur et $F_p(t)$ l'effort délivré par le patient sur le support 3.

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 $r, \rho_1, k_t, k_e, R, M, m$ et K_8 .

1. ...
- $K_2 = \frac{k_t}{R}$;
 - $K_7 = k_e$;
 - $K_9 = \rho_1 r$ et $H_3(p) = \frac{1}{(M+m)r^2\rho_1^2 p}$;
 - $H_4(p) = \frac{1}{p}$;
 - $K_8 = \frac{2000}{2\pi}$;
 - $K_5 = \rho_1$ et $K_6 = r$ (à convertir en mètres);
 - $K_1 = \frac{K_8}{K_5 K_6}$.
2. $A = \frac{K_8}{k_e}$, $B = \frac{R(m+M)r^2\rho_1^2}{k_e k_t}$ et $D = \frac{K_9 R r \rho_1}{K_8 k_t}$

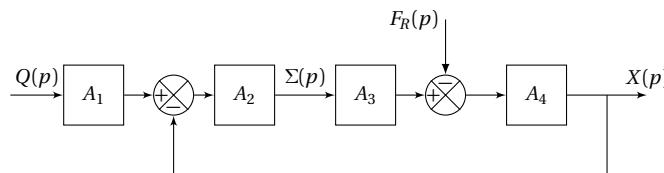


Corrigé voir 14.

Exercice 15 – Quille pendulaire*

B2-07

Le comportement d'un vérin est défini par le modèle continu ci-dessous.



On a :

- $q(t) = S \frac{dx(t)}{dt} + \frac{V}{2B} \frac{d\sigma(t)}{dt}$ (a);
- $M \frac{d^2x(t)}{dt^2} = S\sigma(t) - kx(t) - \lambda \frac{dx(t)}{dt} - f_R(t)$ (b).

On a :

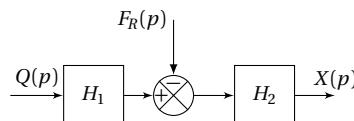
- $\mathcal{L}(q(t)) = Q(p)$: débit d'alimentation du vérin [$m^3 s^{-1}$];
- $\mathcal{L}(\sigma(t)) = \Sigma(p)$: différence de pression entre les deux chambres du vérin [Pa];
- $\mathcal{L}(x(t)) = X(p)$: position de la tige du vérin [m];
- $\mathcal{L}(f_R(t)) = F_R(p)$: composante selon l'axe de la tige du vérin de la résultante du torseur d'inter-effort de la liaison pivot entre tige et quille [N].

Les constantes sont les suivantes :

- S : section du vérin [m^2];
- k : raideur mécanique du vérin [$N m^{-1}$];
- V : volume d'huile de référence [m^3];
- B : coefficient de compressibilité de l'huile [$N m^{-2}$];
- M : masse équivalente à l'ensemble des éléments mobiles ramenés sur la tige du vérin [kg];
- λ : coefficient de frottement visqueux [$N m^{-1} s$].

Question 1 Donner les expressions des fonctions de transfert A_1 , A_2 , A_3 et A_4 en fonction de la variable complexe p et des constantes.

Le schéma-blocs de la figure précédente peut se mettre sous la forme suivante.



Question 2 Donner les expressions des fonctions de transfert H_1 et H_2 en fonction de A_1, A_2, A_3 et A_4 , puis de la variable p et des constantes.

Question 3 Pour ce vérin non perturbé ($F_R = 0$), donner sa fonction de transfert $X(p)/Q(p)$ en fonction de la variable p et des constantes.

$$1. \quad A_1 = \frac{1}{Sp}, \quad A_2 = \frac{S2B}{V}, \quad A_3 = S \text{ et } A_4 = \frac{1}{Mp^2 + \lambda p + k}.$$

$$2. \quad H_1(p) = A_1 A_2 A_3 \text{ et } H_2 = \frac{A_4}{1 + A_2 A_3 A_4}.$$

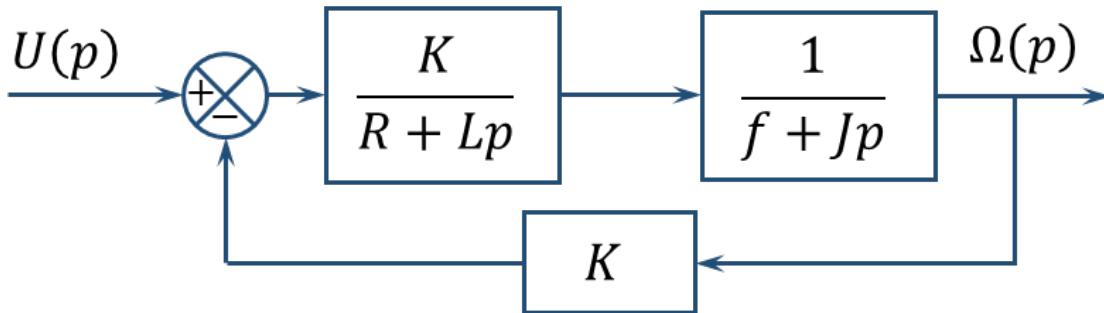
$$3. \quad \frac{X(p)}{Q(p)} = \frac{2BS}{p(MVp^2 + \lambda p V + kV + 2BS^2)}.$$

Corrigé voir 14.

Exercice 16 – Fonctions de transfert*

B2-07

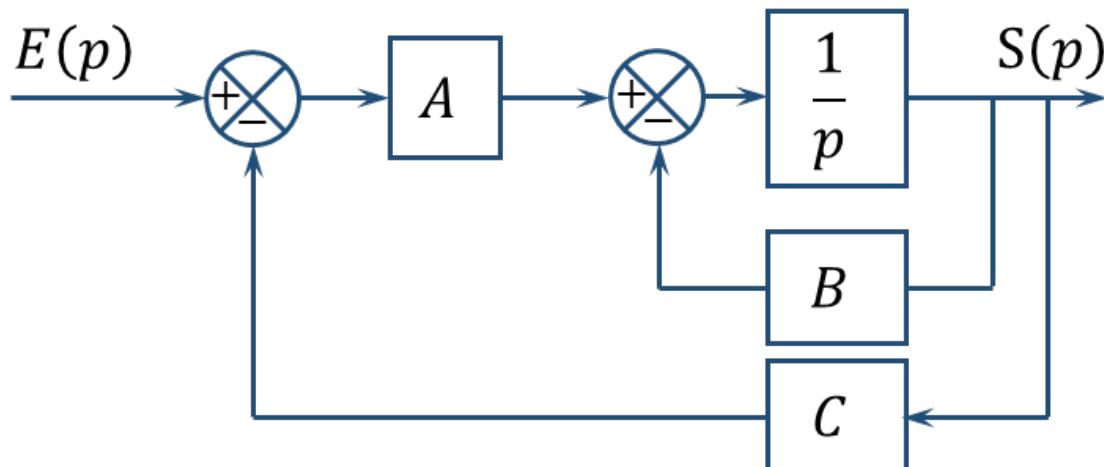
Soit le schéma-blocs suivant.



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

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

Soit le schéma-blocs suivant.



Question 3 Déterminer la fonction de transfert en boucle ouverte. Mettre l'expression sous forme canonique et exprimer les paramètres caractéristiques.

Question 4 Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée. Mettre l'expression sous forme canonique et exprimer les paramètres caractéristiques.

Indications

1. $K_{BO} = \frac{K^2}{Rf}$, $\omega_{BO} = \sqrt{\frac{Rf}{LJ}}$, $\xi_{BO} = \frac{RJ + Lf}{2\sqrt{LJ}Rf}$.
2. $K_{BF} = \frac{K}{K^2 + Rf}$, $\xi_{BF} = \frac{RJ + Lf}{2\sqrt{LJ}\sqrt{Rf + K^2}}$.
3. $K_{BO} = \frac{AC}{B}$ et $\tau_{BO} = \frac{1}{B}$.
4. $K_{BF} = \frac{A}{B + AC}$ et $\tau_{BF} = \frac{1}{B + AC}$.

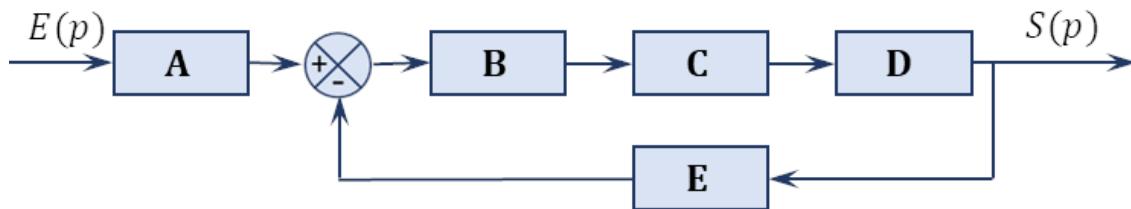
Corrigé voir 16.

Exercice 17 – Calcul de FTBO*

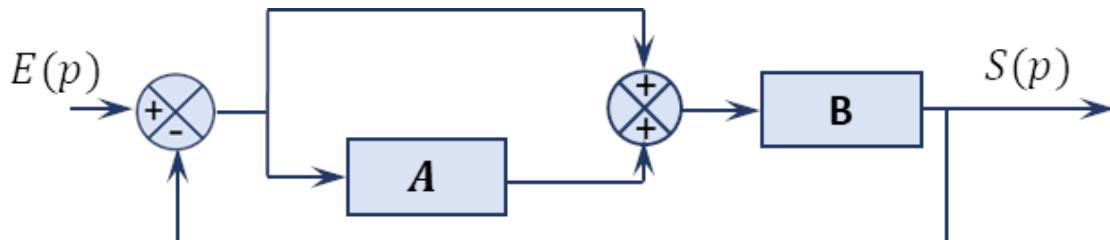
B2-07

Pas de corrigé pour cet exercice.

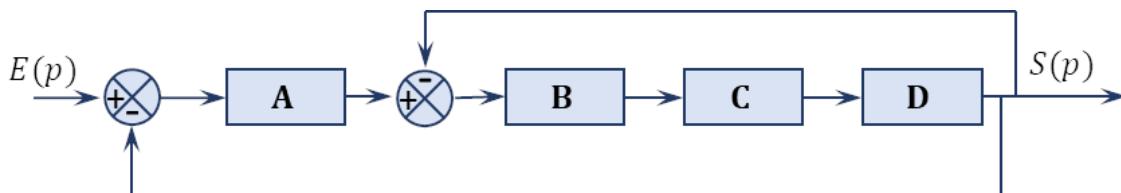
Question 1 Déterminer la FTBO dans le cas suivant.



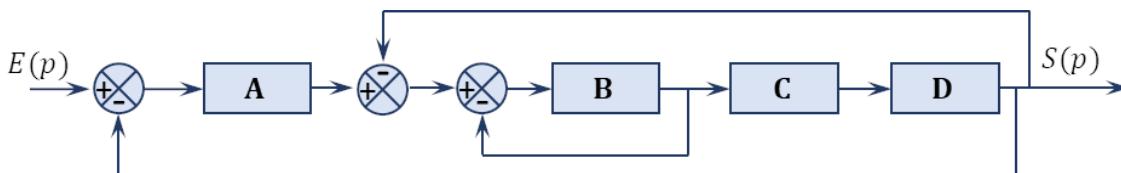
Question 2 Déterminer la FTBO dans le cas suivant.



Question 3 Déterminer la FTBO dans le cas suivant.



Question 4 Déterminer la FTBO dans le cas suivant.

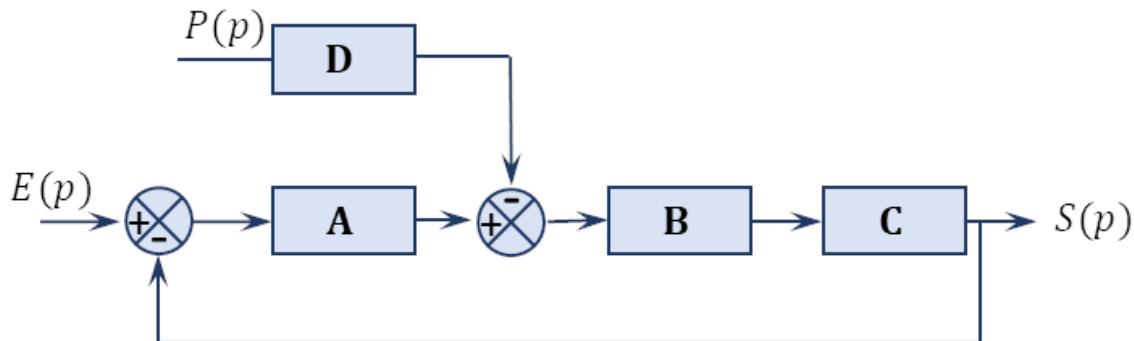
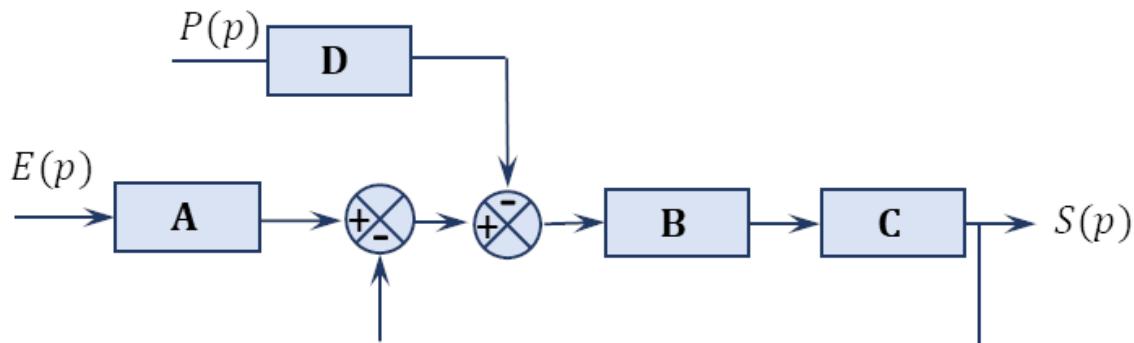
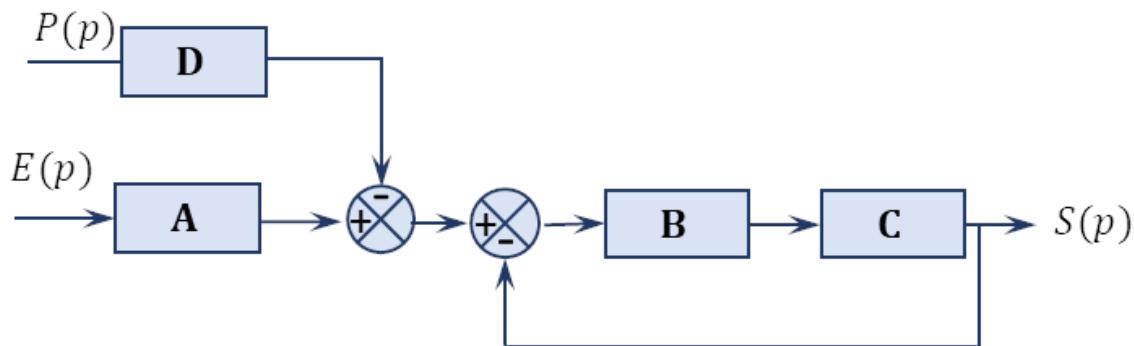
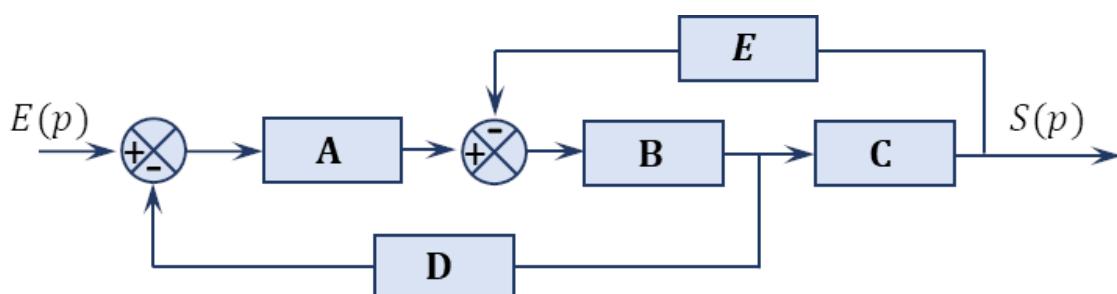


1. $FTBO(p) = BCDE$.
2. $FTBO(p) = B(1+A)$.
3. $FTBO(p) = A \frac{BCD}{1+BCD}$.
4. $FTBO(p) = \frac{ABCD}{1+B+BCD}$.

DDS

Exercice 18 – Calcul de FTBO*
B2-07

Pas de corrigé pour cet exercice.

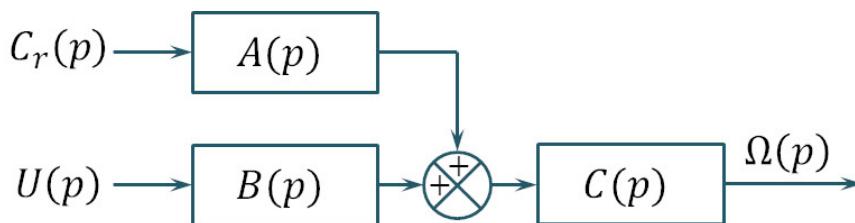
Question 1 Déterminer la FTBO dans le cas suivant.

Question 2 Déterminer la FTBO dans le cas suivant.

Question 3 Déterminer la FTBO dans le cas suivant.

Question 4 Déterminer la FTBO dans le cas suivant.


Exercice 19 – Moteur à courant continu*
B2-07

On donne les équations du moteur à courant continu :

- $u(t) = e(t) + R i(t) + L \frac{di(t)}{dt}$;
- $e(t) = K \omega(t)$;
- $c(t) = K i(t)$;
- $c(t) + c_r(t) - f \omega(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt}$.

Question 1 Réaliser le schéma-blocs.

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


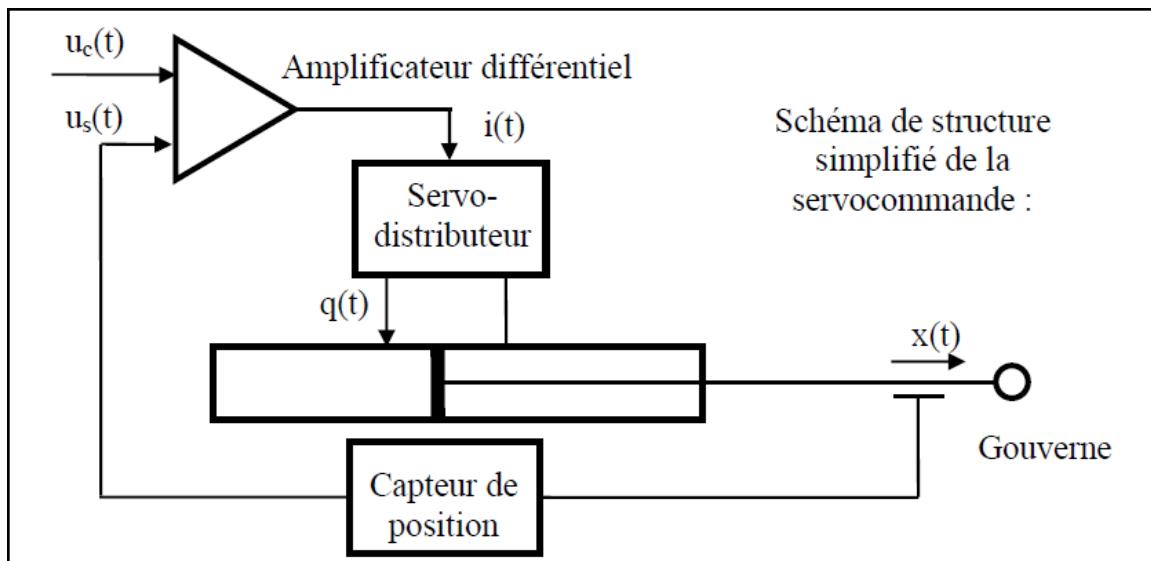
Éléments de corrigé :

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

DDS

Exercice 20 – Vérin*
B2-07 Pas de corrigé pour cet exercice.

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 : $u_c(t) = \frac{i(t)}{K_a} + u_s(t)$;
- débit dans le vérin dans le cas d'une hypothèse de fluide incompressible $q(t) = S \cdot \frac{dx(t)}{dt}$;
- 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.) On a $q(t) + T \frac{dq(t)}{dt} = K_d i(t)$.

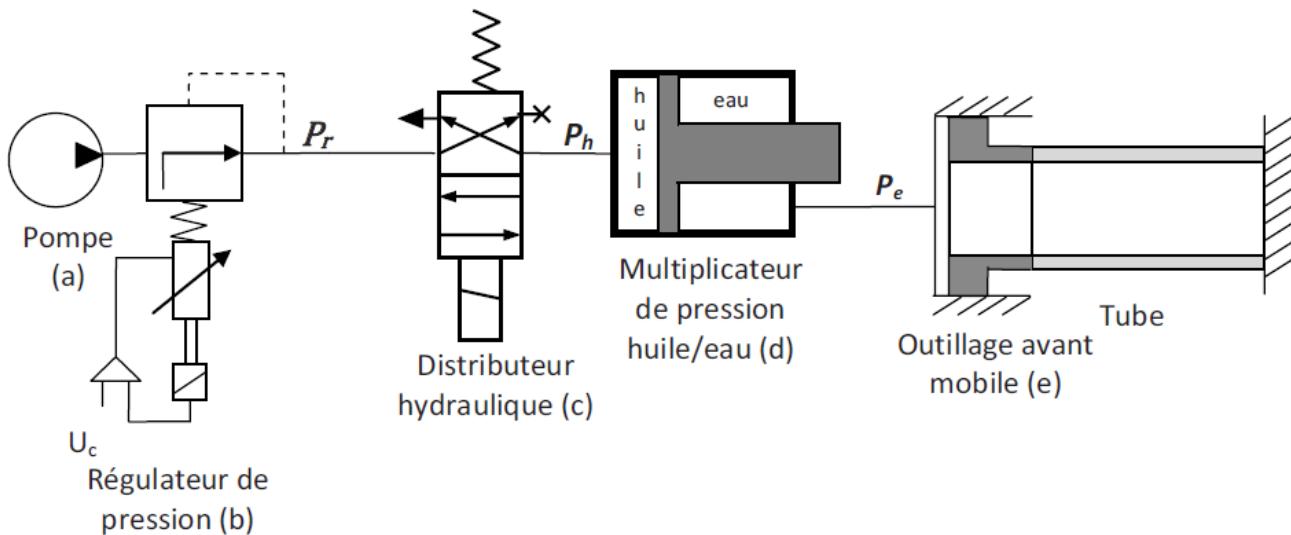
Question 1 Réaliser le schéma-blocs.

Corrigé voir 20.

Exercice 21 – Banc d'épreuve hydraulique *
B2-07 Pas de corrigé pour cet exercice.

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

Un schéma hydraulique simplifié est donné figure suivante.


Mise en place du modèle

Les équations du débit sont :

$$Q_e(t) = S_e \frac{dz(t)}{dt} - \frac{V_{e0}}{B_e} \frac{dP_e(t)}{dt}$$

et

$$Q_h(t) = S_h \frac{dz(t)}{dt} + \frac{V_{h0}}{B_h} \frac{dP_h(t)}{dt}.$$

 En appliquant le théorème de la résultante dynamique selon \vec{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 1 Déduire de la relation précédente l'équation reliant $Z(p)$, $P_e(p)$, $P_h(p)$, et $\text{Poids}(p) = Mg/p$, 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 $F_t(t) = -r L(t)$.

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

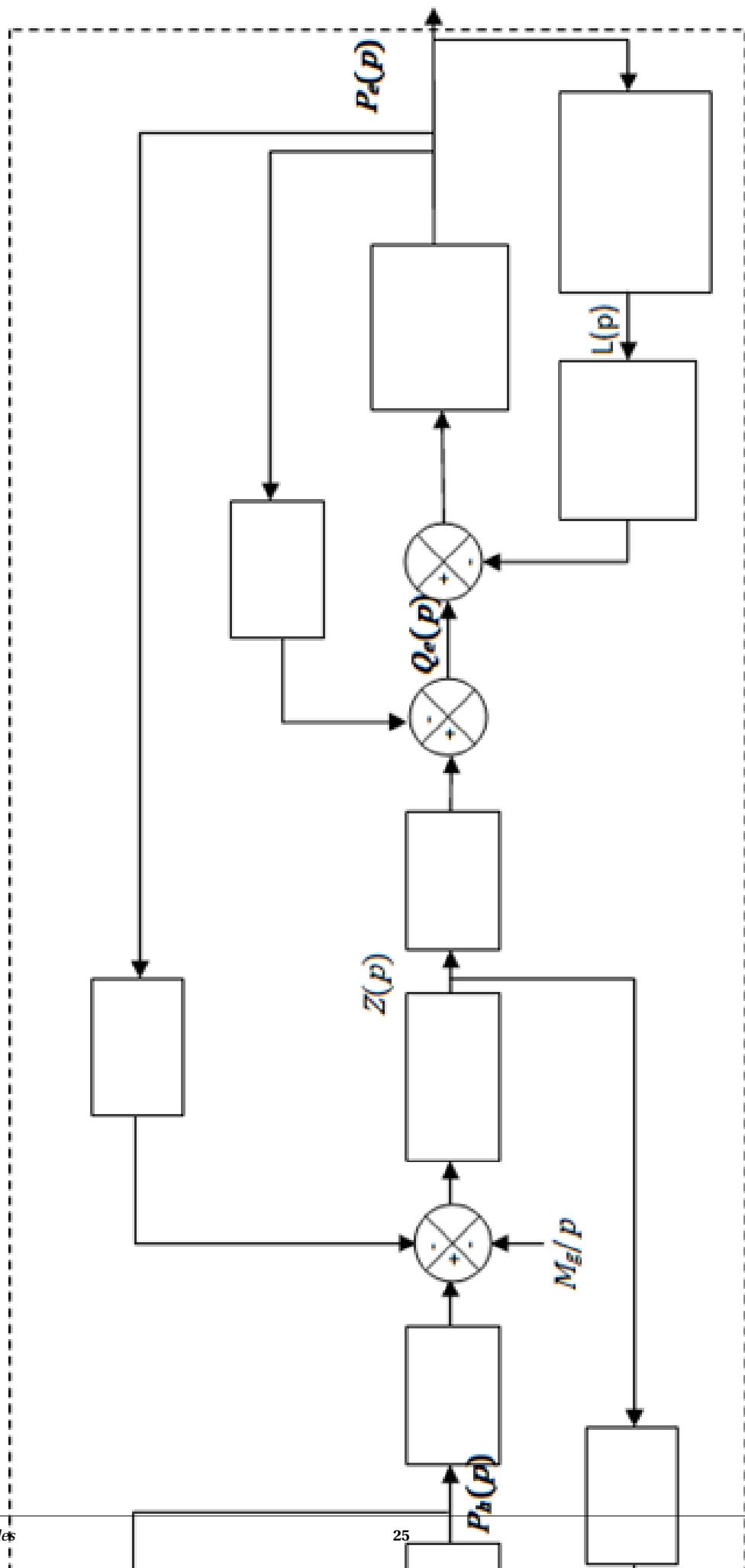
$$Q_e(t) = (S_a - S_b) \cdot \frac{dL(t)}{dt} + \frac{V_t}{B_e} \frac{dP_e(t)}{dt}.$$

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

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

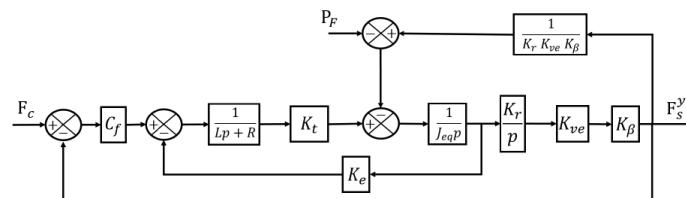
Question 2 En déduire, en tenant compte de l'équation du débit, deux équations liant $L(p)$, $P_e(p)$ et $Q_e(p)$, transformées de Laplace de $L(t)$, $P_e(t)$ et $Q_e(t)$. Les conditions initiales sont supposées nulles.

Question 3 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 22 – Robovolc *
B2-07 Pas de corrigé pour cet exercice.

On considère le schéma-blocs suivant.

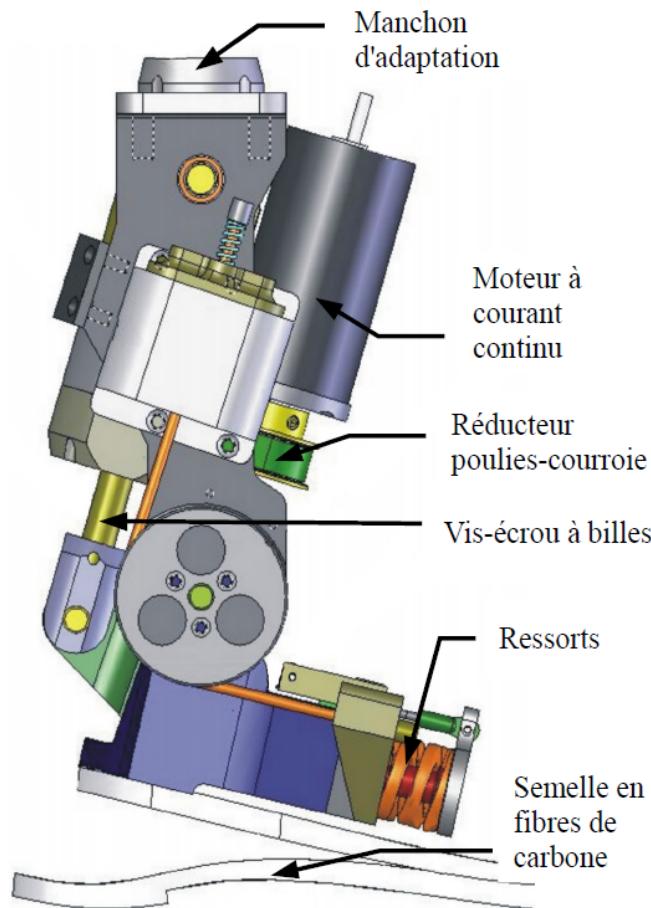


Question 1 En considérant $P_F = 0$ (perturbation nulle) et $L = 0$ (inductance nulle), calculer la fonction de transfert $\frac{F_S^y}{F_c}$ et la mettre sous la forme canonique $\frac{K}{1 + Ap + Bp^2}$. Identifier les paramètres K , A et B .

Corrigé voir 22.

Exercice 23 – Prothèse active transtibiale*
B2-07
Présentation

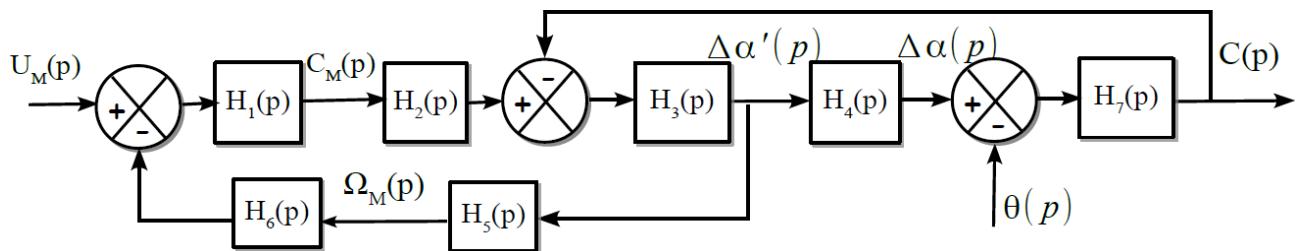
Des ingénieurs du M.I.T. ont mis au point une prothèse active transtibiale capable de proposer un comportement similaire à celui des membres non amputés. On étudie dans ce sujet le prototype initial qui a permis de valider la pertinence d'une telle prothèse active.



L'actionneur de la prothèse est un moteur à courant continu alimenté par une batterie rechargeable de 16 Volts. L'énergie mécanique est transmise par un réducteur de type poulies-courroie suivi d'un système vis-écrou qui adapte cette énergie mécanique pour la prothèse (ensemble de liaisons entre le pied artificiel constitué d'une semelle en

fibres de carbone et le manchon ou tibia artificiel). Des ressorts permettent d'ajuster également l'énergie mécanique fournie au pied artificiel. L'effort exercé par les ressorts est directement relié au couple exercé par l'actionneur.

On peut modéliser la chaîne d'énergie de la façon suivante :



Les grandeurs temporelles sont les suivantes :

- u_M tension d'alimentation du moteur (V);
- C_M couple exercé par le moteur (Nm);
- ω_M vitesse angulaire du moteur (rad s^{-1});
- α angle de rotation du basculeur (rad) tel que $\alpha = \alpha_r + \Delta\alpha$ où α_r est la position repos et $\Delta\alpha$ est la variation angulaire autour de la position repos. On a alors : $\frac{d\alpha}{dt} = \frac{d\Delta\alpha}{dt}$. On note $\Delta\alpha'(p)$ la transformée de Laplace de $\frac{d\Delta\alpha}{dt}$;
- θ angle de rotation du pied (rad) tel que $\theta = 0$ rad pour la position repos;
- C couple exercé par le pied (Nm).

On note en majuscule, lorsque cela est possible, les variables associées aux grandeurs temporelles dans le domaine symbolique.

Comportement dynamique de la prothèse

Objectif L'objectif de cette partie est d'établir les équations de comportement dynamique de la prothèse autour de la position de repos lors des phases d'appui et oscillante. Ces équations permettront de compléter le schéma-blocs de la chaîne d'énergie.

On donne l'équation différentielle linéarisée suivante qui caractérise le comportement dynamique de la prothèse :

$$J_M \frac{d^2\Delta\alpha(t)}{dt^2} + \mu_m \frac{d\Delta\alpha(t)}{dt} = C_M(t)R_T - C(t)R_T^2 \text{ avec } R_T = \frac{1}{145}.$$

Le moteur électrique est régi par les équations électriques et de couplage électromécanique :

- $u_M(t) = Ri(t) + e(t)$ avec $i(t)$ courant moteur et $e(t)$ fcem;
- $e(t) = k_c \omega_M(t)$ avec $\omega_M(t)$ vitesse angulaire du rotor du moteur par rapport au stator;
- $C_M(t) = k_c i(t)$.

Question 1 À partir des équations caractérisant le système, déterminer les expressions littérales des fonctions de transfert $H_1(p)$, $H_2(p)$, $H_3(p)$ et $H_6(p)$.

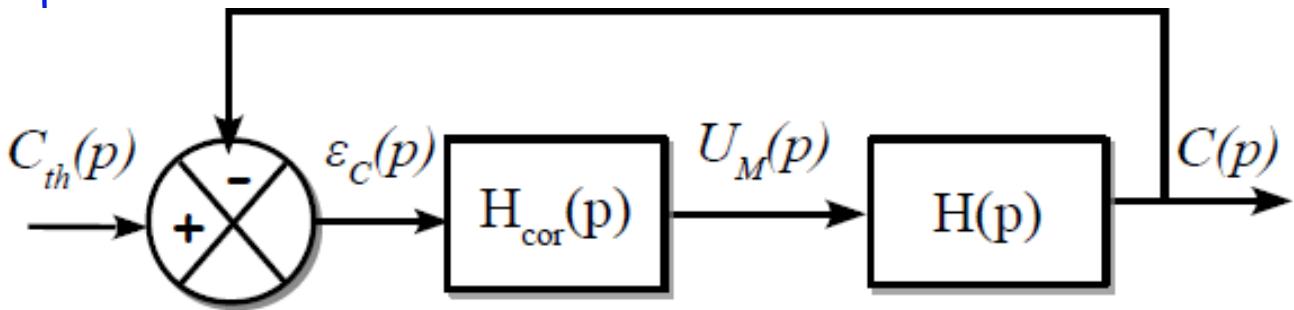
On a par ailleurs $H_4(p) = \frac{1}{p}$, $H_5(p) = \frac{1}{R_T}$ et $H_7(p) = k_{RS} d_0^2$ ($k_{RS} = 1200 \times 10^3 \text{ N m}^{-1}$ raideur équivalente du ressort et $d_0 = 0,035 \text{ m}$).

On considère que $\theta(p) = 0$.

Question 2 Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $FTBF(p) = \frac{C(p)}{U_M(p)}$.

Analyse des performances de l'asservissement en couple

Le schéma-blocs de l'asservissement en couple peut être simplifié par le schéma-blocs suivant avec $H(p) = \frac{a_0}{1 + a_1 p + a_2 p^2}$ où $a_0 = 2,9 \text{ NmV}^{-1}$, $a_1 = \frac{26}{4356} \text{ s}$ et $a_2 = \frac{1}{4356} \text{ s}^2$ et $H_{cor}(p) = H_c(p)K_{amp}K_A$.

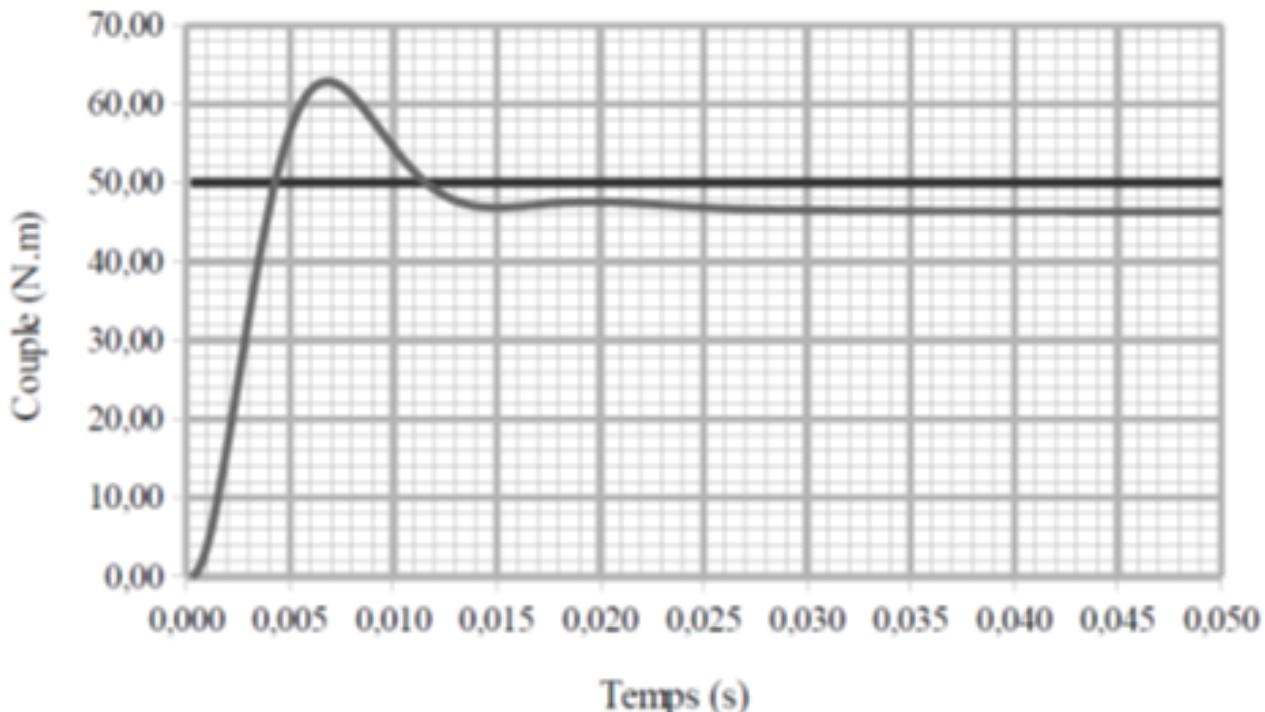


Objectif L'objectif est de déterminer si la correction $H_{cor}(p)$ permet de respecter le cahier des charges rappelé ci-après.

Critères	Valeur
Rapidité (temps de réponse à 5%)	$t_{r5\%} < 0,1 \text{ s}$
Précision pour une entrée en échelon (écart normalisé par la valeur de l'échelon)	10 % maxi

Question 3 À l'aide des courbes, valider l'ensemble des critères du cahier des charges en justifiant clairement vos réponses.

Réponse indicielle (Echelon de couple de 50 N.m)



1. $H_1(p) = \frac{k_c}{R}, H_2(p) = R_T, H_3(p) = \frac{R_T^2}{J_M p + \mu_m}$ et $H_6(p) = k_c$.
2. $\text{FTBF}(p) = \frac{k_c R_T^3}{J_M R p^2 + p(\mu_m R + k_c k_c R_T^2) + R_T R^2 k_{RS} d_0^2} k_{RS} d_0^2$.
3. .

Corrigé voir 23.

Exercice 24 – Conception de la commande d'un robot chirurgical*

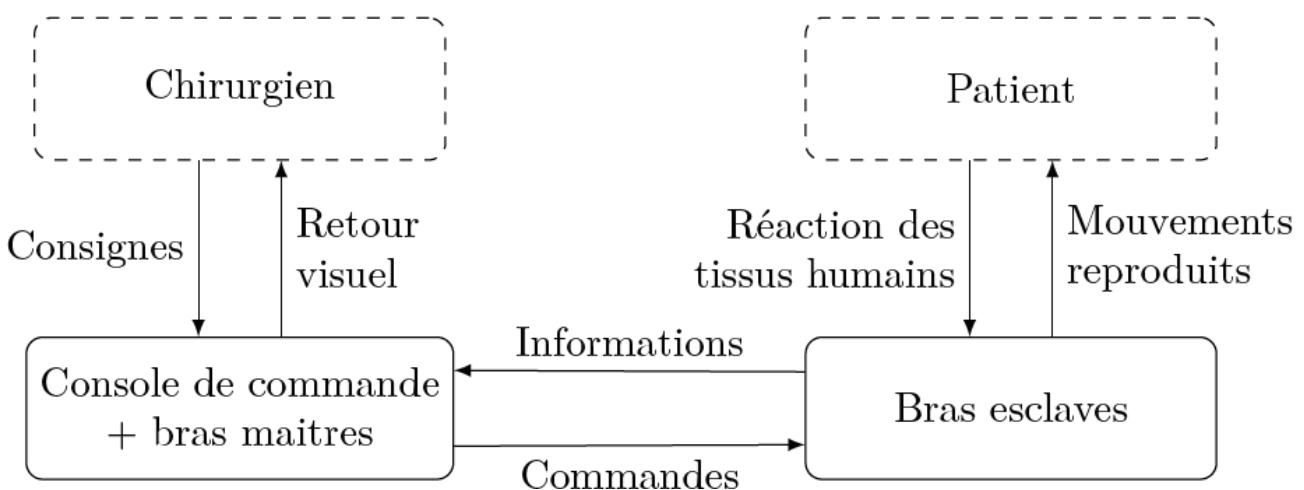
B2-07

Présentation du système

Afin d'améliorer les conditions d'opérations chirurgicales dites mini invasives (comme la précision d'opération et le confort du chirurgien), des robots chirurgicaux ont vu le jour. Cette étude s'intéresse à l'un d'entre eux : le robot Da Vinci. Le chirurgien peut atteindre sa cible grâce à des outils longs et fins traversant le patient grâce à une incision de l'ordre du centimètre.

Le système étudié est composé de deux sous-systèmes principaux :

- l'ensemble {console de commande + bras maîtres} permet au chirurgien de visualiser et de commander les mouvements des outils adéquats à l'intérieur du patient via une caméra haute définition dont l'image est retransmise par l'intermédiaire d'écrans. Le chirurgien commande les mouvements des outils grâce à deux bras maîtres dont les extrémités sont maintenues dans chaque main ;
- les bras esclaves reçoivent les consignes issues du chirurgien par l'intermédiaire des bras maîtres. Il y a au total 3 bras esclaves : deux manipulent chacun un outil, le troisième manipule une caméra.



Le mouvement de l'axe 1 est régi par l'équation suivante : $\Delta C_1(t) = J \frac{d^2 \Delta \theta_1(t)}{dt^2} - k_1 \frac{r'_9}{r_0} h_2 \Delta F_x(t)$ avec $J = 1,98 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$, $k_1 \frac{r'_9}{r_0} = 0,00717$, $h_2 = 0,2 \text{ m}$.

Le couple moteur $\Delta C_1(t)$ est fourni par une machine à courant continu modélisée par les équations suivantes : $u_1(t) = L \frac{di_1(t)}{dt} + R i_1(t) + e_1(t)$, $e_1(t) = k_e \frac{d\Delta \theta_1(t)}{dt}$, $\Delta C_1(t) = k_t i_1(t)$ avec $u_1(t)$ la tension aux bornes du moteur, $i_1(t)$ l'intensité traversant le moteur et $e_1(t)$ la force contre électromotrice, avec $R = 2,08 \Omega$, $k_t = 0,0525 \text{ N mA}^{-1}$ et $k_e = 0,0525 \text{ Vs rad}^{-1}$.

On fait l'hypothèse que l'influence de l'inductance L est négligeable sur les performances attendues, soit $L = 0$.

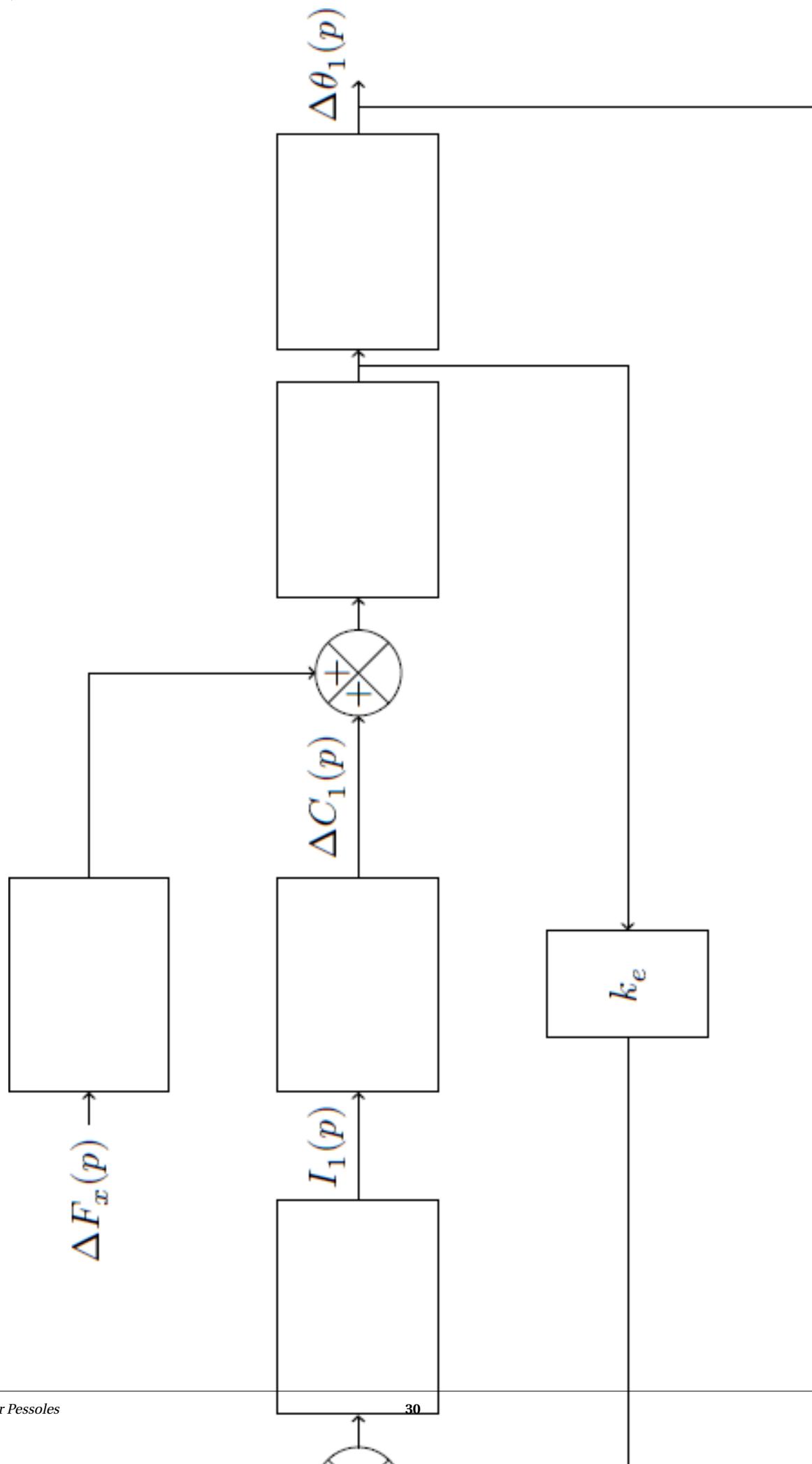
La consigne est notée $\Delta \theta_{c1}(t)$. Le cahier des charges sélectif conduit à choisir un correcteur associant une anticipation (via la présence de σ_4 dans la relation suivante) et une correction PID. La tension de commande du moteur est donnée par : $U_1(p) = (\Delta \theta_{c1}(p) - \Delta \theta_1(p)) \left(\sigma_1 + \frac{\sigma_2}{p} \right) - \sigma_3 p \Delta \theta_1(p) + \sigma_4 \Delta \theta_{c1}(p)$ avec $\Delta \theta_{c1}(p)$ la consigne de position angulaire exprimée dans le domaine symbolique.

Question 1 Compléter le schéma-blocs.

Pour la suite, on considère la perturbation nulle ($\Delta F_x(p) = 0$).

Question 2 À partir de ce schéma-blocs, en notant $H_{processus}(p) = \frac{\Delta \theta_1(p)}{U_1(p)} = \frac{K}{p(1 + \tau p)}$, exprimer K et τ en fonction des données de l'énoncé.

Question 3 Exprimer la fonction de transfert en boucle fermée, sous sa forme canonique, notée $B_F(p) = \frac{\Delta \theta_1(p)}{\Delta \theta_{c1}(p)}$ en fonction de K , τ , σ_1 , σ_2 , σ_3 et σ_4 .



1. $A(p) = \sigma_4, B(p) = \sigma_1 + \frac{\sigma_2}{p}, C(p) = \sigma_3 p, D(p) = \frac{1}{R+Lp}, E(p) = k_1 \frac{r'_9}{r_0} h_2, F(p) = k_t, G(p) = \frac{1}{Jp}, H(p) = \frac{1}{p}.$
2. $K = \frac{1}{k_e}$ et $\tau = \frac{RJ}{k_t k_e}.$
3. $B_F(p) = K \frac{(\sigma_1 + \sigma_4)p + \sigma_2}{\tau p^3 + p^2(1 + \sigma_3) + \sigma_1 K p + \sigma_2 K}.$

Corrigé voir 24.

Exercice 25 – Tuyère à ouverture variable*

B2-07 Pas de corrigé pour cet exercice.

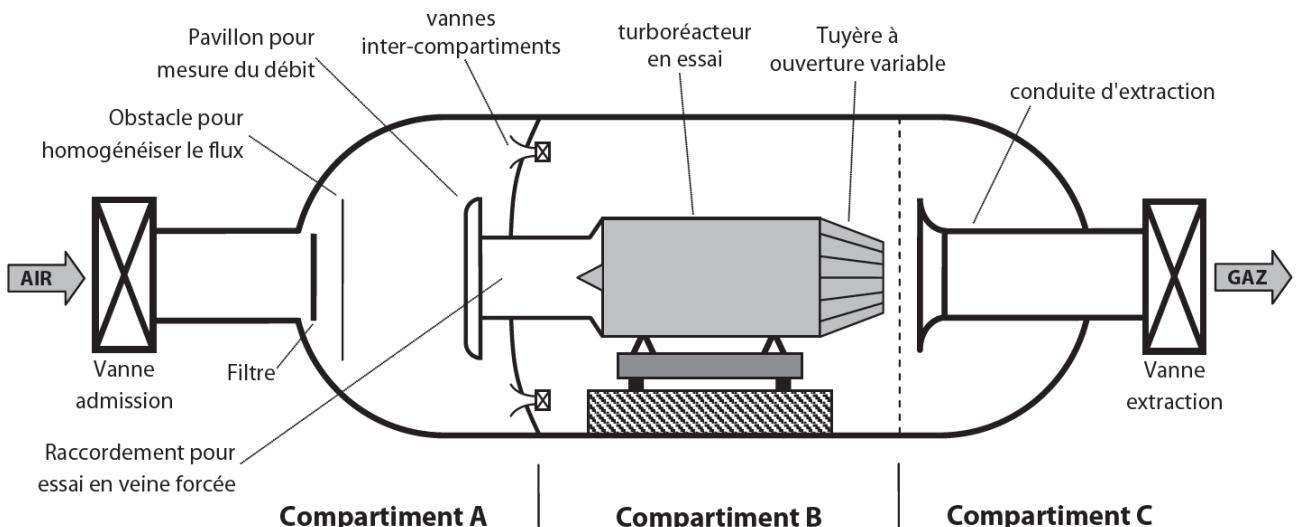
DDS

Présentation du système

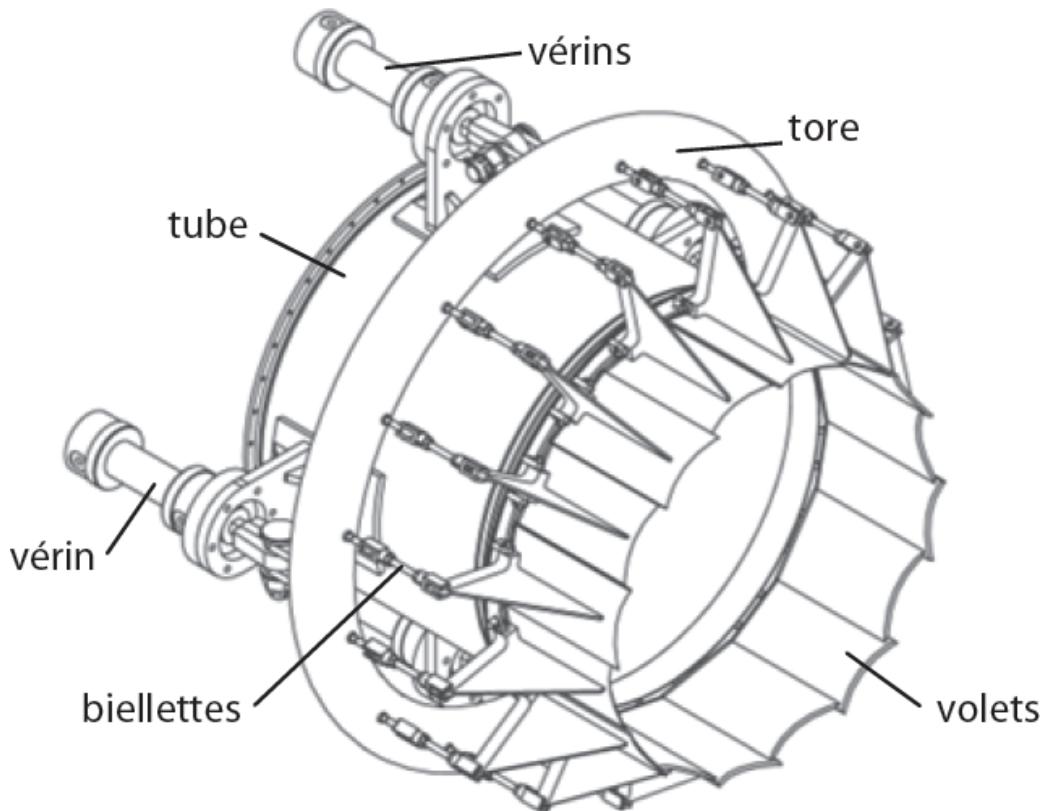
Les propulseurs utilisés dans les applications militaires ou civiles subissent, des tests de certification visant à contrôler leur bon fonctionnement et le respect des normes de sécurité.

Ces tests consistent à simuler au sol les conditions de vol subies par le propulseur et à observer les réactions de celui-ci consécutives à des commandes de pilotage.

La DGA (Direction Générale de l'Armement) dispose dans son centre d'essais des propulseurs de bancs d'essais dédiés à la certification et à la mise au point de différents types de propulseurs d'avions ou de missiles.



Le banc d'essai est composé d'un tube représentant le corps du réacteur et d'une tuyère à ouverture variable actionnée par quatre vérins hydrauliques et permettant de faire varier la vitesse de l'air éjecté.



Objectif On souhaite vérifier que le système permet de respecter le cahier des charges suivant :

- temps de réponse à 5% : 4 s au maximum;
- précision : l'erreur statique doit être nulle;
- précision : l'erreur de traînage doit être inférieure à 1 mm pour une consigne de 25 mm s^{-1} .

Modélisation du comportement du vérin – hypothèse fluide compressible

Objectif Il s'agit ici de proposer un modèle plus affiné du comportement du vérin en tenant compte de la compressibilité du fluide et du comportement dynamique du mécanisme.

Pour rendre compte du comportement dynamique du système on propose un modèle de comportement du vérin en tenant compte de la compressibilité du fluide. L'évolution du débit est alors une fonction du déplacement mais aussi de la pression sous la forme de la relation suivante : $q(t) = S \frac{dx(t)}{dt} + \frac{V_0}{B} \frac{d\sigma(t)}{dt}$ avec :

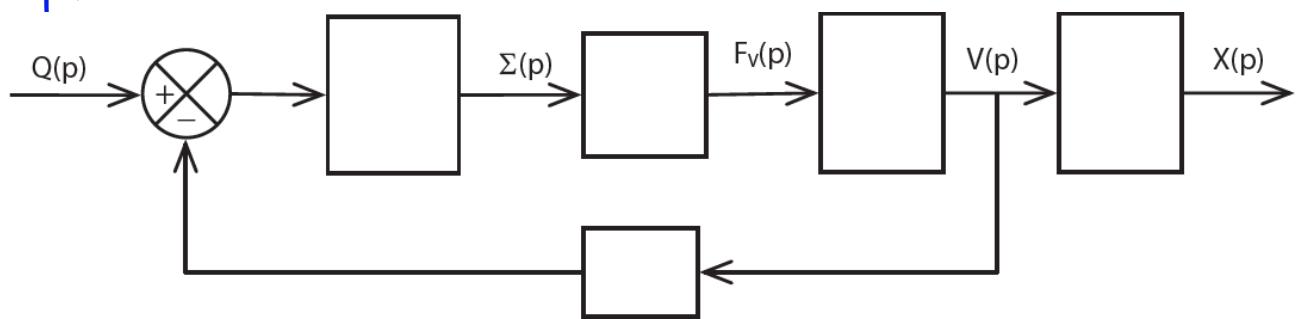
- $\sigma(t)$: pression utile dans le vérin. On notera $\Sigma(p)$ sa transformée;
- V_0 : demi volume de fluide contenu dans le vérin;
- B : coefficient de compressibilité du fluide.

La pression utile induit l'effort développé par le vérin que nous noterons F_V tel que : $F_V(p) = S\Sigma(p)$ où S représente la section utile du vérin en sortie de tige.

$V(p)$ représente l'image par la transformation de Laplace de la vitesse de translation $v(t)$ de la tige du vérin.

En considérant les actions de pesanteur négligeables et en se plaçant dans une phase de test à vide (sans flux d'air), l'application des lois de la dynamique donne la relation suivante : $F_V(t) = M_{eq} \frac{d^2x(t)}{dt^2}$.

Question 1 À partir des équations, compléter le schéma-blocs en indiquant les fonctions de transferts de chaque bloc.



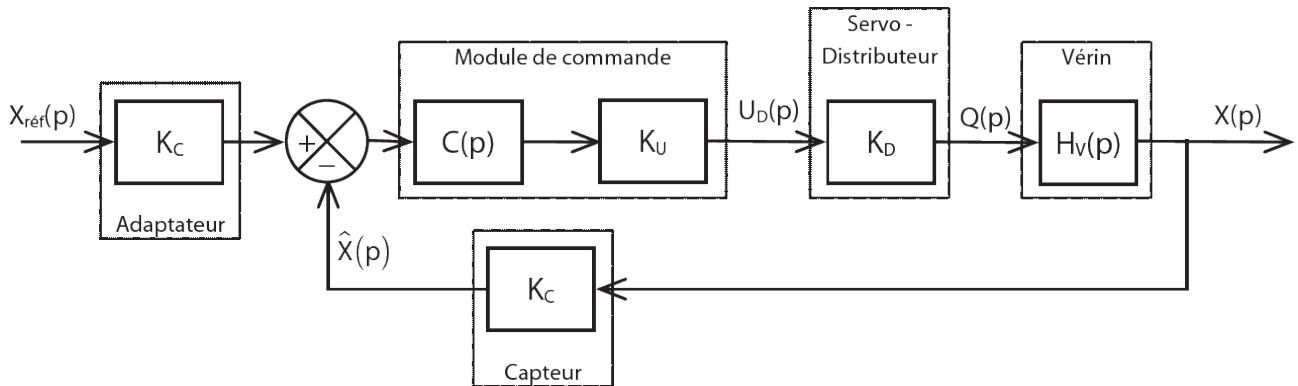
On note F_R l'action mécanique résistante équivalente pour quatre volets. On a $F_R(t) = K_F x(t)$. L'application du théorème de l'énergie cinétique se traduit par $M_{eq} \ddot{x}(t) = (F_V(t) - F_R(t))$.

Question 2 Modifier le schéma-blocs précédent pour intégrer l'effort résistant.

Question 3 Donner l'expression de la fonction de transfert du vérin $H_V(p) = \frac{X(p)}{Q(p)}$. On donnera le résultat sous la forme $H_V(p) = \frac{K_V}{p(1 + a_2 p^2)}$ en précisant les expressions de K_V et a_2 .

Validation du comportement du vérin

Afin de valider le modèle établi, on se propose d'étudier le comportement en boucle fermée de la chaîne fonctionnelle de commande du vérin. On rappelle ci-dessous le schéma-bloc retenu et on considérera une correction proportionnelle telle que $C(p) = K_p$.



Question 4 Donner l'expression de la forme canonique de la fonction de transfert en boucle fermée $H_{BF}(p) = \frac{X(p)}{X_{ref}(p)}$. On donnera le résultat en fonction de K_C , K_U , K_D , K_p , K_V et a_2 .

Prise en compte du débit de fuite

Pour pallier le problème de stabilité du modèle précédemment établi, une solution possible consiste à introduire un débit de fuite entre les deux chambres du vérin. Celui-ci a pour effet de réduire artificiellement le débit réel entrant dans le vérin en fonction de la pression utile. Ce débit vaut alors : $q(t) - \delta\sigma(t)$ où δ est le coefficient de débit de fuite.

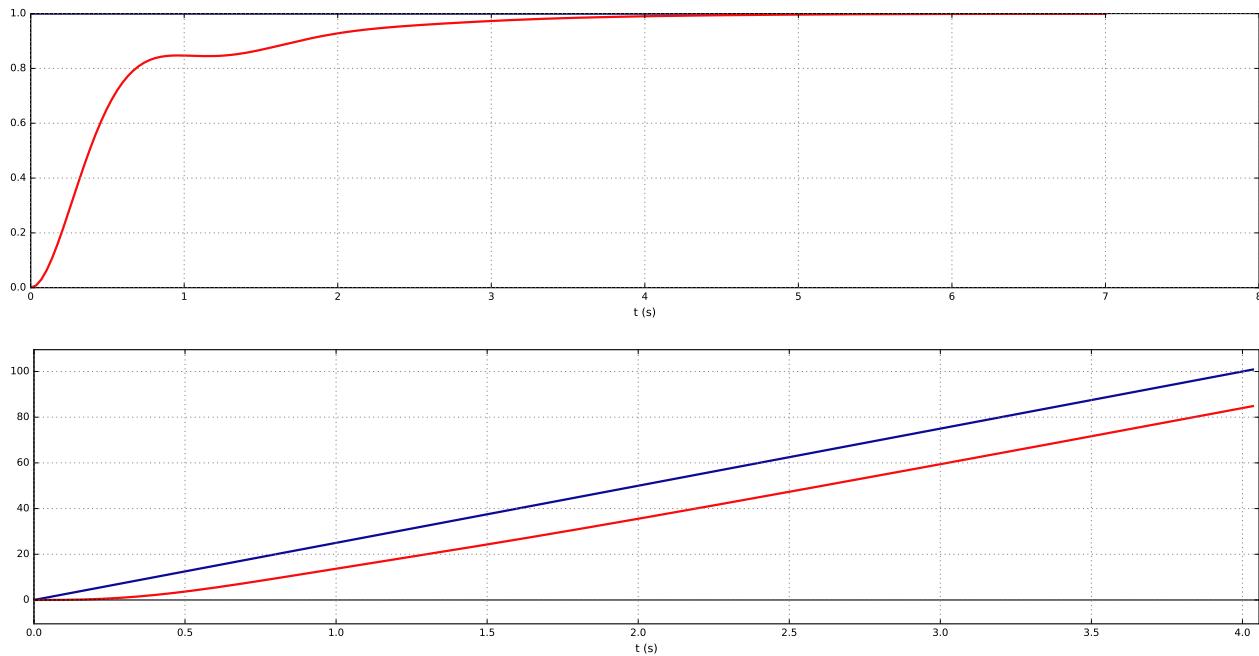
Question 5 Modifier le schéma-blocs précédent pour intégrer le débit de fuite.

Question 6 Donner l'expression de la fonction de transfert du vérin $H_V(p) = \frac{X(p)}{Q(p)}$. On donnera le résultat sous la forme $H_V(p) = \frac{K_V}{p(1 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3)}$ en précisant les expressions de K_V , a_1 , a_2 et a_3 .

Retour sur le cahier des charges

On donne la réponse à un échelon et à une rampe de pente 25 mm s^{-1} .

Question 7 Le cahier des charges est-il vérifié?



Corrigé voir 25.

Exercice 26 – Véhicule à trois roues Clever*

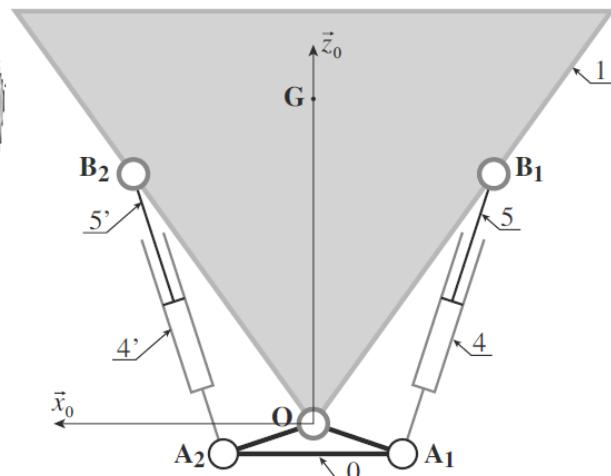
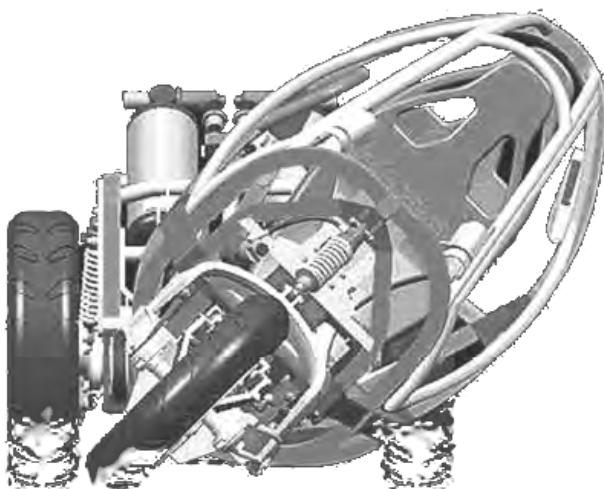
B2-07 Pas de corrigé pour cet exercice.

Présentation du système

Le Clever est un démonstrateur technologique développé par un tissu d'industriels européens. Clever est la contraction de Compact Low Emission VEhiclefor uRban tRansportation (véhicule compacte à faibles émissions pour le transport urbain) car, avec une consommation de seulement 2,5 L/100 km, il s'annonce très écologique.

L'habitacle peut s'incliner grâce à un système constitué

- d'un calculateur qui détermine le mouvement et la position à donner à l'habitacle en fonction des conditions d'utilisation;
- d'un système hydro-mécanique de transmission de puissance et d'adaptation de mouvement;
- d'un système de contrôle de l'inclinaison de l'habitacle.



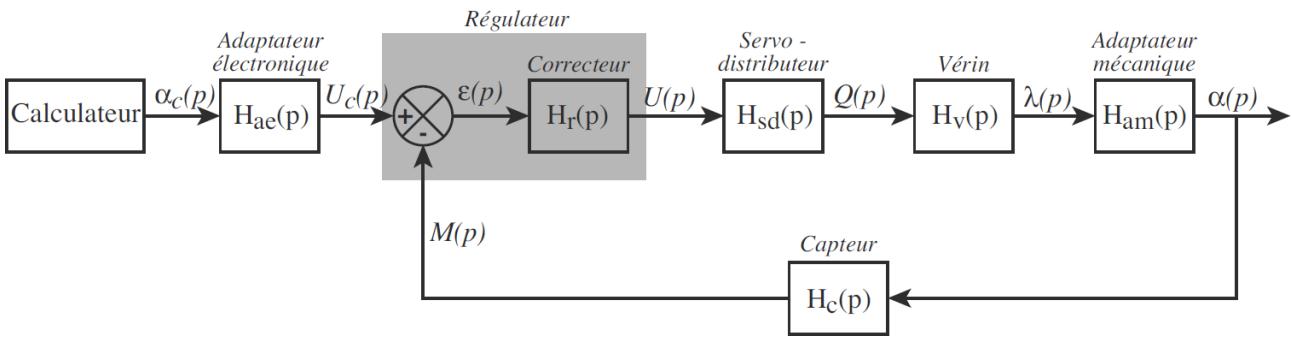
Objectif L'objectif est que le mouvement de l'habitacle soit contrôlé :

- écart statique : 0° ;
- écart de traînage pour une entrée en rampe unitaire : 0° ;
- temps de réponse à 5% : inférieur à 0,1 s.

Modélisation du servo-distributeur et du vérin

L'orientation de l'habitacle est contrôlée par un asservissement de la position angulaire. L'architecture de cet asservissement est représentée par le schéma-blocs de la figure suivante.

On modélise le comportement du servo-distributeur par un gain pur noté K_s et le capteur par $H_c(p) = C$ avec $C = 1 \text{ V rad}^{-1}$. L'adaptateur mécanique a un comportement linéaire sur l'intervalle d'utilisation. On a donc $H_{am}(p) = R$ ($R = 7 \text{ rad m}^{-1}$). Enfin, on considère que $H_r(p) = 1$.



À ce stade de l'étude, le modèle de comportement du fluide correspond à un comportement incompressible. L'équation caractérisant le comportement du vérin est alors : $q(t) = S\dot{\lambda}(t)$ où :

- S représente la section utile du vérin en sortie de tige (diamètre 32 mm);
- q est le débit en entrée de vérin;
- $v(t) = \dot{\lambda}(t) = \frac{d\lambda(t)}{dt}$ est la vitesse de translation de la tige du vérin par rapport au corps.

Question 1 Donner l'expression de la fonction de transfert du vérin $H_{V1}(p)$ (telle que $\lambda(p) = H_{V1}(p)Q(p)$) et compléter le schéma-bloc associé à la modélisation actuelle du système.

Question 2 Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $FTBF_1$ (telle que $\alpha(p) = FTBF_1(p)\alpha_c(p)$) du système bouclé. Mettre $FTBF_1(p)$ sous la forme $\frac{K_1}{1 + \tau_1 p}$ en précisant les expressions de K_1 et de τ_1 .

Question 3 À partir du critère de temps de réponse à 5% ($t_{r5\%}$) du système, déterminer l'expression puis la valeur numérique minimale du gain du servo-distributeur.

Modélisation du comportement du vérin avec fluide compressible et du comportement dynamique du mécanisme

La compressibilité du fluide étant prise en compte dans le modèle, l'évolution du débit est une fonction du déplacement mais aussi de la pression sous la forme de la relation (1). L'effort exercé par le vérin en sortie de tige est décrit par la relation (2).

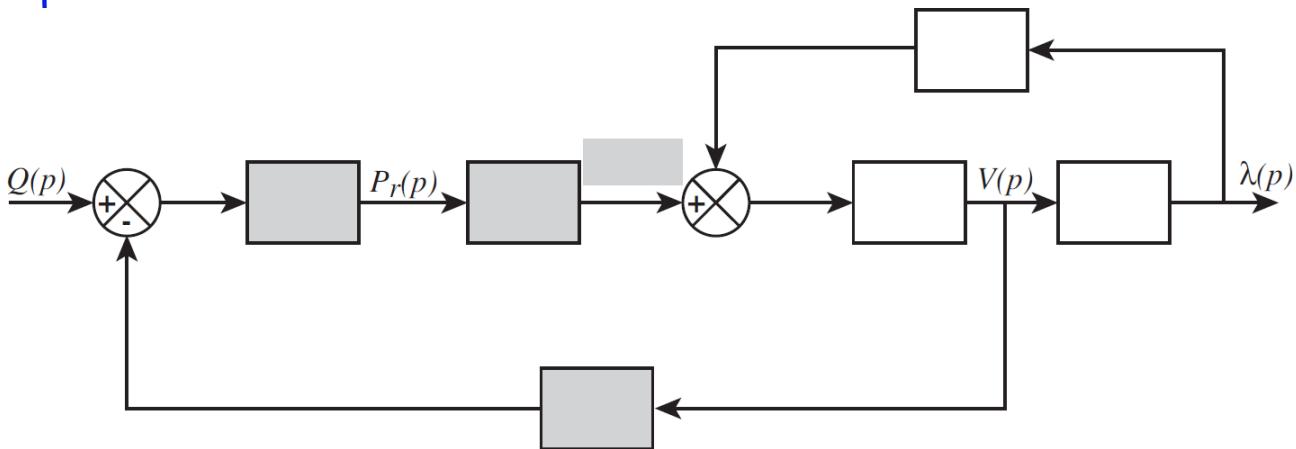
$$q(t) = S\dot{\lambda}(t) + \frac{V_0}{B}\dot{p}_r(t) \quad (1) \quad F_V(t) = Sp_r(t) \quad (2)$$

où :

- $p_r(t)$: pression utile dans le vérin;
- V_0 : volume caractéristique moyen de fluide contenu dans le vérin et les durites, $V_0 = 2,5 \times 10^5 \text{ m}^3$;
- B : coefficient de compressibilité du fluide, $B = 109 \text{ Pa}$;
- $F_V(t)$: effort développé par le vérin en sortie de tige;
- S : section utile du vérin en sortie de tige.

Par ailleurs, $F_V(t) + k_g\lambda(t) = m_{eq}\ddot{\lambda}(t)$ avec m_{eq} la masse équivalente du système, k_g une constante, $\lambda(t)$ le déploiement des vérins.

Question 4 Appliquer la transformation de Laplace aux équations précédentes et compléter le schéma-blocs.



Analyse du comportement global

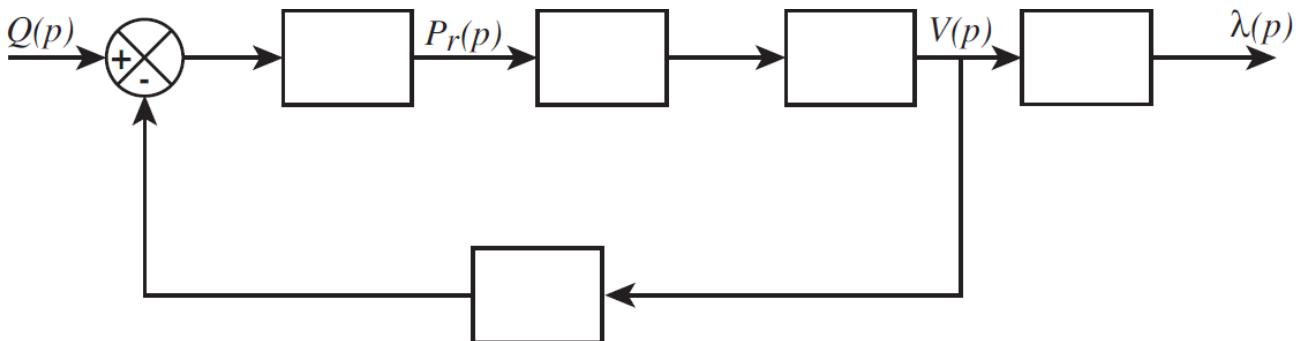
Question 5 Donner l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée du vérin H_{V2} (telle que $\lambda(p) = H_{V2}Q(p)$) et préciser les expressions des coefficients K_V et ω_V de sa forme canonique : $H_{V2}(p) = \frac{K_V}{p\left(1 + \frac{p^2}{\omega_V^2}\right)}$.

k_g peut maintenant être négligé.

Modélisation du comportement dynamique avec prise en compte d'un débit de fuite

Pour pallier le problème de stabilité du modèle précédemment établi, une solution possible consiste à introduire un débit de fuite au niveau du vérin. Celui-ci a pour effet de réduire artificiellement le débit réel entrant dans le vérin en fonction de la pression utile. L'expression du débit est alors : $q(t) = S\dot{\lambda}(t) + \frac{V_0}{B}\dot{p}_r(t) - \delta p_r(t)$ où δ représente le coefficient de débit de fuite.

Question 6 Proposer une modification du schéma-bloc donné afin de prendre en compte le débit de fuite.

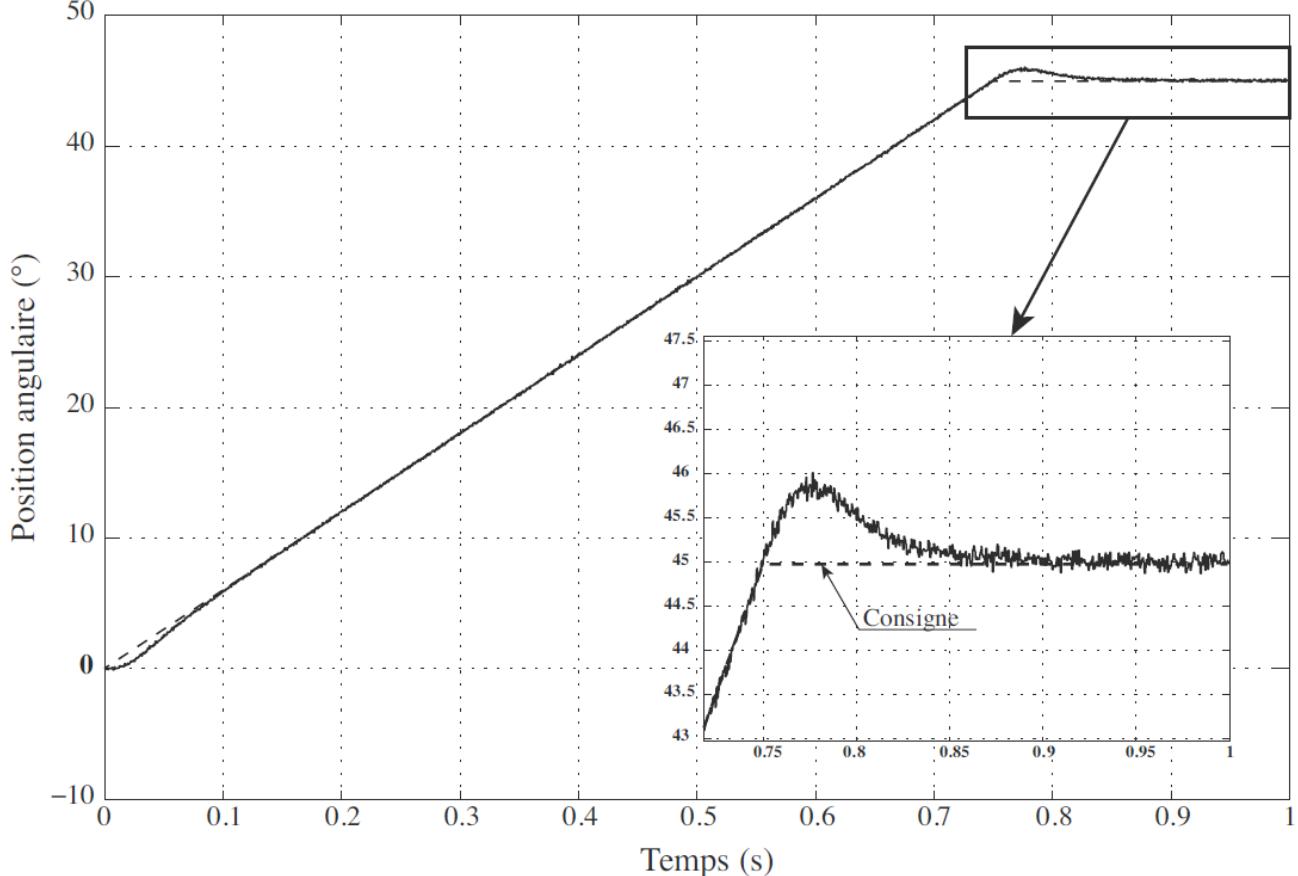


Question 7 Déterminer l'expression de la fonction de transfert H_{V3} (telle que $\lambda(p) = H_{V3}Q(p)$) associée au comportement dynamique du vérin ainsi modélisé. On donnera le résultat sous la forme suivante : $H_{V3}(p) = \frac{K_V}{p\left(1 + a_1p + \frac{p^2}{\omega_V^2}\right)}$.

Donner l'expression de a_1 en fonction de M_{eq} , δ et S et déterminer l'expression du coefficient d'amortissement ξ_V du second ordre en fonction de M_{eq} , δ , S , B et V_0 .

Retour sur le cahier des charges

Le régulateur étant a priori optimisé, on réalise un essai de validation du comportement temporel de l'inclinaison de l'habitacle, le véhicule étant à l'arrêt. Le calculateur envoie un signal de consigne représentant l'évolution de la position angulaire souhaitée (de 0 à 45° en 0,75 s).



Question 8 Quels sont les critères du cahier des charges validés?

Corrigé voir 26.

2.2.8 Simplifier un modèle.

2.2.9 Modéliser un correcteur numérique.

2.2.10 Déterminer les caractéristiques d'un solide ou d'un ensemble de solides indéformables.

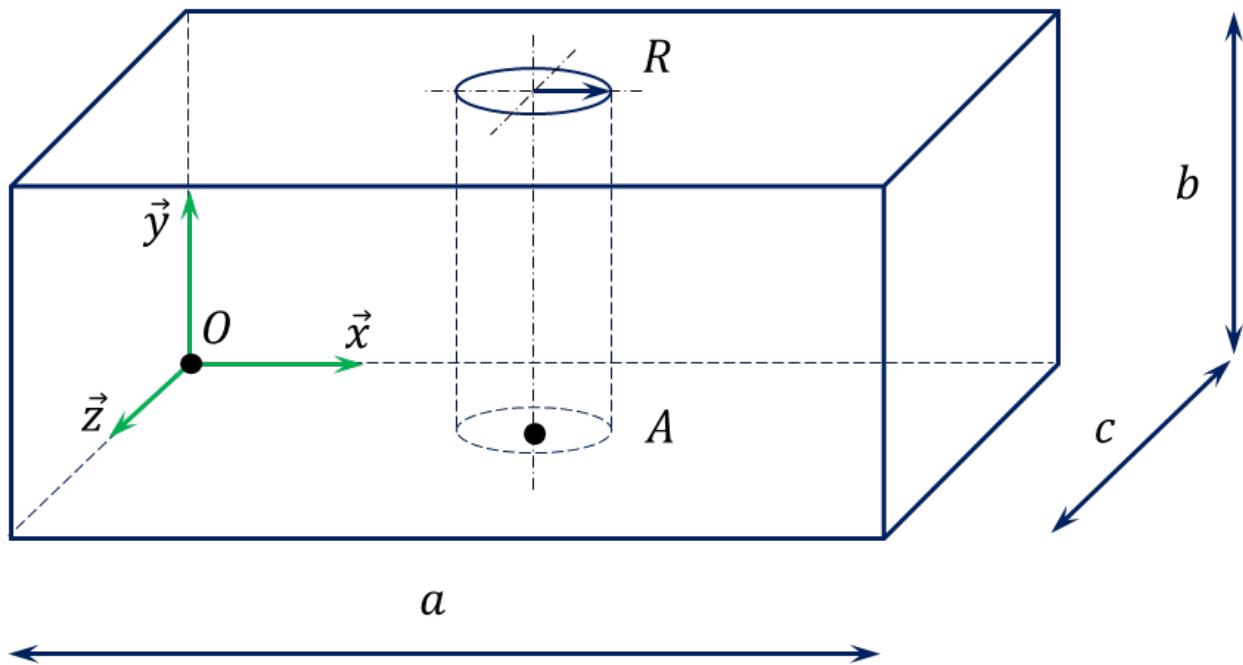
Exercice 27 – Parallélépipède*

B2-10

La matrice d'inertie d'un cylindre d'axe (G, \vec{k}) de rayon R et de hauteur H et de masse m est donnée en son centre d'inertie par $I_G(1) = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & A & 0 \\ 0 & 0 & C \end{pmatrix}_{(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})}$ avec $A = m\left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12}\right)$ et $C = m\frac{R^2}{2}$.

La matrice d'inertie d'un parallélépipède de cotés a , b et c et de masse m est donnée en son centre d'inertie par $I_G(1) = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{pmatrix}_{(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})}$ avec $A = m\frac{b^2 + c^2}{12}$, $B = m\frac{a^2 + c^2}{12}$, $C = m\frac{a^2 + b^2}{12}$.

Soit la pièce suivante.



On pose $\overrightarrow{OA} = \frac{a}{2} \vec{x} + \frac{c}{2} \vec{z}$.

Question 1 Déterminer la position du centre d'inertie G du solide.

Question 2 Déterminer la matrice d'inertie du solide en G , en A puis O .

Corrigé voir 27.

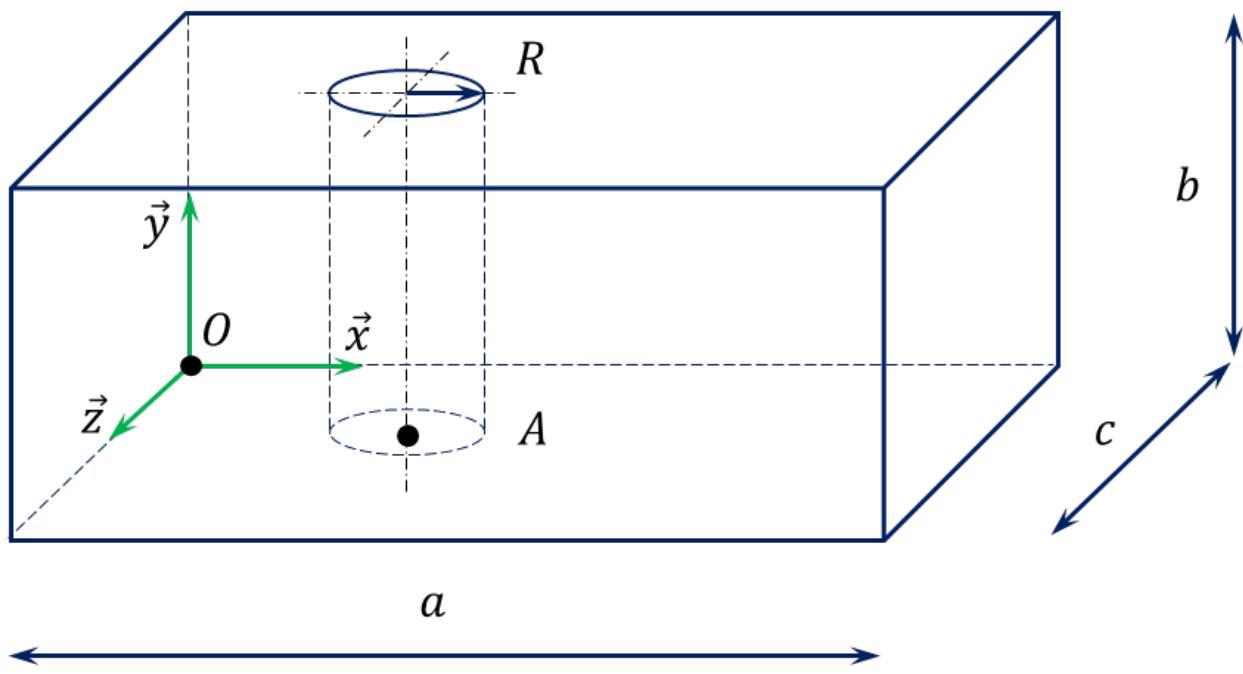
Exercice 28 – Parallélépipède percé*

B2-10

La matrice d'inertie d'un cylindre d'axe (G, \vec{k}) de rayon R et de hauteur H et de masse m est donnée en son centre d'inertie par $I_G(1) = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & A & 0 \\ 0 & 0 & C \end{pmatrix}_{(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})}$ avec $A = m \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} \right)$ et $C = m \frac{R^2}{2}$.

La matrice d'inertie d'un parallélépipède rectangle de cotés a , b et c et de masse m est donnée en son centre d'inertie par $I_G(1) = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{pmatrix}_{(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})}$ avec $A = m \frac{b^2 + c^2}{12}$, $B = m \frac{a^2 + c^2}{12}$, $C = m \frac{a^2 + b^2}{12}$.

Soit la pièce suivante.



$$\text{On pose } \overrightarrow{OA} = \frac{a}{3} \vec{x} + \frac{c}{2} \vec{z}.$$

Question 1 Déterminer la position du centre d'inertie G du solide.

Question 2 Déterminer la matrice d'inertie du solide en G .

Corrigé voir 28.

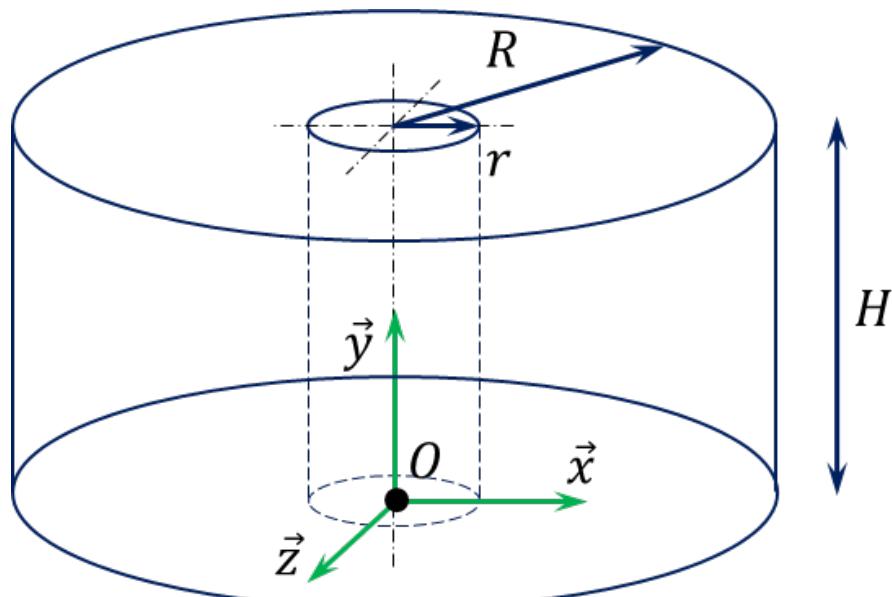
Exercice 29 – Cylindre percé *

B2-10 Pas de corrigé pour cet exercice.

La matrice d'inertie d'un cylindre d'axe (G, \vec{k}) de rayon R et de hauteur H et de masse m est donnée en son

centre d'inertie par $I_G(1) = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & A & 0 \\ 0 & 0 & C \end{pmatrix}_{(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})}$ avec $A = m \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} \right)$ et $C = m \frac{R^2}{2}$.

Soit la pièce suivante.



On pose $\overrightarrow{OA} = -\frac{R}{2}\vec{x}$.

Question 1 Déterminer la position du centre d'inertie G du solide.

Question 2 Déterminer la matrice d'inertie du solide en G puis en O .

Corrigé voir 29.

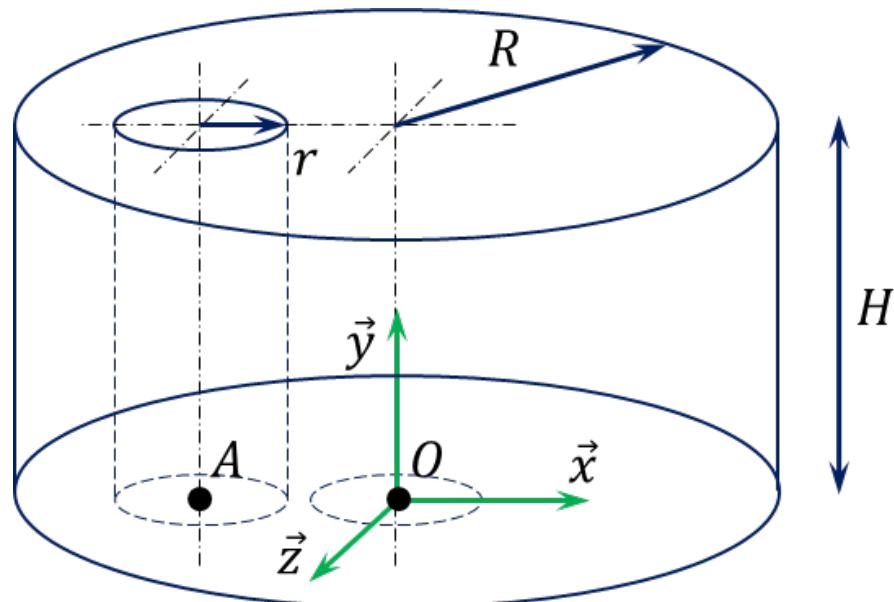
Exercice 30 – Cylindre percé *

B2-10 Pas de corrigé pour cet exercice.

La matrice d'inertie d'un cylindre d'axe (G, \vec{k}) de rayon R et de hauteur H et de masse m est donnée en son centre d'inertie par $I_G(1) = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & A & 0 \\ 0 & 0 & C \end{pmatrix}_{(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})}$ avec $A = m\left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12}\right)$ et $C = m\frac{R^2}{2}$.

Soit la pièce suivante constituée d'un grand cylindre noté **1** de rayon R . **1** est percé d'un cylindre de diamètre de rayon r . On considère que **1** est constitué d'un matériau homogène de masse volumique ρ .

On note $\overrightarrow{OA} = -\frac{R}{2}\vec{x}$.



Question 1 Déterminer la position du centre d'inertie G du solide.

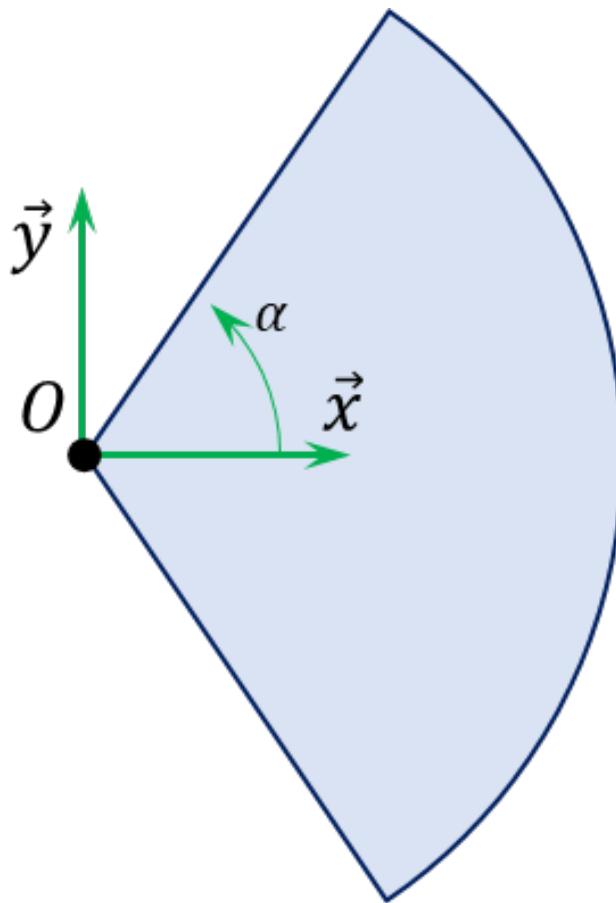
Question 2 Déterminer la matrice d'inertie du solide en G puis en O .

Corrigé voir 30.

Exercice 31 – Disque **

B2-10 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit un secteur de disque de rayon R , d'épaisseur négligeable et de masse surfacique μ .



DDS

Question 1 Déterminer la position du centre d'inertie G du solide.

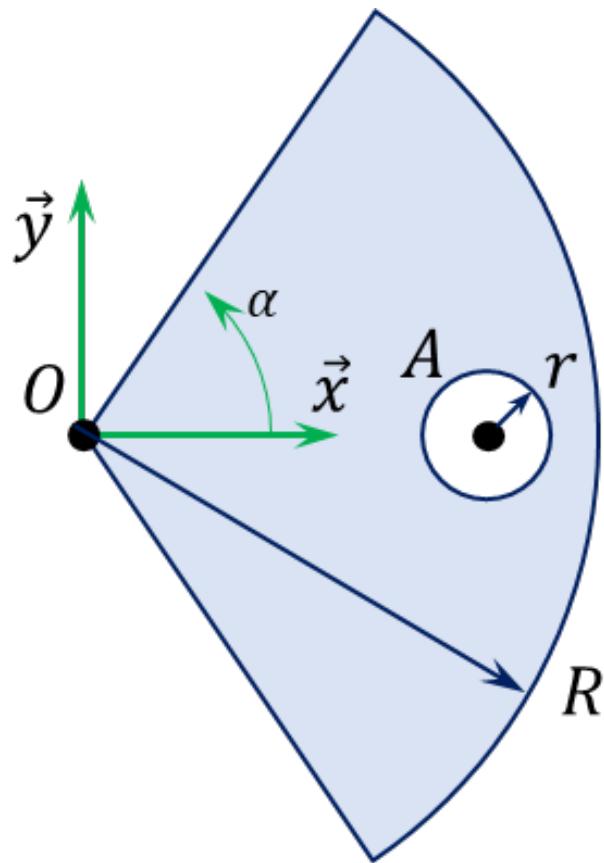
Question 2 Déterminer la matrice d'inertie du solide en O .

Corrigé voir 31.

Exercice 32 – Disque **

B2-10 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit un secteur de disque de rayon R , d'épaisseur négligeable et de masse surfacique μ . Il est percé d'un trou de rayon r tel que $\overrightarrow{OA} = \frac{3}{4}R\overrightarrow{x}$.



Question 1 Déterminer la position du centre d'inertie G du solide.

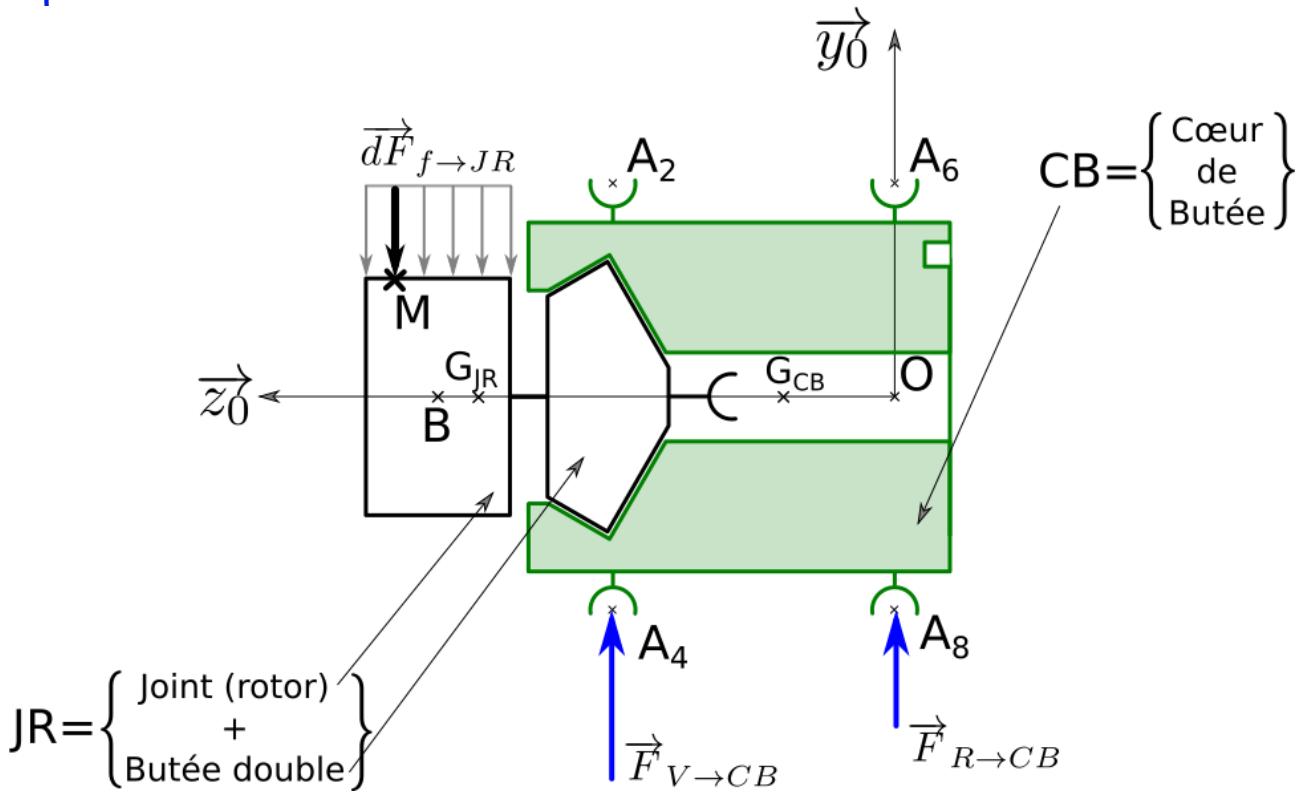
Question 2 Déterminer la matrice d'inertie du solide en O .

Corrigé voir 32.

Exercice 33 – Banc Balafre *

B2-10 Pas de corrigé pour cet exercice.

La figure suivante représente le paramétrage permettant de modéliser les actions mécaniques s'exerçant sur l'ensemble $S = \{JR + CB\}$. On nommera G le centre d'inertie de l'ensemble S .



Données et hypothèses

- On note $\overrightarrow{BM} = z \overrightarrow{z_0} + R_J \overrightarrow{u}(\theta)$ où R_J est le rayon du joint avec $R_J = 175\text{ mm}$;
 - la longueur du joint est $L_J = 150\text{ mm}$. La position du point B , centre du joint est $\overrightarrow{OB} = z_B \overrightarrow{z_0}$ avec $z_B = 425\text{ mm}$;
 - Le coeur de butée a une masse $M_{CB} = 40\text{ kg}$ et la position de son centre d'inertie G_{CB} est paramétrée par $\overrightarrow{OG_{CB}} = L_{CB} \overrightarrow{z_0}$ avec $L_{CB} = 193\text{ mm}$;
 - L'ensemble $JR = \{\text{Joint(rotor)} + \text{Butée double}\}$ a une masse $M_{JR} = 100\text{ kg}$ et la position de son centre d'inertie G_{JR} est paramétrée par $\overrightarrow{OG_{JR}} = L_{JR} \overrightarrow{z_0}$ avec $L_{JR} = 390\text{ mm}$. On notera $I_{G_{JR}}(JR) = \begin{pmatrix} A_{JR} & -F_{JR} & -E_{JR} \\ -F_{JR} & B_{JR} & -D_{JR} \\ -E_{JR} & -D_{JR} & C_{JR} \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_{JR}}$
- la matrice d'inertie de l'ensemble JR au point G_{JR} exprimée dans une base $\mathcal{B}_{JR} = (\overrightarrow{x_{JR}}, \overrightarrow{y_{JR}}, \overrightarrow{z_0})$ liée à JR ;
- Les positions des points A_4 et A_8 sont paramétrées par $\overrightarrow{OA_4} = z_4 \overrightarrow{z_0} - R_{CB} \overrightarrow{y_0}$ et $\overrightarrow{OA_8} = -R_{CB} \overrightarrow{y_0}$ avec $z_4 = 280\text{ mm}$ et $R_{CB} = 150\text{ mm}$.

Question 1 Déterminer l'expression de la coordonnée z_G de \overrightarrow{OG} selon $\overrightarrow{z_0}$. Faire l'application numérique.

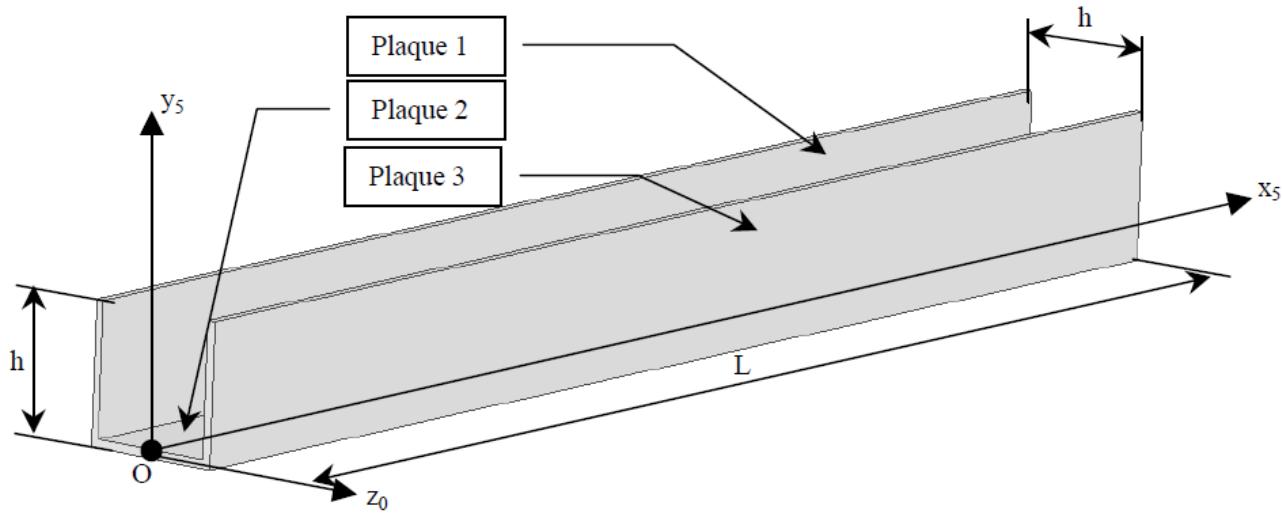
Question 2 Sachant que l'ensemble JR possède une symétrie de révolution par rapport à $(O, \overrightarrow{z_0})$, simplifier la matrice d'inertie $I_{G_{JR}}(JR)$.

Corrigé voir 33.

Exercice 34 – EPAS *

B2-10 Pas de corrigé pour cet exercice.

Dans une première approche, on modélise le parc échelle d'un camion de pompier par un assemblage de trois plaques rectangulaires homogènes d'épaisseur négligeable, de longueur L et de largeur h . Chaque plaque a une masse notée m .



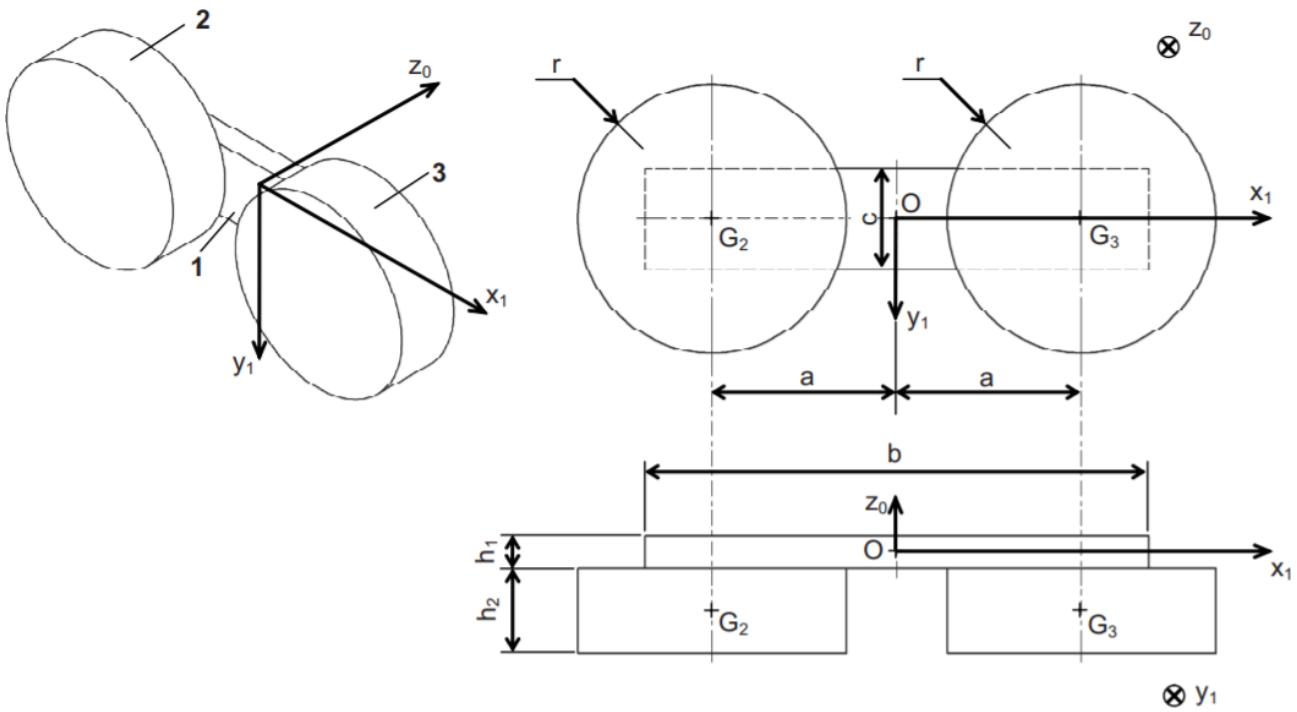
Question 1 Montrez que le vecteur position \overrightarrow{OG} du centre de gravité G du parc échelle est tel que $\overrightarrow{OG} = \frac{L}{2} \overrightarrow{x_5} + \frac{h}{3} \overrightarrow{y_5}$.

Corrigé voir 243.

Exercice 35 – Banc Balafre *

B2-10 Pas de corrigé pour cet exercice.

Les galets 2 et 3 sont de masses identiques m_2 et de centres d'inertie respectifs G_2 et G_3 . Le balancier 1 est de masse m_1 et de centre d'inertie O (la tige de $G_3 H$ étant de masse négligeable). Les solides 1, 2 et 3 sont supposés homogènes (masse volumique notée μ).



Question 1 Donner la forme de la matrice d'inertie du solide 1 au point O dans la base $(\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_0})$.

Question 2 Exprimer littéralement le moment d'inertie C_1 du solide 1 par rapport à l'axe $(O, \overrightarrow{z_0})$, en fonction de la masse m_1 et de ses dimensions.

Question 3 Donner la forme de la matrice d'inertie du solide 2 au point G_2 dans la base $(\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_0})$.

Question 4 Exprimer littéralement le moment d'inertie C'_2 du solide 2 par rapport à l'axe (G_2, \vec{z}_0) , en fonction de la masse m_2 et de ses dimensions.

Question 5 Exprimer littéralement le moment d'inertie C_2 du solide 2 par rapport à l'axe (G_2, \vec{z}_0) , en fonction de la masse m_2 et de ses dimensions.

$$1. I_O(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)}.$$

$$2. C_1 = \frac{m_1}{12} (b^2 + c^2).$$

$$3. I_{G_2}(1) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & A_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)}.$$

$$4. C'_2 = m_2 \frac{r^2}{2}.$$

$$5. C_2 = m_2 \left(\frac{r^2}{2} + a^2 \right).$$

Corrigé voir 35.

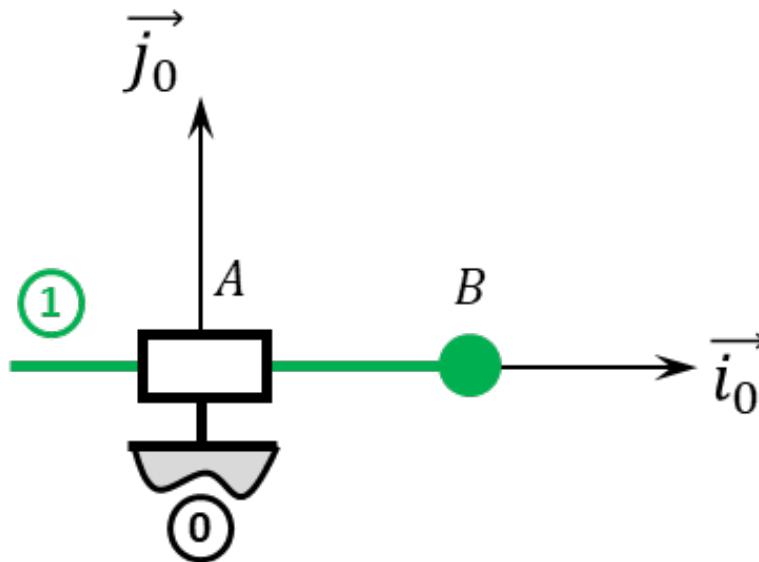
2.2.11 Proposer une modélisation des liaisons avec leurs caractéristiques géométriques.

2.2.12 Proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique.

Exercice 36 – Mouvement T – *

B2-12

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

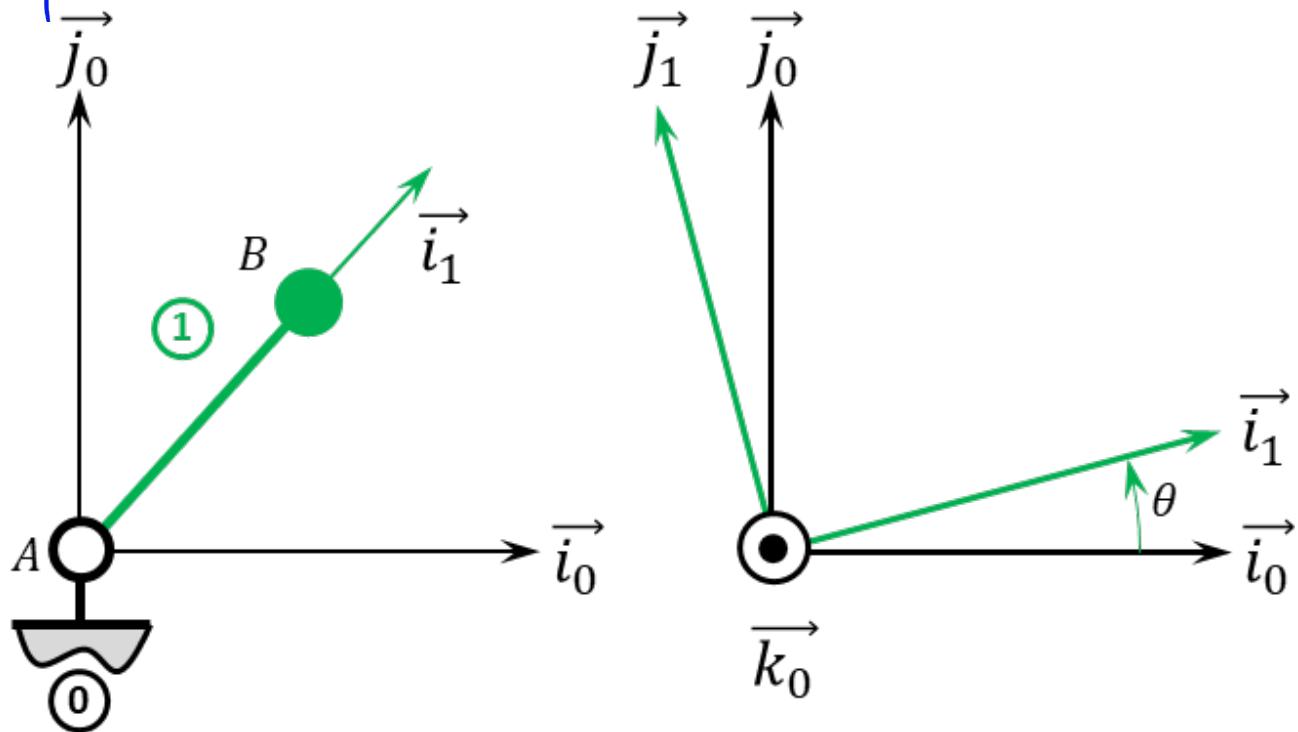
Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\lambda = -20 \text{ mm}$.

Corrigé voir 36.

Exercice 37 – Mouvement R *

B2-12

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20 \text{ mm}$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

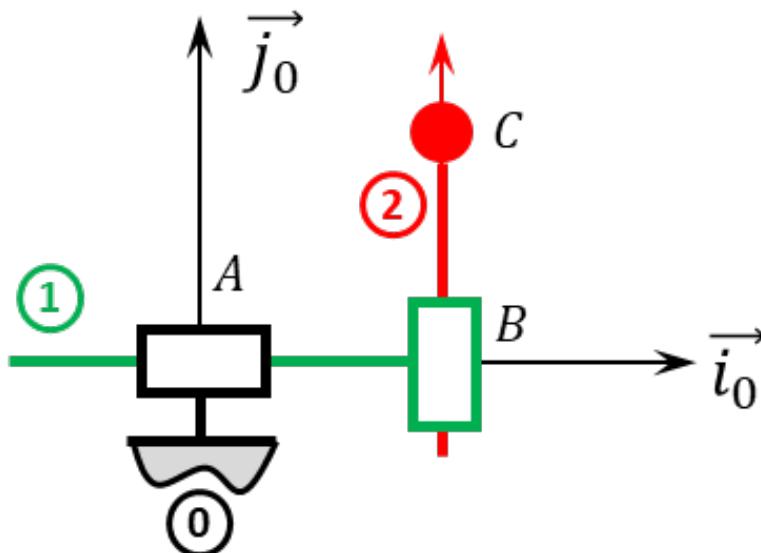
Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta = \pi$ rad.

Corrigé voir 37.

Exercice 38 – Mouvement TT – *

B2-12

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \overrightarrow{i_0}$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \overrightarrow{j_0}$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

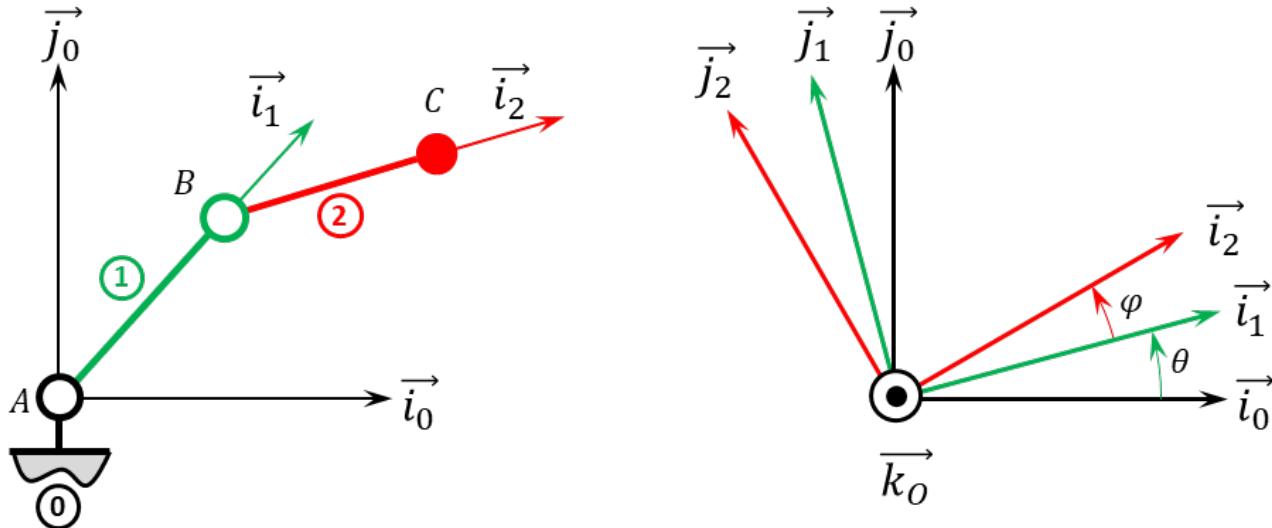
Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\lambda = 20 \text{ mm}$ et $\mu = 10 \text{ mm}$.

Corrigé voir 38.

Exercice 39 – Mouvement RR *

B2-12

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20 \text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$ avec $L = 15 \text{ mm}$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$ et $\varphi = -\frac{\pi}{4} \text{ rad}$.

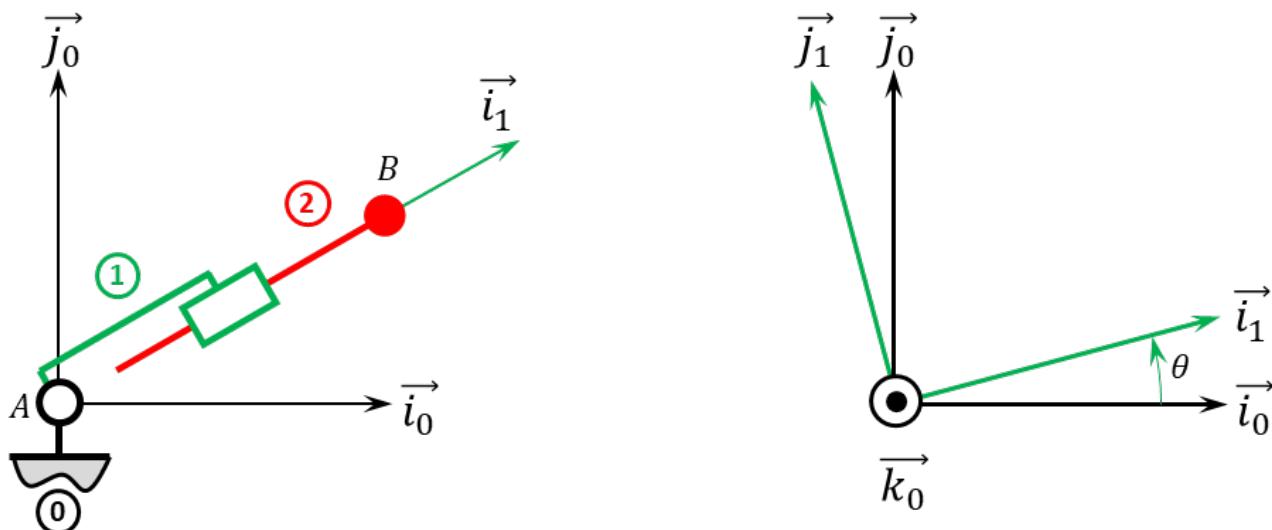
Question 4 Retracer le schéma cinématique pour $\theta = \frac{3\pi}{4} \text{ rad}$ et $\varphi = -\frac{\pi}{4} \text{ rad}$.

Corrigé voir 39.

Exercice 40 – Mouvement RT *

B2-12

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Retracer le schéma cinématique pour $\theta = \frac{\pi}{4}$ rad et $\lambda(t) = 20$ mm.

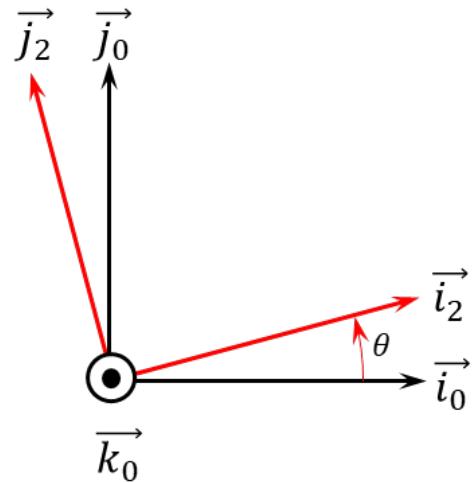
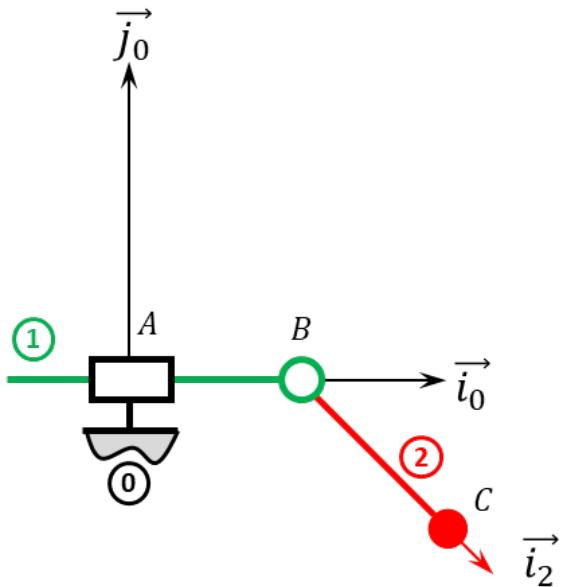
Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta = -\frac{\pi}{4}$ rad et $\lambda(t) = -20$ mm.

Corrigé voir 40.

Exercice 41 – Mouvement RT *

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = R \vec{i}_2$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Retracer le schéma cinématique pour $\theta = \frac{\pi}{4}$ rad et $\lambda(t) = 20$ mm.

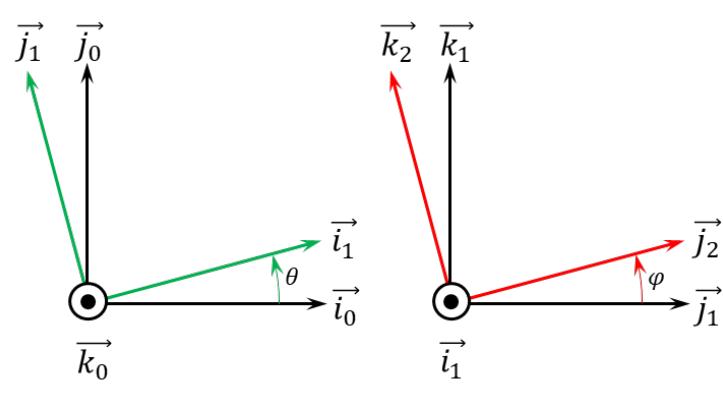
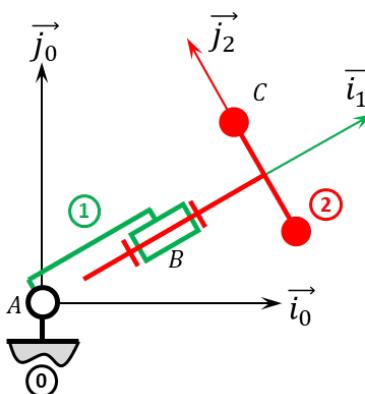
Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta = -\frac{\pi}{4}$ rad et $\lambda(t) = -20$ mm.

Corrigé voir 41.

Exercice 42 – Mouvement RR 3D **

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = \ell \vec{i}_2 + r \vec{j}_2$. On note $R + \ell = L = 20$ mm et $r = 10$ mm.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

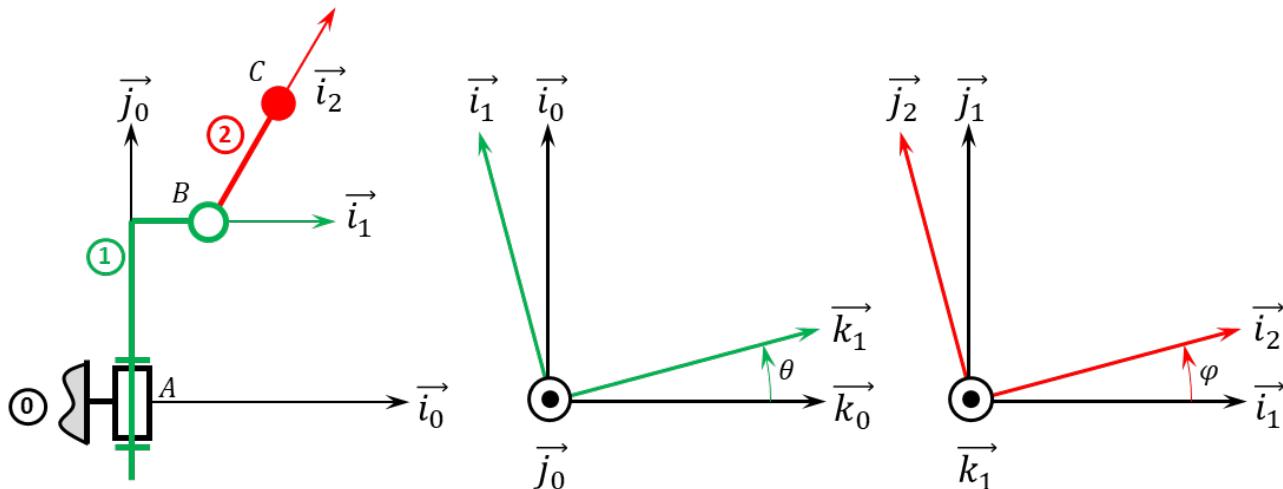
Question 2 Retracer le schéma cinématique en 3D pour $\theta(t) = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$ et $\varphi(t) = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$.

Corrigé voir 42.

Exercice 43 – Mouvement RR 3D **

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \vec{j}_1 + R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$. On a $H = 20 \text{ mm}$, $r = 5 \text{ mm}$, $L = 10 \text{ mm}$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

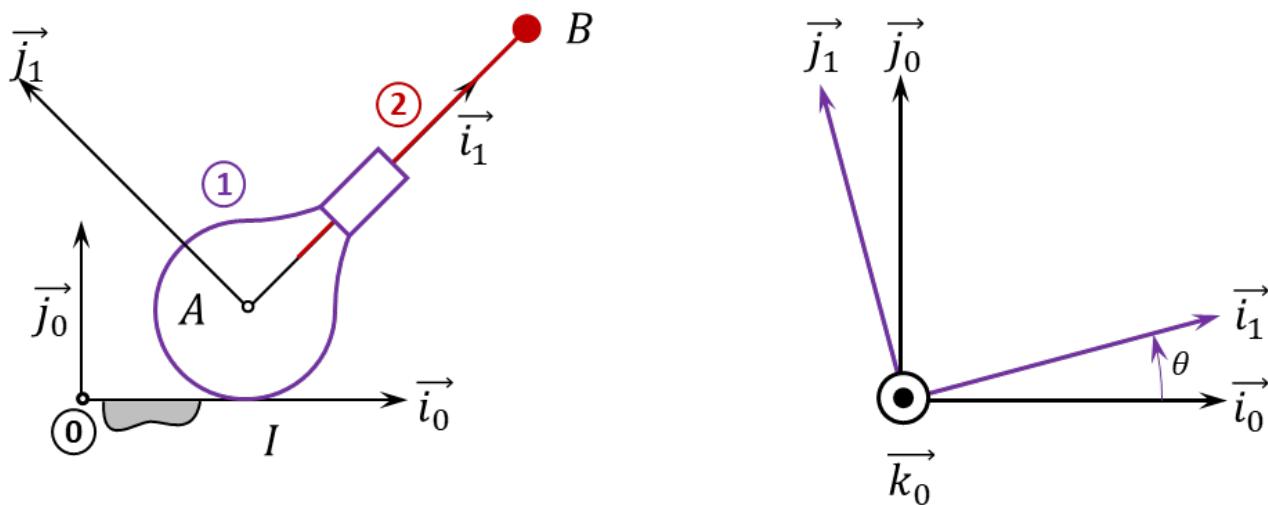
Question 2 Retracer le schéma cinématique en 3D pour $\theta(t) = \pi \text{ rad}$ et $\varphi(t) = -\frac{\pi}{4} \text{ rad}$.

Corrigé voir 43.

Exercice 44 – Mouvement RT – RSG **

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus $R = 15 \text{ mm}$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = 0 \text{ rad}$ et $\lambda(t) = 20 \text{ mm}$. On notera I_1 le point de contact entre 0 et 1.

Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = \frac{\pi}{2}$ rad et $\lambda(t) = 30$ mm. On notera I_2 le point de contact entre 0 et 1. On précisera la position des points $I_{0,0}$ et $I_{0,1}$, points résultants de la rupture de contact lors du passage de $\theta(t)$ de 0 à $\frac{\pi}{2}$.

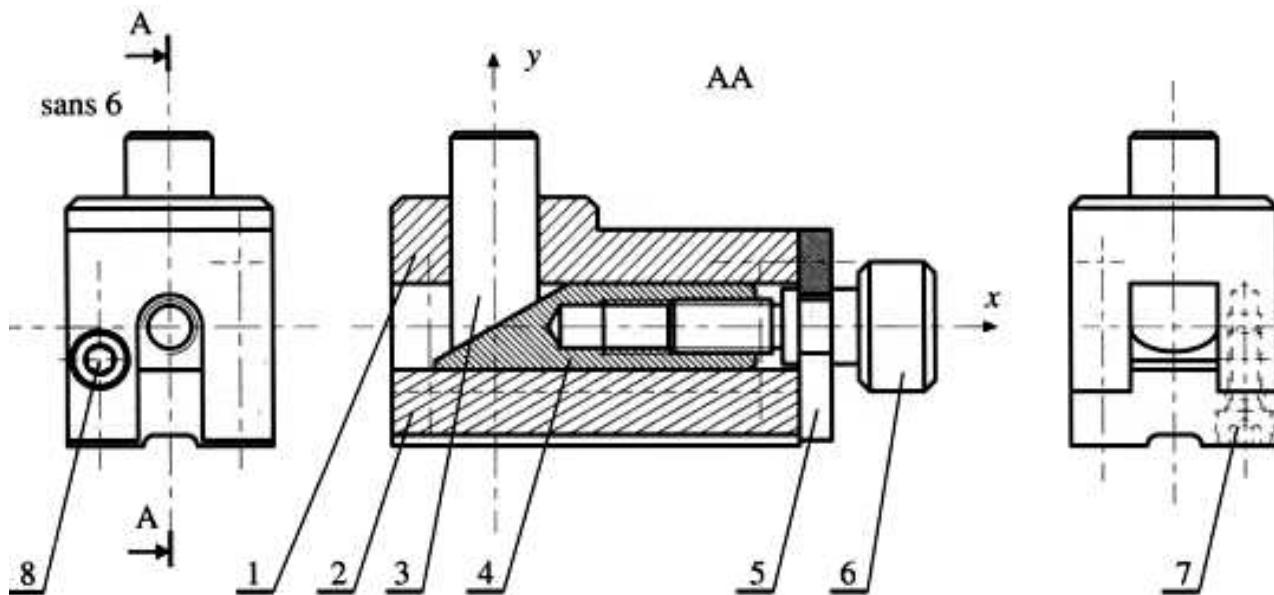
Corrigé voir 44.

Exercice 45 – Borne réglable **

B2-12

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la borne réglable suivante.



La nomenclature est la suivante.

Rep	Désignation	Quantité
1	Coulisseau	1
2	Borne	1
3	Corps	1
4	Vis de guidage	1
5	Couvercle	1
6	Vis de couvercle	2
7	Socle	1
8	Vis de socle	4
10	Molette	1
12	Vis	1
13	Goupille fendue	1

Question 1 Colorier le dessin de définition en utilisant la même couleur pour une même classe d'équivalence.

Question 2 Lister les classes d'équivalence.

Question 3 Donner le graphe de liaisons en précisant rigoureusement les liaisons. Justifier le choix des liaisons.

Question 4 Réaliser le schéma cinématique.

Corrigé voir 45.

Exercice 46 – Robot de toit **

B2-12

Pas de corrigé pour cet exercice.

Sit le mécanisme donné au verso. La nomenclature est la suivante.

Rep	Nb	Désignation
1	1	Carter inférieur fixe
2	1	Carter supérieur pivotant
3	2	Ecrou hexagonal ISO 4032 - M10
4	1	Rondelle plate ISO 10673 – Type N - 10
5	1	Axe fileté à tête fendu
6	1	Plat de fermeture
7	7	Rondelle plate ISO 10673 – Type N - 5
8	1	Bride de liaison support coussinets
9	1	Bride de liaison gauche
10	2	Coussinet
11	1	Tube carter
12	1	Bride de liaison droite
13	1	Carter cylindrique
14	1	Axe excentré
15	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux
16	1	Chape mâle
17	2	Goupille cylindrique
18	1	Bielle rotule
19	1	Cale de réglage
20	1	Fermeture rotule
21	1	Bielle à portée sphérique
22	3	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M5-30
23	1	Goupille cylindrique ISO 8734 - 3x30
24	1	Chape femelle
25	1	Axe de chape
26	1	Anneau élastique pour arbre, 4 x 0,4
27	2	Coussinet à collet
28	1	Bielle

Rep	Nb	Désignation
29	3	Vis à tête cylindrique à six pans creux
30	1	Axe d'articulation
31	1	Axe de sortie
32	1	Support d'axe de sortie
33	1	Ecrou hexagonal
34	1	Rondelle plate
35	2	Coussinet à collet
36	1	Plateau support excentrique
37	1	Vis à tête moletée
38	1	Doigt de réglage
39	1	Coussinet
40	1	Entretoise
41	2	Anneau élastique pour arbre, 6 x 0,7
42	1	Anneau élastique pour alésage, 32 x 1,5
43	1	Anneau élastique pour arbre, 12 x 1
44	1	Arbre d'entrée
45	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial
46	1	Support roulements
47	1	Carter
48	1	Vis sans fin Z48 = 2 filets
49	2	Boîtier
50	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial
51	2	Joint à deux lèvres
52	1	Arbre Creux
53	1	Vis à tête hexagonale ISO 4014-M6
54	1	Arbre
55	1	Roue dentée Z55= 60 dents

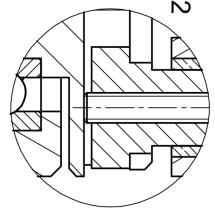
Question 1 Colorier le dessin de définition en utilisant la même couleur pour une même classe d'équivalence.

Question 2 Lister les classes d'équivalence.

Question 3 Donner le graphe de liaisons en précisant rigoureusement les liaisons. Justifier le choix des liaisons.

Question 4 Réaliser le schéma cinématique.

Détail F
échelle 3 : 2



$\begin{matrix} Y \\ \downarrow \\ Z \end{matrix}$

A-A

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

11 12 13

C-C

37

C

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

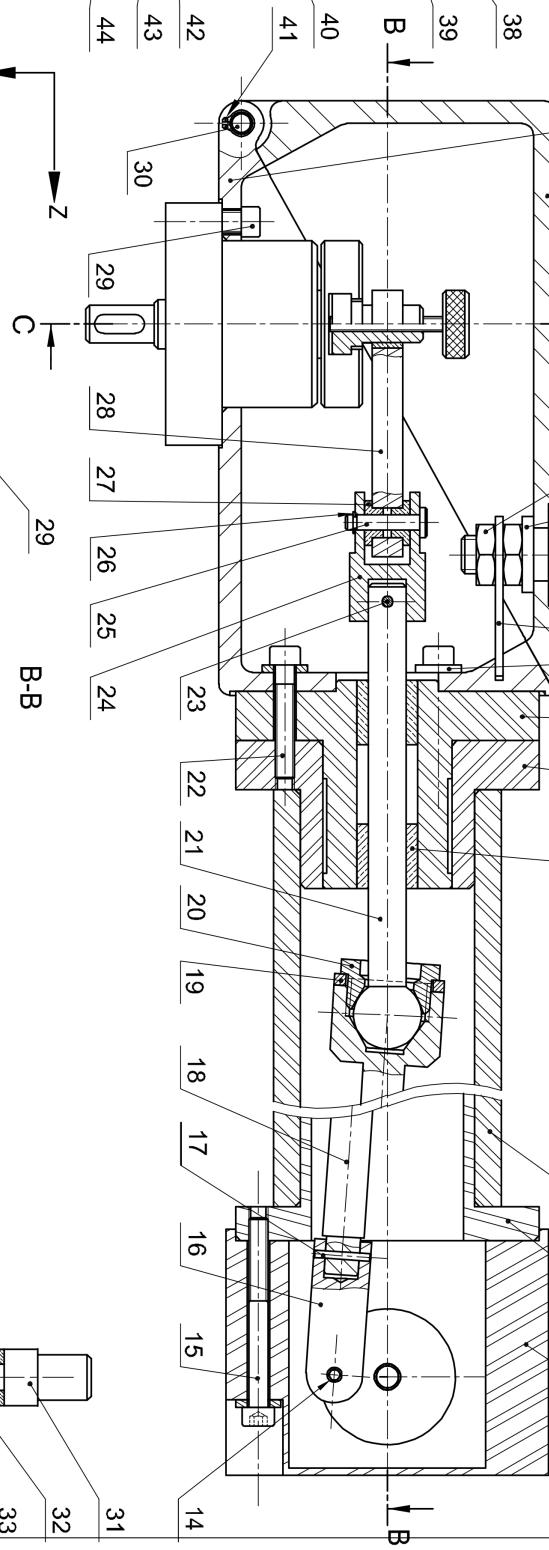
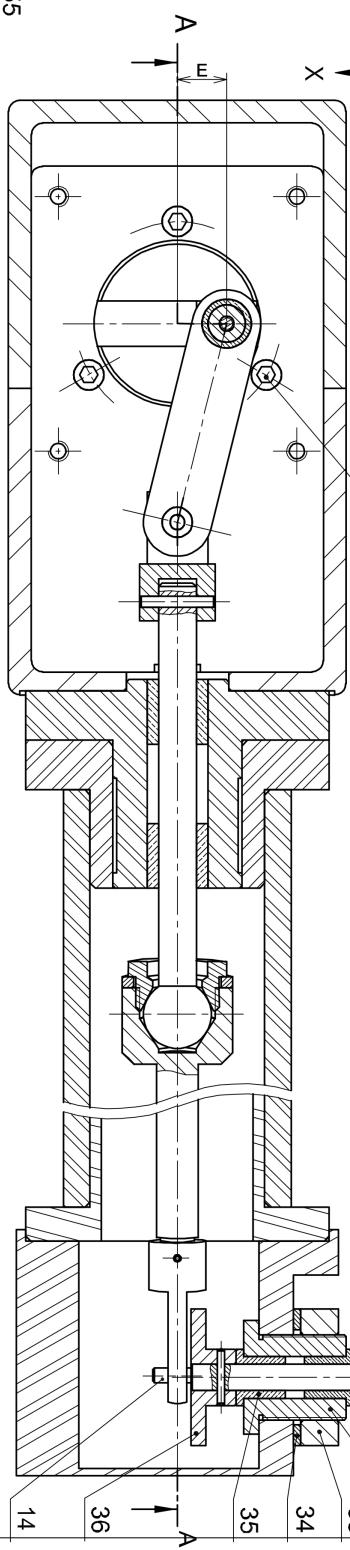
51

52

53

54

55



E : excentrique réglant l'angle d'oscillation

- Le réducteur à roue et vis sans fin est enlevé pour les vues en coupe A-A et BB
- Le boîtier de roulement (46) n'est pas représenté coupé volontairement et la vis (15) est ramenée dans le plan de coupe.

Exercice 47 – Pompe ENSIETA **
B2-12
Pas de corrigé pour cet exercice.

Le plan joint format A4 représente l'ensemble monté d'une pompe hydraulique manuelle.

La pompe est fixée sur un support vertical au moyen de 3 trous filetés (1). Une série de trois trous filetés est usinée sur chaque côté du corps (2), permettant ainsi de fixer indifféremment la pompe sur l'une ou l'autre de ses faces.

L'admission de l'huile est effectuée par l'orifice (3), le refoulement par l'orifice (4).

Le pompage s'effectue en actionnant un levier placé dans l'alésage cannelé du maneton (5). Le mouvement alternatif est, par l'intermédiaire de la biellette articulée, transmis au piston coulissant (6).

Lors du mouvement de droite à gauche du piston coulissant, un volume d'huile est aspiré à travers (3) et vient s'emmager dans l'alésage à droite de la tête du piston, simultanément l'huile qui se trouve à gauche de la tête du piston est refoulée par l'orifice (4).

Lors du mouvement de gauche à droite du piston coulissant s'effectue le transfert, à travers de la tête du piston, de l'huile emmagasinée à sa droite (celle-ci passant côté tige). Simultanément une partie de l'huile transférée est refoulée dans (4).

Un clapet anti-retour est constitué d'une bille et d'un ressort. Sur la pompe étudiée ils sont au nombre de trois. Le passage du fluide dans un sens, par action sur la bille provoque l'écrasement du ressort et libère le passage. Dans le sens contraire l'action du fluide se conjugue avec celle du ressort et interdit le passage.

Question 1 *Le diamètre nominal de la bille contenue dans le clapet anti-retour situé sur l'orifice (4) est identique à celui de l'alésage qui la guide. Est-ce fonctionnellement correct? Justifier votre réponse. L'observation de la pièce (7) du clapet situé sur l'orifice (3) peut vous aider pour la réponse.*

Question 2 *L'alésage du corps contenant l'extrémité du raccord orifice (4) et l'alésage sur lequel le piston (6) coulisse doivent-ils être réalisés avec le même type d'état de surface? Justifier votre réponse.*

Question 3 *Entre la tige du piston et l'alésage du corps, quel ajustement choisir? Préciser s'il s'agit d'un ajustement avec jeu, avec serrage ou ajusté.*

Question 4 *D'après la représentation du dessin d'ensemble, un des composants de la pompe ne peut pas être monté. Quel est-il (donner son numéro)? Pourquoi? Que faudrait-il faire pour le rendre montable?*

Question 5 *Dans le mouvement de droite à gauche du piston, le volume aspiré dans (3) à droite de la tête de piston est-il le même que celui refoulé à gauche de la tête de piston dans (4)? Justifier votre réponse.*

On donne les dimensions suivantes :

- tête de piston = 29 mm;
- tige de piston = 18 mm;
- course du piston = 31 mm.

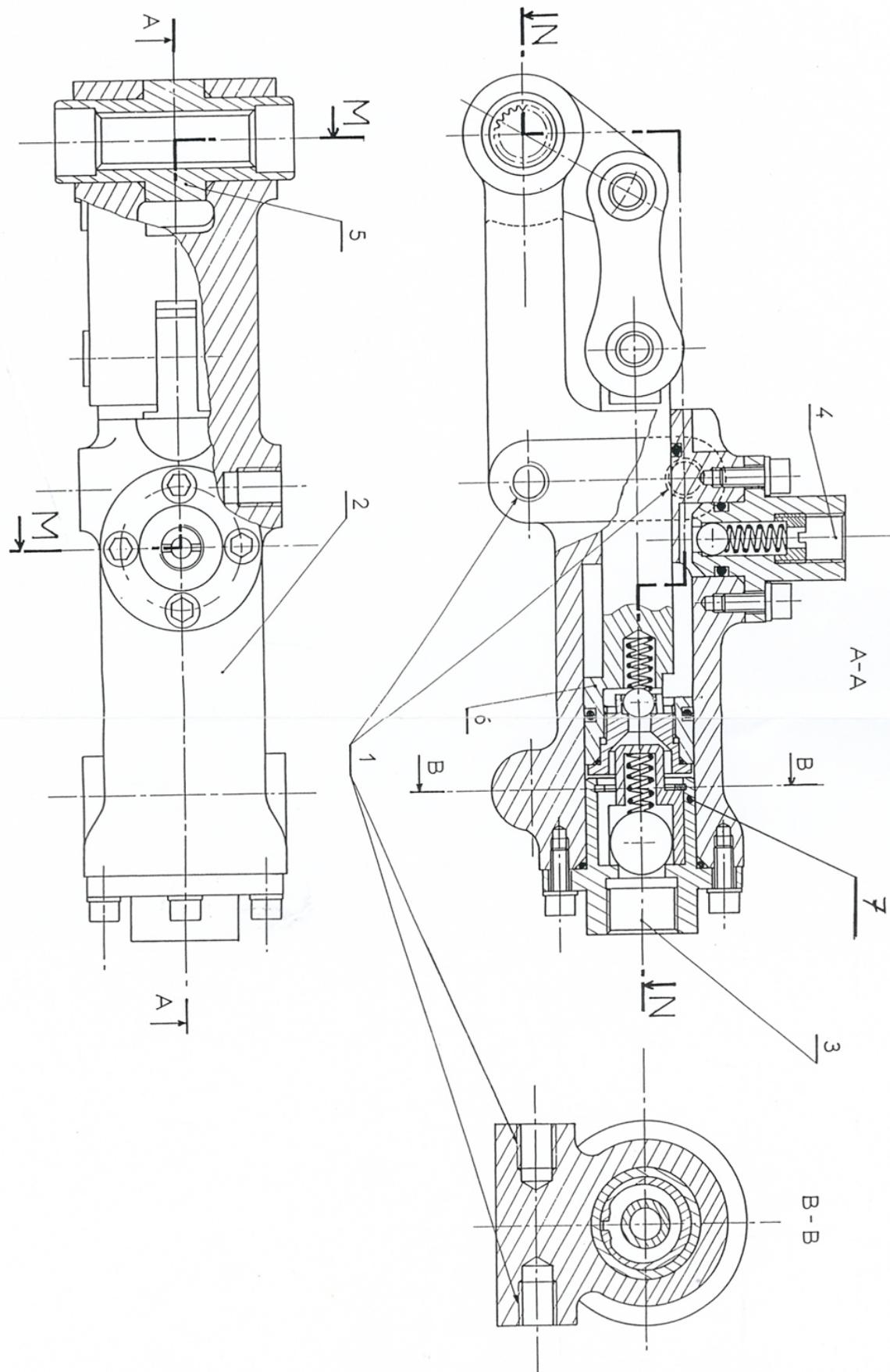
Question 6 *Quel est le volume d'huile envoyé à la sortie (4) :*

- *lors de la course droite – gauche du piston?*
- *lors de la course gauche – droite du piston?*

Schéma cinématique

On considère la pompe sans aucun clapet. Seule la transformation de mouvement permettant le déplacement du piston nous intéresse.

Question 7 *Faire le schéma cinématique de la pompe.*

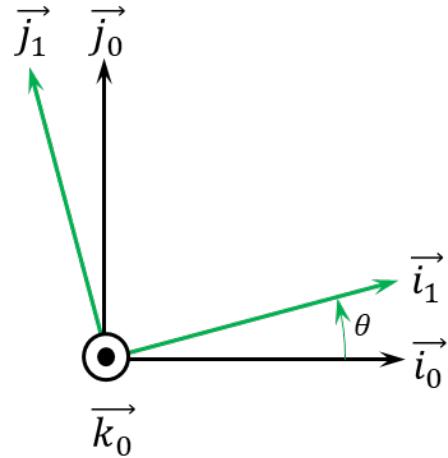
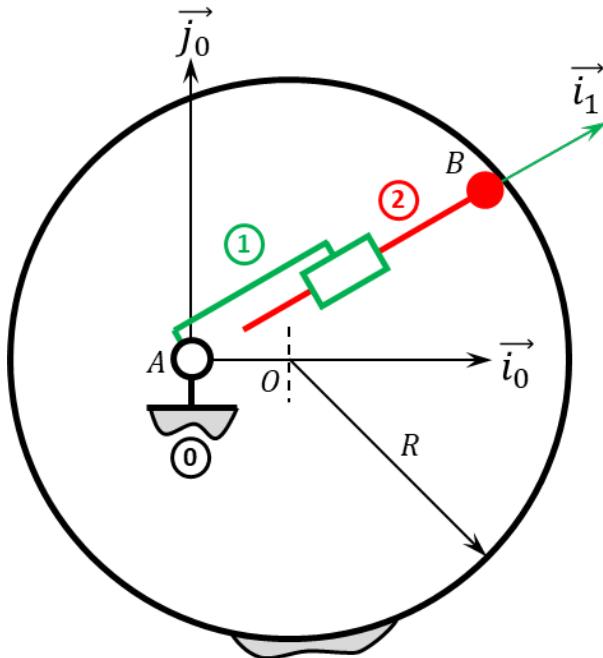


Corrigé voir 47.

Exercice 48 – Pompe à palettes **

B2-12

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AO} = e \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus $e = 10 \text{ mm}$ et $R = 20 \text{ mm}$. Le contact entre **0** et **2** en **B** est maintenu en permanence (notamment par effet centrifuge lors de la rotation de la pompe).



DDS

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = 0 \text{ rad}$.

Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = \pi \text{ rad}$.

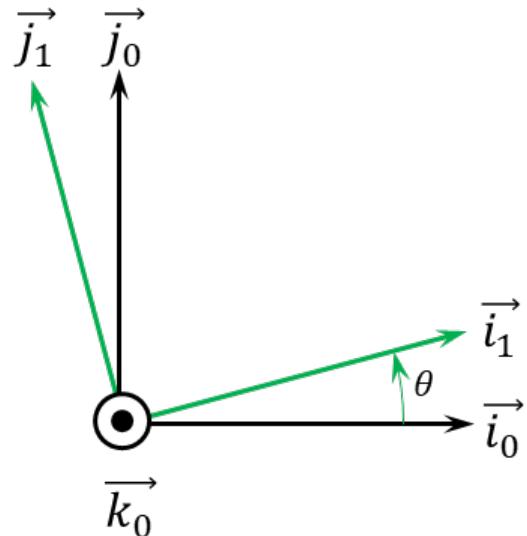
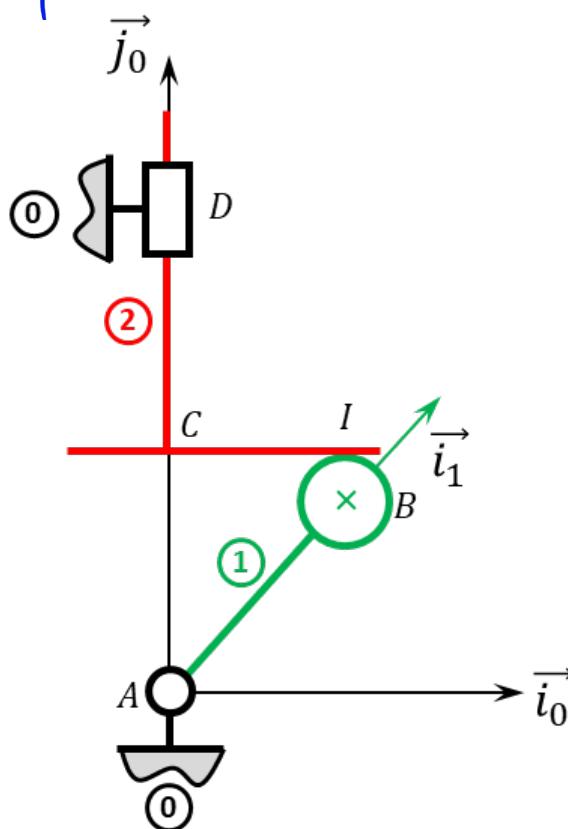
Question 4 En déduire la course de la pièce **2**.

Corrigé voir 48.

Exercice 49 – Pompe à pistons radiaux **

B2-12

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = e \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BI} = R \vec{j}_0$. De plus, $e = 10 \text{ mm}$ et $R = 20 \text{ mm}$. Le contact entre **1** et **2** en **B** est maintenu en permanence par un ressort suffisamment raide (non représenté) positionné entre **0** et **2**.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t)=0 \text{ rad}$.

Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t)=\frac{\pi}{2} \text{ rad}$.

Question 4 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t)=-\frac{\pi}{2} \text{ rad}$.

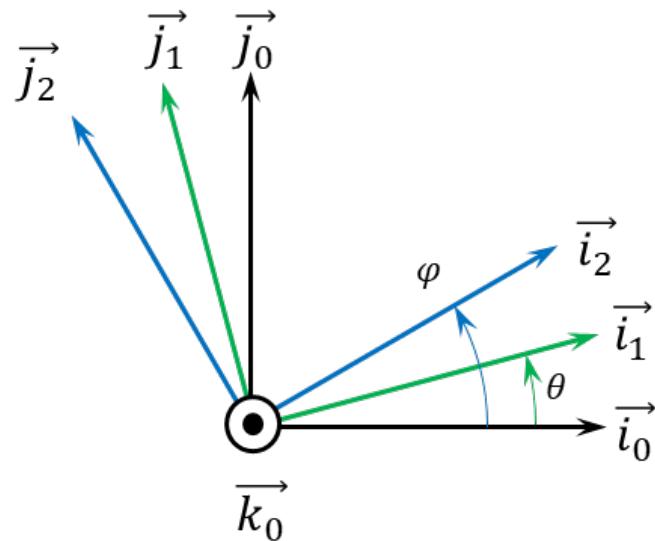
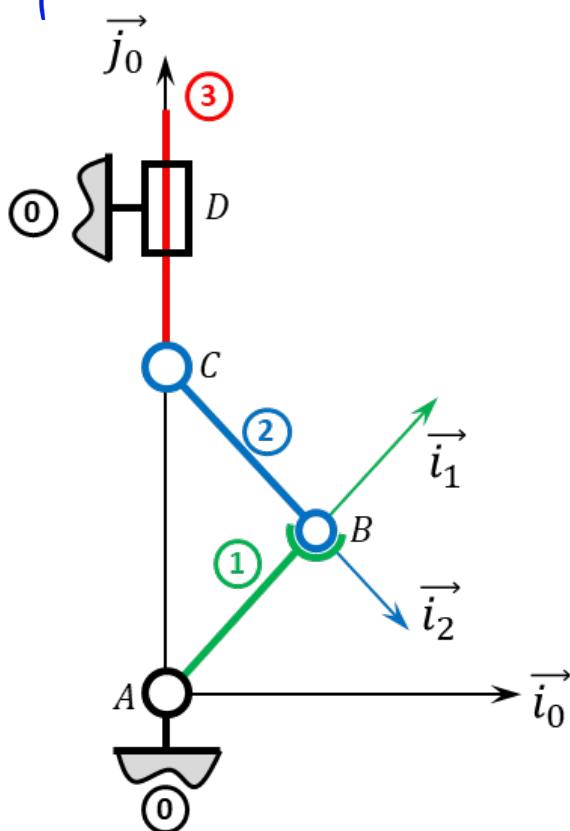
Question 5 En déduire la course de la pièce 2.

Corrigé voir 49.

Exercice 50 – Système bielle manivelle **

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{CB} = L \vec{i}_2$. De plus, $R = 10 \text{ mm}$ et $L = 20 \text{ mm}$.



DDS

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 $\theta(t) = -\frac{\pi}{2}$ rad.

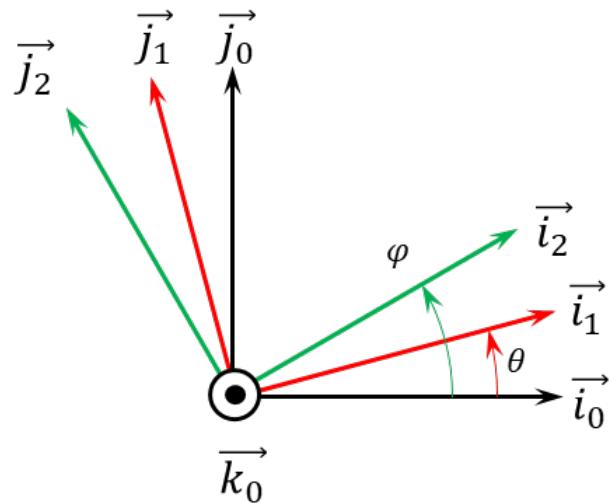
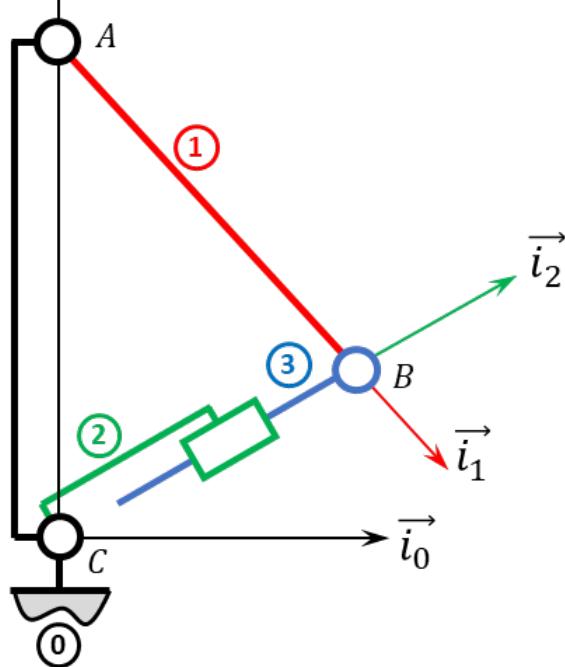
Question 4 En déduire la course de la pièce 3.

Corrigé voir 50.

Exercice 51 – Système de transformation de mouvement **

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{CA} = H \overrightarrow{j_0}$. De plus, $R = 30$ mm et $H = 40$ mm.



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 $\theta(t) = 0$ rad.

Question 4 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = -\frac{\pi}{2}$ rad.

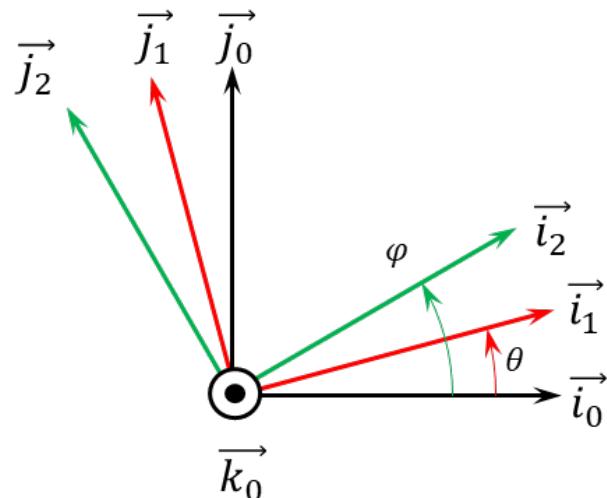
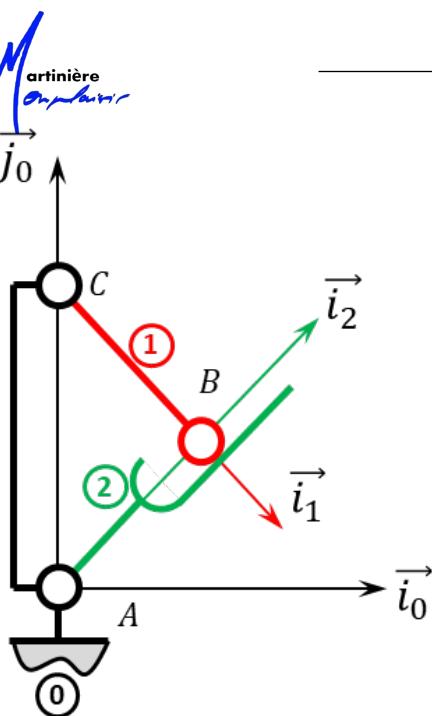
Question 5 En déduire la course de la pièce 3.

Corrigé voir 51.

Exercice 52 – Barrière Sympact **

B2-12

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



DDS

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 $\theta(t) = 75^\circ$.

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.

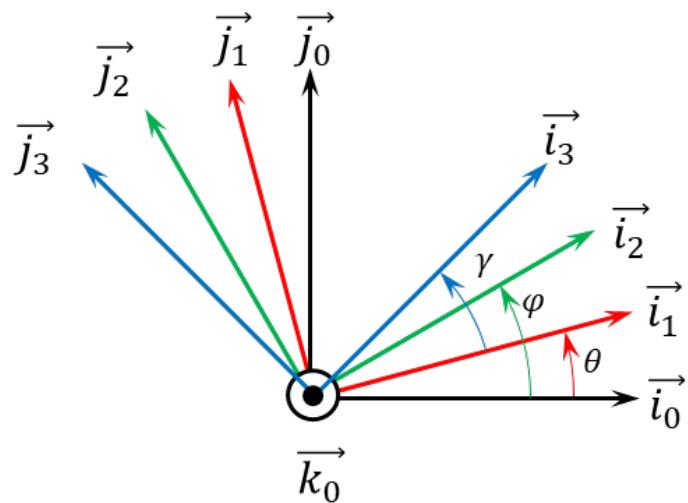
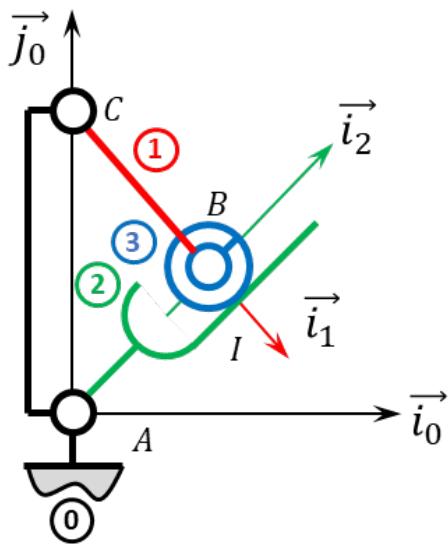
Indications :

1. .
2. .
3. .
4. 160 mm.
5. 160,8°.

Corrigé voir 256.

Exercice 53 – Barrière Sympact **

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice. Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = H \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{CB} = R \vec{i}_1$. De plus, $H = 120$ mm, $R = 40$ mm $BI = 10$ mm.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

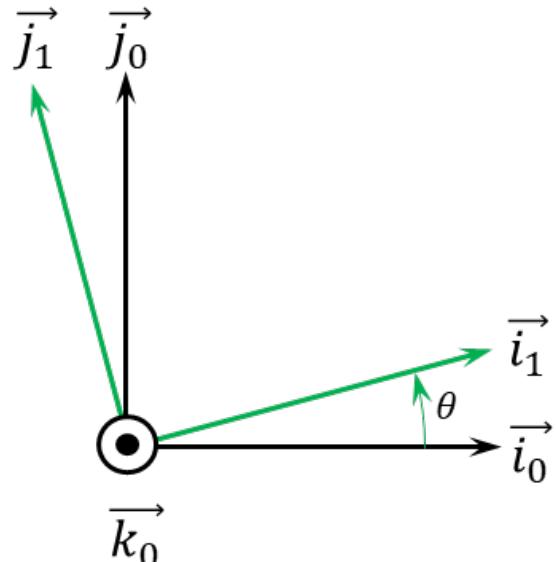
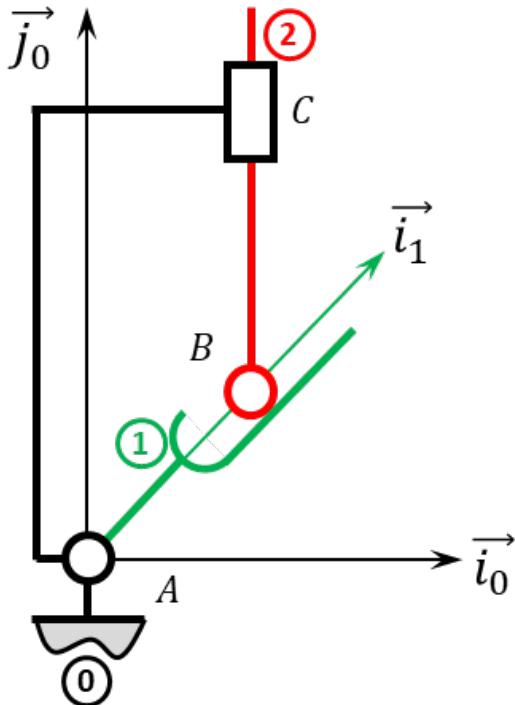
Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = -\frac{\pi}{2}$ rad.

Corrigé voir 256.

Exercice 54 – Pousoir **

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = L \overrightarrow{i_0} + H \overrightarrow{j_0}$. De plus, $H = 120$ mm, $L = 40$ mm.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = -\frac{\pi}{4}$ rad.

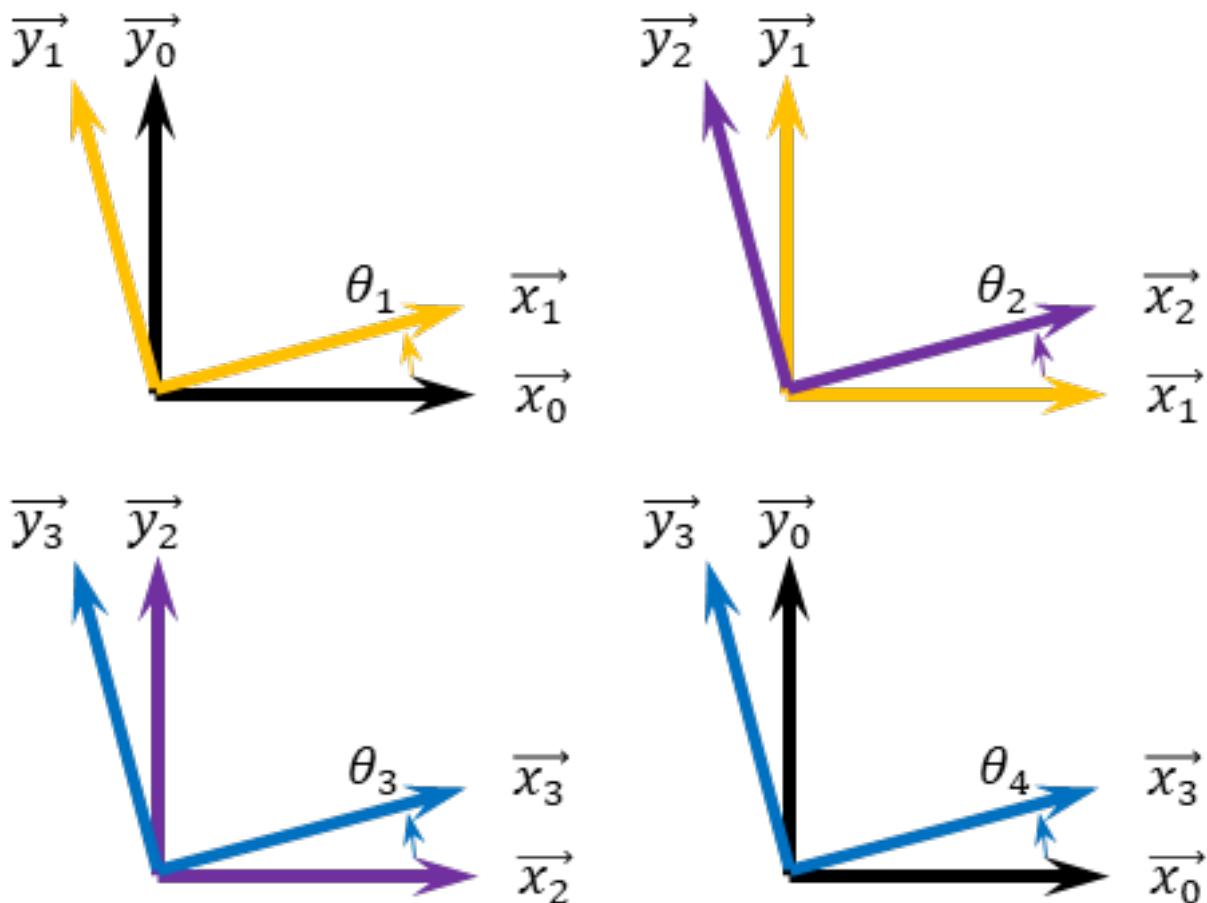
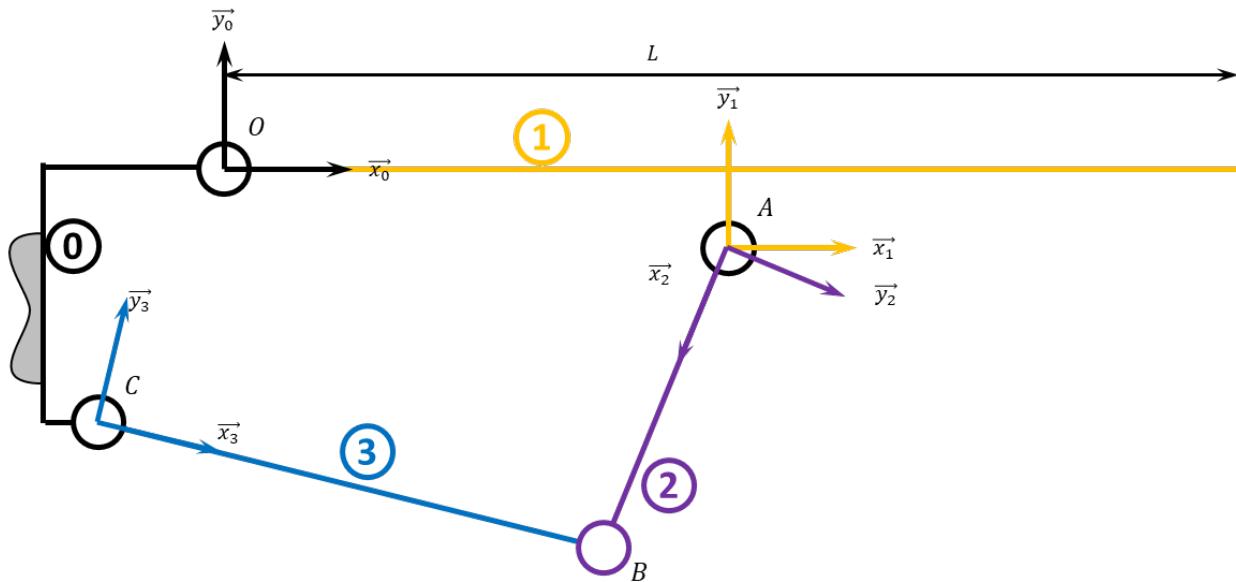
Corrigé voir 257.

Exercice 55 – Système 4 barres ***

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

On a :

- $\overrightarrow{OA} = a \vec{x}_1 - f \vec{y}_1$ avec $a = 355$ mm et $f = 13$ mm;
- $\overrightarrow{AB} = b \vec{x}_2$ avec $b = 280$ mm;
- $\overrightarrow{BC} = -c \vec{x}_3$ avec $c = 280$ mm;
- $\overrightarrow{OC} = -d \vec{x}_0 - e \vec{y}_0$ avec $d = 89,5$ mm et $e = 160$ mm;



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Retracer le schéma cinématique pour $\theta_1(t) = 0 \text{ rad}$.

Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta_1(t) = -\frac{\pi}{2} \text{ rad}$.

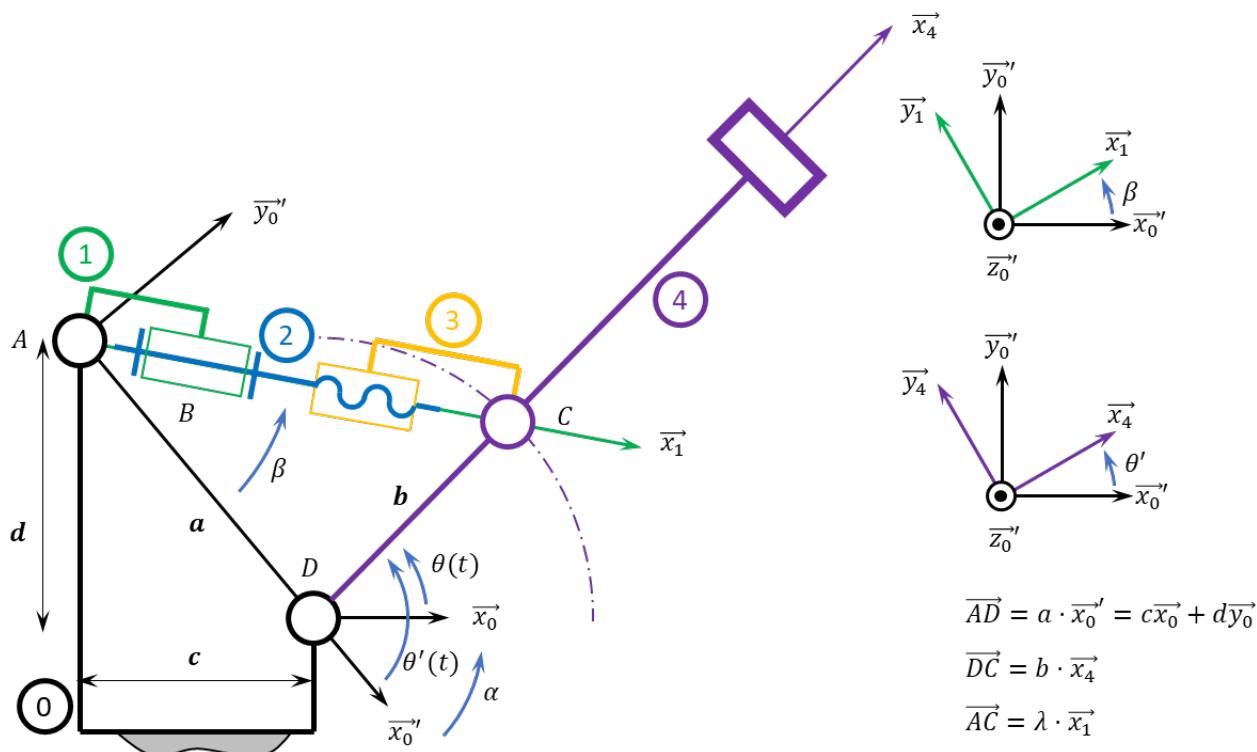
Question 4 En déduire la course angulaire (θ_4) de la pièce 3.

Corrigé voir 55.

Exercice 56 – Maxpid ***

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma suivant.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = 0 \text{ rad}$.

Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$.

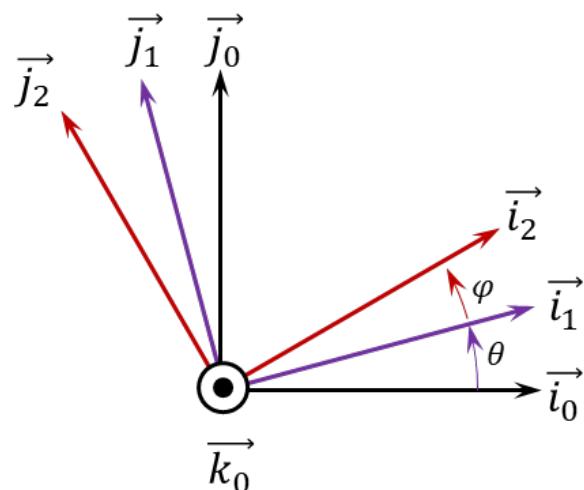
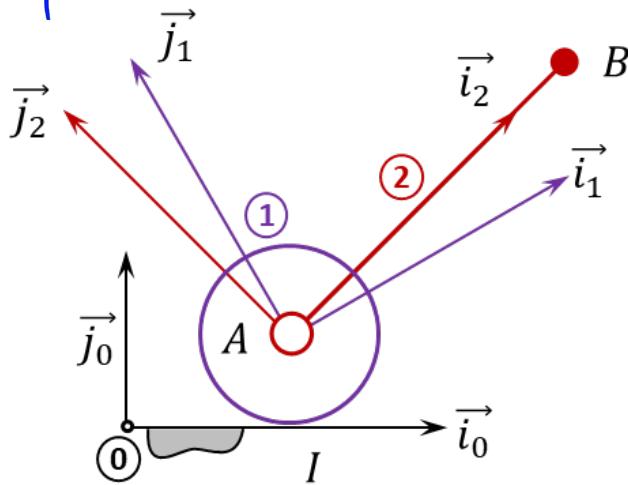
Question 4 En déduire la course de λ .

Corrigé voir 56.

Exercice 57 – Mouvement RR – RSG **

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AB} = L \vec{i}_1$. De plus $R = 15 \text{ mm}$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t)=0 \text{ rad}$ et $\varphi(t)=0 \text{ rad}$. On notera I_0 le point de contact entre $\mathbf{0}$ et $\mathbf{1}$.

Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t)=\frac{\pi}{2} \text{ rad}$ et $\varphi(t)=0 \text{ rad}$. On notera I_1 le point de contact entre $\mathbf{0}$ et $\mathbf{1}$. On précisera la position des points $I_{0,0}$ et $I_{0,1}$, points résultants de la rupture de contact lors du passage de $\theta(t)$ de 0 à $\frac{\pi}{2}$.

Question 4 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t)=\frac{\pi}{2} \text{ rad}$ et $\varphi(t)=\frac{\pi}{2} \text{ rad}$.

Corrigé voir 57.

Exercice 58 – Tabouret **

B2-12

Pas de corrigé pour cet exercice.



Question 1 Proposer un schéma cinématique permettant de modéliser la liaison entre l'assise et le sol.

Exercice 59 – Tabouret **

B2-12

Pas de corrigé pour cet exercice.



Question 1 Proposer 3 schémas cinématiques permettant de modéliser les contacts entre le sol et le tabouret.

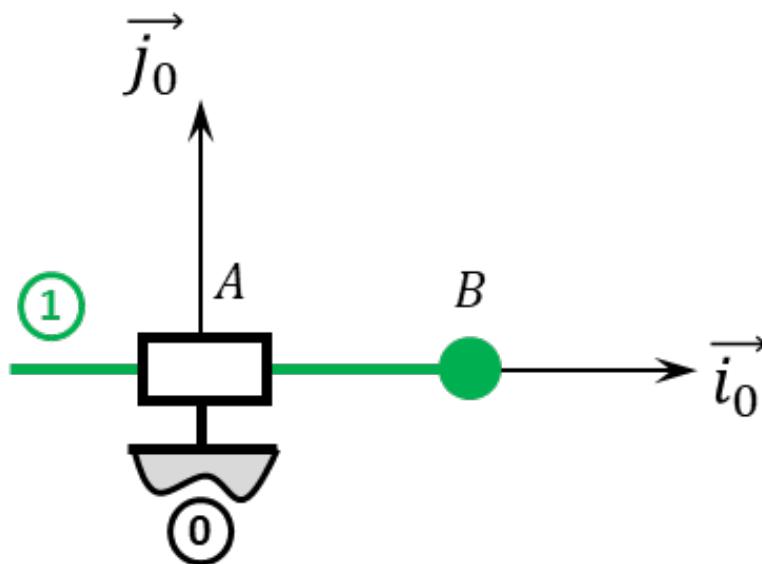
Corrigé voir 59.

2.2.13 Modéliser la cinématique d'un ensemble de solides.
Exercice 60 – Mouvement T – *

C2-05

B2-13

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



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

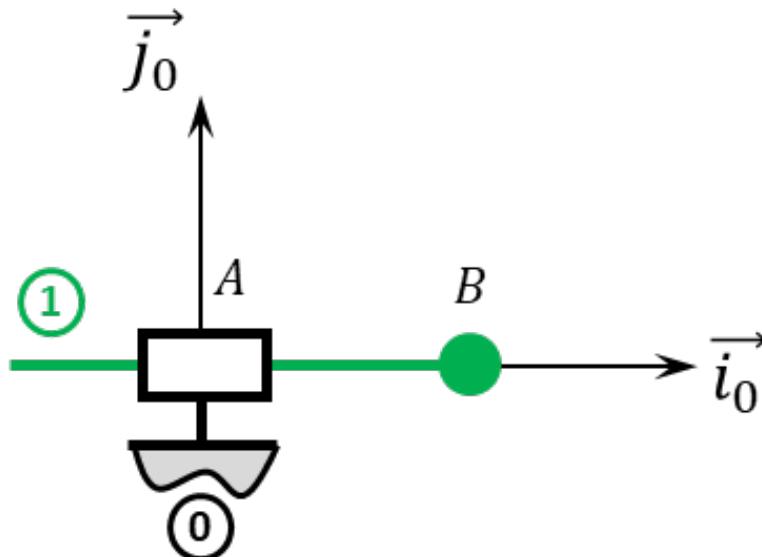
Question 2 Donner l'équation paramétrique de la trajectoire du point B, point appartenant à 1 par rapport à 0.

Indications :

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

Exercice 61 – Mouvement T – *
B2-13

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



DDS

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(1/0)\}$ au point B.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,1/0)}$.

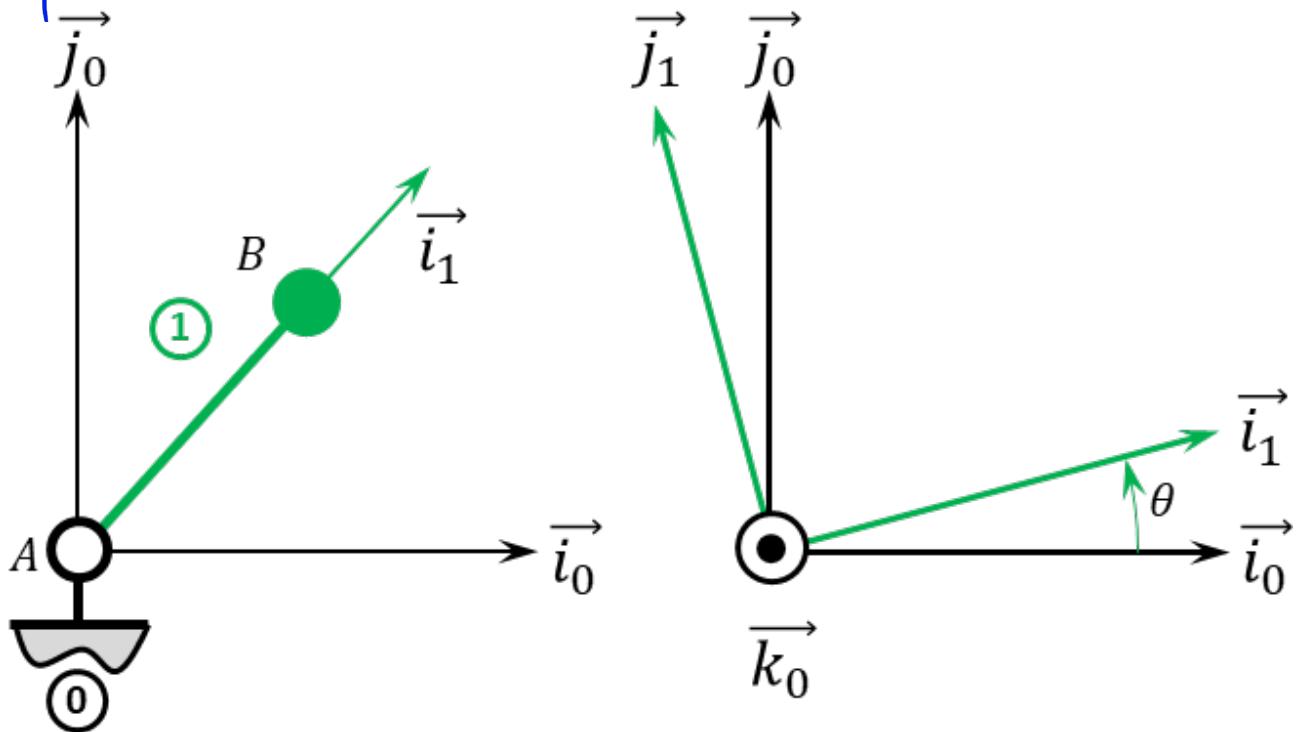
Indications :

1. $\{\mathcal{V}(1/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \overrightarrow{0} \\ \dot{\lambda}(t) \overrightarrow{i_0} \end{array} \right\}_{\forall P}$.
2. $\overrightarrow{\Gamma(B,1/0)} = \ddot{\lambda}(t) \overrightarrow{i_0}$.

Corrigé voir 270.

Exercice 62 – Mouvement R *
C2-05
B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i_1}$ 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 :

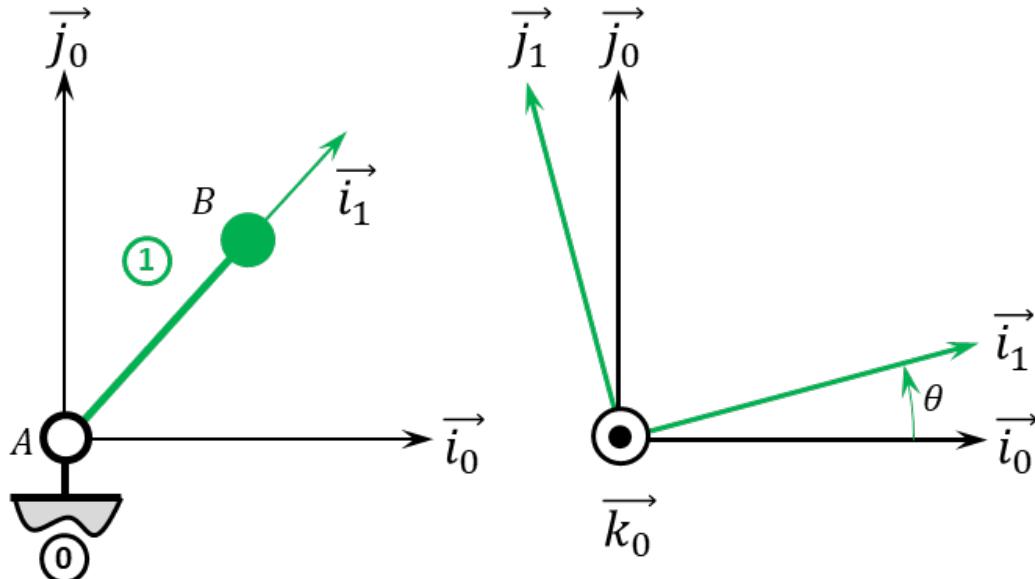
1. .
2. .
3. $x_B(t) = R \cos \theta(t)$ et $y_B(t) = R \sin \theta(t)$.

Corrigé voir 271.

Exercice 63 – Mouvement R *

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\vec{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20\text{mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(B,1/0)}$ par dérivation vectorielle.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{V(B,1/0)}$ par une autre méthode.

Question 3 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(1/0)\}$ au point B.

Question 4 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,1/0)}$.

Indications :

1. $\overrightarrow{V(B,1/0)} = R\dot{\theta} \vec{j}_1$.
2. $\overrightarrow{V(B,1/0)} = R\dot{\theta} \vec{j}_1$.
3. $\{\mathcal{V}(1/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \dot{\theta} \vec{k}_0 \\ R\dot{\theta} \vec{j}_1 \end{array} \right\}_B$.
4. $\overrightarrow{\Gamma(B,1/0)} = R\ddot{\theta} \vec{j}_1 - R\dot{\theta}^2 \vec{i}_1$.

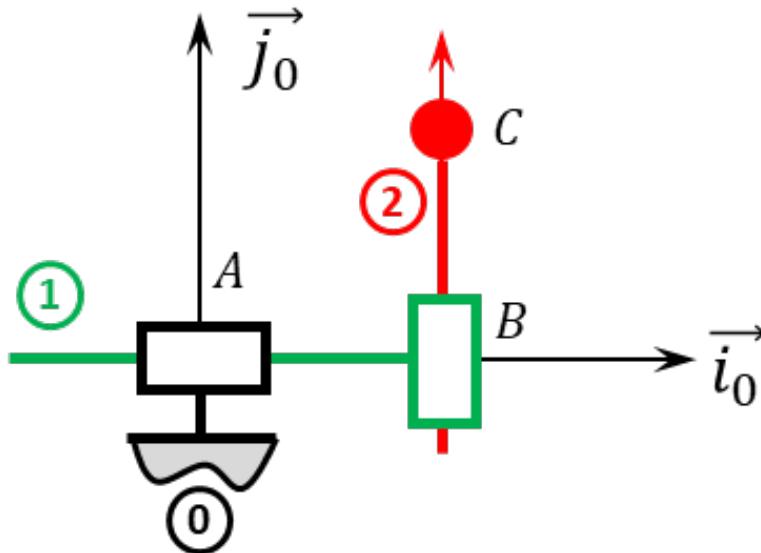
Corrigé voir 271.

Exercice 64 – Mouvement TT – *

C2-05

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \vec{j}_0$.



Question 1 Quel est le mouvement de 2 par rapport à 0.

Question 2 Donner l'équation du mouvement du point C dans le mouvement de 2 par rapport à 0.

On souhaite que le point C réalise un cercle de centre A et de rayon $R = 10 \text{ cm}$ à la vitesse $v = 0,01 \text{ m s}^{-1}$.

Question 3 Donner la relation liant $\theta(t)$, v et R .

Par ailleurs la vitesse du point C est donnée par $\overrightarrow{V(C,2/0)} = \frac{d}{dt} [\overrightarrow{AC}]_{\mathcal{R}_0} = R\dot{\theta} \vec{e}_\theta$.

Question 4 Donner les expressions de $\lambda(t)$ et $\mu(t)$ permettant la réalisation de cette trajectoire en fonction de v , R et du temps.

Question 5 En utilisant Python, tracer $\lambda(t)$, $\mu(t)$ et la trajectoire générée.

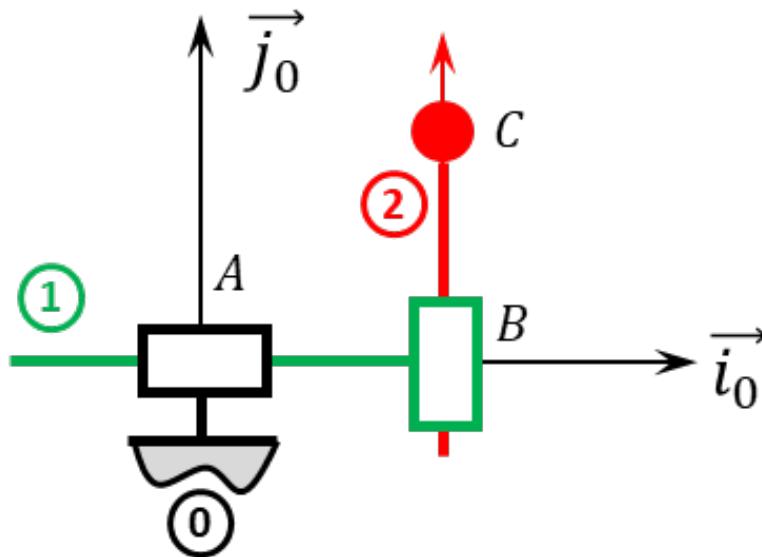
Indications :

1. .
2. $x_C(t) = \lambda(t)$ et $y_C(t) = \mu(t)$.
3. $\theta(t) = \frac{v}{R} t$.
4. $\lambda(t) = R \cos\left(\frac{v}{R} t\right)$, $\mu(t) = R \sin\left(\frac{v}{R} t\right)$.
5. .

Corrigé voir 64.

Exercice 65 – Mouvement TT – *
B2-13

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \vec{j}_0$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

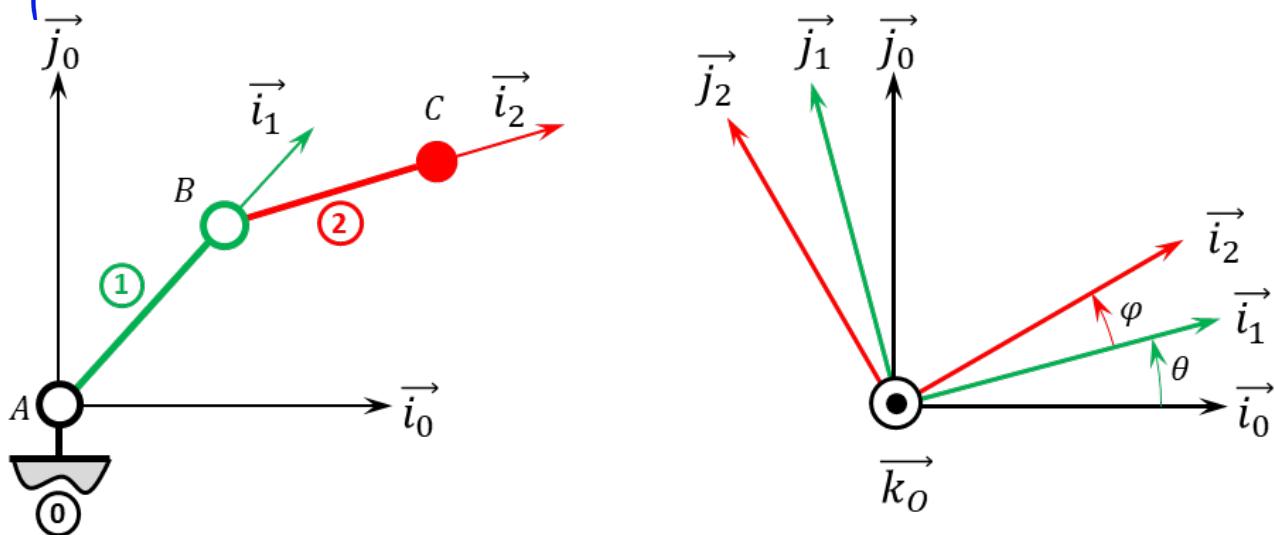
Indications :

1. $\overrightarrow{V(C,2/0)} = \dot{\lambda}(t) \vec{i}_0 + \dot{\mu}(t) \vec{j}_0$.
2. $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{0} \\ \dot{\lambda}(t) \vec{i}_0 + \dot{\mu}(t) \vec{j}_0 \end{array} \right\}_{VP}$.
3. $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)} = \ddot{\lambda}(t) \vec{i}_0 + \ddot{\mu}(t) \vec{j}_0$.

Corrigé voir 272.

Exercice 66 – Mouvement RR *
C2-05
B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20 \text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$ avec $L = 15 \text{ mm}$.



Question 1 Donner l'ensemble des positions accessibles par le point C.

Question 2 Donner l'équation du mouvement du point C dans son mouvement de 2 par rapport à 0.

On souhaite que le point C réalise un segment entre les points [-20, 25] et [20, 25] à la vitesse linéaire v .

Question 3 Donner la durée du mouvement si C se déplace à vitesse quelconque.

Question 4 Donner l'équation paramétrique que doit suivre le point C.

Question 5 Donner les expressions de $\theta(t)$ et $\varphi(t)$ permettant la réalisation de cette trajectoire à la vitesse $v = 0,01 \text{ m s}^{-1}$.

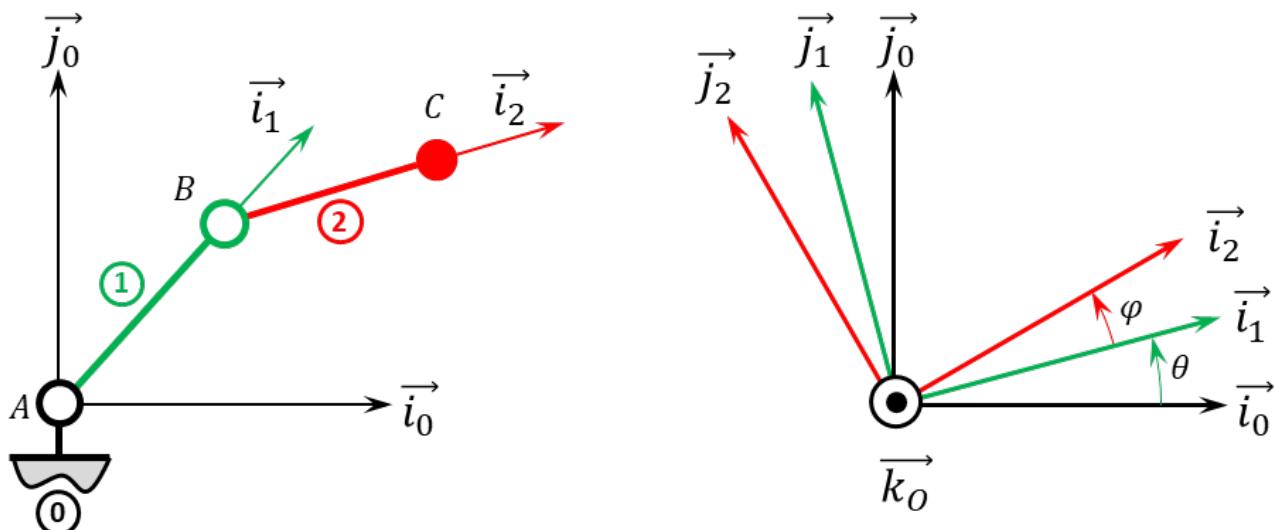
Question 6 En utilisant Python, tracer $\theta(t)$, $\varphi(t)$ et la trajectoire générée.

Corrigé voir 66.

Exercice 67 – Mouvement RR *

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20 \text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$ avec $L = 15 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C, 2/0)}$ par dérivation vectorielle.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par composition.

Question 3 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

Question 4 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Indications :

1. $\overrightarrow{V(C,2/0)} = R\dot{\theta}\vec{j}_1 + L(\dot{\theta} + \dot{\varphi})\vec{j}_2$.
2. $\overrightarrow{V(C,2/0)} = L\dot{\varphi}\vec{j}_2 + \dot{\theta}(L\vec{j}_2 + R\vec{j}_1)$ (c'est la même :)).
3. $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} (\dot{\theta} + \dot{\varphi})\vec{k}_0 \\ R\dot{\theta}\vec{j}_1 + L(\dot{\theta} + \dot{\varphi})\vec{j}_2 \end{array} \right\}_C$.
4. $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)} = R\ddot{\theta}\vec{j}_1 - R\dot{\theta}^2\vec{i}_1 + L(\dot{\theta} + \dot{\varphi})\vec{j}_2 - L(\dot{\theta} + \dot{\varphi})^2\vec{i}_2$.

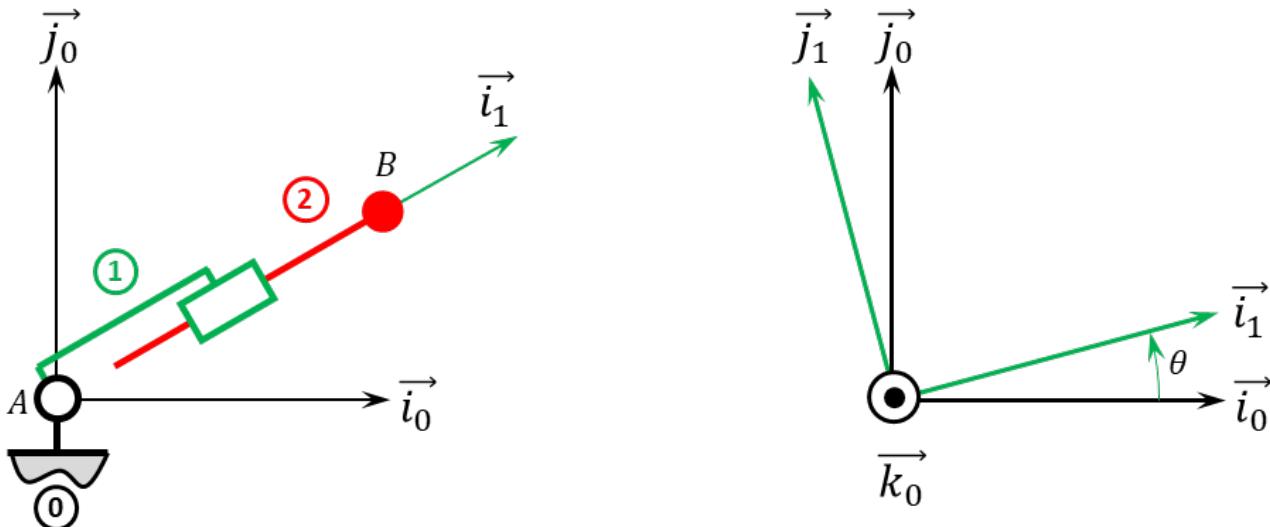
Corrigé voir 273.

Exercice 68 – Mouvement RT *

C2-05

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t)\vec{i}_1$.



Question 1 Donner l'ensemble des positions accessibles par le point B.

Question 2 Donner l'équation horaire (trajectoire en fonction du temps) du point B dans le mouvement de 2 par rapport à 0.

On souhaite que le point B réalise un segment entre les points $[-25, 25]$ et $[25, 25]$.

Question 3 Donner les expressions de $\theta(t)$ et $\lambda(t)$ permettant la réalisation de cette trajectoire à la vitesse $v = 0,01 \text{ m s}^{-1}$.

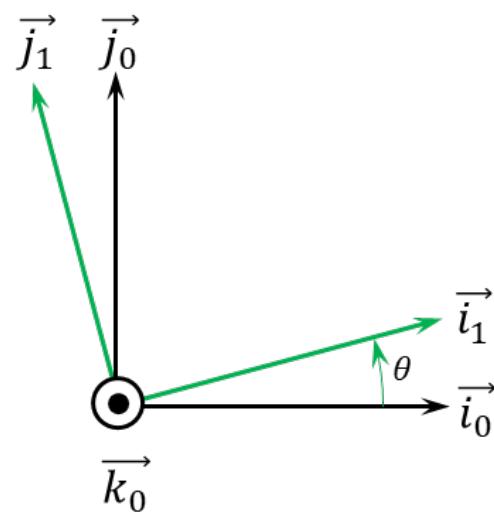
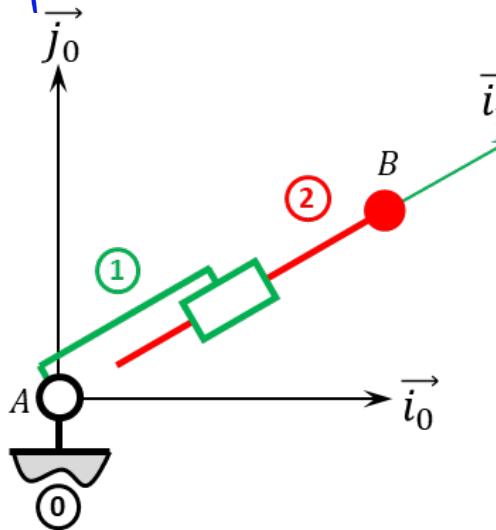
Question 4 En utilisant Python, tracer $\theta(t)$, $\lambda(t)$ et la trajectoire générée.

Corrigé voir 68.

Exercice 69 – Mouvement RT *

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t)\vec{i}_1$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(B,2/0)}$ par dérivation vectorielle.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{V(B,2/0)}$ par composition.

Question 3 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point B.

Question 4 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,2/0)}$.

Indications :

1. $\overrightarrow{V(B,2/0)} = \dot{\lambda}(t) \vec{i}_1 + \lambda(t) \dot{\theta}(t) \vec{j}_1$.
2. $\overrightarrow{V(B,2/0)} = \dot{\lambda}(t) \vec{i}_1 + \lambda(t) \dot{\theta}(t) \vec{j}_1$.
3. $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \dot{\theta}(t) \vec{k}_0 \\ \dot{\lambda}(t) \vec{i}_1 + \lambda(t) \dot{\theta}(t) \vec{j}_1 \end{array} \right\}_B$.
4. $\overrightarrow{\Gamma(B,2/0)} = (\ddot{\lambda}(t) - \lambda(t) \dot{\theta}(t)^2) \vec{i}_1 + (\dot{\lambda}(t) \dot{\theta}(t) + \lambda(t) \ddot{\theta}(t)) \vec{j}_1$.

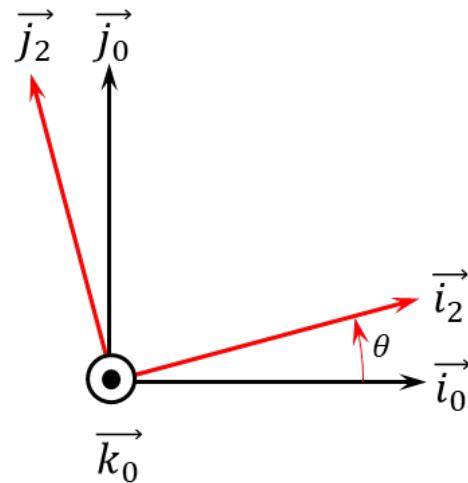
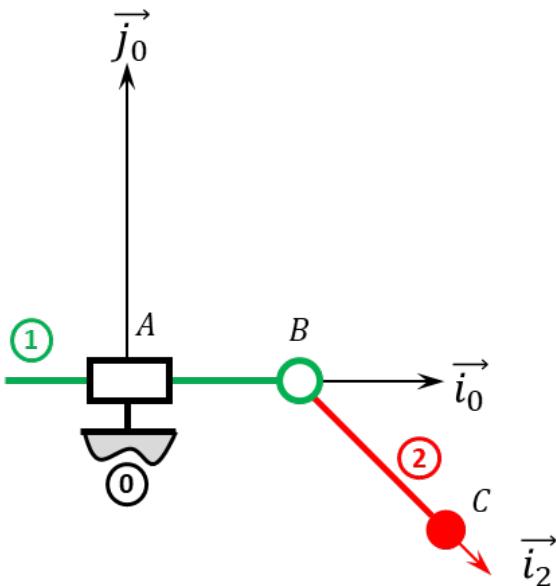
Corrigé voir 274.

Exercice 70 – Mouvement RT *

C2-05

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = R \vec{i}_2$ avec $R = 30 \text{ mm}$.



Question 1 Donner l'ensemble des positions accessibles par le point B.

Question 2 Donner l'équation horaire (trajectoire en fonction du temps) du point B dans le mouvement de 2 par rapport à 0.

On souhaite que le point B réalise un segment entre les points $[-25, 25]$ et $[25, 25]$.

Question 3 Donner les expressions de $\theta(t)$ et $\lambda(t)$ permettant la réalisation de cette trajectoire à la vitesse $v = 0,01 \text{ m s}^{-1}$.

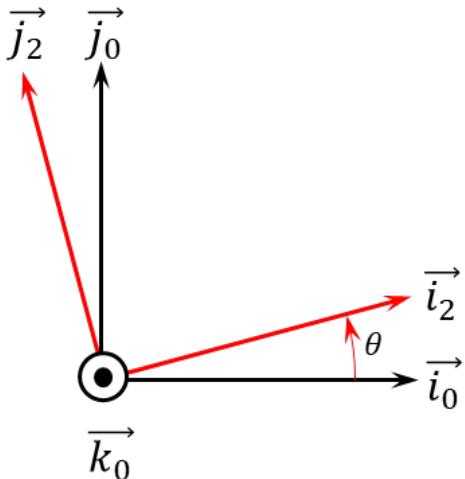
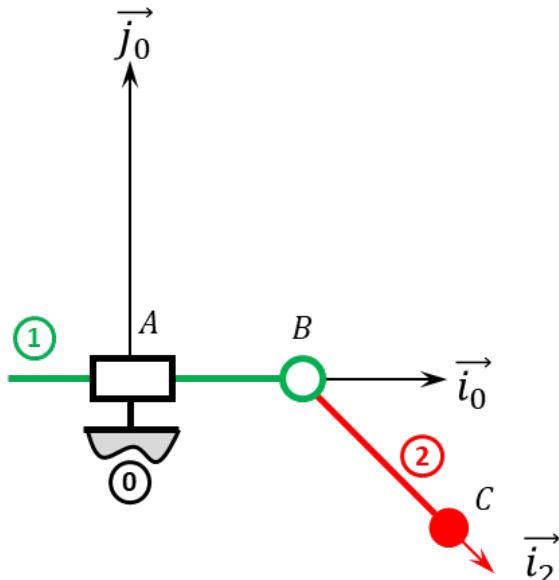
Question 4 En utilisant Python, tracer $\theta(t)$, $\lambda(t)$ et la trajectoire générée.

Corrigé voir 70.

Exercice 71 – Mouvement RT *

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = R \vec{i}_2$ avec $R = 30 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinétique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Indications :

1. $\overrightarrow{V(C,2/0)} = \dot{\lambda}(t) \vec{i}_0 + R\dot{\theta} \vec{j}_2$.
2. $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\Omega(2/0)}{V(C,2/0)} = \dot{\theta} \vec{k}_0 \\ V(C,2/0) \end{array} \right\}_C$.
3. $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)} = \ddot{\lambda}(t) \vec{i}_0 + R(\ddot{\theta} \vec{j}_2 - \dot{\theta}^2 \vec{i}_2)$.

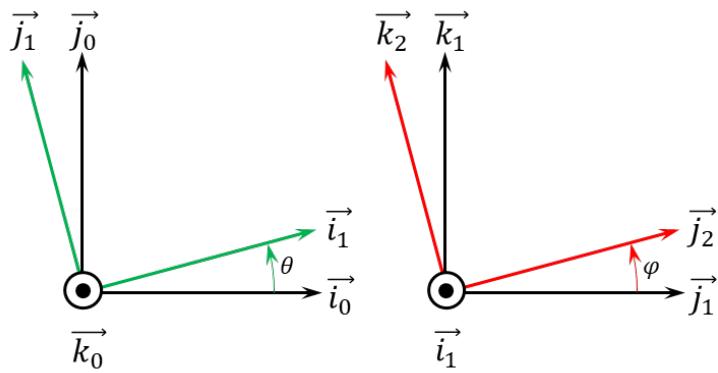
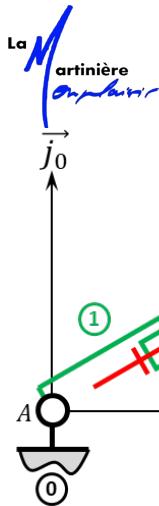
Corrigé voir 275.

Exercice 72 – Mouvement RR 3D **

C2-05

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = \ell \vec{i}_2 + r \vec{j}_2$. On note $R + \ell = L = 20 \text{ mm}$ et $r = 10 \text{ mm}$.



Question 1 Donner l'ensemble des positions accessibles par le point C.

Question 2 Donner l'équation du mouvement du point C dans le mouvement de 2 par rapport à 0.

Indications :

1. .
2. $x_C(t) = (R + \ell) \cos \theta - r \cos \varphi \sin \theta, y_C(t) = (R + \ell) \sin \theta + r \cos \varphi \cos \theta, z_C(t) = r \sin \varphi$.

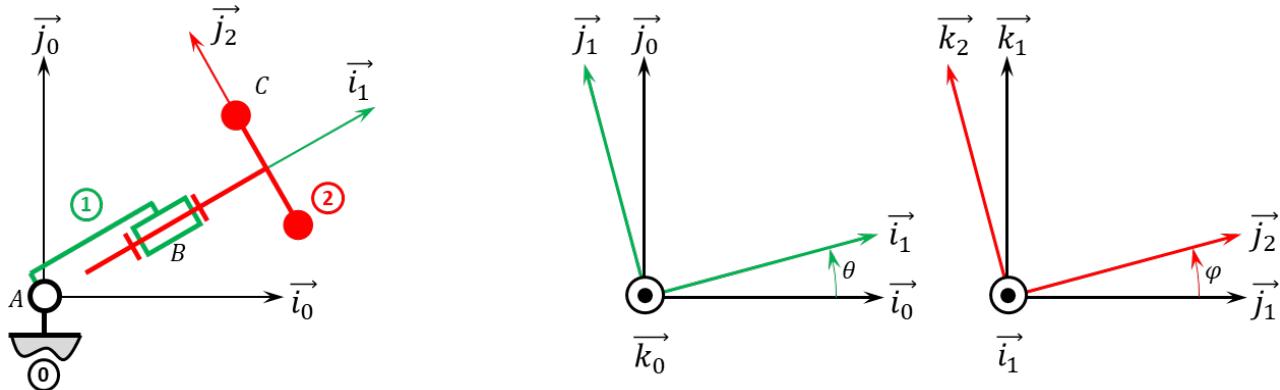
DDS

Corrigé voir 72.

Exercice 73 – Mouvement RR 3D *

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = \ell \vec{i}_2 + r \vec{j}_2$. On note $R + \ell = L = 20 \text{ mm}$ et $r = 10 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par composition.

Question 3 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

Question 4 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

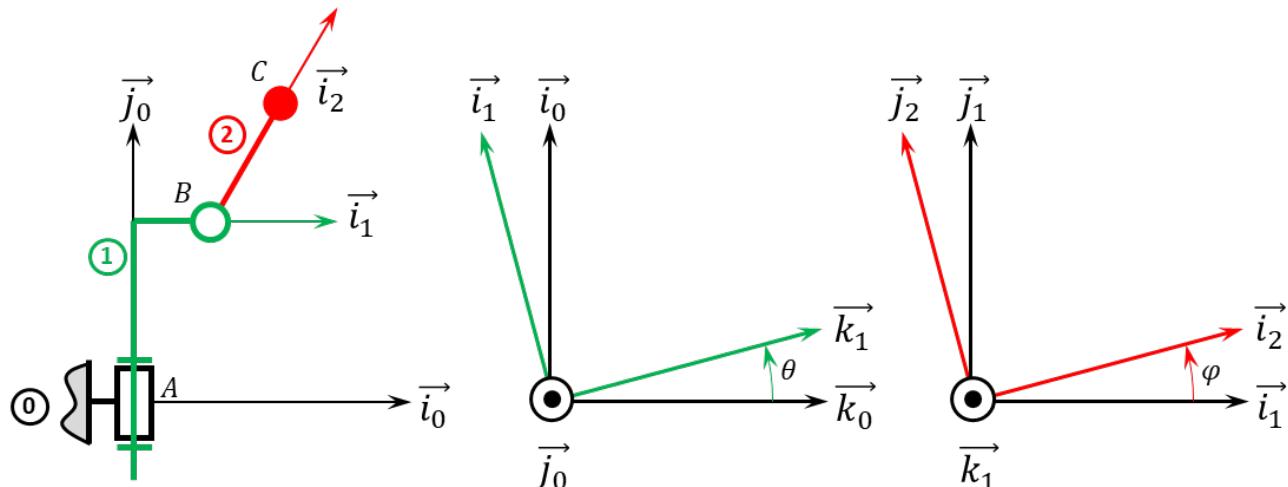
Indications :

1. $\overrightarrow{V(C,2/0)} = (R + \ell) \dot{\theta} \vec{j}_1 - r \dot{\theta} \cos \varphi \vec{i}_1 + r \dot{\varphi} \vec{k}_2$.
2. $\overrightarrow{V(C,2/0)} = r \dot{\varphi} \vec{k}_2 - r \dot{\theta} \cos \varphi \vec{i}_1 + \ell \dot{\theta} \vec{j}_1 + R \dot{\theta} \vec{j}_1$.
3. $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \dot{\theta} \vec{k}_1 + \dot{\varphi} \vec{i}_1 \\ (R + \ell) \dot{\theta} \vec{j}_1 - r \dot{\theta} \cos \varphi \vec{i}_1 + r \dot{\varphi} \vec{k}_2 \end{array} \right\}_C$.
4. $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)} = (R + \ell) \ddot{\theta} \vec{j}_1 - (R + \ell) \dot{\theta}^2 \vec{i}_1 - r \ddot{\theta} \cos \varphi \vec{i}_1 + r \dot{\theta} \dot{\varphi} \sin \varphi \vec{i}_1 - r \dot{\theta}^2 \cos \varphi \vec{j}_1 + r \ddot{\varphi} \vec{k}_2 + r \dot{\varphi} (\dot{\theta} \sin \varphi \vec{i}_1 - \dot{\varphi} \vec{j}_2)$.

Corrigé voir 72.

Exercice 74 – Mouvement RR 3D **
C2-05
B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \vec{j}_1 + R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$. On a $H = 20 \text{ mm}$, $R = 20 \text{ mm}$, $L = 10 \text{ mm}$.



Question 1 Donner l'ensemble des positions accessibles par le point C.

Question 2 Donner l'équation de mouvement du point C dans le mouvement de 2 par rapport à 0.

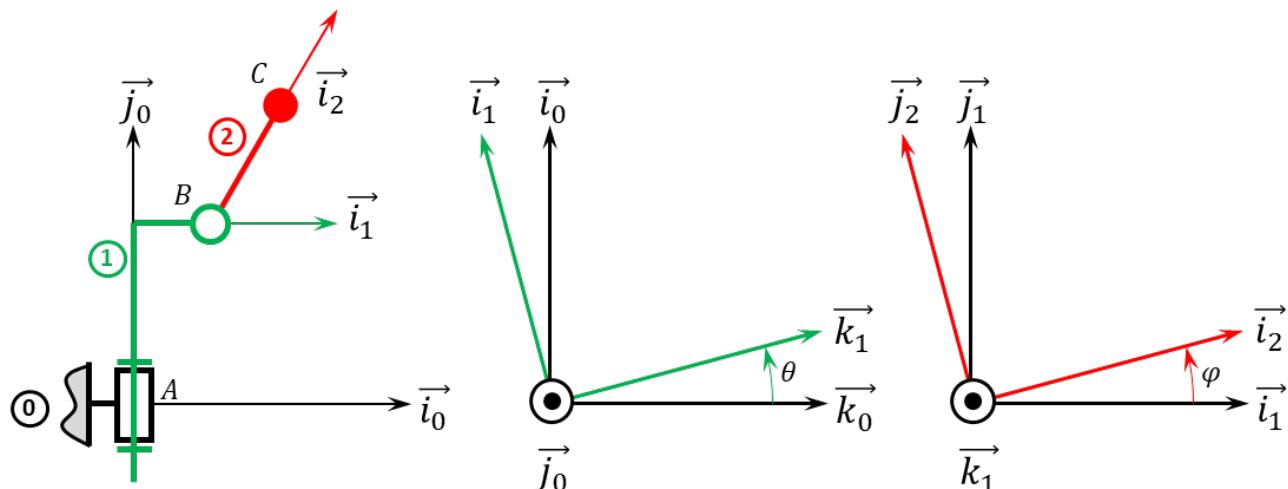
Indications

1. Tore.
2. $x_C(t) = R \cos \theta + L \cos \varphi \cos \theta$, $y_C(t) = H + L \sin \varphi$, $z_C(t) = -R \sin \theta - L \cos \varphi \sin \theta$.

Corrigé voir 277.

Exercice 75 – Mouvement RR 3D *
B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \vec{j}_1 + R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$. On a $H = 20 \text{ mm}$, $r = 5 \text{ mm}$, $L = 10 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par composition du vecteur vitesse.

Question 3 Donner le torseur cinétique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

Question 4 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

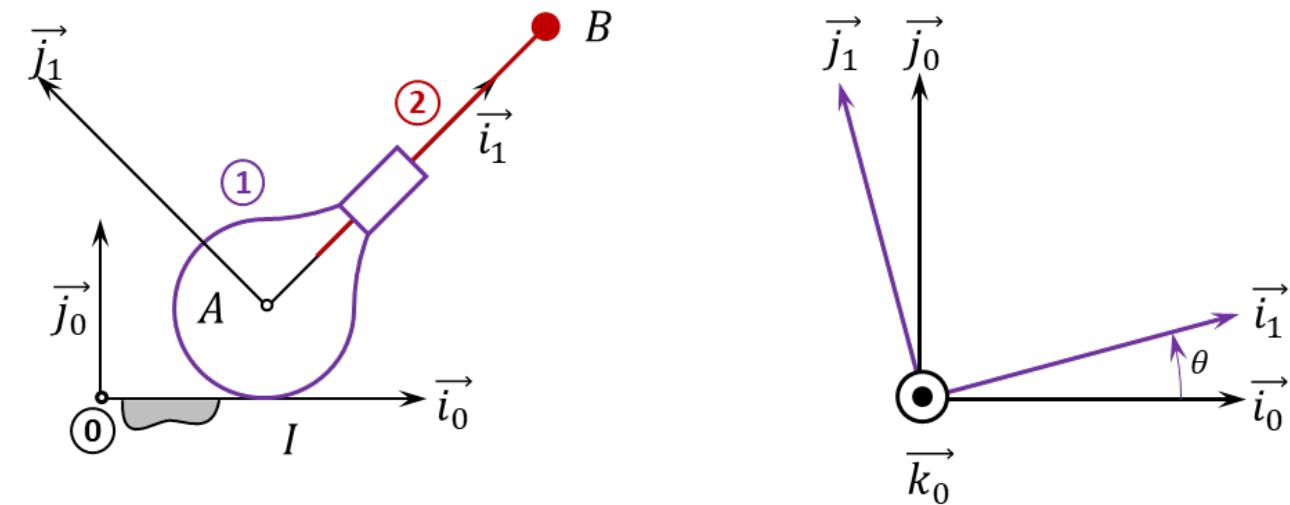
Indications :

1. $\overrightarrow{V(C,2/0)} = -R\dot{\theta}\vec{k}_1 + L(-\dot{\theta}\cos\varphi\vec{k}_1 + \dot{\varphi}\vec{j}_2)$.
2. $\overrightarrow{V(C,2/0)} = L\dot{\varphi}\vec{j}_2 - \dot{\theta}(R\vec{k}_1 + L\cos\varphi\vec{k}_1)$.
3. $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \dot{\varphi}\vec{k}_2 + \dot{\theta}\vec{j}_0 \\ L\dot{\varphi}\vec{j}_2 - \dot{\theta}(R\vec{k}_1 + L\cos\varphi\vec{k}_1) \end{array} \right\}_C$.
4. $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)} = L\ddot{\varphi}\vec{j}_2 + L\dot{\varphi}(\dot{\theta}\sin\varphi\vec{k}_1 - \dot{\theta}\vec{i}_2) - \dot{\theta}(R\vec{k}_1 + L\cos\varphi\vec{k}_1) - \dot{\theta}(R\dot{\theta}\vec{i}_1 + L\cos\varphi\dot{\theta}\vec{i}_1 - L\dot{\varphi}\sin\varphi\vec{k}_1)$.

Corrigé voir 277.

Exercice 76 – Mouvement RT – RSG **
B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R\vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t)\vec{i}_1$. De plus $R = 15\text{ mm}$. On fait l'hypothèse de roulement sans glissement au point I .


Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(B,2/0)}$.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point B .

Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,2/0)}$.

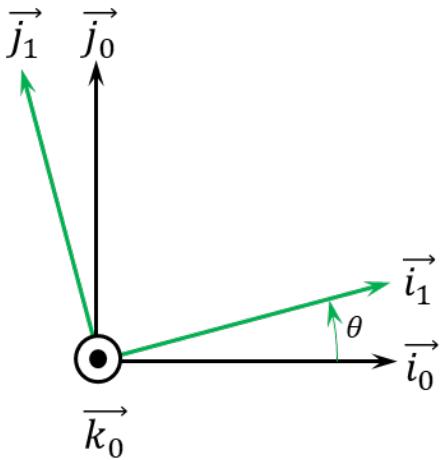
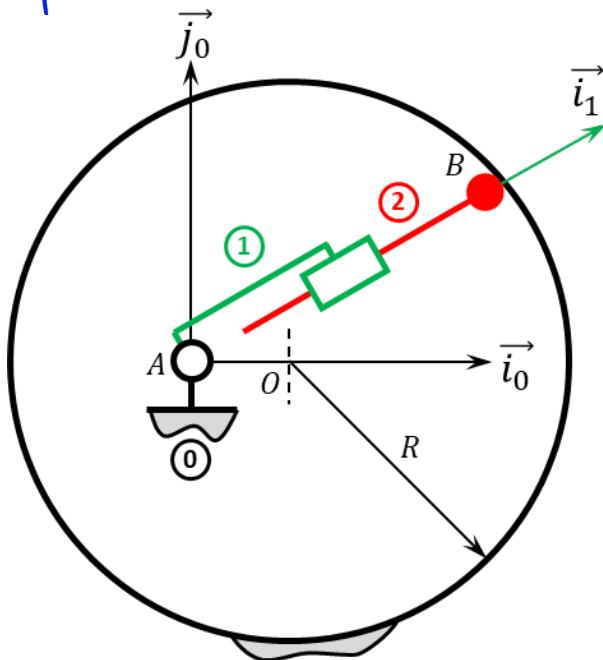
Indications :

1. $\overrightarrow{V(B,2/0)} = \dot{\lambda}\vec{i}_1 + \dot{\theta}(\lambda(t)\vec{j}_1 - R\vec{i}_0)$.
2. $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \dot{\theta}\vec{k}_0 \\ \dot{\lambda}\vec{i}_1 + \dot{\theta}(\lambda(t)\vec{j}_1 - R\vec{i}_0) \end{array} \right\}_B$.
3. $\overrightarrow{\Gamma(B,2/0)} = \ddot{\lambda}(t)\vec{i}_1 + \dot{\lambda}(t)\dot{\theta}\vec{j}_1 + \ddot{\theta}(t)(\lambda(t)\vec{j}_1 - R\vec{i}_0) + \dot{\theta}(t)(\dot{\lambda}(t)\vec{j}_1 - \lambda(t)\dot{\theta}\vec{i}_1)$.

Corrigé voir 76.

Exercice 77 – Pompe à palettes *
B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AO} = e\vec{i}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t)\vec{i}_1$. De plus $e = 10\text{ mm}$ et $R = 20\text{ mm}$. Le contact entre 0 et 2 en B est maintenu en permanence (notamment par effet centrifuge lors de la rotation de la pompe).



Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme $\dot{\lambda}_+(t) = -e\dot{\theta}(t)\sin\theta(t) - \frac{e^2\dot{\theta}(t)\cos\theta(t)\sin\theta(t)}{\sqrt{e^2\cos^2\theta(t)-e^2+R^2}}$ (voir exercice 190 – à vérifier).

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point B.

Question 2 Déterminer $\overline{\Gamma(B,2/0)}$.

Indications :

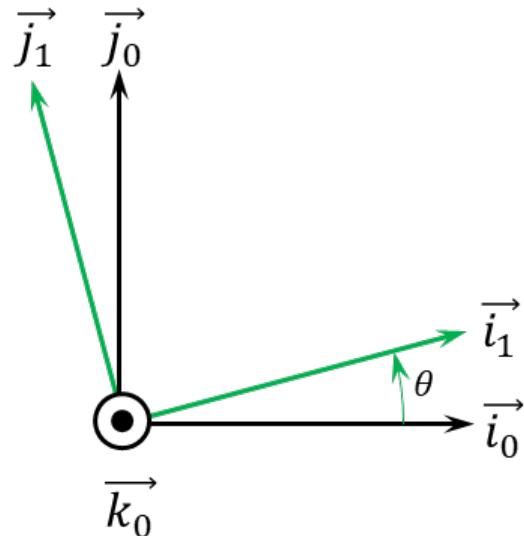
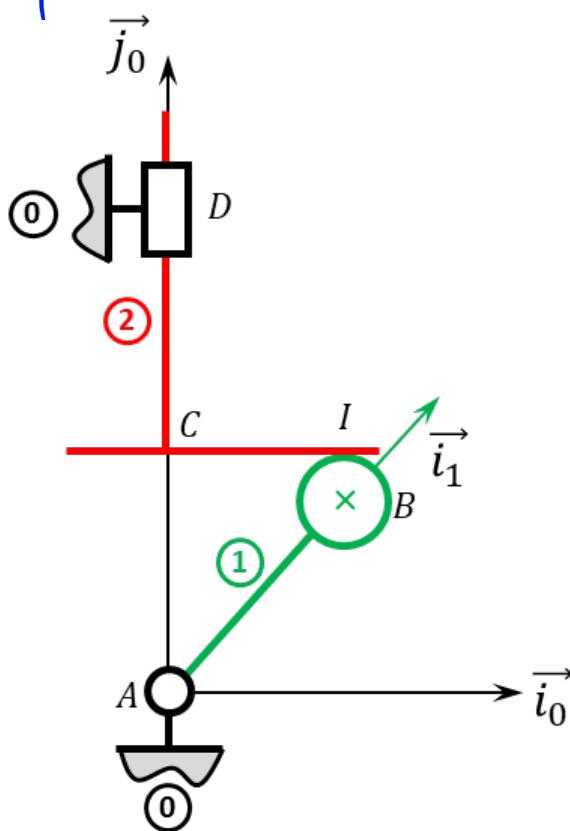
- $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \dot{\theta}(t)\vec{k}_0 \\ \dot{\lambda}(t)\vec{i}_1 + \lambda(t)\dot{\theta}(t)\vec{j}_1 \end{array} \right\}_B$.
- $\overline{\Gamma(B,2/0)} = \ddot{\lambda}(t)\vec{i}_1 + 2\dot{\lambda}(t)\dot{\theta}(t)\vec{j}_1 + \lambda(t)\ddot{\theta}(t)\vec{j}_1 - \lambda(t)\dot{\theta}^2(t)\vec{i}_1$.

Corrigé voir 251.

Exercice 78 – Pompe à piston axial *

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = e \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BI} = R \vec{j}_0$. De plus, $e = 10 \text{ mm}$ et $R = 20 \text{ mm}$. Le contact entre 1 et 2 en B est maintenu en permanence par un ressort suffisamment raide (non représenté) positionné entre 0 et 2.



Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme $\lambda(t) = e \sin \theta + R$ ou encore $\dot{\lambda}(t) = e \dot{\theta}(t) \cos \theta(t)$ (voir exercice 191).

Question 1 Donner le torseur cinétique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Indications :

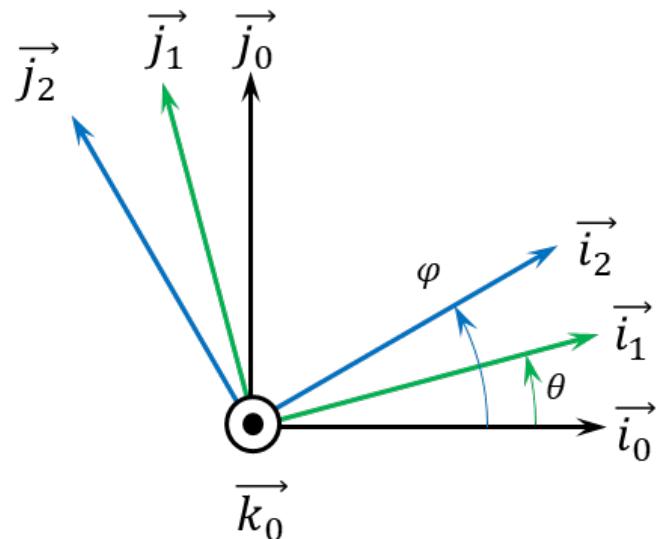
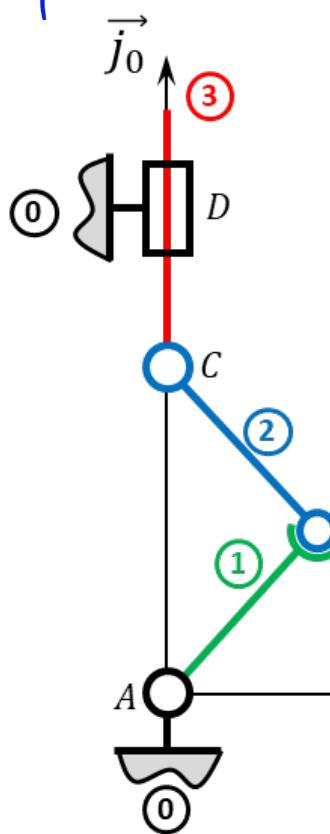
1. $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{0} \\ \dot{\lambda}(t) \vec{j}_0 \end{array} \right\}_C$.
2. $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)} = \ddot{\lambda}(t) \vec{j}_0$.

Corrigé voir 252.

Exercice 79 – Système bielle manivelle *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{CB} = L \vec{i}_2$. De plus, $R = 10 \text{ mm}$ et $L = 20 \text{ mm}$.



Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme $\lambda(t) = \pm\sqrt{L^2 - R^2 \cos^2 \theta(t)} + R \sin \theta(t)$ et $\dot{\lambda}(t) = \pm\left(\frac{R^2 \dot{\theta}(t) \cos \theta(t) \sin \theta(t)}{\sqrt{L^2 - R^2 \cos^2 \theta(t)}}\right) + \dot{\theta}(t) R \cos \theta(t)$. (à vérifier – voir exercice 192).

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point B.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ et au point C.

Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,2/0)}$.

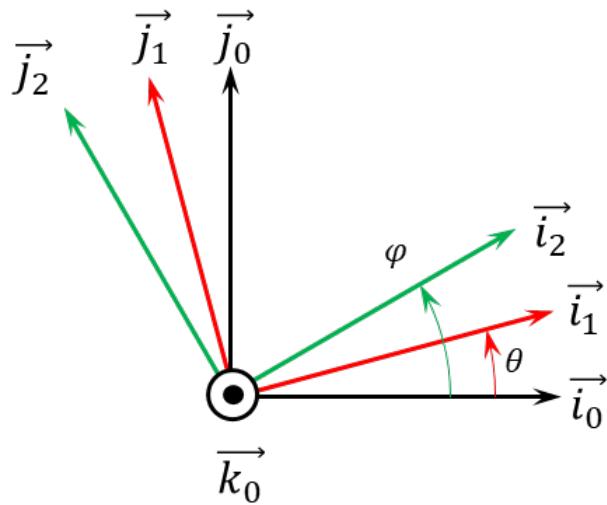
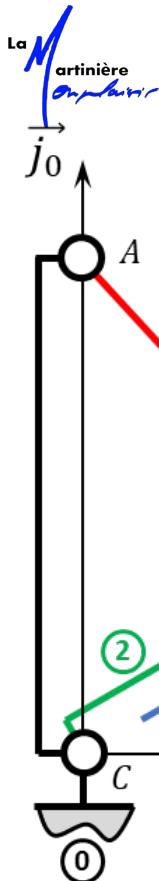
Question 4 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 253.

Exercice 80 – Système de transformation de mouvement *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{CA} = H \overrightarrow{j_0}$. De plus, $R = 30 \text{ mm}$ et $H = 40 \text{ mm}$.



Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 193).

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(3/0)\}$ au point B.

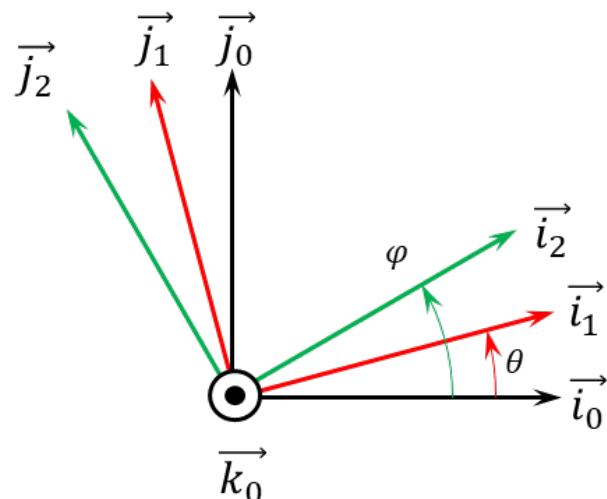
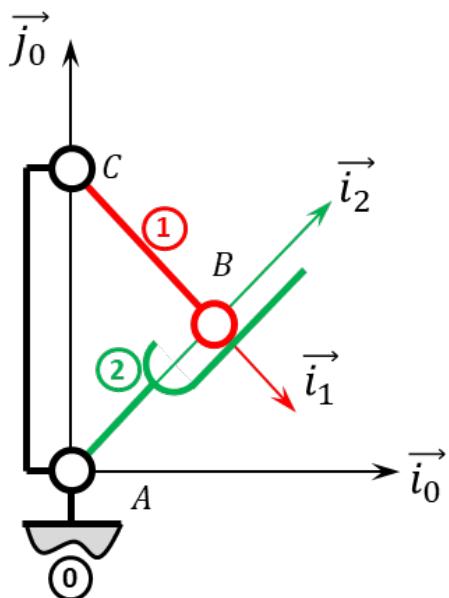
Question 2 Déterminer $\overline{\Gamma(B,3/0)}$.

Corrigé voir 254.

Exercice 81 – Barrière Sympact **

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = H \vec{j}_0$, $\overrightarrow{CB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_2$. De plus, $H = 120 \text{ mm}$ et $R = 40 \text{ mm}$.



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

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

Question 3 Justifier que $\overrightarrow{V(B,2/1)} \cdot \vec{j}_2 = 0$.

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

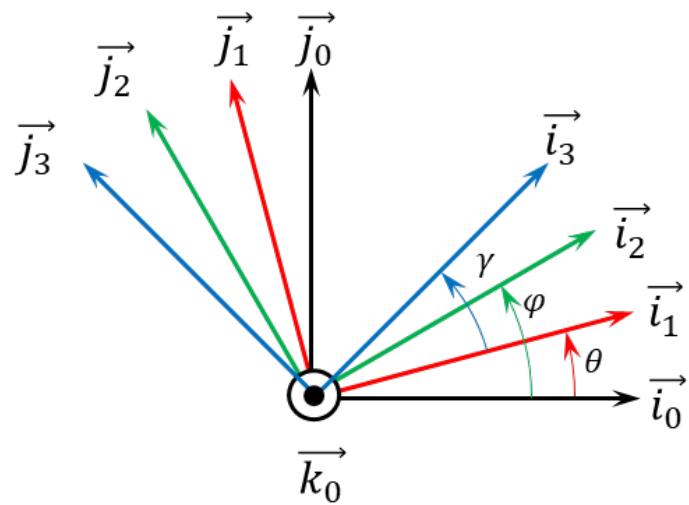
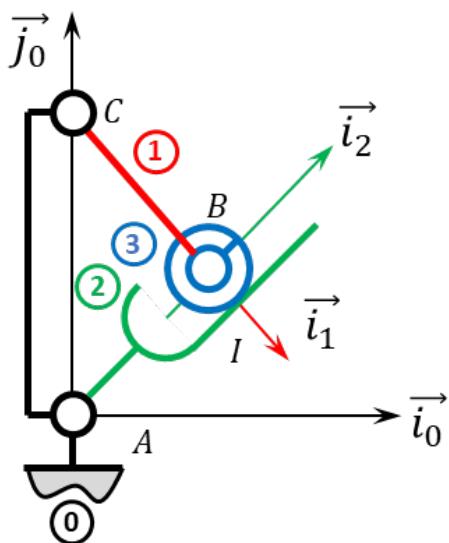
Indications :

1. $\overrightarrow{V(B,1/0)} = R\dot{\theta} \vec{j}_1$.
2. $\overrightarrow{V(B,2/0)} = \lambda\dot{\varphi} \vec{j}_2$.
3. .
4. $\lambda\dot{\varphi} - R\dot{\theta} \cos(\varphi - \theta) = 0$.

Corrigé voir 81.

Exercice 82 – Barrière Sympact **

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice. Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = H \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{CB} = R \vec{i}_1$. De plus, $H = 120 \text{ mm}$, $R = 40 \text{ mm}$, $BI = 10 \text{ mm}$.



Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 194).

Question 1 En utilisant la condition de roulement sans glissement au point I, déterminer $\gamma(t)$ et $\dot{\gamma}(t)$.

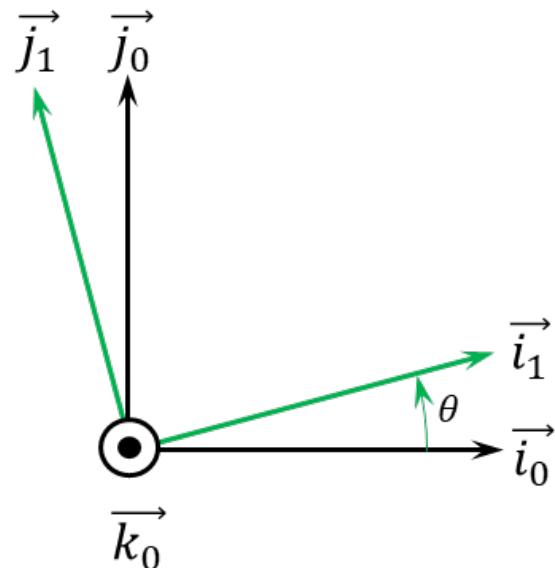
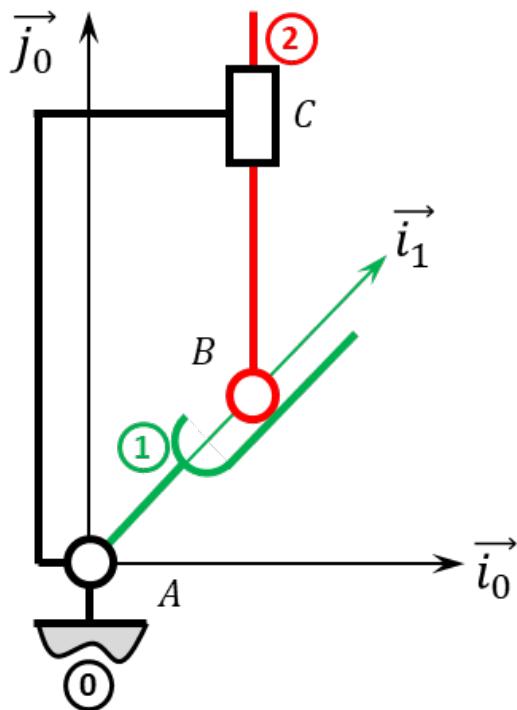
Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(3/2)\}$ au point B.

Corrigé voir 256.

Exercice 83 – Pousoir **

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = L \vec{i}_0 + H \vec{j}_0$. De plus, $H = 120 \text{ mm}$, $L = 40 \text{ mm}$.



DDS

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = -\frac{\pi}{4}$ rad.

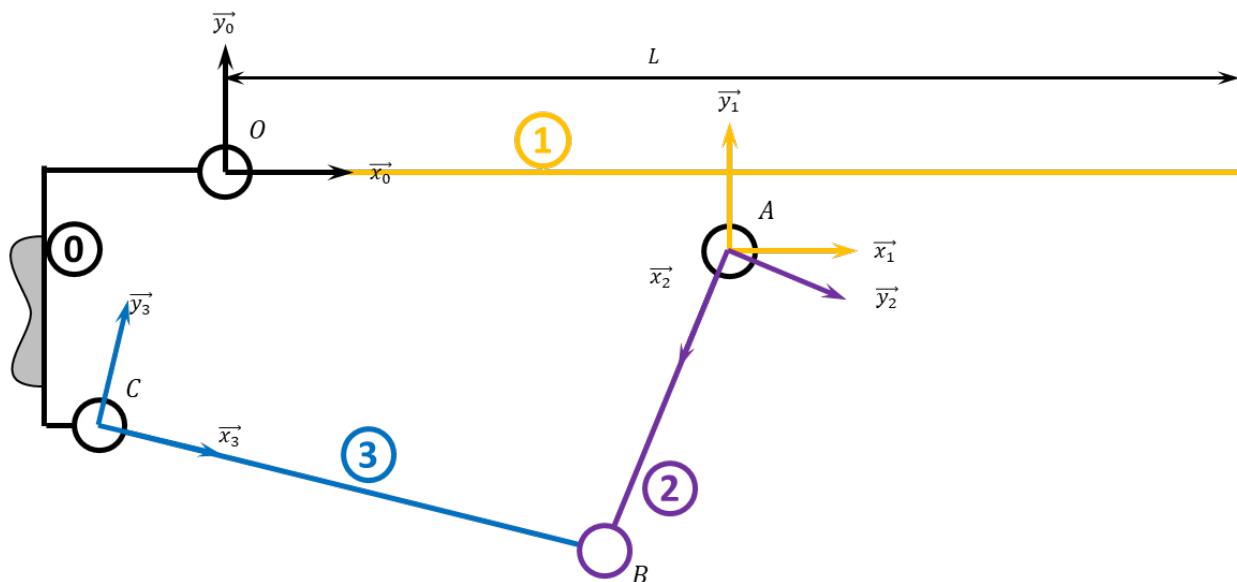
Corrigé voir 257.

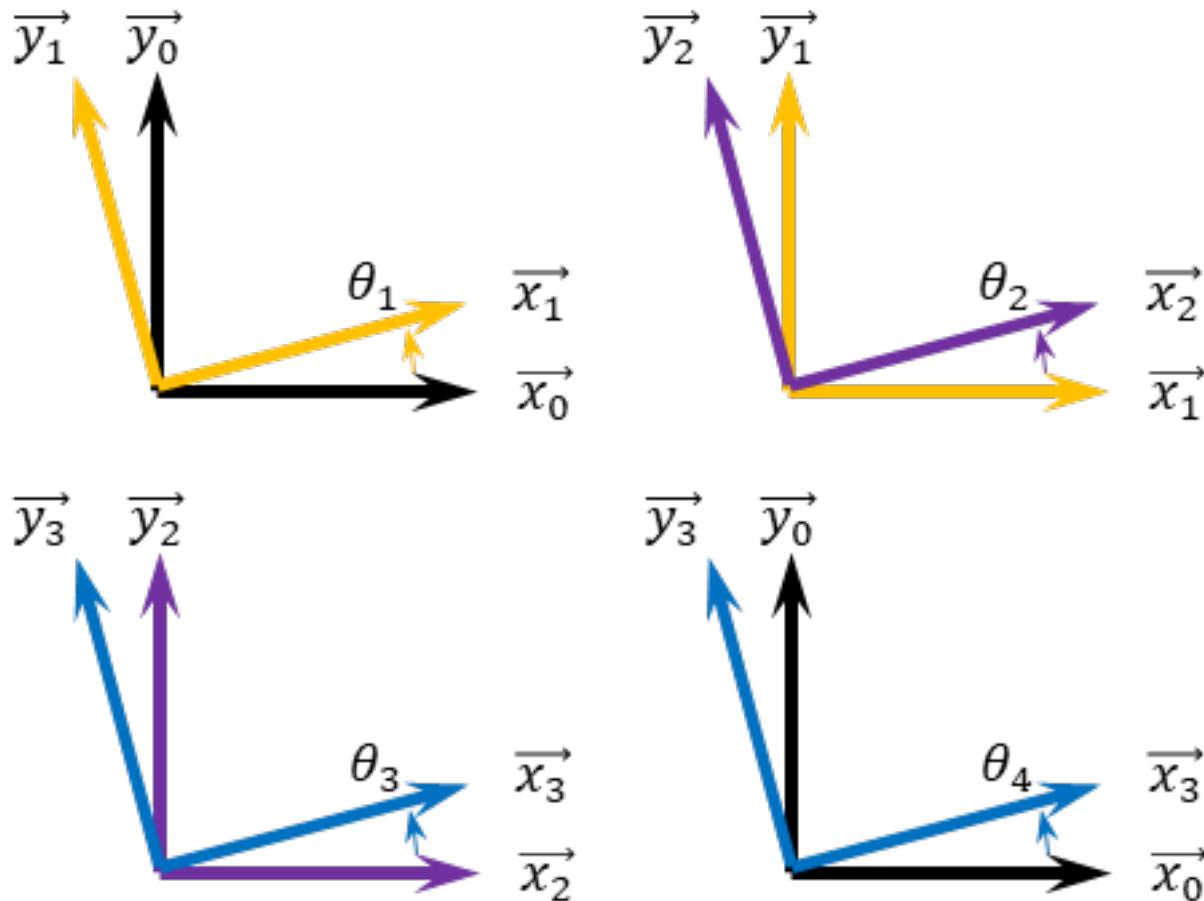
Exercice 84 – Système 4 barres ***

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

On a :

- $\overrightarrow{OA} = a \vec{x}_1 - f \vec{y}_1$ avec $a = 355$ mm et $f = 13$ mm;
- $\overrightarrow{AB} = b \vec{x}_2$ avec $b = 280$ mm;
- $\overrightarrow{BC} = -c \vec{x}_3$ avec $c = 280$ mm;
- $\overrightarrow{OC} = -d \vec{x}_0 - e \vec{y}_0$ avec $d = 89,5$ mm et $e = 160$ mm;





Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 197). On définit le point G tel que $\overrightarrow{OG} = L\vec{x}_1$.

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(1/0)\}$ au point G .

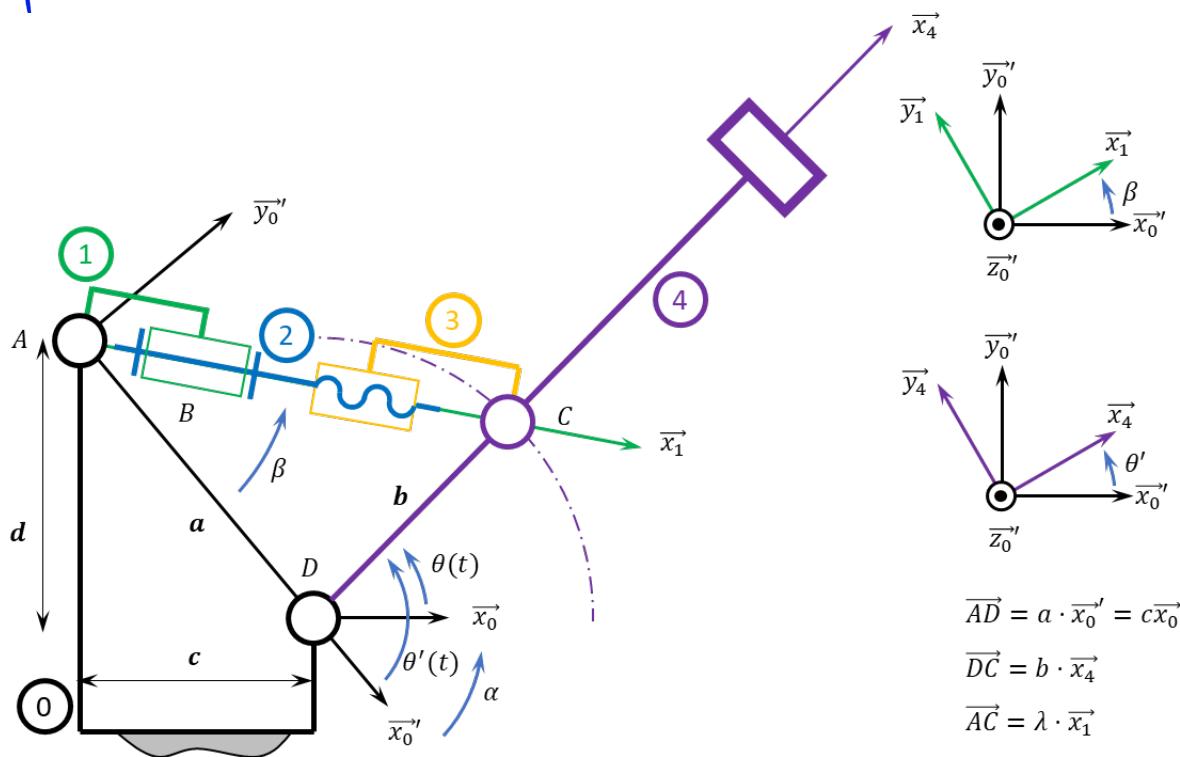
Question 2 Déterminer $\overline{\Gamma(G,1/0)}$.

Corrigé voir 258.

Exercice 85 – Maxpid ***

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma suivant.



Par ailleurs $a = 107,1 \text{ mm}$, $b = 80 \text{ mm}$, $c = 70 \text{ mm}$, $d = 80 \text{ mm}$. Le pas de la vis est de 4 mm .

Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 198).

On définit le point G tel que $\overrightarrow{OG} = L\vec{x}_4$.

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(4/0)\}$ au point G .

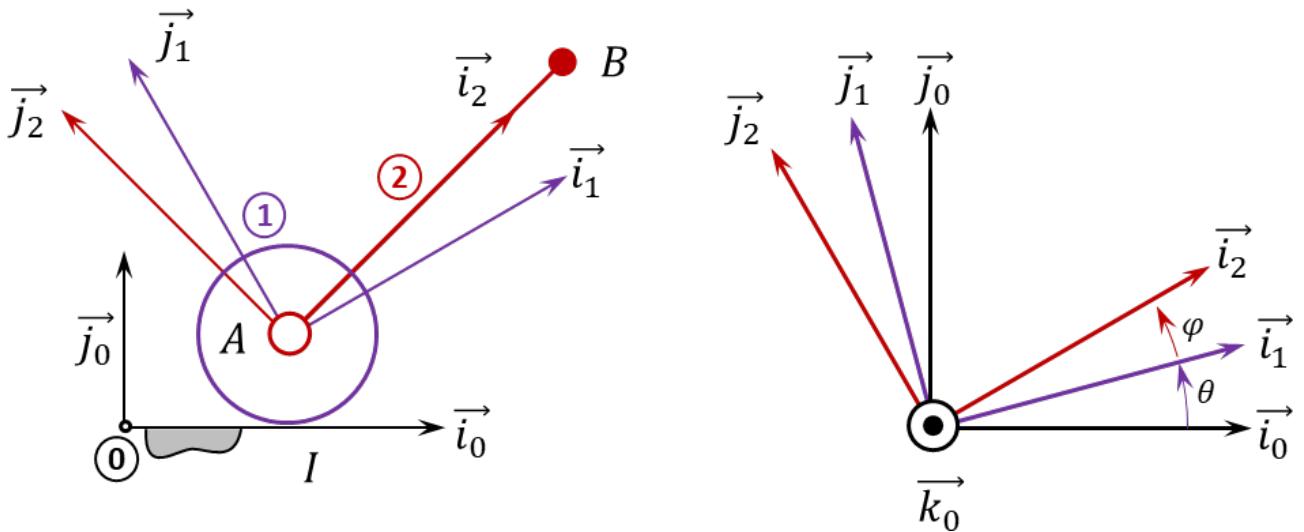
Question 2 Déterminer $\overline{\Gamma(G, 4/0)}$.

Corrigé voir 259.

Exercice 86 – Mouvement RR – RSG **

B2-13

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R\vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AB} = L\vec{i}_2$. De plus $R = 15 \text{ mm}$. On fait l'hypothèse de roulement sans glissement au point I .



Question 1 Déterminer $\overline{V(B, 2/0)}$.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point B .

Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma}(B, 2/0)$.

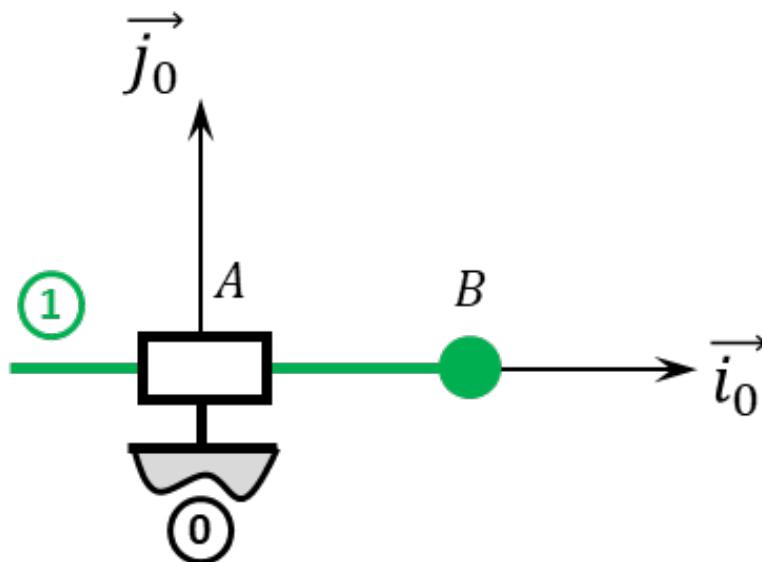
Indications (à vérifier...):

1. $\overrightarrow{V}(B, 2/0) = L\dot{\varphi}(t)\overrightarrow{j_2} + \dot{\theta}(t)(L\overrightarrow{j_1} - R\overrightarrow{i_0})$.
2. $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \overrightarrow{\Omega}(2/0) = (\dot{\varphi}(t) + \dot{\theta}(t))\overrightarrow{k_0} \\ L\dot{\varphi}(t)\overrightarrow{j_2} + \dot{\theta}(t)(L\overrightarrow{j_1} - R\overrightarrow{i_0}) \end{array} \right\}_B$.
3. $\overrightarrow{\Gamma}(B, 2/0) = L\ddot{\varphi}(t)\overrightarrow{j_2} - L\dot{\varphi}(t)(\dot{\varphi}(t) + \dot{\theta}(t))\overrightarrow{i_2} + \dot{\theta}(t)(L\overrightarrow{j_1} - R\overrightarrow{i_0}) - L\dot{\theta}^2(t)\overrightarrow{i_1}$.

Corrigé voir 86.

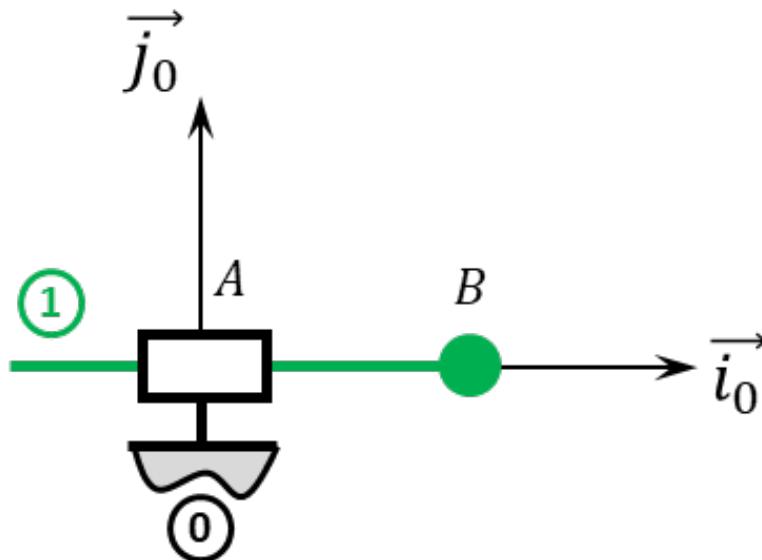
Exercice 87 – Mouvement T – *
B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.


Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 87.

Exercice 88 – Mouvement T – *
B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

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


Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

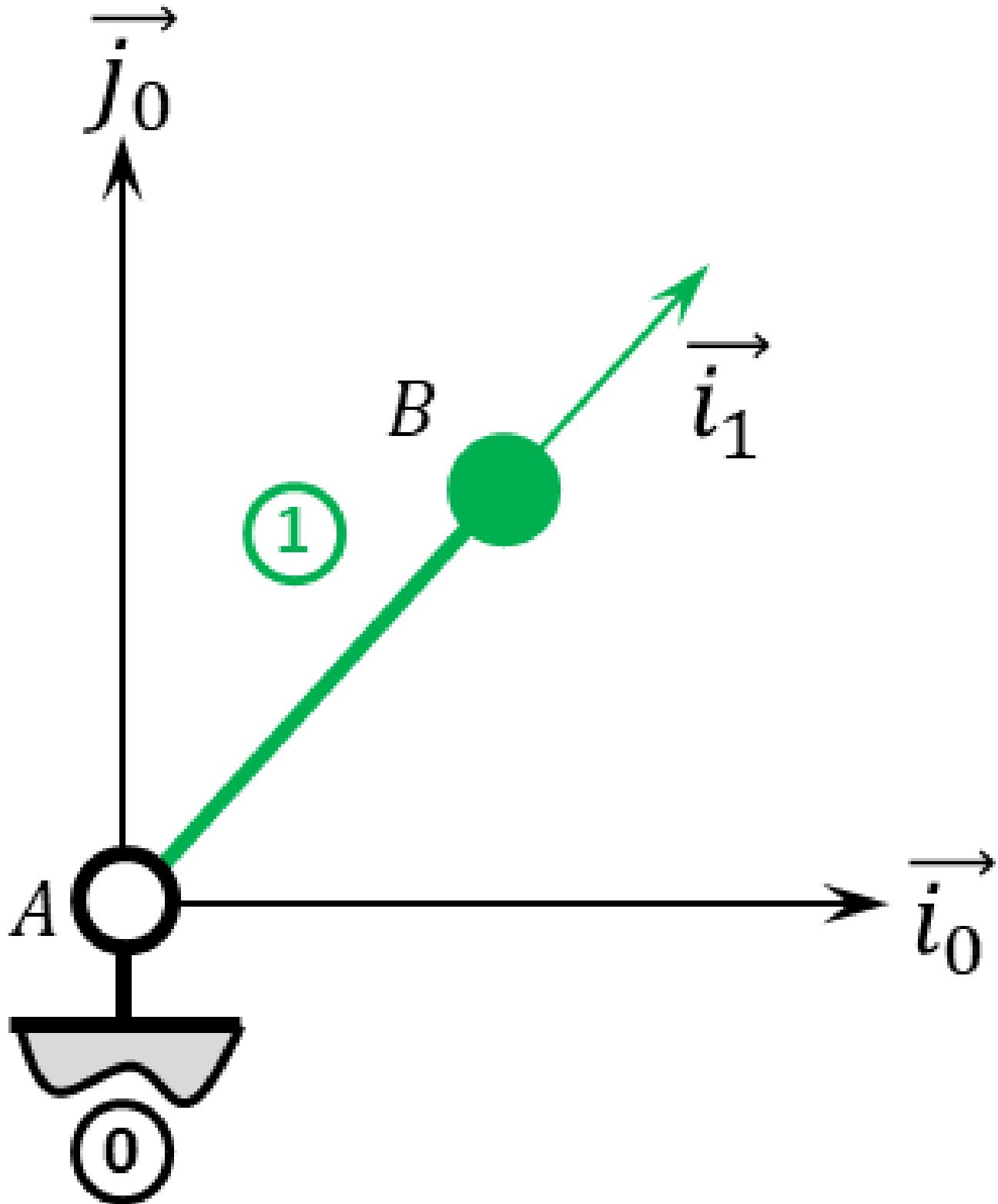
Corrigé voir 88.

Exercice 89 – Mouvement R *

C2-05

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

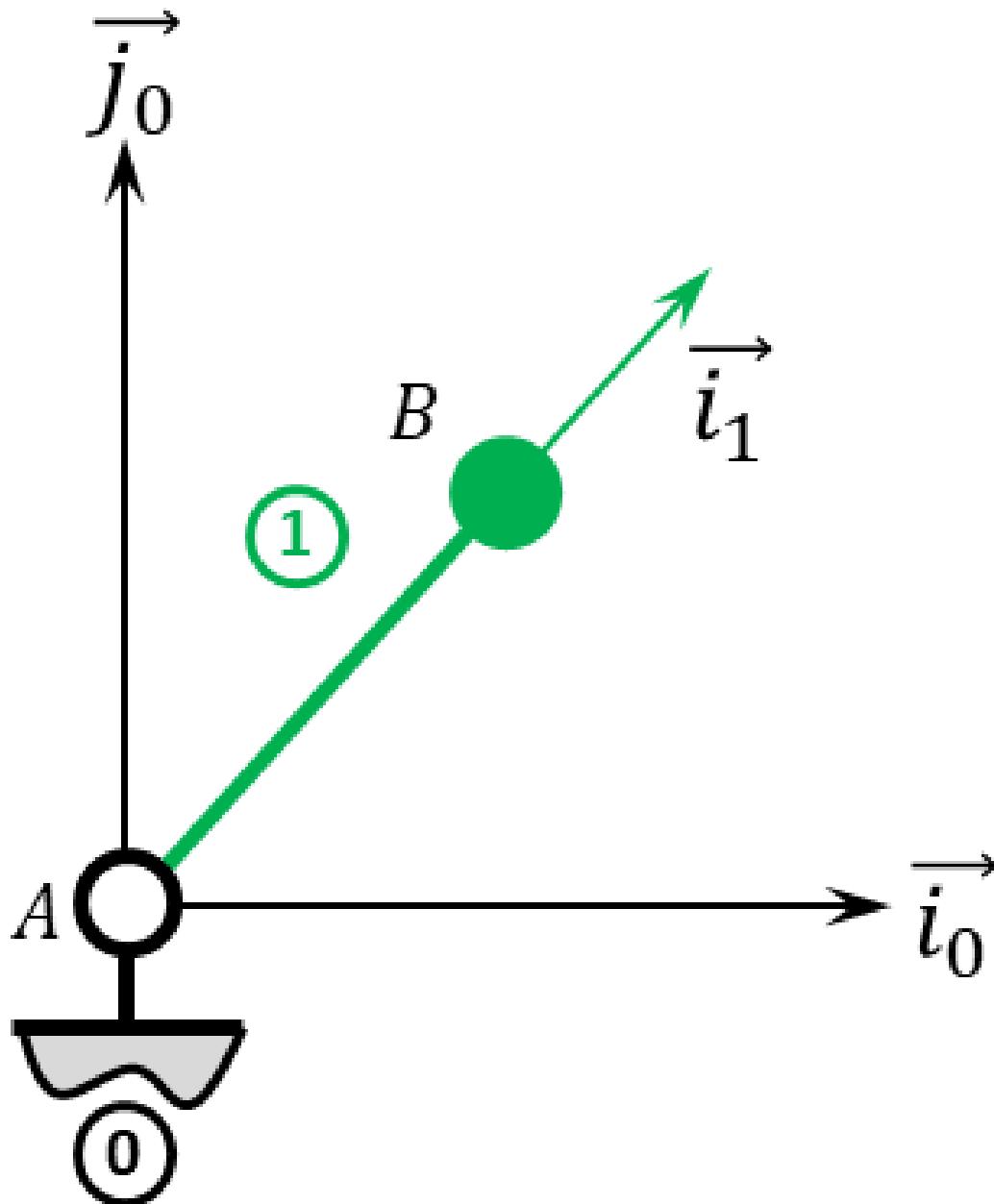
Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i_1}$ avec $R = 20\text{ mm}$.



Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Exercice 90 – Mouvement R *
B2-13
Pas de corrigé pour cet exercice.

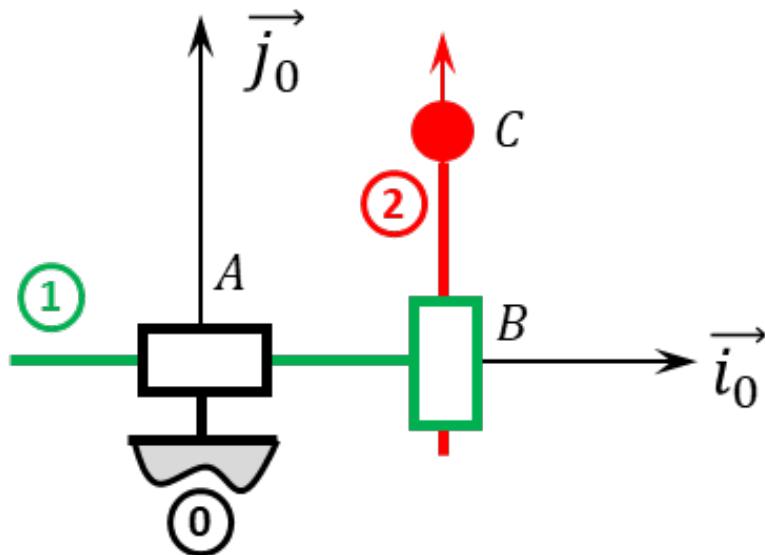
Soit le mécanisme suivant.


Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 90.

Exercice 91 – Mouvement TT – *
C2-05
B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

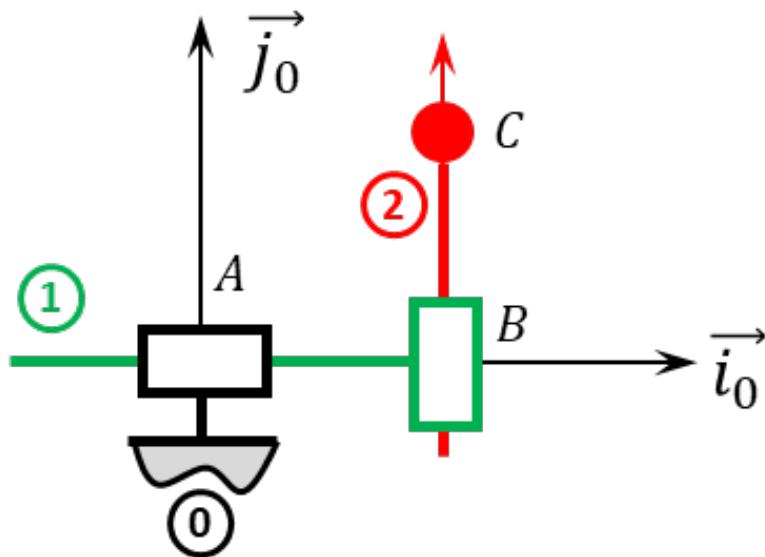
DDS

Corrigé voir 91.

Exercice 92 – Mouvement TT – *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

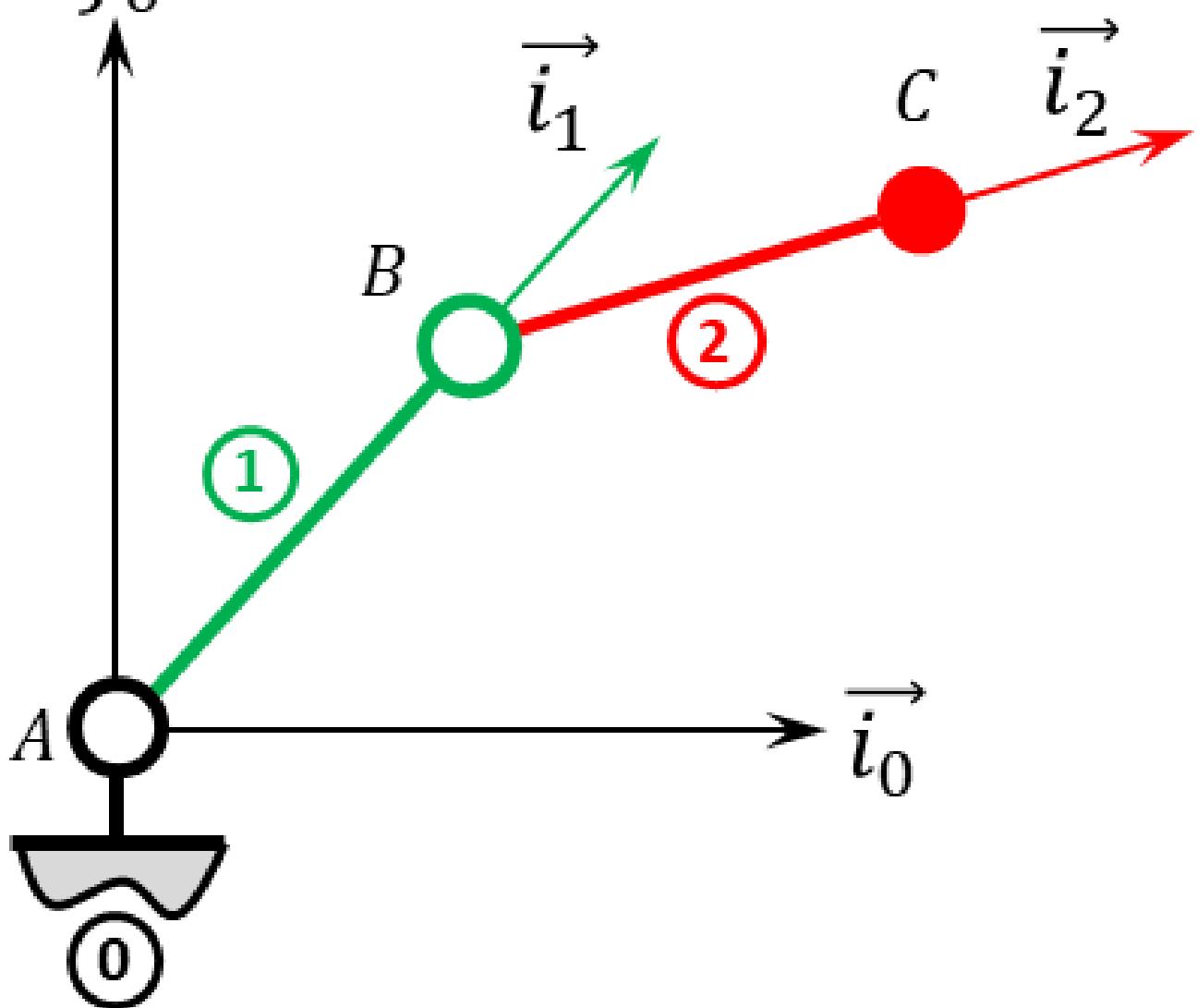
Corrigé voir 92.

Exercice 93 – Mouvement RR *

C2-05

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



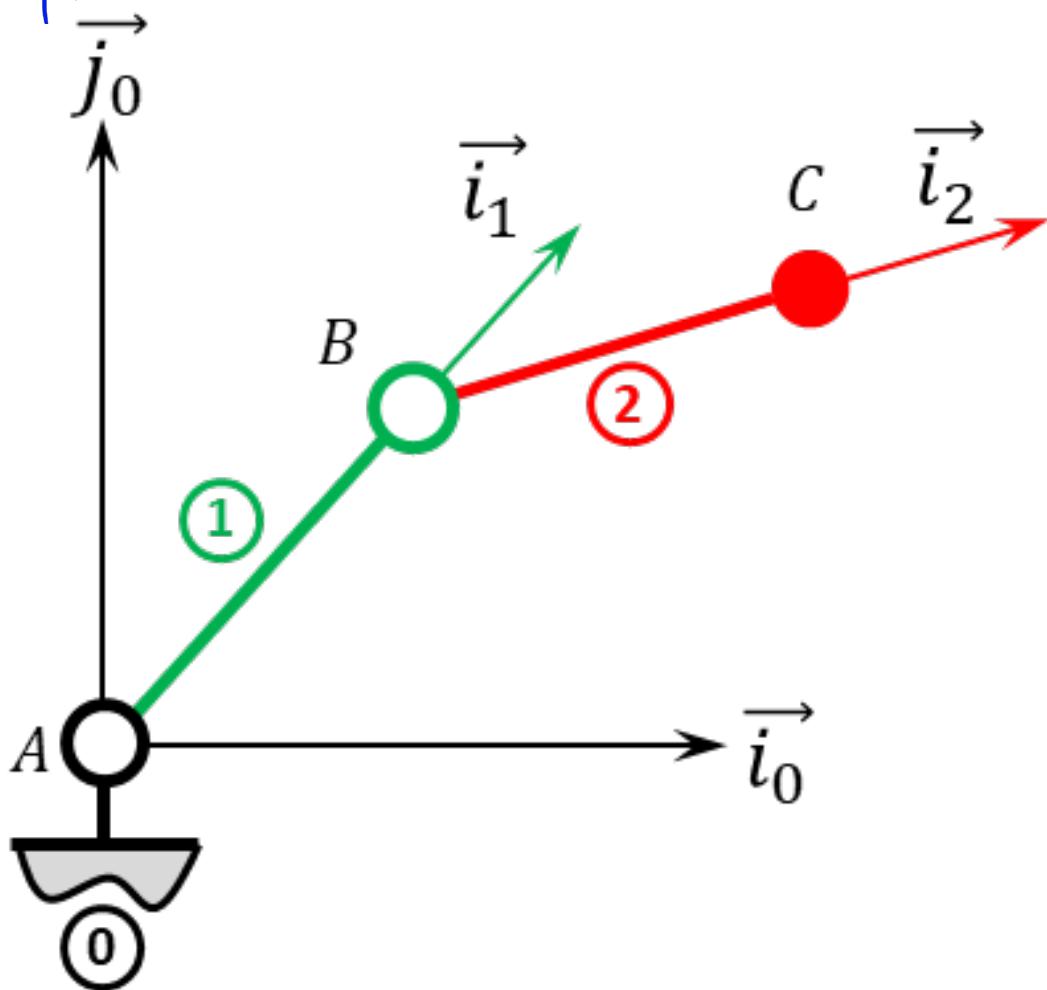
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 93.

Exercice 94 – Mouvement RR *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



DDS

Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

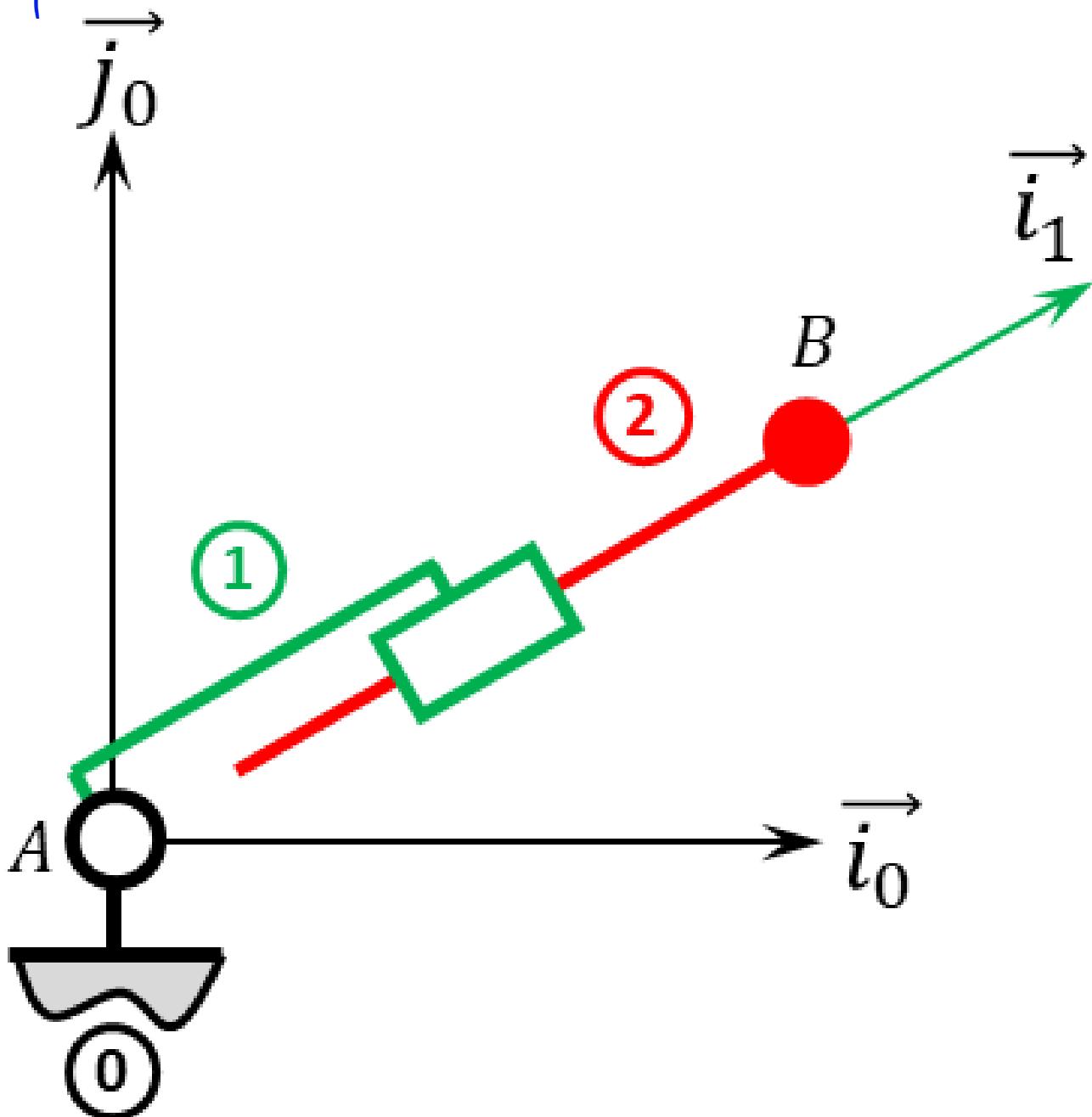
Corrigé voir 94.

Exercice 95 – Mouvement RT *

C2-05

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \overrightarrow{i_1}$.



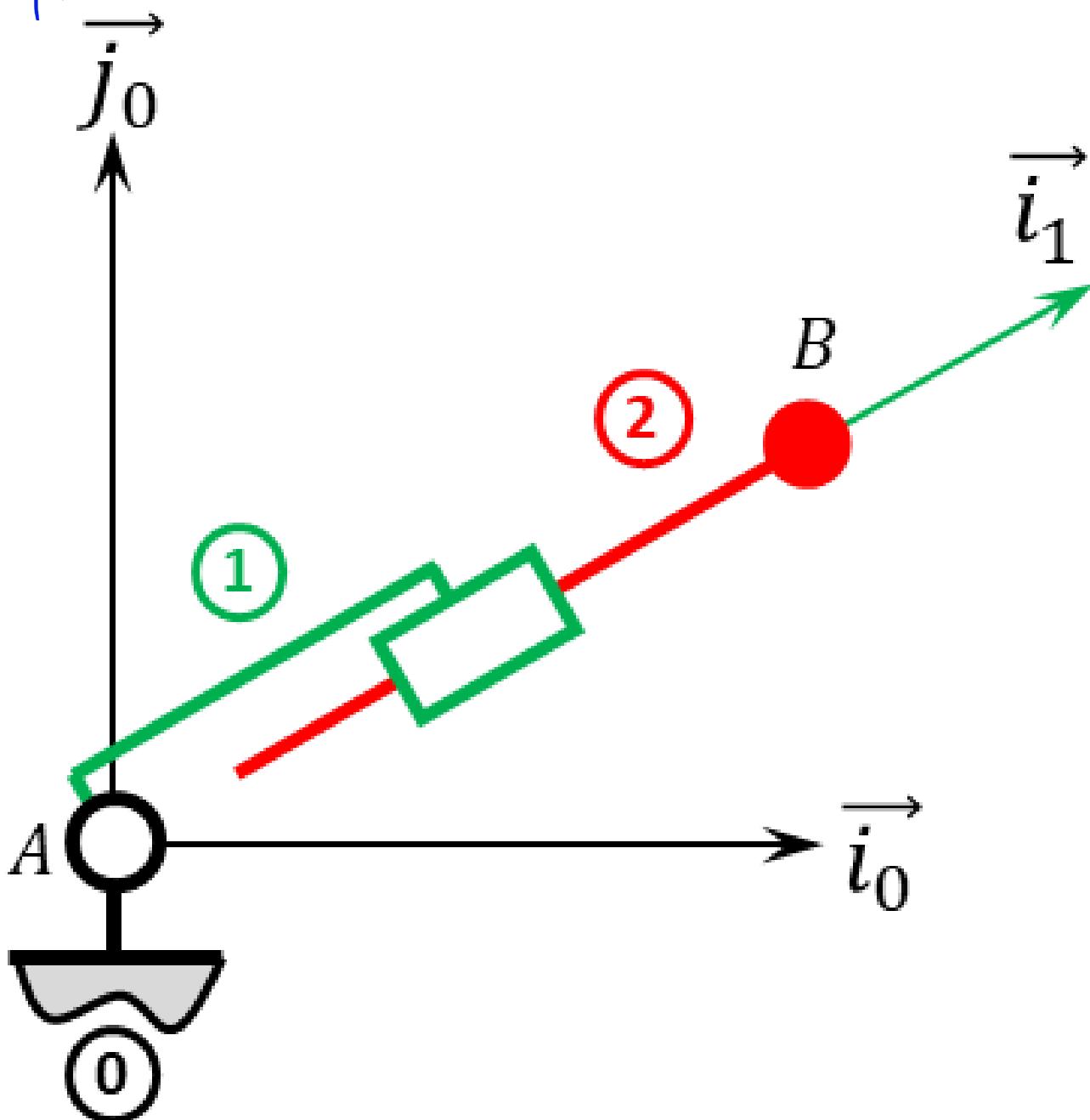
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 95.

Exercice 96 – Mouvement RT *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \overrightarrow{i_1}$.



DDS

Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

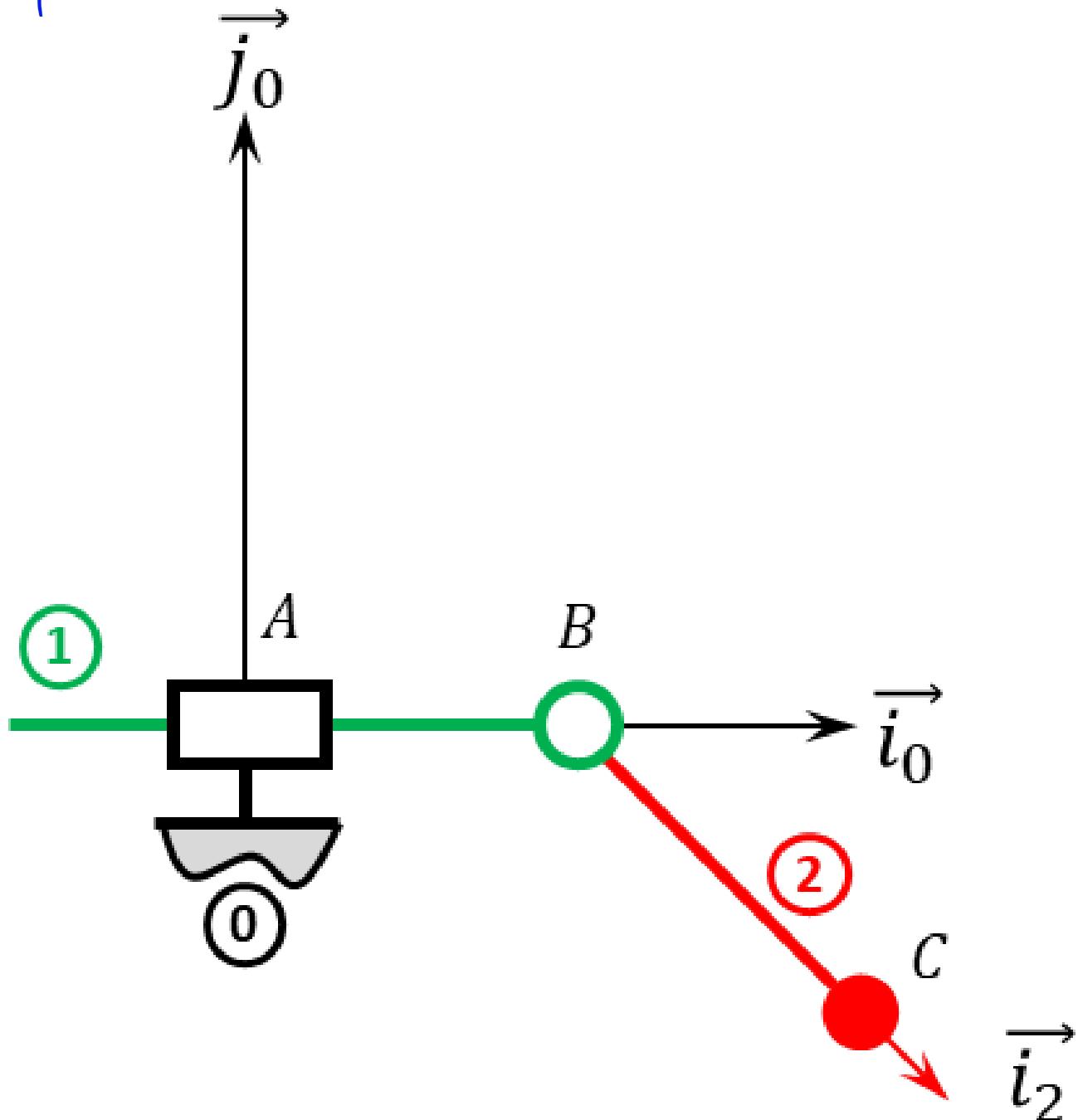
Corrigé voir 96.

Exercice 97 – Mouvement RT *

C2-05

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



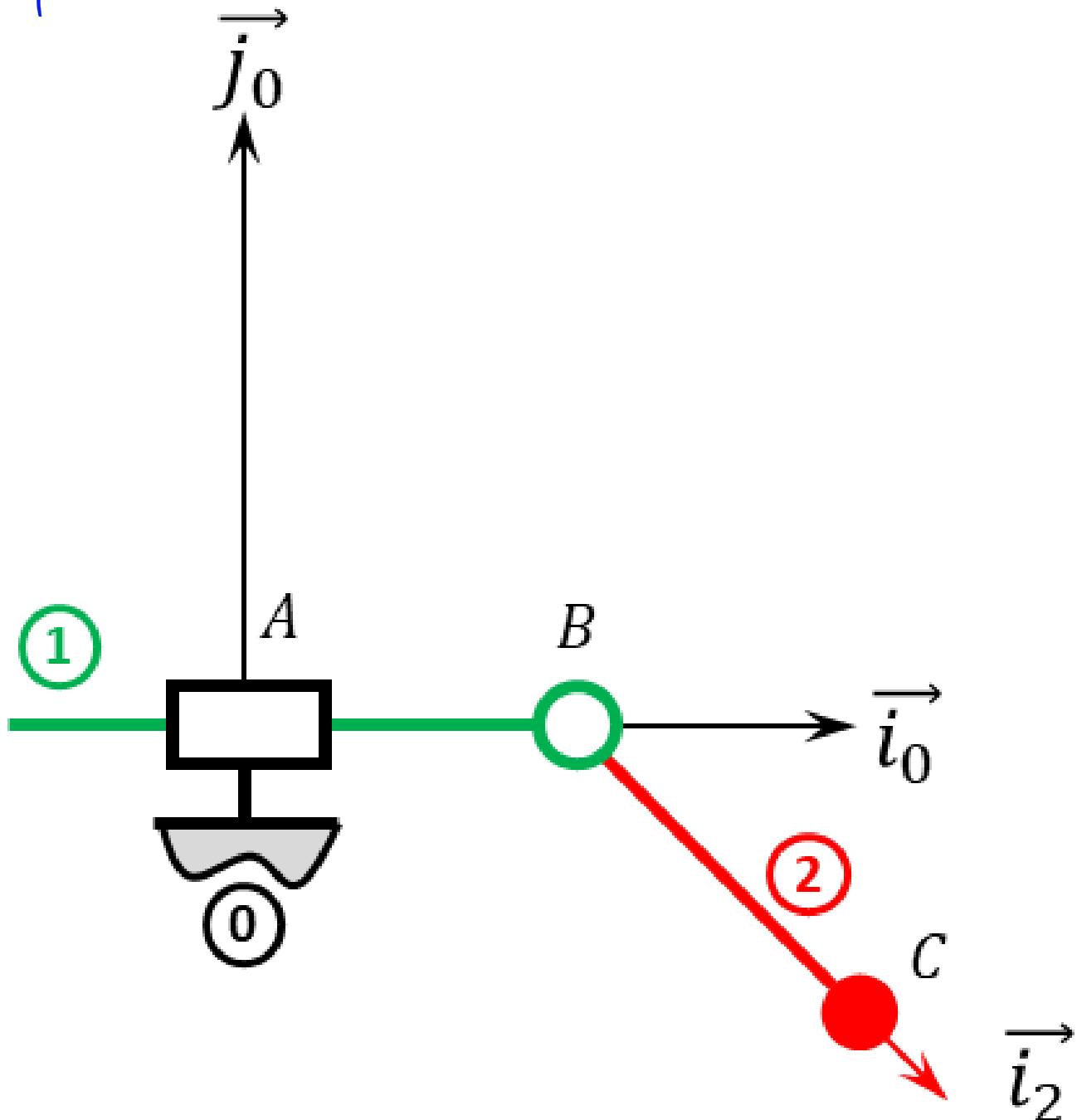
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 97.

Exercice 98 – Mouvement RT *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



DDS

Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

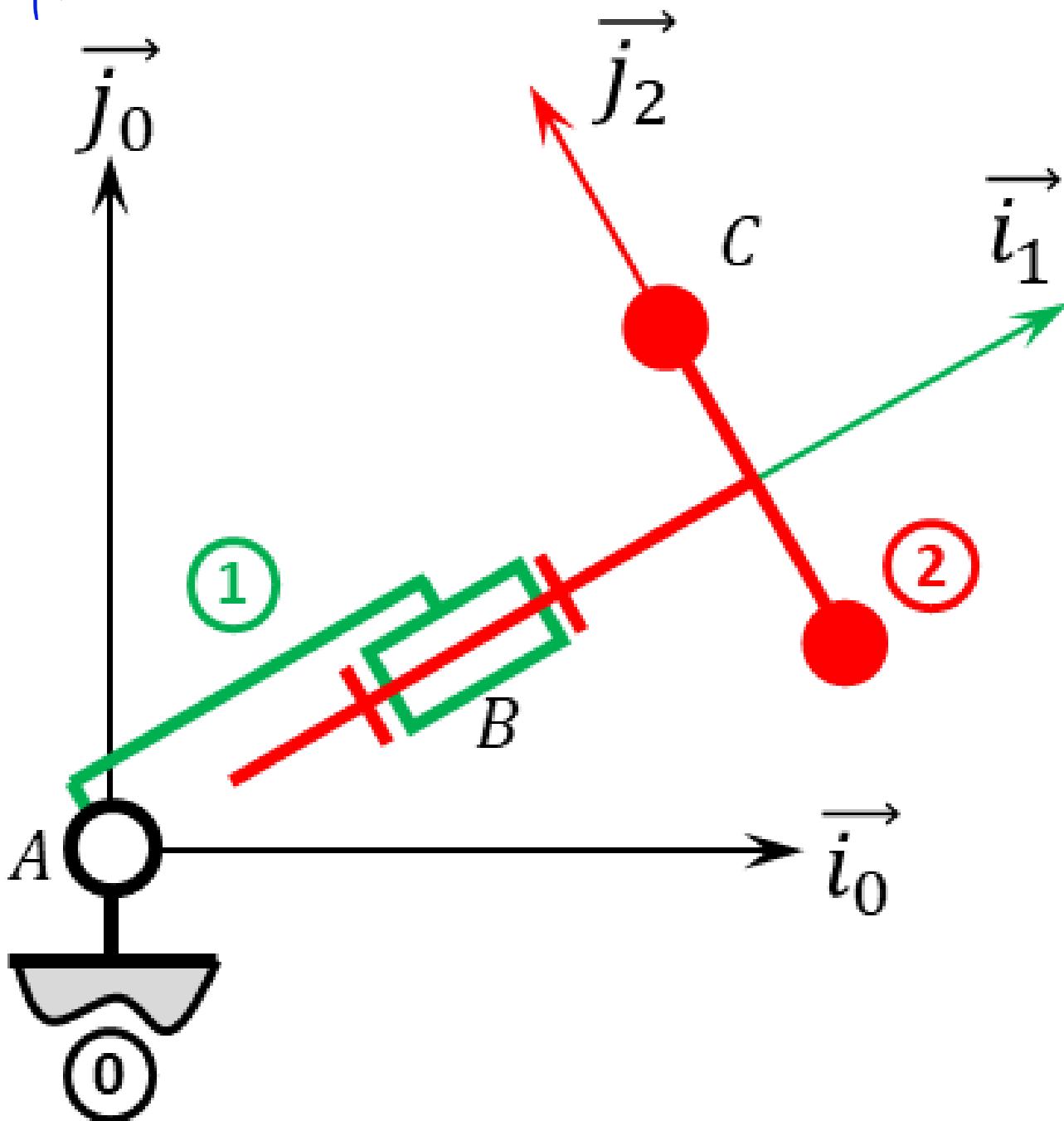
Corrigé voir 98.

Exercice 99 – Mouvement RR 3D **

C2-05

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



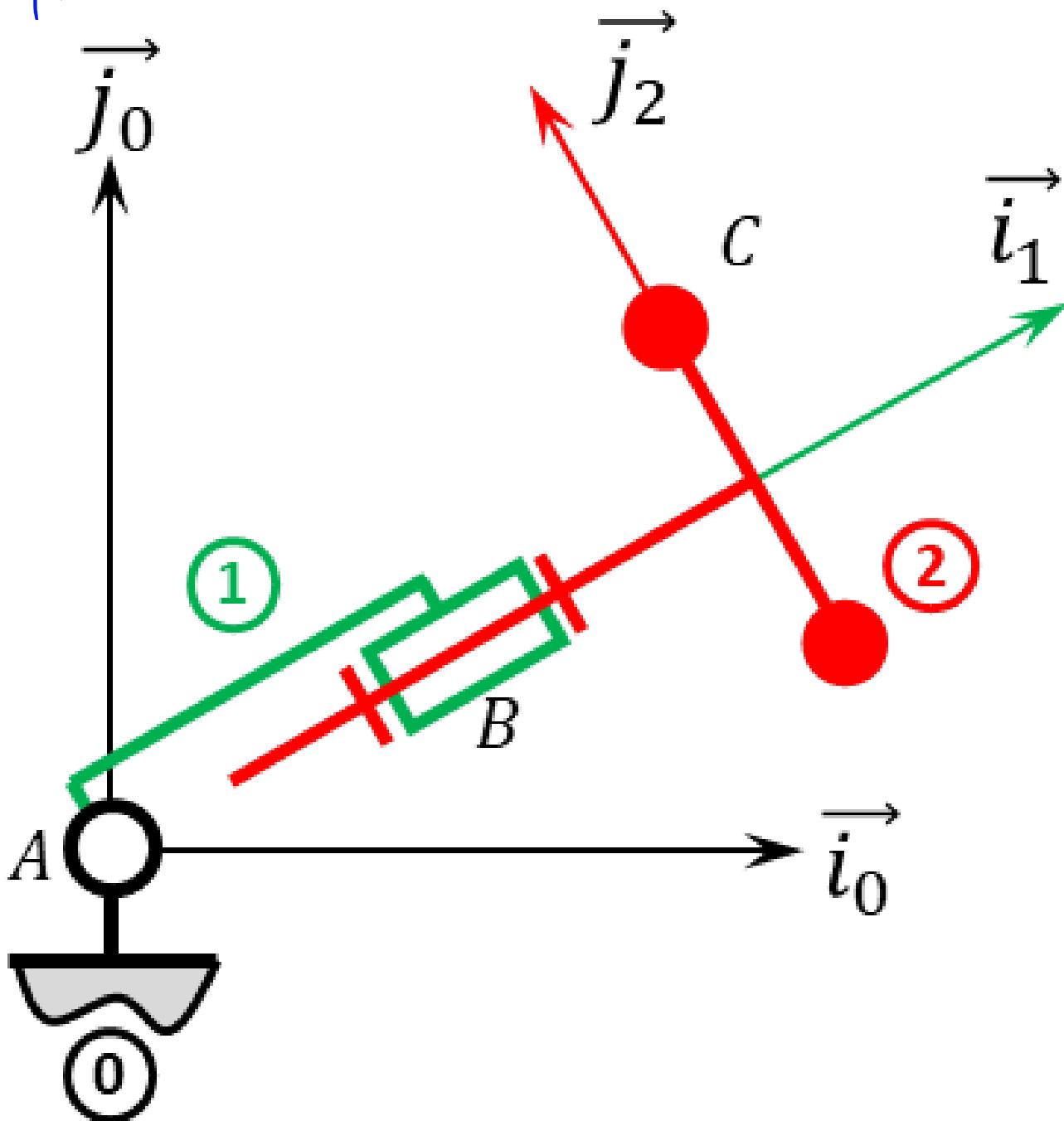
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 99.

Exercice 100 – Mouvement RR 3D *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



DDS

Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

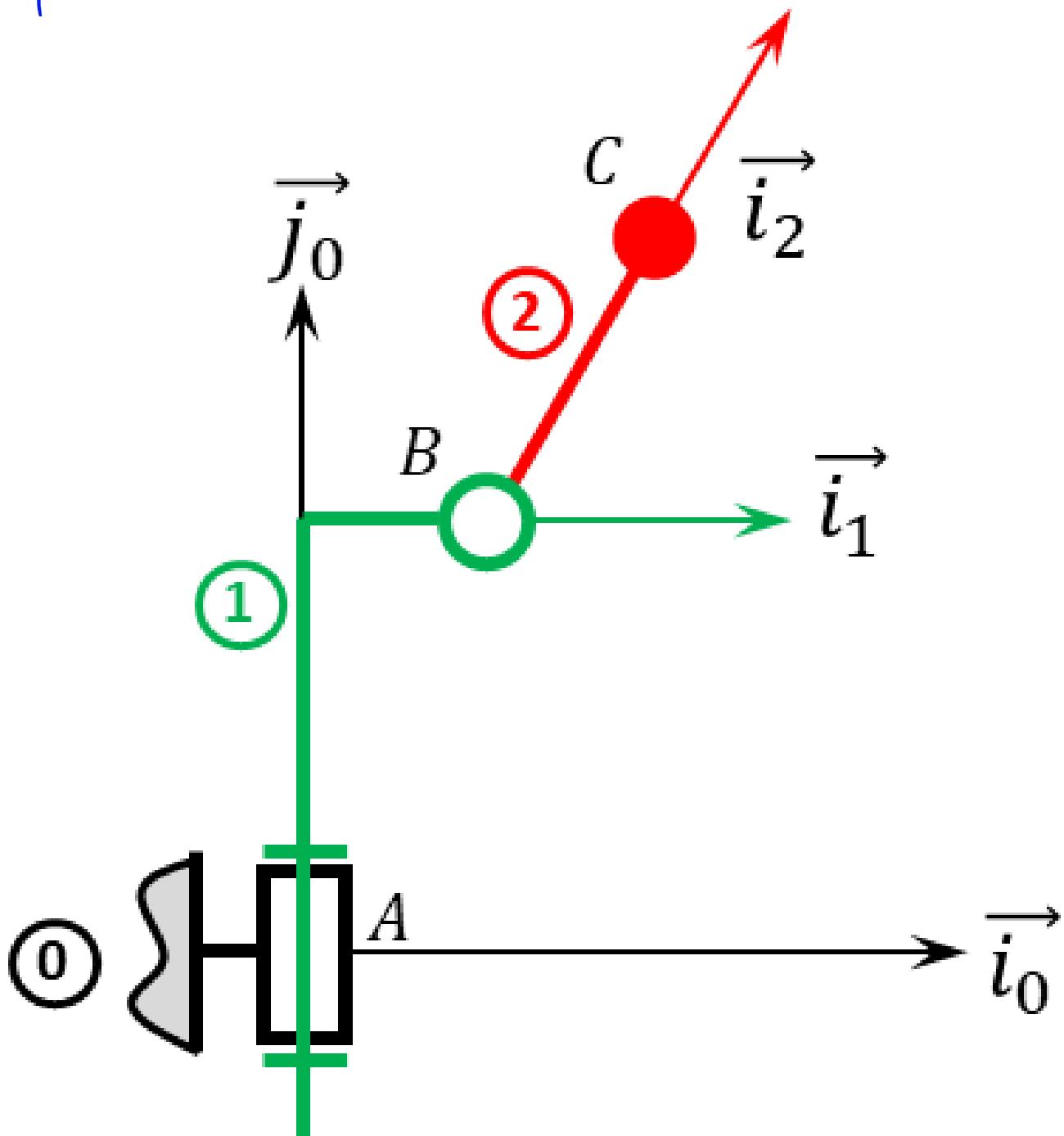
Corrigé voir 99.

Exercice 101 – Mouvement RR 3D **

C2-05

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



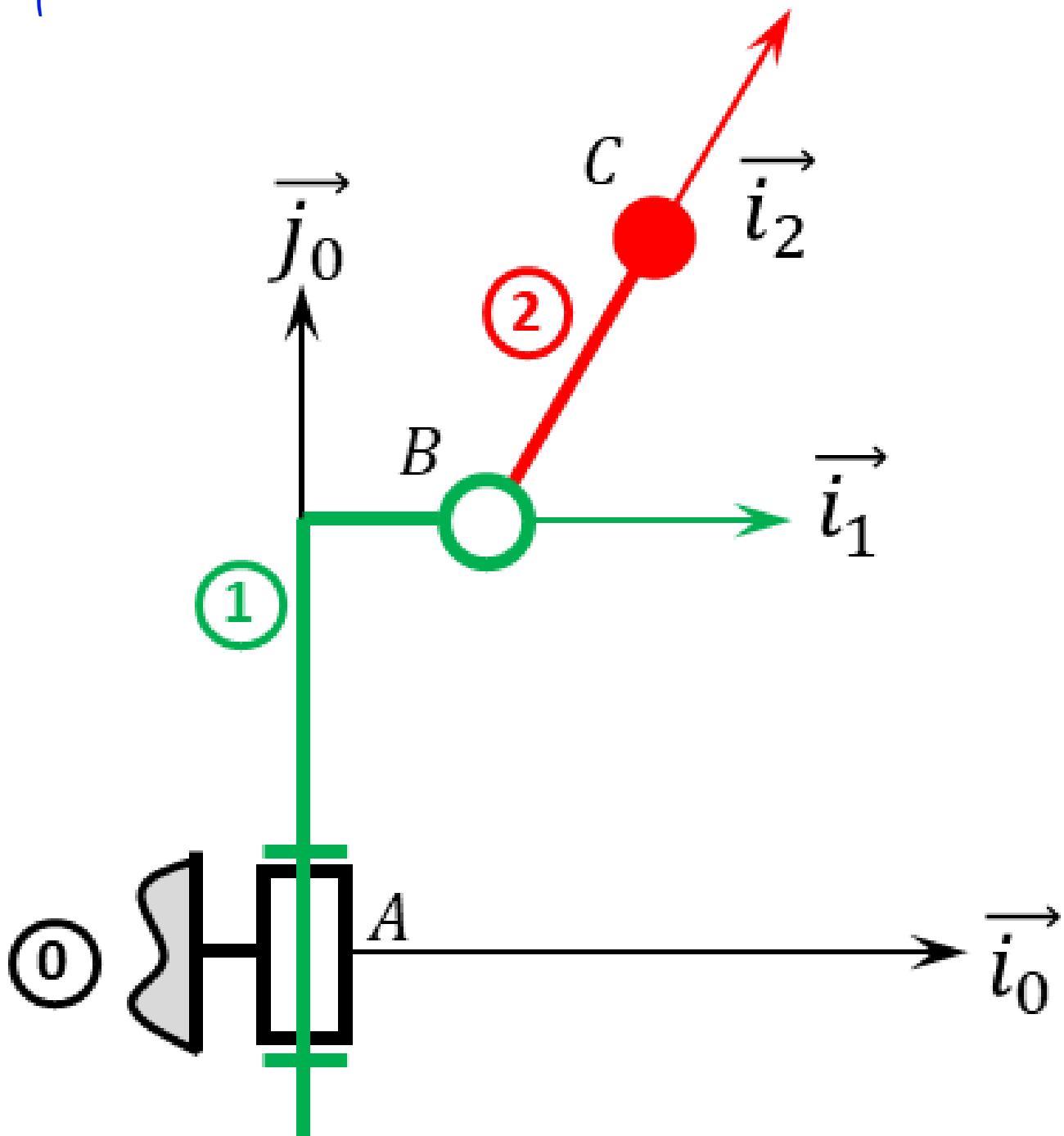
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 102.

Exercice 102 – Mouvement RR 3D *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \overrightarrow{j_1} + R \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{BC} = L \overrightarrow{i_2}$. On a $H = 20 \text{ mm}$, $r = 5 \text{ mm}$, $L = 10 \text{ mm}$.



DDS

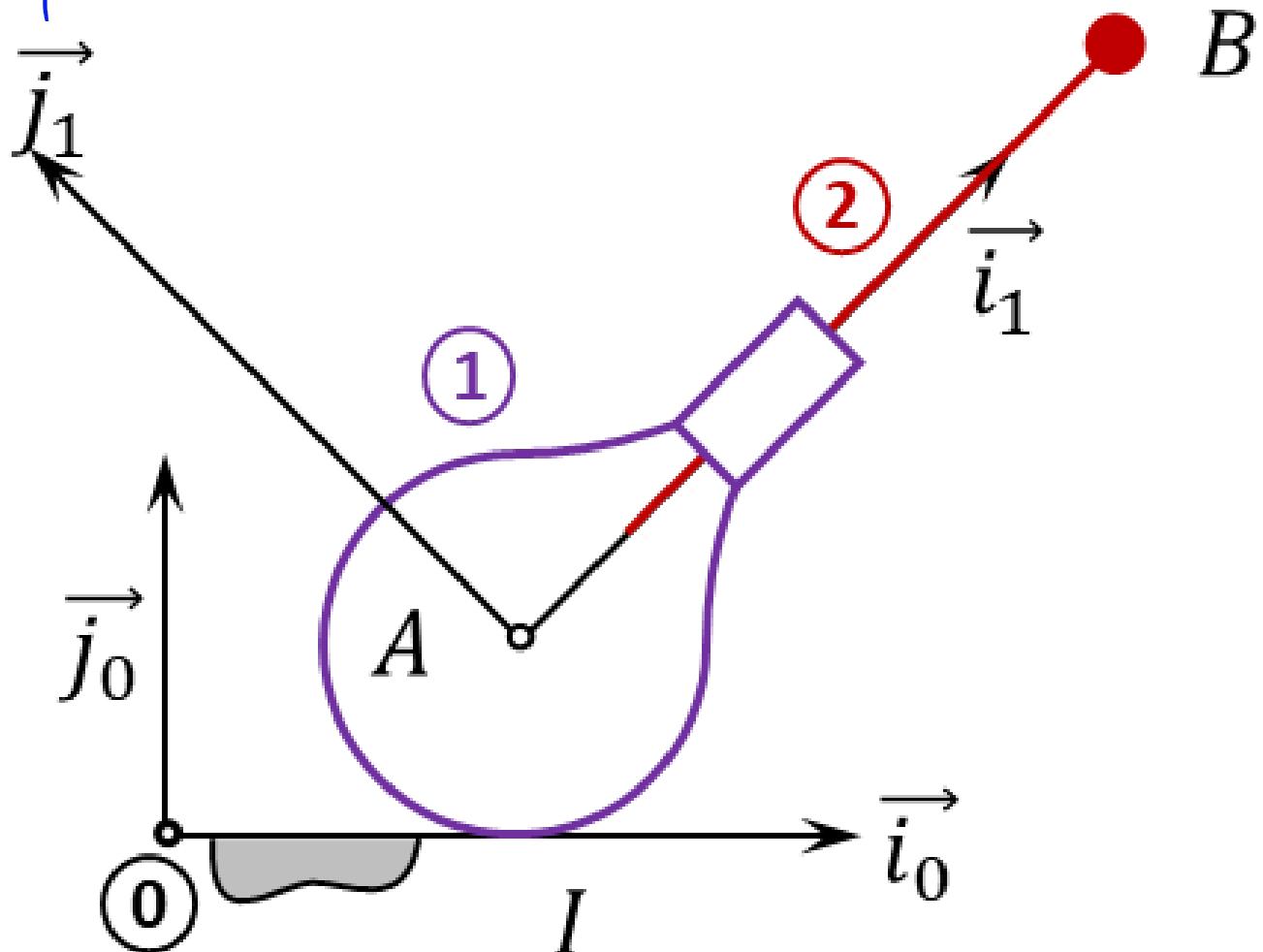
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 102.

Exercice 103 – Mouvement RT – RSG **

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point B.

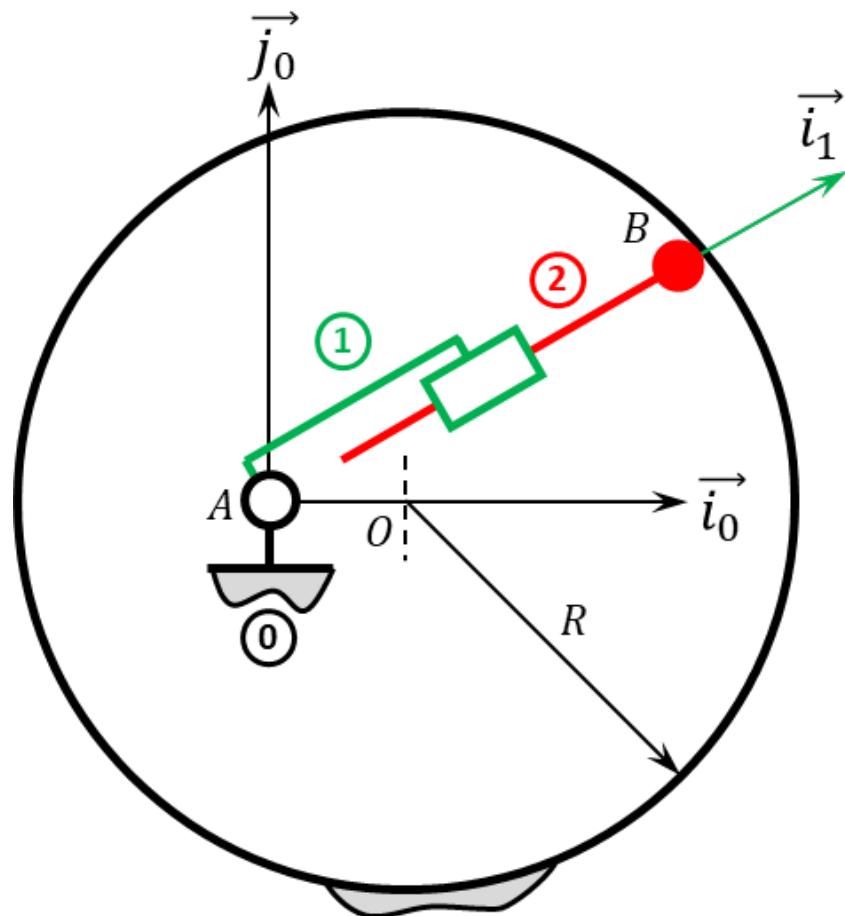
Question 3 Déterminer $\overline{\Gamma(B,2/0)}$.

Corrigé voir 103.

Exercice 104 – Pompe à palettes *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



DDS

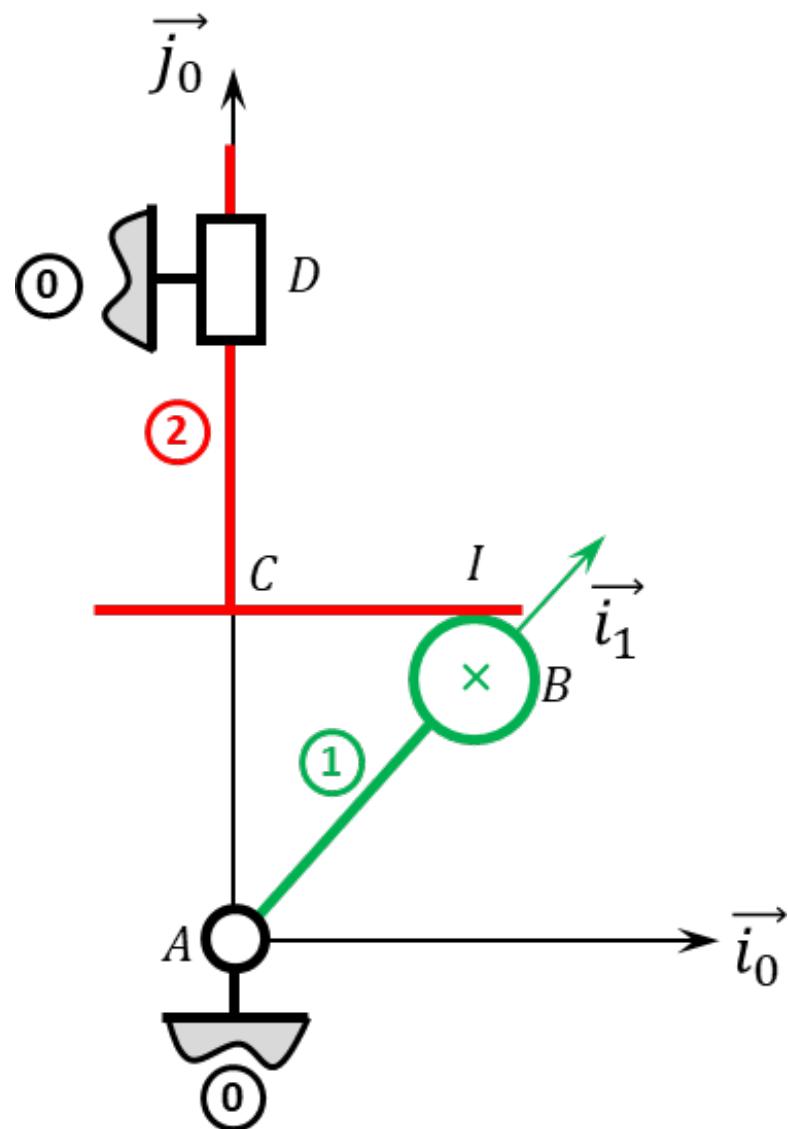
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 104.

Exercice 105 – Pompe à piston axial *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



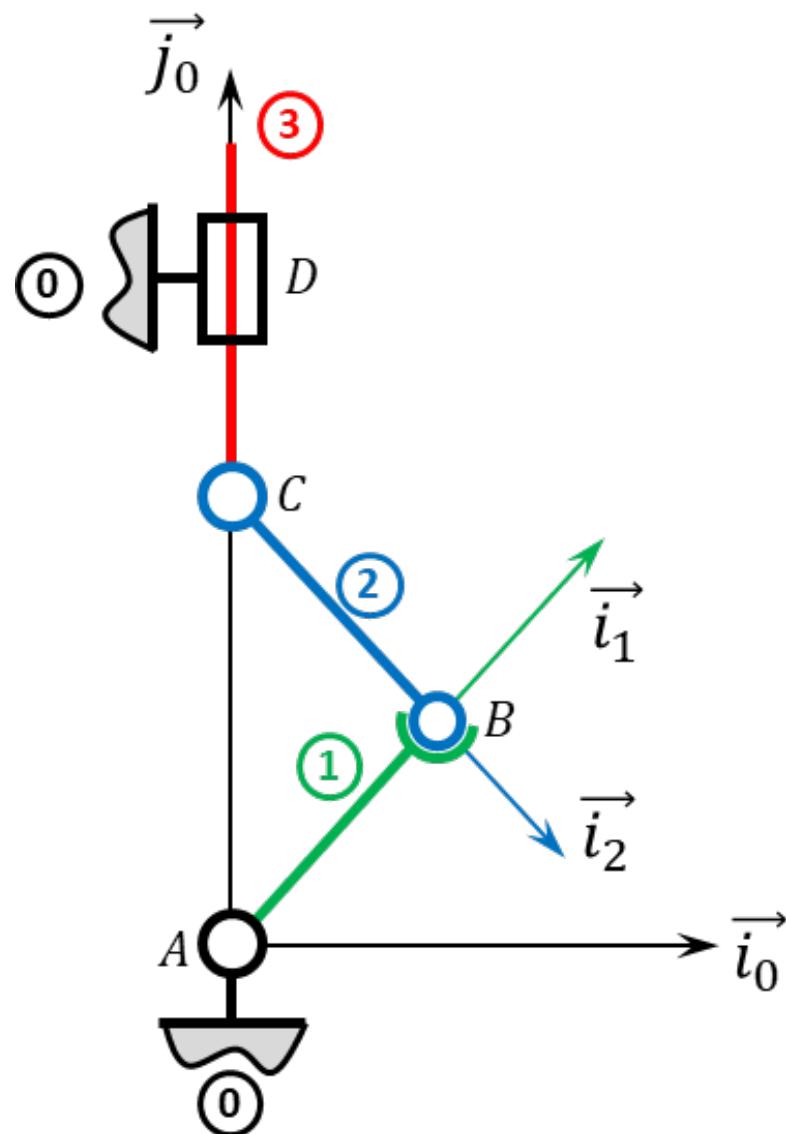
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 105.

Exercice 106 – Système bielle manivelle *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



DDS

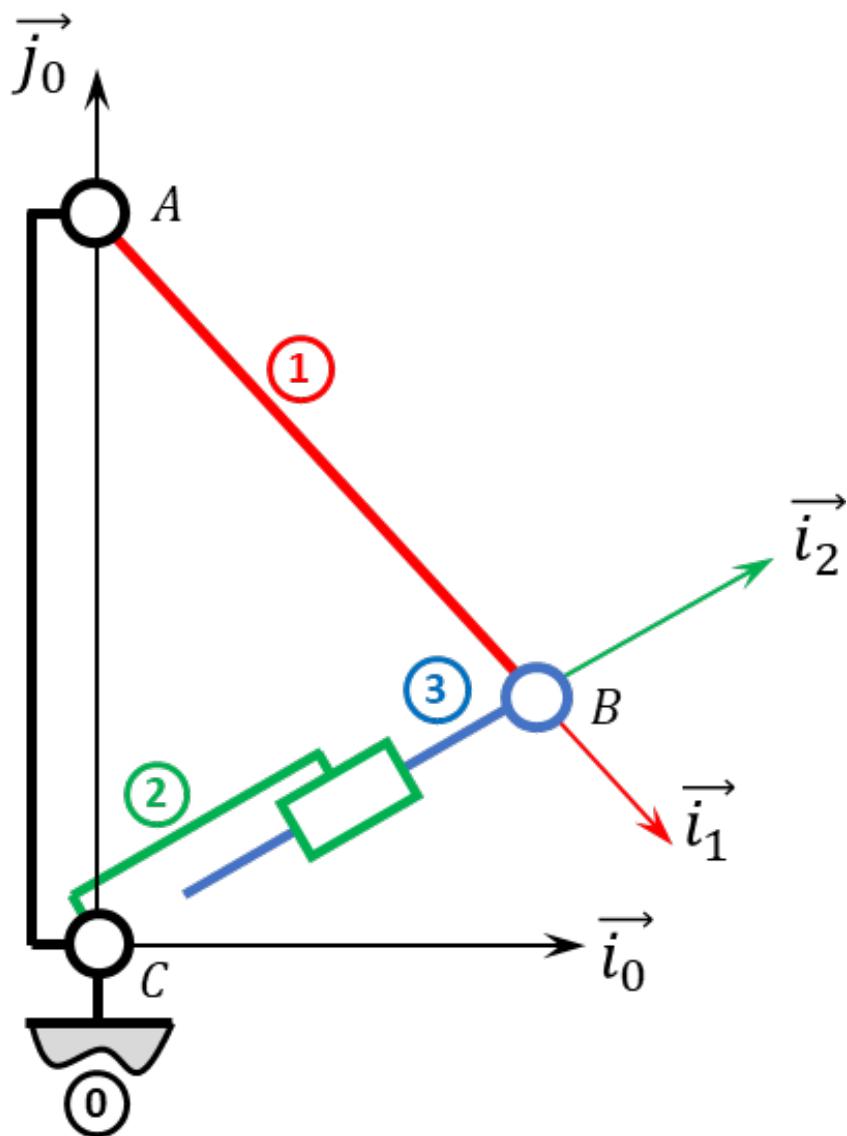
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 106.

Exercice 107 – Système de transformation de mouvement *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



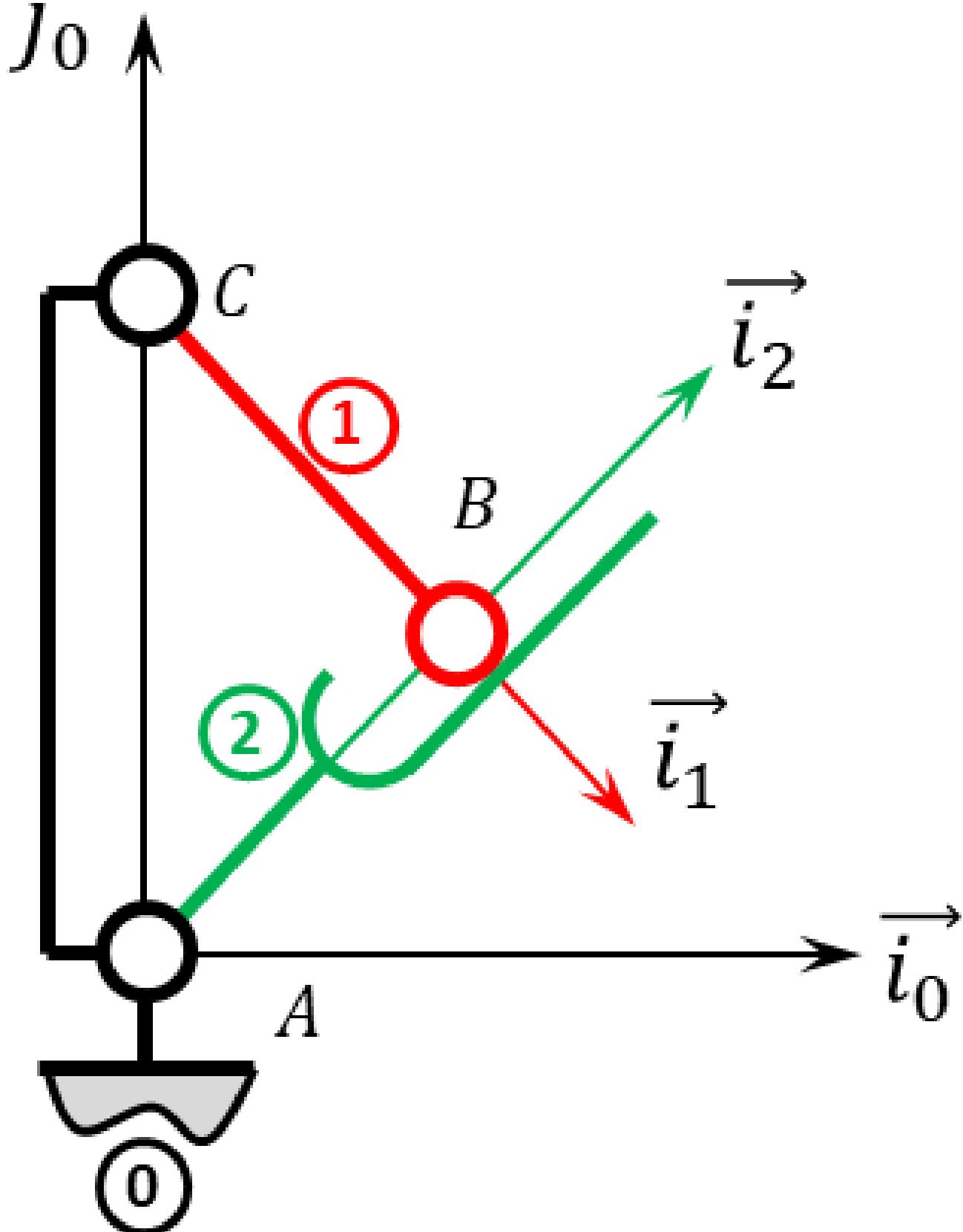
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 107.

Exercice 108 – Barrière Sympact **

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.

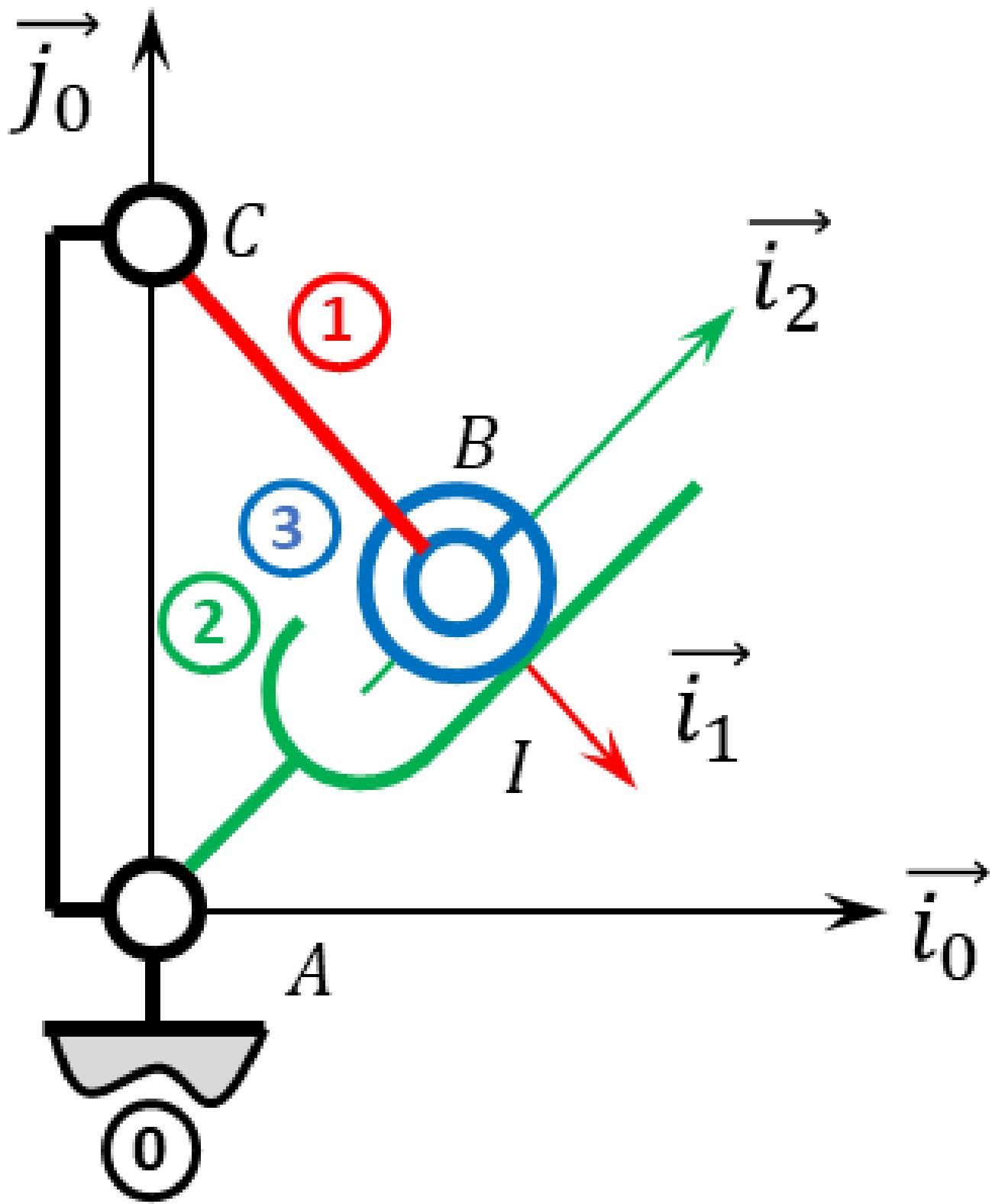


Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 108.

Exercice 109 – Barrière Sympact **

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice. Soit le mécanisme suivant.

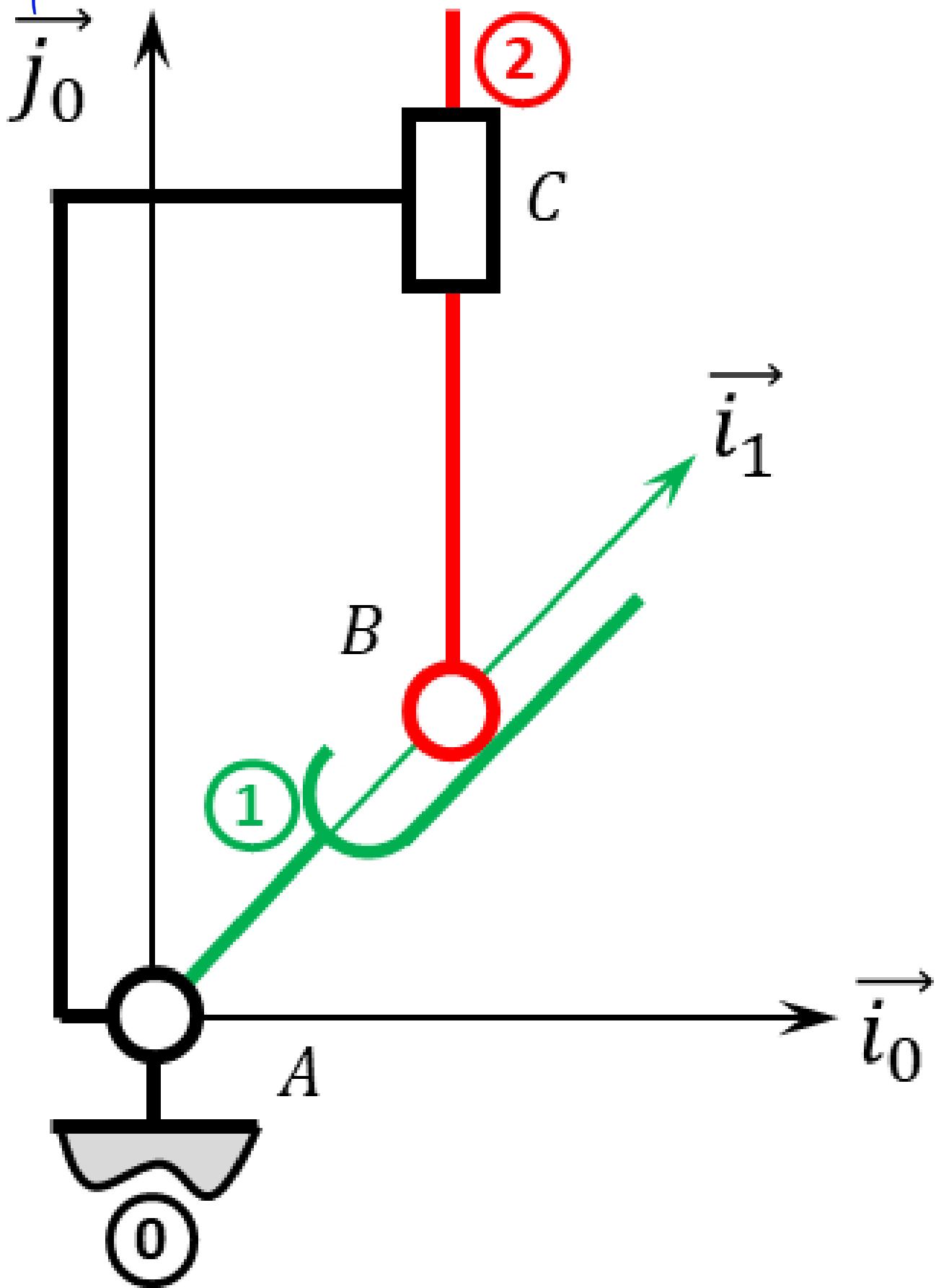


Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 256.

Exercice 110 – Poussoir **

B2-12 Pas de corrigé pour cet exercice.

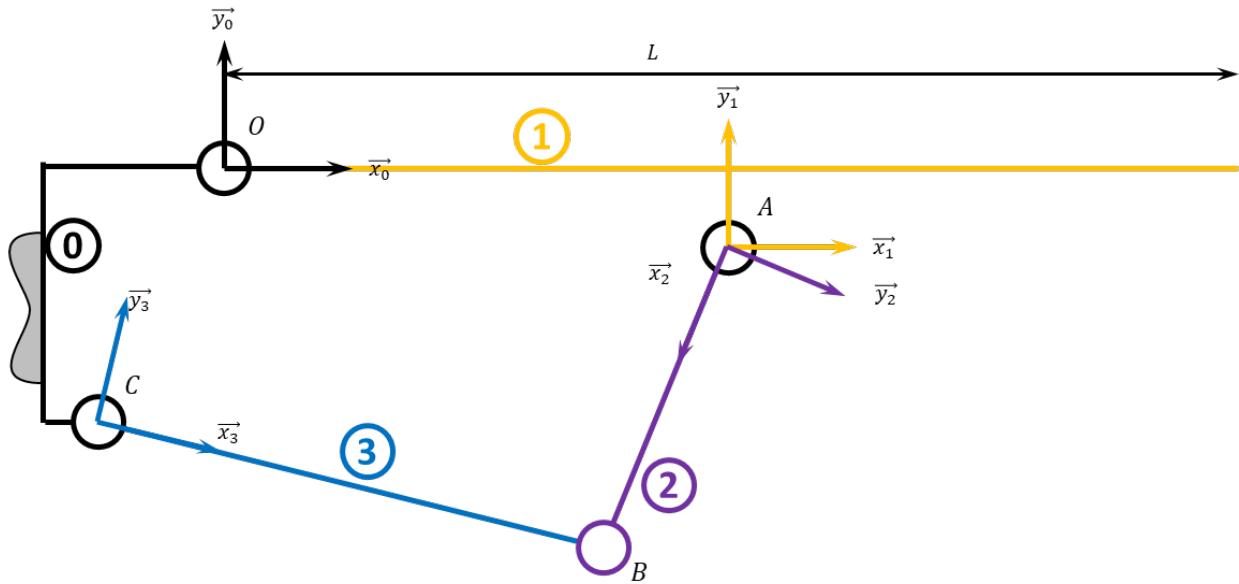


Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 257.

Exercice 111 – Système 4 barres ***

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.



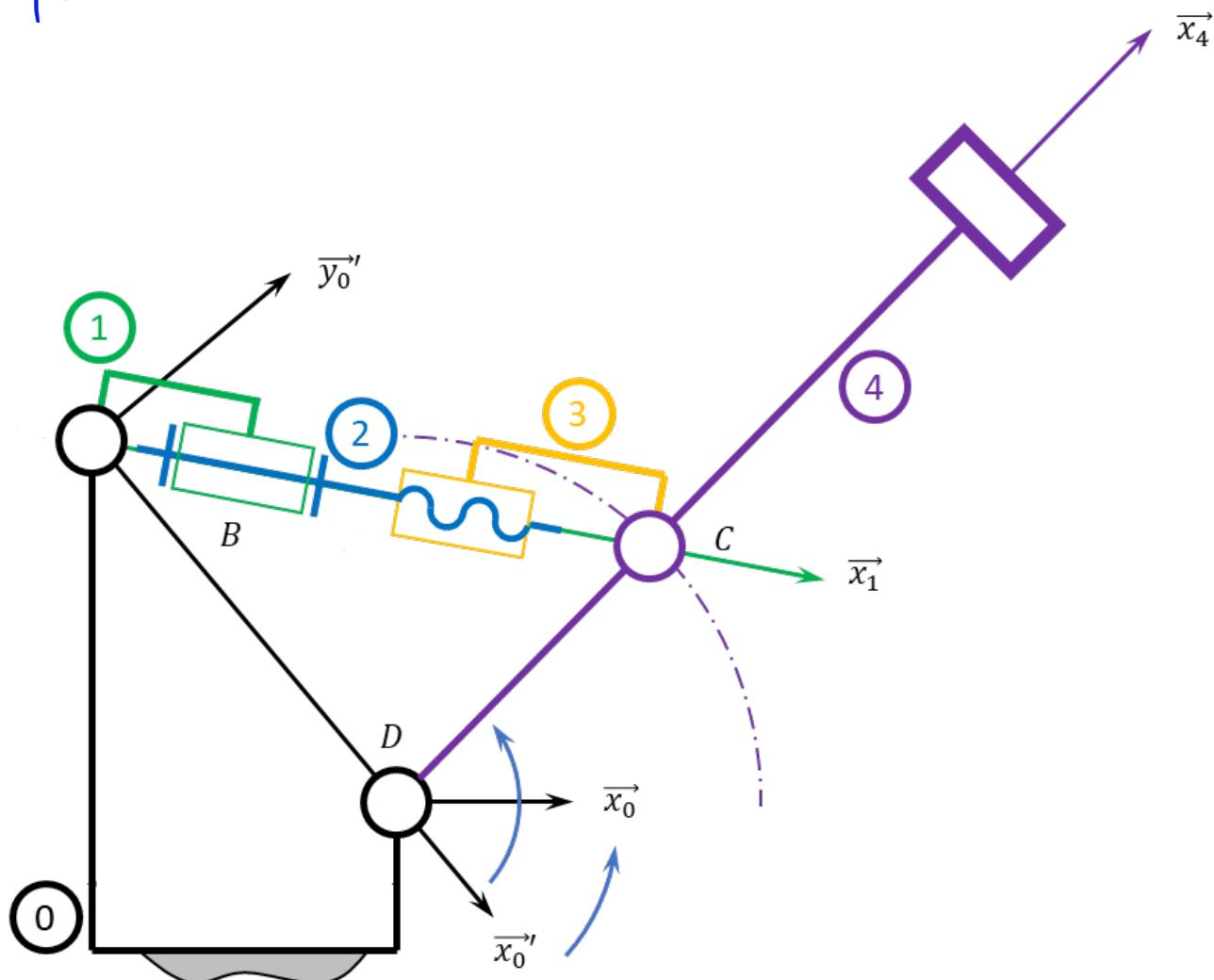
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 111.

Exercice 112 – Maxpid ***

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma suivant.



DDS

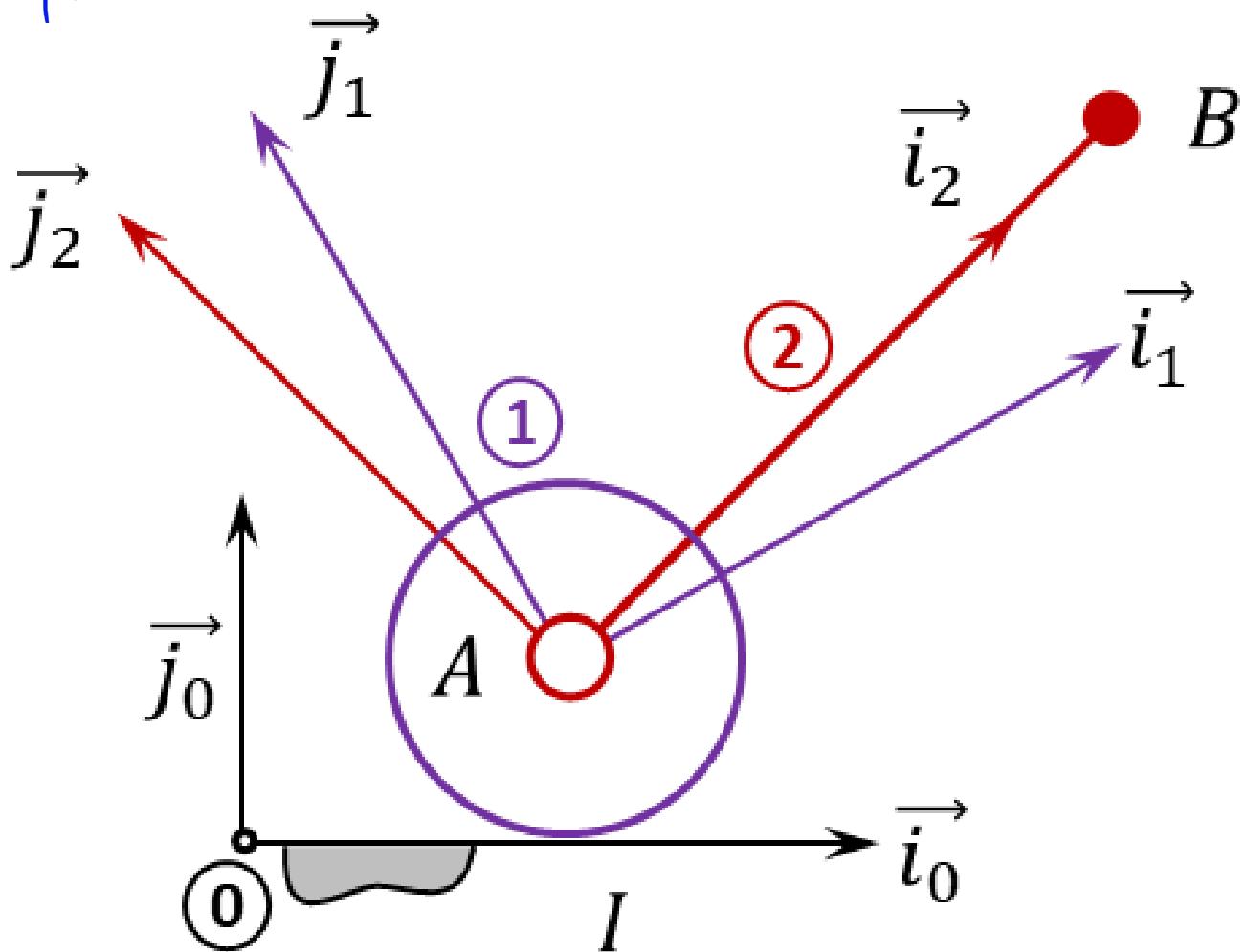
Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

Corrigé voir 112.

Exercice 113 – Mouvement RR – RSG **

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant.



Question 1 Réaliser le paramétrage du mécanisme.

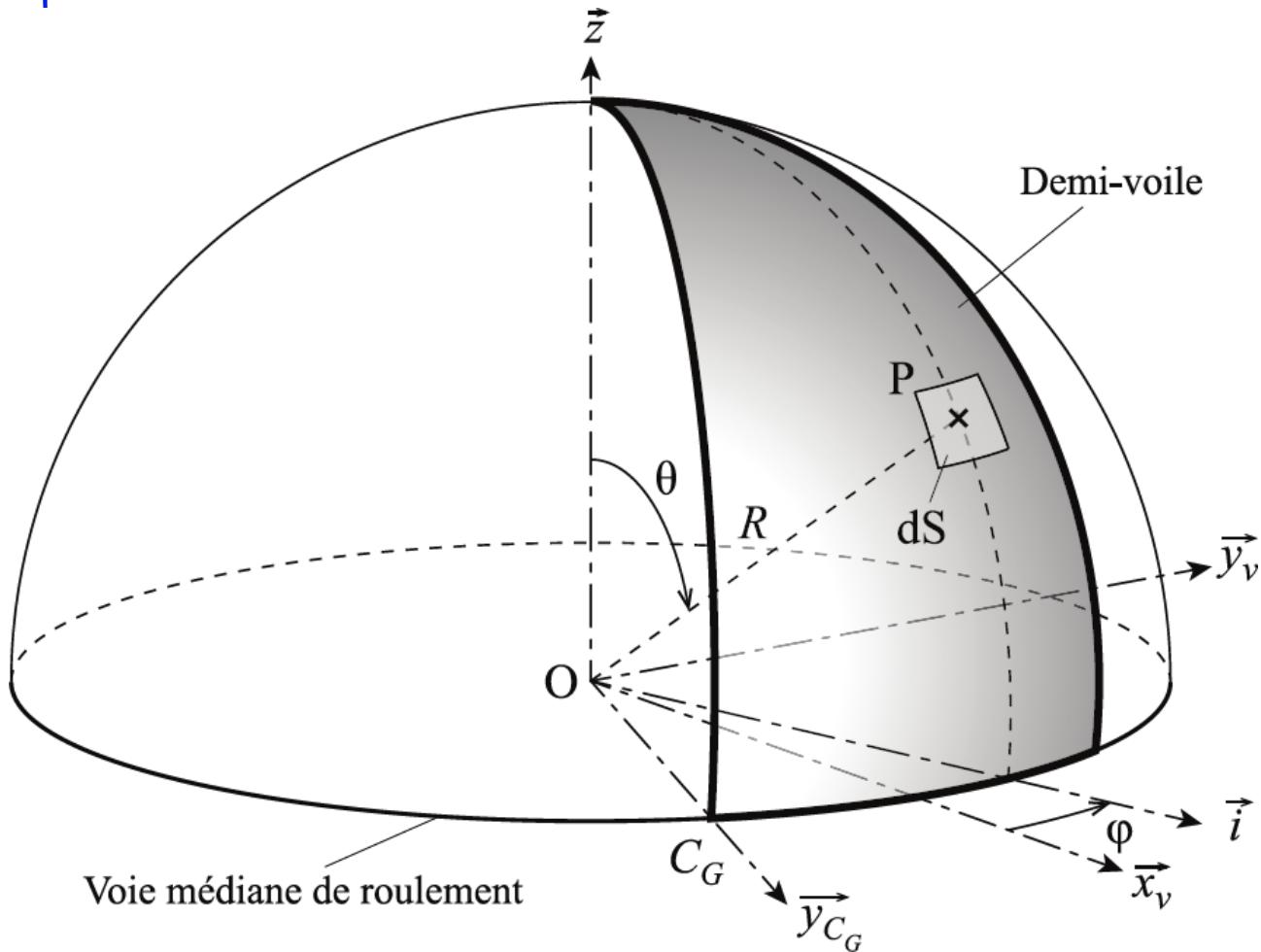
Corrigé voir 113.

2.2.14 Modéliser une action mécanique.

Exercice 114 – La Seine Musicale *

B2-14 Pas de corrigé pour cet exercice.

On choisit de représenter une demi-voie, de repère $\mathcal{R}_v(O; \vec{x}_v, \vec{y}_v, \vec{z})$, par une portion de demi-sphère (Figure 2.1). On pourra remarquer qu'il n'y a pas de mouvement relatif entre les repères $\mathcal{R}_{C_G}(C_G; \vec{x}_{C_G}, \vec{y}_{C_G}, \vec{z})$ et $\mathcal{R}_v(O; \vec{x}_v, \vec{y}_v, \vec{z})$, associé à la demi-voie. On rappelle que $\overrightarrow{OC_G} = R\vec{y}_{C_G}$, avec R le rayon moyen de la voie de roulement.



DDS

FIGURE 2.1 – Paramétrage de la surface totale et élémentaire en coordonnées sphériques de la demi-voile

La figure Figure 2.2 présente l'orientation du vent par rapport au plan de symétrie de la demi-voile dans le plan (\vec{x}_v, \vec{y}_v) . La densité d'effort surfacique du vent sur la demi-voile, pour une vitesse de 9 m s^{-1} , est noté $\vec{f}_{\text{vent}} = f \vec{u}$ avec $f = 54,7 \text{ N m}^{-2}$, l'orientation de \vec{u} étant définie par l'angle constant $\alpha = (\vec{x}_v, \vec{u})$.

La base associée au système de coordonnées sphériques (r, θ, φ) est $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_\varphi)$. La position du point P appartenant à la demi-voile est définie par $\vec{OP} = R \vec{e}_r$ avec R le rayon moyen de la voie de roulement ($R = 22,75 \text{ m}$). L'angle azimuthal φ évolue entre $-\frac{\pi}{8}$ et $\frac{\pi}{8}$ et l'élévation θ évolue entre 0 et $\frac{\pi}{2}$. On précise que, dans le cas présenté Figure 2.1, la surface élémentaire en coordonnées sphériques est notée $dS = R^2 \sin \theta d\theta d\varphi$.

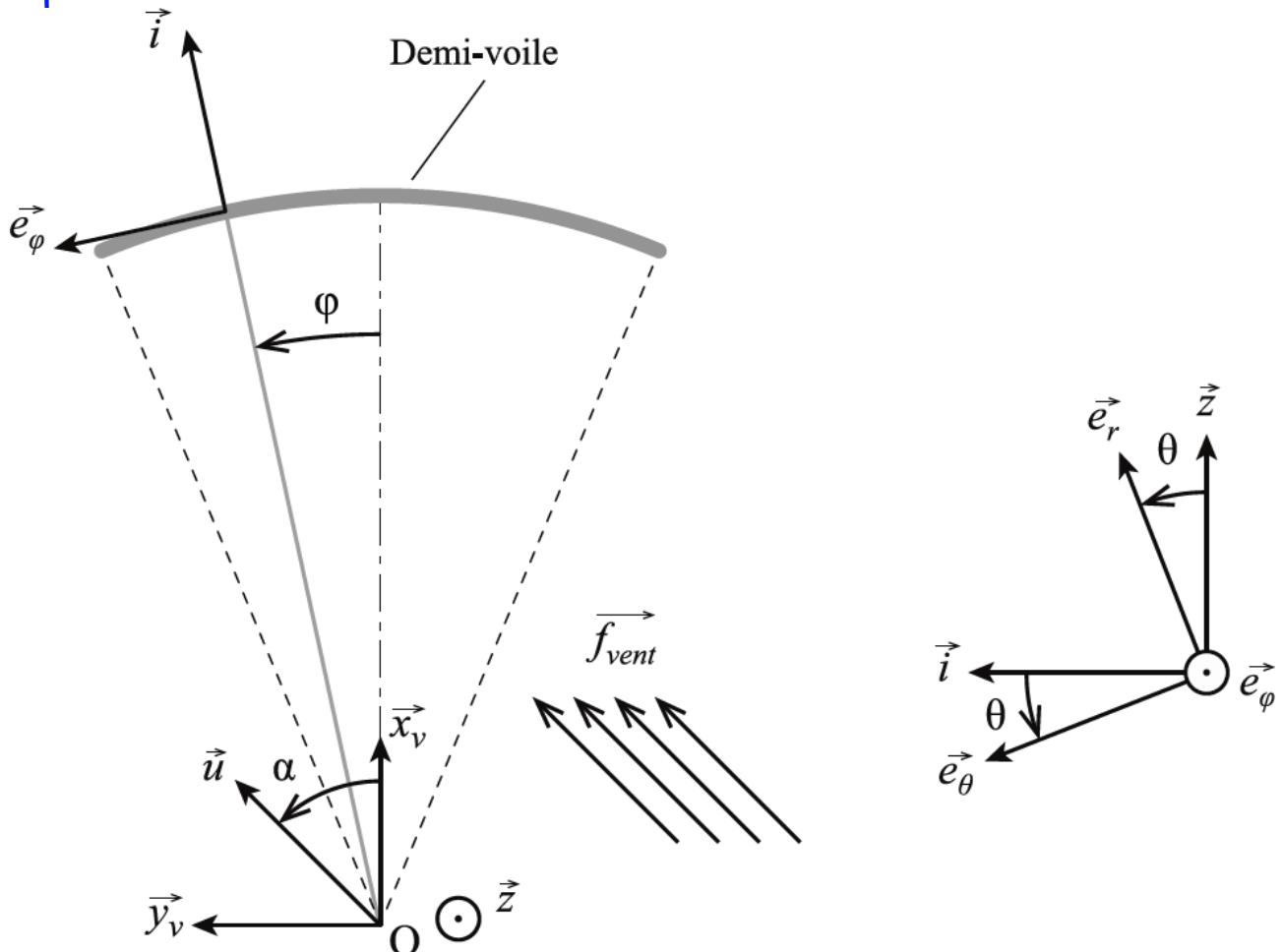


FIGURE 2.2 – Paramétrage angulaire

Question 1 Exprimer l'effort élémentaire du vent sur la demi-voile s'appliquant au point P sur la surface dS , noté $d\vec{F}_{vent}$.

Question 2 Déterminer par intégration l'expression du moment de l'action mécanique du vent selon l'axe (O, \vec{z}) , $\overrightarrow{\mathcal{M}}(O, \text{vent} \rightarrow \text{demi-voile}) \cdot \vec{z}$ s'opposant à la rotation de la voile autour de l'axe (O, \vec{z}) en fonction de R , f et α .

Question 3 On définit F_{vent} tel que $(\overrightarrow{OC_G} \wedge F_{vent} \vec{x}_{C_G}) \cdot \vec{z} = \overrightarrow{\mathcal{M}}(O, \text{vent} \rightarrow \text{demi-voile}) \cdot \vec{z}$. En déduire l'expression de F_{vent} l'effort du vent au point C_G s'opposant au déplacement du chariot central.

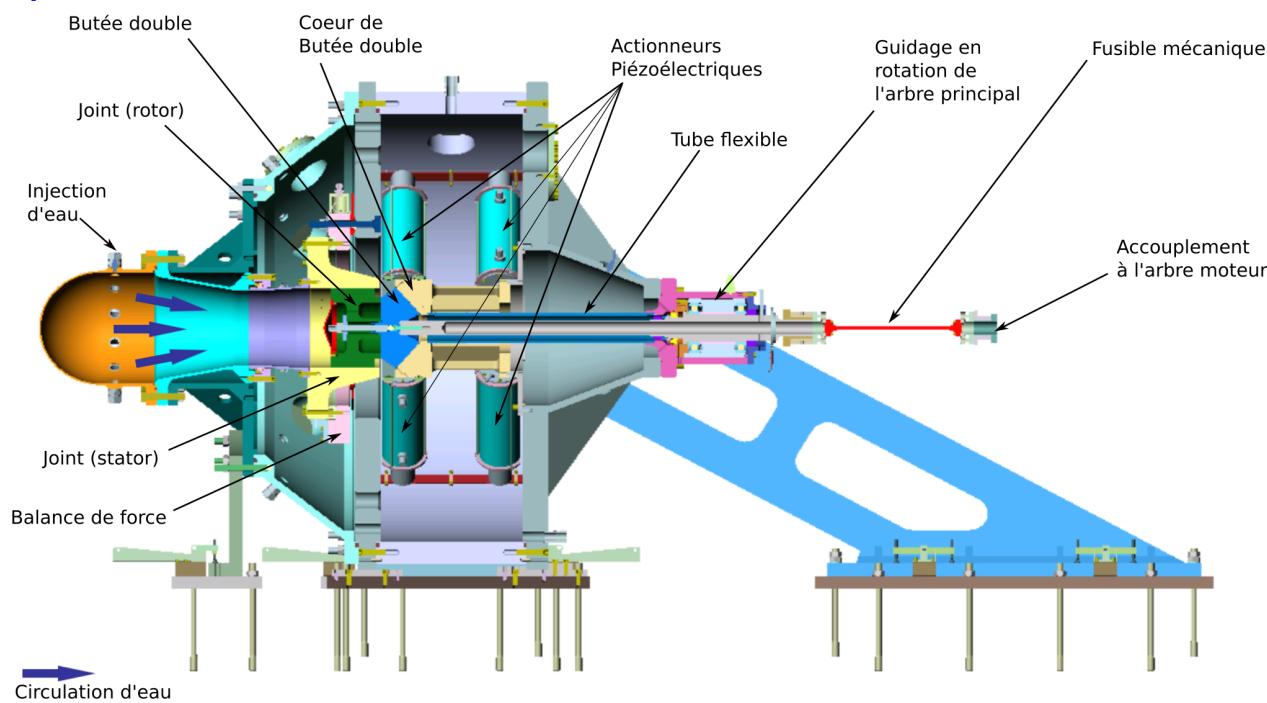
Afin de modéliser le déplacement de la voile dans le cas le plus défavorable, on souhaite déterminer la valeur maximale de $|F_{vent}|$.

Question 4 Pour quelle valeur de α cet effort est-il maximal ? Déterminer la valeur maximale de $|F_{vent}|$.

Corrigé voir 114.

Exercice 115 – Banc Balafre *

B2-14 Pas de corrigé pour cet exercice. La figure suivante représente le paramétrage permettant de modéliser les actions mécaniques s'exerçant sur l'ensemble $S = \{JR + CB\}$. On nommera G le centre d'inertie de l'ensemble S .



Données et hypothèses

- On note $\vec{BM} = z \vec{z_0} + R_J \vec{u}(\theta)$ où R_J est le rayon du joint avec $R_J = 175 \text{ mm}$;
- la longueur du joint est $L_J = 150 \text{ mm}$. La position du point B , centre du joint est $\vec{OB} = z_B \vec{z_0}$ avec $z_B = 425 \text{ mm}$;
- Le coeur de butée a une masse $M_{CB} = 40 \text{ kg}$ et la position de son centre d'inertie G_{CB} est paramétrée par $\vec{OG_{CB}} = L_{CB} \vec{z_0}$ avec $L_{CB} = 193 \text{ mm}$;
- Les positions des points A_4 et A_8 sont paramétrées par $\vec{OA_4} = z_4 \vec{z_0} - R_{CB} \vec{y_0}$ et $\vec{OA_8} = -R_{CB} \vec{y_0}$ avec $z_4 = 280 \text{ mm}$ et $R_{CB} = 150 \text{ mm}$.

On souhaite déterminer la résultante des actions de pression du fluide sur le joint (rotor). On rappelle qu'un élément de surface dS autour d'un point M sur une surface cylindrique de rayon R_J s'exprime $dS = R_J d\theta dz$.

Question 1 Exprimer au point M le torseur $\{dT_{f \rightarrow J_R}\}$ de l'action de pression du fluide sur un élément de surface dS joint en fonction de $p(t)$, dS et $\vec{u}(\theta)$.

Question 2 En déduire l'expression en B du torseur $\{T_{f \rightarrow J_R}\}$ de l'action de pression du fluide sur l'ensemble du joint.

Corrigé voir 115.

Exercice 116 – Assemblage par frettage *

B2-14 Pas de corrigé pour cet exercice.

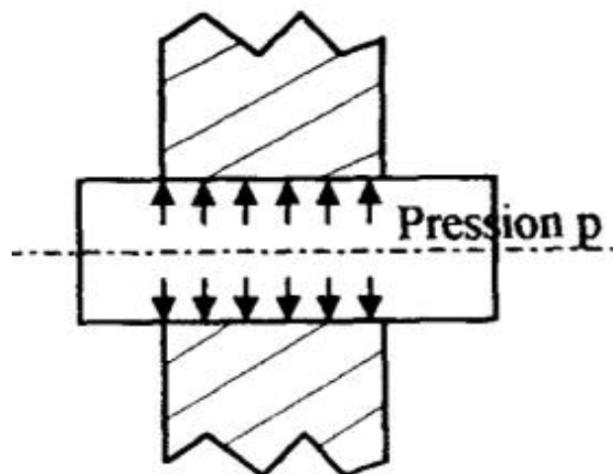
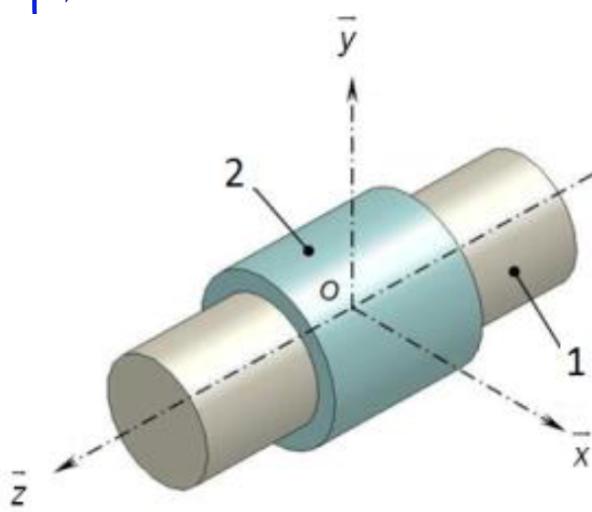
Le frettage consiste à encastrer deux pièces en utilisant le phénomène d'adhérence.

Avant l'assemblage réalisé à l'aide d'une presse, l'arbre 1 possède un diamètre légèrement supérieur à celui de l'alésage (trou cylindrique) de la pièce 2 dans laquelle il vient se loger.

Après frettage, il subsiste donc une pression de contact p (souvent supposée uniforme sur toute la surface de contact) entre les deux pièces.

Les caractéristiques de cet assemblage par frettage sont les suivantes :

- R : rayon de l'arbre 1;
- L : longueur du contact;
- f : facteur d'adhérence entre les deux pièces.

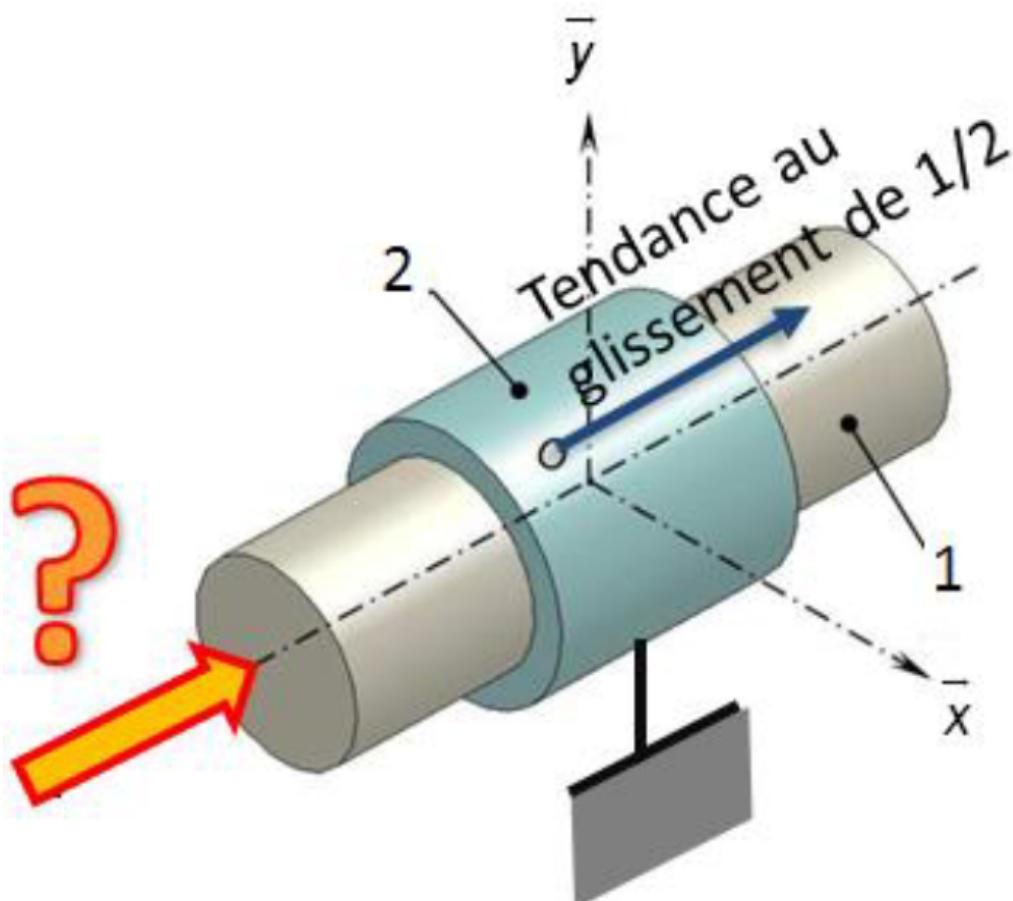


Objectif Déterminer l'effort axial maximal transmissible et le couple maximal transmissible d'une pièce à l'autre.

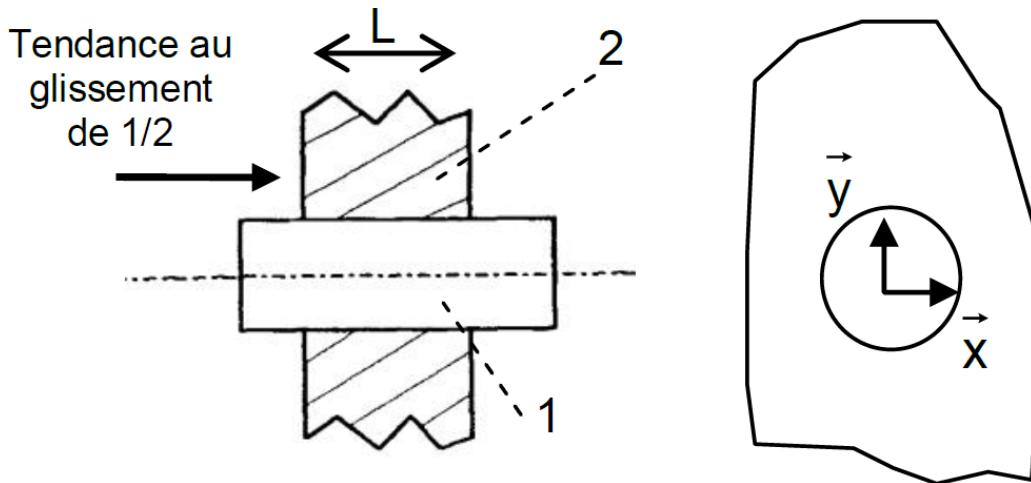
Effort axial maximal transmissible

L'effort axial maximal transmissible correspond à la valeur maximale de la composante axiale de la résultante de l'action mécanique qui peut être transmise d'une pièce à l'autre sans qu'elles se désolidarisent.

Pour simplifier notre étude, on considère la pièce 2 fixe et on cherche à déterminer la composante axiale de la résultante de l'action mécanique à appliquer à la pièce 1 pour atteindre le glissement de $1/2$ suivant $-\vec{z}$.



Question 1 Refaire en grand les 2 schémas : un dans le plan (\vec{y}, \vec{z}) et l'autre dans le plan (\vec{x}, \vec{y}), en plaçant les actions élémentaires normale et tangentielle de 2 sur 1 en un point Q quelconque de la surface de contact.



Question 2 Exprimer $\overrightarrow{dF_{2 \rightarrow 1}(Q)}$.

Question 3 Déterminer la résultante axiale maximale transmissible en fonction de p et des caractéristiques géométriques du frettage.

Question 4 Calculer $\overrightarrow{R(2 \rightarrow 1)}$ lorsque la pression est de la forme : $p(\theta) = p_0 \cos \theta$ pour $\theta \in [-\pi/2, \pi/2]$.

DDS

Corrigé voir 116.

Exercice 117 – Assemblage par frettage *

B2-14 Pas de corrigé pour cet exercice.

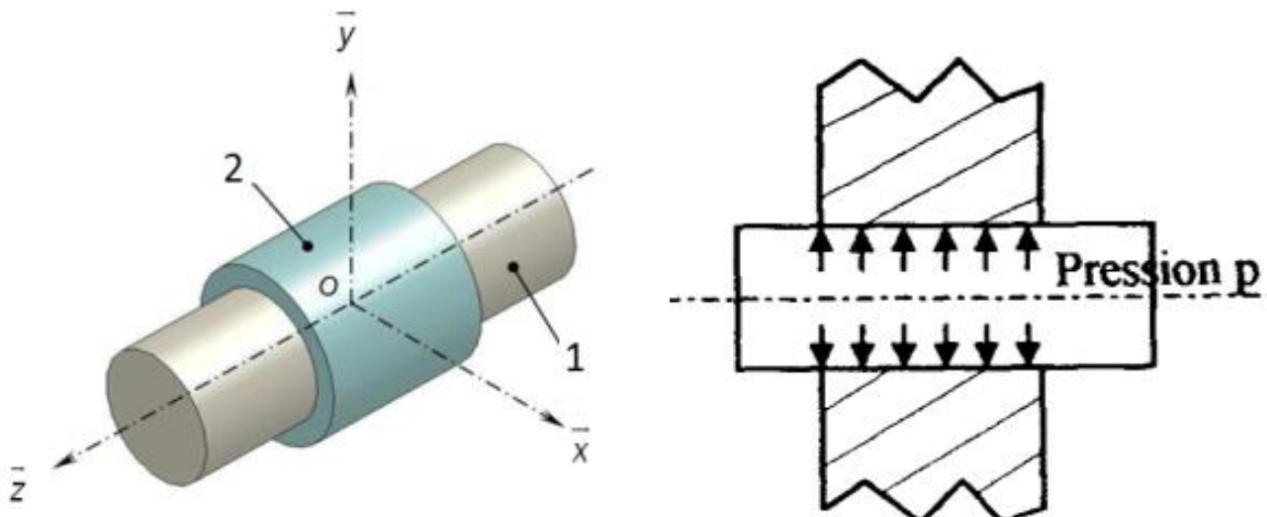
Le frettage consiste à encastrer deux pièces en utilisant le phénomène d'adhérence.

Avant l'assemblage réalisé à l'aide d'une presse, l'arbre 1 possède un diamètre légèrement supérieur à celui de l'alésage (trou cylindrique) de la pièce 2 dans laquelle il vient se loger.

Après frettage, il subsiste donc une pression de contact p (souvent supposée uniforme sur toute la surface de contact) entre les deux pièces.

Les caractéristiques de cet assemblage par frettage sont les suivantes :

- R : rayon de l'arbre 1;
- L : longueur du contact;
- f : facteur d'adhérence entre les deux pièces.

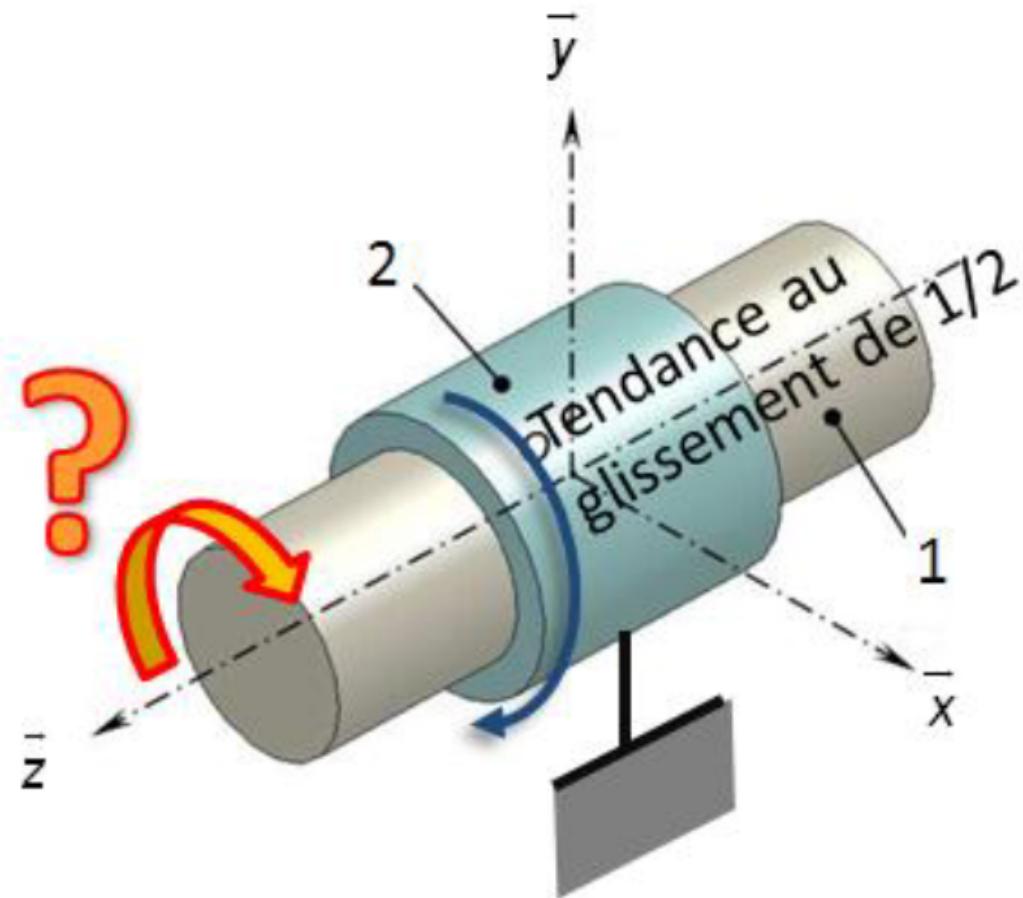


Objectif Déterminer l'effort axial maximal transmissible et le couple maximal transmissible d'une pièce à l'autre.

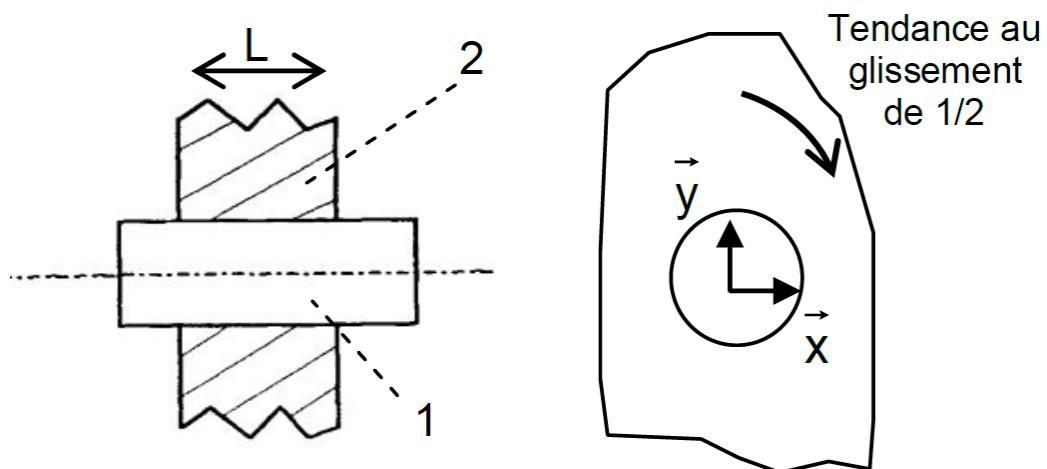
Couple maximal transmissible

Le couple (ou moment) maximal transmissible correspond à la valeur maximale de la composante sur l'axe \vec{z} du moment résultant de l'action mécanique qui peut être transmise d'une pièce à l'autre sans qu'elles se désolidarisent.

Pour simplifier notre étude, on considère la pièce 2 fixe et on cherche à déterminer la composante sur l'axe \vec{z} du moment résultant de l'action mécanique à appliquer à la pièce 1 pour atteindre le glissement de 1/2 autour de \vec{z} .



Question 1 Refaire en grand les 2 schémas : un dans le plan (\vec{y}, \vec{z}) et l'autre dans le plan (\vec{x}, \vec{y}), en plaçant les actions élémentaires normale et tangentielle de 2 sur 1 en un point Q quelconque de la surface de contact.

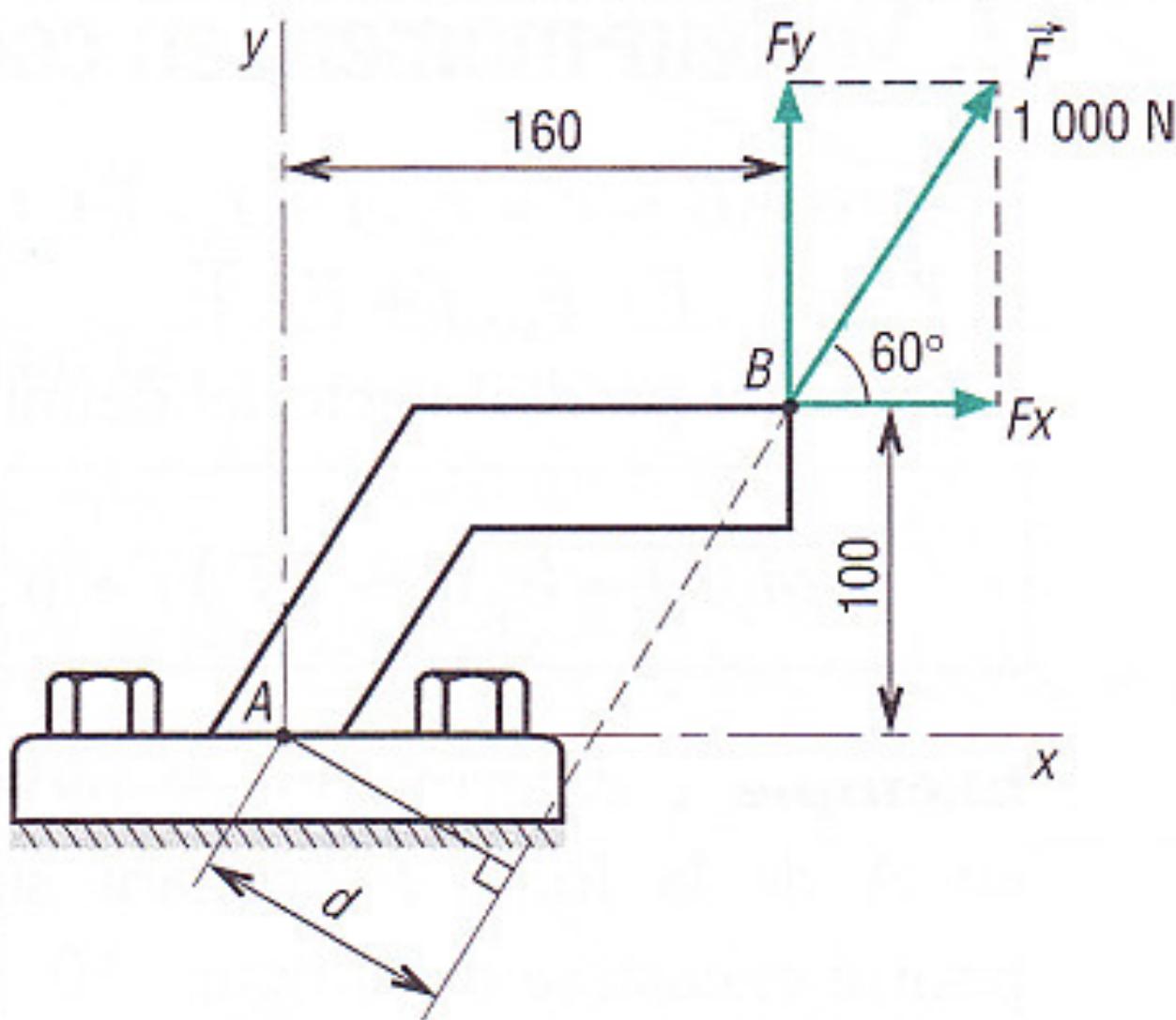


Question 2 Exprimer $d\vec{F}_{2 \rightarrow 1}(Q)$.

Question 3 Déterminer le couple maximal transmissible en fonction de p et des caractéristiques géométriques du fretage.

Exercice 118 – Calcul de moment*

B2-14 Pas de corrigé pour cet exercice.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}}(B, \vec{F})$.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}}(A, \vec{F})$.

DDS

Corrigé voir 118.

Exercice 119 – Calcul de moment*

B2-14 Pas de corrigé pour cet exercice.

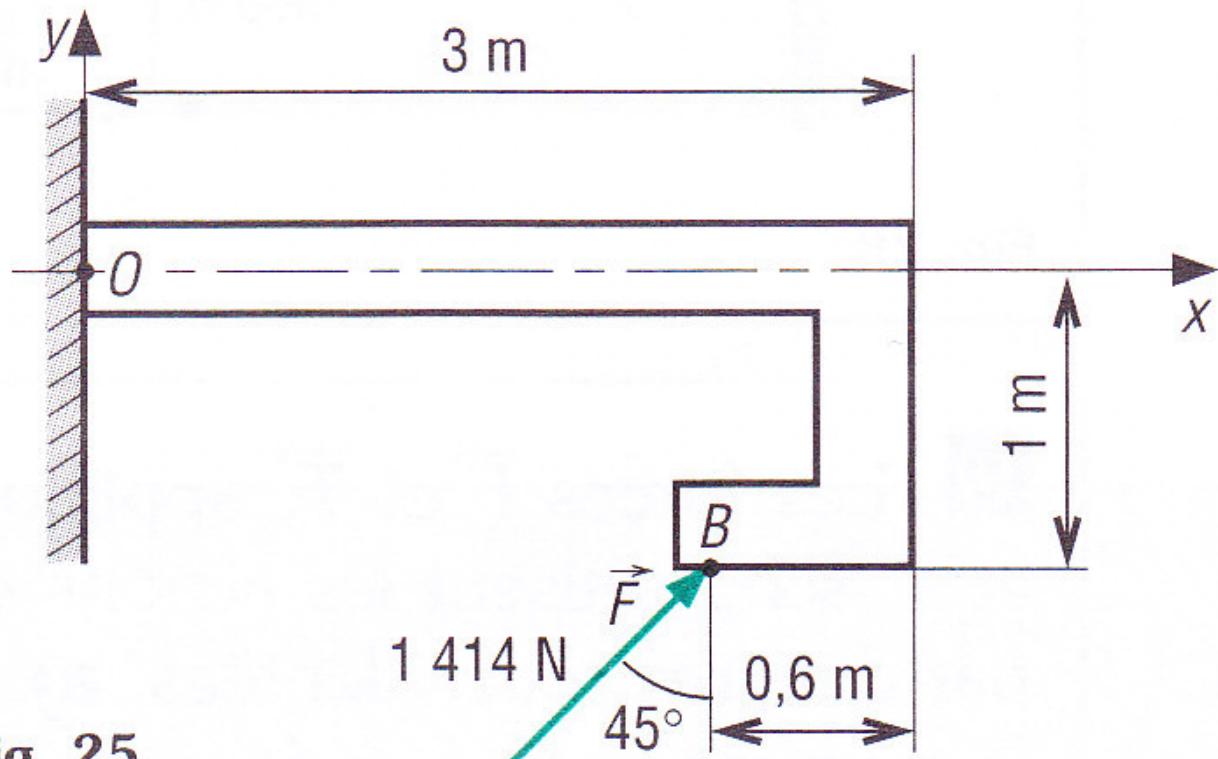


Fig. 25

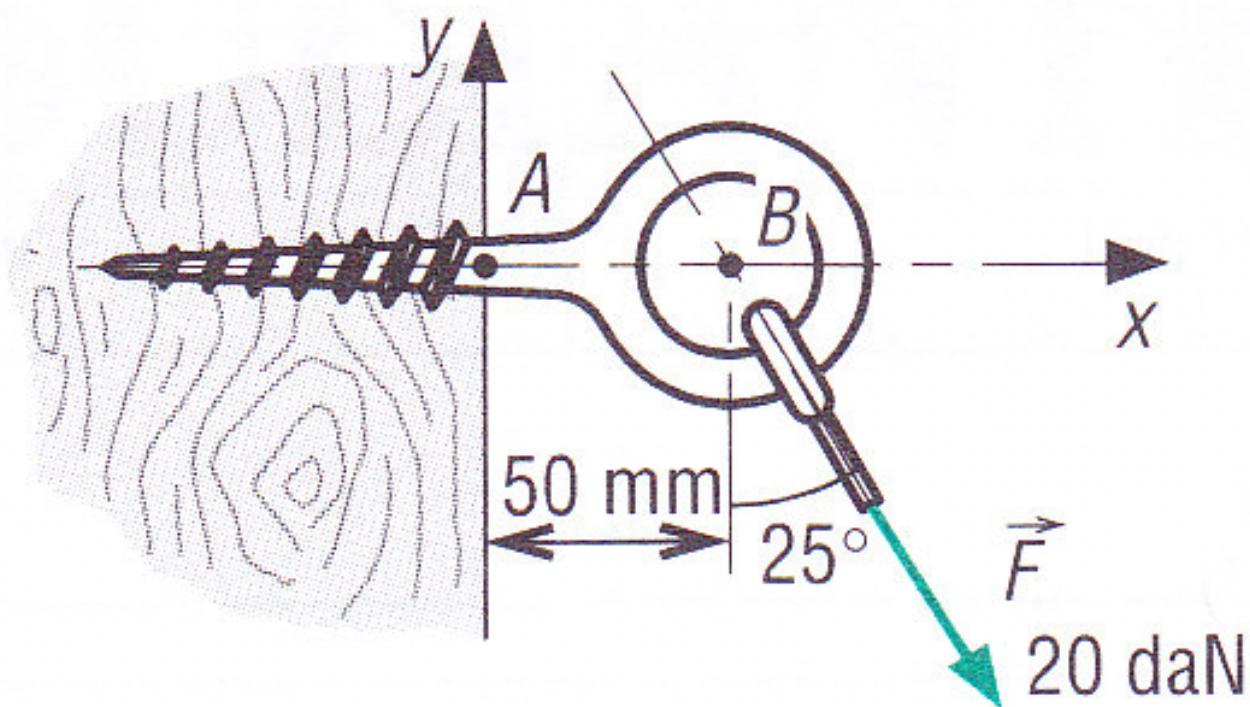
Question 1 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(B, \vec{F})}$.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(O, \vec{F})}$.

Corrigé voir 119.

Exercice 120 – Calcul de moment*

B2-14 Pas de corrigé pour cet exercice.



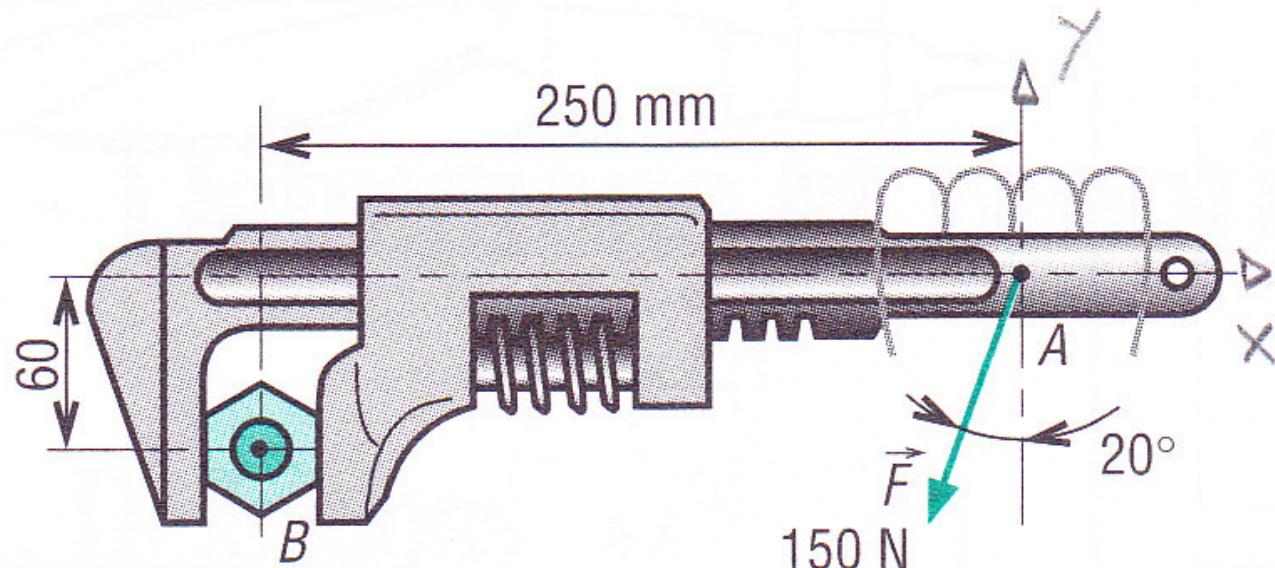
Question 1 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(B, \vec{F})}$.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(A, \vec{F})}$.

Corrigé voir ??.

Exercice 121 – Calcul de moment*

B2-14 Pas de corrigé pour cet exercice.



DDS

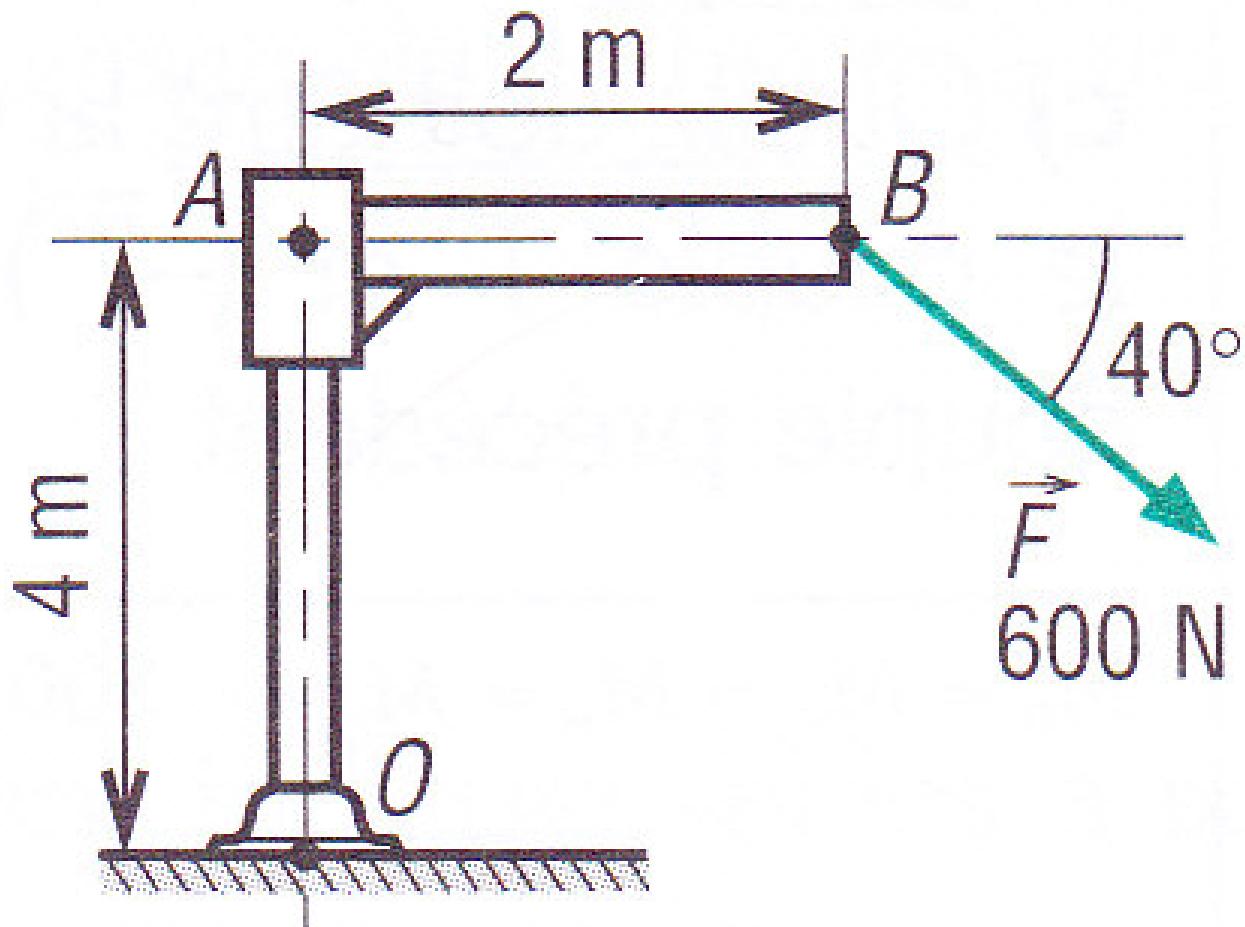
Question 1 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(A, \vec{F})}$.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(B, \vec{F})}$.

Corrigé voir 121.

Exercice 122 – Calcul de moment*

B2-14 Pas de corrigé pour cet exercice.



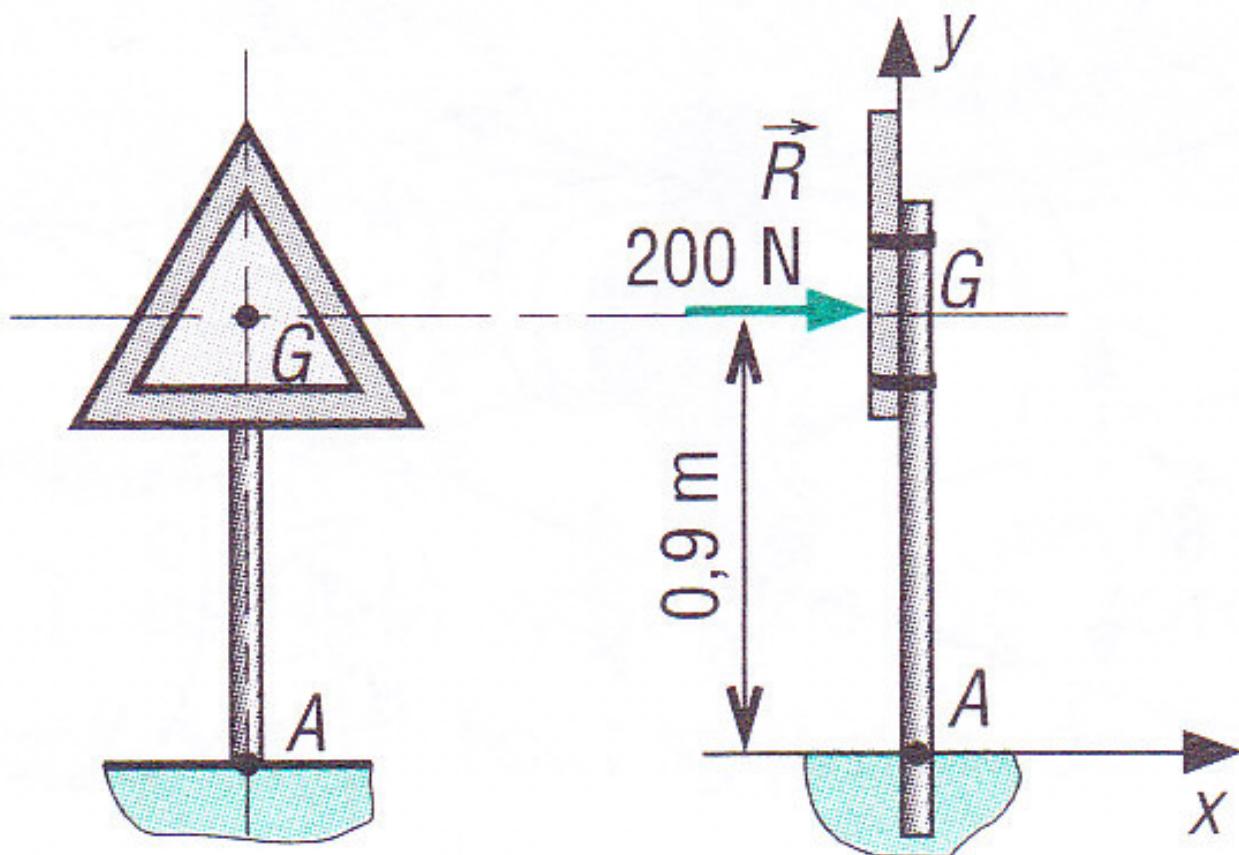
Question 1 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(B, \vec{F})}$.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(O, \vec{F})}$.

Corrigé voir 122.

Exercice 123 – Calcul de moment*

B2-14 Pas de corrigé pour cet exercice.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(G, R)}$.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(A, R)}$.

Corrigé voir 123.

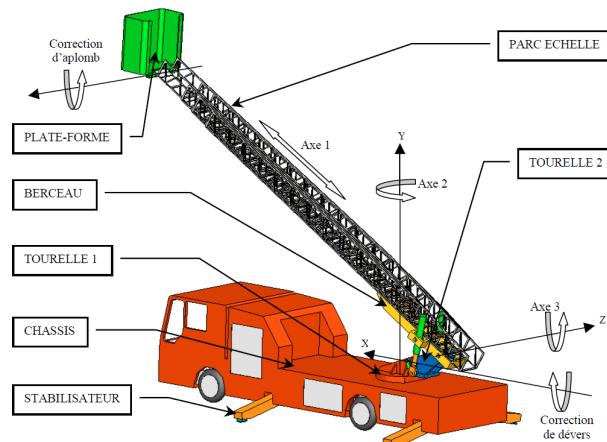
2.2.15 Simplifier un modèle de mécanisme.

2.2.16 Modifier un modèle pour le rendre isostatique.

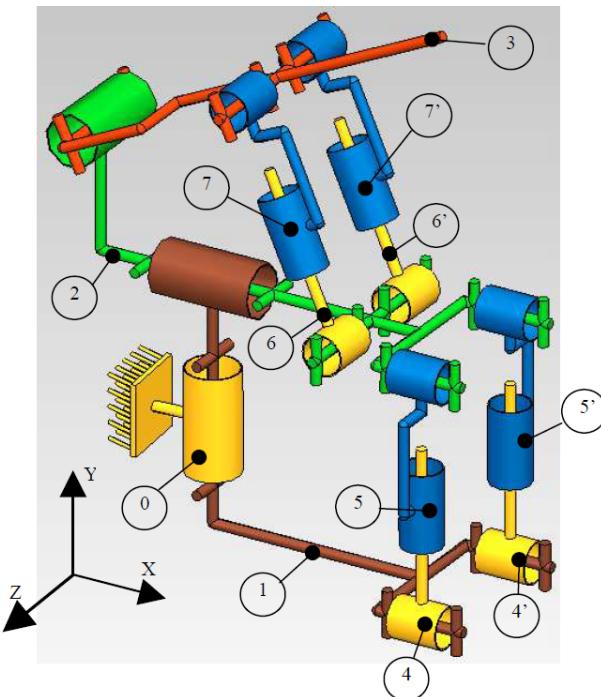
Exercice 124 – Système EPAS *

B2-16

On s'intéresse à l'échelle pivotante équipant un camion de pompier.



On donne un schéma cinématique du système de manœuvre du parc échelle.



Question 1 Réaliser le graphe des liaisons.

Question 2 Déterminer le degré d'hyperstatisme de ce mécanisme.

Question 3 Proposer des modifications qui permettraient de le rendre isostatique.

Éléments de corrigé :

1. .
2. $h = 8$.
3. .

Corrigé voir 124.

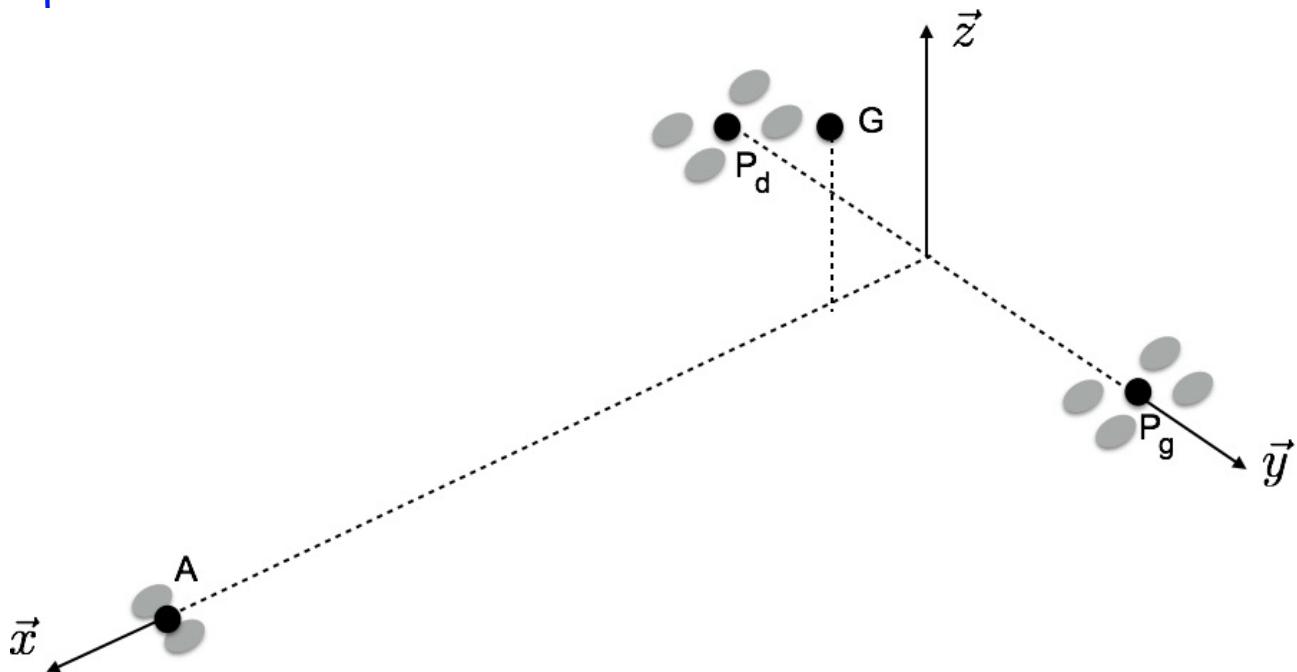
Exercice 125 – *

B2-16

La configuration du train d'atterrissement de l'avion A350-900 est de type tricycle avec :

- deux atterrisseurs principaux (gauche et droit) attachés sur la voilure, légèrement à l'arrière du centre de gravité G de l'avion et de part et d'autre du plan de symétrie vertical (O, \vec{x}, \vec{z}) de l'avion. Ils supportent l'essentiel du poids de l'avion;
- un atterrisseur auxiliaire situé sous le nez de l'avion, qui assure l'équilibre longitudinal de l'avion au sol et permet de manœuvrer.

Les atterrisseurs principaux sont équipés de quatre roues chacun, tandis que l'atterrisseur auxiliaire est équipé de deux roues.



DDS

Les mobilités entre les différents éléments de l'avion (roues, fuselage...) ne sont pas considérées; ces éléments ne forment donc qu'une seule classe d'équivalence désignée « avion ».

On modélise chacune des 8 liaisons au sol par une liaison ponctuelle (sphère-plan). **Question 1** Réaliser le graphhe des liaisons.

Question 2 Déterminer le degré d'hyperstatisme d'une modélisation de la liaison avion-sol dans laquelle chaque contact roue-sol serait considéré ponctuel.

Pour simplifier l'étude, les actions mécaniques de contact entre chaque atterrisseur et le sol sont modélisées globalement par un effort ponctuel vertical. Ainsi la modélisation introduit trois liaisons ponctuelles de normales (A, \vec{z}) (atterrisseur auxiliaire), (P_g, \vec{z}) (atterrisseur principal gauche) et (P_d, \vec{z}) (atterrisseur principal droit).

Question 3 Démontrer que ce modèle simplifié est isostatique.

Éléments de corrigé :

1. .
2. $h = 7$.
3. $h = 0$.

Corrigé voir 125.

Exercice 126 – *

B2-16

Question 1 Calculer l'hyperstatisme du modèle plan du mécanisme global de la pince (Figure 2.3).

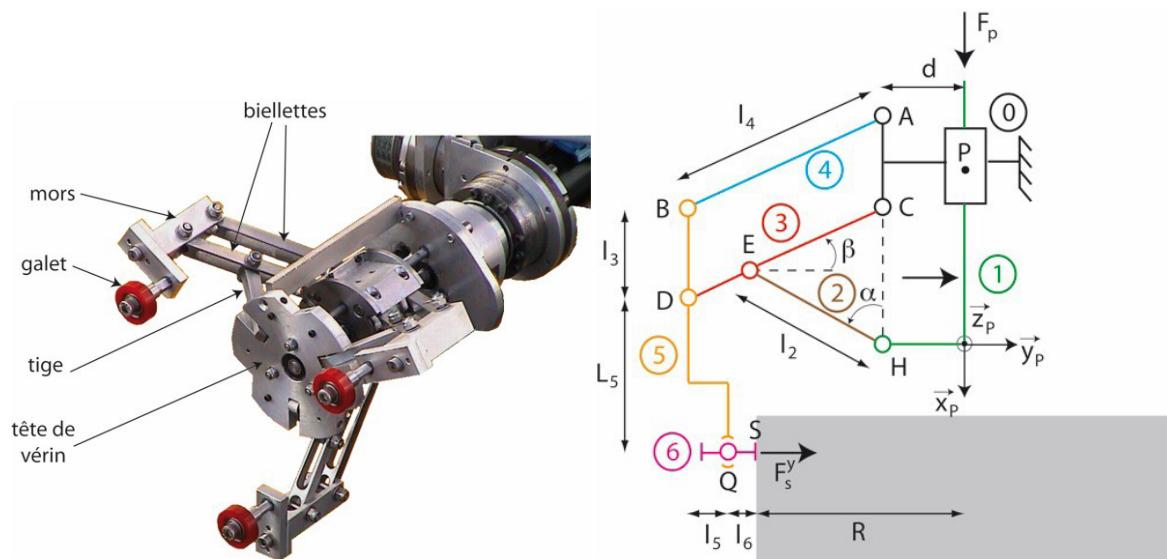


FIGURE 2.3 – Pince utilisée sur le système ROBOVOLC et schéma cinématique associé

Éléments de corrigé :
1. $h = 1$.

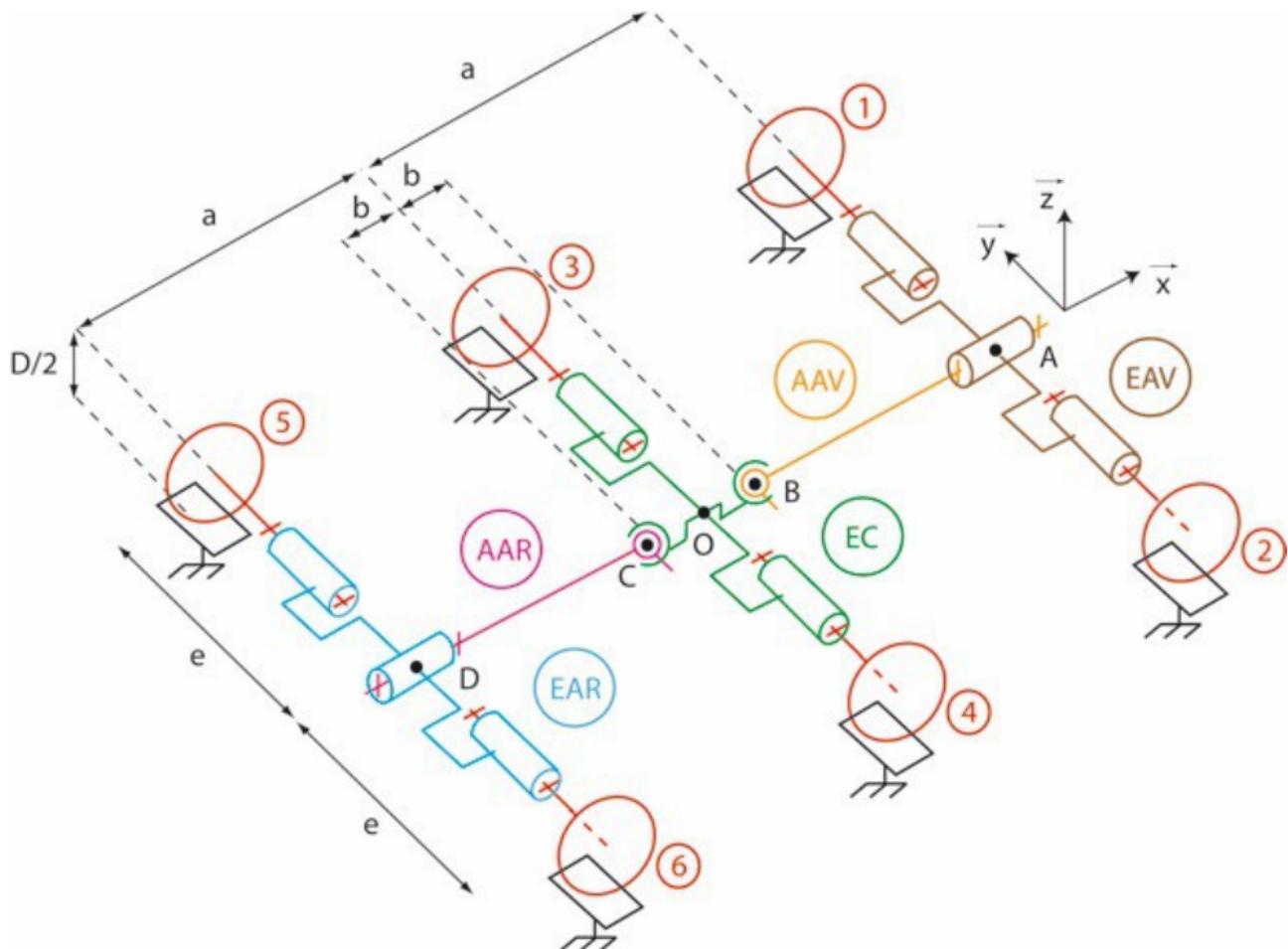
Corrigé voir 126.

Exercice 127 – Robovolc*

B2-16

Pas de corrigé pour cet exercice.

On s'intéresse au Robovolc, une plateforme exploratrice de volcans.



Question 1 Réaliser le graphe de liaisons.

Question 2 Calculer le degré d'hyperstatisme.

Question 3 Si le modèle est hyperstatique, modifier le modèle pour le rendre isostatique.

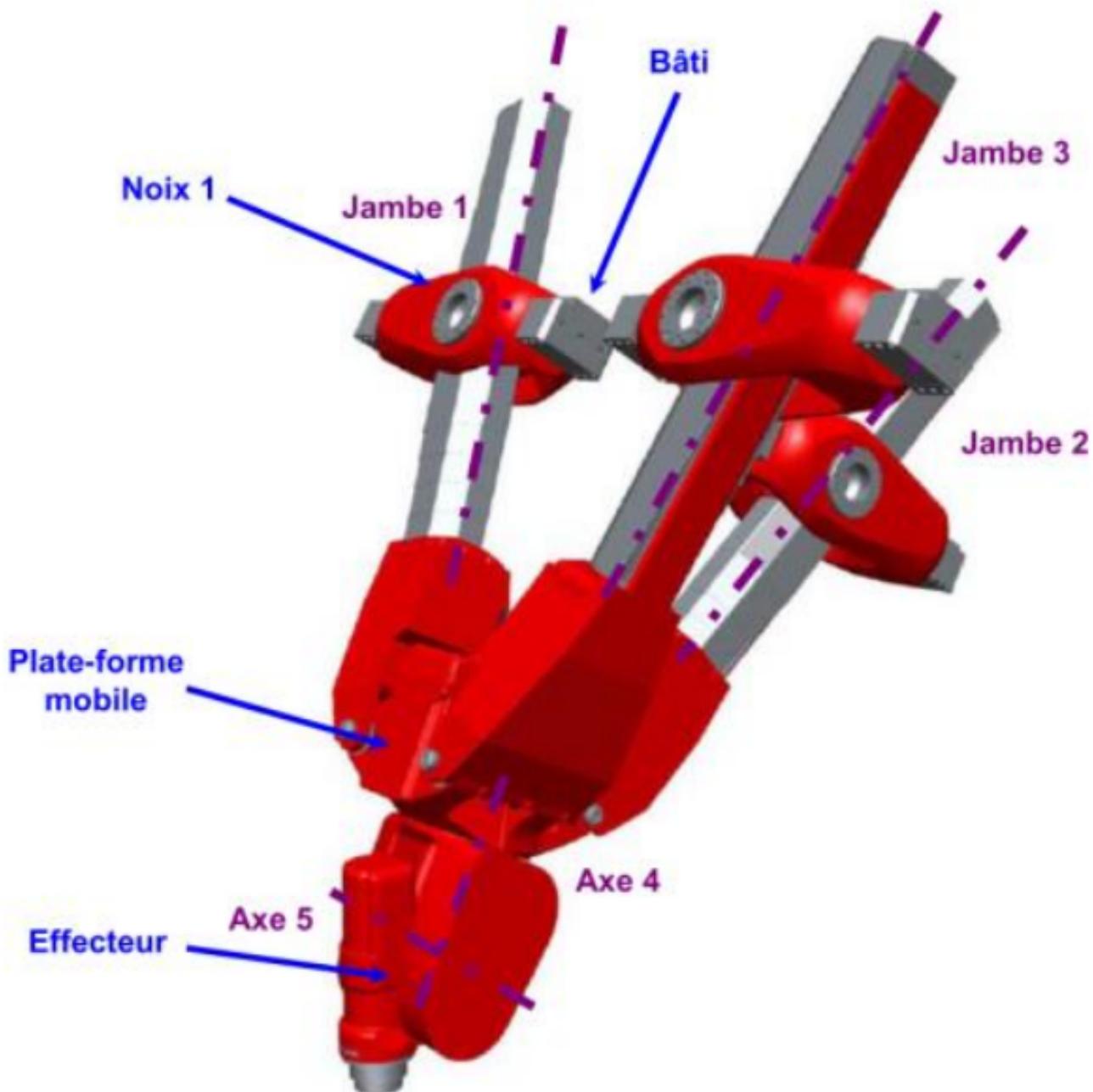
Corrigé voir 131.

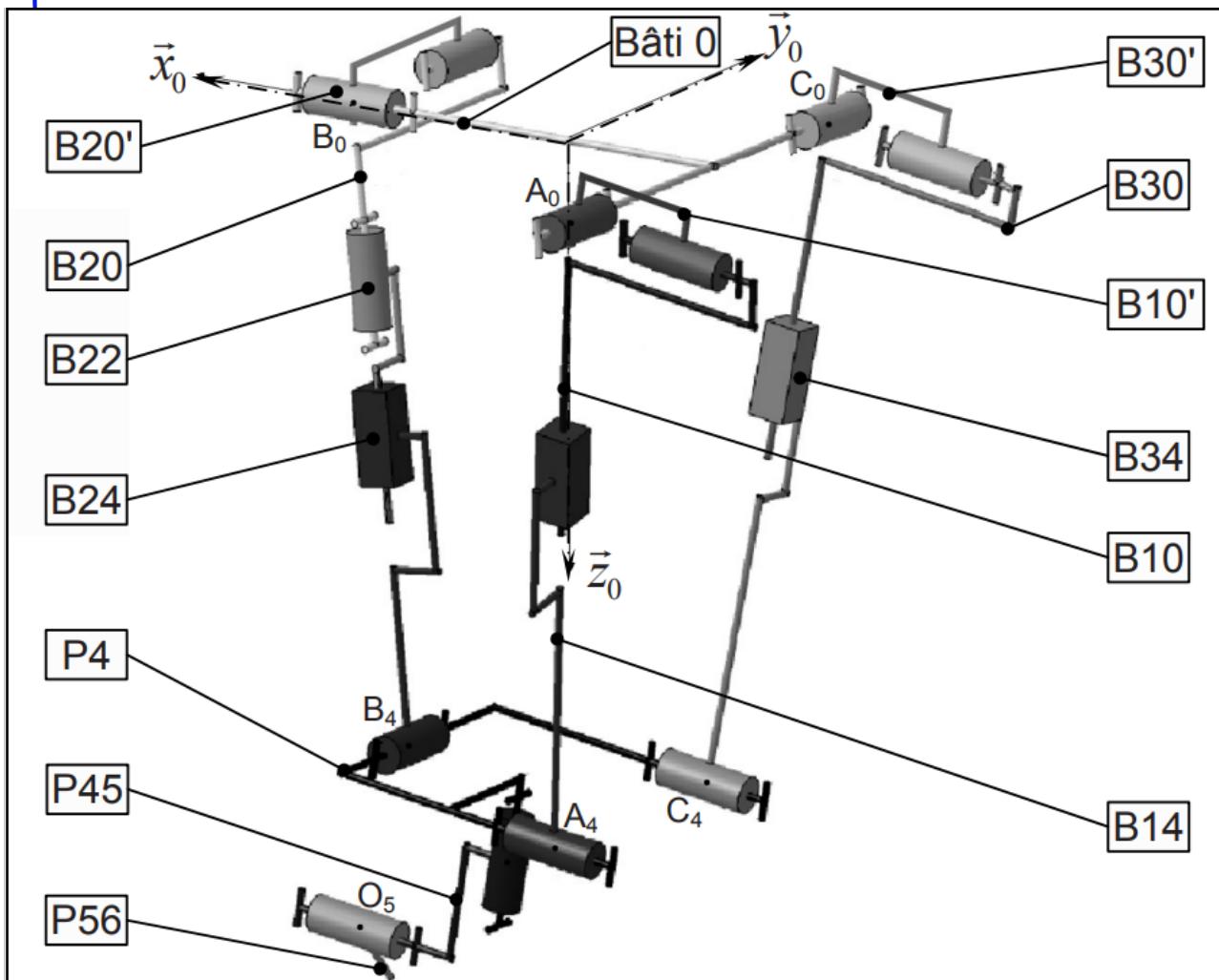
Exercice 128 – Triptéor *

B2-16

Le triptéor est un centre d'Usinage Grande Vitesse à architecture parallèle, permettant d'envisager un usinage rapide et précis.

DDS





Question 1 Réaliser le graphe de liaisons.

Question 2 Calculer le degré d'hyperstatisme.

Éléments de corrigé :

1. .
2. $h = 2$.

Corrigé voir 128.

Exercice 129 – Scooter Piaggio*

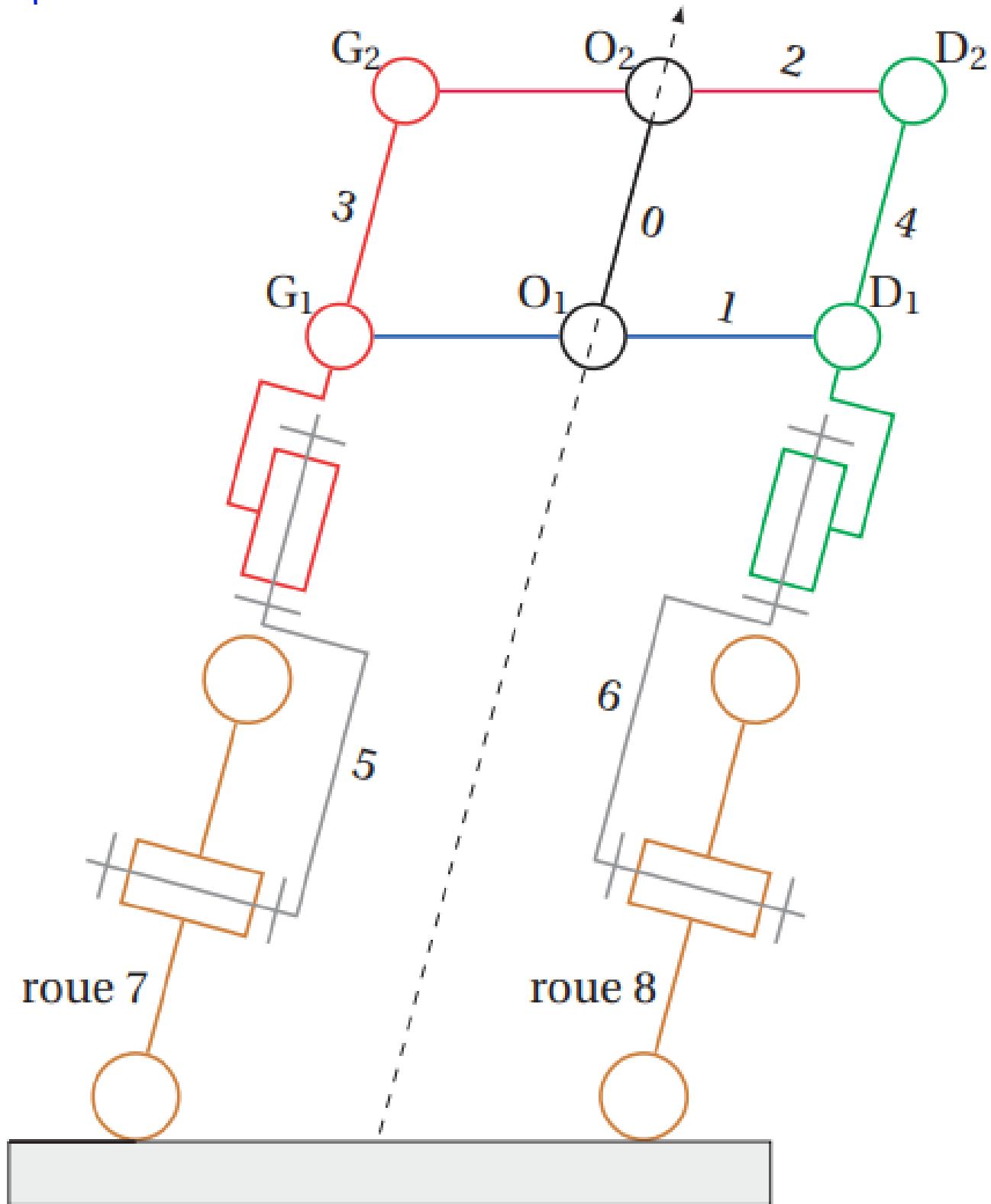
B2-16

Pas de corrigé pour cet exercice.

On s'intéresse au système direction du scooter Piaggio.



DDS



Question 1 Réaliser le graphe de liaisons du système de direction. On considérera le sol comme une classe d'équivalence.

Question 2 Calculer le degré d'hyperstatisme.

Question 3 Si le modèle est hyperstatique, modifier le modèle pour le rendre isostatique.

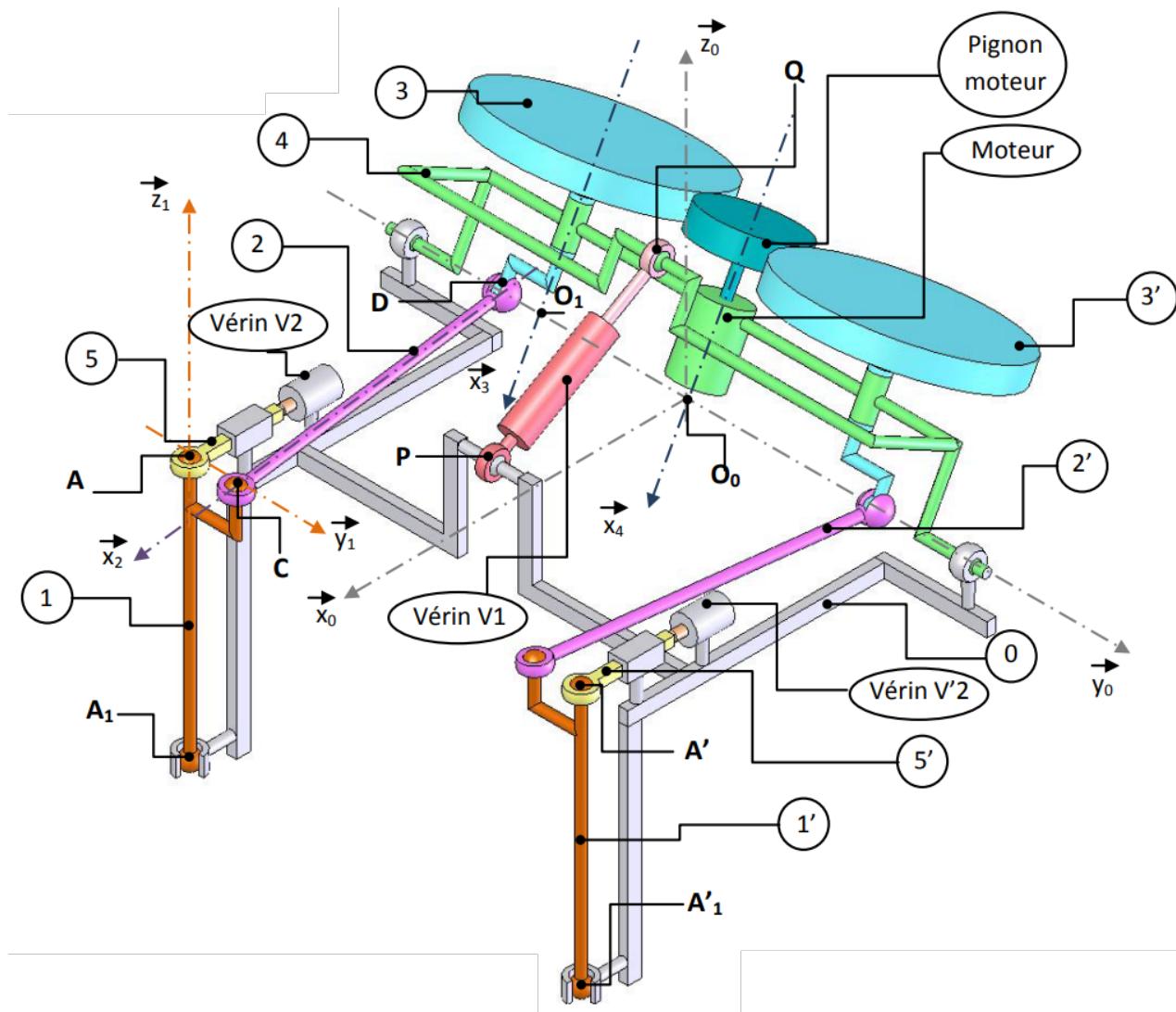
Corrigé voir 129.

Exercice 130 – Machine à vendanger*

B2-16

Pas de corrigé pour cet exercice.

On s'intéresse à une machine à vendanger.



DDS

Le vérin V1, est constitué de deux pièces : le corps, C_1 en rouge foncé et la tige T_1 en rouge pale.

Question 1 Réaliser le graphe de liaisons.

Question 2 Calculer le degré d'hyperstatisme.

Question 3 Si le modèle est hyperstatique, modifier le modèle pour le rendre isostatique.

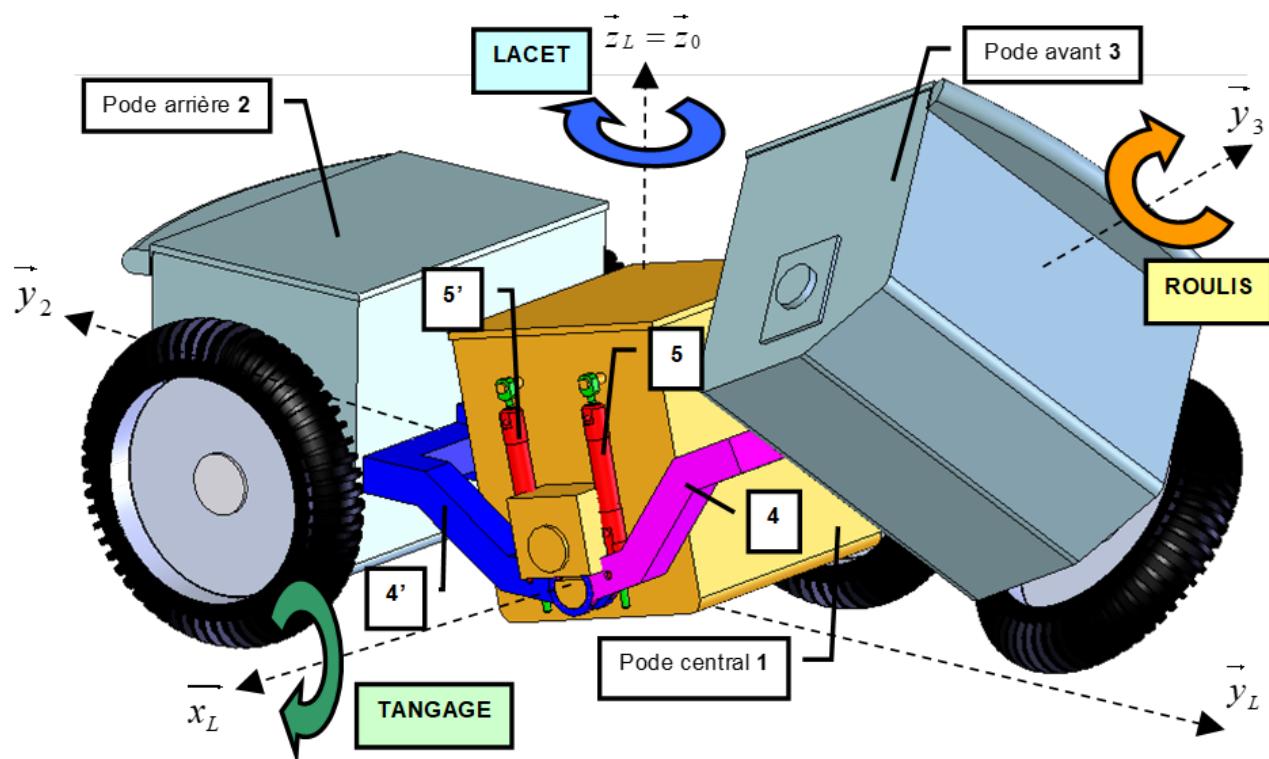
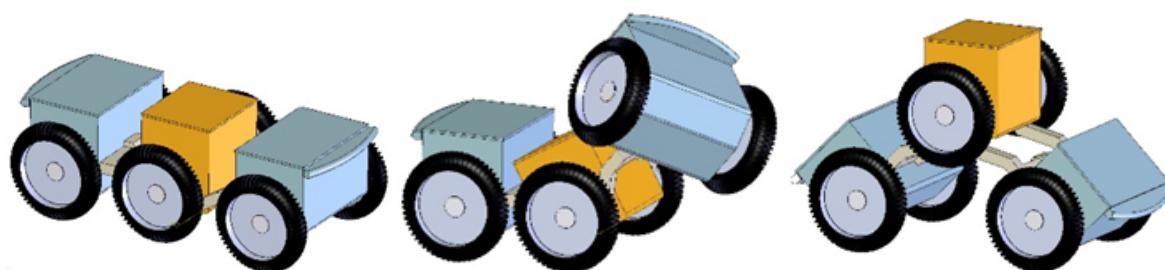
Corrigé voir 130.

Exercice 131 – Roburoc*

B2-16

Pas de corrigé pour cet exercice.

On s'intéresse au roburoc, une plateforme exploratrice tout terrain.



Question 1 Réaliser le graphe de liaisons.

Question 2 Calculer le degré d'hyperstatisme.

Question 3 Si le modèle est hyperstatique, modifier le modèle pour le rendre isostatique.

Corrigé voir 131.

2.2.17 Décrire le comportement d'un système séquentiel.

Exercice 132 – Le banc balafré *

B2-17 Pas de corrigé pour cet exercice.

Pendant un essai, les actionneurs sont commandés axe par axe (c'est-à-dire par groupes de deux actionneurs piézoélectriques) grâce à un module d'électronique de puissance $2 \times 10\text{ kVA}$. Ainsi, quatre modules sont installés dans l'armoire de commande. Les actionneurs sont commandés pour générer ce que l'on appelle des « rafales » : ils produisent les vibrations avec les caractéristiques voulues par l'opérateur, pendant une durée qui dépend de l'objectif de l'essai en cours.

Objectif Nous allons modéliser la façon dont la commande du système doit être programmée afin de protéger les composants vis-à-vis de problèmes de surchauffe.

Afin de protéger les composants, le système de commande doit imposer des périodes de temporisation pour favoriser le refroidissement des actionneurs et amplificateurs. Les amplificateurs de puissance ne doivent pas être utilisés en continu pendant plus de $\text{timeout} = 10\text{ s}$. Le superviseur ne doit pas autoriser de temps de rafale supérieur à $t_{\max} = 31\text{ s}$. À chaque période supérieure à timeout , il est nécessaire de temporiser le système pendant 1 s et pour une durée de rafale supérieure à t_{\max} , il est nécessaire de temporiser pendant 3 s. Le diagramme d'état du superviseur du banc Balafré est présenté sur la figure 3.10.

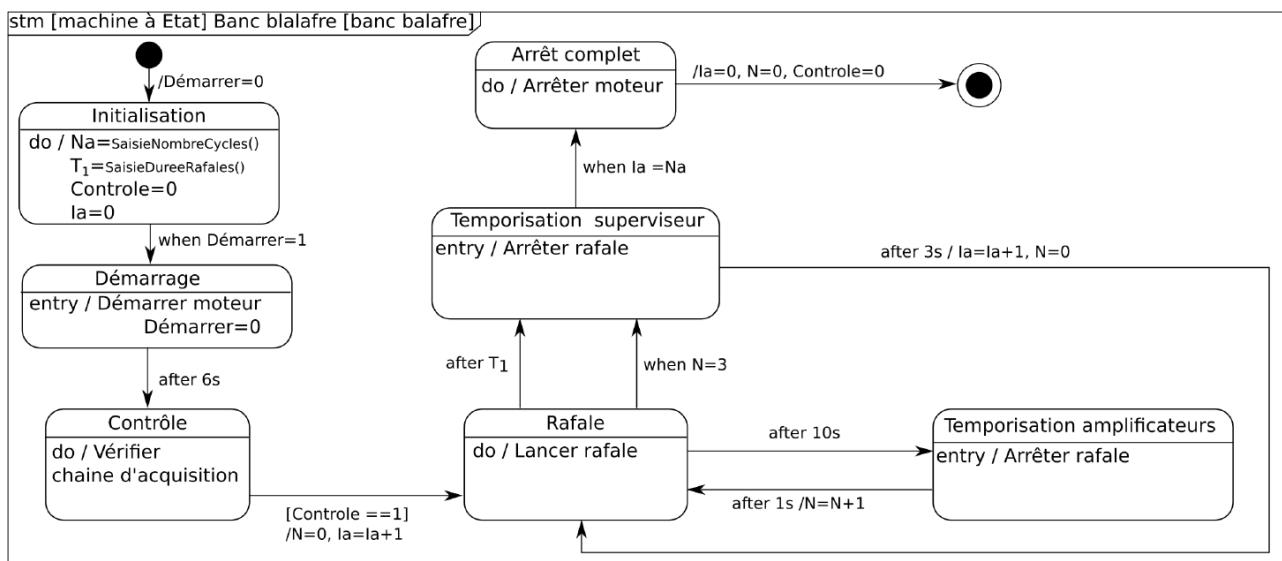
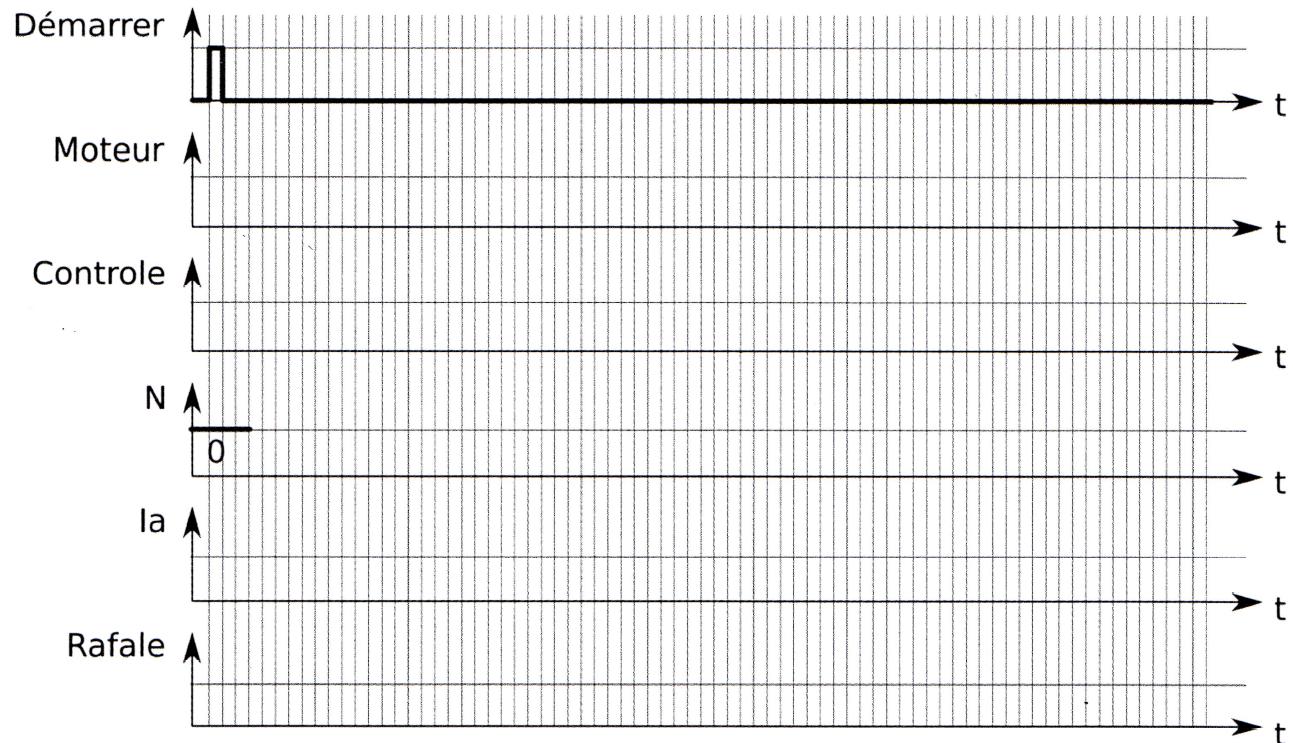


FIGURE 2.4 – Diagramme d'état du superviseur du banc Balafré.

Les variables suivantes permettent de réaliser le suivi d'un processus de mesure :

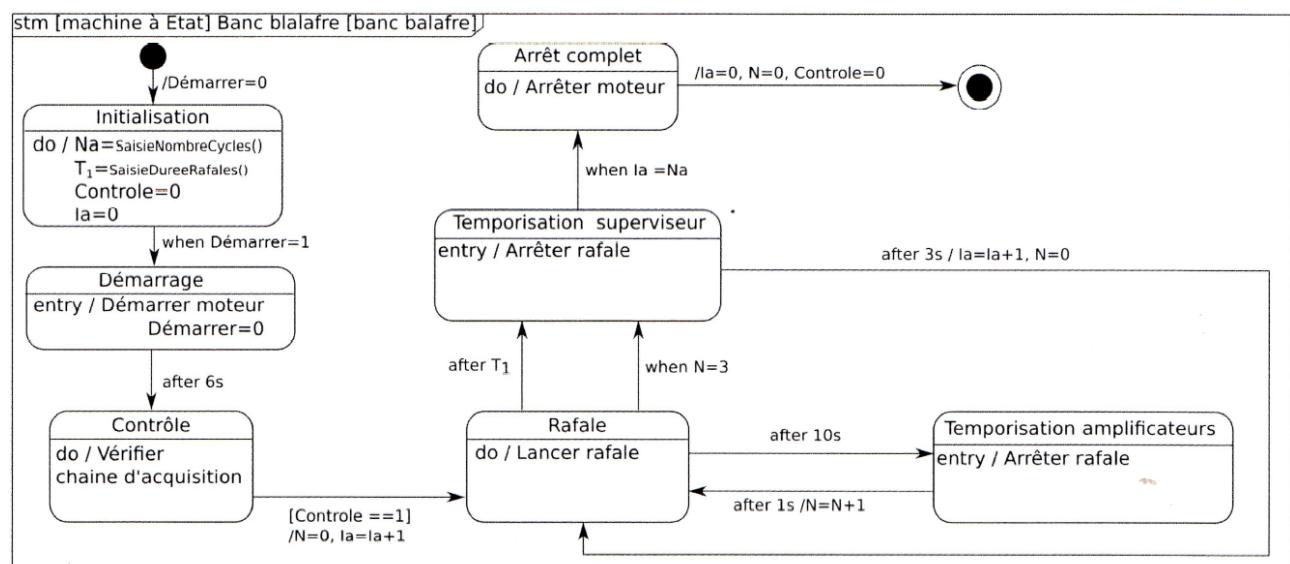
- Démarrer est une variable booléenne. Elle devient vraie, lorsque l'opérateur a saisi le nombre Na de cycles qu'il souhaite réaliser et la durée T_1 de chaque cycle, et qu'il a validé sa saisie.
- Moteur est une variable qui vaut 1 lorsque le moteur a atteint sa vitesse de consigne (supposée non nulle, la vitesse nulle n'étant pas une consigne d'intérêt pratique pour le banc d'essais). Quand Moteur a atteint la valeur 1, seul le retour à l'arrêt peut modifier l'état de cette variable en la faisant repasser à 0. On considère qu'il faut 5 s pour atteindre la vitesse de consigne ou revenir à l'arrêt.
- Contrôle est une variable qui décrit le résultat des contrôles de la chaîne d'acquisition :
 - Contrôle=0 si les contrôles n'ont pas été effectués;
 - Contrôle=1 si les contrôles sont terminés et que tout est en ordre de marche;
 - Contrôle=2 si les contrôles ont détecté une anomalie.
- Rafale est une variable qui vaut 1 si une rafale est en cours, et 0 sinon.

Question 1 On souhaite réaliser un cycle de rafale de huit secondes. En suivant le diagramme d'état de la figure 3.10, et en supposant que le contrôle soit réalisé en 1 seconde et conclue à ce que tout soit en ordre de marche, compléter le chronogramme.



Pour un fonctionnement sûr de l'installation, le système doit arrêter les moteurs si les contrôles détectent une anomalie.

Question 2 Modifier le diagramme d'état ci-dessous pour prendre en compte ce cas de figure.



Corrigé voir 132.

2.3 Valider un modèle

- 2.3.1 Vérifier la cohérence du modèle choisi en confrontant les résultats analytiques et/ou numériques aux résultats expérimentaux.
- 2.3.2 Préciser les limites de validité d'un modèle.
- 2.3.3 Modifier les paramètres et enrichir le modèle pour minimiser l'écart entre les résultats analytiques et/ou numériques et les résultats expérimentaux.

DDS

Chapitre 3

Résoudre

3.1 Proposer une démarche de résolution

3.1.1 Proposer une démarche permettant d'évaluer les performances des systèmes asservis.

3.1.2 Proposer une démarche de réglage d'un correcteur.

Exercice 133 – Banc Balafre*

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

La consigne de vitesse suit la loi présentée par la figure 9. Le tableau 3 résume les exigences que doit remplir la solution d'asservissement en vitesse de la ligne d'arbre.

Objectif l'objectif de cette partie est de valider le choix d'un correcteur permettant à l'asservissement en vitesse de répondre aux exigences.

- 2.03 – Risque de décrochage : le couple maximal demandé au moteur en fonctionnement doit rester inférieur à $C_u^{\max}/s = 570 \text{ Nm}$ où $C_u^{\max} = 740 \text{ Nm}$ et $s = 1,3$ est un coefficient de sécurité.
- 3.01 – Stabilité : le système doit être stable.
- 3.02 – Précision : l'erreur en régime permanent pour une entrée en rampe doit être nulle.
- 3.03 – Dépassement : un dépassement de 5 % de la vitesse de consigne est admis.
- 3.04 – Perturbations : le système doit respecter l'ensemble des exigences 3.XX et 2.XX pour une perturbation en vitesse de type échelon d'amplitude $\Omega_{\text{pert}} = 50 \text{ tr min}^{-1}$.

FIGURE 3.1 – Représentation en coupe du banc BALAFRE

Corrigé voir ??.

3.1.3 Choisir une démarche de résolution d'un problème d'ingénierie numérique ou d'intelligence artificielle.

3.1.4 Proposer une démarche permettant d'obtenir une loi entrée-sortie géométrique.

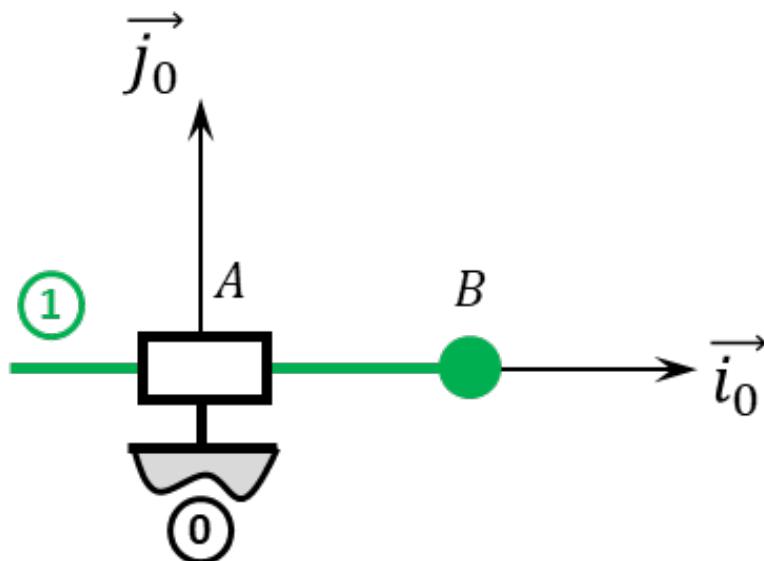
3.1.5 Proposer une démarche permettant la détermination d'une action mécanique inconnue ou d'une loi de mouvement.

Exercice 134 – Mouvement T – *

B2-14

C1-05 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On note $\vec{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$. On note m_1 la masse du solide 1. On note G le centre d'inertie de 1 tel que $\vec{BG} = \ell \vec{j}_1$. La pesanteur est telle que $\vec{g} = -g \vec{i}_0$. Un vérin positionné entre 1 et 0 permet d'actionner la pièce 1. 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 Proposer une démarche permettant de déterminer la loi du mouvement de **1** par rapport à \mathcal{R}_0 .

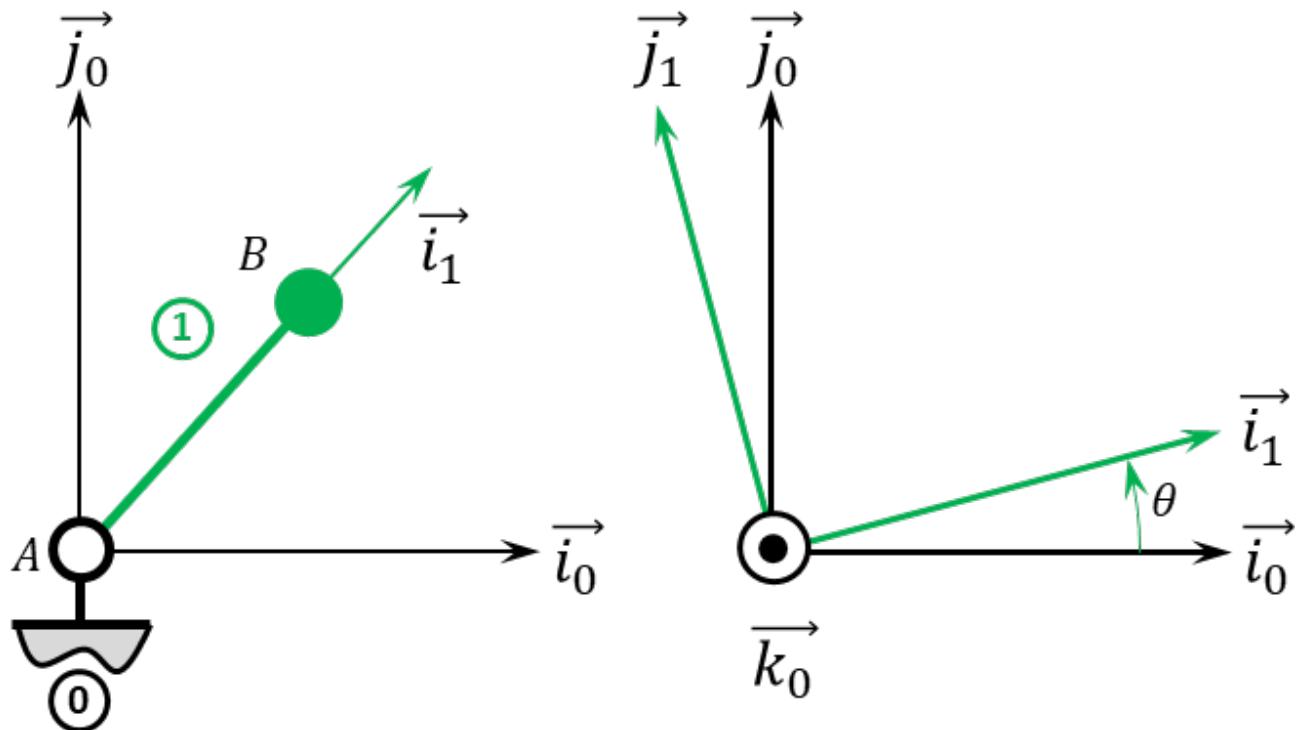
Corrigé voir 134.

Exercice 135 – Mouvement R *

B2-14

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.

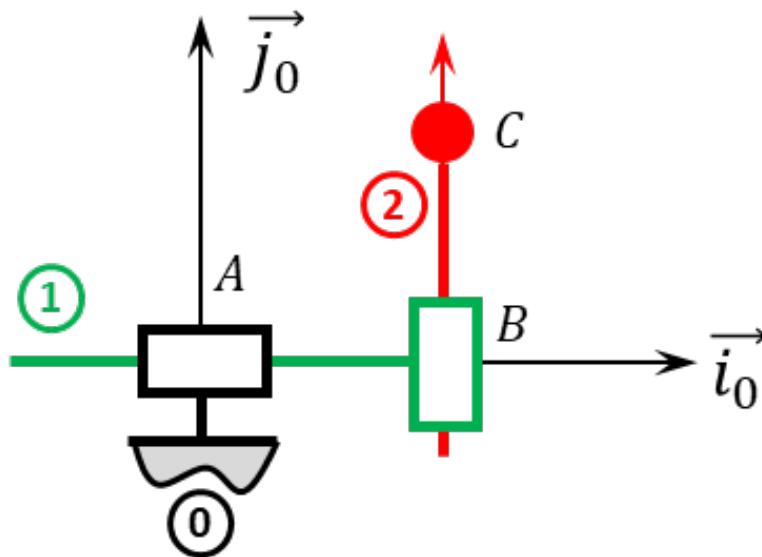
Question 2 Proposer une démarche permettant de déterminer la loi du mouvement de **1** par rapport à \mathcal{R}_0 .

Exercice 136 – Mouvement TT – *
B2-14
C1-05

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \overrightarrow{i_0}$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \overrightarrow{j_0}$. $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de **1**, et m_1 sa masse. $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de **2** et m_2 sa masse.

Un vérin électrique positionné entre **0** et **1** permet d'actionner le solide **1**. Un vérin électrique positionné entre **1** et **2** permet d'actionner le solide **2**.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\overrightarrow{g} = -g \overrightarrow{j_0}$.



DDS

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

Question 2 Proposer une démarche permettant de déterminer les loi de mouvement de **1** et de **2** par rapport à \mathcal{R}_0 .

Corrigé voir 136.

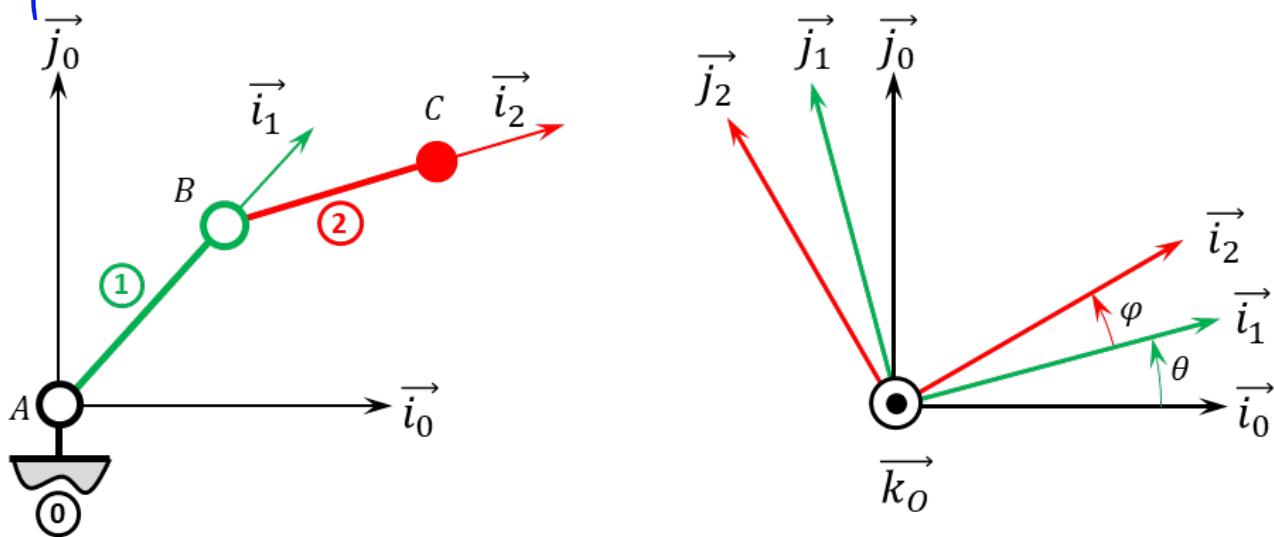
Exercice 137 – Mouvement RR *
B2-14
C1-05 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i_1}$ avec $R = 20 \text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \overrightarrow{i_2}$ avec $L = 15 \text{ mm}$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de **1** et $\overrightarrow{AG_1} = \frac{1}{2} R \overrightarrow{i_1}$, on note m_1 la masse de **1**;
- G_2 désigne le centre d'inertie de **2** et $\overrightarrow{BG_2} = \frac{1}{2} L \overrightarrow{i_2}$, on note m_2 la masse de **2**.

Un moteur électrique positionné entre **0** et **1** permet d'actionner le solide **1**. Un moteur électrique positionné entre **1** et **2** permet d'actionner le solide **2**.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\overrightarrow{g} = -g \overrightarrow{j_0}$.



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

Question 2 Proposer une démarche permettant de déterminer les loi de mouvement de **1** et de **2** par rapport à \mathcal{R}_0 .

Corrigé voir 137.

Exercice 138 – Mouvement RT *

B2-14

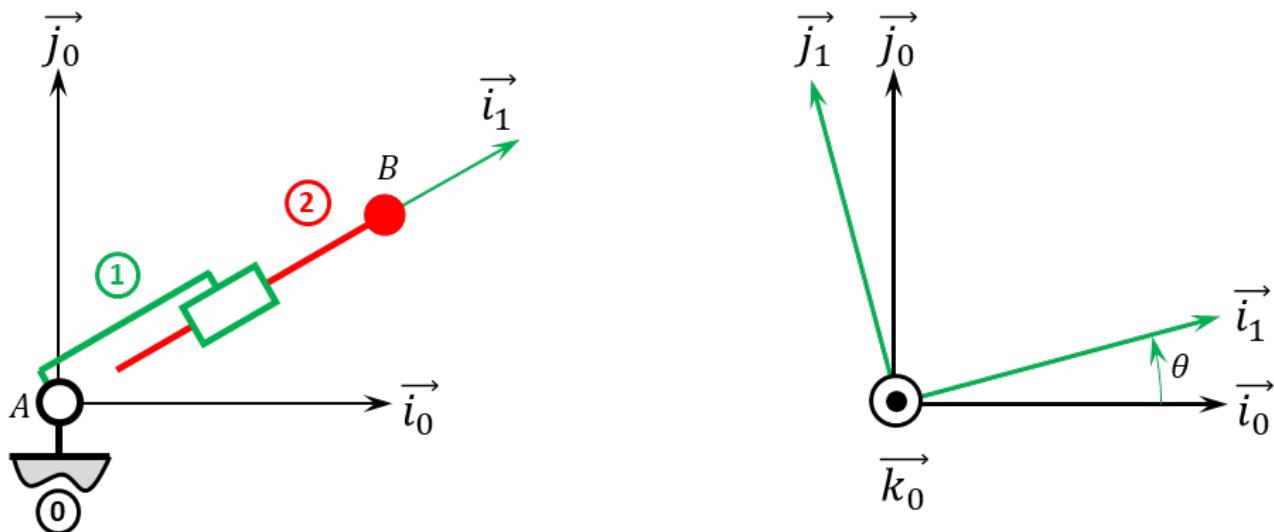
C1-05 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de **1** et $\overrightarrow{AG_1} = L_1 \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de **1**;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de **2**, on note m_2 la masse de **2**.

Un moteur électrique positionné entre **0** et **1** permet d'actionner le solide **1**. Un vérin électrique positionné entre **1** et **2** permet d'actionner le solide **2**

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\overrightarrow{g} = -g \vec{j}_0$.



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

Question 2 Proposer une démarche permettant de déterminer les loi de mouvement de **1** et de **2** par rapport à \mathcal{R}_0 .

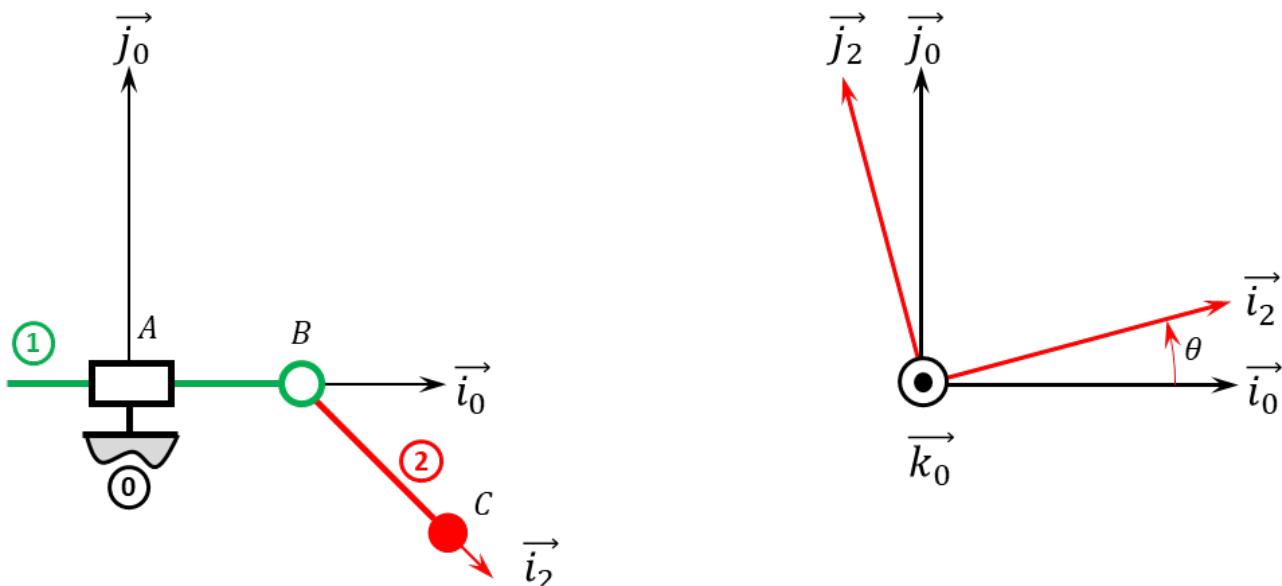
Exercice 139 – Mouvement RT *
B2-14
C1-05

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = R \vec{i}_2$ avec $R = 30 \text{ mm}$. De plus :

- $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de 1, on note m_1 la masse de 1;
- $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2.

Un vérin électrique positionné entre 0 et 1 permet d'actionner le solide 1. Un moteur électrique positionné entre 1 et 2 permet d'actionner le solide 2.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\overrightarrow{g} = -g \vec{j}_0$.



DDS

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

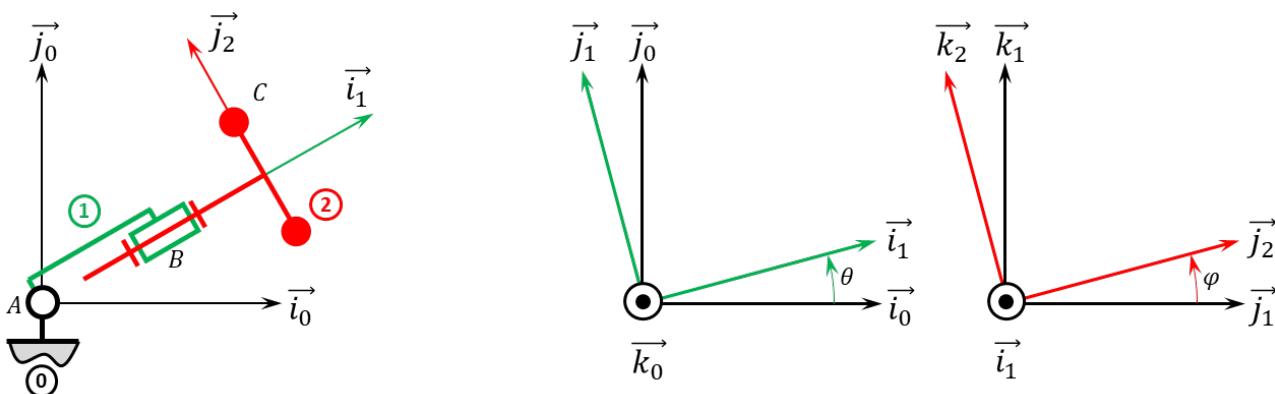
Question 2 Proposer une démarche permettant de déterminer les loi de mouvement de 1 et de 2 par rapport à \mathcal{R}_0 .

Exercice 140 – Mouvement RR 3D **
B2-14
C1-05 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = \ell \vec{i}_2 + r \vec{j}_2$. On note $R + \ell = L = 20 \text{ mm}$ et $r = 10 \text{ mm}$. De plus :

- $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de 1, on note m_1 la masse de 1;
- G_2 désigne le centre d'inertie de 2 tel que $\overrightarrow{BG_2} = \ell \vec{i}_2$, on note m_2 la masse de 2.

Un moteur électrique positionné entre 0 et 1 permet d'actionner le solide 1. Un moteur électrique positionné entre 1 et 2 permet d'actionner le solide 2. L'accélération de la pesanteur est donnée par $\overrightarrow{g} = -g \vec{j}_0$.



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

Question 2 Proposer une démarche permettant de déterminer les loi de mouvement de **1** et de **2** par rapport à \mathcal{R}_0 .

Corrigé voir 140.

Exercice 141 – Mouvement RR 3D **

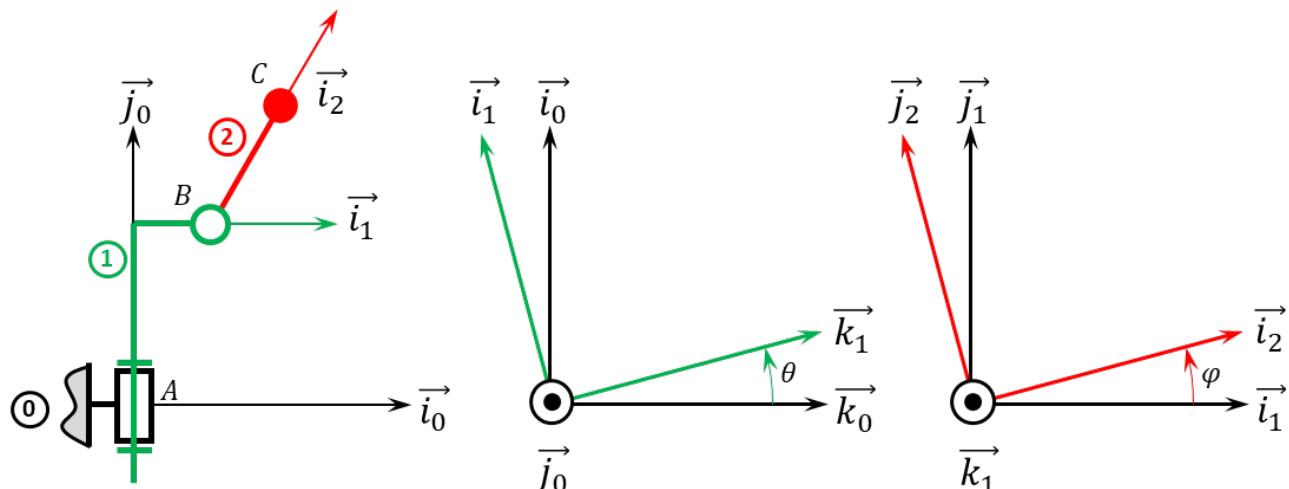
B2-14

C1-05 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \vec{j}_1 + R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$. On a $H = 20 \text{ mm}$, $r = 5 \text{ mm}$, $L = 10 \text{ mm}$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de **1** tel que $\overrightarrow{AG_1} = H \vec{j}_1$, on note m_1 la masse de **1**;
- $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de **2**, on note m_2 la masse de **2**.

Un moteur électrique positionné entre **0** et **1** permet d'actionner le solide **1**. Un moteur électrique positionné entre **1** et **2** permet d'actionner le solide **2**. L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



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

Question 2 Proposer une démarche permettant de déterminer les loi de mouvement de **1** et de **2** par rapport à \mathcal{R}_0 .

Corrigé voir 159.

Exercice 142 – Mouvement RT – RSG **

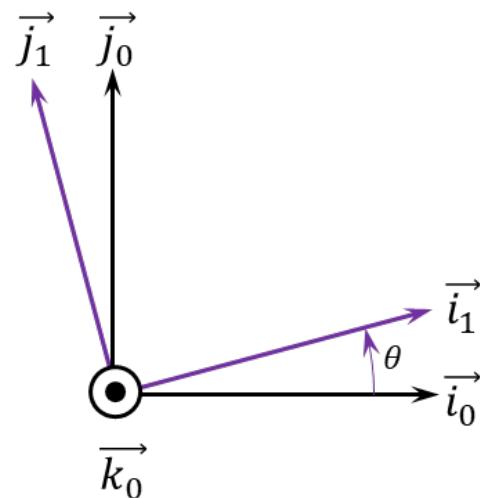
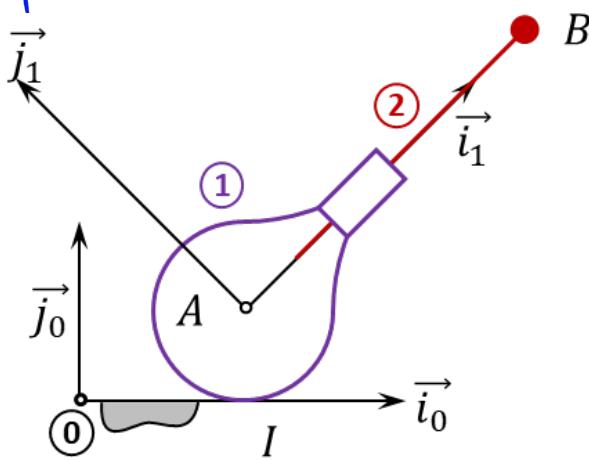
B2-14

C1-05

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus $R = 15 \text{ mm}$. On fait l'hypothèse de roulement sans glissement au point **I**. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de **1** tel que $\overrightarrow{AG_1} = -\ell \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de **1**;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de **2**, on note m_2 la masse de **2**.

Un ressort exerce une action mécanique entre les points **A** et **B**.



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

Question 2 Proposer une démarche permettant de déterminer les loi de mouvement de 1 et de 2 par rapport à \mathcal{R}_0 .

DDS

Corrigé voir 142.

Exercice 143 – Mouvement RT – RSG **

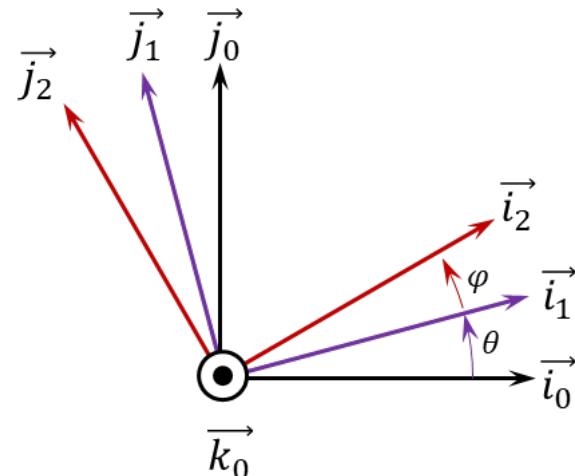
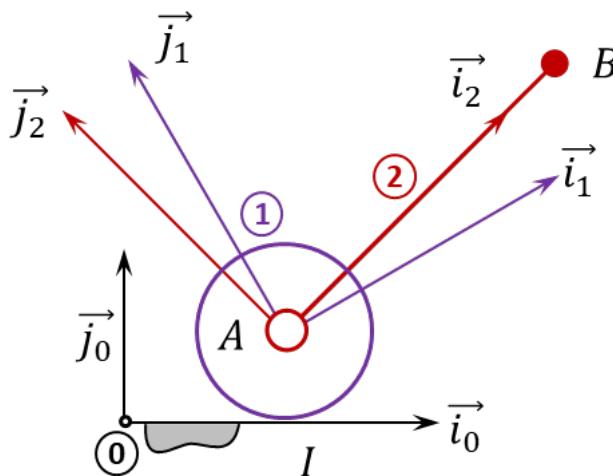
B2-14

C1-05 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus $R = 15 \text{ mm}$. On fait l'hypothèse de roulement sans glissement au point I. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 tel que $\overrightarrow{AG_1} = -\ell \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de 1;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2.

Un moteur exerce un couple entre les pièces 1 et 2.

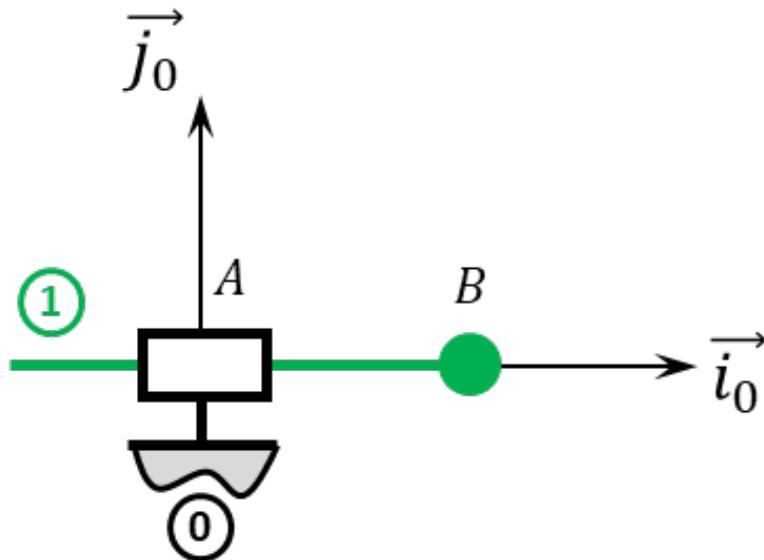


Question 1 Réaliser le graphe d'analyse en faisant apparaître l'ensemble des actions mécaniques.

Question 2 Proposer une démarche permettant de déterminer les loi de mouvement de 1 et de 2 par rapport à \mathcal{R}_0 .

Corrigé voir 143.

Exercice 144 – Mouvement T – *
B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

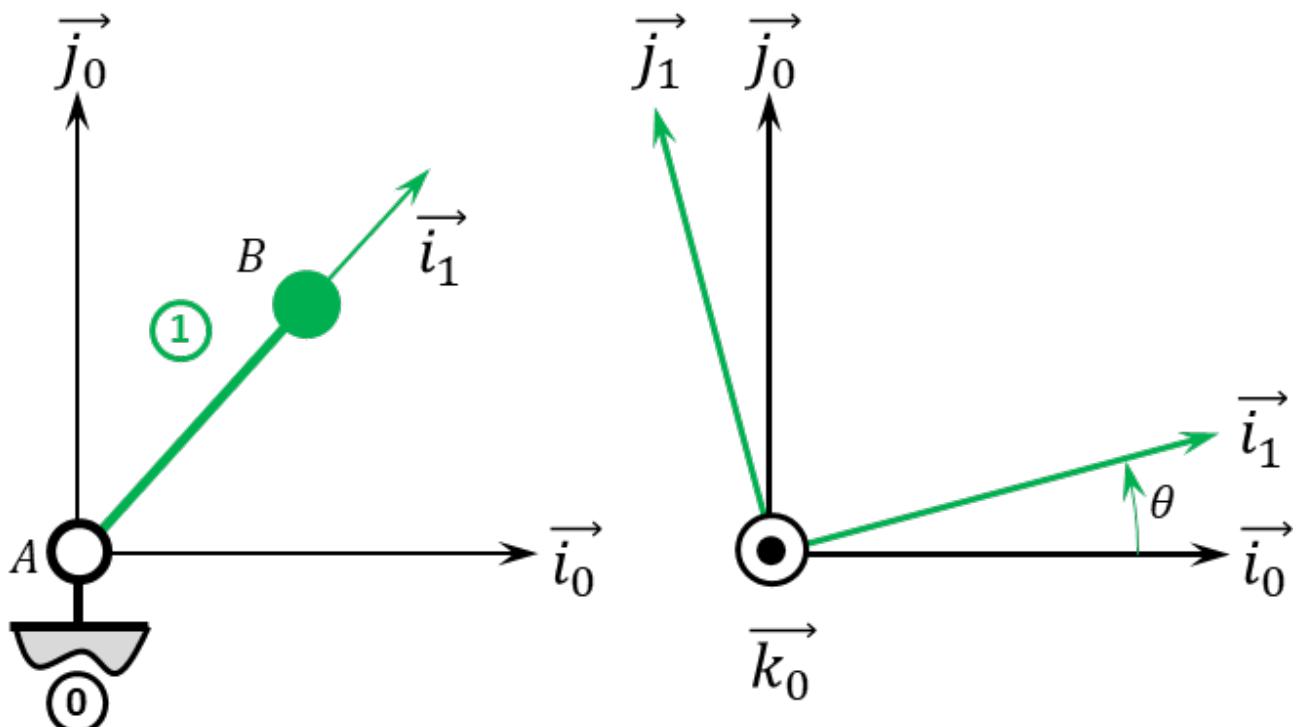
 Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$.

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(1/0)\}$ au point B.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B, 1/0)}$.

Corrigé voir 270.

Exercice 145 – Mouvement R *
B2-13

Pas de corrigé pour cet exercice.

 Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20\text{ mm}$.

Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(B, 1/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(1/0)\}$ au point B.

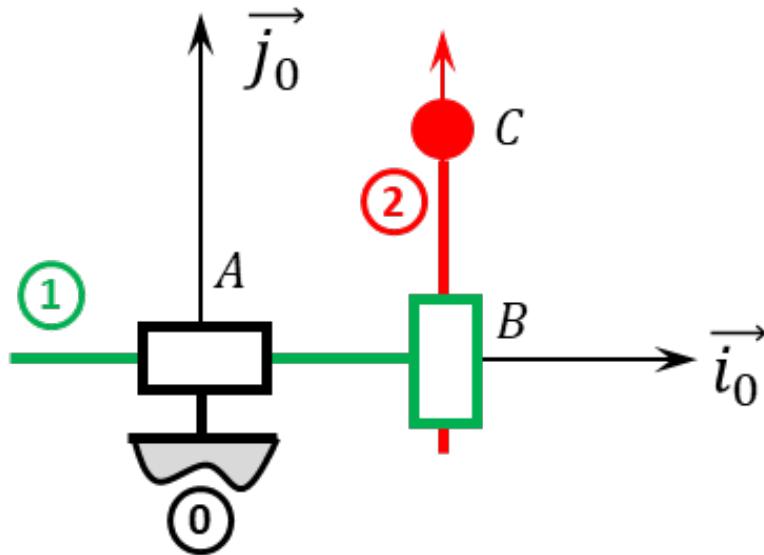
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,1/0)}$.

Corrigé voir 271.

Exercice 146 – Mouvement TT – *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \vec{j}_0$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

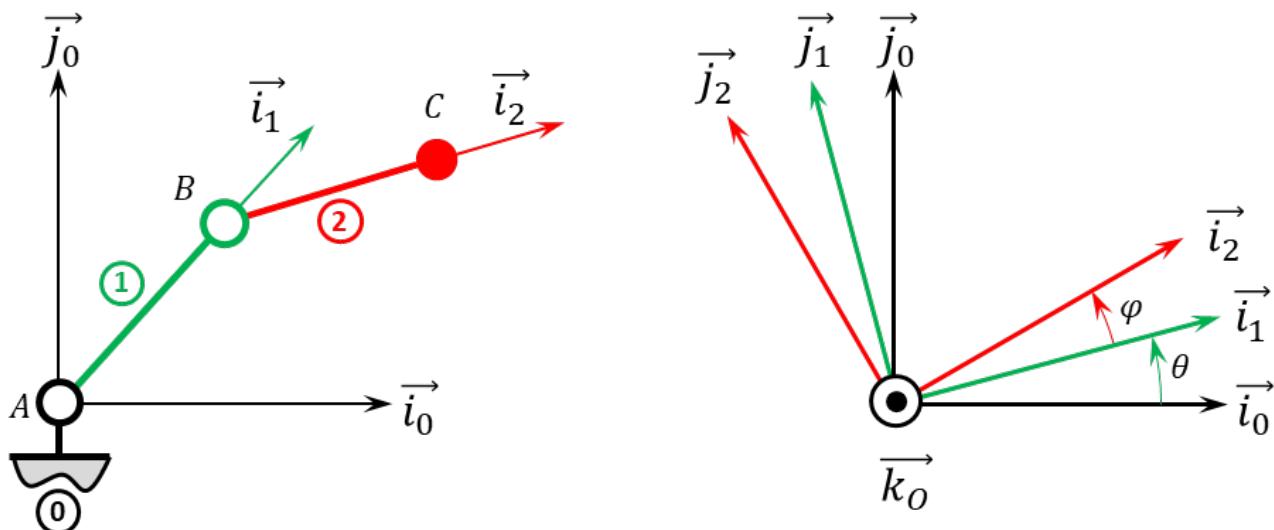
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 272.

Exercice 147 – Mouvement RR *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20 \text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_1$ avec $L = 15 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

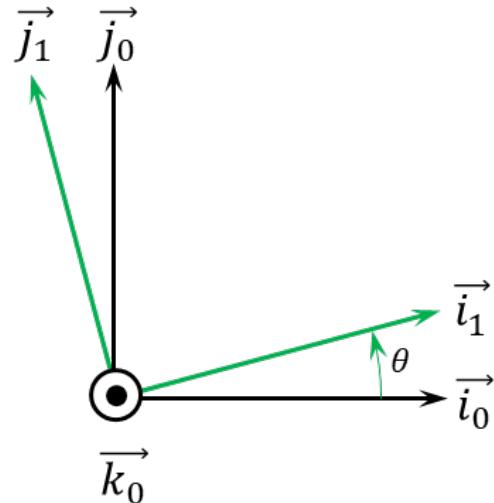
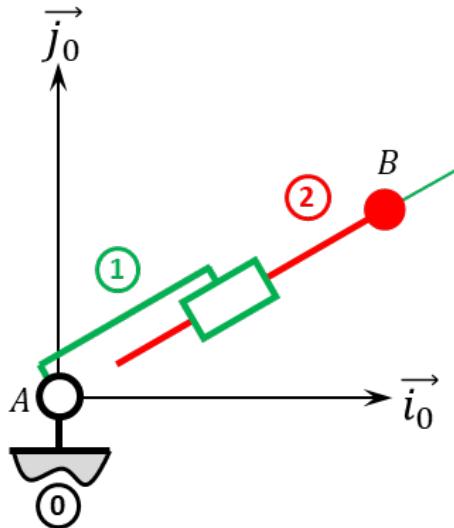
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 273.

Exercice 148 – Mouvement RT *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

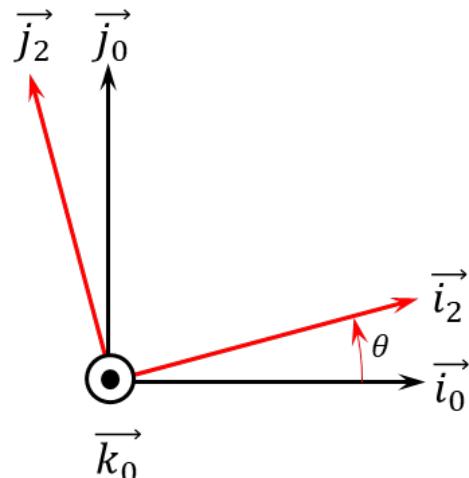
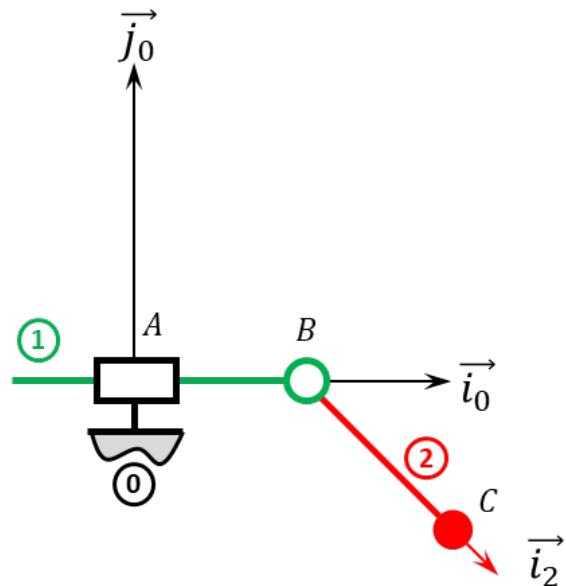
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 274.

Exercice 149 – Mouvement RT *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = R \vec{i}_2$ avec $R = 30 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

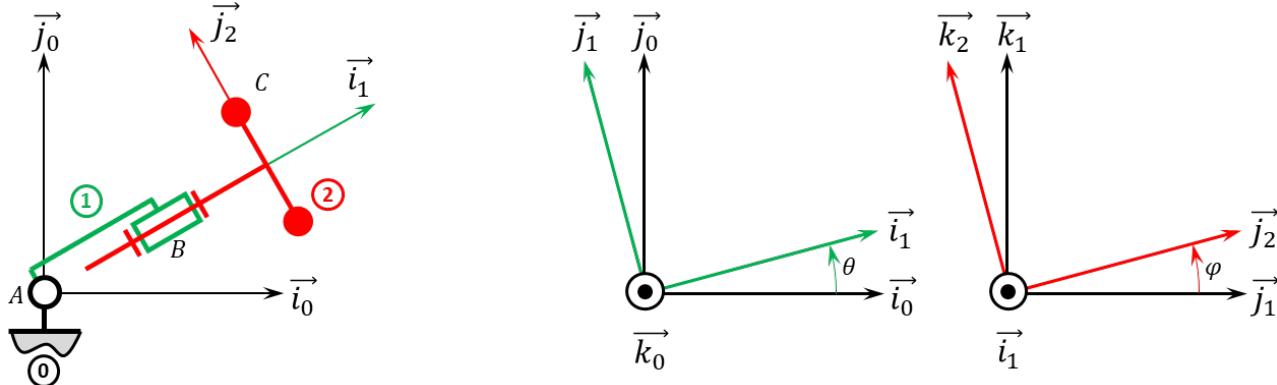
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 275.

Exercice 150 – Mouvement RR 3D *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = \ell \vec{i}_2 + r \vec{j}_2$. On note $R + \ell = L = 20$ mm et $r = 10$ mm.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

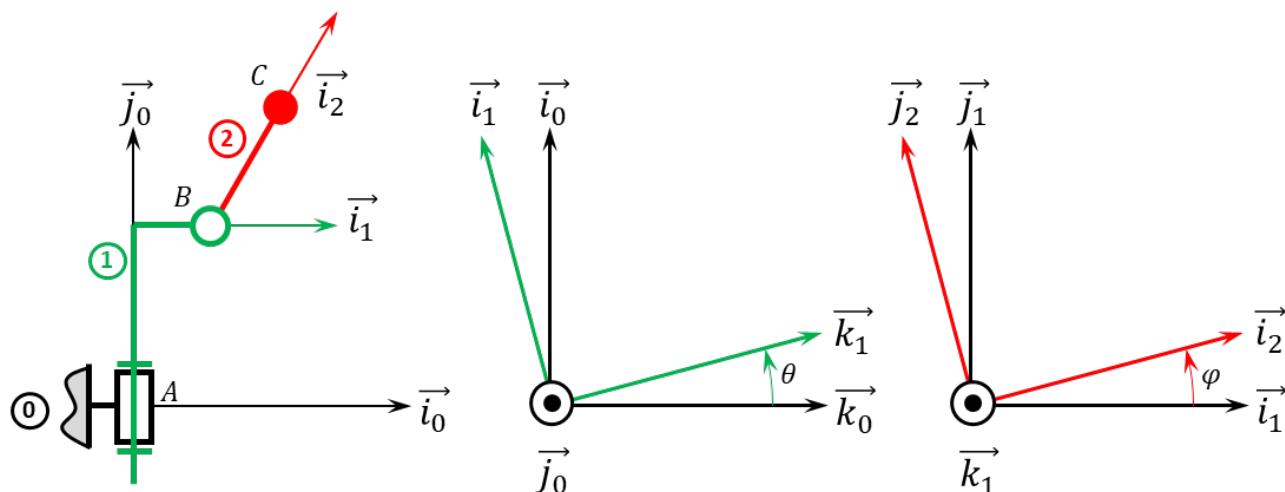
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 72.

Exercice 151 – Mouvement RR 3D *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \vec{j}_1 + R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$. On a $H = 20$ mm, $r = 5$ mm, $L = 10$ mm.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

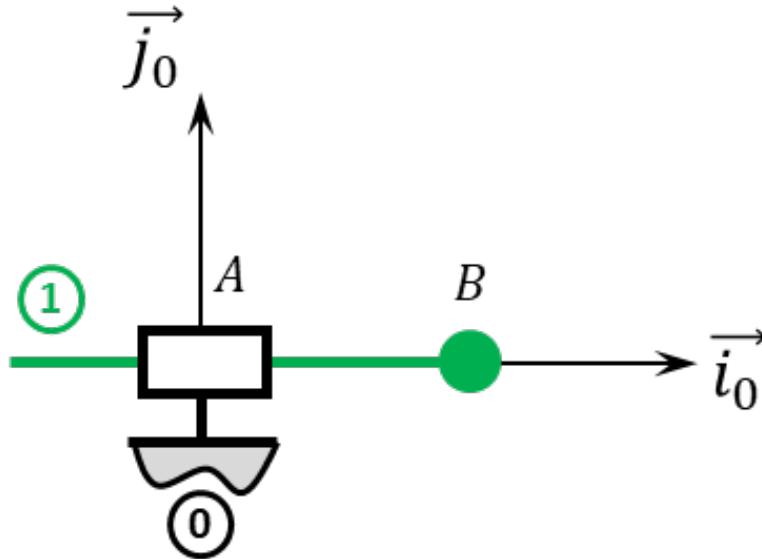
Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

Question 3 Déterminer $\Gamma(C, 2/0)$.

Corrigé voir 277.

Exercice 152 – Mouvement T – *
B2-14
B2-15
C1-05

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.


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.

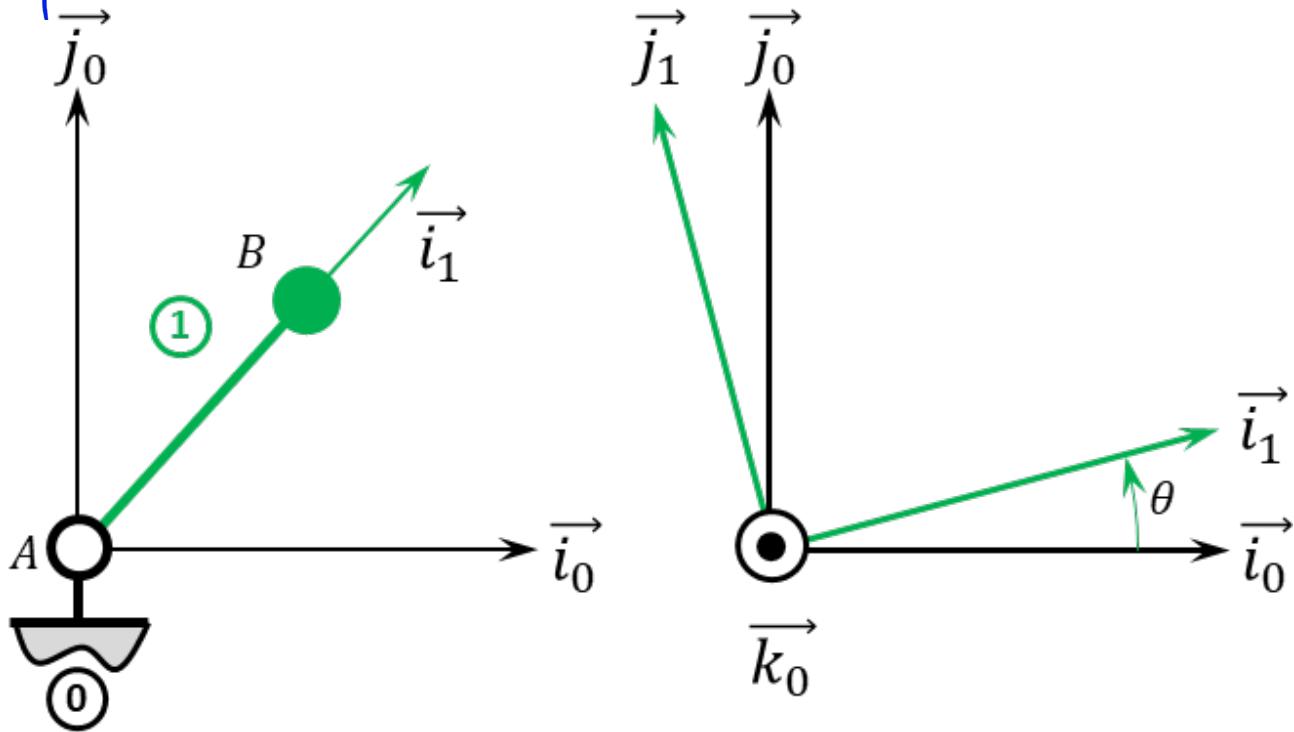
Indications :

1. .
2. $\{\mathcal{F}(0 \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} Y_{01} \overrightarrow{j_1} + Z_{01} \overrightarrow{k_1} \\ L_{01} \overrightarrow{i_1} + M_{01} \overrightarrow{j_1} + N_{01} \overrightarrow{k_1} \end{array} \right\}_A, \{\mathcal{F}(\text{pes} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} -m_1 g \overrightarrow{i_1} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_G, \{\mathcal{F}(\text{ver} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} F_v \overrightarrow{i_1} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_G.$
3. $\{\mathcal{F}(0 \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} Y_{01} \overrightarrow{j_1} \\ N_{01} \overrightarrow{k_1} \end{array} \right\}_A, \{\mathcal{F}(\text{pes} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} -m_1 g \overrightarrow{i_1} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_G, \{\mathcal{F}(\text{ver} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} F_v \overrightarrow{i_1} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_G.$
4. TRS suivant $\overrightarrow{i_0}$.

Corrigé voir 152.

Exercice 153 – Mouvement R – *
B2-14
B2-15
C1-05

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 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 $\overrightarrow{g} = -g \overrightarrow{j_0}$.



DDS

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.

Indications :

1. .
2. $\{\mathcal{F}(0 \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} X_{01} \vec{i}_1 + Y_{01} \vec{j}_1 + Z_{01} \vec{k}_1 \\ L_{01} \vec{i}_1 + M_{01} \vec{j}_1 \end{array} \right\}_A$, $\{\mathcal{F}(\text{pes} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} -m_1 g \vec{j}_0 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_B$, $\{\mathcal{F}(\text{Mot} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{0} \\ C_m \vec{k}_0 \end{array} \right\}_A$.
3. $\{\mathcal{F}(0 \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} X_{01} \vec{i}_1 + Y_{01} \vec{j}_1 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_A$, $\{\mathcal{F}(\text{pes} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} -m_1 g \vec{j}_0 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_B$, $\{\mathcal{F}(\text{Mot} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{0} \\ C_m \vec{k}_0 \end{array} \right\}_A$.
4. TMS en A en projection sur \vec{k}_0 .

Corrigé voir 233.

Exercice 154 – Mouvement TT – *

B2-14

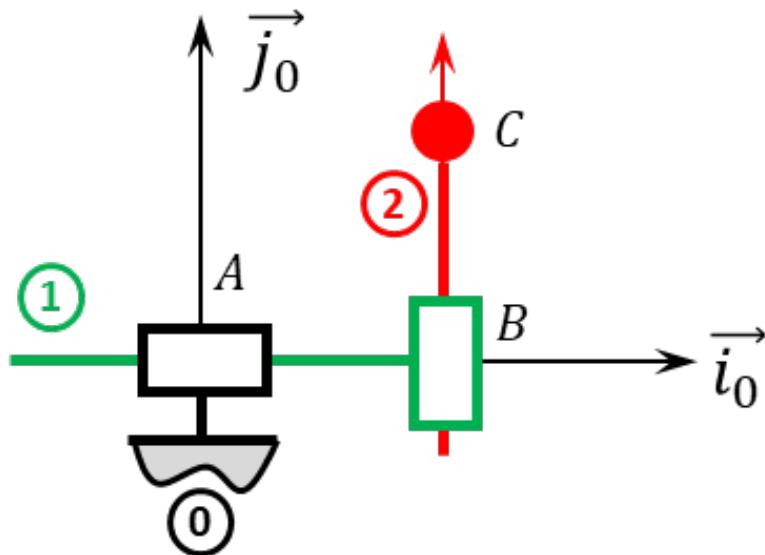
B2-15

C1-05

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \vec{j}_0$. $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de **1**, et m_1 sa masse. $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de **2** et m_2 sa masse.

Un vérin électrique positionné entre **0** et **1** permet de maintenir **1** en équilibre. Un vérin électrique positionné entre **1** et **2** permet de maintenir **2** en équilibre.

On cherche à résoudre le problème **en statique**. L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



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 les efforts que doivent développer chacun des vérins pour maintenir le mécanisme en équilibre.

Corrigé voir 154.

Exercice 155 – Mouvement RR *

B2-14

B2-15

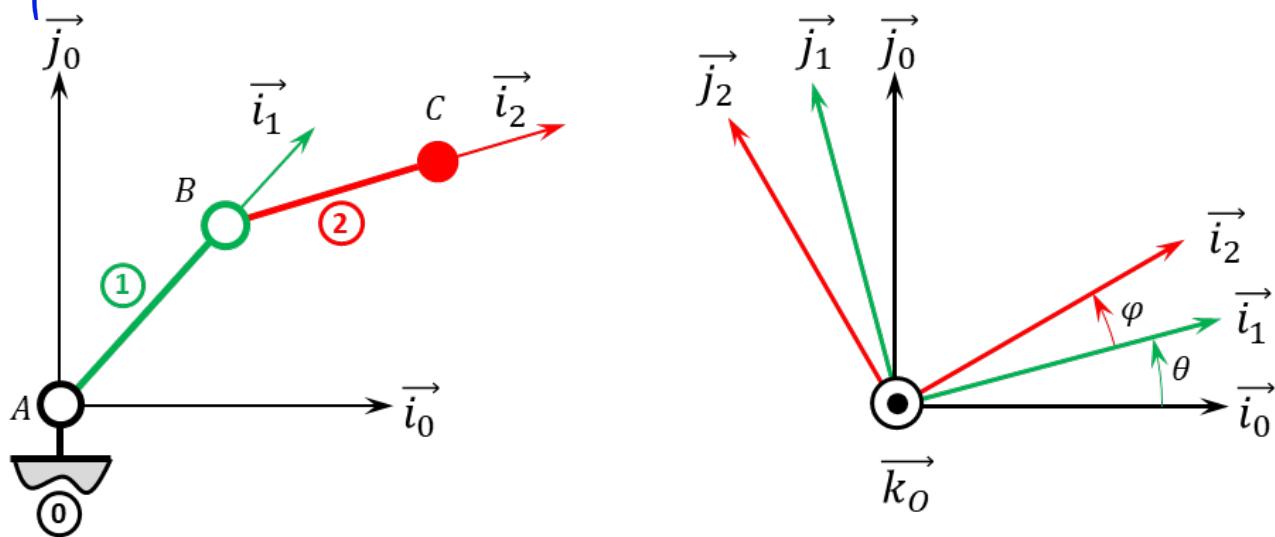
C1-05

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i_1}$ avec $R = 20 \text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \overrightarrow{i_2}$ avec $L = 15 \text{ mm}$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 et $\overrightarrow{AG_1} = \frac{1}{2}R \overrightarrow{i_1}$, on note m_1 la masse de 1;
- G_2 désigne le centre d'inertie de 2 et $\overrightarrow{BG_2} = \frac{1}{2}L \overrightarrow{i_2}$, on note m_2 la masse de 2.

Un moteur électrique positionné entre 0 et 1 permet de maintenir 1 en équilibre. Un moteur électrique positionné entre 1 et 2 permet de maintenir 2 en équilibre.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\overrightarrow{g} = -g \overrightarrow{j_0}$.



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 les couples que doivent développer chacun des moteurs pour maintenir le mécanisme en équilibre.

Corrigé voir 155.

Exercice 156 – Mouvement RT *

B2-14

B2-15

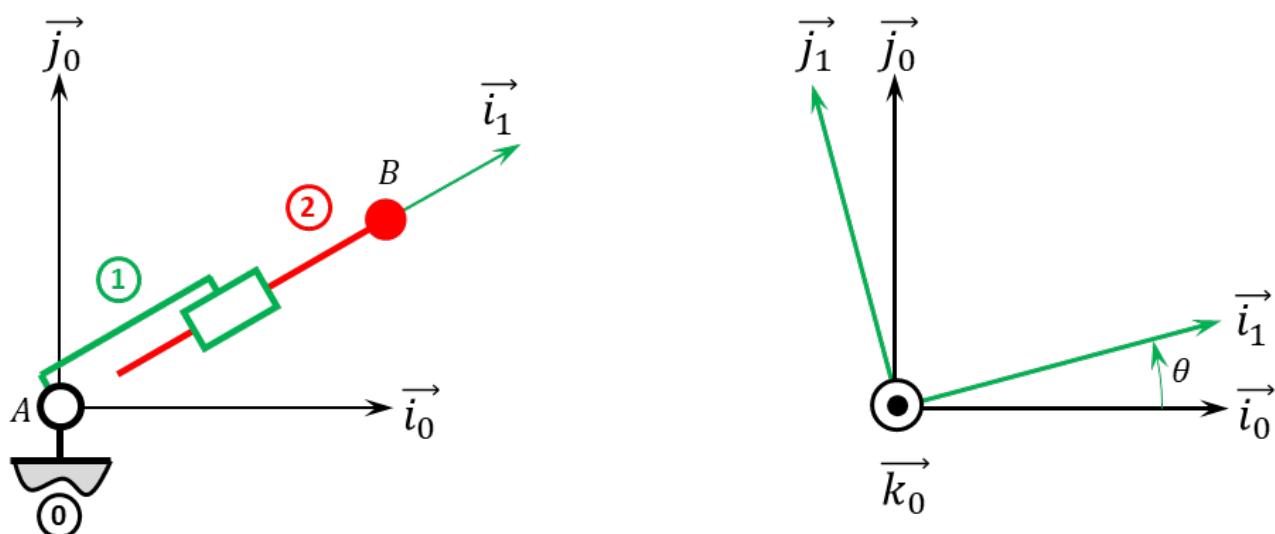
C1-05 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 et $\overrightarrow{AG_1} = L_1 \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de 1;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2.

Un moteur électrique positionné entre 0 et 1 permet de maintenir 1 en équilibre. Un vérin électrique positionné entre 1 et 2 permet de maintenir 2 en équilibre.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



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 le couple et l'effort que doivent développer chacun des actionneurs pour maintenir le mécanisme en équilibre.

Corrigé voir 156.

Exercice 157 – Mouvement RT *

B2-14

B2-15

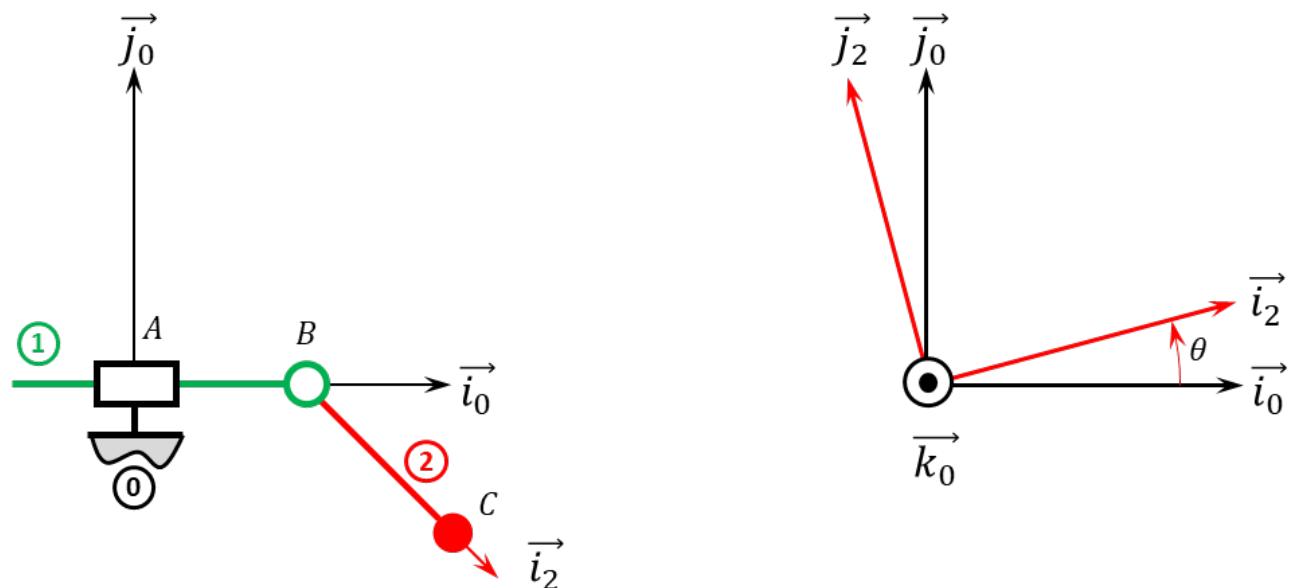
C1-05 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\vec{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\vec{BC} = R \vec{i}_2$ avec $R = 30 \text{ mm}$. De plus :

- $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de 1, on note m_1 la masse de 1;
- $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2.

Un vérin électrique positionné entre 0 et 1 permet de maintenir 1 en équilibre. Un moteur électrique positionné entre 1 et 2 permet de maintenir 2 en équilibre.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g}' = -g \vec{j}_0$.



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 le couple et l'effort que doivent développer chacun des actionneurs pour maintenir le mécanisme en équilibre.

Corrigé voir 157.

Exercice 158 – Mouvement RR 3D **

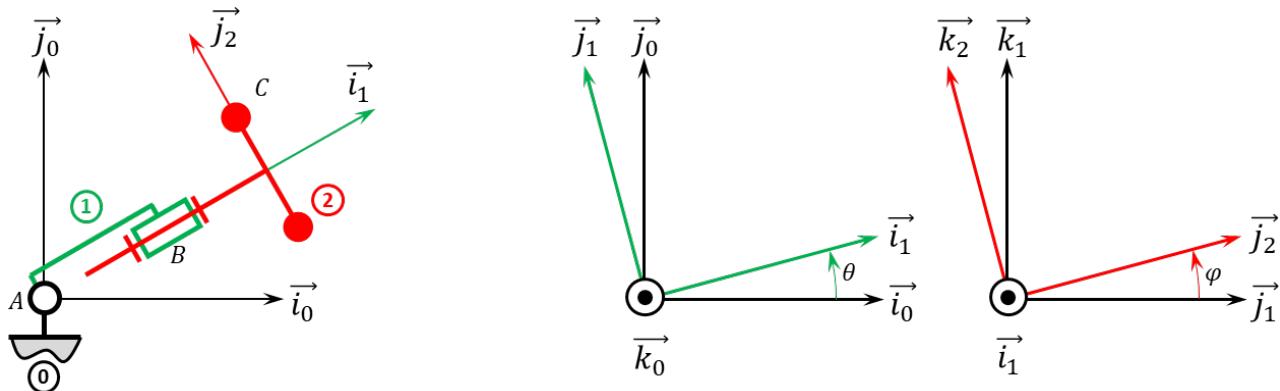
B2-14

C1-05 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\vec{AB} = R \vec{i}_1$ et $\vec{BC} = \ell \vec{i}_2 + r \vec{j}_2$. On note $R + \ell = L = 20 \text{ mm}$ et $r = 10 \text{ mm}$. De plus :

- $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de 1, on note m_1 la masse de 1;
 - $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de 2 tel que $\overrightarrow{BG_2} = \ell \overrightarrow{i_2}$, on note m_2 la masse de 2.
- Un moteur électrique positionné entre 0 et 1 permet de maintenir 1 en équilibre. Un moteur électrique positionné entre 1 et 2 permet de maintenir 2 en équilibre.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



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 Proposer une démarche permettant de déterminer le couple et l'effort que doivent développer chacun des actionneurs pour maintenir le mécanisme en équilibre.

Corrigé voir 158.

Exercice 159 – Mouvement RR 3D **

B2-14

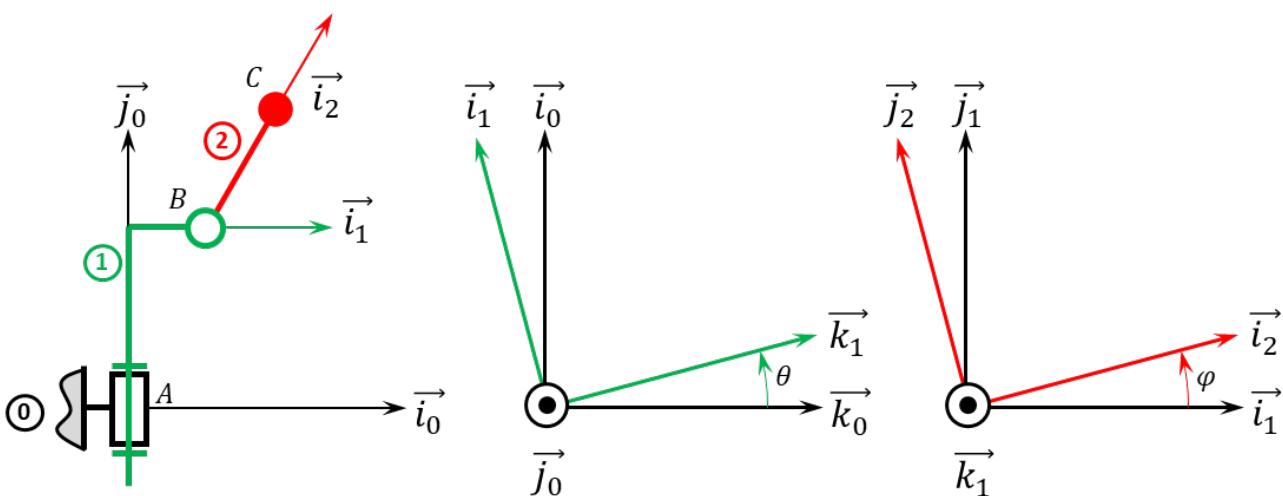
C1-05 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \overrightarrow{j_1} + R \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{BC} = L \overrightarrow{i_2}$. On a $H = 20 \text{ mm}$, $R = 5 \text{ mm}$, $L = 10 \text{ mm}$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 tel que $\overrightarrow{AG_1} = H \overrightarrow{j_1}$, on note m_1 la masse de 1;
- $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2.

Un moteur électrique positionné entre 0 et 1 permet de maintenir 1 en équilibre. Un moteur électrique positionné entre 1 et 2 permet de maintenir 2 en équilibre.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



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.

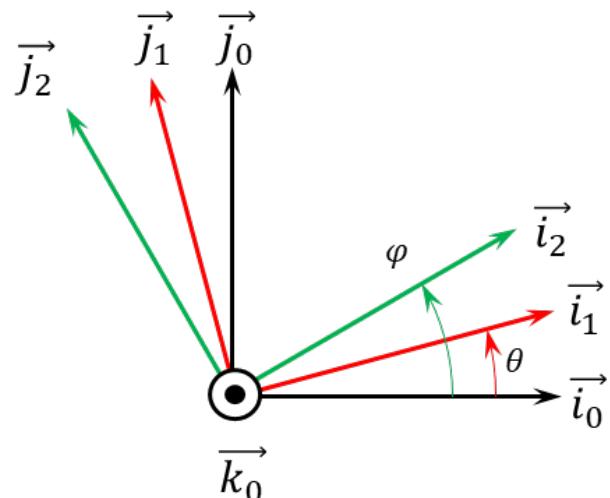
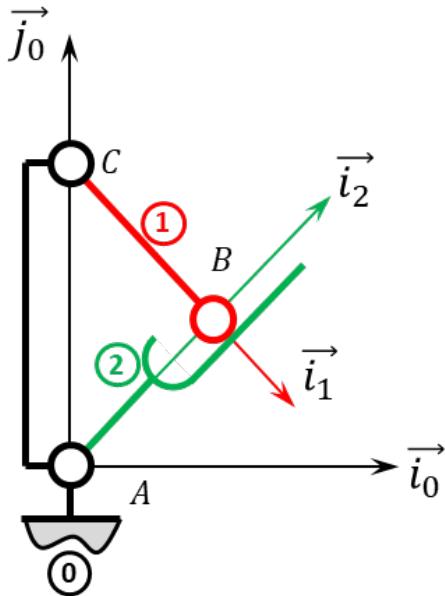
Question 3 Proposer une démarche permettant de déterminer le couple et l'effort que doivent développer chacun des actionneurs pour maintenir le mécanisme en équilibre.

Corrigé voir 159.

Exercice 160 – Barrière Sympact **

C1-05

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 $R = 40 \text{ mm}$.



On néglige la pesanteur sur la pièce 1.

On note $\{\mathcal{F}(\text{Moteur} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{0} \\ C_m \vec{k}_0 \end{array} \right\}_{\forall P}$ l'action mécanique du moteur sur la pièce 1.

On note $\{\mathcal{F}(\text{Ressort} \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{0} \\ C_r \vec{k}_0 \end{array} \right\}_{\forall P}$ 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 ($\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$). Il est au maximum lorsque $\varphi_f = 0$.

On note $\{\mathcal{F}(\text{Pes} \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{c} -Mg \vec{j}_0 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_{\forall G}$ avec $\overrightarrow{AG} = L \vec{i}_2$.

Question 1 Réaliser un graphe d'analyse.

Question 2 Expliciter C_r en fonction des différents constantes (k, φ_0, 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.

Indications :

1. .
2. $C_r(\varphi) = k \frac{\pi}{2(\varphi_f - \varphi_0)} \varphi - k \frac{\pi \varphi_0}{2(\varphi_f - \varphi_0)}$ et $C_r(\varphi) = -k\varphi + k \frac{\pi}{2}$.
3. On isole 1, TMS sur (C, \vec{k}_0) . On isole 2, TMS sur (A, \vec{k}_0) .

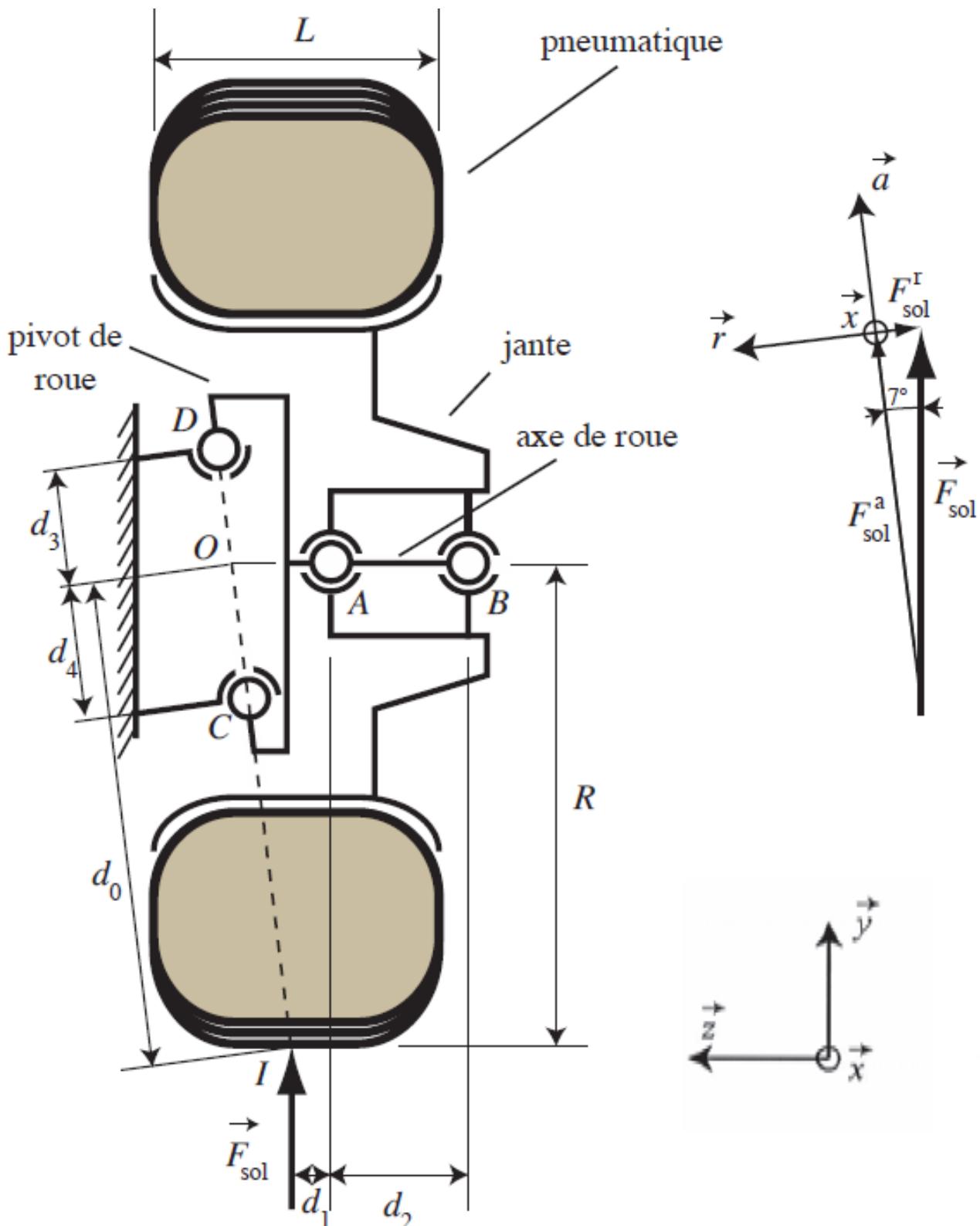
Corrigé voir 160.

Exercice 161 – Suspension automobile **

B2-14

C1-05

On s'intéresse à la liaison entre l'axe de la roue 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 \vec{a} (respectivement \vec{r} , \vec{x}) de l'effort extérieur exercé en C . On procédera de même pour le point D .



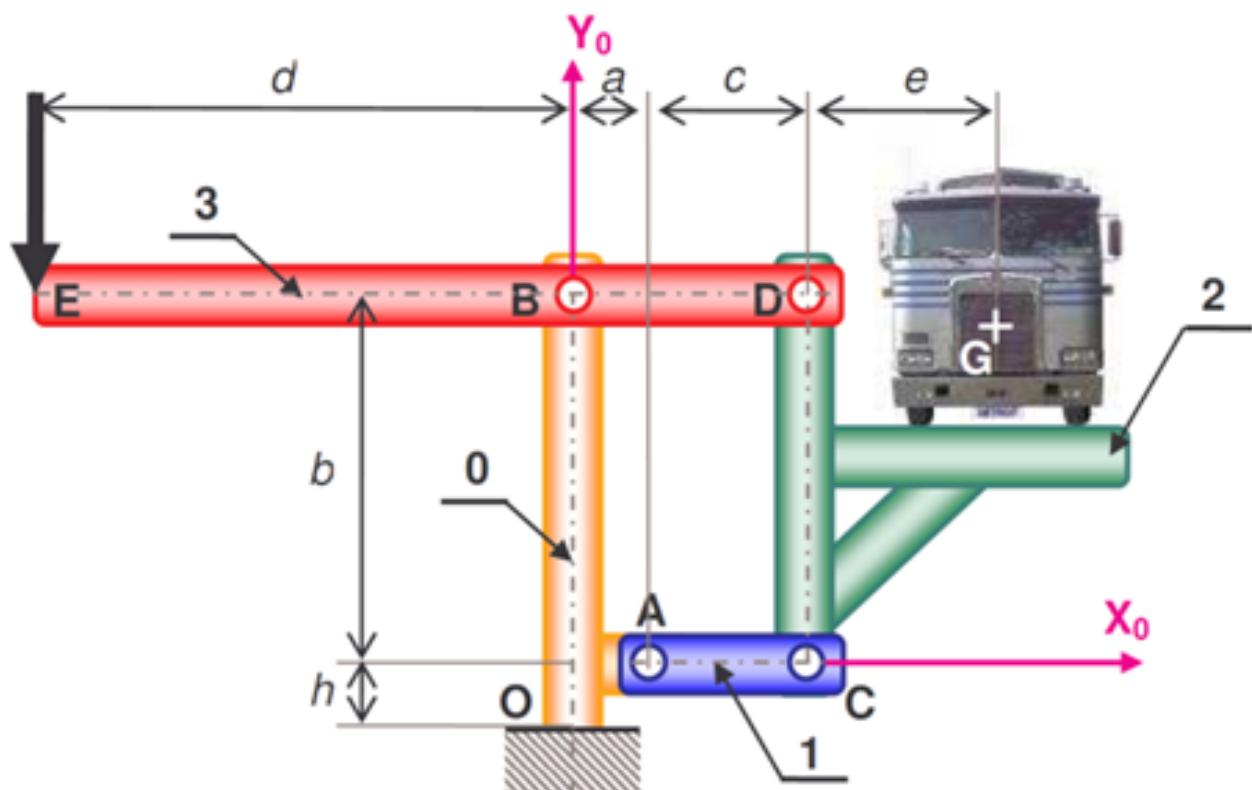
Question 1 Réaliser le graphe d'analyse en faisant apparaître l'ensemble des actions mécaniques.

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

Corrigé voir 161.

Exercice 162 – Pèse camion **
C1-05

On considère un bâti **0** auquel est attaché le repère $\mathcal{R} = (O; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. Le champ de pesanteur est $g = -g \vec{y}_0$. La barre **1** est liée au bâti **0** par une liaison pivot parfaite d'axe (A, \vec{z}_0) . Le plateau porte camion **2** est lié à la barre **1** par une liaison pivot parfaite d'axe (C, \vec{z}_0) . Le levier **3** est lié au bâti **0** par une liaison pivot parfaite d'axe (B, \vec{z}_0) . Ce levier est également lié au plateau **2** par une liaison pivot parfaite d'axe (D, \vec{z}_0) . Le camion **4**, de centre de masse **G** et de masse **M** inconnue, repose sur le plateau **2**. L'action mécanique connue est caractérisée par : $\{\text{ext} \rightarrow 3\} = \left\{ \begin{array}{c} -F \vec{y}_0 \\ 0 \end{array} \right\}_E$.



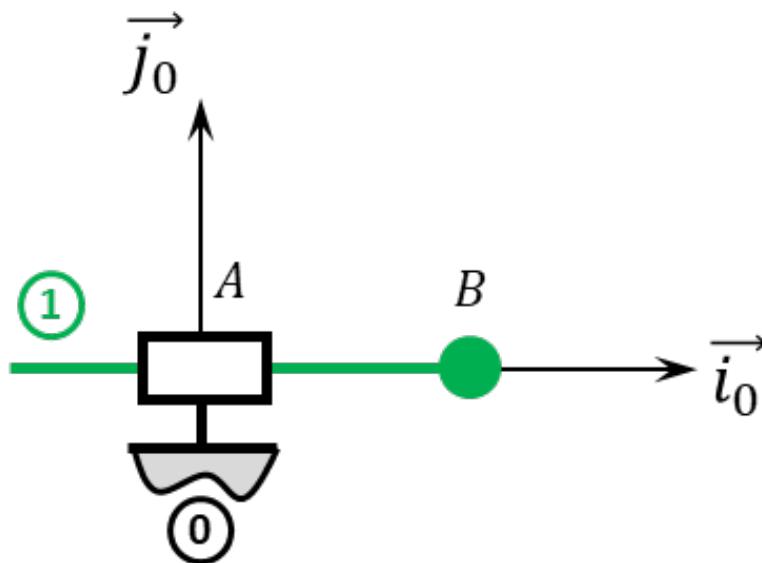
Question 1 Tracer le graphe de structure. Définir le nombre d'inconnues statiques.

Question 2 Donner la stratégie permettant de déterminer la valeur de F en fonction de M .

Corrigé voir 162.

Exercice 163 – Mouvement T – *
B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$.



Question 1 Donner le torseur cinématique $\{V(1/0)\}$ au point B.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,1/0)}$.

DDS

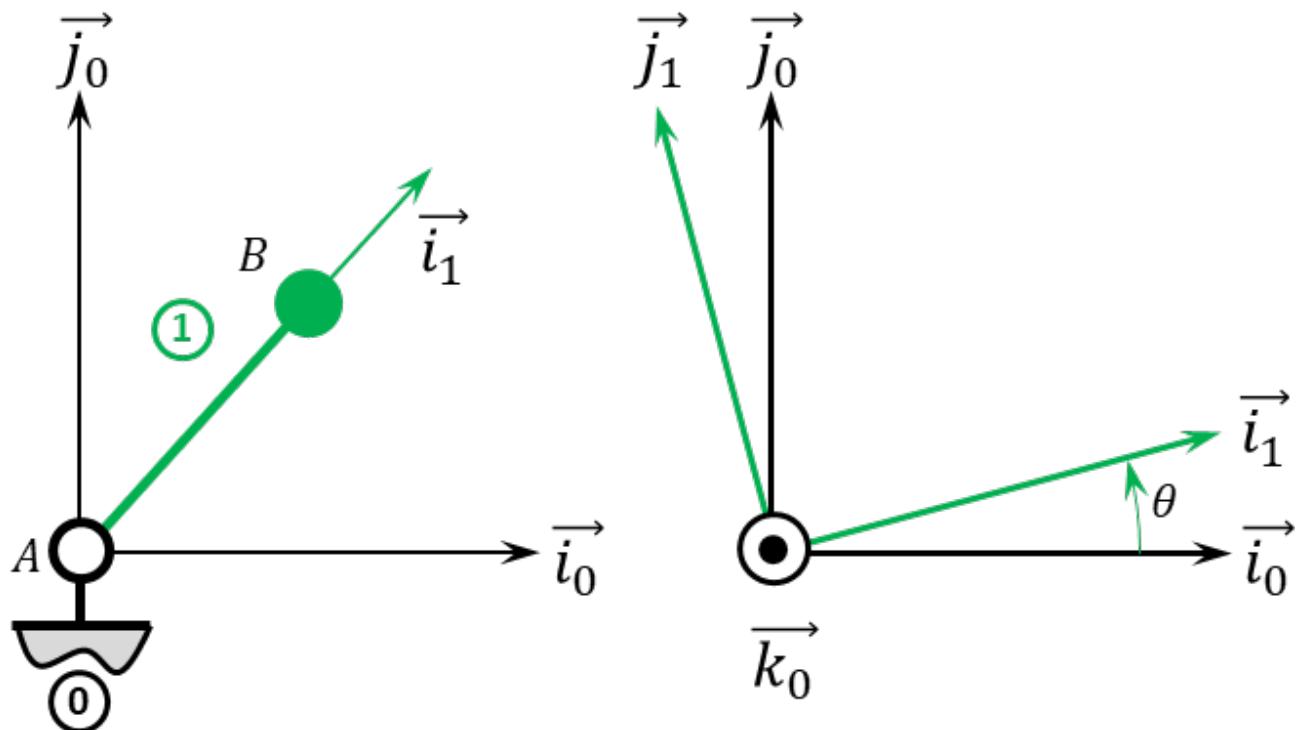
Corrigé voir 270.

Exercice 164 – Mouvement R *

B2-13

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i}_1$ avec $R = 20 \text{ mm}$.

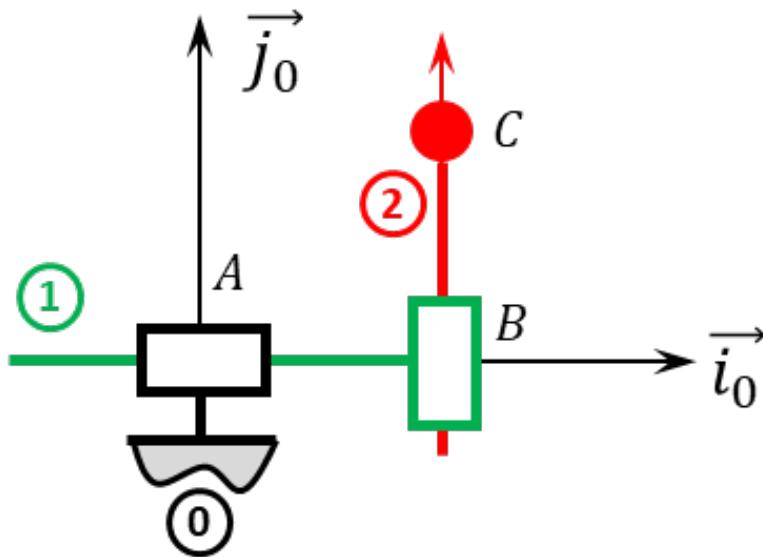


Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(B,1/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{V(1/0)\}$ au point B.

Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,1/0)}$.

Exercice 165 – Mouvement PI – *
B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

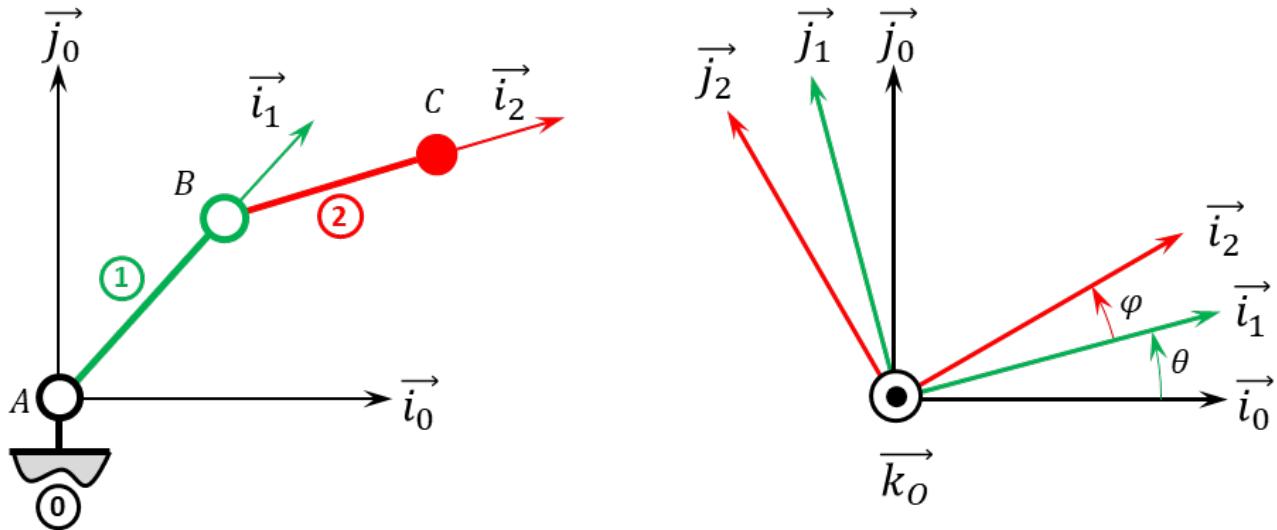
 Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \vec{j}_0$.

Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 272.

Exercice 166 – Mouvement RR *
B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

 Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20\text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$ avec $L = 15\text{ mm}$.

Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

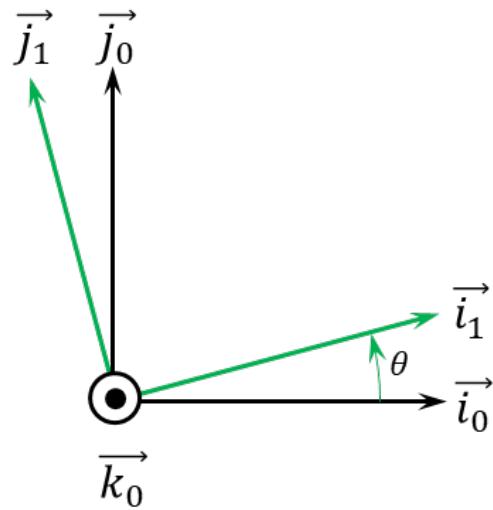
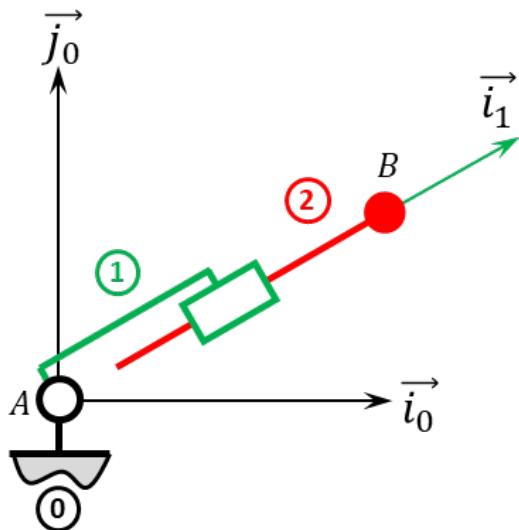
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 273.

Exercice 167 – Mouvement RT *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

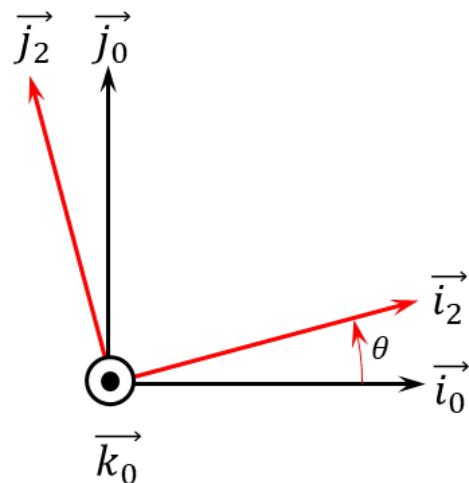
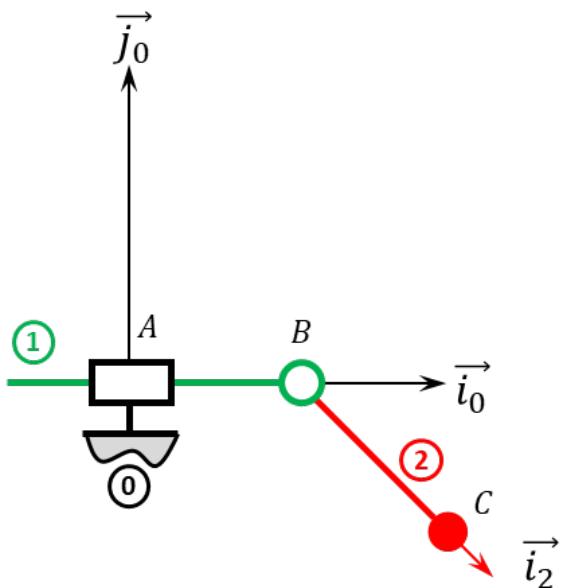
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 274.

Exercice 168 – Mouvement RT *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = R \vec{i}_2$ avec $R = 30 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

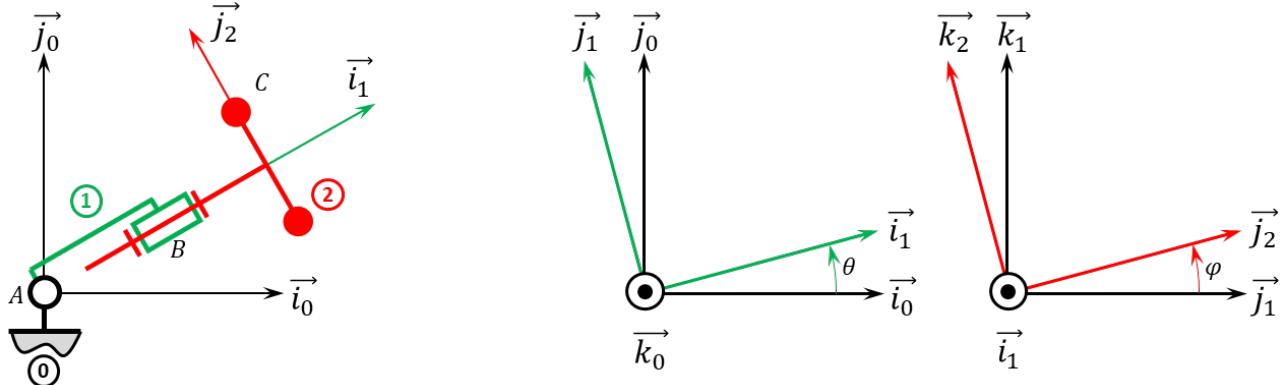
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 275.

Exercice 169 – Mouvement RR 3D *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = \ell \vec{i}_2 + r \vec{j}_2$. On note $R + \ell = L = 20$ mm et $r = 10$ mm.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

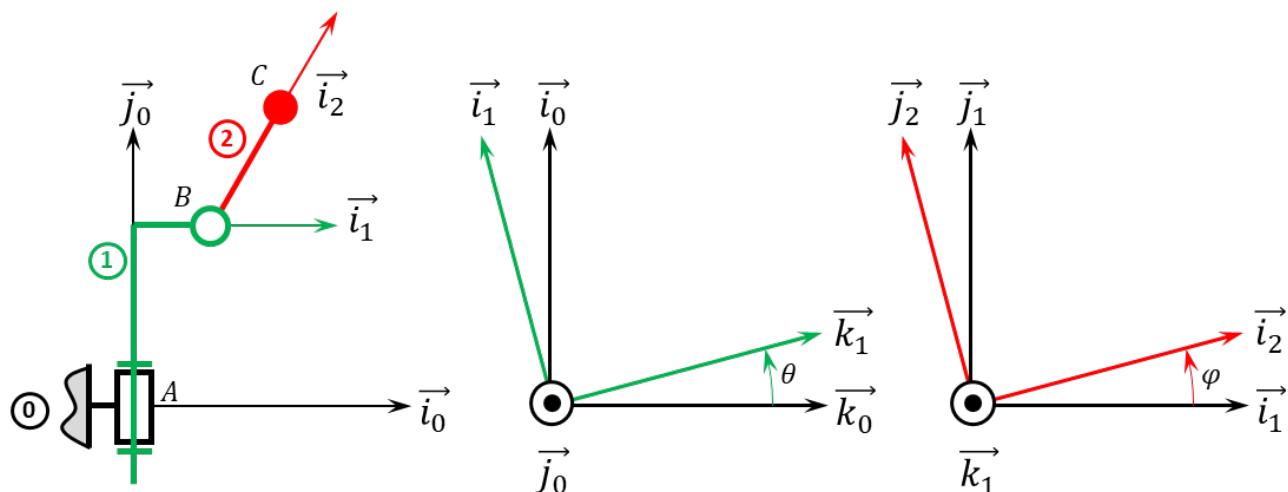
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 72.

Exercice 170 – Mouvement RR 3D *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \vec{j}_1 + R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$. On a $H = 20$ mm, $r = 5$ mm, $L = 10$ mm.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 277.

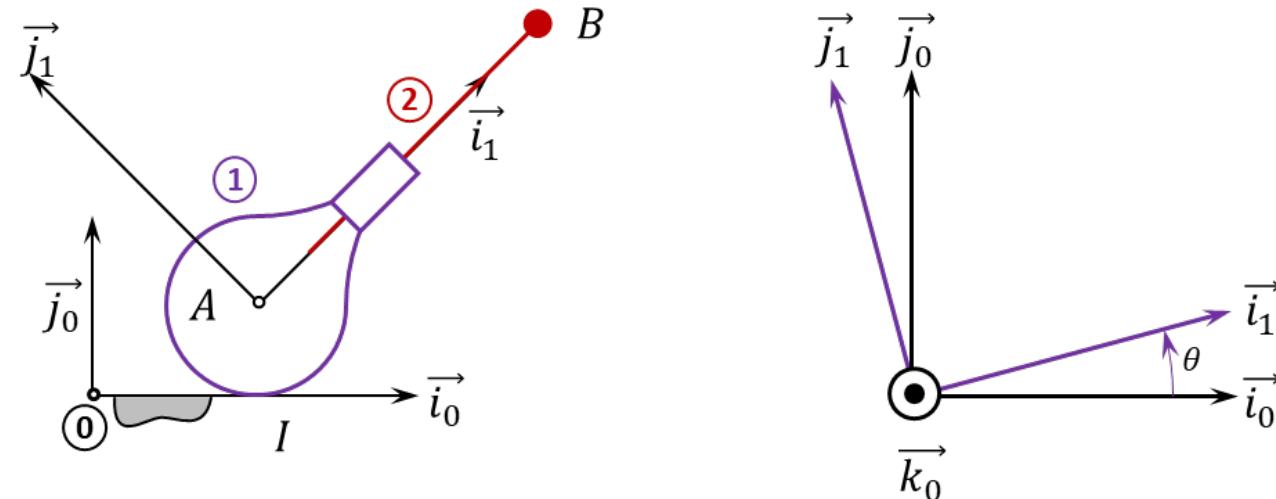
Exercice 171 – Mouvement RT – RSG **

C2-08

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R \overrightarrow{j_0}$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \overrightarrow{i_1}$. De plus $R = 15 \text{ mm}$. On fait l'hypothèse de roulement sans glissement au point I . De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de **1** tel que $\overrightarrow{AG_1} = \ell \overrightarrow{i_1}$, on note m_1 la masse de **1** et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de **2**, on note m_2 la masse de **2** et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{R_d(2/0)} \cdot \overrightarrow{i_1}$

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\delta(I,1+2/0)} \cdot \overrightarrow{k_0}$

Corrigé voir 240.

3.2 Mettre en œuvre une démarche de résolution analytique

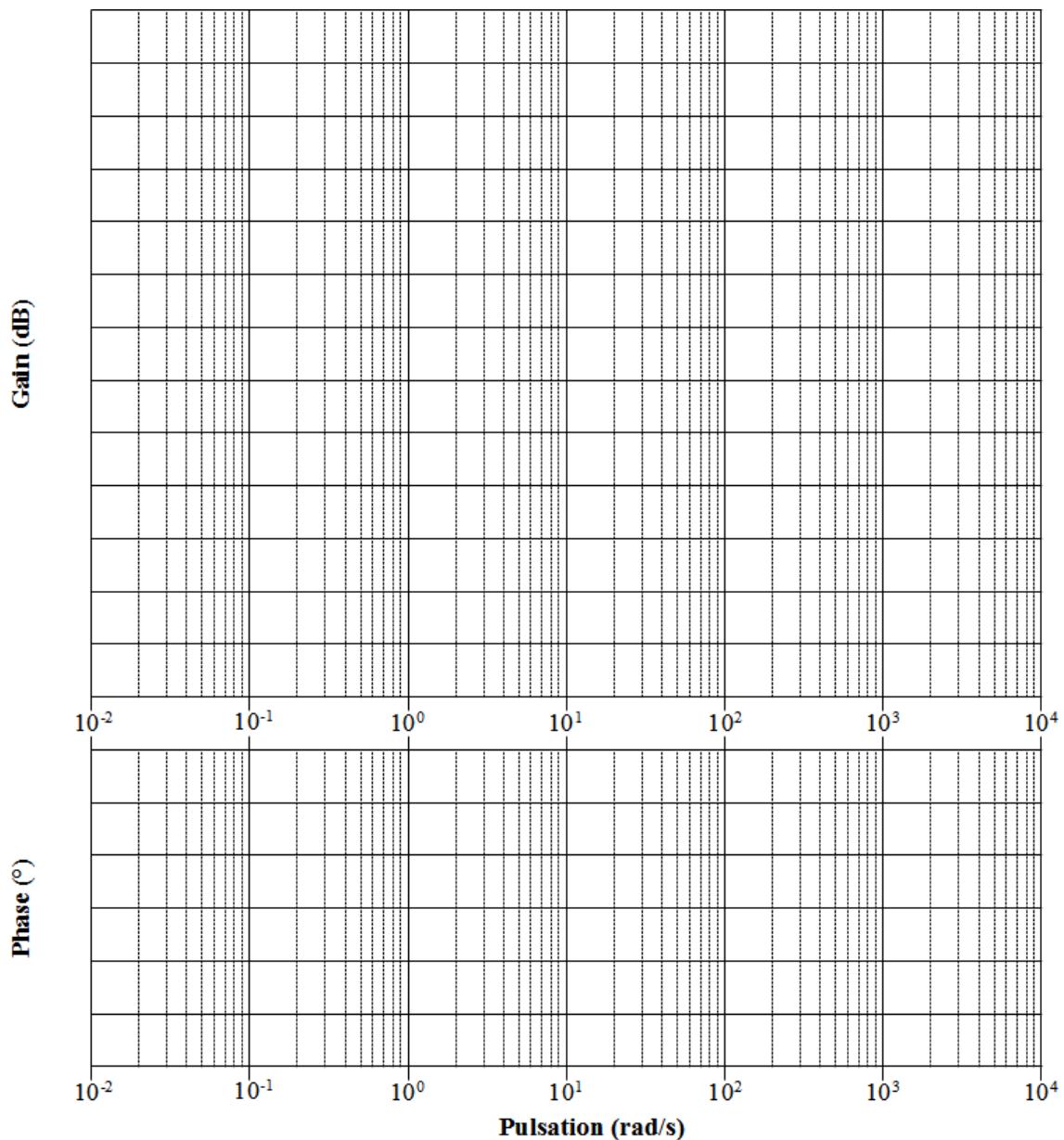
3.2.1 Déterminer la réponse temporelle.

3.2.2 Déterminer la réponse fréquentielle.

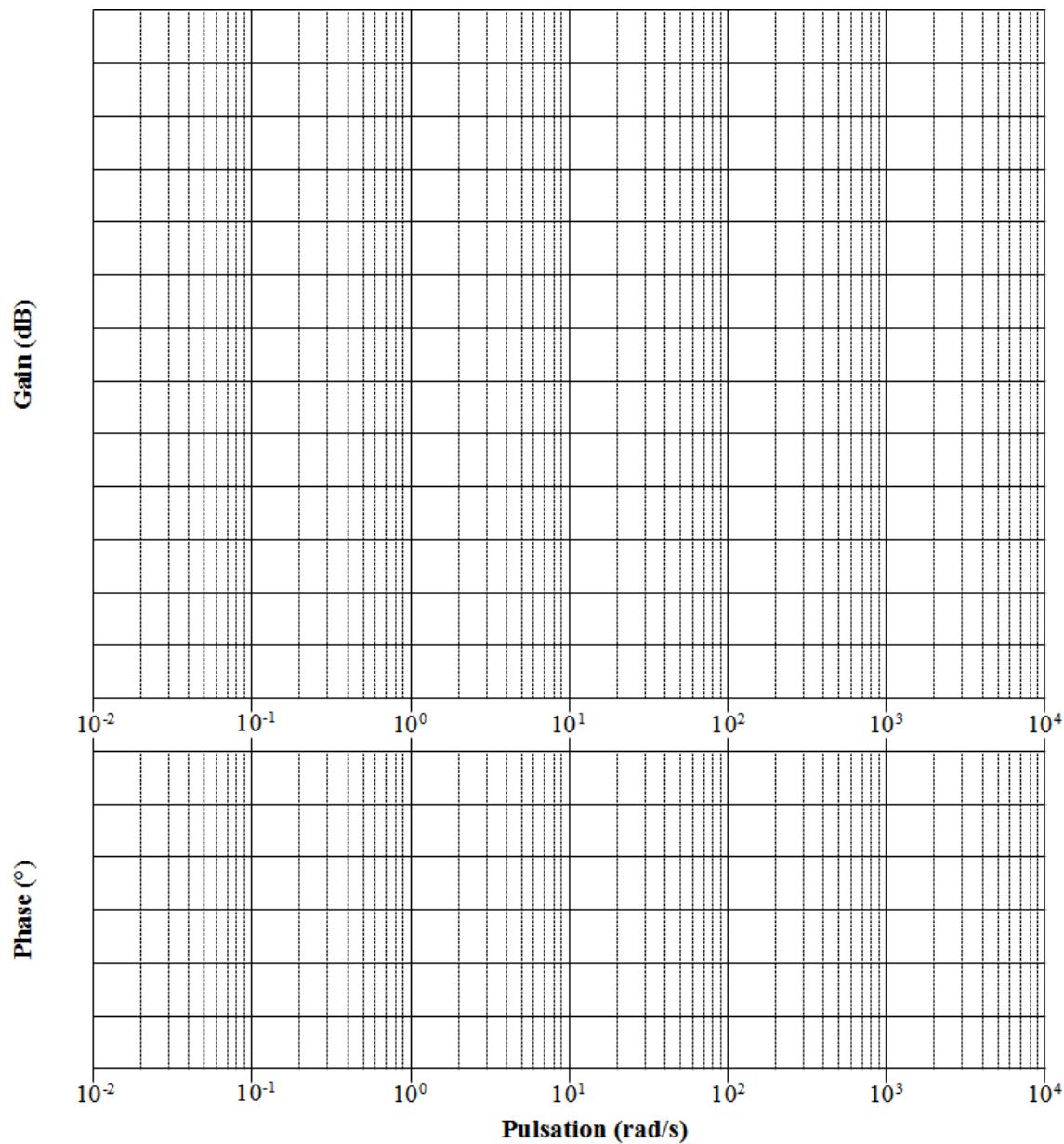
Exercice 172 – Diagramme de Bode*

C2-02

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

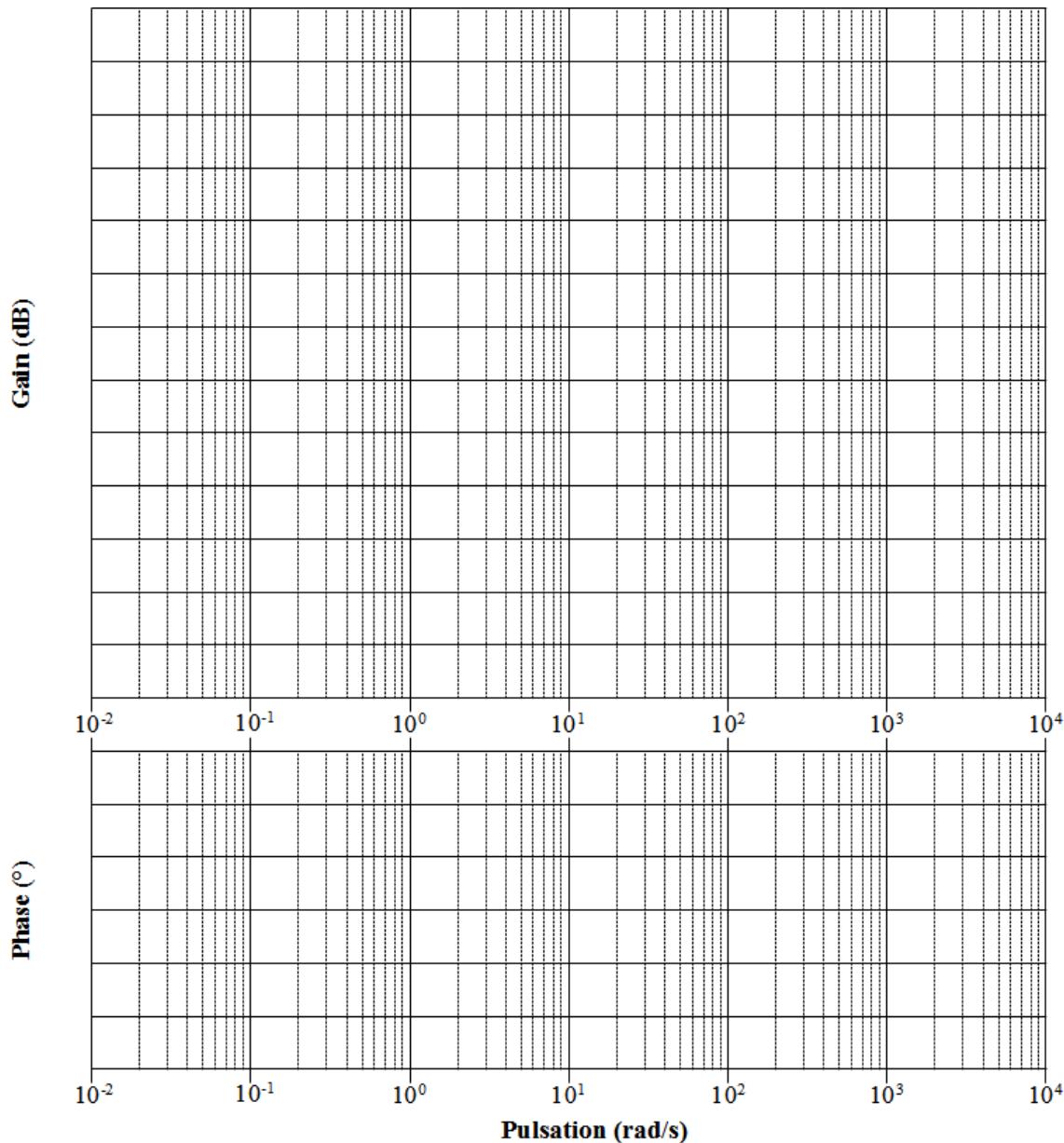


Question 2 Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert suivante : $F_2(p) = \frac{10}{(1+10p)(10+p)}$.



DDS

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

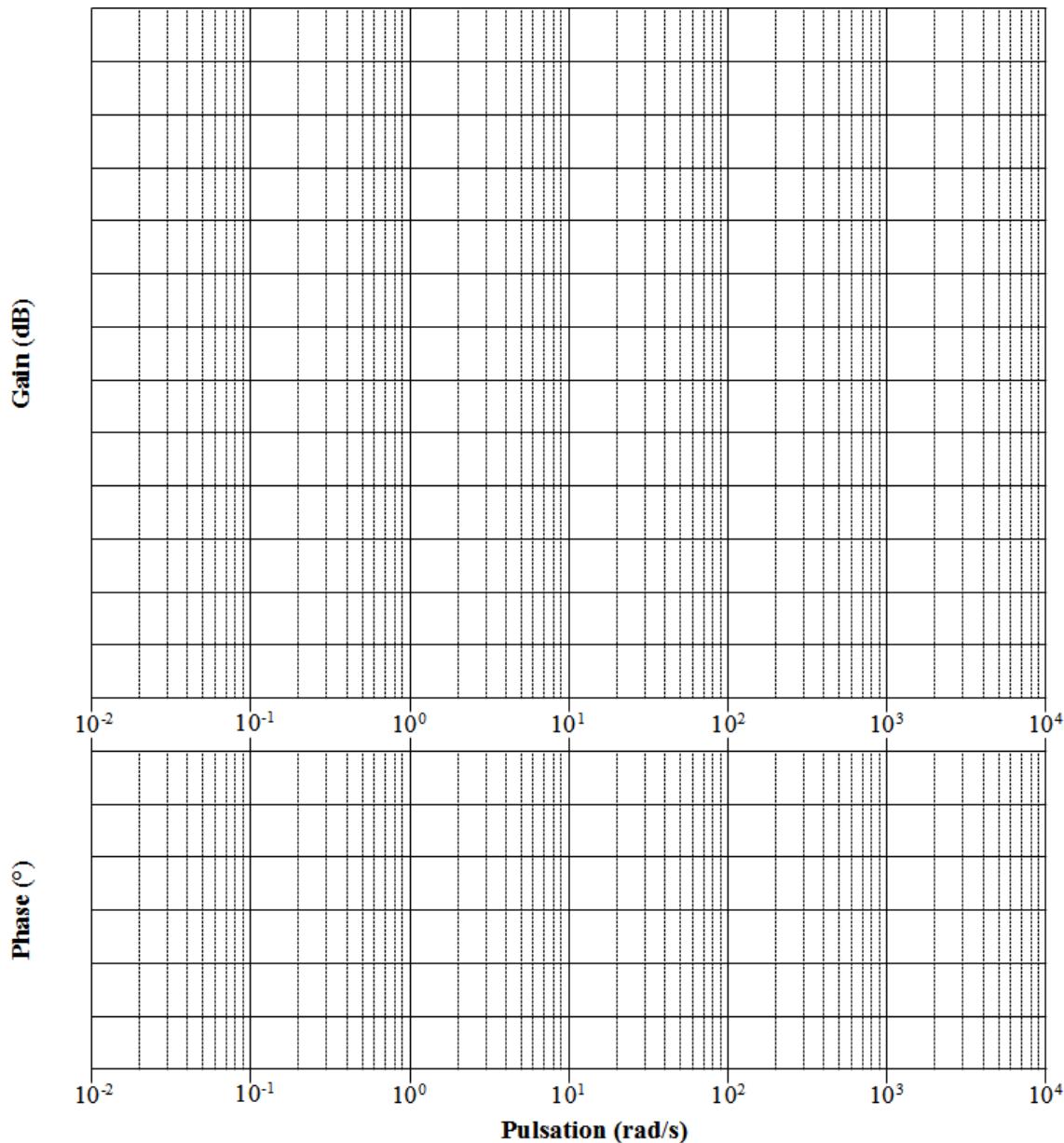


Corrigé voir 173.

Exercice 173 – Diagramme de Bode *

C2-02 Pas de corrigé pour cet exercice.

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



DDS

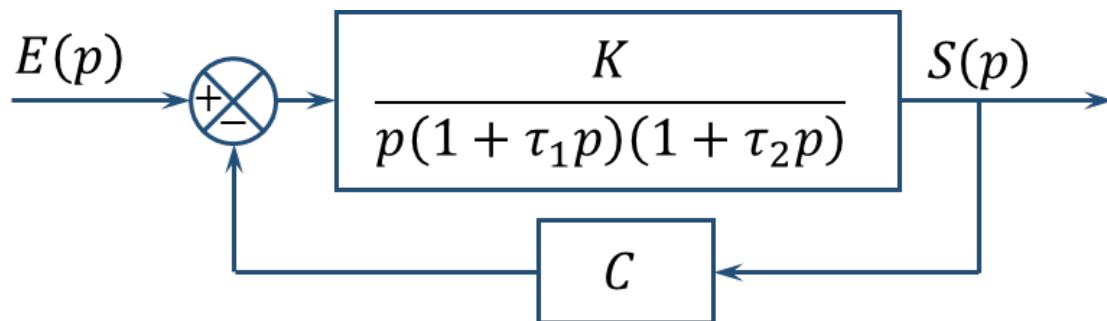
Corrigé voir 173.

3.2.3 Déterminer les performances d'un système asservi.

Exercice 174 – 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 :

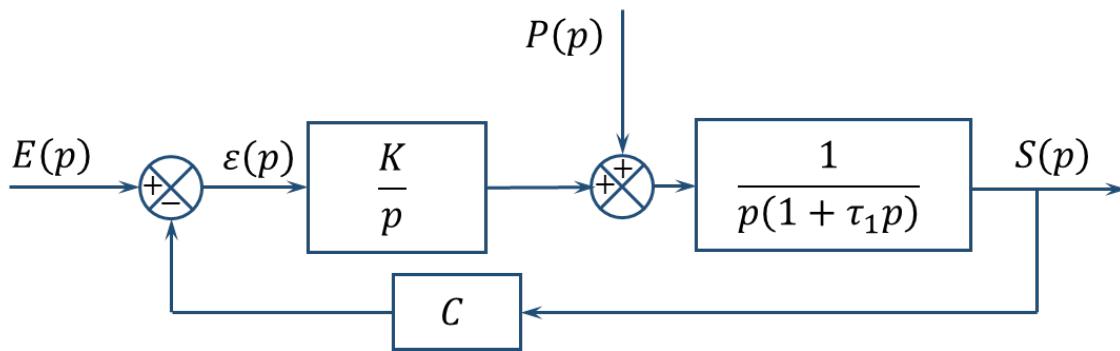
1. $s_\infty = \lim_{p \rightarrow 0} p \frac{E_0}{p} \frac{K}{p(1 + \tau_1 p)(1 + \tau_2 p) + CK} = \frac{E_0}{C}$.
2. $\lim_{t \rightarrow +\infty} (e(t) - s(t)) = E_0 - \frac{E_0}{C}$.
3. $s_\infty = \infty$.
4. $\varepsilon_v = \infty$.
5. $\varepsilon_v = \frac{k}{K}$.

Corrigé voir 174.

Exercice 175 – Ecart*

C2-03 Pas de corrigé pour cet exercice.

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 .

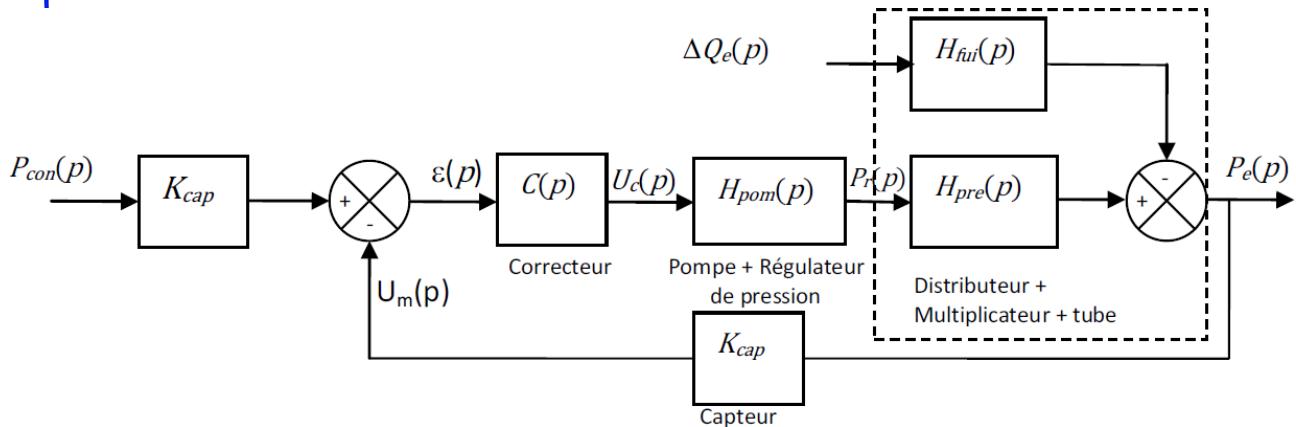
Question 5 Évaluer la valeur finale de $\varepsilon(t)$ lorsque $E(p)$ est une rampe de pente E_0 et $P(p)$ est une rampe de pente P_0 .

Corrigé voir 175.

Exercice 176 – Banc hydraulique *

C2-03

Pour limiter l'erreur statique due aux fuites, on envisage d'asservir la pression d'eau dans le tube. La pression d'eau à l'intérieur du tube est mesurée par un capteur de pression.



$P_{con}(p)$: pression de consigne d'eau dans le tube (Pa)

$P_e(p)$: pression d'eau dans le tube (Pa)
 $U_c(p)$: tension de commande du régulateur de pression (V)

$P_r(p)$: pression d'huile régulée (Pa)

$\Delta Q_e(p)$: débit de fuite ($m^3 s^{-1}$)

$U_m(p)$: tension de mesure du capteur (V)

Hypothèses :

- L'ensemble de mise sous pression tube + distributeur + multiplicateur de pression est défini par les transmissions suivantes : $H_{pre}(p) = \frac{K_m}{1 + T_1 p}$ et $H_{fui}(p) = \frac{K_f}{1 + T_1 p}$ avec $K_m = 3,24$; $K_f = 2,55 \times 10^{10} \text{ Pa m}^{-3} \text{ s}$; $T_1 = 10 \text{ s}$.
- L'ensemble pompe+régulateur de pression est modélisé par la fonction de transfert : $H_{pom}(p) = \frac{K_{pom}}{1 + T_2 p}$ avec $K_{pom} = 1,234 \times 10^7 \text{ Pa/V}$; $T_2 = 5 \text{ s}$.
- Le capteur est modélisé par un gain pur : $K_{cap} = 2,5 \times 10^{-8} \text{ V/Pa}$.

La pression de consigne est de $P_{con} = 800 \text{ bars}$ et les débits de fuite sont estimés à $\Delta Q_e = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

Le cahier des charges concernant le réglage de la pression de test est le suivant.

Stabilité :	marge de phase de 60° marge de gain de 12 dB
Rapidité :	temps d'établissement $t_e < 40 \text{ s}$
Précision :	erreur statique < 5% soit pour une consigne de 800 bars : erreur statique due à la consigne : $\varepsilon_{con} < 5\%$ erreur statique due à la perturbation $\varepsilon_{pert} < 40 \text{ bars}$
Amortissement :	pas de dépassement

Dans le cas d'un système bouclé convenablement amorti, on pourra utiliser, sans aucune justification, la relation : $t_e \cdot \omega_{0,\text{dB}} = 3$ où $\omega_{0,\text{dB}}$ désigne la pulsation de coupure à 0 dB en boucle ouverte et t_e le temps d'établissement en boucle fermée vis-à-vis d'un échelon de consigne :

- $t_e = t_m$, temps du 1er maximum si le dépassement est supérieur à 5 %,
- $t_e = t_R$, temps de réponse à 5 % si le dépassement est nul ou inférieur à 5 %.

On envisage tout d'abord un correcteur de type proportionnel : $C(p) = K_p$.

Question 1 Déterminer, en fonction de K_p , ε_{con} définie comme l'erreur statique pour une entrée consigne P_{con} de type échelon, dans le cas où le débit de fuite est nul.

Question 2 Proposer un réglage de K_p pour limiter ε_{con} à la valeur spécifiée dans le cahier des charges.

Question 3 Dans le cas où la consigne de pression est nulle, déterminer en fonction de K_p la fonction de transfert en régulation définie par : $H_{pert}(p) = \frac{P_e(p)}{\Delta Q_e(p)}$. En déduire, en fonction de K_p , ε_{pert} définie comme l'erreur statique pour une perturbation ΔQ_e de type échelon, dans le cas où la consigne de pression est nulle.

Question 4 Proposer un réglage de K_p pour limiter ε_{pert} à la valeur spécifiée au cahier des charges.

Question 5 Proposer un réglage de K_p pour vérifier le critère d'amortissement. Conclure quant au choix d'un correcteur proportionnel.

Éléments de corrigé :

1. $\varepsilon_{con \%} = \frac{1}{1 + K_p K_m K_{pom} K_{cap}}$;
2. $K_p > 19$;
3. $\varepsilon_{pert} = \Delta Q_e \frac{K_f}{1 + K_{cap} K_p K_m K_{pom}}$;
4. $K_p > -1$.
5. $K_p < 0,125$. Il est impossible de vérifier les trois conditions avec un correcteur proportionnel.

Corrigé voir 176.

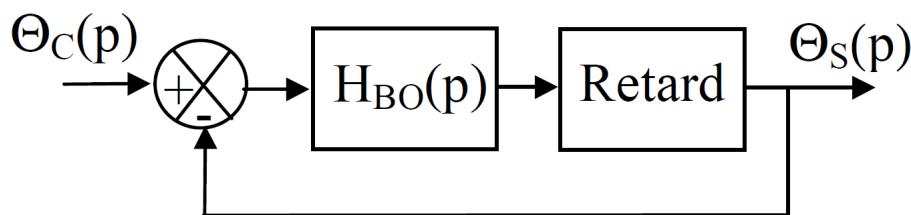
Exercice 177 – *

C2-03

Pas de corrigé pour cet exercice.

On donne le système suivant dont la FTBF est donnée par $G(p) = \frac{\Theta_S(p)}{\Theta_C(p)} = \frac{3,24}{p^2 + 3,24p + 3,24}$. Le retard du système est de 0,2 s.

L'asservissement est donné par le schéma-blocs suivant.



Question 1 En considérant le retard nul, déterminer l'écart statique.

Question 2 En considérant le retard nul, déterminer l'écart statique, déterminer l'expression de la boucle ouverte $H_{BO}(p)$.

Question 3 Déterminer l'expression de $G_r(p)$, transmittance en boucle fermée du système avec retard de 0,2 s. Le système est soumis à une rampe de $0,1 \text{ rads}^{-1}$.

Question 4 Donner la valeur de l'erreur de traînage correspondant à cette entrée, en négligeant le retard.

Question 5 Donner la valeur de l'écart statique du système avec retard.

Question 6 Donner la valeur de l'erreur de traînage du système avec retard.

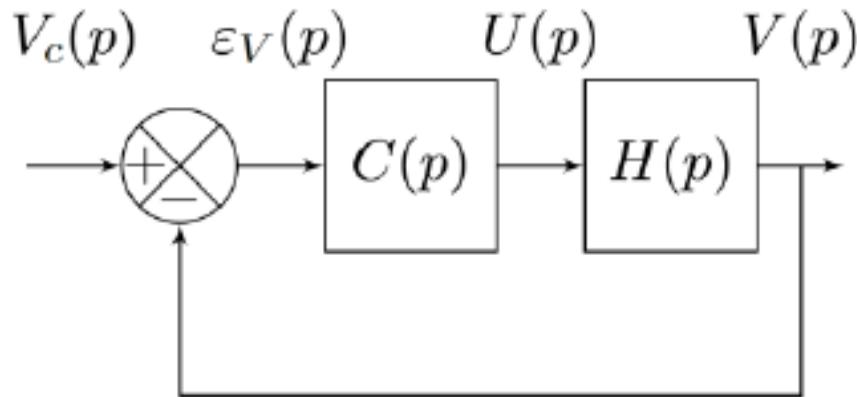
Corrigé voir 177.

Exercice 178 – *

C2-03

Pas de corrigé pour cet exercice.

L'asservissement de vitesse est à présent modélisé par le schéma-blocs de la figure suivante à retour unitaire. Cet asservissement n'est valable que pour les petites variations de vitesse. $H(p)$ correspond à la fonction de transfert en boucle ouverte naturelle (non corrigée), $C(p)$ est le correcteur.



$$H(p) = \frac{K_N}{(1 + T_m p)(1 + T_e p)} \text{ avec } K_N = 20 \text{ ms}^{-1} \text{ V}^{-1}, T_m = 5 \text{ s}, T_e = 0,5 \text{ s.}$$

Objectif

- Exigence 1.2 : Garantir un déplacement du chariot de vitesse :
- 1.2.3 Précision :
 - * Erreur statique pour une entrée $v_c(t) = V_0 u(t)$ avec $V_0 = 8 \text{ ms}^{-1}$: $E_S = 0 \text{ ms}^{-1}$.
 - * Erreur de trainage pour une entrée $v_c(t) = \gamma_0 t u(t)$ avec $\gamma_0 = 1,6 \text{ ms}^{-2}$: $E_T \leq 0,16 \text{ ms}^{-1}$.

Le concepteur choisit un correcteur Proportionnel Intégral : $C_1(p) = \frac{C}{T_i p} (1 + T_i p)$ avec $T_i = T_m$.

Question 1 Déterminer les expressions littérales de l'erreur statique E_S (consigne : échelon d'amplitude V_0) et de l'erreur de trainage E_T (consigne : rampe de pente γ_0) de cet asservissement corrigé avec $C_1(p)$ en fonction de la consigne, du gain K_N et des paramètres du correcteur et C et T_m .

Question 2 En déduire la condition (notée C_e) sur le gain C du correcteur permettant de satisfaire l'exigence 1.2.3 du cahier des charges.

On choisit finalement un correcteur PID : $C_2(p) = C \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right)$ avec $T_i = 2T_e$ et $T_d = \frac{T_e}{2}$.

Question 3 Montrer qu'on peut mettre ce correcteur sous la forme $C_2(p) = \frac{K}{p} (1 + T p)^2$ et donner les expressions de K et de T en fonction de C et T_e .

Question 4 Donner l'expression de la fonction de transfert en boucle ouverte du système corrigé.

Question 5 Déterminer les expressions littérales de l'erreur statique E_S (consigne : échelon d'amplitude V_0) et de l'erreur de trainage E_T (consigne : rampe de pente γ_0) de cet asservissement corrigé.

Question 6 En déduire la condition sur la valeur du gain K du correcteur permettant de satisfaire l'exigence 1.2.3 du cahier des charges.

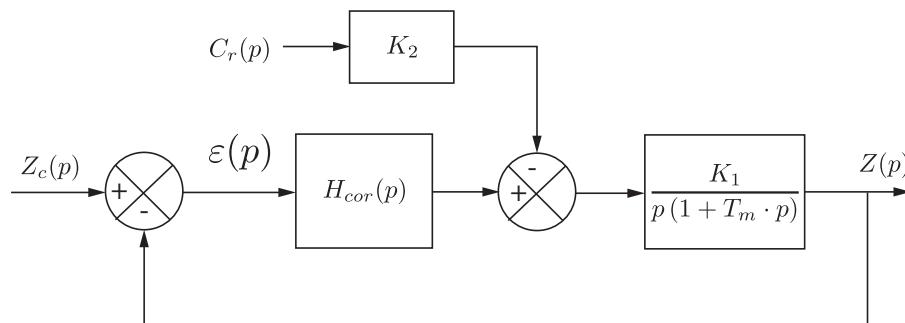
Corrigé voir 178.

Exercice 179 – Hemostase – Stabilité*

C2-03

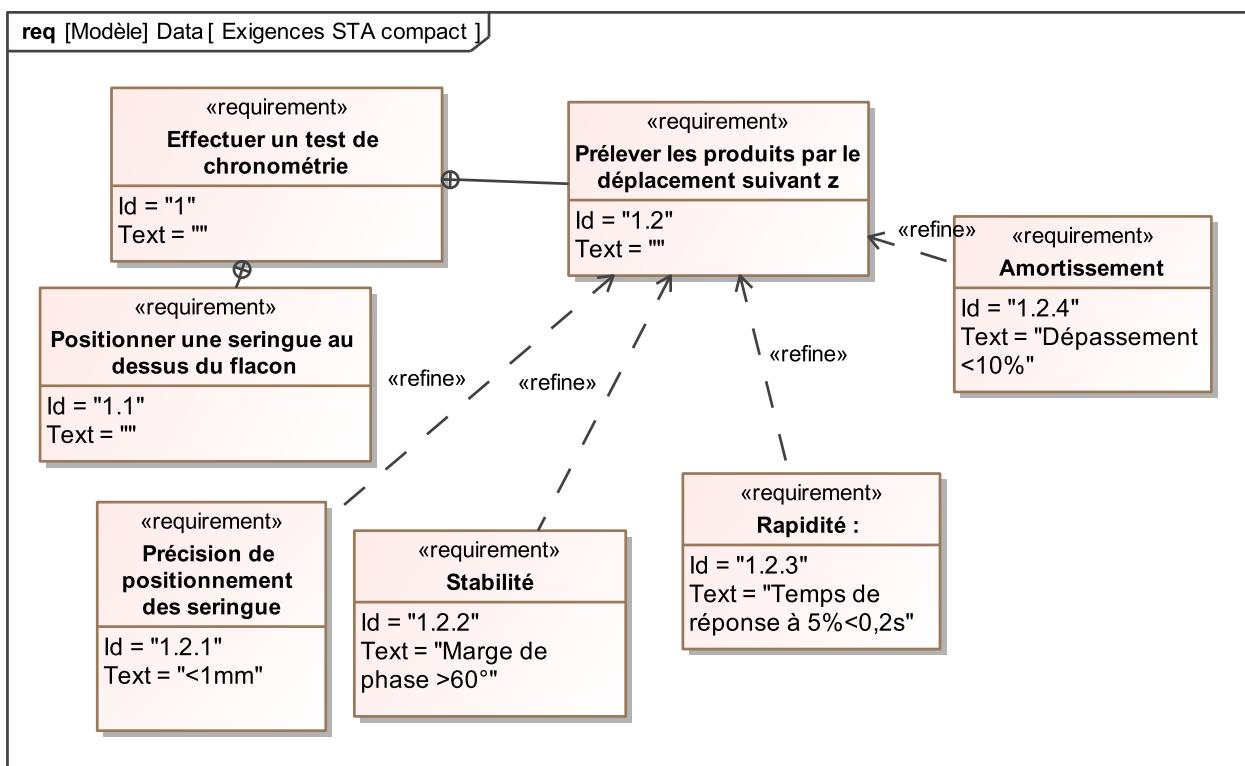
La modélisation de l'asservissement de position est donnée par le schéma-bloc ci-dessous dans lequel $K_2 = 2,78 \cdot 10^{-2} \text{ N}^{-1}$, $K_1 = 856 \text{ s}^{-1}$, $T_m = 3 \cdot 10^{-2} \text{ s}$.

Le couple résistant C_r est constant et vaut $C_{r0} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$.



On suppose le correcteur proportionnel : $H_{cor}(p) = K_p$.

Les performances du système sont détaillées dans le diagramme des exigences partiel.



Question 1 Déterminer l'expression de la fonction de transfert en boucle ouverte $H_{bo}(p) = \left(\frac{Z(p)}{\varepsilon(p)} \right)_{C_r(p)=0}$ ainsi que la fonction de transfert $H_{cr}(p) = \left(\frac{Z(p)}{C_r(p)} \right)_{Z_c=0}$.

Question 2 Déterminer l'erreur statique pour une entrée de type échelon d'amplitude Z_{c0} dans l'hypothèse d'une perturbation nulle (C_{r0}). Déterminer ensuite l'erreur due à une perturbation constante C_{r0} , dans le cas d'une consigne de position nulle ($Z_c = 0$). En déduire la valeur de K_p pour satisfaire le critère de précision du cahier des charges.

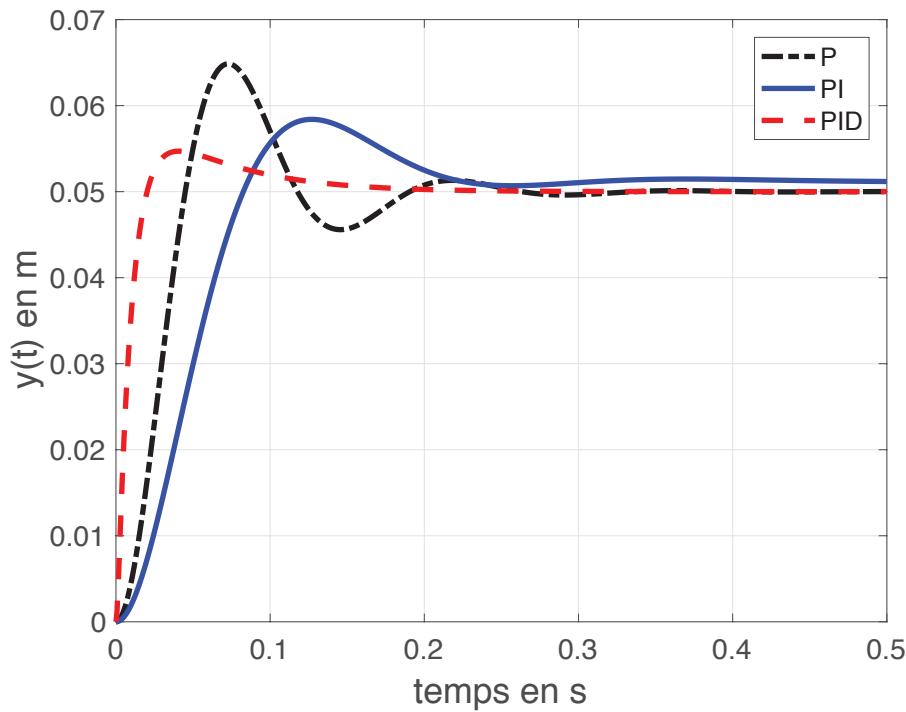
Question 3 Sur le document réponse compléter les diagrammes de Bode en gain et en phase de $H_{bo}(p)$ pour K_p déterminé précédemment. Indiquer si le critère de stabilité est satisfait en justifiant votre démarche par des tracés nécessaires.

Afin d'améliorer le comportement, on implante un correcteur Proportionnel Intégral ayant pour fonction de transfert : $H_{cor}(p) = \frac{K_p(1+T_i \cdot p)}{T_i \cdot p}$ avec $K_p = 1$ et $T_i = 1$ s.

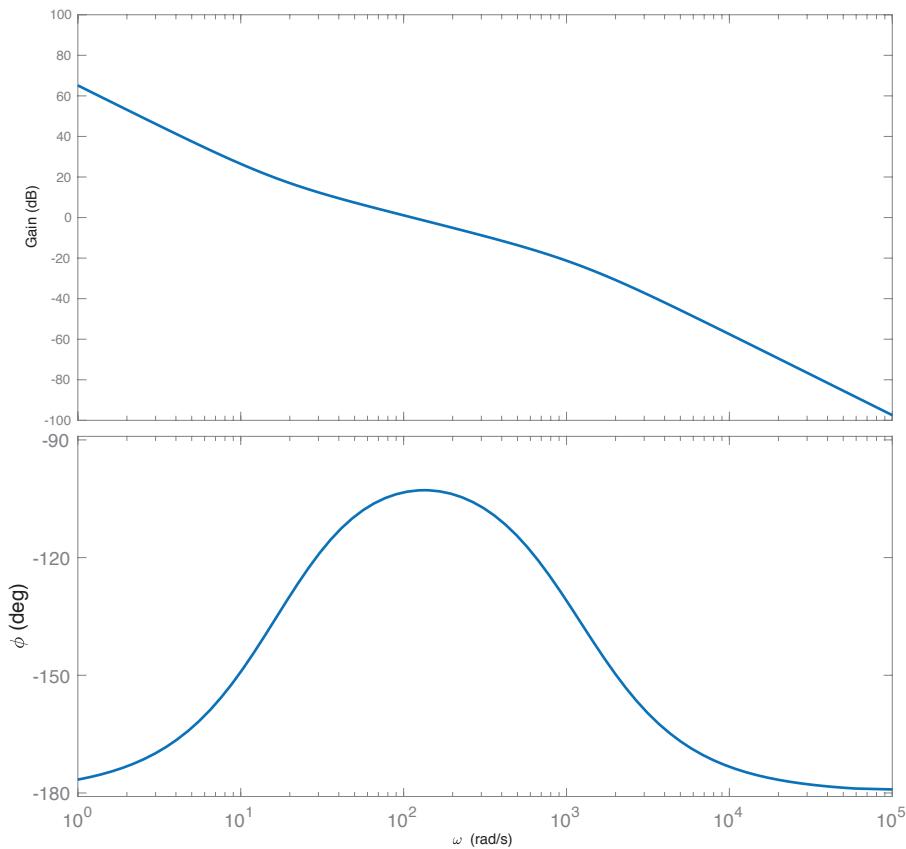
Question 4 Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte avec ce correcteur avec $K_p = 1$ et $T_i = 1$ s.

Question 5 On souhaite une marge de phase d'au moins 60° . Proposer un réglage de K_p pour satisfaire au cahier des charges.

Question 6 La figure suivante donne la réponse à un échelon de position de 50 mm avec trois types de correcteurs. Vérifier qu'elle est conforme au cahier des charges. Justifier clairement vos réponses en donnant les valeurs numériques pour chaque critère.



Question 7 Analyser les résultats à l'aide du diagramme de Bode de la FTBO corrigé avec un PID optimisé.

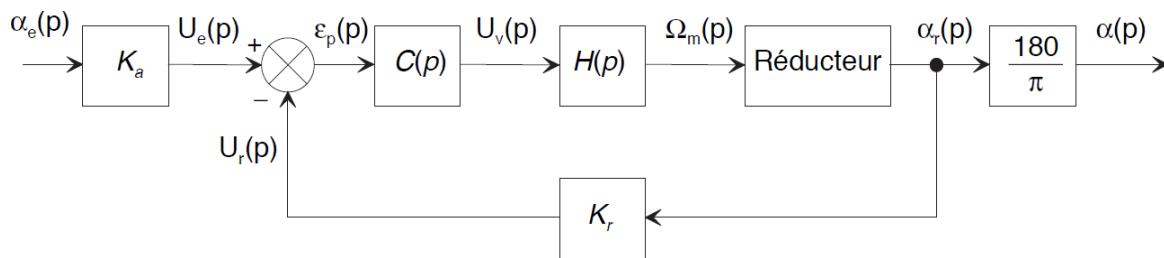


Corrigé voir 179.

Exercice 180 – Palettisation – Stabilité *
C2-03

Une boucle de position est représentée ci-dessous. On admet que :

- $H(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_v(p)} = \frac{30}{1 + 5 \times 10^{-3}p}$;
- $K_r = 4 \text{ V rad}^{-1}$: gain du capteur de position;
- K_a : gain de l'adaptateur du signal de consigne $\alpha_e(t)$;
- $N = 200$: rapport de transmission du réducteur (la réduction est donc de $1/N$).
- le signal de consigne $\alpha_e(t)$ est exprimé en degré;
- le correcteur $C(p)$ est à action proportionnelle de gain réglable K_c .



On montre que la fonction de transfert du réducteur est $R(p) = \frac{\alpha_r(p)}{\Omega_m(p)} = \frac{1}{Np}$, que $k_a = \frac{\pi}{180} k_r$ et que la FTBO est donnée par $T(p) = \frac{k_{BO}}{p(1 + \tau_m p)}$ ($k_{BO} = \frac{k_c k_m k_r}{N}$).

On souhaite une marge de phase de 45° .

Question 1 Déterminer la valeur de K_{BO} permettant de satisfaire cette condition.

Question 2 En déduire la valeur du gain K_c du correcteur.

Question 3 Déterminer l'écart de position.

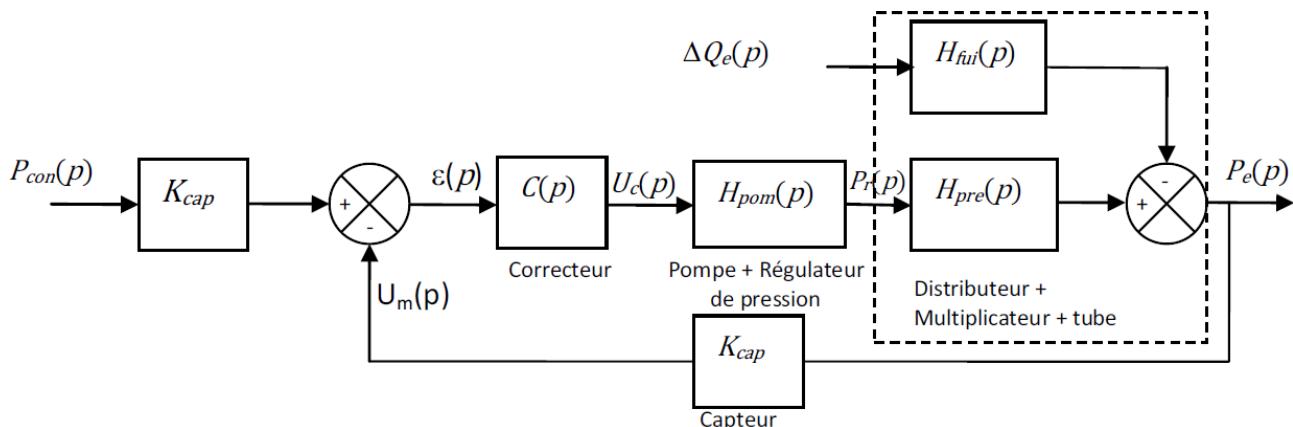
Éléments de corrigé :

1. $k_{BO} = \frac{\sqrt{2}}{\tau_m}$.
2. $k_c = \frac{\sqrt{2}N}{\tau_m k_m k_r} = 471,1$.
3. $\varepsilon_s = 0$.

Corrigé voir 180.

Exercice 181 – Banc hydraulique *
C2-03

Pour limiter l'erreur statique due aux fuites, on envisage d'asservir la pression d'eau dans le tube. La pression d'eau à l'intérieur du tube est mesurée par un capteur de pression.



- $P_{\text{con}}(p)$: pression de consigne d'eau dans le tube (Pa)
 $P_e(p)$: pression d'eau dans le tube (Pa)
 $U_c(p)$: tension de commande du régulateur de pression (V)
 $P_r(p)$: pression d'huile régulée (Pa)
 $\Delta Q_e(p)$: débit de fuite (m^3s^{-1})
 $U_m(p)$: tension de mesure du capteur (V)

Hypothèses

- L'ensemble de mise sous pression tube + distributeur + multiplicateur de pression est défini par les transmissions suivantes : $H_{\text{pre}}(p) = \frac{K_m}{1 + T_1 p}$ et $H_{\text{fui}}(p) = \frac{K_f}{1 + T_1 p}$ avec $K_m = 3,24$; $K_f = 2,55 \times 10^{10} \text{ Pam}^{-3} \text{ s}$; $T_1 = 10 \text{ s}$.
- L'ensemble pompe+régulateur de pression est modélisé par la fonction de transfert : $H_{\text{pom}}(p) = \frac{K_{\text{pom}}}{1 + T_2 p}$ avec $K_{\text{pom}} = 1,234 \times 10^7 \text{ Pa/V}$; $T_2 = 5 \text{ s}$.
- Le capteur est modélisé par un gain pur : $K_{\text{cap}} = 2,5 \times 10^{-8} \text{ V/Pa}$.

La pression de consigne est de $P_{\text{con}} = 800 \text{ bars}$ et les débits de fuite sont estimés à $\Delta Q_e = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

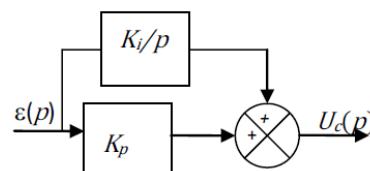
Le cahier des charges concernant le réglage de la pression de test est le suivant.

Stabilité :	marge de phase de 60° marge de gain de 12 dB
Rapidité :	temps d'établissement $t_e < 40 \text{ s}$ (voir remarque ci-dessous)
Précision :	erreur statique < 5% soit pour une consigne de 800 bars : erreur statique due à la consigne : $\varepsilon_{\text{con}} < 5\%$ erreur statique due à la perturbation $\varepsilon_{\text{pert}} < 40 \text{ bars}$
Amortissement :	pas de dépassement

Dans le cas d'un système bouclé convenablement amorti, on pourra utiliser, sans aucune justification, la relation : $t_e \cdot \omega_{0\text{dB}} = 3$ où $\omega_{0\text{dB}}$ désigne la pulsation de coupure à 0 dB en boucle ouverte et t_e le temps d'établissement en boucle fermée vis-à-vis d'un échelon de consigne :

- $t_e = t_m$, temps du 1er maximum si le dépassement est supérieur à 5 %,
- $t_e = t_R$, temps de réponse à 5 % si le dépassement est nul ou inférieur à 5 %.

On se propose de corriger le système avec le correcteur défini sur le schéma bloc ci-dessous.



Question 1 Déterminer la fonction de transfert $C(p)$ de ce correcteur.

Question 2 Tracer l'allure de son diagramme de Bode en fonction des coefficients K_i et K_p .

Question 3 Quelle est l'influence d'un tel correcteur sur la précision et la stabilité? Justifier.

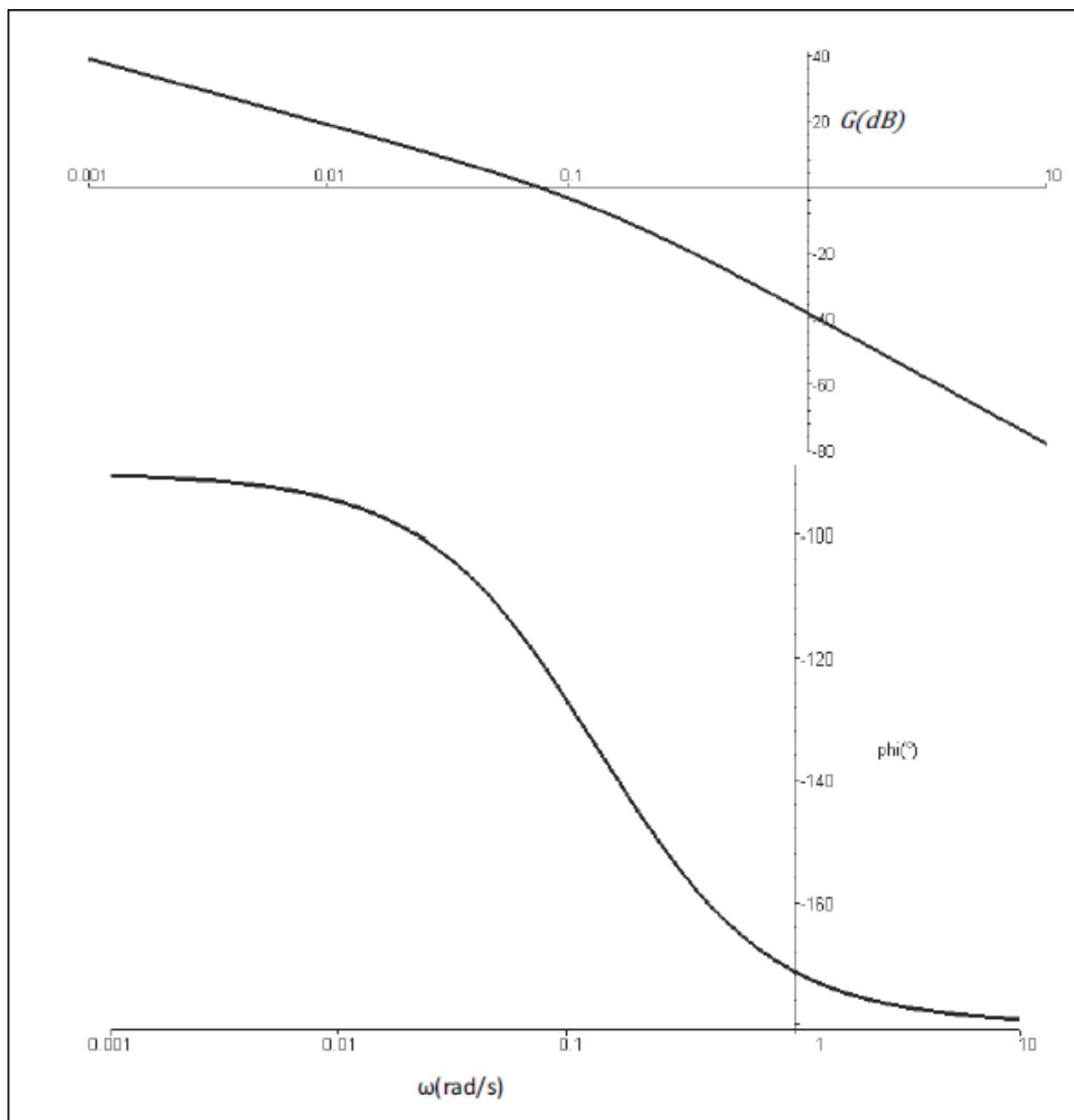
Question 4 Quelle valeur faut-il donner à $\omega_{0\text{dB}}$ pour répondre au critère de rapidité du cahier des charges?

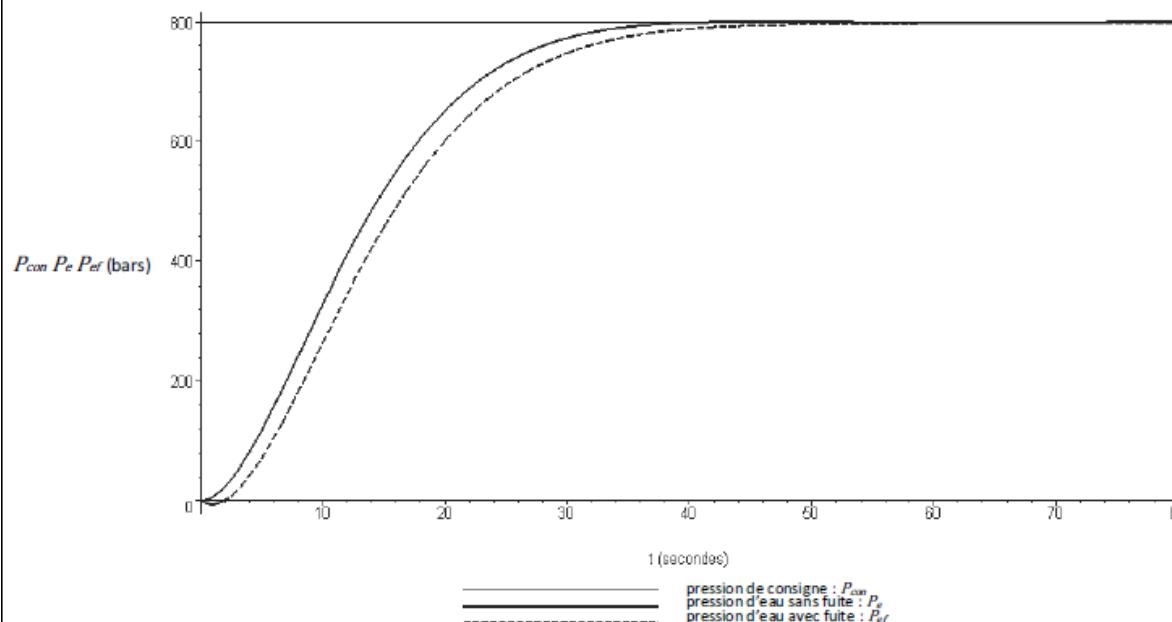
Question 5 Déterminer analytiquement le rapport $T = \frac{K_p}{K_i}$ pour obtenir la marge de phase spécifiée dans le cahier des charges.

Question 6 En déduire les valeurs de K_i et K_p qui permettent de régler rapidité et marge de phase.

On donne les diagrammes de Bode en gain et en phase de la fonction de transfert en boucle ouverte corrigée avec le correcteur Proportionnel Intégral déterminé précédemment. On donne sa réponse temporelle avec et sans débit de fuite pour une pression de consigne d'eau de 800 bars.

Question 7 La réponse du système est-elle satisfaisante au regard du cahier des charges? Justifier.





Éléments de corrigé :

$$1. \ C(p) = K_i \frac{1 + p \frac{K_p}{K_i}}{p}$$

2. .

3. .

4. $T = 6,79$.

5. $K_i = 0,05$ et $K_p = 0,34$ (à vérifier).

Corrigé voir 181.

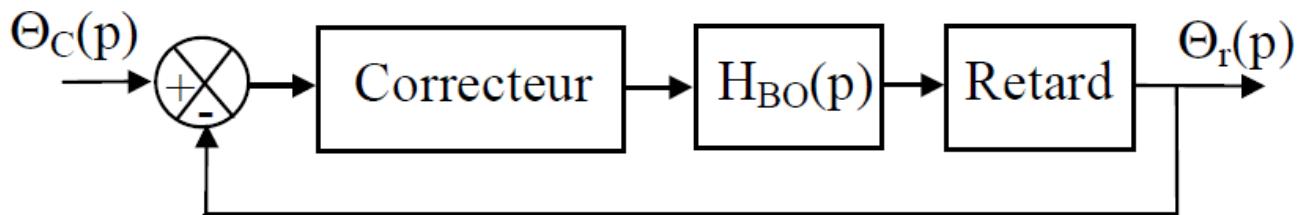
Exercice 182 - *

C2-03

Pas de corrigé pour cet exercice.

L'asservissement est donné par le schéma-blocs suivant. $H_{BO}(p) = \frac{4}{p(p+3,6)}$. Le retard du système est de 0,2 s.

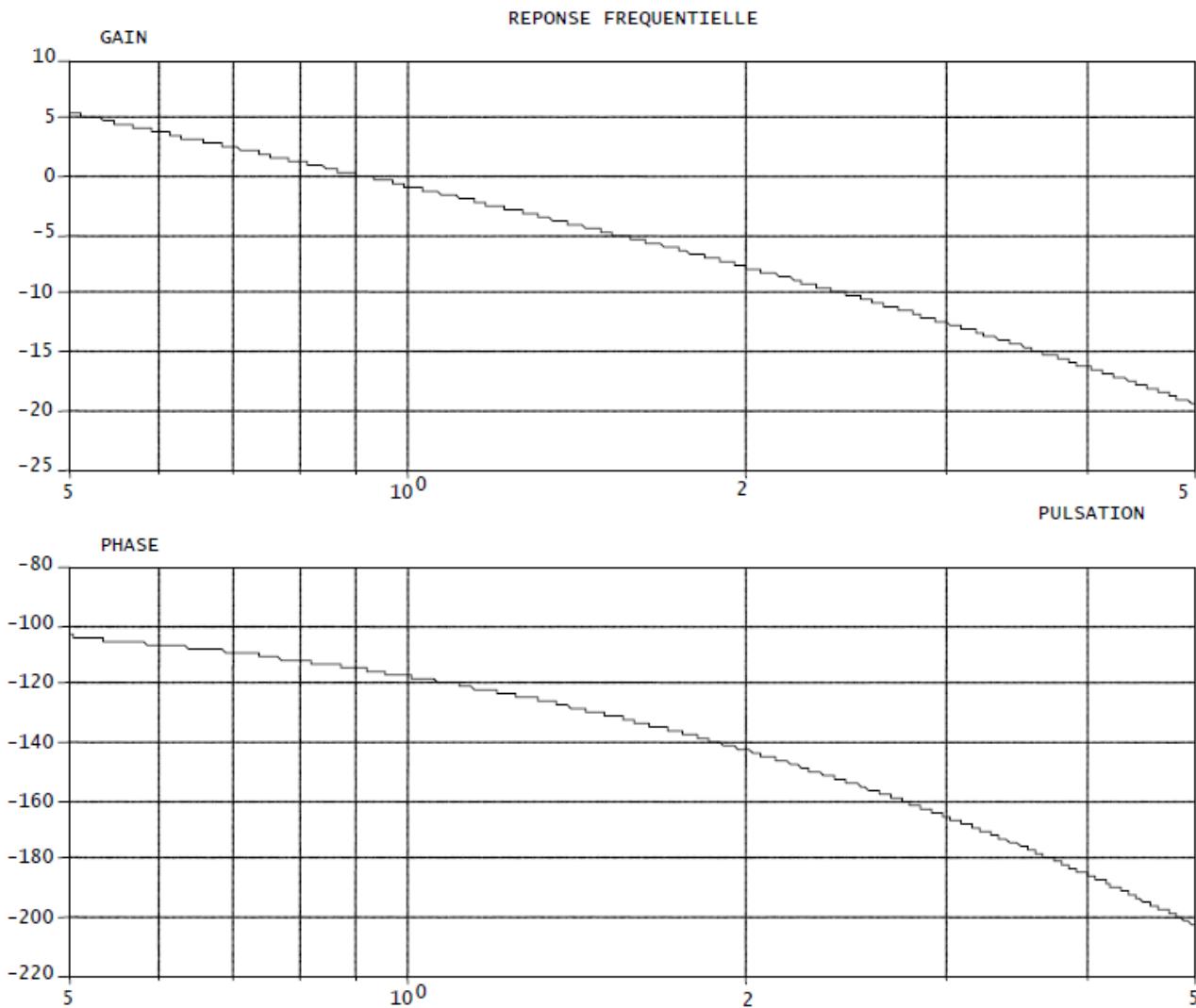
$$\text{De plus, } C(p) = K_c \frac{1 + T_c p}{T_c p}$$



Question 1 Tracer le diagramme de Bode asymptotique de $H_{BO}(p)$ pour des pulsations comprises entre $0,5 \text{ rad s}^{-1}$ et 50 rad s^{-1} .

Question 2 Tracer le diagramme de Bode du retard pour des pulsations comprises entre $0,5 \text{ rad s}^{-1}$ et 50 rad s^{-1} .

On donne le diagramme de la FTBO retardée.



Question 3 Déterminer le gain K_c qui donne une marge de phase de 50° .

Question 4 La constante T_c qui laisse subsister une marge de phase d'environ 45° .

Question 5 Quelle est l'erreur de traînage du système corrigé pour l'entrée en rampe considérée (en négligeant le retard).

Corrigé voir 182.

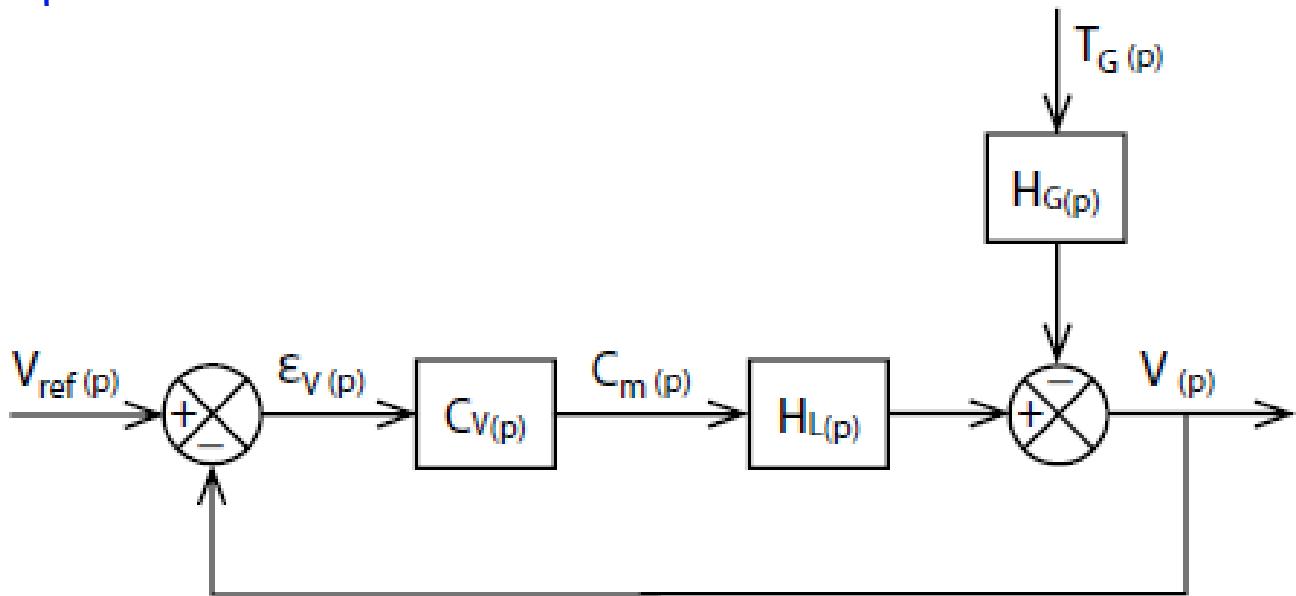
3.2.4 Mettre en œuvre une démarche de réglage d'un correcteur.

Exercice 183 – Système éclipse *

C2-04

Pas de corrigé pour cet exercice.

Le schéma-blocs sous la forme suivante avec un gain unitaire pour le capteur de vitesse.



$$H_L(p) = \frac{K_L}{1 + \tau_L p} \text{ et } H_G(p) = \frac{K_G}{1 + \tau_G p} \text{ avec } \tau_G = \tau_L = 20 \text{ ms}, K_L = 1 \times 10^{-3} \text{ N}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ et } K_G = 2 \times 10^{-5} \text{ mN}^{-1}\text{s}^{-1}.$$

Le cahier des charges donne les valeurs des critères d'appréciation adoptés :

- la précision : en régime permanent à vitesse constante, soit $\epsilon_S = 0$ et à accélération constante, soit $\epsilon_T = 0$; ϵ_S désigne l'erreur statique de position et ϵ_T l'erreur statique de vitesse ou erreur de traînage;
- la rapidité : le temps de réponse à 5 % tel que : $t_{R5\%} \leq 1 \text{ s}$;
- la stabilité : marge de phase $\geq 45^\circ$ et marge de gain $\geq 10 \text{ dB}$.

On choisit tout d'abord une correction proportionnelle telle que $C_V(p) = K_p$.

Question 1 Le cahier des charges est-il respecté en termes de précision, rapidité et stabilité?

Question 2 Peut-on choisir une valeur de K_p qui puisse assurer le respect complet du cahier des charges?

Question 3 Le système est-il robuste à une perturbation en échelon?

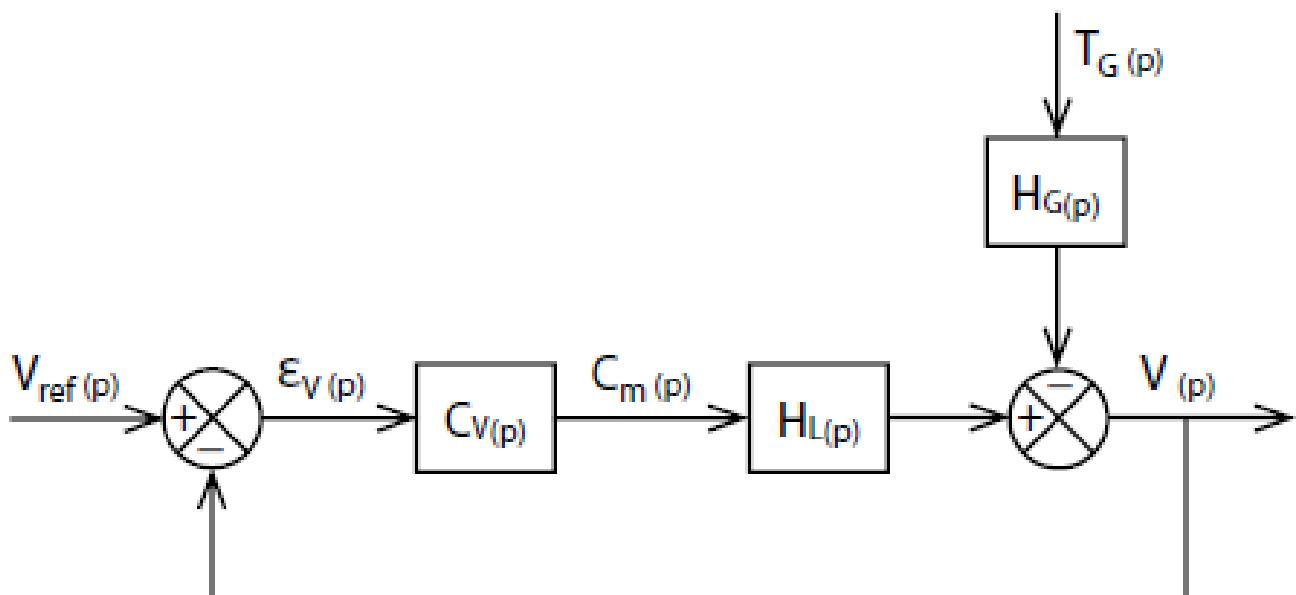
Corrigé voir 183.

Exercice 184 – Système éclipse *

C2-04

Pas de corrigé pour cet exercice.

Le schéma-blocs sous la forme suivante avec un gain unitaire pour le capteur de vitesse.



$$H_L(p) = \frac{K_L}{1 + \tau_L p} \text{ et } H_G(p) = \frac{K_G}{1 + \tau_G p} \text{ avec } \tau_G = \tau_L = 20 \text{ ms}, K_L = 1 \times 10^{-3} \text{ N}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ et } K_G = 2 \times 10^{-5} \text{ mN}^{-1}\text{s}^{-1}.$$

Le cahier des charges donne les valeurs des critères d'appréciation adoptés :

- la précision : en régime permanent à vitesse constante, soit $\varepsilon_S = 0$ et à accélération constante, soit $\varepsilon_T = 0$; ε_S désigne l'erreur statique de position et ε_T l'erreur statique de vitesse ou erreur de traînage;
- la rapidité : le temps de réponse à 5 % tel que : $t_{R5\%} \leq 1 \text{ s}$;
- la stabilité : marge de phase $\geq 45^\circ$ et marge de gain $\geq 10 \text{ dB}$.

On considère que le système n'est pas perturbé et que $T_G(p) = 0$. On choisit tout d'abord une correction intégrale telle que $C_V(p) = \frac{K_i}{p}$.

Question 1 Le cahier des charges est-il respecté en terme de précision ?

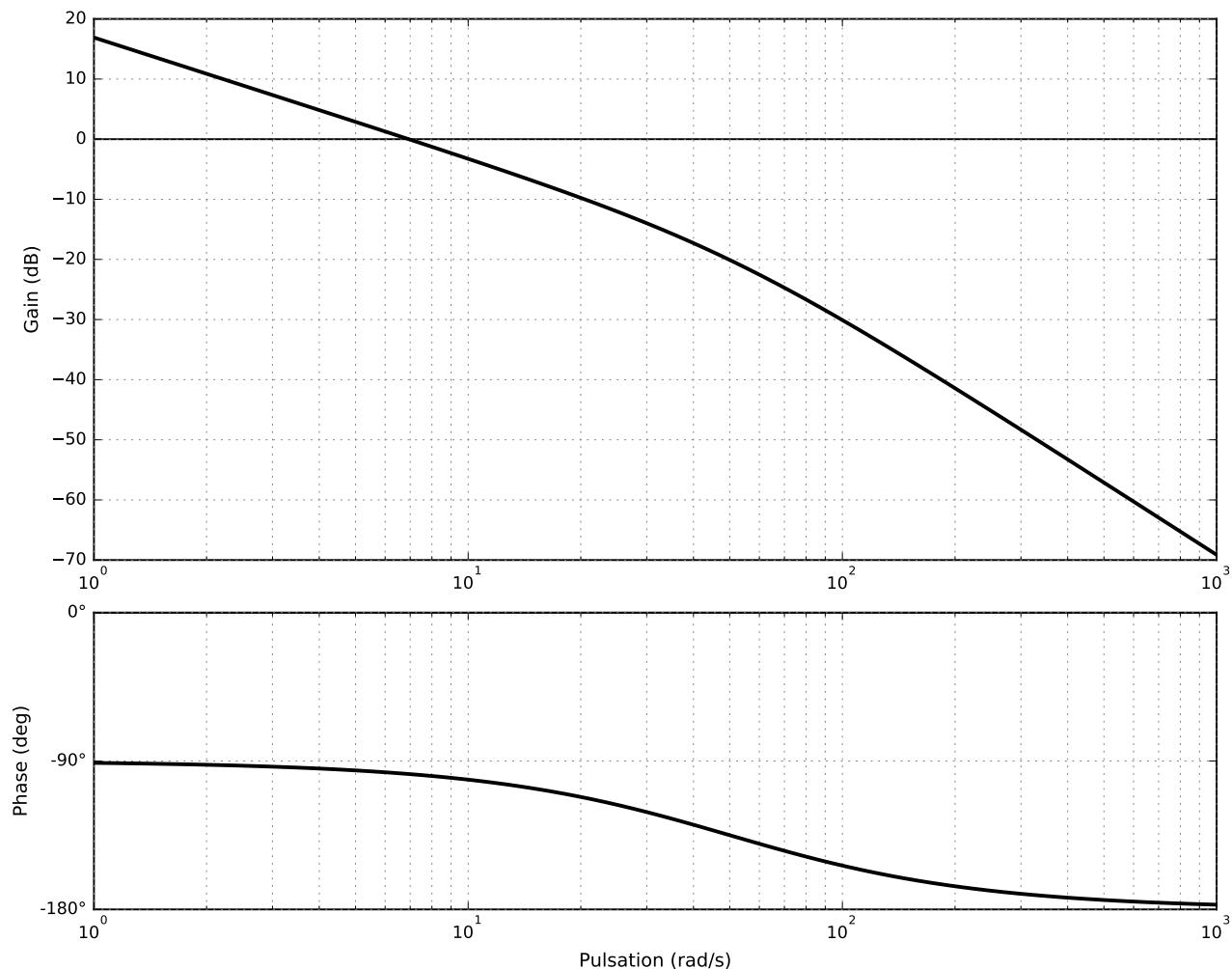
Question 2 Calculer numériquement le temps de réponse à 5 % optimal obtenu avec cette correction. Préciser la valeur de K_i permettant d'obtenir ce temps de réponse

Question 3 Tracer l'allure du diagramme de Bode de la FTBO corrigée avec ce correcteur.

Question 4 Indiquer la marge de phase.

Question 5 Calculer la valeur de K_i limite assurant le cahier des charges en terme de marge de phase.

Question 6 Vérifier cette valeur en vous aidant du diagramme de Bode partiel de la fonction $C_V(p) \cdot H_L(p)$, donné ci-dessous pour la valeur particulière : $K_i = 7000$.



Question 7 Que pensez-vous de cette valeur, vis-à-vis du comportement du système, comparée à celle trouvée

Question 8 Un correcteur de type $C_V(p) = \frac{K_i}{p^2}$, permettrait-il d'obtenir les performances attendues en terme de précision et pourquoi?

Question 9 Permet-il d'assurer la stabilité du système et pourquoi?

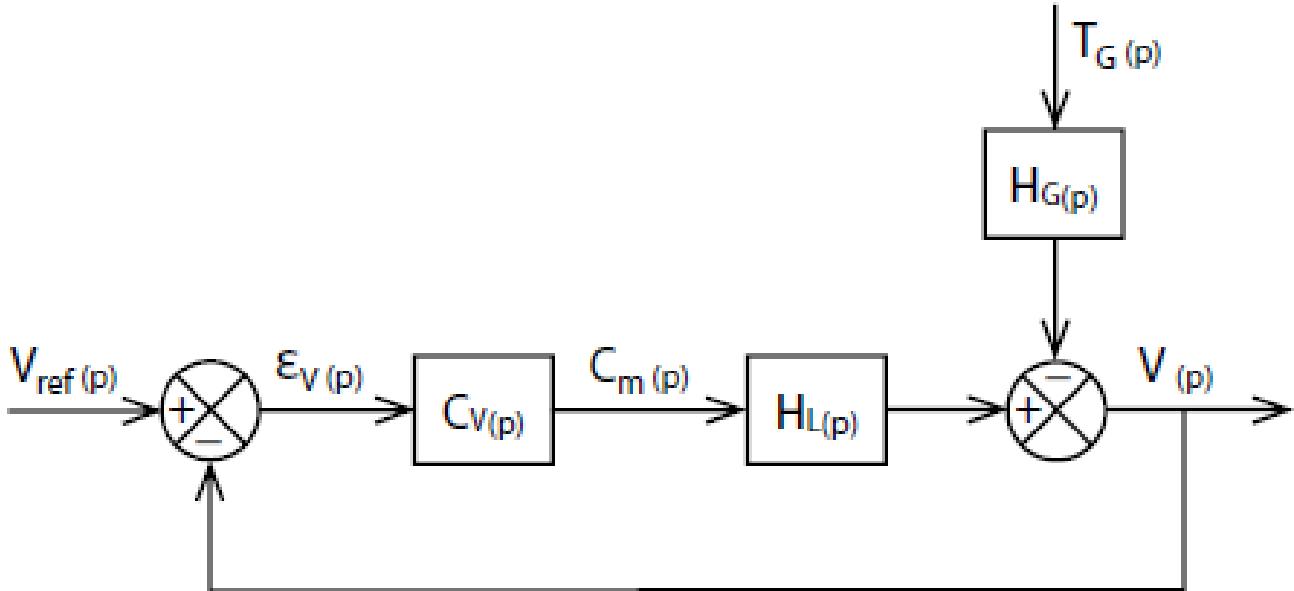
Corrigé voir 185.

Exercice 185 – Système éclipse *

C2-04

Pas de corrigé pour cet exercice.

Le schéma-blocs sous la forme suivante avec un gain unitaire pour le capteur de vitesse.



$$H_L(p) = \frac{K_L}{1 + \tau_L p} \text{ et } H_G(p) = \frac{K_G}{1 + \tau_G p} \text{ avec } \tau_G = \tau_L = 20 \text{ ms}, K_L = 1 \times 10^{-3} \text{ N}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ et } K_G = 2 \times 10^{-5} \text{ mN}^{-1}\text{s}^{-1}.$$

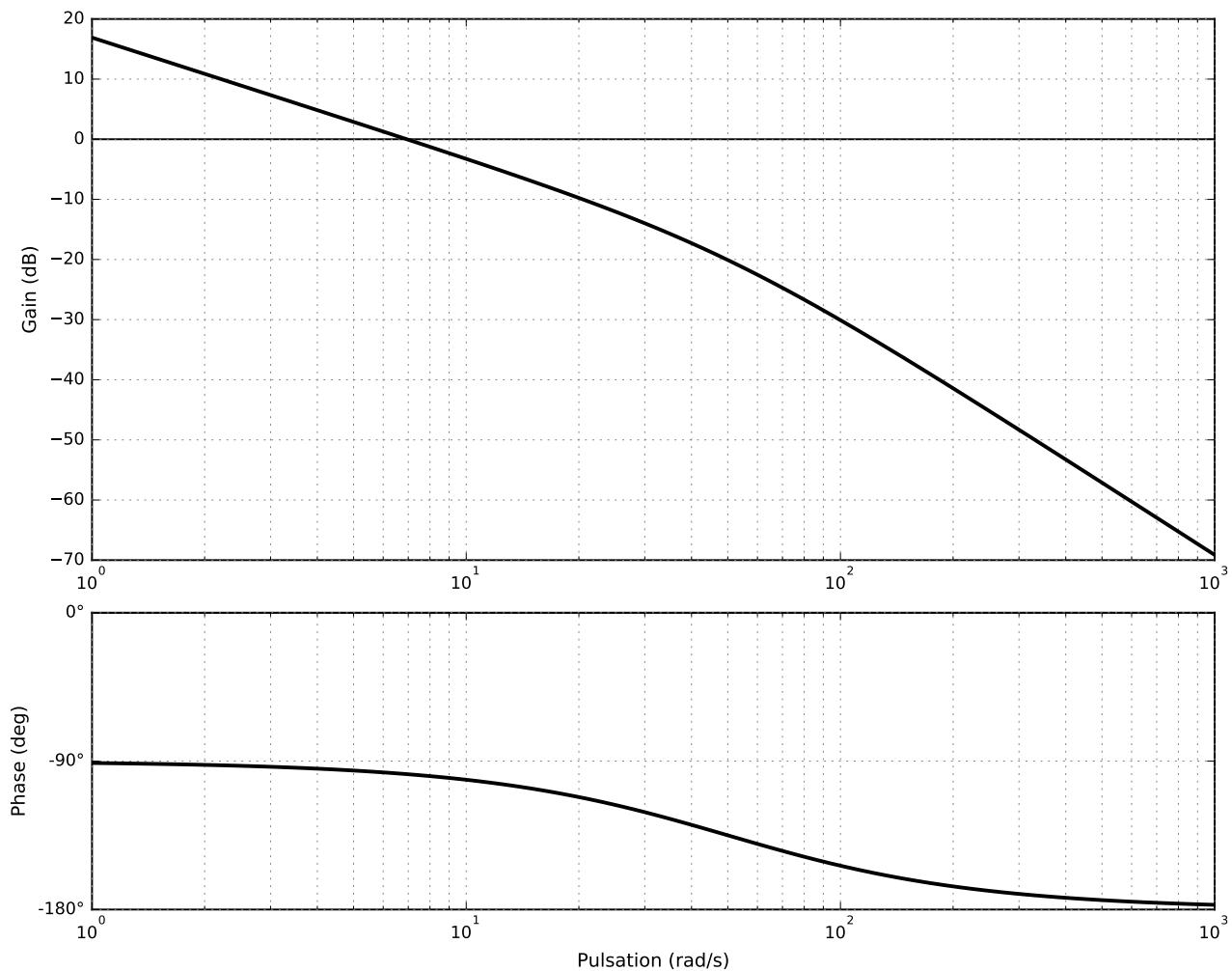
Le cahier des charges donne les valeurs des critères d'appréciation adoptés :

- la précision : en régime permanent à vitesse constante, soit $\epsilon_S = 0$ et à accélération constante, soit $\epsilon_T = 0$; ϵ_S désigne l'erreur statique de position et ϵ_T l'erreur statique de vitesse ou erreur de traînage;
- la rapidité : le temps de réponse à 5 % tel que : $t_{R5\%} \leq 1 \text{ s}$;
- la stabilité : marge de phase $\geq 45^\circ$ et marge de gain $\geq 10 \text{ dB}$.

On considère que le système n'est pas perturbé et que $T_G(p) = 0$. On choisit une correction telle que $C_V(p) = C_{V1}(p) \cdot C_{V2}(p)$ avec $C_{V1}(p) = \frac{K_i}{p^2}$ et $C_{V2}(p) = \frac{1 + k_f \tau_v p}{1 + \tau_v p}$ où k_f est appelé coefficient de filtrage et dont la valeur est généralement comprise entre $5 \leq k_f \leq 10$.

Question 1 Comment se nomme la correction apportée par $C_{V2}(p)$? Expliquer brièvement comment ce type de correction permet de stabiliser un système instable. Pour cela, tracer l'allure du diagramme de Bode correspondant à ce terme.

La figure suivante fournit les diagrammes de Bode du système corrigé uniquement par le correcteur $C_{V1}(p)$ avec $K_V = 1$, c'est-à-dire la fonction de transfert $W(p) = \frac{1}{p^2} H_L(p)$.



Question 2 Lire sur les diagrammes de Bode du système de fonction de transfert $W(p)$, la valeur de la pulsation de coupure $\omega_{0\text{dB}}$ où le rapport d'amplitude A_{dB} s'annule. Quelle est, à cette pulsation, la valeur de la phase? Justifier alors la présence de la correction $\frac{1 + k_f \tau_v p}{1 + \tau_v p}$

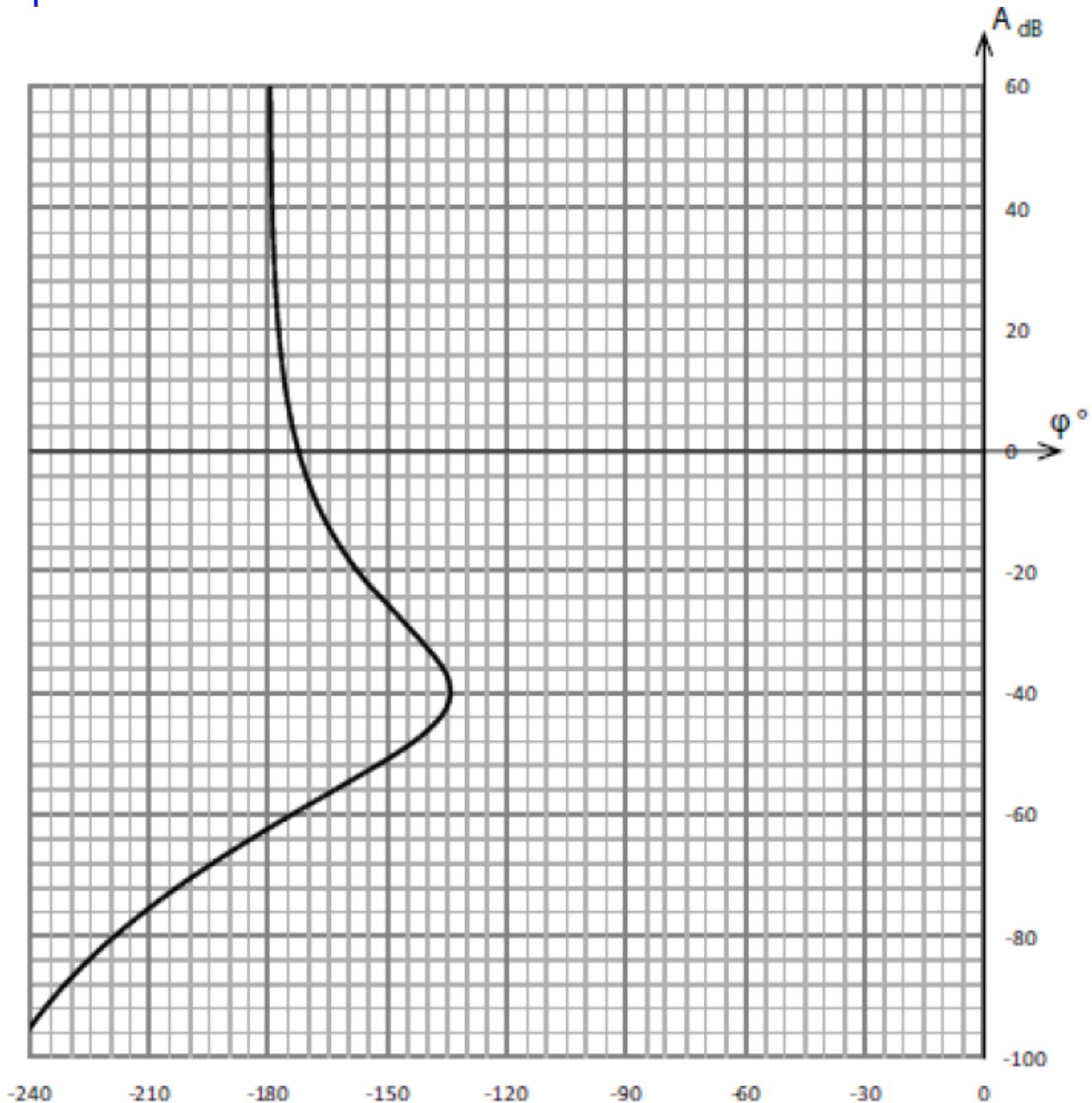
Question 3 Exprimer en fonction de τ_v et de k_f la pulsation ω_m pour laquelle la phase maximale est atteinte. On rappelle pour cela que $\frac{d \arctan x}{dx} = \frac{1}{1+x^2}$.

On montre que pour un coefficient de filtrage $k_f = 8$, la valeur maximale de la phase, ajoutée par la correction, est de 51° .

On choisit de prendre pour ω_m la valeur de la pulsation pour laquelle le système corrigé uniquement par le correcteur $C_V(p)$, possède une phase de -185° .

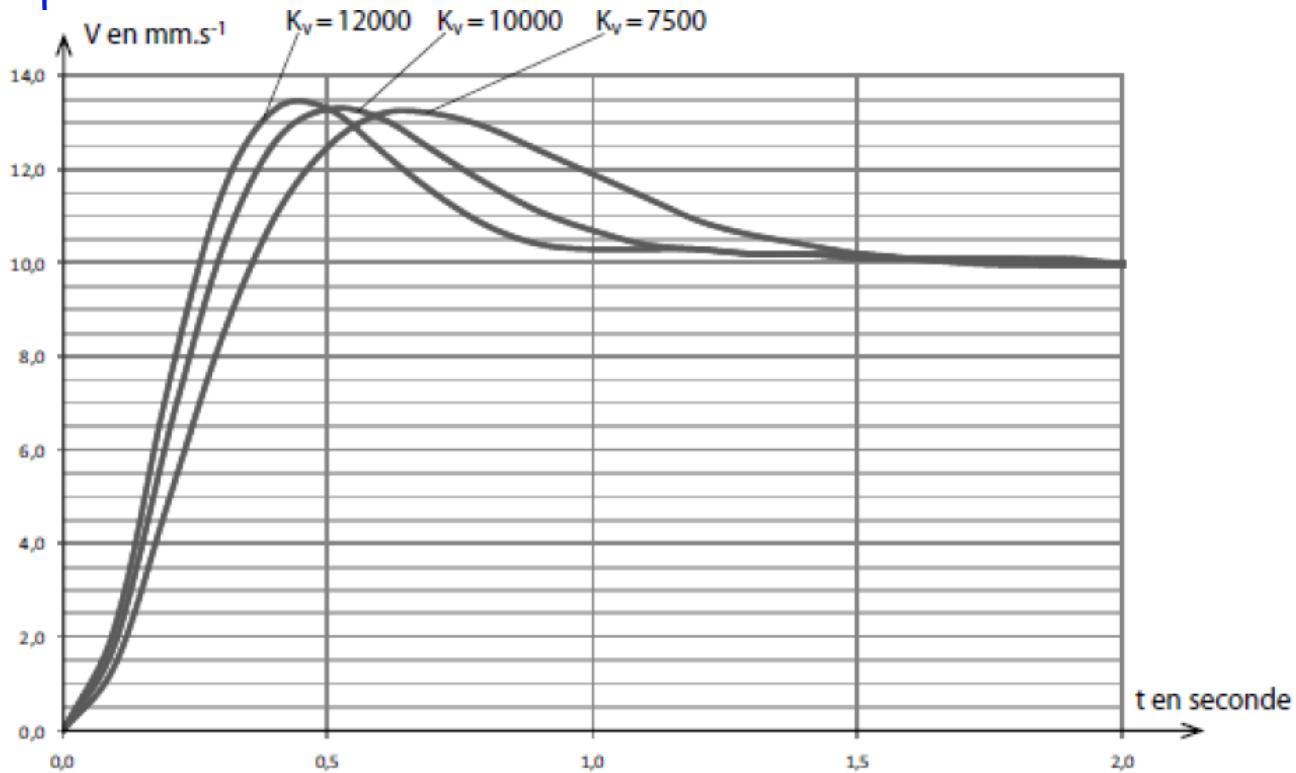
Question 4 Lire sur les diagrammes de Bode la valeur de ω pour laquelle la phase du système corrigé uniquement par le correcteur $C_V(p)$, est de -185° . En déduire la valeur de τ_v correspondante.

Question 5 Pour la valeur de τ_v trouvée précédemment, on donne le diagramme de Black (hors programme...) de la FTBO du système corrigé entièrement, obtenu pour $K_V = 75$. Donner la valeur de K_V qui maximise la marge de phase en expliquant comment vous l'obtenez à la lecture de ce diagramme. Valider alors les performances attendues en terme de stabilité.



DDS

Question 6 On donne le tracé de la réponse temporelle à un échelon de vitesse de 10 mm s^{-1} du système corrigé pour trois valeurs de K_V . Quelle valeur de K_V permet de valider les performances attendues en terme de rapidité? Donnez une valeur optimale de K_V qui permette de satisfaire au mieux le cahier des charges?



Question 7 Le système ainsi corrigé est-il robuste aux perturbations en échelon mais également en rampe comme celles provoquées par le système de maintien en tension ?

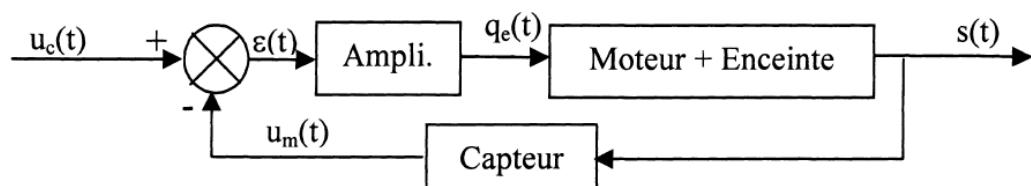
Corrigé voir 185.

Exercice 186 – Micromanipulateur *

C2-04

Pas de corrigé pour cet exercice.

Pour éléver la température à cœur du moteur, on alimente en tension tous les bobinages du moteur par l'intermédiaire d'un comparateur et d'un amplificateur. Cet ensemble élabore une tension, dépendant de la tension de consigne $u_c(t)$, provenant d'un dispositif non étudié ici, et de la tension $u_m(t)$ fournie par un capteur de température situé dans le stator du moteur.



$u_c(t)$: tension de consigne.

$u_m(t)$: tension image de la variation de température.

$s(t)$: variation de température.

$\varepsilon(t)$: tension image de l'écart entre la consigne et la variation de température.

$q_e(t)$: flux de chaleur apporté par effet joule.

L'ensemble {Moteur + enceinte} est modélisé par un premier ordre de fonction de transfert $H(p) = \frac{H_0}{1 + \tau p}$ avec $H_0 = 0^\circ\text{C W}^{-1}$ et $\tau = 200\text{ s}$?

Le capteur est modélisé par un système de fonction de transfert $\beta \exp^{-T_r p}$ avec $\beta = \frac{5}{200} \text{ V}^\circ\text{C}^{-1}$ et $T_r = 20\text{ s}$.

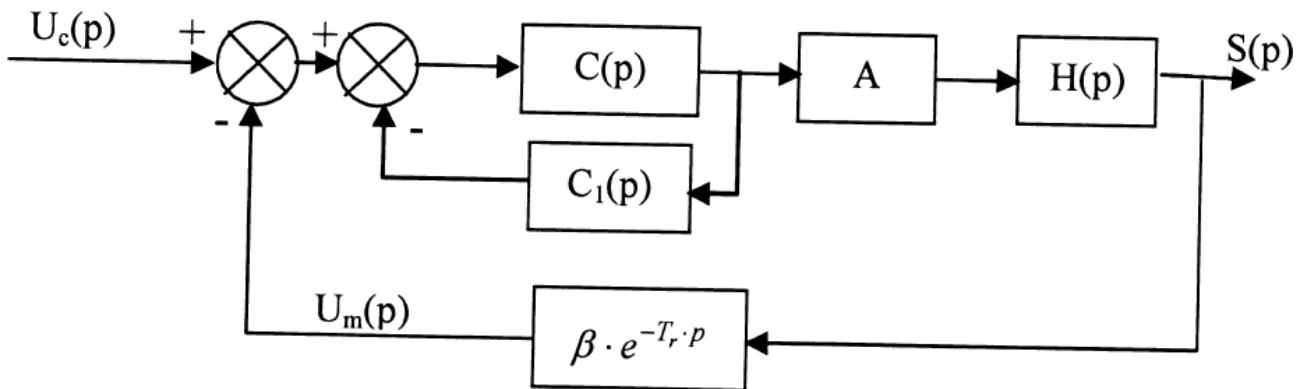
L'amplificateur est modélisé par un gain pur $A = 400 \text{ W V}^{-1}$

Le cahier des charges est le suivant.

FS4 : Ne pas polluer l'environnement de la chambre à vide	<ul style="list-style-type: none"> • Température de la phase de dégazage • Dépassemement de température • Ecart par rapport à une consigne constante • Durée de montée en température (à 5% près) 	200°C Aucun Nul 2 min
---	---	--------------------------------

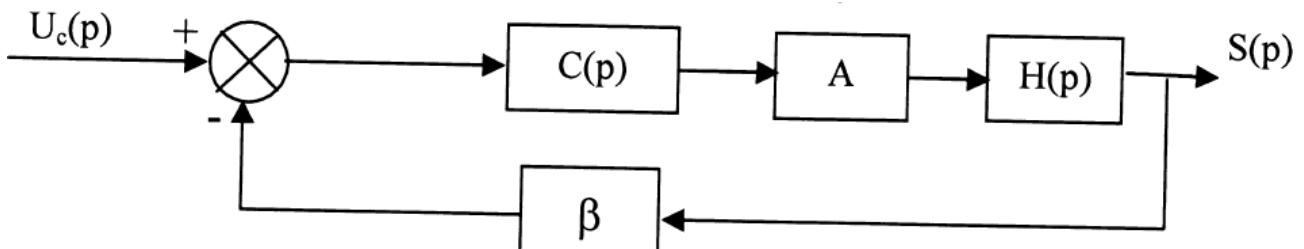
Question 1 Expliquez en quelques lignes pourquoi le retard engendré par le capteur risque de rendre le système non conforme au cahier des charges.

Pour supprimer l'influence du retard, on choisit d'insatller un correcteur en série juste avant l'amplificateur, comme indiqué sur le schéma-blocs suivant.



Question 2 Déterminer l'expression littérale de la fonction de transfert en boucle fermée du système ainsi corrigé en fonction de $H(p)$, A , $C(p)$, $C_1(p)$, β et T_r .

Question 3 Déterminer l'expression de $C_1(p)$ en fonction de $H(p)$, A , β et T_r , pour que le système ait un comportement équivalent au système sans retard suivant.



Grâce au correcteur $C(p)$ choisi précédemment, le retard n'a plus d'influence sur la commande du système.

On choisit comme fonction de transfert de la seconde partie du ocrrecteur $C(p) = K_i \frac{1 + T_i p}{T_i p}$.

Question 4 Justifier le choix de $C(p)$ en vous appuyant sur les exigences du cahier des charges.

Question 5 Déterminer l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée $F(p) = \frac{S(p)}{U_c(p)}$ du système en fonction de K_i et T_i .

Question 6 Calculer la valeur de T_i pour que le système se comporte comme un premier ordre.

Question 7 Calculer la valeur de K_i pour que le temps de montée en température soit compatible avec les données du cahier des charges.

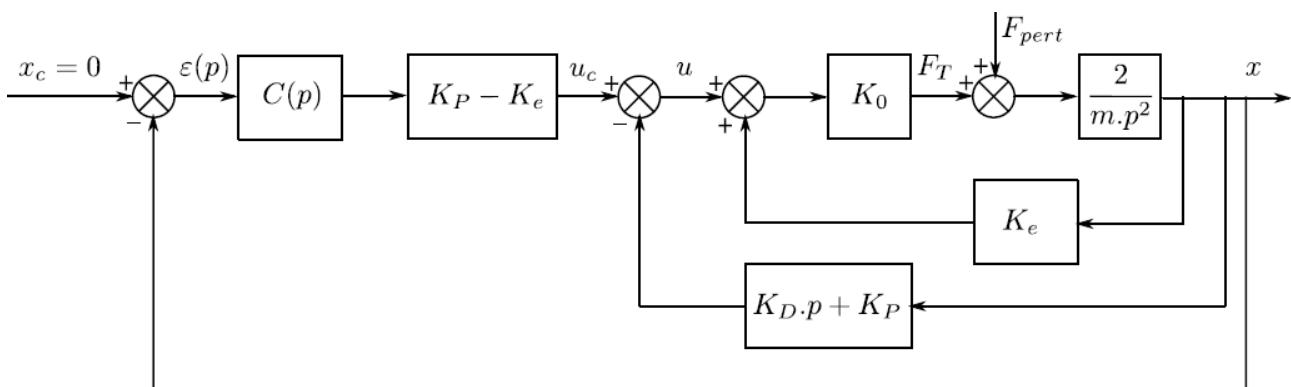
Éléments de corrigé :

1. .
2. $H_{BF \text{ corrigee}} = \frac{AHC}{1 + CC_1 + AHC\beta \exp^{-T_r p}}$.
3. $C_1 = AH\beta(1 - \exp^{-T_r p})$.
4. .
5. $F(p) = \frac{AH_0 K_i (1 + T_i p)}{(1 + \tau p) T_i p + A\beta H_0 K_i (1 + T_i p)}$.
6. $T_i = \tau$.
7. $K_i = \frac{\tau}{40A\beta H_0} = 25$.

Corrigé voir 186.

Exercice 187 – Pompe turbo-moléculaire *
C2-04
Pas de corrigé pour cet exercice.

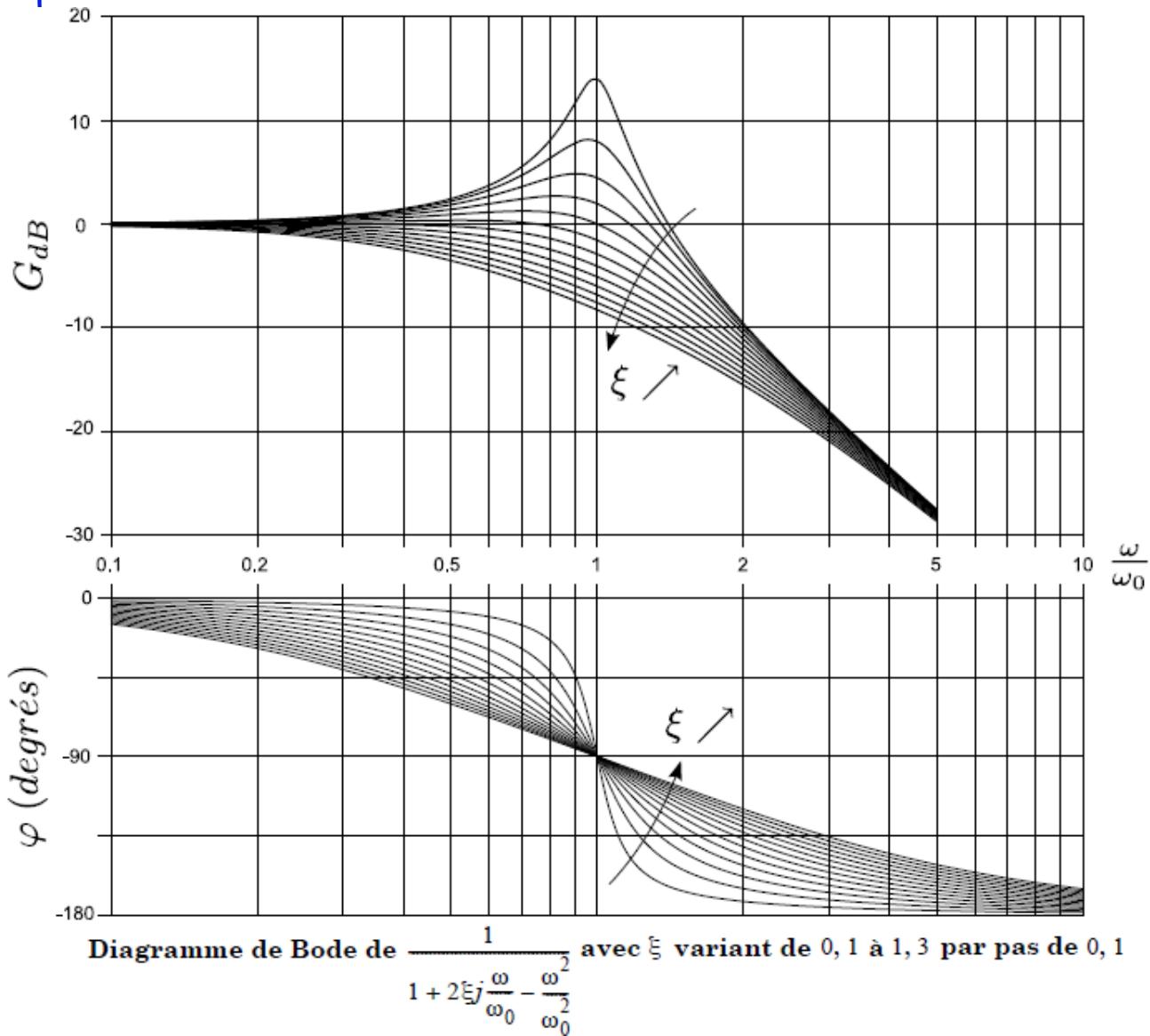
Afin de satisfaire les critères du cahier des charges, on envisage d'asservir le palier magnétique par un premier bouclage de stabilisation ($K_D \cdot p + K_P$). Un second retour unitaire associé à un correcteur $C(p)$ assure la régulation en position du palier. On utilisera par la suite les paramètres suivants : $K_e = 5000 \text{ V m}^{-1}$, $K_0 = 190 \text{ N m}^{-1}$ et $m = 10 \text{ kg}$. On considère dans un premier temps le système sans correction : $C(p) = 1$.



Effort maximal transmissible sur chaque palier	$F = 300 \text{ N}$	
Déplacement maximal autorisé	Jeu dans les paliers magnétiques de 0,2 mm	
Stabilité de l'asservissement	Marge de phase	60°
	Marge de gain	12 dB
Sensibilité aux perturbations	Amortissement	$\xi = 0,4$
	Bande passante à -3 dB	$\omega_{\max}/10$
	Déplacement en régime permanent vis-à-vis d'une perturbation constante	nul

Question 1 Déterminer la fonction de transfert de la boucle interne $H_{PMI}(p) = \frac{X(p)}{\varepsilon(p)}$, en fonction de K_e , K_0 , m , K_p et K_D . Préciser les conditions sur K_D et K_p pour que $H_{PMI}(p)$ soit stable en boucle ouverte.

Question 2 En considérant l'ensemble de l'asservissement, déterminer la fonction de transfert $H_{pert}(p) = \frac{X(p)}{F_{pert}(p)}$, puis calculer les valeurs de K_D et K_p permettant de respecter les spécifications du cahier des charges en terme de bande passante et d'amortissement.



DDS

Question 3 Tracer l'allure des diagrammes de Bode asymptotique et réel de la fonction de transfert de la boucle interne $H_{PMI}(p)$ et préciser la pulsation de coupure ainsi que les marges de gain et de phase. Valider les critères de stabilité du cahier des charges.

L'ouverture et la fermeture des arrivées de gaz sont assurées par des « vannes guillotines ». À la suite de la fermeture de la guillotine, le palier est soumis à un effort bref mais violent, qui peut être modélisé par une perturbation d'effort en échelon d'amplitude F_G .

Question 4 Conclure quant au critère de sensibilité vis-à-vis des perturbations.

Afin d'améliorer les performances du système, on utilise un correcteur de fonction de transfert: $C(p) = K_i \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right)$.

Question 5 Quelle performance est directement améliorée par ce correcteur ? (justifier votre réponse sans calcul).

Question 6 Tracer l'allure du diagramme de Bode du correcteur en précisant les valeurs caractéristiques. Expliquer comment choisir K_i et T_i afin de conserver des marges de gain, de phase, et une pulsation de coupure proches de celles obtenues sans correction ($C(p) = 1$). Proposer des valeurs numériques.

On admet que le correcteur influe peu sur le temps de réponse et les dépassemens lorsque les marges de stabilité et la pulsation de coupure sont conservées. On garde par conséquent les valeurs de K_P et K_D obtenues précédemment.

Conclusion : nous avons donc désormais dimensionné les deux boucles d'asservissement successives permettant d'obtenir les performances attendues du palier magnétique.

Afin de préparer la prochaine partie, relative à l'étude dynamique du rotor, on recherche un modèle simple de l'effort du palier magnétique actif en fonction du déplacement x de l'arbre, dans une gamme de vitesses de rotation

raisonnables variant de $10\,000 \text{ tr min}^{-1}$ à $30\,000 \text{ tr min}^{-1}$.

Question 7 Déterminer la fonction de transfert $K(p)$ telle que $F_T(p) = K(p)X(p)$. À partir de simplifications justifiées, montrer que dans la plage de fréquences considérée, l'effort $F_T(p)$ peut s'écrire sous la forme d'un modèle ressort amortisseur $F_T(t) = -kx(t) - c\dot{x}(t)$ où vous préciserez les valeurs numériques de k et c . Comment évolue le modèle lorsque ω augmente au delà de cette plage de fréquences ?

Éléments de corrigé :

1. $K_p > K_e$ et $K_D > 0$.
2. $K_p = 5900$ et $K_D = 5,5$.
3. $\omega_{c0} = 150 \text{ rad s}^{-1}$, $M_\varphi = 110^\circ$.
4. .
5. .
6. $K_i = 1$ et $T_i = 0,07 \text{ s}$.
7. .

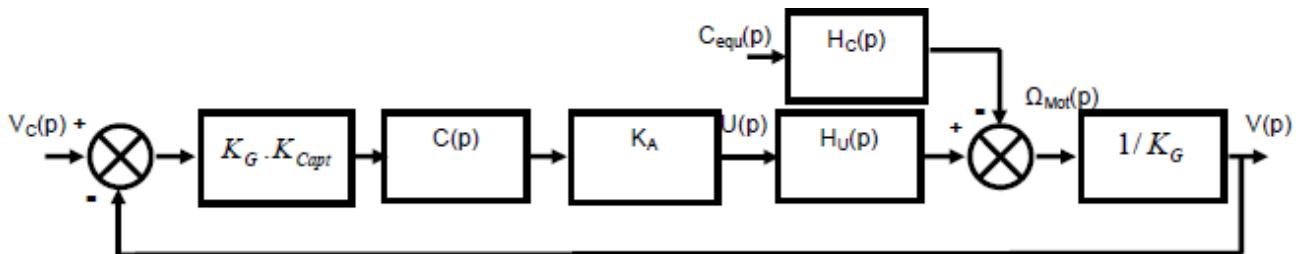
Corrigé voir 187.

Exercice 188 – Roburoc *

C2-04

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma-blocs suivant.



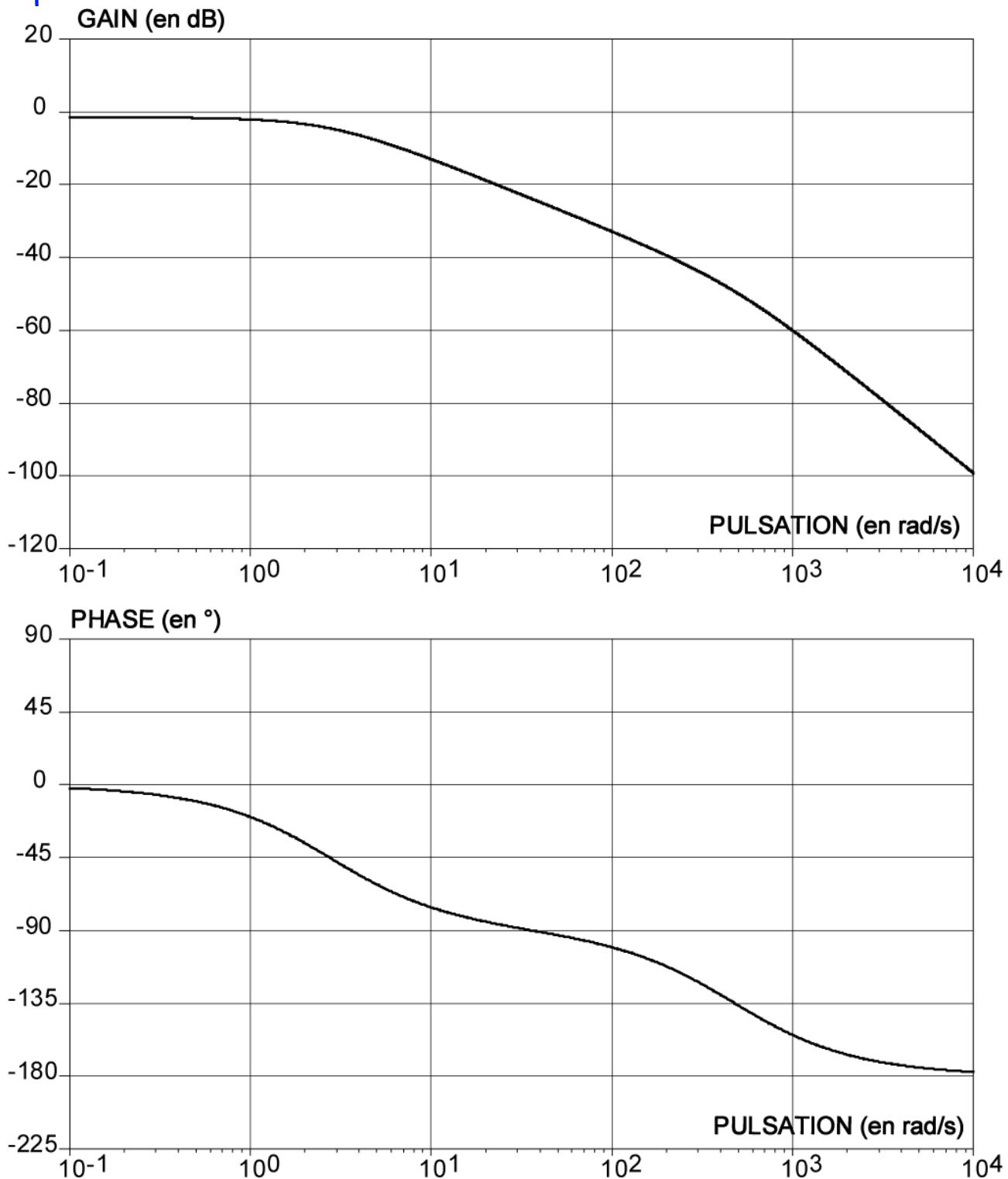
On a $H_U(p) = \frac{K_U}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$ et $H_C(p) = \frac{K_C \left(1 + \frac{L}{r} p\right)}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$. $K_U = 8,3 \text{ rad s}^{-1} \text{ V}^{-1}$, $K_C = 152,7 \text{ rad s}^{-1} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-1}$, $T_1 = 2,1 \text{ ms}$ et $T_2 = 0,36 \text{ ms}$.

Etude des performances sans correction : $C(p) = 1$

Nous distinguerons dans la suite :

- l'étude en poursuite : le couple de perturbation équivalent $C_{\text{equ}}(t)$ est nul. $V_c(t)$ varie;
- l'étude en régulation : la vitesse de consigne de la plate-forme $V_c(t)$ est nulle. $C_{\text{equ}}(t)$ varie.

Les diagrammes de Bode de la Fonction de Transfert en Boucle Ouverte FTBO(p) non corrigée sont fournis pour $C(p) = 1$.



DDS

Question 1 Le système étudié est-il stable théoriquement? Justifier vos réponses.

Question 2 Etudier l'aptitude du système sans correction à respecter les critères de précision. Vous déterminerez notamment les expressions littérales de l'erreur statique en poursuite pour une consigne de vitesse de la plate-forme $V_c(t)$ en échelon d'amplitude V_{CO} : $V_C(t) = V_{CO}u(t)$ (avec $u(t)$ l'échelon unitaire) et de l'influence en régulation d'une perturbation $C_{equ}(t)$ en échelon d'amplitude C_0 , sur la vitesse réelle $V(t)$ de la plate-forme en régime permanent.

Etude des performances avec un correcteur de fonction de transfert : $C(p) = \frac{K_I}{p}$

Question 3 Indiquer quelle est la nature de la correction effectuée par ce correcteur (ou désignation du correcteur)? Indiquer pour quelle(s) raison(s) principale(s) ce correcteur a été choisi. Valider ce choix vis à vis du cahier des

charges. Sans calcul, donner l'influence de ce correcteur sur les autres performances attendues.

Reprendons le diagramme de Bode précédent.

Question 4 Compléter le document-réponse en traçant les diagrammes de Bode du correcteur avec $K_I = 1 \text{ s}^{-1}$. Déterminer alors la valeur de K_I maximale notée $K_{I\max}$ permettant de respecter les marges de stabilité énoncées dans le cahier des charges.

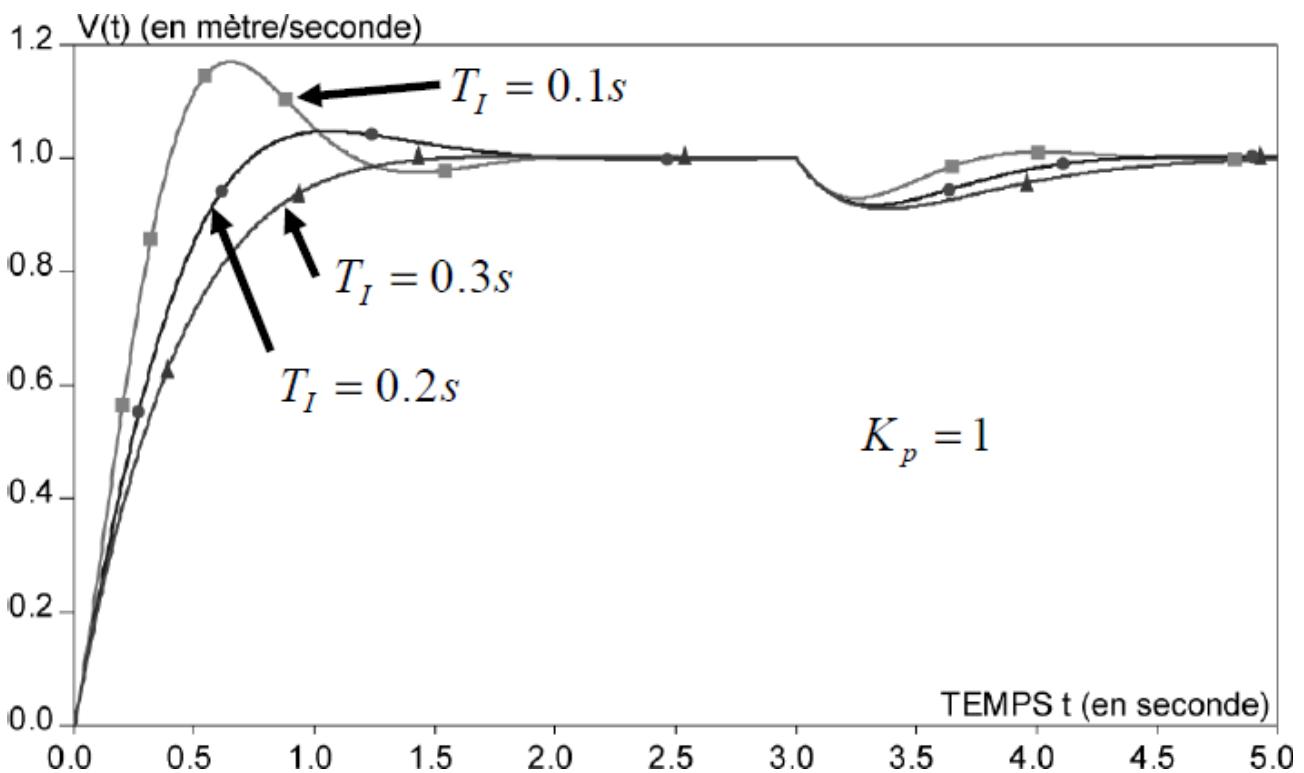
Afin d'évaluer analytiquement le temps de réponse à 5%, Il est proposé d'adopter une modélisation simplifiée du comportement du moteur en conservant uniquement le mode associé au pôle « dominant ». On donne $T_{5\% \text{mini}} \cdot \omega_0 = 3$ avec ω_0 la pulsation propre non amortie d'un système fondamental du second ordre.

Question 5 En analysant les valeurs numériques des pôles de la fonction de transfert du moteur en poursuite $H_U(p)$, préciser quel est le pôle dominant et proposer alors un modèle simplifié de la fonction de transfert $H_U(p)$. Déterminer alors la valeur numérique de K_I notée $K_{I5\%}$ minimisant le temps de réponse à 5% pour une entrée échelon en poursuite. Calculer alors la valeur approchée du temps de réponse à 5% minimale $T_{5\% \text{mini}}$ et comparer la au cahier des charges.

Etude des performances avec un correcteur proportionnel intégral : $C(p) = K_P \left(1 + \frac{1}{T_I p} \right)$

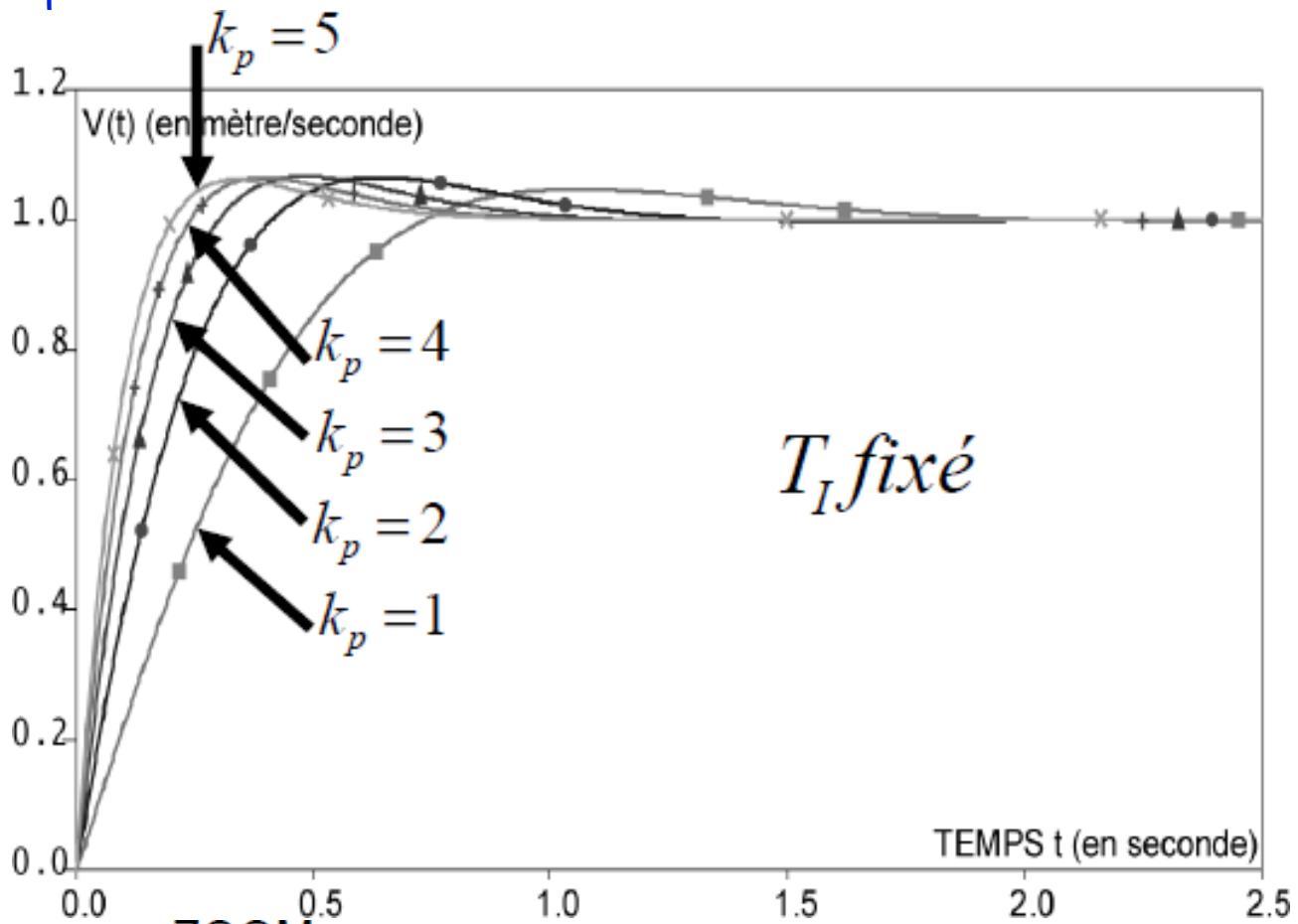
Le correcteur est remplacé par un correcteur proportionnel intégral. Des réponses temporelles du système corrigé sont tracées avec :

- une consigne de vitesse unitaire de la plate-forme $V_c(t) = u(t)$ (avec $u(t)$ l'échelon unitaire) ;
- une perturbation sous la forme d'un échelon unitaire retardé de 5 secondes $C_{\text{éch}}(t) = u(t - 5)$;
- un gain du correcteur $K_P = 1$;
- différentes valeurs de T_I .

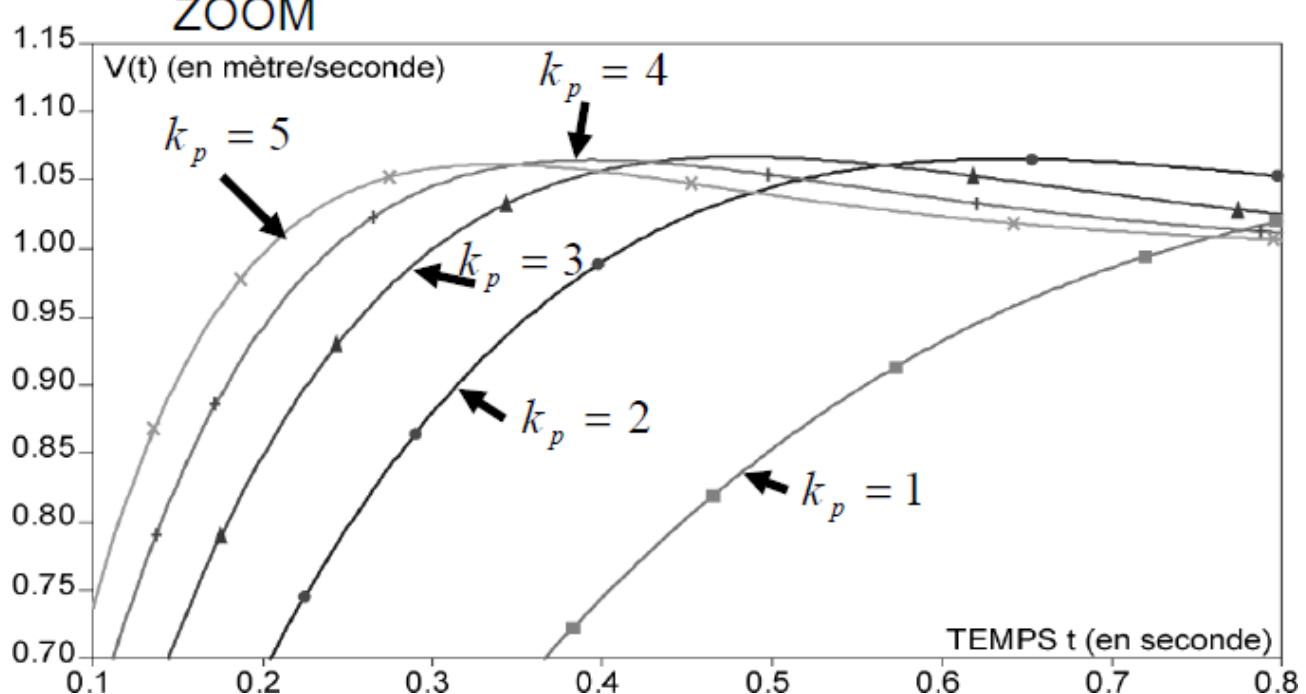


Question 6 Parmi les différentes valeurs de T_I , choisir celle qui assure le temps de réponse à 5% le plus faible. Vous ferez apparaître ce temps de réponse sur la figure.

La valeur de T_I déterminée à la question précédente est retenue pour le réglage du correcteur proportionnel intégral. Il s'agit alors de choisir le gain du correcteur K_p à partir des simulations proposées.

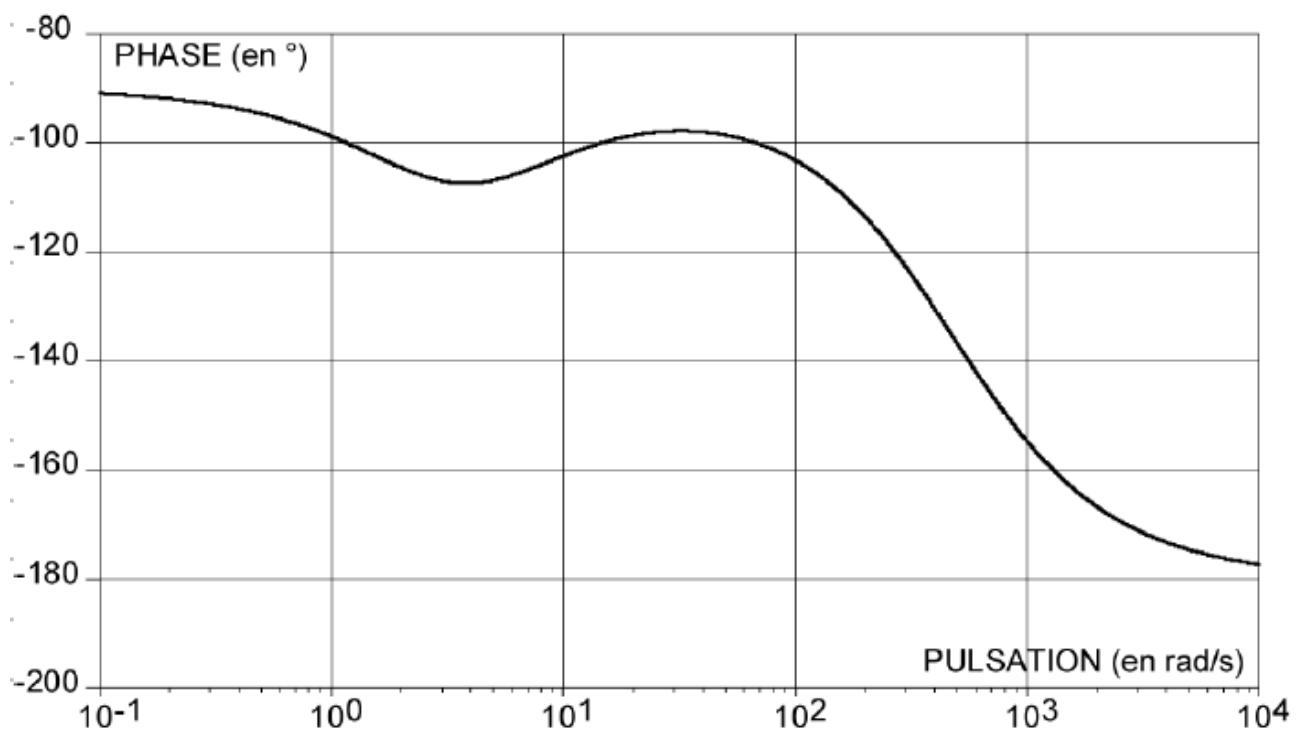
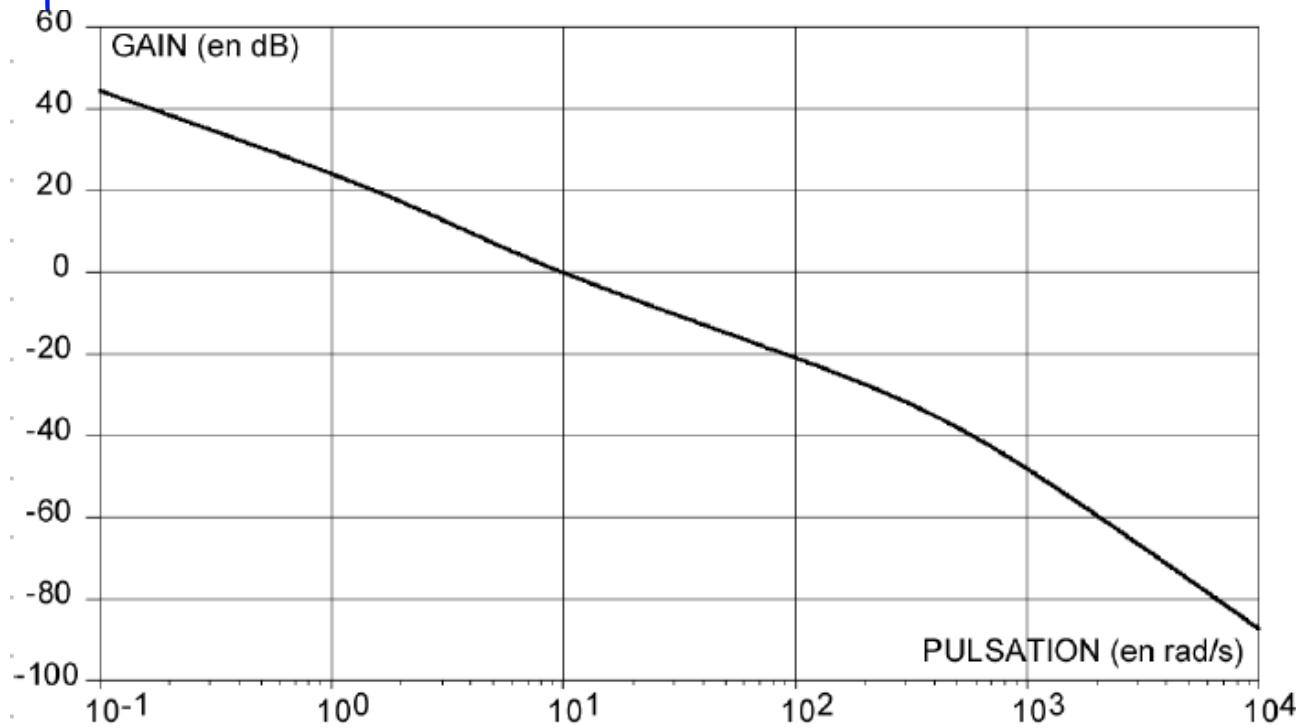


DDS



Question 7 Parmi les différentes valeurs de K_p , choisir la valeur qui assure un temps de réponse à 5% au plus près de la valeur fournie dans le cahier des charges.

Avec le couple de valeurs (T_I et K_p) obtenu, la réponse fréquentielle du système en boucle ouverte a été tracée.



Question 8 Conclure quant à la capacité de ce correcteur à respecter tous les critères du cahier des charges.

Éléments de corrigé :

1. .

Corrigé voir 189.

Exercice 189 – Hublex *

C2-04

Pas de corrigé pour cet exercice.

L'architecture retenue pour contrôler le couple moteur est un asservissement en intensité, image du couple moteur (voir équation précédente). Le schéma-blocs est représenté Figure 3.2. Un convertisseur IU fournit au calculateur une tension $u_{ic}(t)$ image de l'intensité de consigne $i_c(t)$, proportionnelle à cette dernière de coefficient K_{iu} . De même, l'intensité réelle $i(t)$, mesurée par un capteur d'intensité de coefficient K_{capt} , a pour image $u_{im}(t)$. L'écart, noté $\varepsilon(t) = u_{ic}(t) - u_{im}(t)$, est traité par le correcteur de fonction de transfert $C(p)$, qui impose la tension $u(t)$ aux bornes du moteur.

On donne la fonction de transfert du moteur : $H_m(p) = K_m \frac{1 + \tau_m p}{1 + \frac{2z_m}{\omega_{0m}} p + \frac{1}{\omega_{0m}^2} p^2}$.

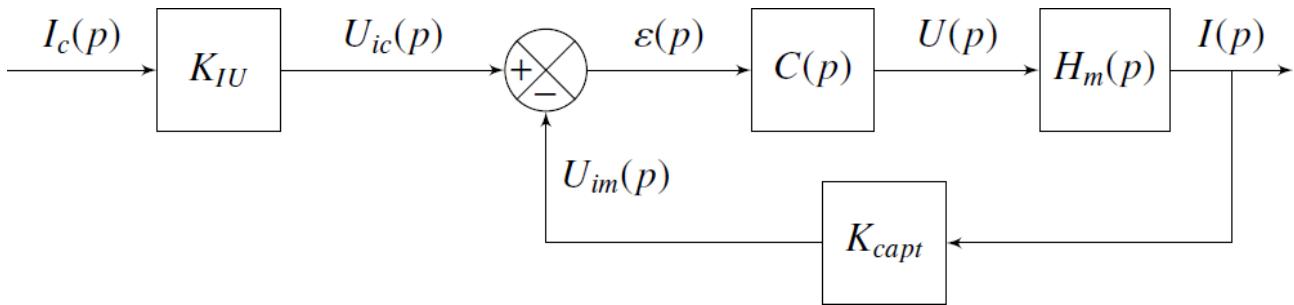


FIGURE 3.2 – Schéma-blocs

Question 1 Préciser, en justifiant, quelle valeur donner à K_{iu} , caractéristique du convertisseur IU.

On prend, dans un premier temps, un correcteur purement proportionnel : $C(p) = K_p$.

On en déduit la fonction de transfert $H_I(p) = \frac{I(p)}{I_c(p)}$:

$$H_I(p) = \frac{K'}{1 + K'} \frac{1 + \tau_m p}{\frac{2z_m}{\omega_{0m}} + K' \tau_m} \quad \text{avec } K' = K_{iu} K_p K_m.$$

$$1 + \frac{\omega_{0m}}{1 + K'} p + \frac{1}{\omega_{0m}^2 (1 + K')} p^2$$

Question 2 Calculer l'expression littérale de l'erreur en régime permanent notée μ_s , pour une entrée indicielle (i.e. $I_c(p)$ est un échelon unitaire), en fonction de K_{iu} , K_p et K_m .

La Figure 3.3 présente les diagrammes de Bode en boucle ouverte de l'asservissement étudié, en prenant $K_p = 10$.

Question 3 Conclure, lorsque cela est possible, quant au respect des sousexigences de l'exigence « 1.7.1.1 » avec ce type de correcteur.

Dans un deuxième temps, il est décidé d'utiliser un correcteur de type proportionnel intégral. Sa fonction de transfert est notée : $C(p) = K_p + \frac{K_i}{p}$.

Question 4 Préciser l'influence de ce correcteur sur les performances du système. Justifier le choix de ce type de correcteur dans le cas étudié.

On souhaite régler le correcteur afin de respecter les performances de précision et de stabilité.

Question 5 Tracer sur le DR4, les diagrammes de Bode asymptotique du correcteur, ainsi que l'allure des courbes réelles pour $K_p = 10$ et $K_i = 1000$. On précisera les valeurs numériques associées aux valeurs caractéristiques. On se propose de régler le correcteur grâce à la méthode suivante, en deux étapes :

1. réglage de K_p seul (c'est-à-dire en considérant $K_i = 0$ tout d'abord), de façon à respecter les exigences de stabilité et de bande passante;
2. réglage de K_i de façon à éloigner la pulsation de cassure du correcteur à une décade vers la gauche de la pulsation de coupure à 0 dB, de manière à ce que 0 dB ne soit quasiment pas modifiée.

Question 6 En suivant cette méthode, déterminer en justifiant la valeur numérique de K_p .

Question 7 Déterminer alors la valeur numérique de K_i .

Une fois le correcteur réglé, on obtient les diagrammes de Bode en boucle ouverte (Figure 3.4) et les réponses temporelles (Figure 3.5), pour un échelon d'intensité $i_c(t)$ de 2A.

Question 8 Commenter le résultat obtenu vis-à-vis de l'exigence « 1.7.1.1.4 ». Expliquer pourquoi, à partir des exigences du D6, cet asservissement n'est pas directement implanté en l'état dans le système.

Le correcteur reste inchangé. Afin de palier au problème identifié précédemment, on apporte une dernière évolution au sein du calculateur. Cela permet de respecter les exigences de l'asservissement. Figure 3.6 présente les réponses temporelles du système pour un échelon d'intensité $i_c(t)$ de 2A.

Question 9 Préciser quelle ultime modification a apporté le constructeur afin de respecter les exigences de l'asservissement.

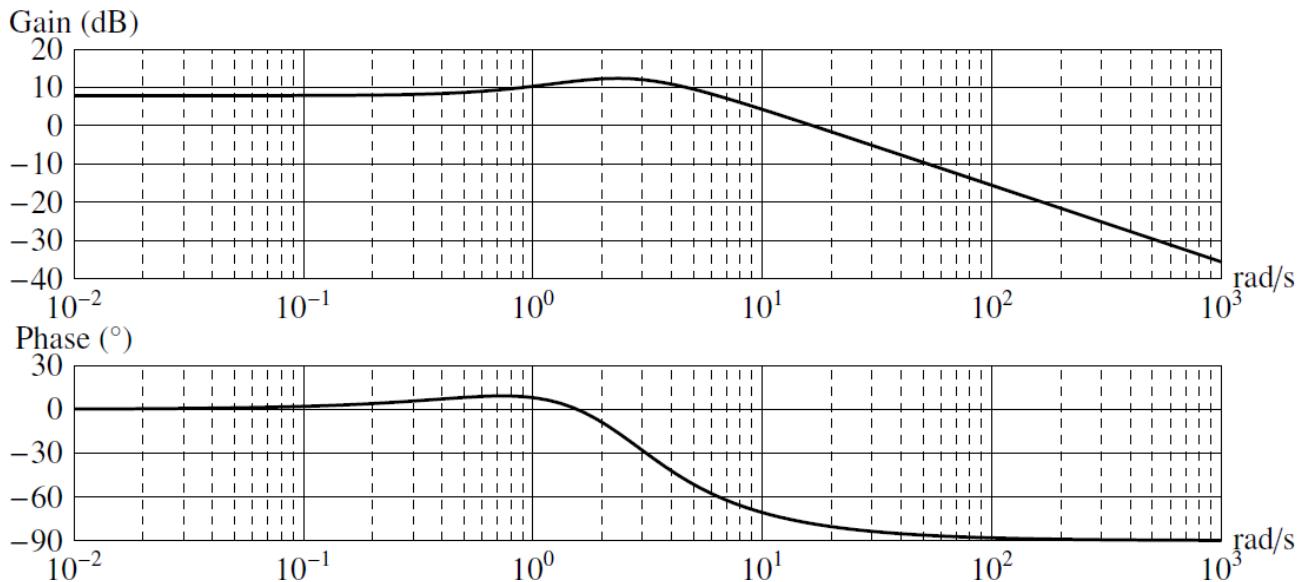


FIGURE 3.3 – Diagrammes de Bode en boucle ouverte pour $K_p = 10$

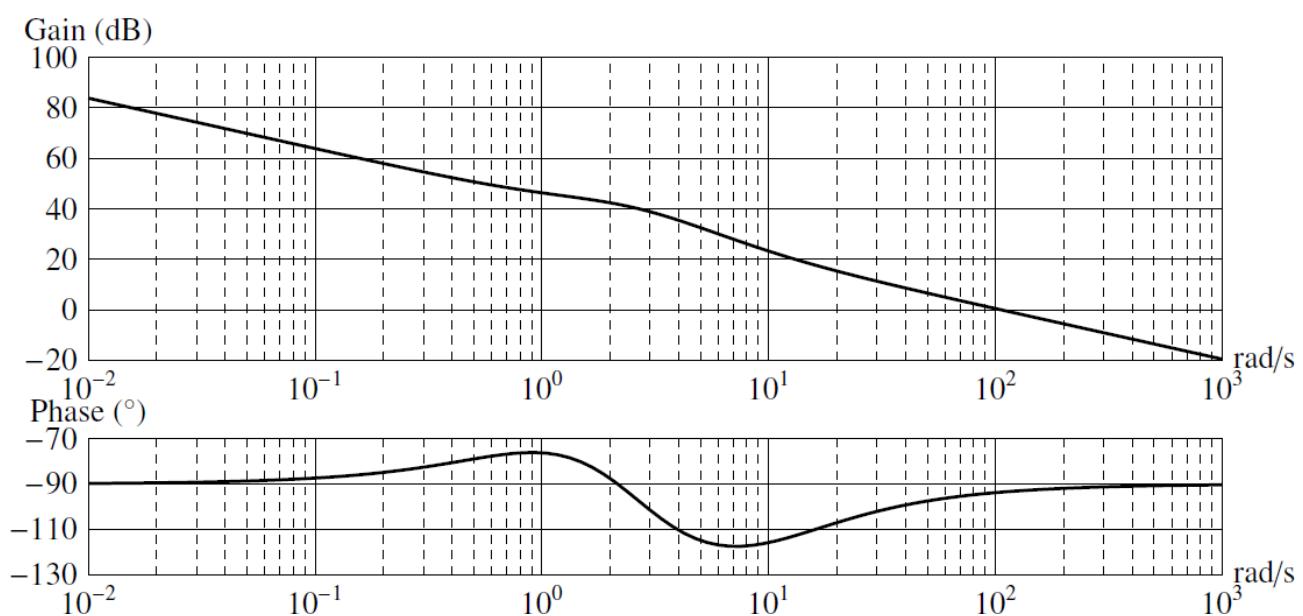


FIGURE 3.4 – Diagrammes de Bode en boucle ouverte avec réglage du correcteur PI effectué

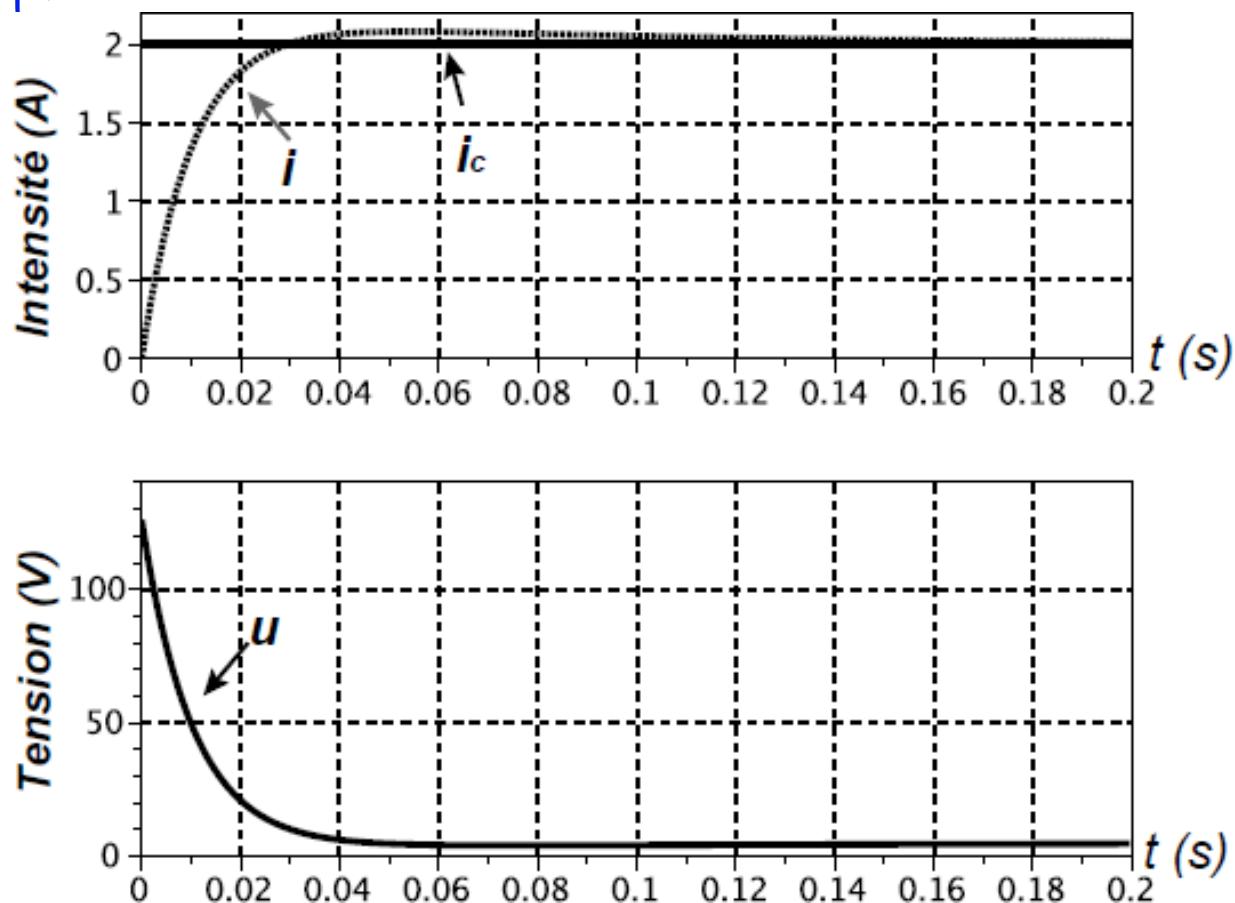


FIGURE 3.5 – Réponses temporelles avec réglage du correcteur PI effectué

DDS

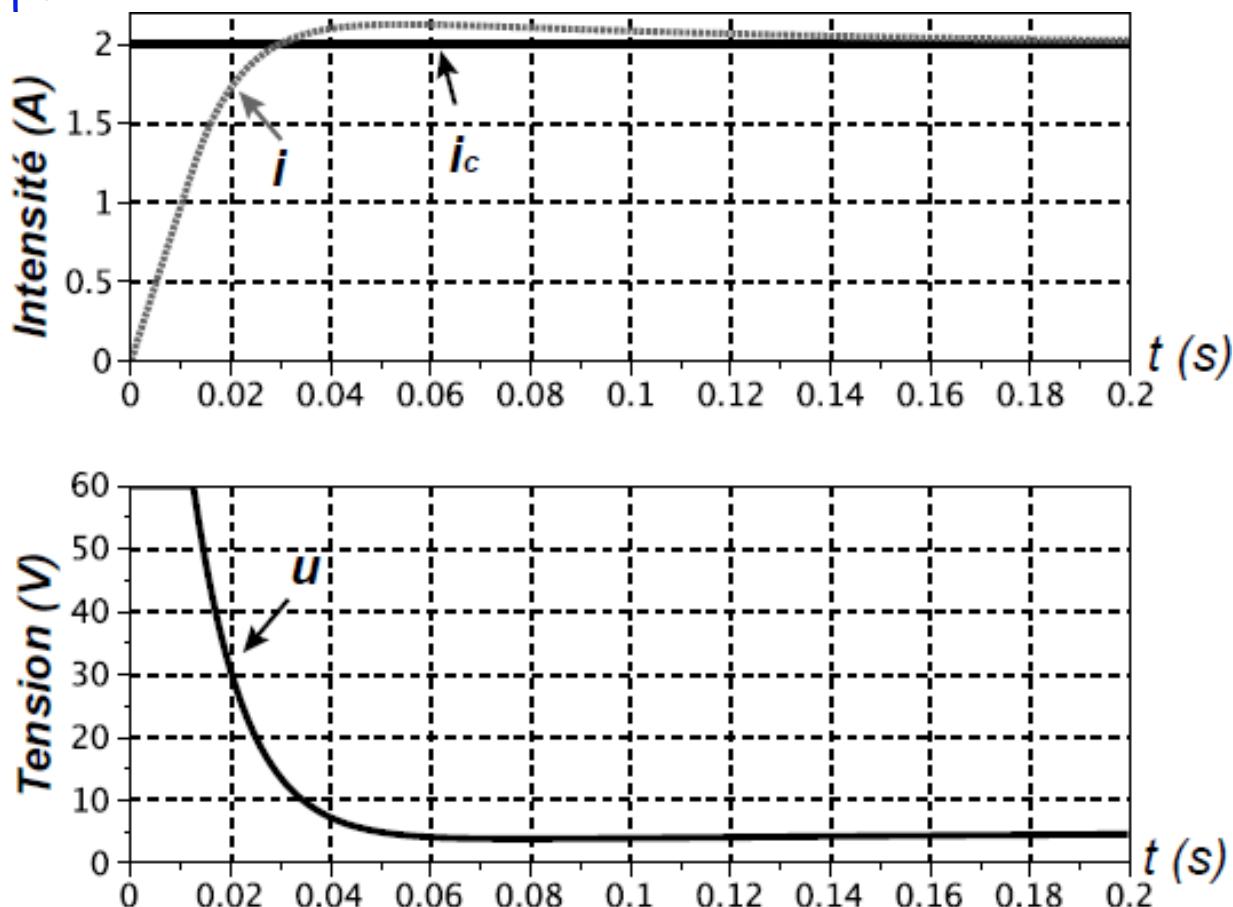


FIGURE 3.6 – Réponses temporelles du système finalement implanté

Éléments de corrigé :
1. .

Corrigé voir ??.

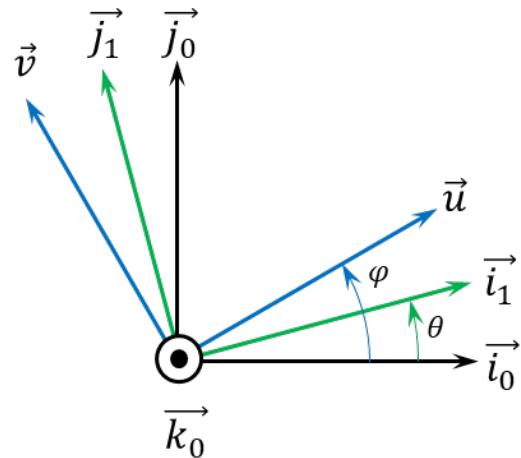
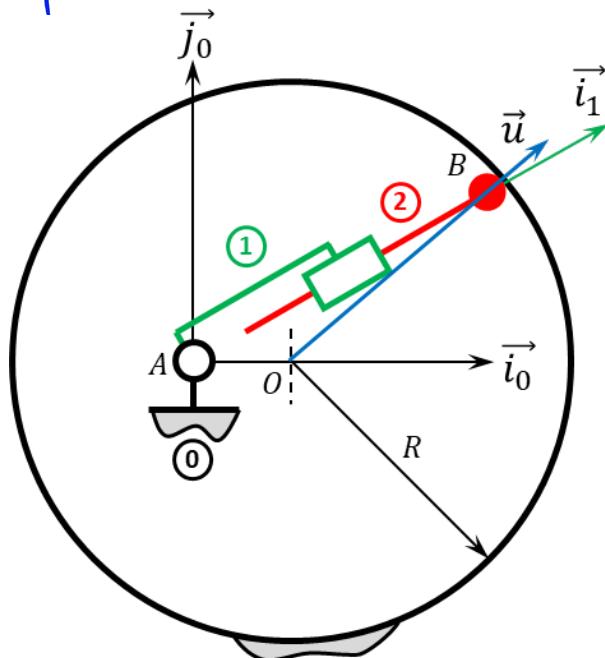
3.2.5 Caractériser le mouvement d'un repère par rapport à un autre repère.

3.2.6 Déterminer les relations entre les grandeurs géométriques ou cinématiques.

Exercice 190 – Pompe à piston radial *

C2-06

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AO} = e \overrightarrow{i_0}$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \overrightarrow{i_1}$. De plus $e = 10 \text{ mm}$ et $R = 20 \text{ mm}$. Le contact entre **0** et **2** en **B** est maintenu en permanence (notamment par effet centrifuge lors de la rotation de la pompe).



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

Question 3 En utilisant Python, tracer $\lambda(t)$ en fonction de $\theta(t)$.

Question 4 Exprimer $\dot{\lambda}(t)$ en fonction de $\dot{\theta}(t)$.

On prendra une section de piston 2 de 1 cm^2 et une fréquence de rotation de $\dot{\theta}(t) = \pi \times 2 \text{ rad s}^{-1}$.

Question 5 Exprimer le débit instantané de la pompe.

Question 6 En utilisant Python, tracer le débit instantané de la pompe pour un tour de pompe pour $e = 10 \text{ mm}$ et $e = 15 \text{ mm}$.

Question 7 En utilisant Python, tracer le débit instantané de la pompe pour un tour de pompe pour $e = 10 \text{ mm}$ pour une pompe à 5 pistons (5 branches 1+2).

Indications (à vérifier...):

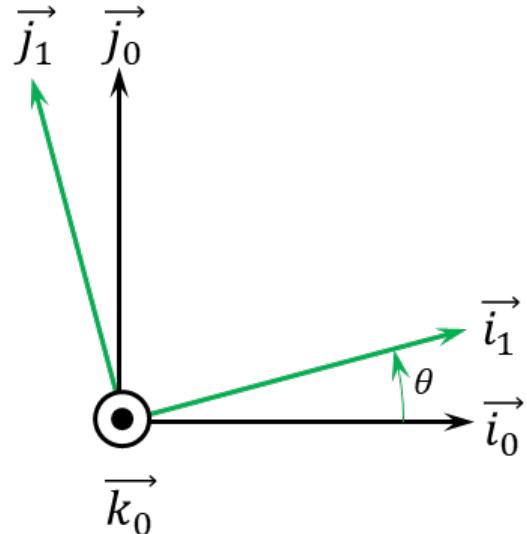
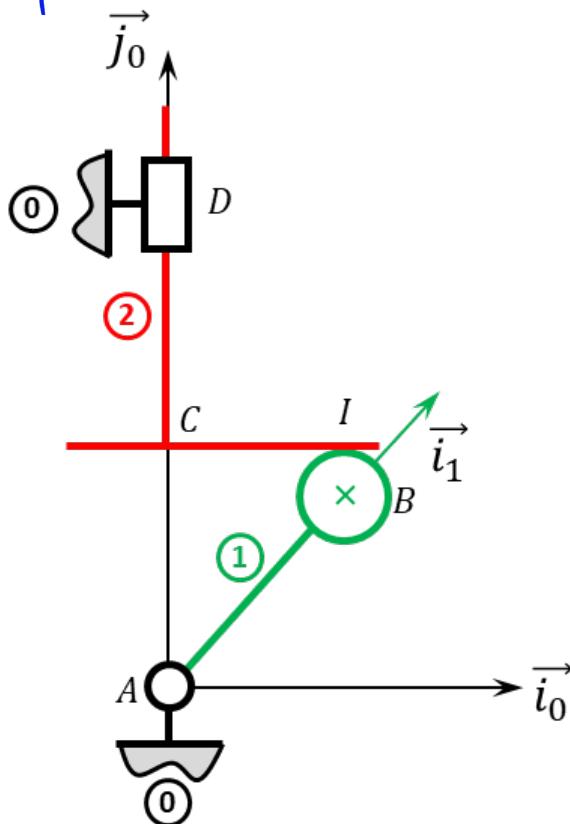
1. .
2. $\lambda(t) = e \cos \theta(t) \pm \sqrt{e^2 \cos^2 \theta(t) - e^2 + R^2}$.
3. .
4. $q(t) = S \dot{\lambda}(t)$.
5. .

Corrigé voir 190.

Exercice 191 – Pompe à piston axial *

C2-06

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = e \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{BI} = R \overrightarrow{j_0}$ et $\overrightarrow{AC} = \lambda(t) \overrightarrow{j_0}$. De plus, $e = 10 \text{ mm}$ et $R = 20 \text{ mm}$. Le contact entre 1 et 2 en B est maintenu en permanence par un ressort suffisamment raide (non représenté) positionné entre 0 et 2.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

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

Question 4 On note S la section du piston 2. Exprimer le débit instantané de la pompe.

Question 5 En utilisant Python, tracer le débit instantané de la pompe pour un tour de pompe pour $e = 10\text{ mm}$ et $R = 10\text{ mm}$ ainsi que pour $e = 20\text{ mm}$ et $R = 5\text{ mm}$. La fréquence de rotation est $\dot{\theta}(t) = 100\text{ rad s}^{-1}$, la section du piston est donnée par $S = 1\text{ cm}^2$.

Indications :

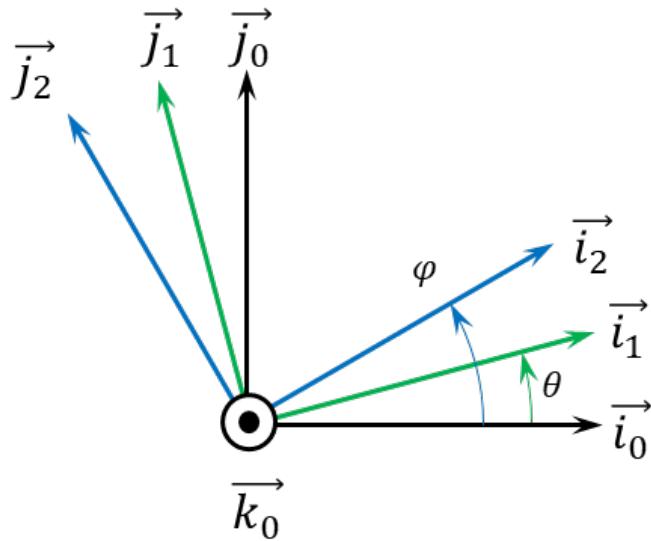
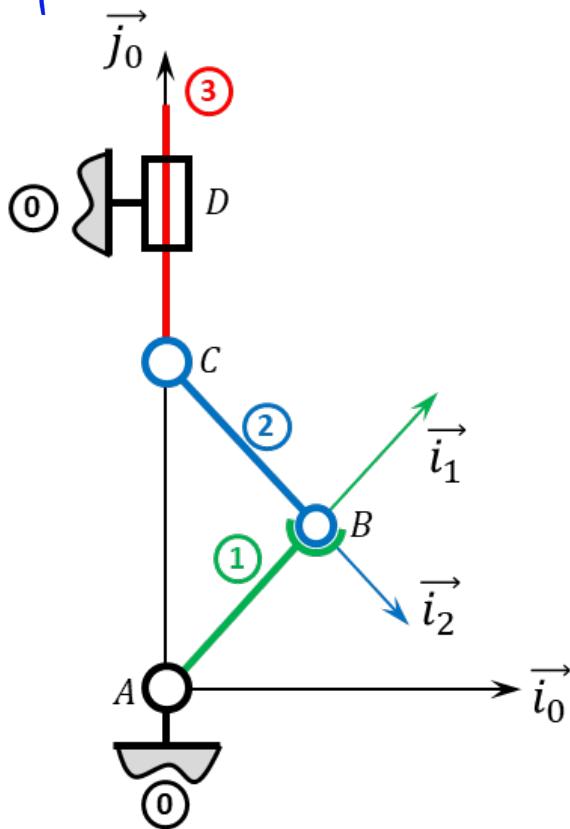
1. .
2. $e \sin \theta + R - \lambda(t) = 0$.
3. $\dot{\lambda}(t) = e \dot{\theta}(t) \cos \theta(t)$.
4. $q(t) = e S \dot{\theta}(t) \cos \theta(t)$.
5. .

Corrigé voir 191.

Exercice 192 – Système bielle manivelle **

C2-06

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i}_1$, $\overrightarrow{CB} = L \overrightarrow{i}_2$ et $\overrightarrow{AC} = \lambda(t) \overrightarrow{j}_0$.



DDS

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

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

Question 4 En utilisant Python, tracer la vitesse du piston en fonction du temps. La fréquence de rotation est $\dot{\theta}(t) = 100 \text{ rad s}^{-1}$, on prendra $R = 10 \text{ mm}$ et $L = 20 \text{ mm}$ puis $L = 30 \text{ mm}$.

Question 5 En utilisant Python, tracer l'accélération du piston en fonction du temps en utilisant les mêmes valeurs que dans la question précédente. On utilisera une dérivation numérique.

Indications :

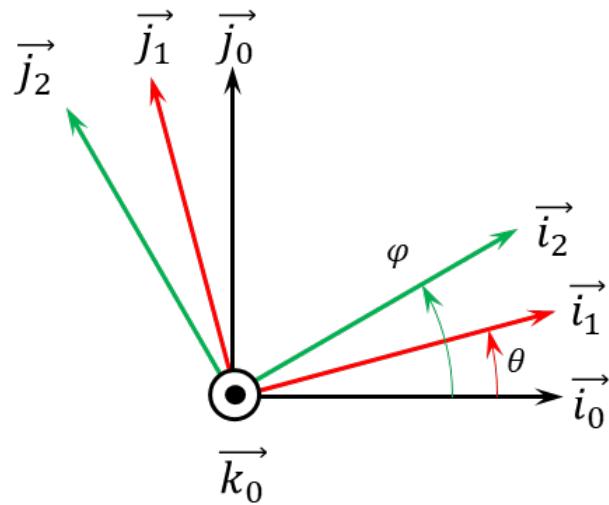
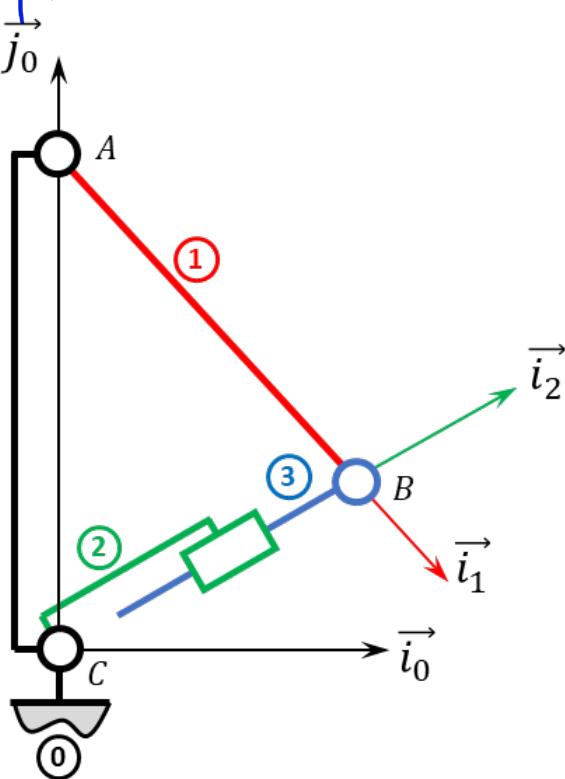
1. .
2. $\lambda(t) = \pm \sqrt{L^2 - R^2 \cos^2 \theta(t)} + R \sin \theta(t)$.
3. $\dot{\lambda}(t) = \pm \left(\frac{R^2 \dot{\theta}(t) \cos \theta(t) \sin \theta(t)}{\sqrt{L^2 - R^2 \cos^2 \theta(t)}} \right) + \dot{\theta}(t) R \cos \theta(t)$.
4. .
5. .

Corrigé voir 192.

Exercice 193 – Pompe oscillante *

C2-06

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{CA} = H \overrightarrow{j_0}$. De plus, $R = 40 \text{ mm}$ et $H = 60 \text{ mm}$. Par ailleurs, on note $\overrightarrow{CB} = \lambda(t) \overrightarrow{i_2}$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

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

Question 4 Exprimer le débit instantané de la pompe.

Question 5 En utilisant Python, donner le débit instantané de la pompe pour un tour de pompe pour un piston de diamètre $D = 10\text{ mm}$.

Indications :

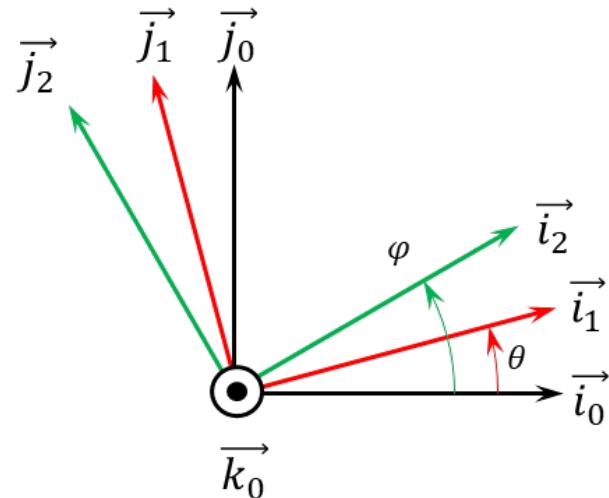
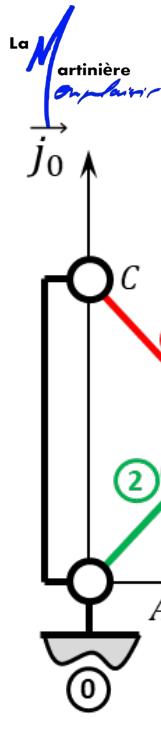
1. .
2. $\lambda(t) = \pm \sqrt{R^2 + H^2 + 2HR \sin \theta(t)}$
3. $\dot{\lambda}(t) = \frac{1}{2} (-2HR\dot{\theta}(t)\cos \theta(t)) (R^2 + H^2 + 2HR \sin \theta(t))^{-\frac{1}{2}}$
4. $q(t) = S\dot{\lambda}(t)$
5. .

Corrigé voir 193.

Exercice 194 – 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. $\tan \varphi(t) = \frac{R \sin \theta(t) + h}{R \cos \theta(t)}$.
3. $\dot{\varphi}(t) = \frac{R \dot{\theta}(t)(R + h \sin \theta(t))}{R^2 + h^2 + 2Rh \sin \theta(t)}$.
4. .

Corrigé voir 194.

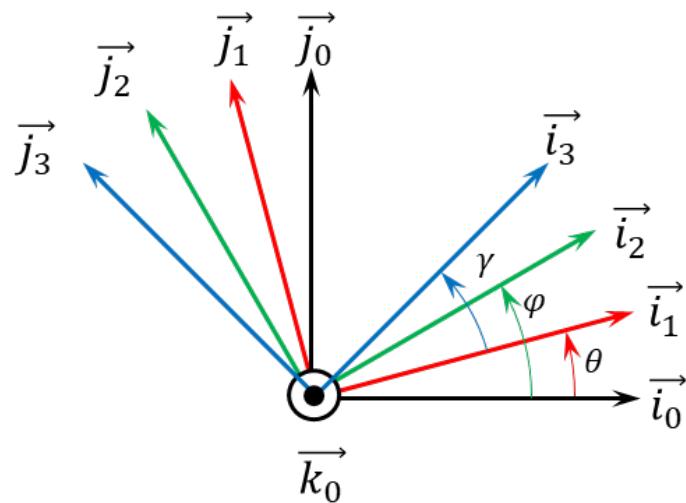
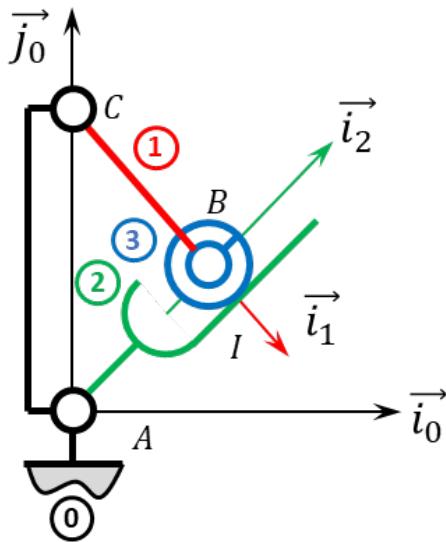
Exercice 195 – Barrière Sympact avec galet **

B2-13

C2-05

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

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

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

Question 4 En utilisant la condition de roulement sans glissement au point I, déterminer $\gamma(t)$ et $\dot{\gamma}(t)$.

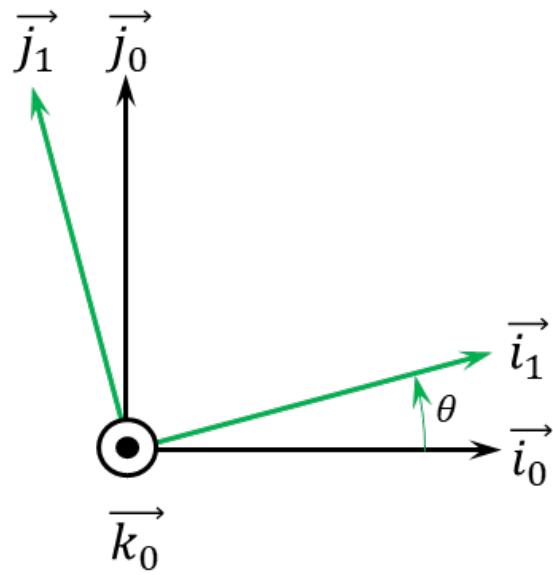
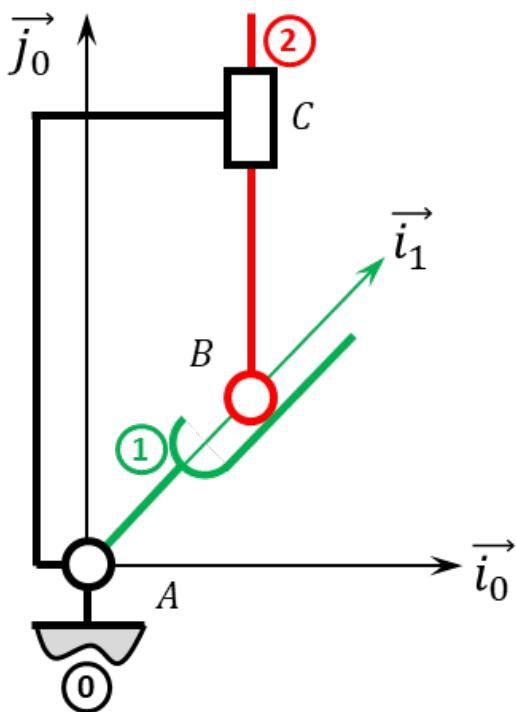
Question 5 En utilisant Python, tracer $\dot{\varphi}(t)$ en fonction de $\dot{\theta}(t)$. On considérera que la fréquence de rotation de la pièce I est de 10 tours par minute.

Corrigé voir 195.

Exercice 196 – Pousoir *

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = L \overrightarrow{i_0} + H \overrightarrow{j_0}$, $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \overrightarrow{j_0}$. De plus, $H = 120$ mm, $L = 40$ mm.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

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

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

Corrigé voir 196.

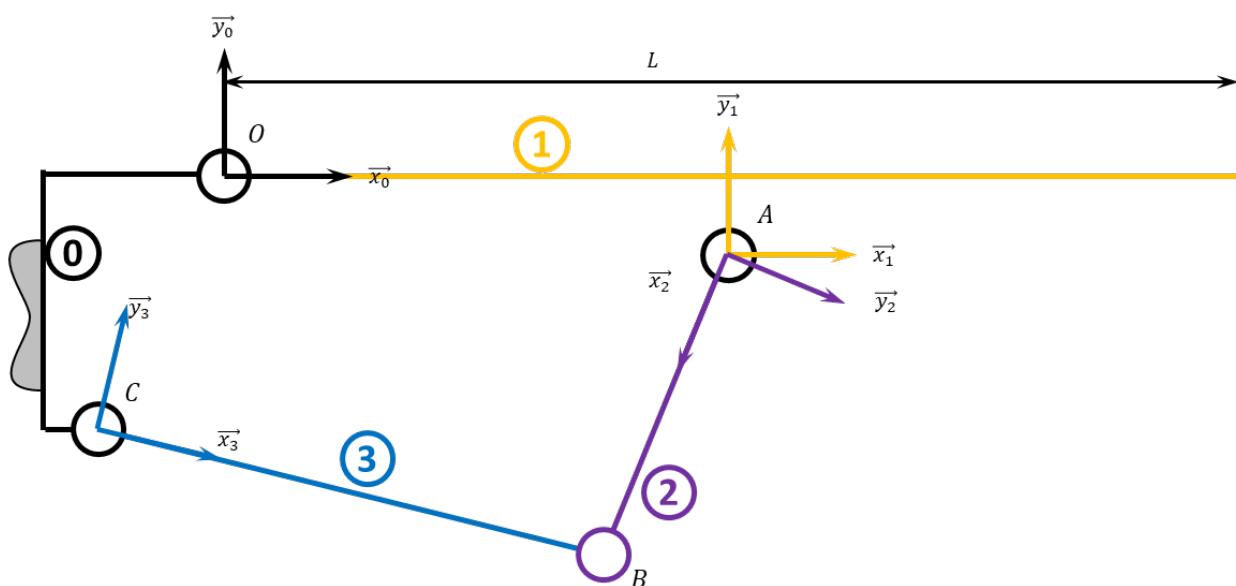
DDS

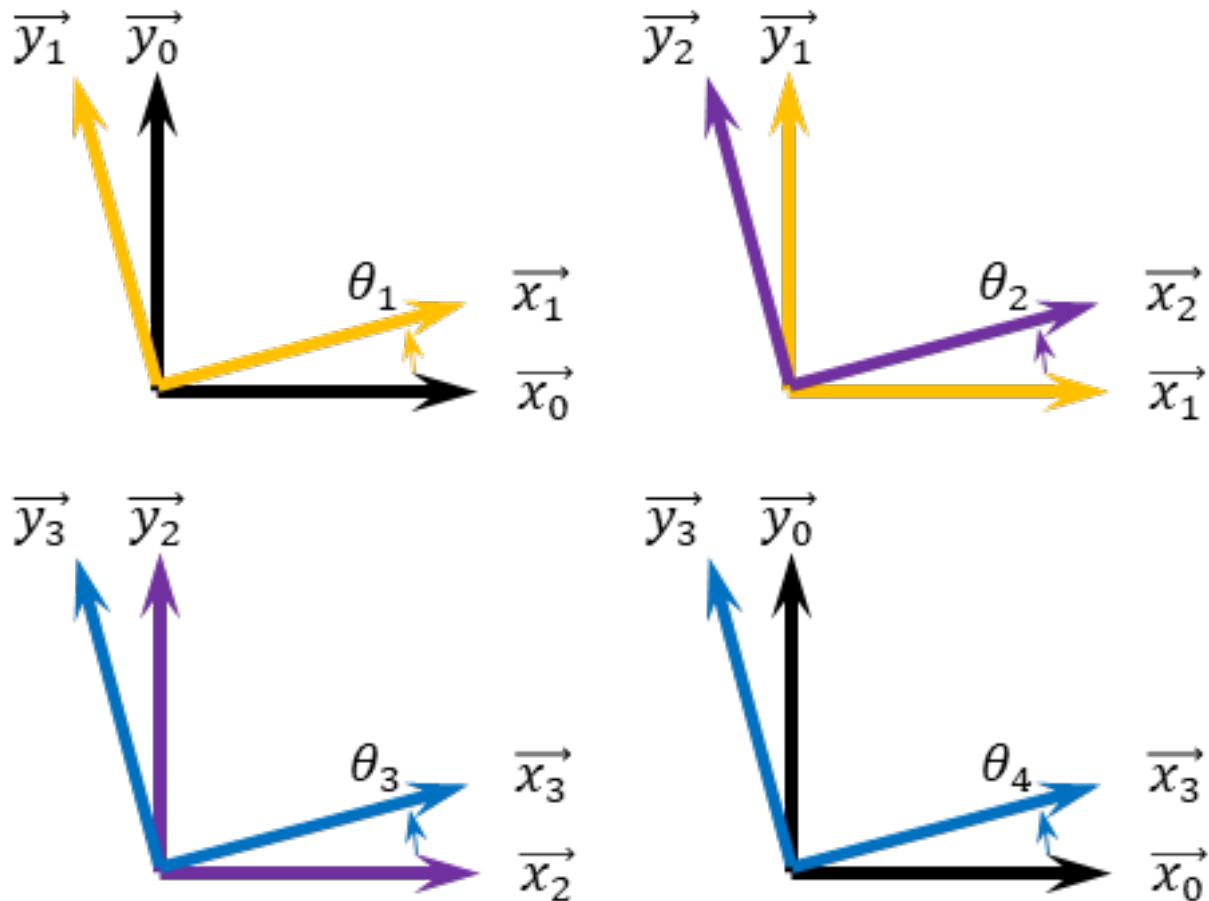
Exercice 197 – Système 4 barres **

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

On a :

- $\overrightarrow{OA} = a \overrightarrow{x_1} - f \overrightarrow{y_1}$ avec $a = 355 \text{ mm}$ et $f = 13 \text{ mm}$;
- $\overrightarrow{AB} = b \overrightarrow{x_2}$ avec $b = 280 \text{ mm}$;
- $\overrightarrow{BC} = -c \overrightarrow{x_3}$ avec $c = 280 \text{ mm}$;
- $\overrightarrow{OC} = -d \overrightarrow{x_0} - e \overrightarrow{y_0}$ avec $d = 89,5 \text{ mm}$ et $e = 160 \text{ mm}$;





Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Exprimer $\theta_1(t)$ en fonction de $\theta_4(t)$.

Question 3 Exprimer $\dot{\theta}_1(t)$ en fonction de $\dot{\theta}_4(t)$.

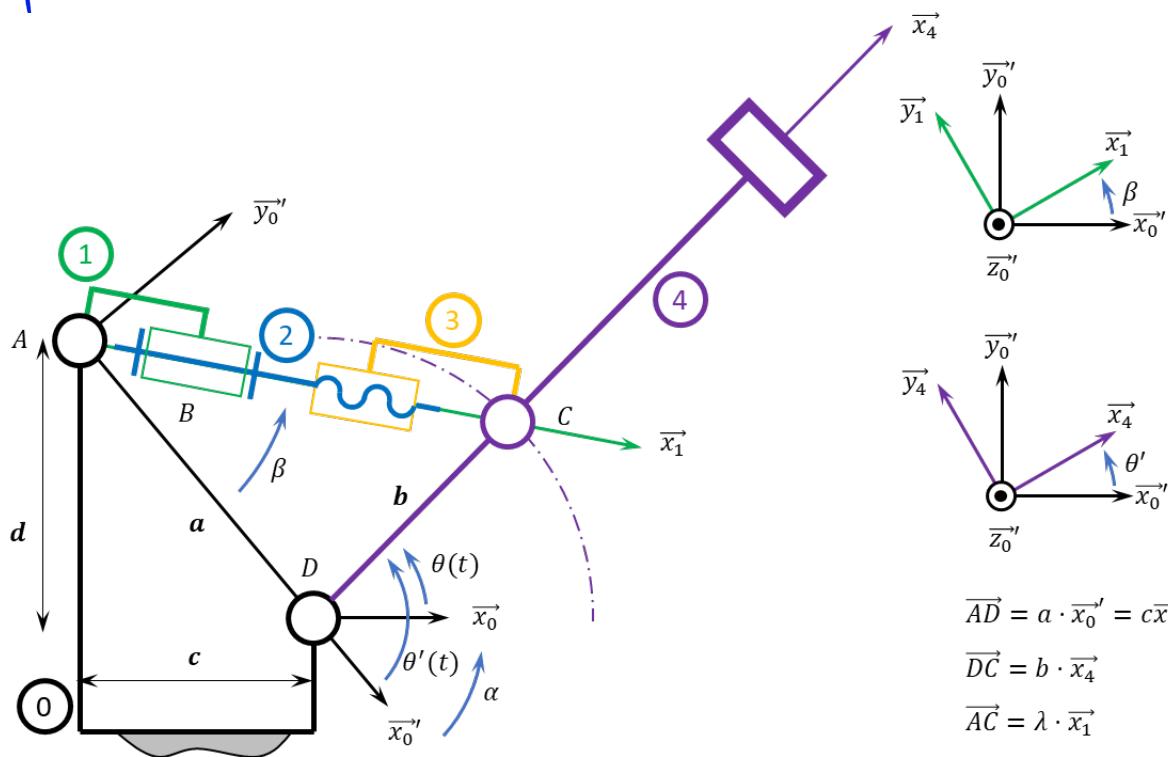
Question 4 En utilisant Python, tracer $\dot{\theta}_1(t)$ en fonction de $\dot{\theta}_4(t)$. On considérera que la fréquence de rotation de la pièce 1 est de 10 tours par minute.

Corrigé voir 197.

Exercice 198 – Maxpid ***

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma suivant.



$$\begin{aligned}\overrightarrow{AD} &= a \cdot \vec{x}_0' = c\vec{x}_0 + d\vec{y}_0 \\ \overrightarrow{DC} &= b \cdot \vec{x}_4 \\ \overrightarrow{AC} &= \lambda \cdot \vec{x}_1\end{aligned}$$

Par ailleurs $a = 107,1 \text{ mm}$, $b = 80 \text{ mm}$, $c = 70 \text{ mm}$, $d = 80 \text{ mm}$. Le pas de la vis est de 4 mm .

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

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

Question 4 Exprimer $\dot{\theta}(t)$ en fonction de $\omega(t)$, vitesse de rotation du rotor moteur 2 par rapport au stator 1.

Question 5 En utilisant Python, tracer $\dot{\theta}(t)$ en fonction de $\omega(t)$. On considérera que la fréquence de rotation de la pièce 2 par rapport à 1 est de 500 tours par minute.

Corrigé voir 198.

Exercice 199 – Variateur de Graham¹ ***

D'après ressources de Michel Huguet.

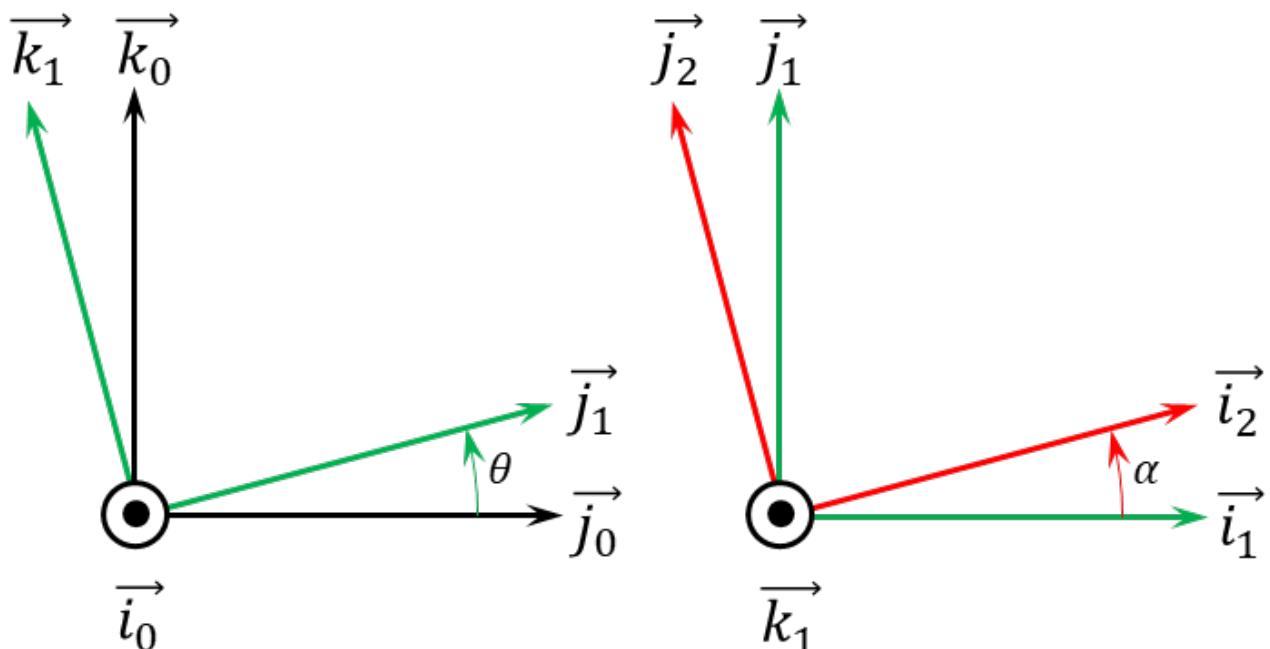
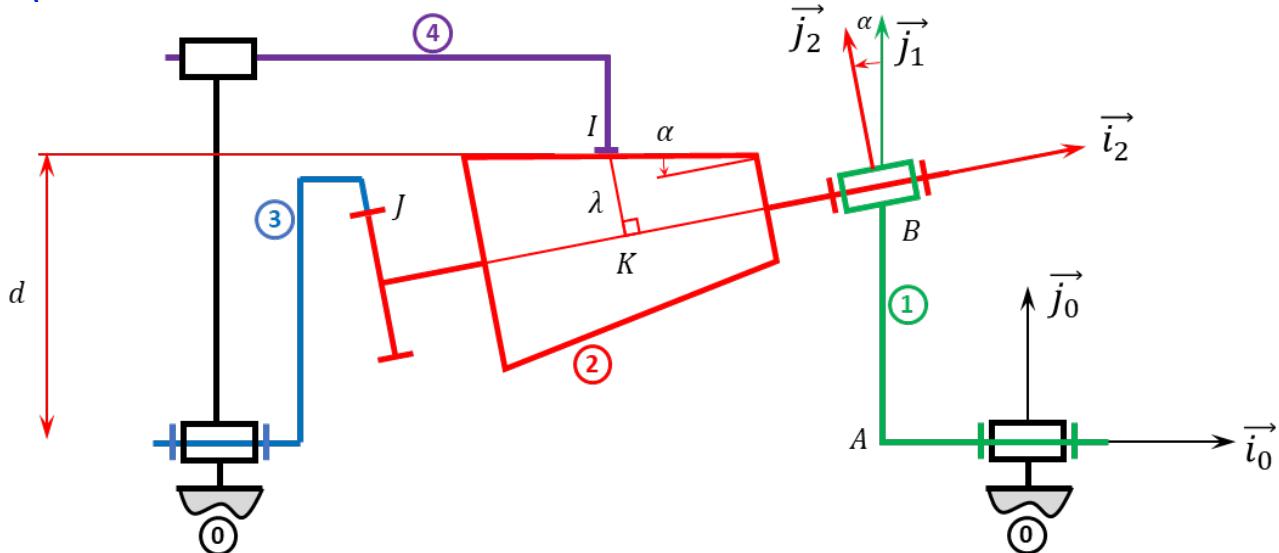
B2-13

C2-05

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma suivant.

1. Les éventuelles erreurs de texte font partie intégrante de la difficulté :).



On note $\overrightarrow{AJ} = -L \overrightarrow{i_0} + \frac{d_3}{2} \overrightarrow{j_2}$ et $\overrightarrow{KJ} = -\ell \overrightarrow{i_2} + \frac{d_2}{2} \overrightarrow{j_2}$.

Soit $\mathcal{R} = (A; \overrightarrow{i_0}, \overrightarrow{j_0}, \overrightarrow{k_0})$ un repère lié au bâti 0 du variateur. L'arbre moteur 1 et l'arbre récepteur 3 ont une liaison pivot d'axe $(A, \overrightarrow{i_0})$ avec le bâti 0. On pose $\overline{\Omega(1/0)} = \omega_1 \overrightarrow{i_0}$ et $\overline{\Omega(3/0)} = \omega_3 \overrightarrow{i_0}$.

Soit $\mathcal{R}_1 = (A; \overrightarrow{i_0}, \overrightarrow{j_1}, \overrightarrow{k_1})$ et $\mathcal{R}_2 = (B; \overrightarrow{i_2}, \overrightarrow{j_2}, \overrightarrow{k_1})$ deux repères liés respectivement à 1 et 2 tels que \overrightarrow{AB} ait même direction que $\overrightarrow{j_1}$. On pose $\alpha = (\overrightarrow{i_1}, \overrightarrow{i_2})$ constant.

Le satellite 2 a une liaison pivot d'axe $(\overrightarrow{B}, \overrightarrow{i_2})$ avec 1. 2 est un tronc de cône de révolution d'axe $(\overrightarrow{B}, \overrightarrow{i_2})$ de demi-angle au sommet α . On pose $\overline{\Omega(S_2/S_1)} = \omega \overrightarrow{i_2}$.

La génératrice de 2 du plan $(O, \overrightarrow{i_0}, \overrightarrow{j_1})$ la plus éloignée de l'axe $(O, \overrightarrow{i_0})$ est parallèle à $\overrightarrow{i_0}$. Notons d sa distance à l'axe $(O, \overrightarrow{i_0})$.

2 roule sans glisser au point I, sur une couronne 4, immobile par rapport à 0 pendant le fonctionnement. Le réglage du rapport de variation s'obtient en déplaçant 4 suivant l'axe $(O, \overrightarrow{i_0})$.

Soit K le centre de la section droite du tronc de cône passant par I. On pose $\overrightarrow{BI} = \lambda \overrightarrow{j_2}$. À l'extrémité de 2 est fixée une roue dentée de n dents, d'axe $(B, \overrightarrow{i_2})$, qui engrène avec une couronne dentée intérieure d'axe $(A, \overrightarrow{i_0})$, de n_2 dents, liée à 3.

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 En exprimant que **2** roule sans glisser sur **4** au point I, déterminer ω en fonction de ω_1 , d et λ .

Question 3 Quelle relation obtient-on entre ω_1 , ω_3 et ω en exprimant l'engrenement des deux roues dentées ? (c'est à dire que **2** et **3** roulent sans glisser l'un sur l'autre en **J**).

Question 4 En déduire le rapport de variation $\frac{\omega_3}{\omega_1}$ du mécanisme en fonction de λ , d_2 , d_3 et d .

Question 5 Tracer la courbe représentative du rapport de variation $\frac{\omega_3}{\omega_1}$ du mécanisme en fonction de λ , sachant que $\frac{n}{n_3} = \frac{d_1}{d_3}$, $d = 55$ mm et que λ varie entre $\lambda_{mini} = 12$ mm et la valeur $\lambda_{maxi} = 23$ mm.

Corrigé voir 200.

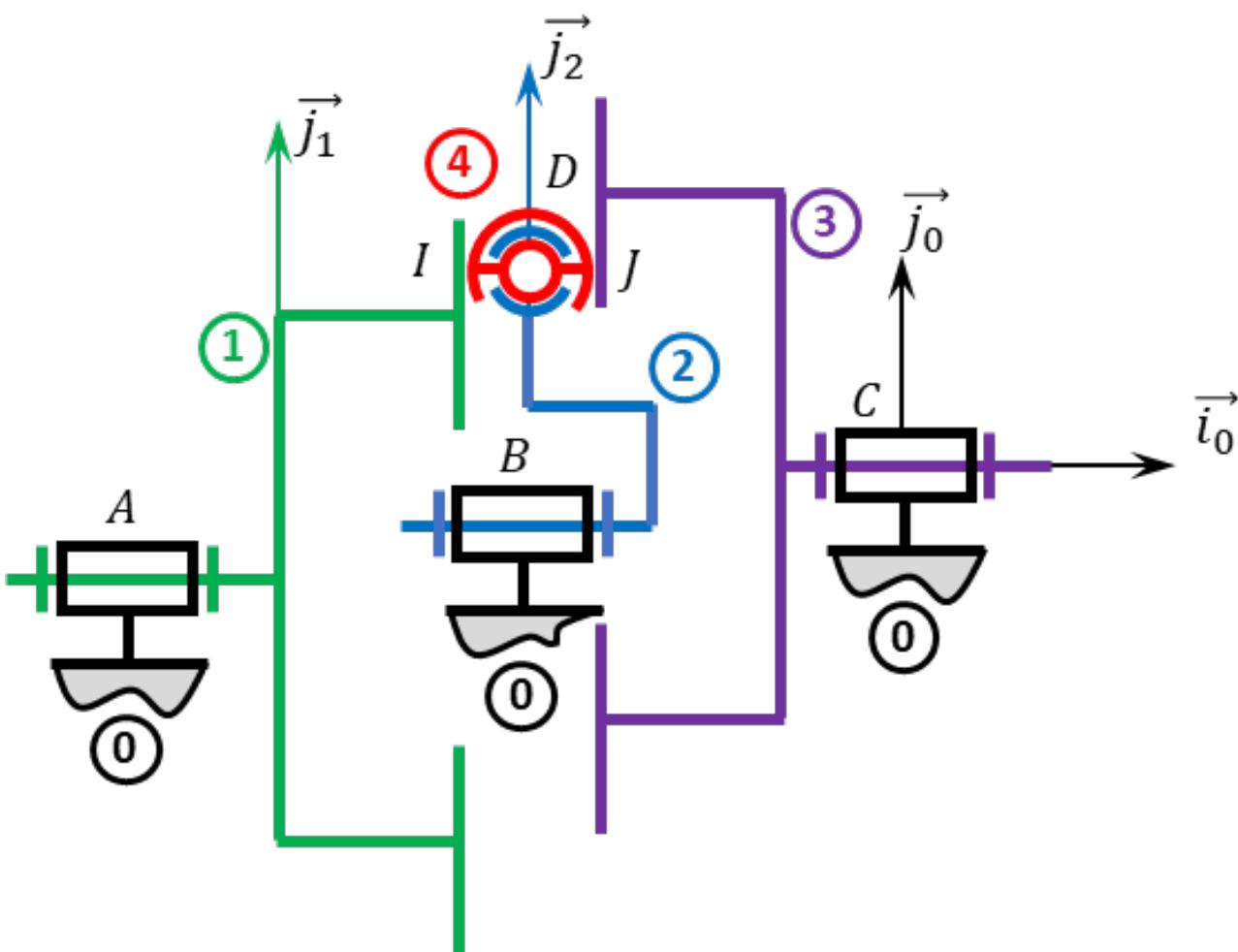
Exercice 200 – Variateur à billes *****

B2-13

C2-05

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma suivant.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Déterminer la loi entrée – sortie.

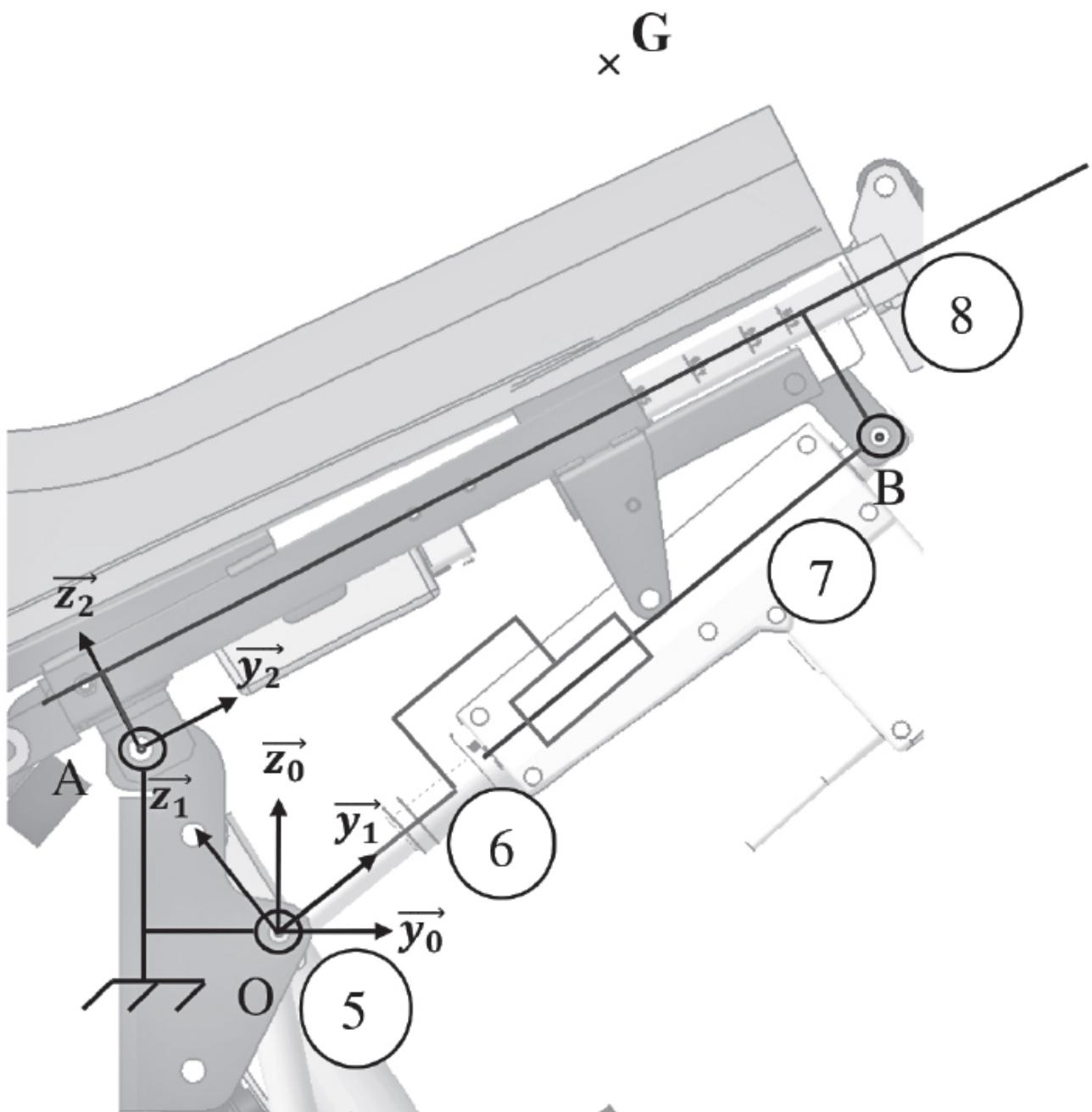
Corrigé voir 200.

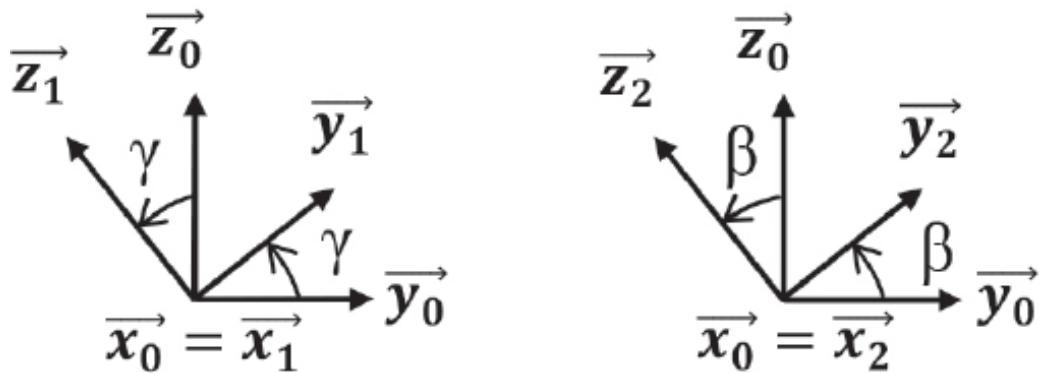
Exercice 201 – Fauteuil Roulant *

B2-13

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

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





$$\overrightarrow{OA} = -a \cdot \overrightarrow{y_0} + b \cdot \overrightarrow{z_0}$$

$$\overrightarrow{OB} = \lambda(t) \cdot \overrightarrow{y_1}$$

$$\overrightarrow{AB} = l_1 \cdot \overrightarrow{y_2} - d_1 \cdot \overrightarrow{z_2}$$

$$\overrightarrow{AG} = l_2 \cdot \overrightarrow{y_2} + d_2 \cdot \overrightarrow{z_2}$$

DDS

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Déterminer les relations issues de la fermeture géométrique liant les paramètres γ , β et $\lambda(t)$.

Question 3 En déduire l'expression de γ en fonction de β .

Corrigé voir 201.

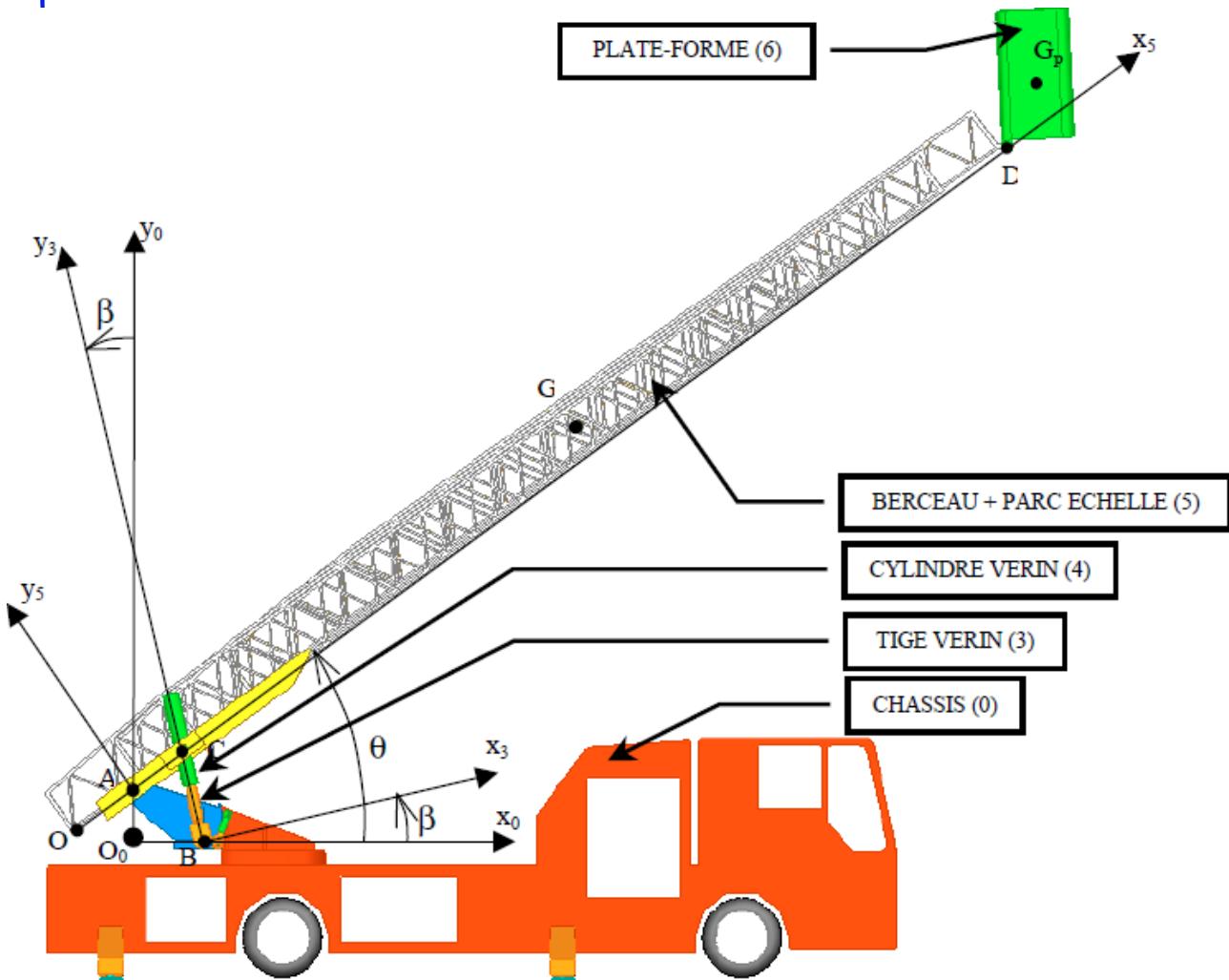
Exercice 202 – Système EPAS *

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

Nous allons déterminer la vitesse de sortie des vérins pour que la vitesse des points de la plate-forme soit constante.

On propose le paramétrage suivant :

- le repère $\mathcal{R}_0 = (O_0; \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ est lié au châssis (0) ;
- le repère $\mathcal{R}_5 = (A; \overrightarrow{x_5}, \overrightarrow{y_5}, \overrightarrow{z_0})$ est lié à l'ensemble {berceau+parc échelle} (5) avec $\overrightarrow{O_0 A} = a \overrightarrow{y_0}$ et $(x_0, \overrightarrow{x_5}) = \theta$, $\overrightarrow{AC} = c \overrightarrow{x_5}$, $\overrightarrow{AD} = H \overrightarrow{x_5}$;
- le repère $\mathcal{R}_3 = (B; \overrightarrow{x_3}, \overrightarrow{y_3}, \overrightarrow{z_0})$ est lié au vérin (3+4) avec $\overrightarrow{O_0 B} = b \overrightarrow{x_0}$ et $\overrightarrow{BC} = r \overrightarrow{y_3}$ et $\beta = (x_0, \overrightarrow{x_3})$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Exprimer la vitesse du point D du parc échelle dans son mouvement par rapport au châssis : $\overrightarrow{V(D,5/0)}$ en fonction de la vitesse angulaire de dressage $\dot{\theta}$ et des paramètres géométriques.

Question 3 En faisant une fermeture de chaîne cinématique, déterminez la vitesse de sortie du vérin $\overrightarrow{V(V,4/3)}$ en fonction de la vitesse angulaire de dressage et des paramètres géométriques.

Question 4 Etablir la relation $\tan \beta = \frac{b - c \cos \theta}{a + c \sin \theta}$ en écrivant une fermeture de chaîne géométrique.

Question 5 Déduire des questions précédentes la vitesse de sortie des vérins v en fonction de θ et H et des constantes a, b, c ; pour que la vitesse du point D du parc échelle soit constante.

Eléments de corrigé :

- $\dot{V}(D,5/0) = H\dot{\theta}\vec{y_5}$.
- $v = c\dot{\theta} \cos(\theta - \beta)$.
- $v = \dot{r} = \frac{c\dot{\theta}(a \cos \theta + b \sin \theta)}{\sqrt{(b - c \cos \theta)^2 + (a + c \sin \theta)^2}}$.

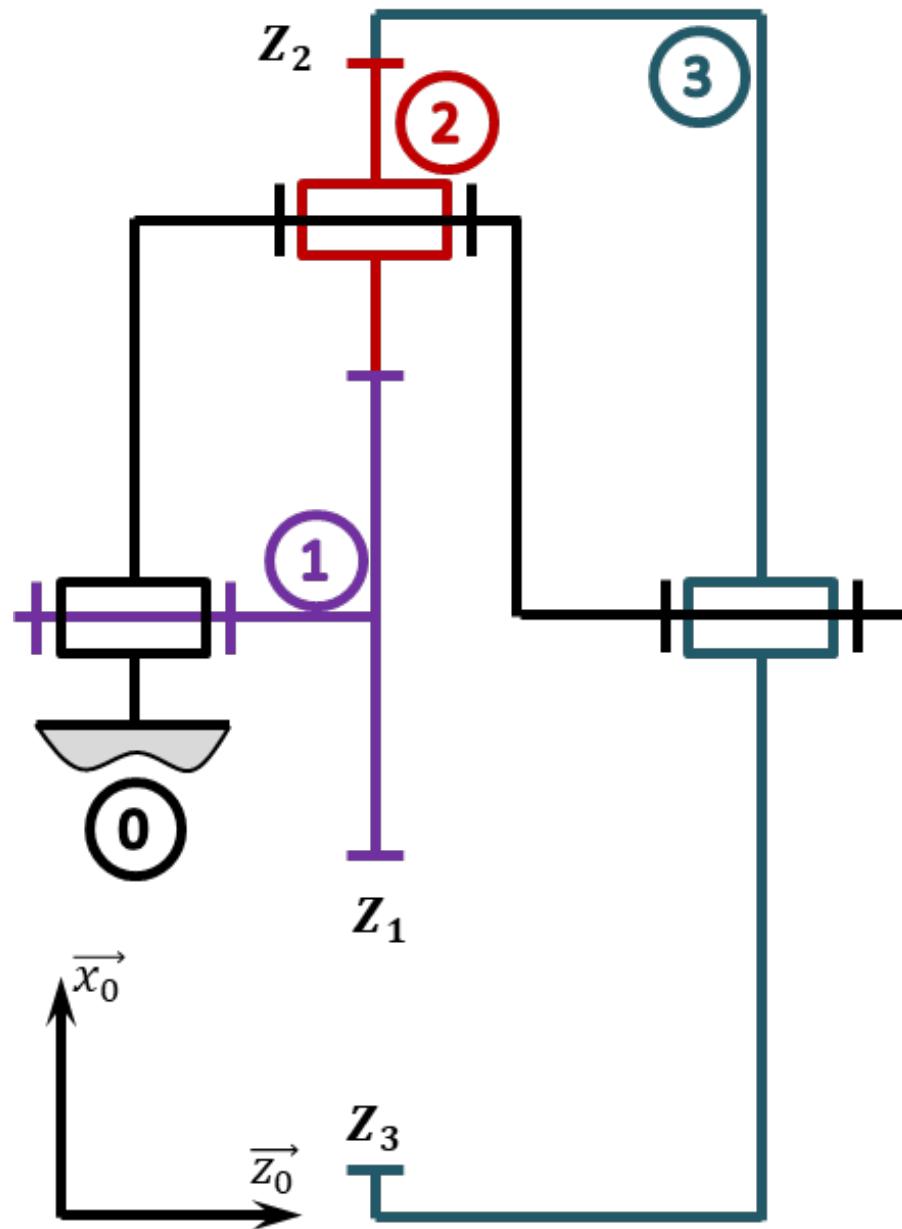
Corrigé voir 202.

Exercice 203 – Train simple *

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



DDS

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Déterminer $\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}}$ 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.

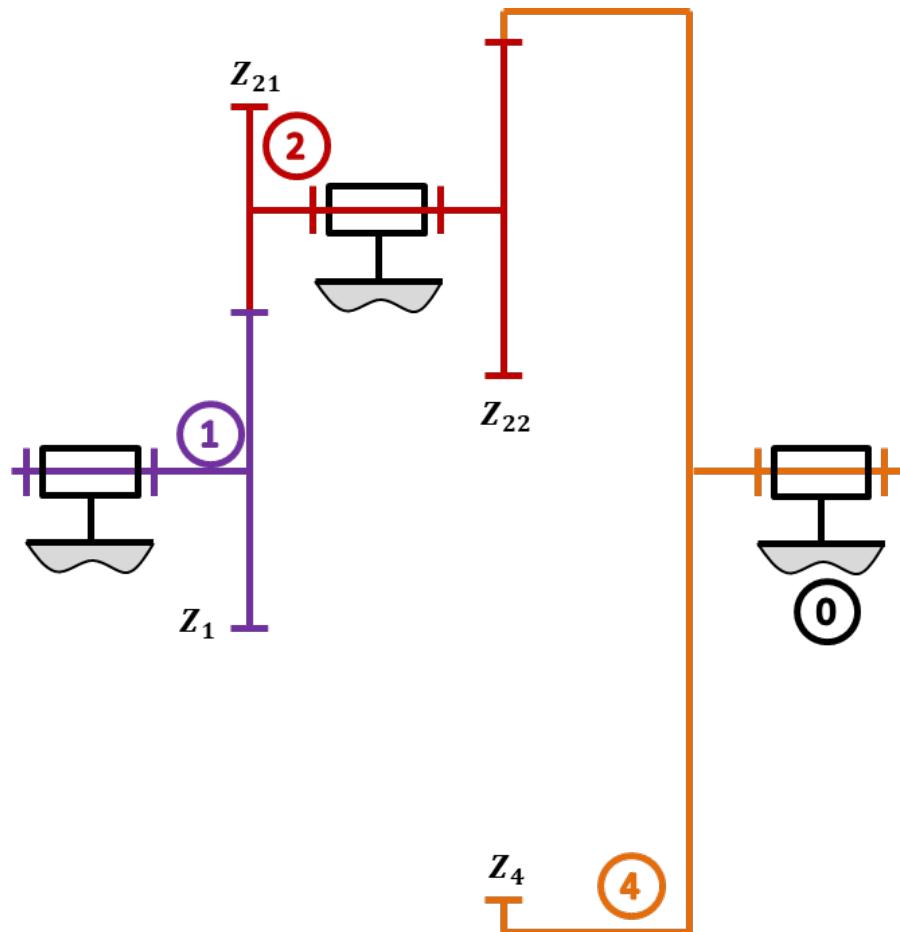
Corrigé voir 214.

Exercice 204 – Train simple *

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Déterminer $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$ 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 (on fera l'hypothèse que toutes les roues dentées ont le même module).

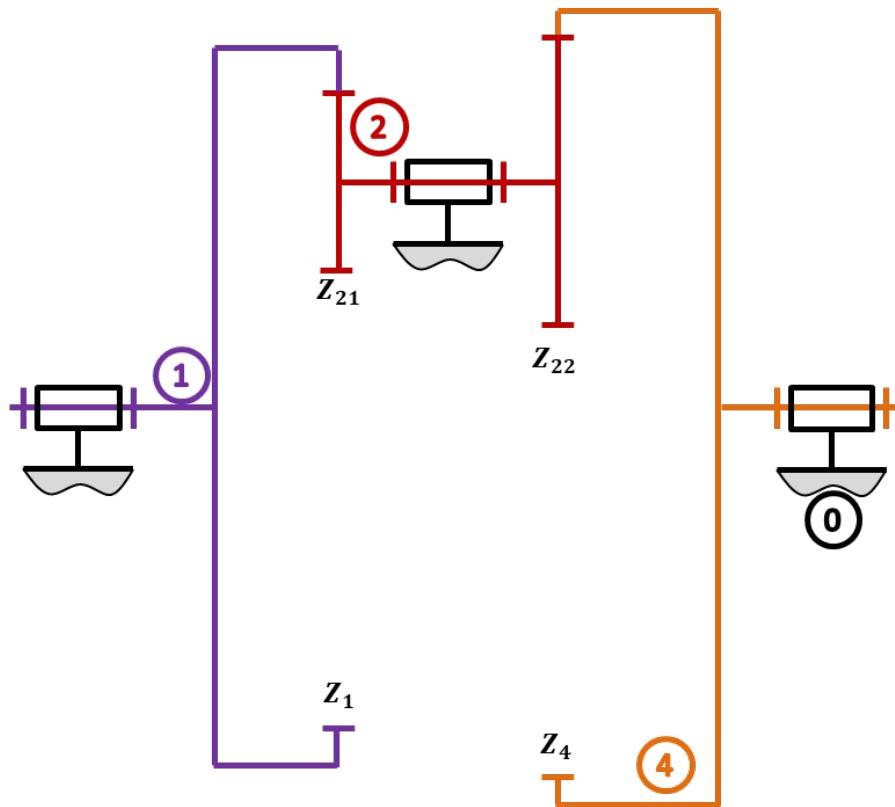
Corrigé voir 204.

Exercice 205 – Train simple *

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

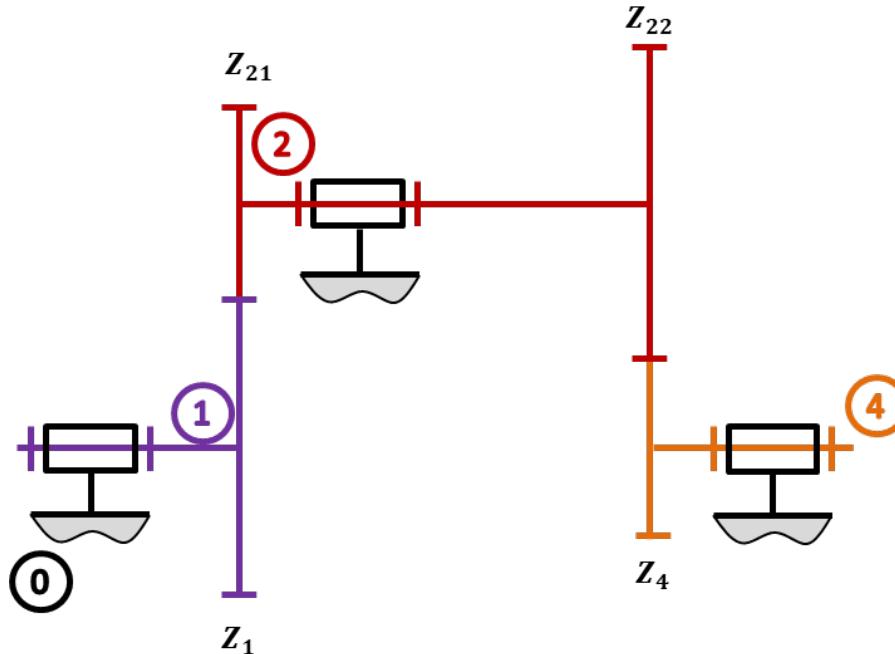
Corrigé voir 205.

Exercice 206 – Train simple *

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

Corrigé voir 206.

Exercice 207 – Cheville robot NAO*

A3-05

C2-06

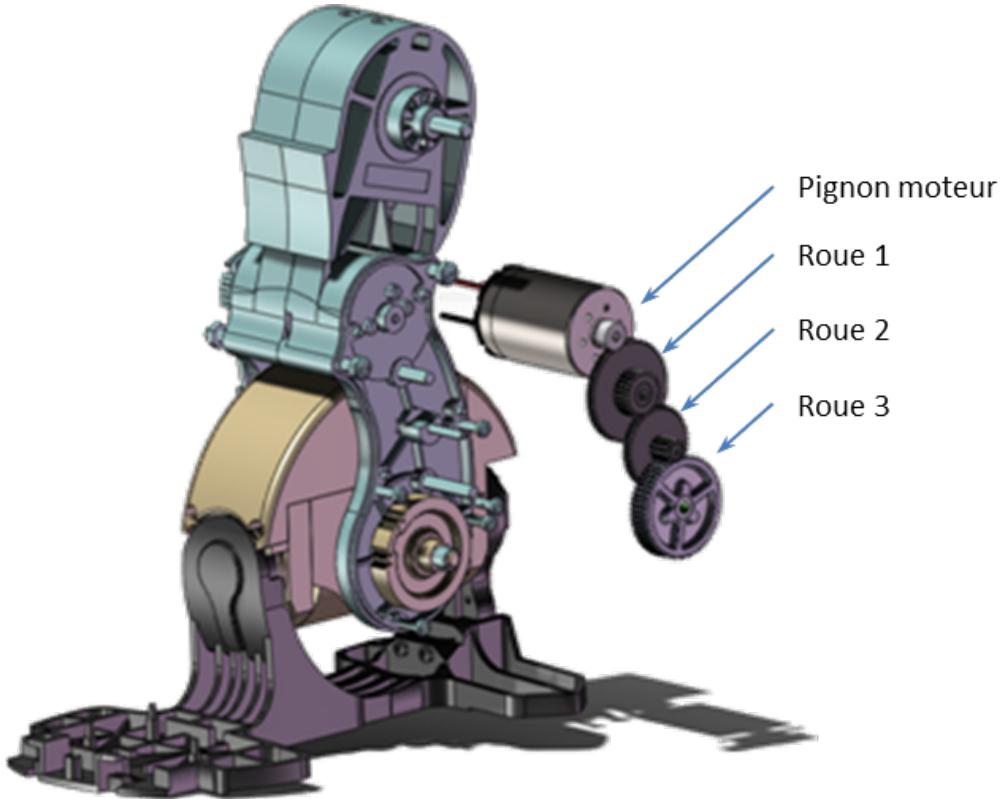
On s'intéresse ici à la cheville NAO. On cherche à savoir si, à partir du moteur retenu par le constructeur, la chaîne de transmission de puissance permet de vérifier les exigences suivantes :

- exigence 1.1.1.1 : la vitesse de roulis doit être inférieure à 42 tr/min;
- exigence 1.1.1.2 : la vitesse de tangage doit être inférieure à 60 tr/min.

La fréquence de rotation des moteurs permettant chacun des deux mouvements est de 8300 tr/min.

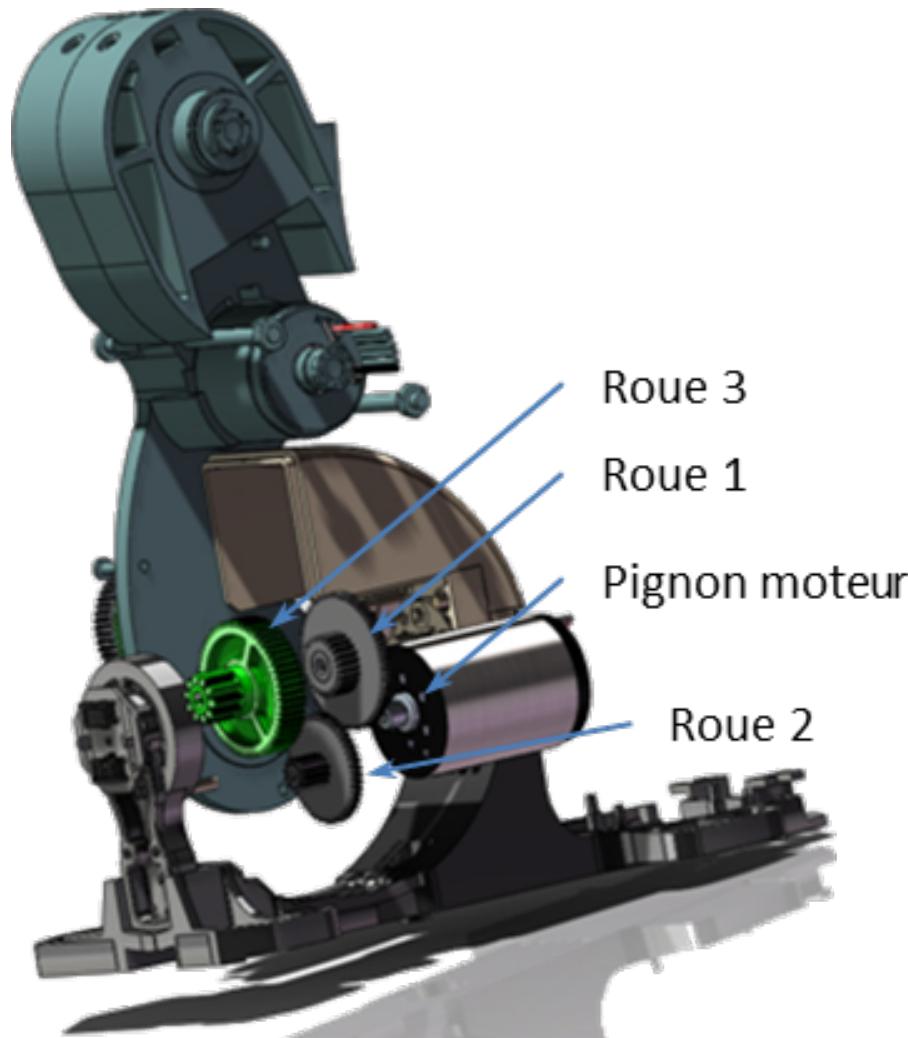
Pour la chaîne de transmission de tangage on donne le nombre de dents et le module de chaque roue dentée :

- pignon moteur : $Z_m = 20, M_m = 0,3$;
- grand pignon 1 : $Z_1 = 80, M_1 = 0,3$;
- petit pignon 1 : $Z'_1 = 25, M'_1 = 0,4$;
- grand pignon 2 : $Z_2 = 47, M_2 = 0,4$;
- petit pignon 2 : $Z'_2 = 12, M'_2 = 0,4$;
- grand pignon 3 : $Z_3 = 58, M_3 = 0,4$;
- petit pignon 3 : $Z'_3 = 10, M'_3 = 0,7$;
- roue de sortie : $Z_T = 36, M_T = 0,7$.



Pour la chaîne de transmission du roulis on donne le nombre de dents et le module de chaque roue dentée :

- pignon moteur : $Z_m = 13, M_m = 0,3$;
- grand pignon 1 : $Z_1 = 80, M_1 = 0,3$;
- petit pignon 1 : $Z'_1 = 25, M'_1 = 0,4$;
- grand pignon 2 : $Z_2 = 47, M_2 = 0,4$;
- petit pignon 2 : $Z'_2 = 12, M'_2 = 0,4$;
- grand pignon 3 : $Z_3 = 58, M_3 = 0,4$;
- petit pignon 3 : $Z'_3 = 10, M'_3 = 0,7$;
- roue de sortie 3 : $Z_R = 36, M_R = 0,7$.



DDS

Question 1 Quels doivent être les rapports de réductions des transmissions par engrenage afin de respecter les exigences 1.1.1.1 et 1.1.1.2 ?

Question 2 Dans le cas de l'axe de tangage, remplir le tableau suivant :

Question 3 Dans le cas de l'axe de tangage, déterminer le diamètre de chaque roue dentée.

Question 4 Dans le cas de l'axe de tangage, réaliser le schéma cinématique minimal.

Question 5 Calculer le rapport de transmission de la chaîne de transmission de l'axe de tangage ? L'exigence 1.1.1.2 est-elle respectée ? Si non, quelle(s) solution(s) de remédiation pourrait-on proposer ?

Question 6 Calculer le rapport de transmission de la chaîne de transmission de l'axe de roulis ? L'exigence 1.1.1.1 est-elle respectée ? Si non, quelle(s) solution(s) de remédiation pourrait-on proposer ?

Corrigé voir 207.

Exercice 208 – Train simple *

D'après Florestan Mathurin.

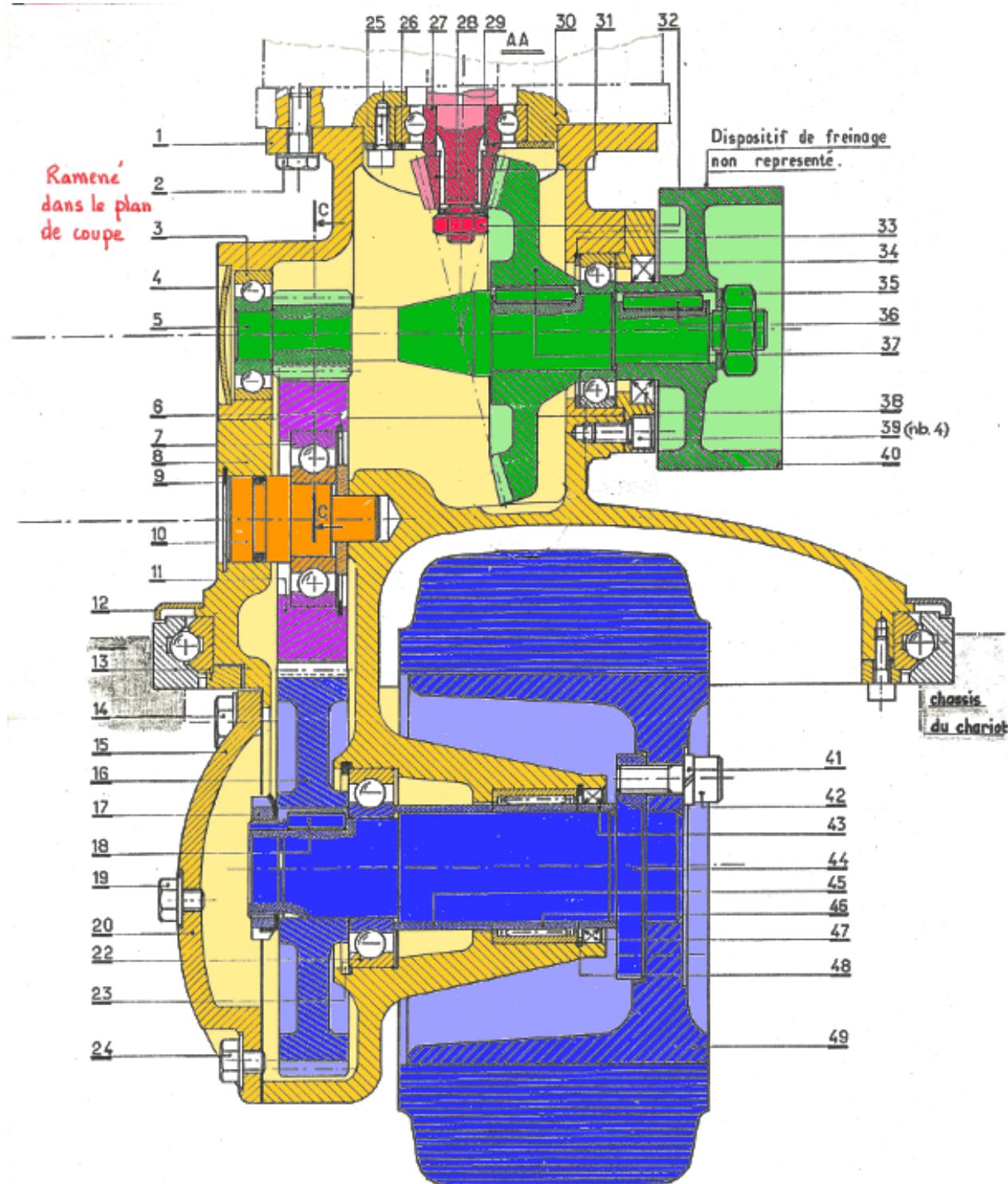
A3-05

C2-06

On s'intéresse au réducteur équipant la roue arrière motrice et directionnelle d'un chariot élévateur de manutention automoteur à conducteur non porté.

Données : $z_{27} = 16$ dents, $z_{35} = 84$ dents, $z_5 = 14$ dents, $z_{11} = 56$ dents, $z_{16} = 75$ dents.

Question 1 Identifier les classes d'équivalence cinématique sur le dessin d'ensemble.



Question 2 Construire le schéma cinématique du réducteur dans le même plan que le dessin.

Question 3 Compléter le tableau donnant les caractéristiques des roues et pignons.

Repère de la roue	Module m (mm)	Nombre de dents Z	Diamètre primitif D (mm)
27			
35	1,5		
5			
11	1,5		
16			

Question 4 Après avoir proposé un paramétrage, indiquer dans quel sens tourne la roue si le moteur 28 (31) tourne dans le sens positif.

Question 5 Pour une vitesse de 1500 tr/min en sortie de moteur, déterminer la vitesse de rotation de la roue. Le diamètre de la roue est de 150 mm. Quelle est la vitesse du véhicule?

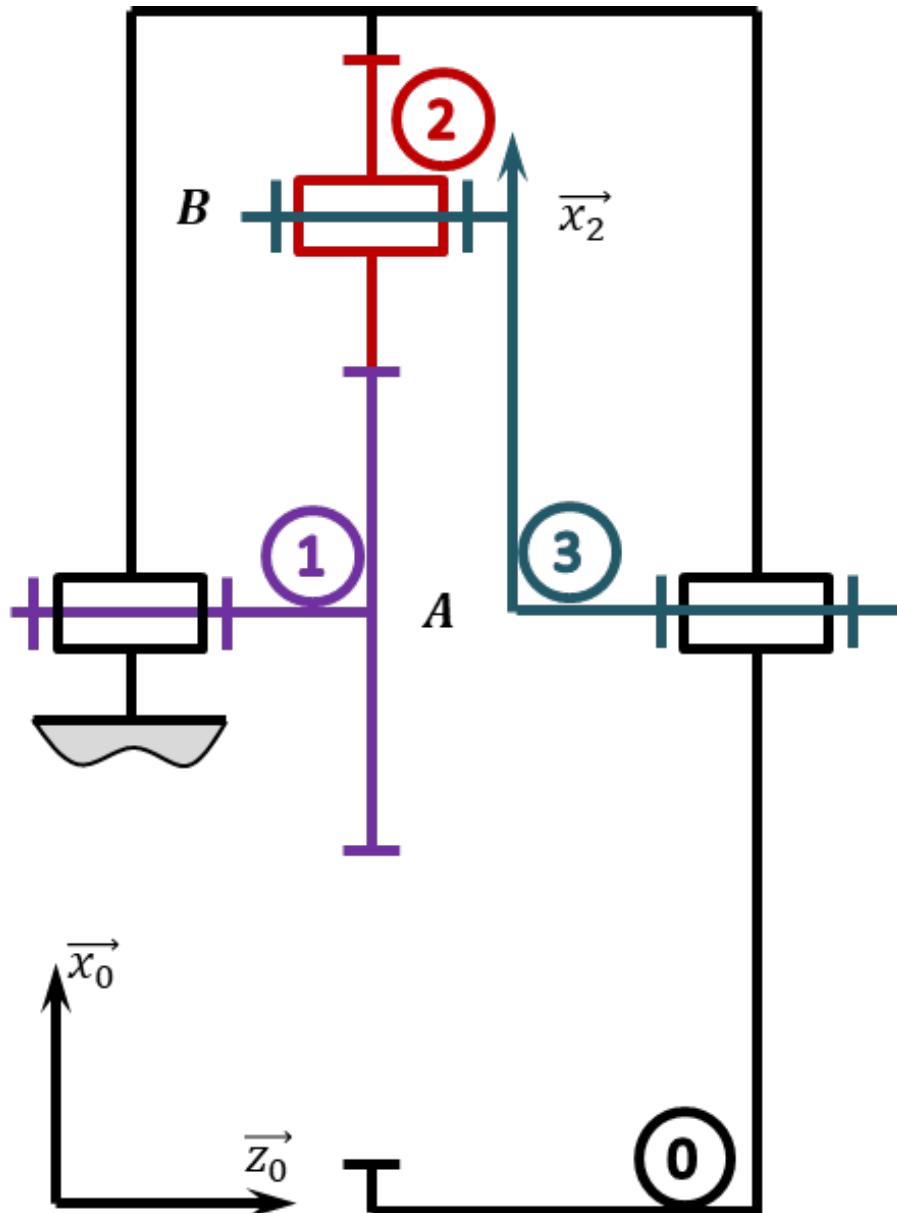
Corrigé voir 208.

Exercice 209 – Train simple *

A3-05

C2-06

Soit le train épicycloïdal suivant.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

Corrigé voir 209.

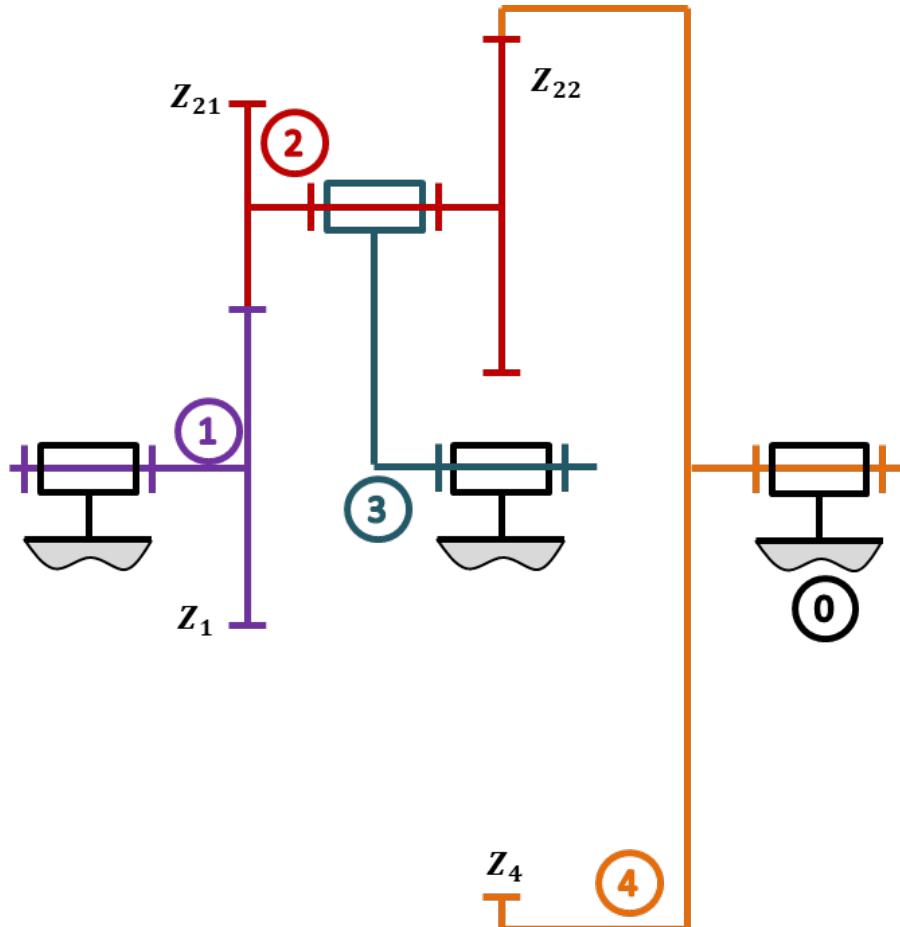
DDS

Exercice 210 – Train simple *

A3-05

C2-06

Soit le train épicycloïdal suivant.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Déterminer ω_{40} en fonction de ω_{30} et ω_{10} .

Question 3 On suppose que ω_{40} est bloqué. Exprimer le rapport $\frac{\omega_{30}}{\omega_{10}}$.

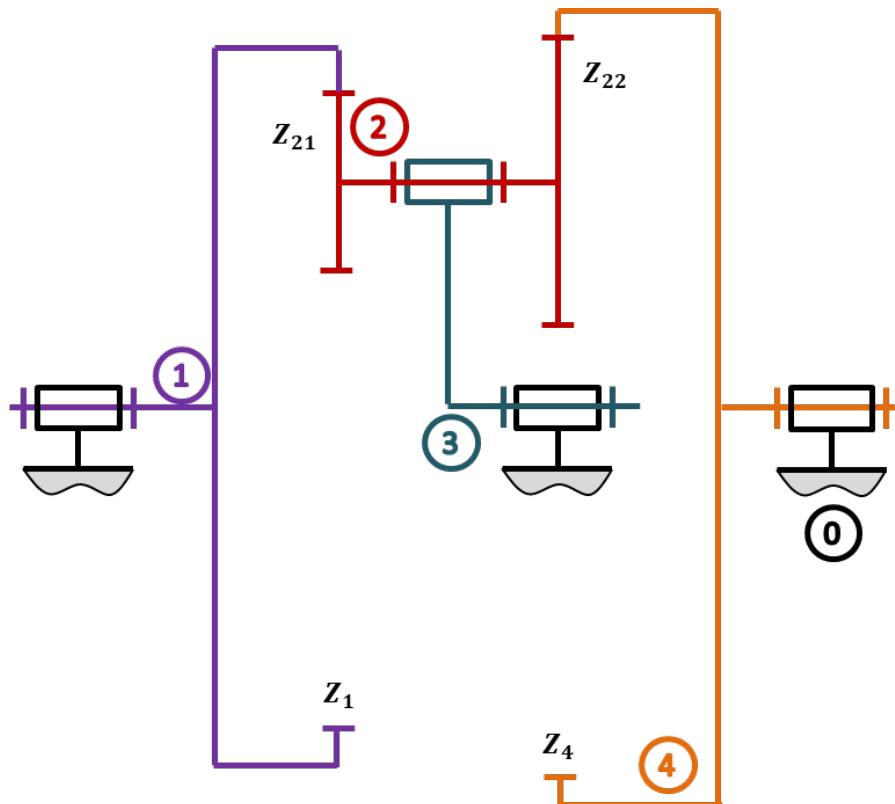
Corrigé voir 210.

Exercice 211 – Train simple *

A3-05

C2-06

Soit le train épicycloïdal suivant.



DDS

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Déterminer ω_{40} en fonction de ω_{30} et ω_{10} .

Question 3 On suppose que ω_{40} est bloqué. Exprimer le rapport $\frac{\omega_{30}}{\omega_{10}}$.

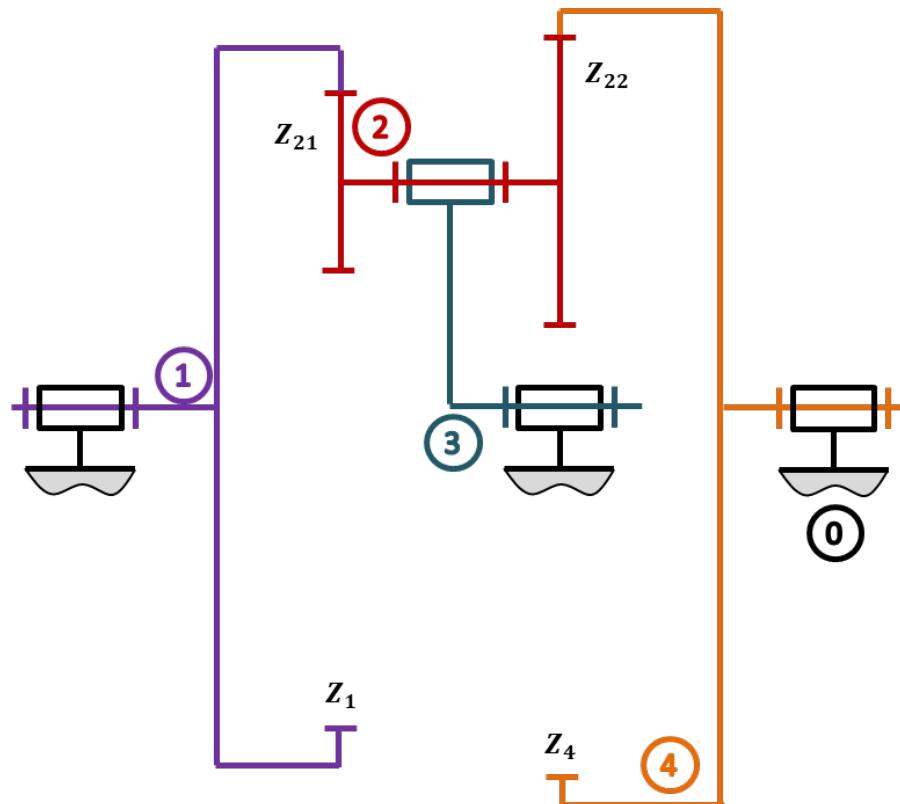
Corrigé voir 211.

Exercice 212 – Train simple *

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Déterminer ω_{40} en fonction de ω_{30} et ω_{10} .

Question 3 On suppose que ω_{40} est bloqué. Exprimer le rapport $\frac{\omega_{30}}{\omega_{10}}$.

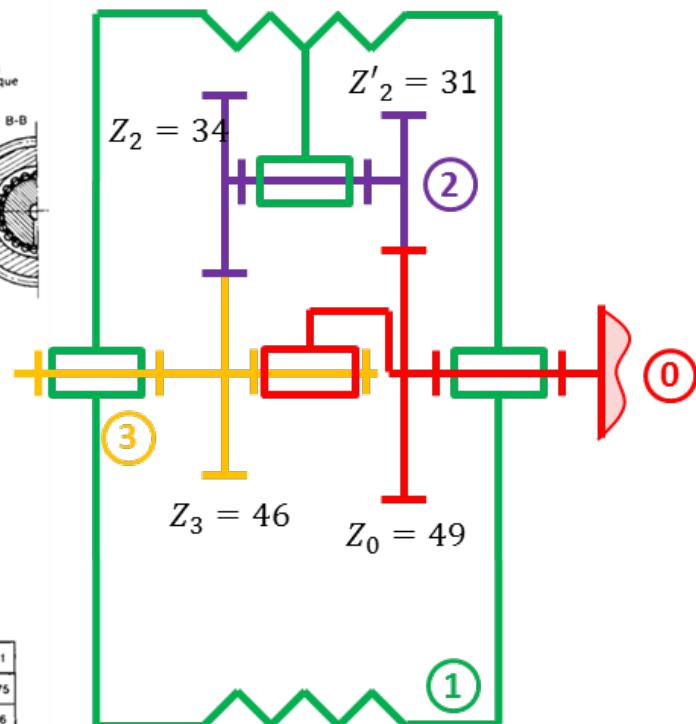
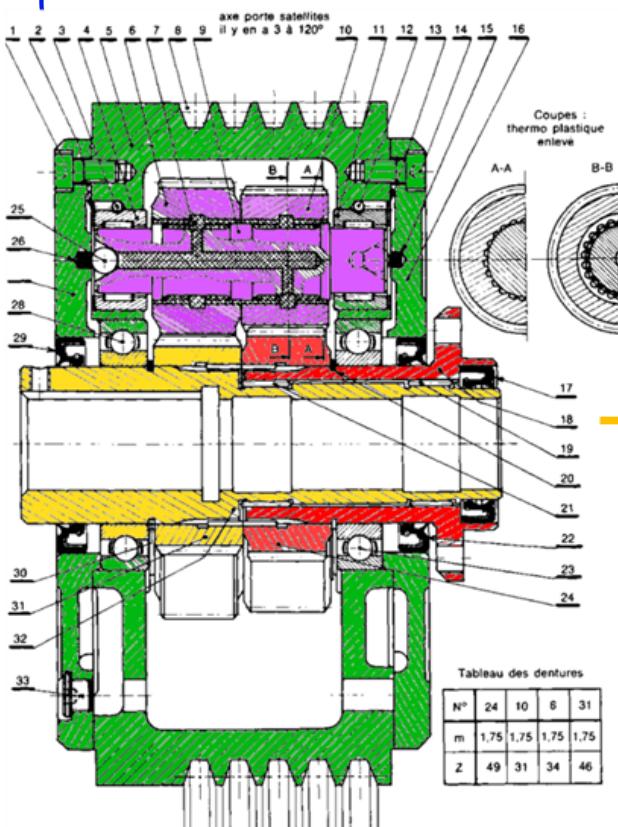
Corrigé voir 212.

Exercice 213 – Poule Redex * D'après ressources de Stéphane Genouëlt.

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Déterminer littéralement, en fonction des nombres de dents, la loi E/S du système (c'est-à-dire le rapport de transmission).

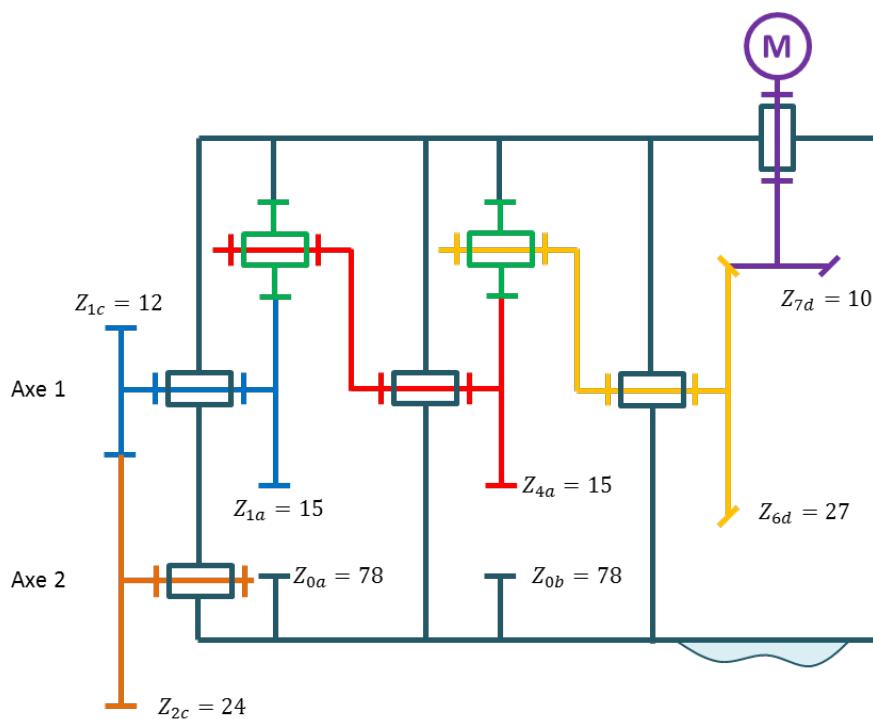
Corrigé voir 213.

Exercice 214 – Train simple *

A3-05

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le système de transmission suivant.



Question 3 Donner les rapports de chacun des 4 étages de réduction.

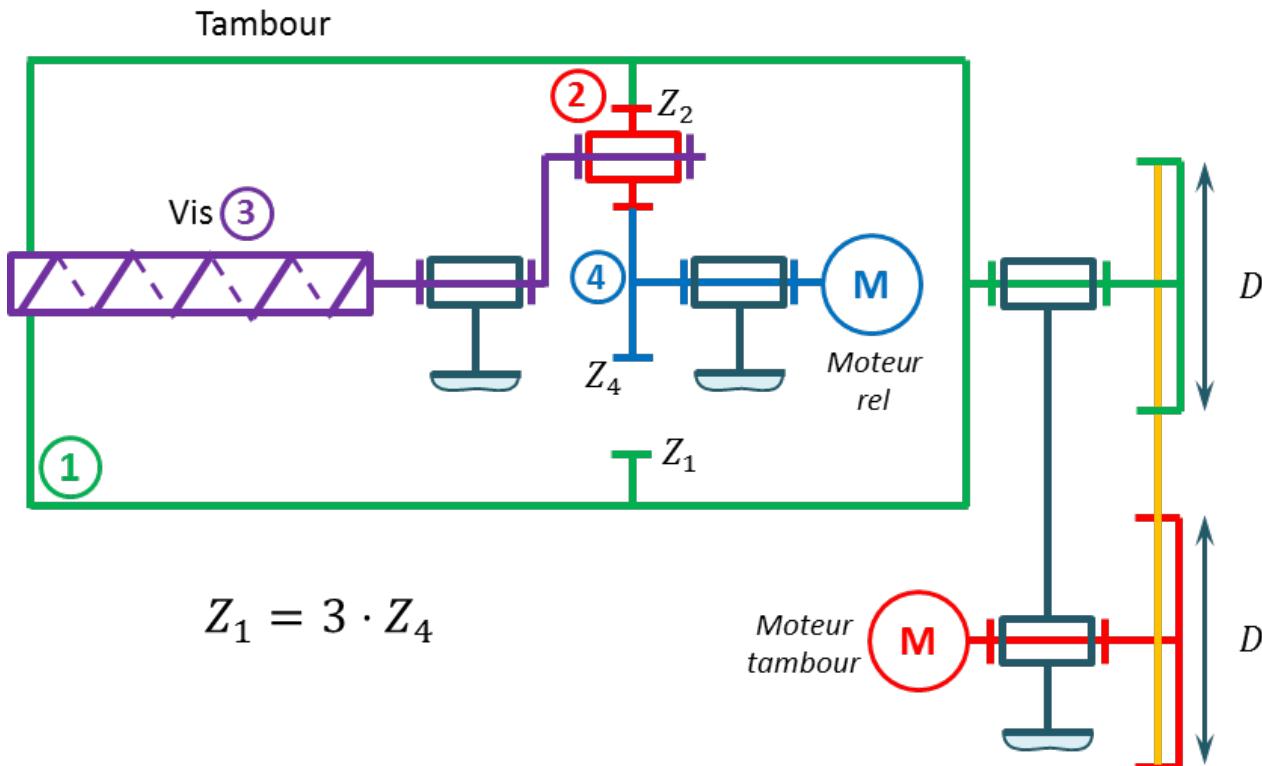
Corrigé voir 214.

Exercice 215 – Centrifugeuse des boues *

A3-05

C2-06

La chaîne cinématique est représentée sur la figure suivante.



La séquence de lancement de la centrifugeuse se déroule en trois phases :

- mise en marche du premier moteur M_{tambour} jusqu'à ce que le tambour 1 atteigne sa vitesse de consigne de 2 000 tours/min. Le moteur M_{rel} est à l'arrêt;
- mise en marche du deuxième moteur M_{rel} jusqu'à ce que la vitesse différentielle de 2 tours/min soit atteinte entre le tambour 1 et la vis 3. La vis 3 tourne ainsi plus vite que le tambour 1;
- la boue liquide est ensuite introduite.

Question 1 Déterminer la fréquence de rotation de la vis (par rapport au bâti) lors de la phase de lancement.

Corrigé voir 215.

Exercice 216 – Train simple * D'après documentation F Mazet.

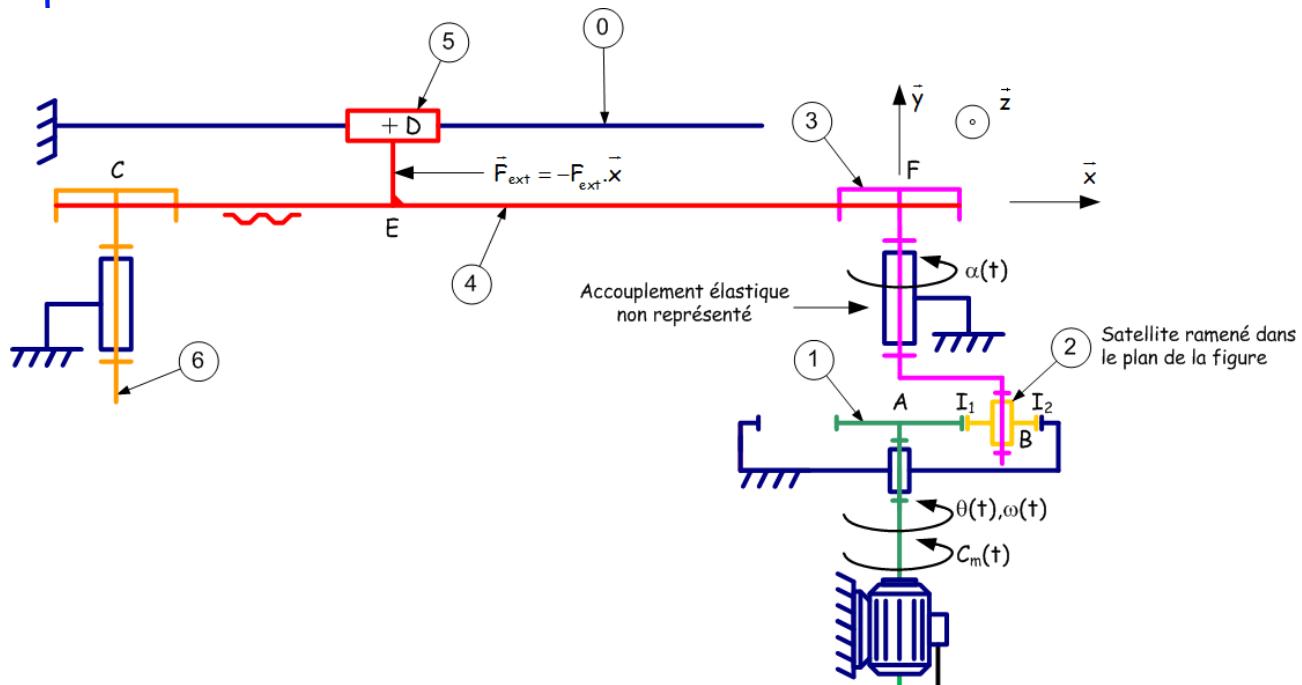
A3-05

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

On s'intéresse à la chaîne de transmission de puissance du Control'X dont un modèle est donné dans la figure ci-dessous.

On note :

- **0** : le bâti auquel est encastré une couronne de rayon primitif R_b ;
- **1** : le pignon de sortie du moteur de rayon primitif R_m ;
- **2** : un des 3 satellites du réducteur épicycloïdal de rayon primitif R_s ;
- **3** : le porte-satellite auquel est encastré une poulie de rayon R_p ;
- **5** : le chariot de masse M encastré à la courroie **4** considérée inextensible. On note $v = \overrightarrow{V(D, 5/0)} \cdot \overrightarrow{y}$;
- **3** : la seconde poulie de rayon R_p ;



DDS

Question 1 Déterminer la relation entre $\omega(1/0)$ et v .

Corrigé voir 216.

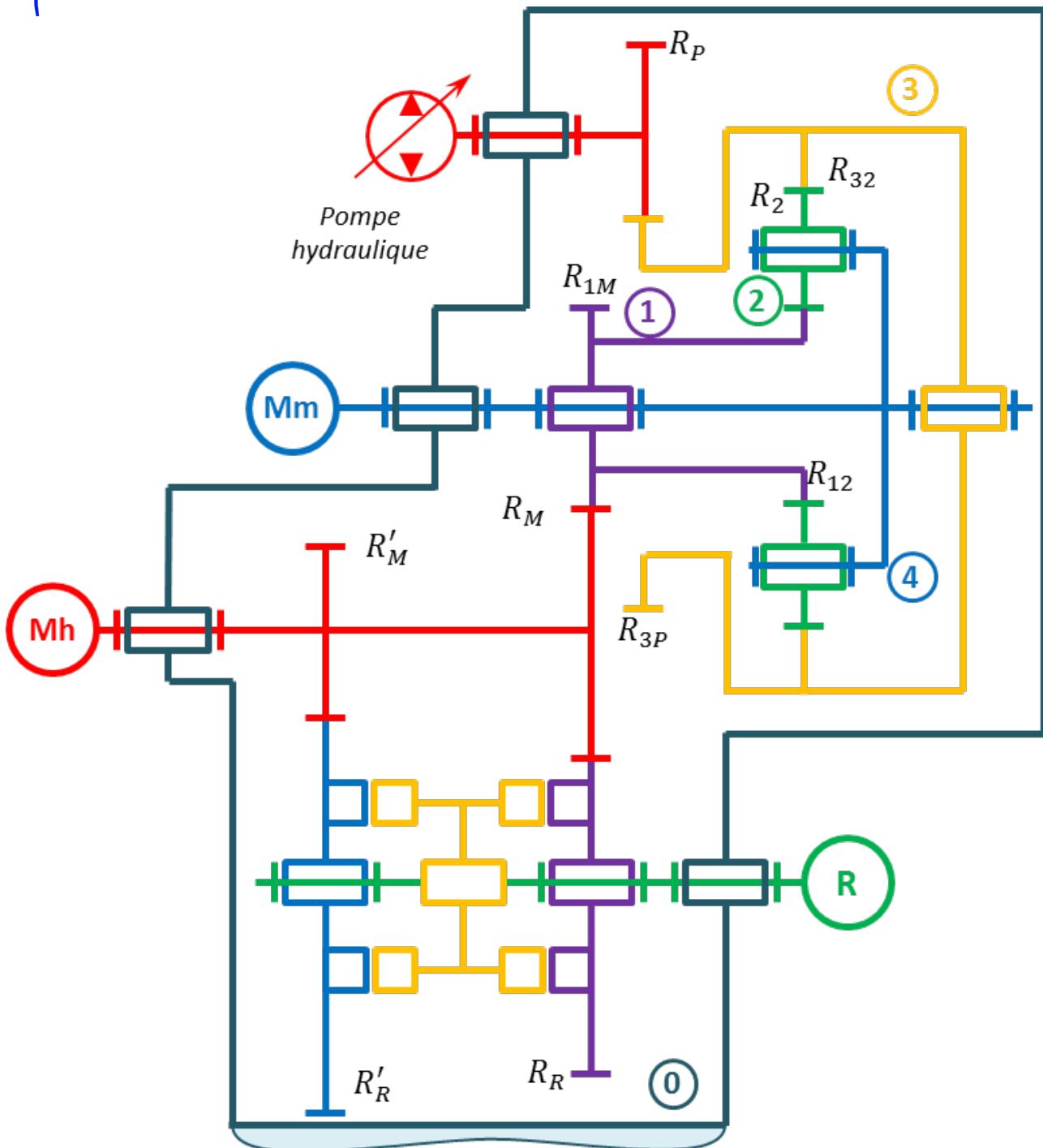
Exercice 217 – Train simple *

A3-05

C2-06

On s'intéresse à la chaîne de transmission de puissance d'un tracteur Fendt. Cette dernière est composée d'un moteur (et d'une pompe) hydraulique (Mh) ainsi que d'un moteur thermique MAN (Mm).

Le moteur MAN a pour but de fournir de la puissance à la pompe hydraulique et au tracteur (récepteur R). On donne ci-dessous le schéma de la transmission.



Les rayons des pignons sont les suivants : $R_{12} = 60$, $R_{1M} = 33$, $R_2 = 30$, $R_{32} = 120$, $R_{3P} = 54$, $R_M = 54$, $R'_M = 48$, $R_R = 42$, $R'_R = 48$.

Une étude antérieure a permis d'établir que $\frac{\omega(Ph/0)}{\omega(Mh/0)} = \frac{2y}{x}$ avec $x \in [0, 71; 1]$ et $y \in [0; 1]$.

La fréquence de rotation du moteur Man est de 1900 tr/min.

Question 1 Déterminer la relation entre $\omega(1/0)$, $\omega(3/0)$ et $\omega(4/0)$.

Question 2 Montrer que la relation entre la rotation du moteur hydraulique et le moteur Man peut se mettre sous la forme : $\frac{\omega(Mh/0)}{\omega(Mm/0)} = -\frac{Ax}{BR_p y + Cx}$ où on explicitera A, B et C.

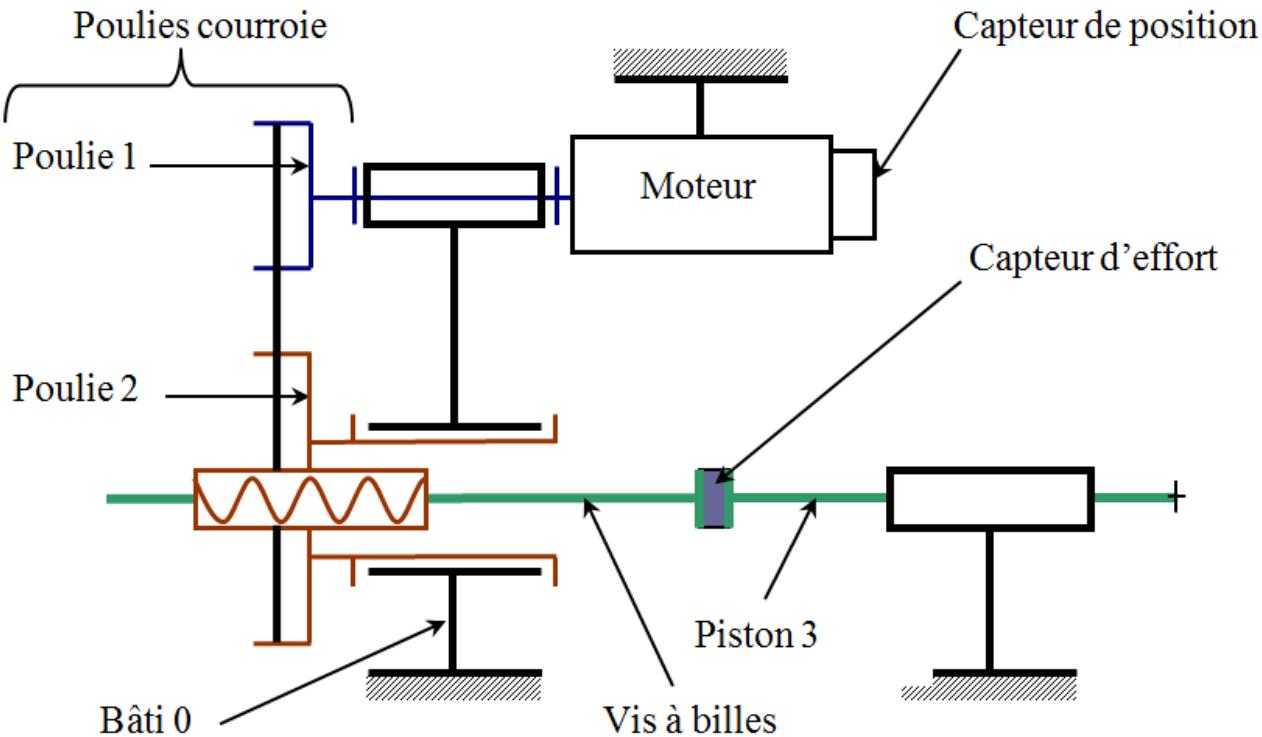
Corrigé voir 217.

Exercice 218 – Système vis-écrou * D'après ressources Pole Chateaubriand – Joliot-Curie.

A3-05

C2-06

Soit la chaîne de transmission suivante.



Le schéma du restituteur actif est donné ci-dessous. Le pas de la vis est $p_v = 10 \text{ mm}$. Le diamètre de la poulie 2 est le double de celui de la poulie 1.

Question 1 Sur le schéma cinématique, repasser chaque solide d'une couleur différente.

Question 2 Réaliser la chaîne d'énergie-puissance partielle en définissant les noms des transmetteurs et les grandeurs d'entrée et de sortie cinématiques.

Question 3 Définir la loi entrée-sortie entre la vitesse de translation du piston 3 et la vitesse de rotation du moteur 1.

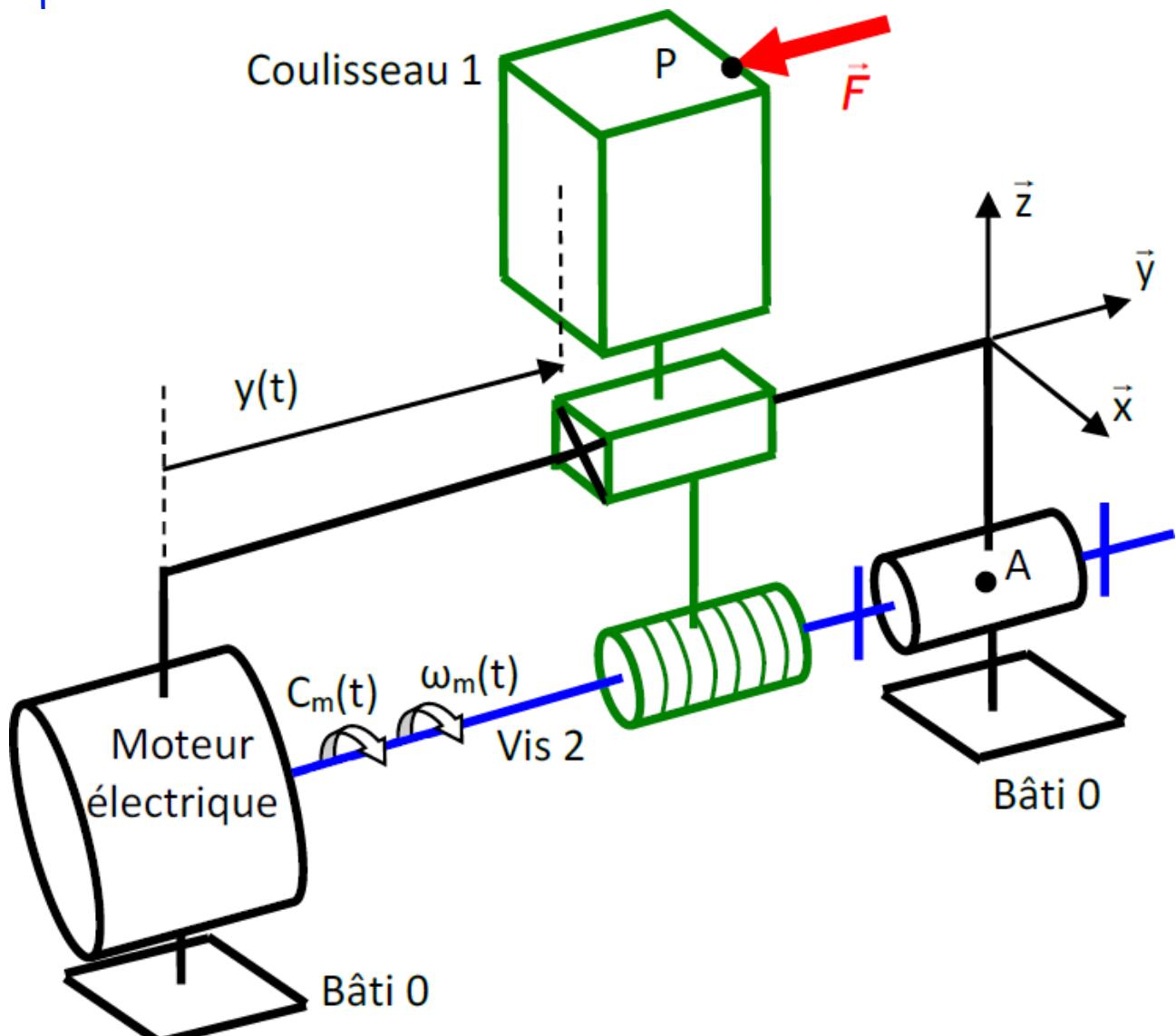
Corrigé voir 218.

Exercice 219 – Train simple * D'après ressources Pole Chateaubriand – Joliot-Curie.

A3-05
C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

L'usinage est une opération de transformation d'un produit par enlèvement de matière. Cette opération est à la base de la fabrication de produits dans les industries mécaniques. La génération d'une surface par enlèvement de matière est obtenue grâce à un outil muni d'au moins une arête coupante. Les différentes formes de pièces sont obtenues par des translations et des rotations de l'outil par rapport à la pièce.

On s'intéresse ici à l'axe Y qui met en mouvement le coulisseau 1, sur lequel est fixée l'outil, par rapport au bâti 0. Le coulisseau 1 est mis en mouvement par un moteur électrique qui délivre un couple moteur $C_m(t)$.



On note p le pas de vis.

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 Définir la loi entrée-sortie entre la vitesse de translation du coulisseau et la vitesse de rotation du moteur.

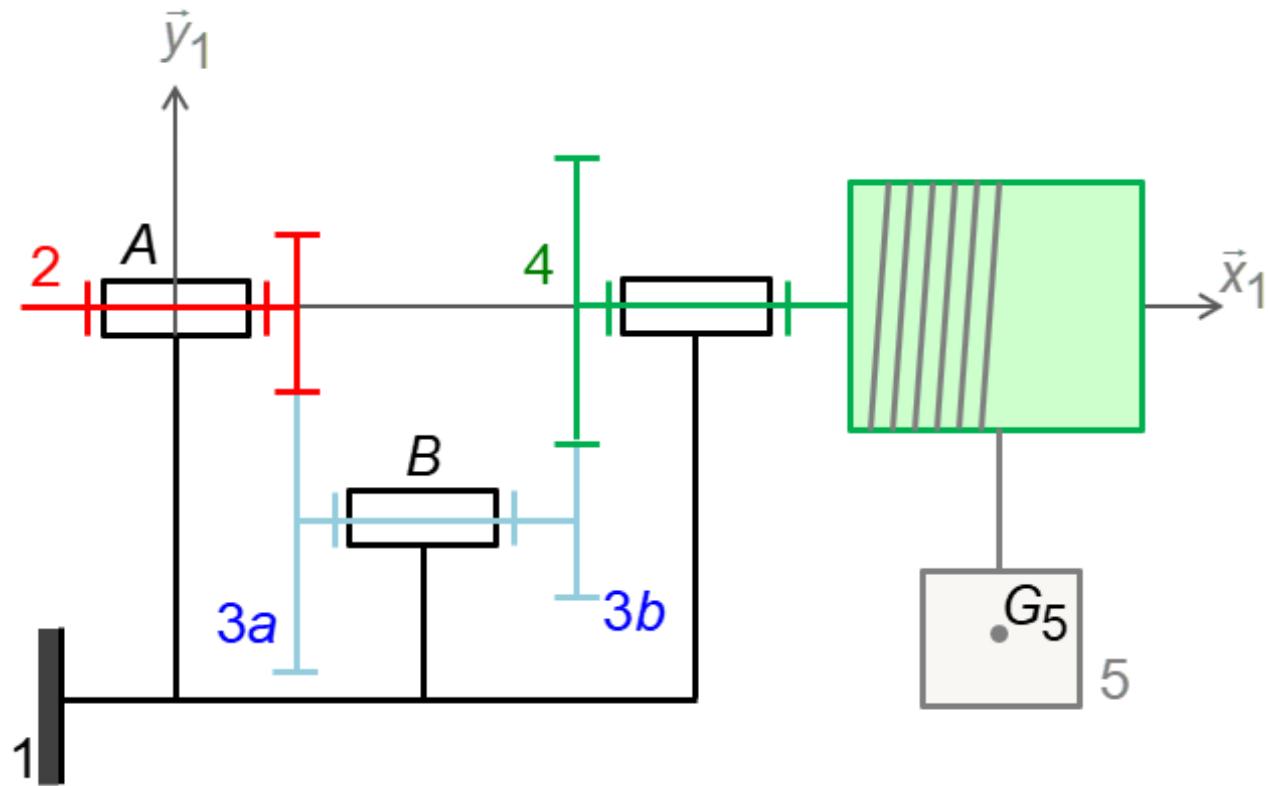
Corrigé voir 219.

Exercice 220 – Treuil de levage * D'après ressources Pole Chateaubriand – Joliot-Curie.

A3-05

C2-06 Pas de corrigé pour cet exercice.

On s'intéresse à un treuil dont le modèle cinématique est donné ci-dessous.



DDS

On note Z_2 le nombre de dents de la roue dentée de l'arbre 2. On note l'arbre intermédiaire 3 et Z_{3a} et Z_{3b} les nombres de dents de ses deux roues dentées. On note R le rayon du tambour 4 sur lequel s'enroule sans glisser un câble et Z_4 le nombre de dents de sa roue dentée.

Question 1 Déterminer la relation entre v_{51} la vitesse de déplacement de la charge par rapport au bâti et ω_{21} la vitesse de rotation du moteur.

Question 2 On note J_2 , J_3 , J_4 l'inertie des pièces 2, 3 et 5. On note M_5 la masse du solide 5. Donner la masse équivalente ramenée « à la translation » de la masse. Donner l'inertie équivalente ramenée à l'arbre d'entrée 2.

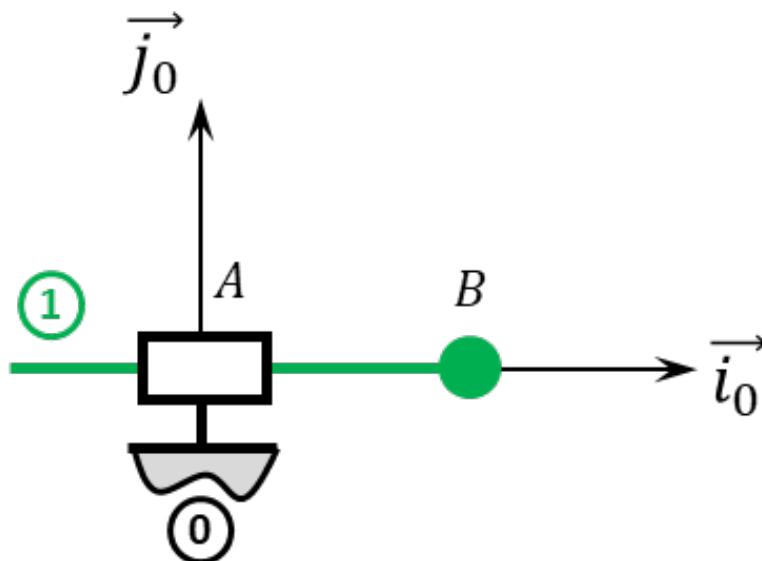
Corrigé voir 220.

3.2.7 Déterminer les actions mécaniques en statique.

Exercice 221 – Mouvement T *

C2-07

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 $\overrightarrow{BG} = \ell \overrightarrow{j_1}$ ($\overrightarrow{j_1} = \overrightarrow{j_0}$). 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 donne $\{\mathcal{F}(\text{pes} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{c} -m_1 g \vec{i}_1 \\ 0 \end{array} \right\}_G$ et $\{\mathcal{F}(\text{ver} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{c} F_v \vec{i}_1 \\ 0 \end{array} \right\}_A$.

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

On isole 1 et on applique le théorème de la résultante statique en projection suivant \vec{i}_0 .

Question 2 Exprimer l'équation d'équilibre de la pièce 1.

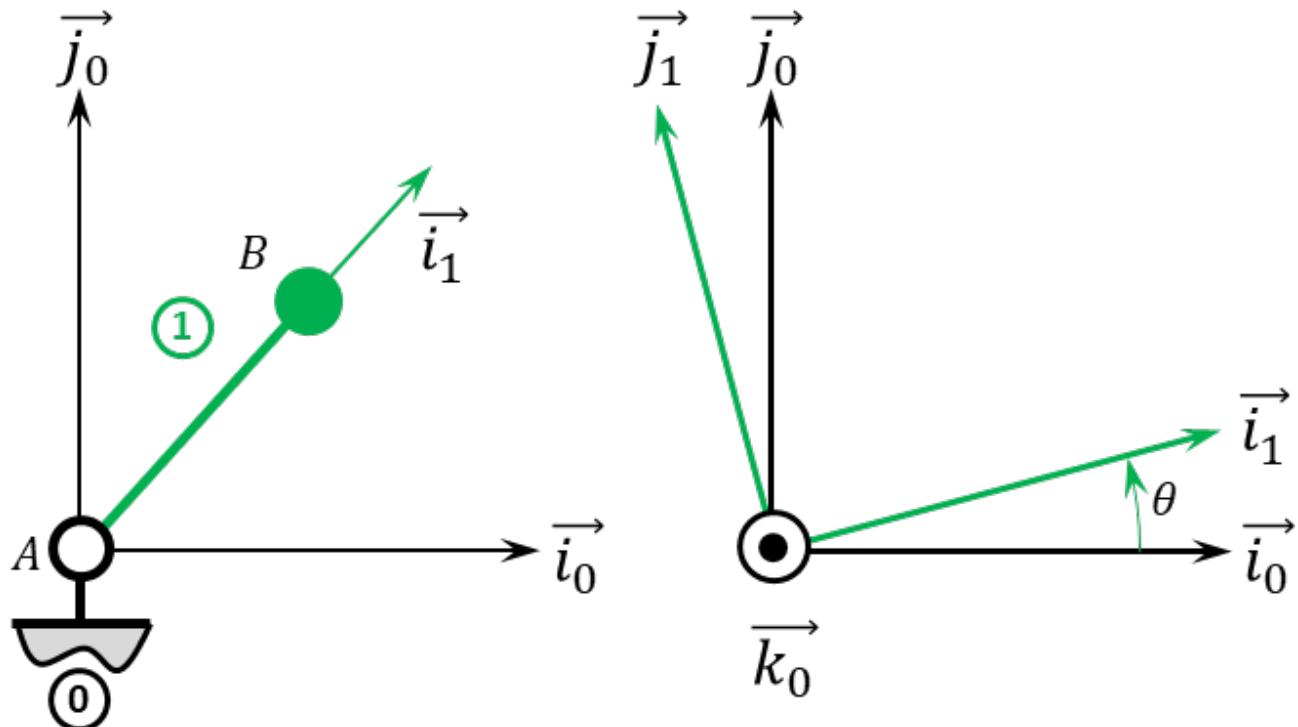
Question 3 Déterminer l'ensemble des inconnues de liaison.

Corrigé voir 221.

Exercice 222 – Mouvement R *

C2-07

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20 \text{ mm}$. La liaison pivot est motorisée par un moteur dont l'action mécanique sur 1 est donnée par $\overrightarrow{C_m} = C_m \vec{k}_0$. On note m_1 la masse du solide 1 et B son centre d'inertie. La pesanteur est telle que $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



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

$$\text{On donne } \{\mathcal{F}(\text{pes} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} -m_1 g \vec{j}_0 \\ 0 \end{array} \right\}_B \text{ et } \{\mathcal{F}(\text{Mot} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{0} \\ C_m \vec{k}_0 \end{array} \right\}_A.$$

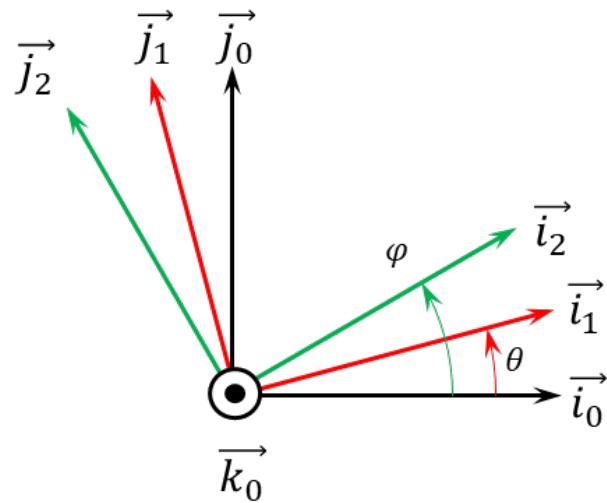
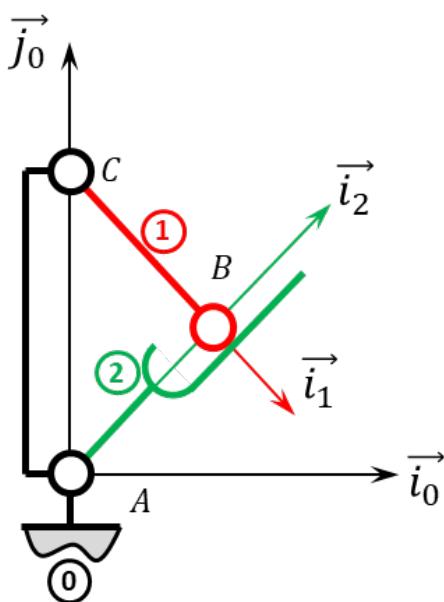
On isole 1 et on réalise un théorème du moment statique en A en projection sur \vec{k}_0 .

Question 2 Donner l'équation d'équilibre de la pièce 1.

Question 3 Déterminer l'ensemble des inconnues de liaisons.

Corrigé voir 222.

Exercice 223 – Barrière Sympact **



On néglige la pesanteur sur la pièce 1.

On note $\{\mathcal{F}(\text{Moteur} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{0} \\ C_m \vec{k}_0 \end{array} \right\}_{\forall P}$ l'action mécanique du moteur sur la pièce 1.

On note $\{\mathcal{F}(\text{Ressort} \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{0} \\ C_r \vec{k}_0 \end{array} \right\}_{\forall P}$ l'action mécanique d'un ressort couple sur la pièce 2.

On note $\{\mathcal{F}(\text{Pes} \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{l} -Mg \vec{j}_0 \\ 0 \end{array} \right\}_{\forall G}$ avec $\overrightarrow{AG} = L \vec{i}_2$.

Question 1 Réaliser un graphe d'analyse.

Question 2 Proposer une méthode permettant d'exprimer le couple moteur en fonction des autres actions mécaniques.

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

Question 4 Tracer, en utilisant Python, l'évolution du couple moteur en fonction de l'angle de la manivelle. On prendra $M = 1 \text{ kg}$ et $L = 0,1 \text{ m}$

Corrigé voir 223.

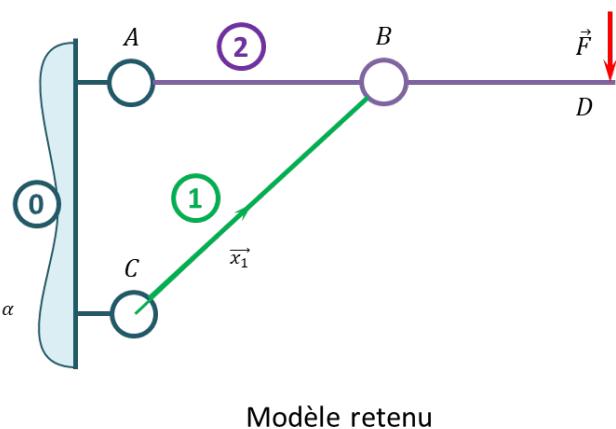
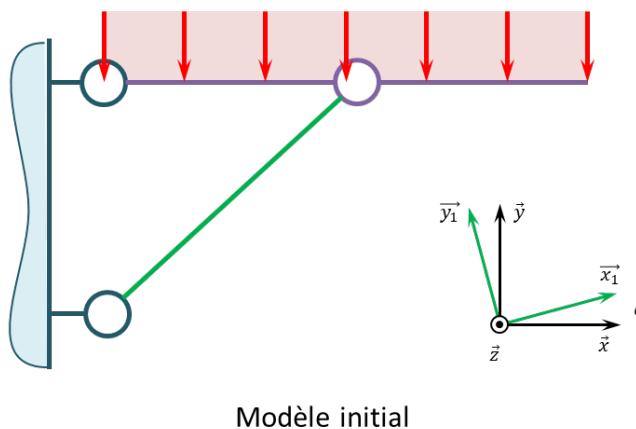
Exercice 224 – Détermination des efforts dans une structure étayée **
C2-07

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.



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 .

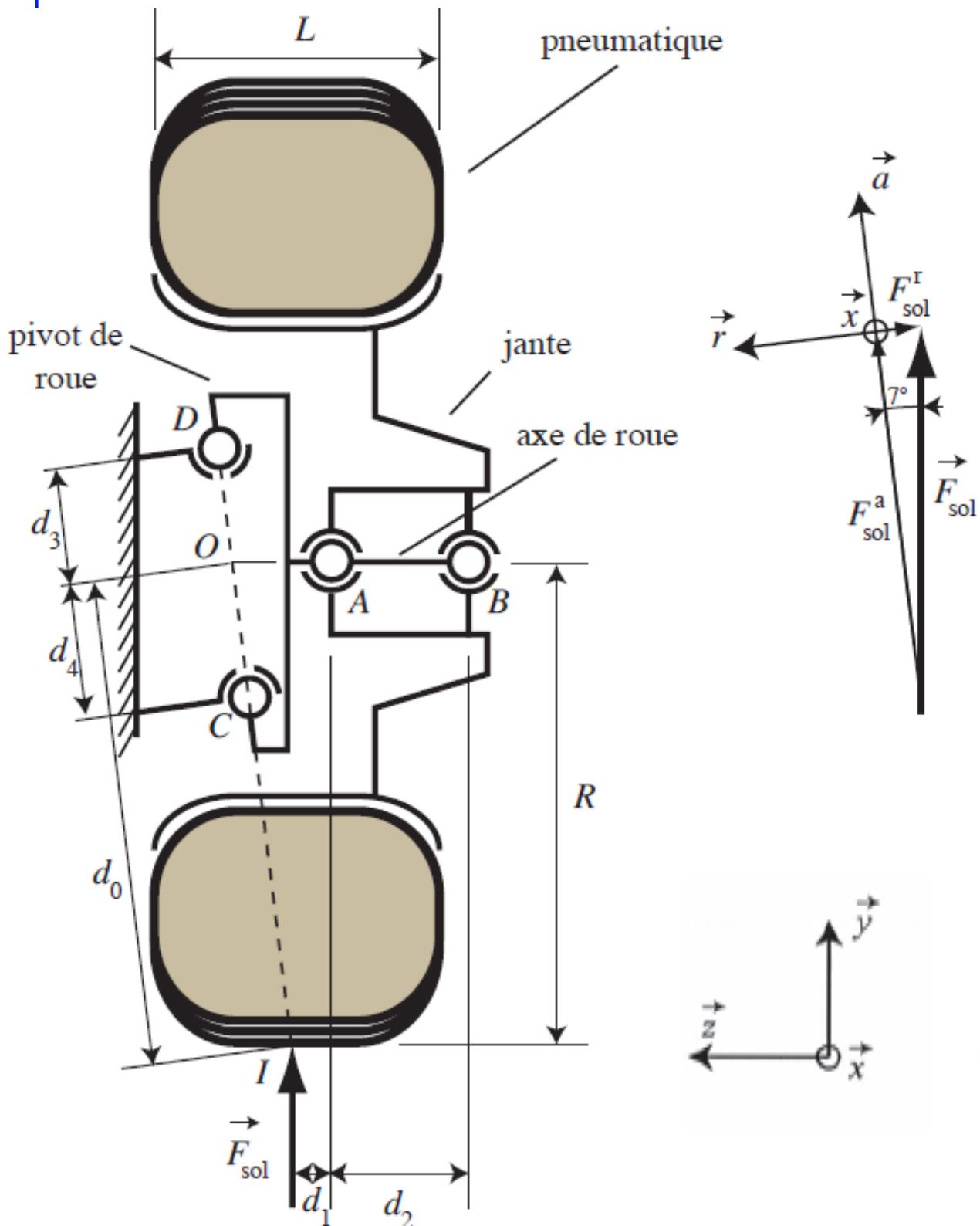
Éléments de corrigé :

$$3. X_{02} = -F \frac{a+b}{a \tan \alpha}, F_{01} = F \frac{a+b}{a \sin \alpha}, Y_{02} = -\frac{b}{a} F.$$

Corrigé voir 224.

Exercice 225 – Suspension automobile **
C2-07

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 Réaliser le graphe des liaisons en faisant apparaître les actions mécaniques. Exprimer les torseurs des actions mécaniques de chacune des liaisons.

Question 2 En isolant l'ensemble {pneumatique + jante + axe de roue}, écrire les équations issues du principe fondamental de la statique appliquée au point C, en projection sur les axes de la base (\vec{a} , \vec{r} , \vec{x}) en fonction des composantes F_{sol}^a et F_{sol}^r et des dimensions d_0 , d_3 et d_4 .

Question 3 Résoudre littéralement le système.

2.

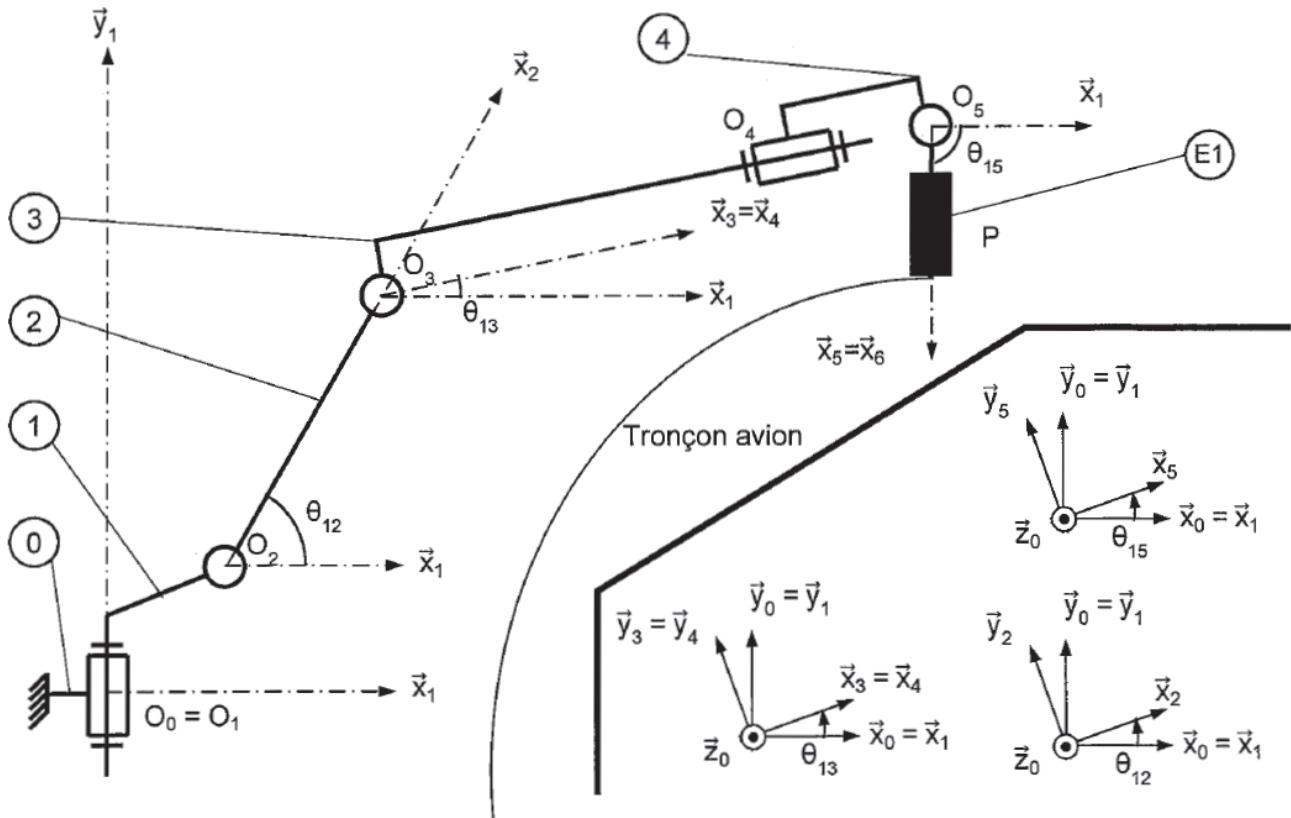
$$3. Z_C = Z_D = 0, Y_D = -\frac{d_0 F_{sol}^t}{d_4 + d_3}, Y_C = -Y_D + F_{sol}^t.$$

Corrigé voir 225.

Exercice 226 – Robot avion **

C2-07

Objectif L'objectif est de déterminer le couple articulaire C_{12} à appliquer sur le bras 2 afin de garantir l'effort de perçage et l'effort presseur.



Hypothèses :

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

Repérage et paramétrage

Le repère associé à l'embase fixe (0) est le repère $\mathcal{R}_0(O_0; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, \vec{y}_0 étant l'axe vertical ascendant.

L'embase de rotation (1), en liaison pivot d'axe (O_1, \vec{y}_1) , par rapport au bâti (0), a pour repère associé le repère $\mathcal{R}_1(O_1; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ tel que $O_0 = O_1$, $\vec{x}_0 = \vec{x}_1$, $\vec{y}_0 = \vec{y}_1$, $\vec{z}_0 = \vec{z}_1$.

Le bras (2), en liaison pivot d'axe (O_2, \vec{z}_2) par rapport à l'embase de rotation (1), a pour repère associé le repère $\mathcal{R}_2(O_2; \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ tel que $\overrightarrow{O_1 O_2} = L_1 \vec{x}_1 + L_2 \vec{y}_1$, $\vec{z}_1 = \vec{z}_2$ et $(\vec{x}_1, \vec{x}_2) = (\vec{y}_1, \vec{y}_2) = \theta_{12}$.

Le bras (3), en liaison pivot d'axe (O_3, \vec{z}_3) par rapport au bras (2), a pour repère associé le repère $\mathcal{R}_3(O_3; \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ tel que $\overrightarrow{O_2 O_3} = L_3 \vec{x}_2$, $\vec{z}_1 = \vec{z}_3$ et $(\vec{x}_1, \vec{x}_3) = (\vec{y}_1, \vec{y}_3) = \theta_{13}$.

Le bras (4), en liaison pivot d'axe (O_4, \vec{x}_4) par rapport au bras (3), a pour repère associé le repère $\mathcal{R}_4(O_4; \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ tel que $\overrightarrow{O_3 O_4} = L_4 \vec{x}_3 + L_5 \vec{y}_3$, $\vec{x}_3 = \vec{x}_4$ et $(\vec{y}_3, \vec{y}_4) = (\vec{z}_3, \vec{z}_4) = \theta_{34}$.

L'ensemble (E1) composé du bras (5), du poignet et de l'outil, en liaison pivot d'axe (O_5, \vec{z}_5) par rapport au bras (4), a pour repère associé le repère $\mathcal{R}_5(O_5; \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)$ tel que $\overrightarrow{O_4 O_5} = L_5 \vec{x}_3$, $\vec{z}_1 = \vec{z}_5$ et $(\vec{x}_1, \vec{x}_5) = (\vec{y}_1, \vec{y}_5) = \theta_{15}$.

La masse du bras (2) est notée M_2 et la position du centre de gravité est définie par $\overrightarrow{O_2 G_2} = \frac{1}{2} L_3 \vec{x}_2$.

La masse du bras (3) et du bras (4) est notée M_{34} et la position du centre de gravité est définie par $\overrightarrow{O_3 G_3} = \frac{1}{3} L_4 \vec{x}_3 + L_5 \vec{y}_3$.

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

Le torseur couple modélisant l'action du moteur sur la pièce 1 sur 2 : $\{\mathcal{T}(1_m \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} \overrightarrow{0} \\ C_{12} \overrightarrow{z_0} \end{Bmatrix}_{\forall P}$.

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 et les actions mécaniques extérieures.

Question 2 Quel est l'ensemble Σ à isoler afin de déterminer le couple C_{12} .

Question 3 Réaliser un bilan des actions mécaniques extérieures appliquées à Σ 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 : $\theta_{12} = 60^\circ$, $\theta_{13} = -4^\circ$, $\theta_{15} = -90^\circ$.

Dans la suite de l'étude, l'angle θ_{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 , θ_{12} , θ_{15} .

Les valeurs du robot considéré sont :

- $M_2 = 264 \text{ kg}$, $M_{34} = 430 \text{ kg}$, $M_{E1} = 150 \text{ kg}$, $P = 150 \text{ N}$, $F = 1000 \text{ N}$;
- $L_1 = 0,405 \text{ m}$, $L_2 = 0,433 \text{ m}$, $L_3 = 1,075 \text{ m}$, $L_4 = 1,762 \text{ m}$, $L_5 = 0,165 \text{ m}$, $L_6 = 0,250 \text{ m}$, $L_7 = 0,550 \text{ m}$, $L_8 = 0,750 \text{ m}$.

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 Nm.

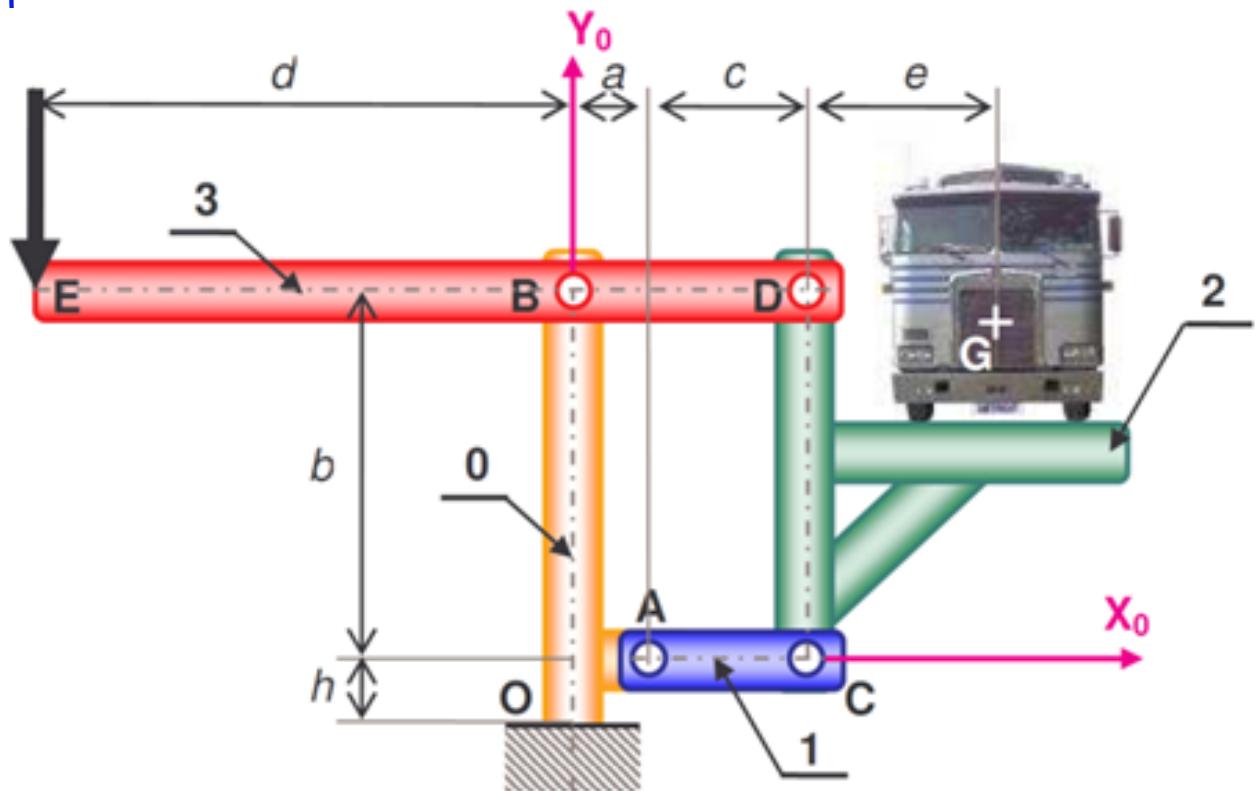
Question 7 Le choix du robot permettra-t-il de garantir les conditions d'assemblage dans cette position ? Justifier la réponse.

Corrigé voir 226.

Exercice 227 – Pèse camion **

C2-07 Pas de corrigé pour cet exercice.

On considère un bâti 0 auquel est attaché le repère $\mathcal{R} = (O; \overrightarrow{x_0}; \overrightarrow{y_0}; \overrightarrow{z_0})$. Le champ de pesanteur est $g = -g \overrightarrow{y_0}$. La barre 1 est liée au bâti 0 par une liaison pivot parfaite d'axe $(A, \overrightarrow{z_0})$. Le plateau porte camion 2 est lié à la barre 1 par une liaison pivot parfaite d'axe $(C, \overrightarrow{z_0})$. Le levier 3 est lié au bâti 0 par une liaison pivot parfaite d'axe $(B, \overrightarrow{z_0})$. Ce levier est également lié au plateau 2 par une liaison pivot parfaite d'axe $(D, \overrightarrow{z_0})$. Le camion 4, de centre de masse G et de masse M inconnue, repose sur le plateau 2. L'action mécanique connue est caractérisée par : $\{\text{ext} \rightarrow 3\} = \begin{Bmatrix} -F \overrightarrow{y_0} \\ 0 \end{Bmatrix}_E$.



Question 1 Déterminer la relation entre F et M . Que dire de la position du camion sur la plate-forme ?

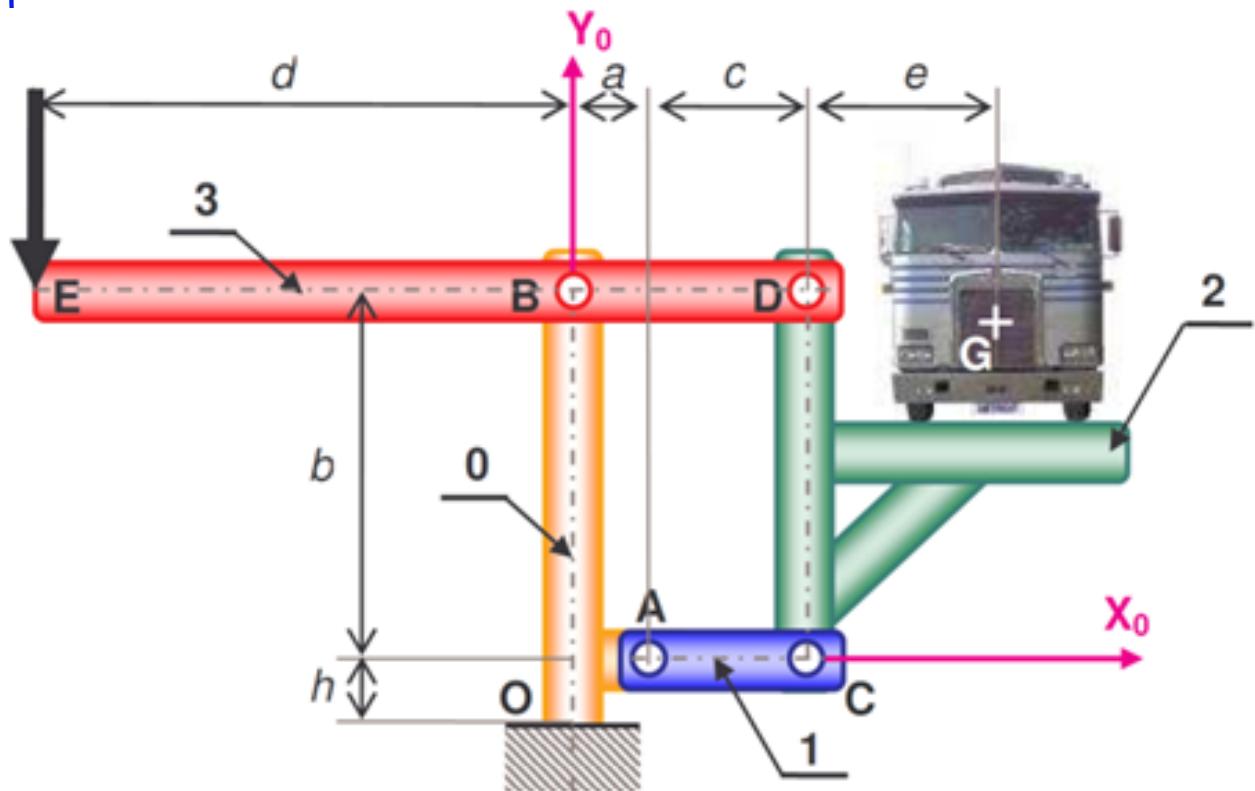
Question 2 Déterminer les actions mécaniques dans toutes les liaisons.

Corrigé voir 227.

Exercice 228 – Pèse camion *

C2-07

On considère un bâti **0** auquel est attaché le repère $\mathcal{R} = (O; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. Le champ de pesanteur est $g = -g \vec{y}_0$. La barre **1** est liée au bâti **0** par une liaison pivot parfaite d'axe (A, \vec{z}_0) . Le plateau porte camion **2** est lié à la barre **1** par une liaison pivot parfaite d'axe (C, \vec{z}_0) . Le levier **3** est lié au bâti **0** par une liaison pivot parfaite d'axe (B, \vec{z}_0) . Ce levier est également lié au plateau **2** par une liaison pivot parfaite d'axe (D, \vec{z}_0) . Le camion **4**, de centre de masse G et de masse M inconnue, repose sur le plateau **2**. L'action mécanique connue est caractérisée par : $\{\text{ext} \rightarrow 3\} = \left\{ \begin{array}{l} -F \vec{y}_0 \\ 0 \end{array} \right\}_E$.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons en indiquant les actions mécaniques.

Question 2 Appliquer le PFS au solide 1.

Question 3 Appliquer le PFS au solide 2.

Question 4 Appliquer le PFS au solide 3.

Question 5 Déterminer les actions mécaniques dans chacune des liaisons.

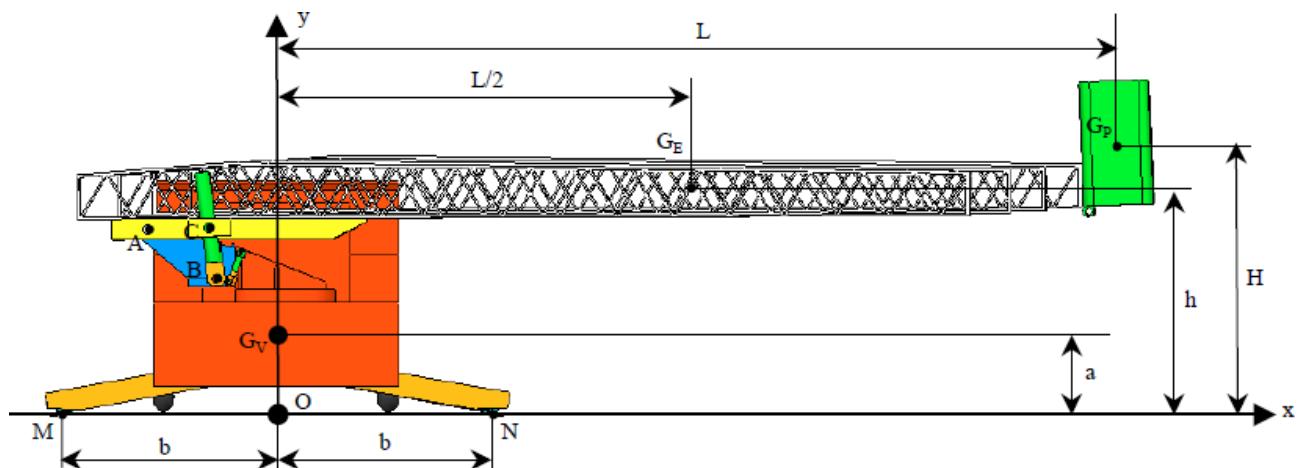
Corrigé voir 228.

Exercice 229 – Système EPAS **

C2-07 Pas de corrigé pour cet exercice.

Le véhicule porteur de l'E.P.A.S. doit être équipé de stabilisateurs. Une fois en place, les stabilisateurs le soulèvent, afin qu'il ne repose plus sur les roues (les roues touchent le sol mais ne supportent aucun poids) : le mouvement des suspensions du véhicule mettrait en danger sa stabilité.

L'objet de cette partie est de déterminer la longueur de déploiement maximale que le système de sécurité pourra autoriser.



Le véhicule est dans la configuration de la figure précédente :

- parc échelle horizontale;
- stabilisateurs sortis au maximum;
- charge maximale dans la plate-forme.

Le problème sera traité en statique plane dans le plan (O, \vec{x}, \vec{y}) de la figure précédente.

Les efforts pris en compte sont :

- les actions de pesanteur sur chaque élément :

– véhicule et charge utile, centre d'inertie G_V , masse m_V , $\overrightarrow{OG_V} = a \vec{y}$,

– parc échelle, centre d'inertie G_E , masse m_E , $\overrightarrow{OG_E} = \frac{L}{2} \vec{x} + h \vec{y}$,

– plate-forme et charge utile, centre d'inertie G_P , masse m_P , $\overrightarrow{OG_P} = L \vec{x} + H \vec{y}$;

- les actions de contact de la route sur les stabilisateurs.

Ces actions sont modélisées par des glisseurs passant l'un par M , tel que $\overrightarrow{OM} = -b \vec{x}$ et l'autre par N tel que $\overrightarrow{ON} = b \vec{x}$. Les résultantes de ces glisseurs seront notées respectivement : $\overrightarrow{R}_M = X_M \vec{x} + Y_M \vec{y}$ et $\overrightarrow{R}_N = X_N \vec{x} + Y_N \vec{y}$.

Question 1 Exprimer la condition de non basculement de l'ensemble.

Question 2 Calculer la longueur L_{max} de déploiement au-delà de laquelle il y aura basculement.

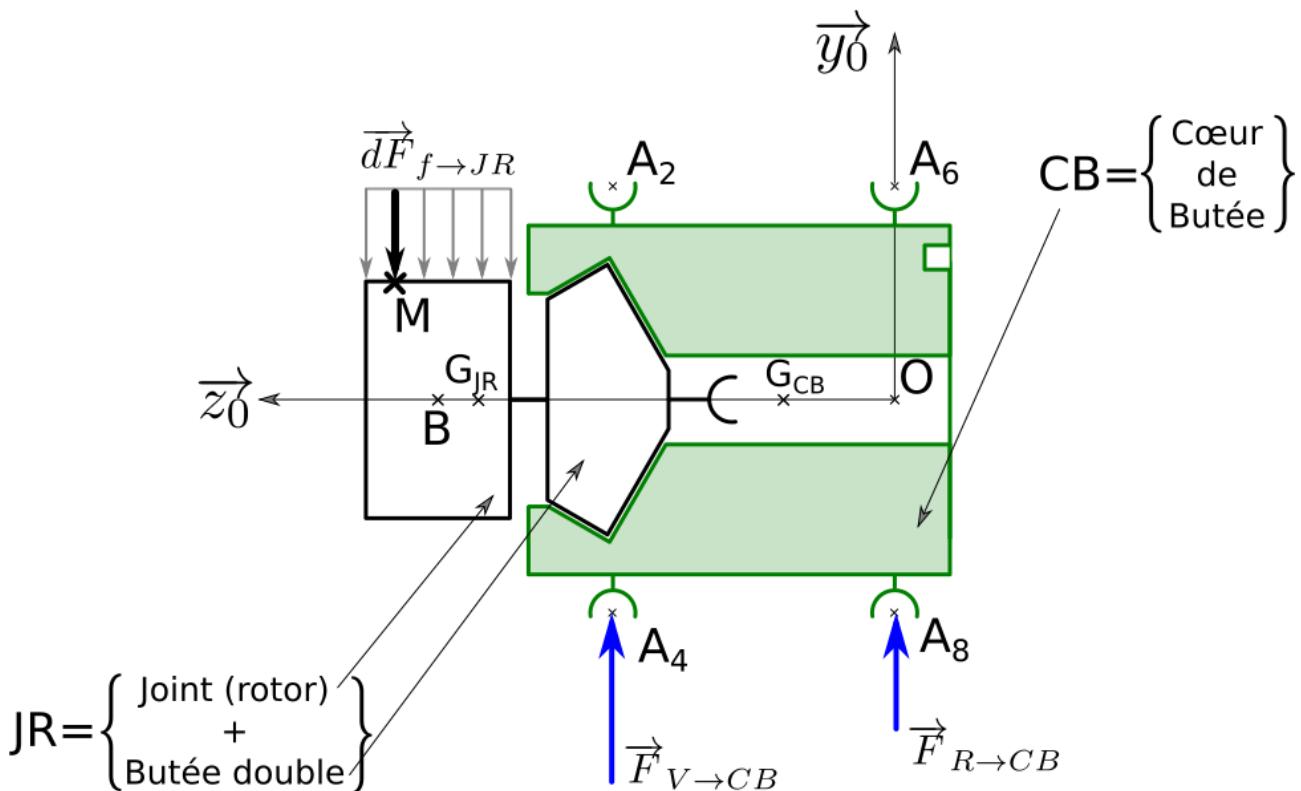
Corrigé voir 229.

3.2.8 Déterminer les actions mécaniques en dynamique dans le cas où le mouvement est imposé.

Exercice 230 – Banc Balafre *

C2-08 Pas de corrigé pour cet exercice.

La figure suivante représente le paramétrage permettant de modéliser les actions mécaniques s'exerçant sur l'ensemble $S = \{JR + CB\}$. On nommera G le centre d'inertie de l'ensemble S .



Données et hypothèses

- On note $\overrightarrow{BM} = z \vec{z}_0 + R_J \vec{u}(\theta)$ où R_J est le rayon du joint avec $R_J = 175 \text{ mm}$;
- la longueur du joint est $L_J = 150 \text{ mm}$. La position du point B, centre du joint est $\overrightarrow{OB} = z_B \vec{z}_0$ avec $z_B = 425 \text{ mm}$;
- Le coeur de butée a une masse $M_{CB} = 40 \text{ kg}$ et la position de son centre d'inertie G_{CB} est paramétrée par $\overrightarrow{OG_{CB}} = L_{CB} \vec{z}_0$ avec $L_{CB} = 193 \text{ mm}$;

- L'ensemble $JR = \{\text{Joint(rotor)} + \text{Butée double}\}$ a une masse $M_{JR} = 100 \text{ kg}$ et la position de son centre d'inertie G_{JR} est paramétrée par $\overrightarrow{OG_{JR}} = L_{JR} \vec{z}_0$ avec $L_{JR} = 390 \text{ mm}$. On notera $I_{G_{JR}}(JR) = \begin{pmatrix} A_{JR} & -F_{JR} & -E_{JR} \\ -F_{JR} & B_{JR} & -D_{JR} \\ -E_{JR} & -D_{JR} & C_{JR} \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_{JR}}$ la matrice d'inertie de l'ensemble JR au point G_{JR} exprimée dans une base $\mathcal{B}_{JR} = (\vec{x}_{JR}, \vec{y}_{JR}, \vec{z}_0)$ liée à JR ;
- Les positions des points A_4 et A_8 sont paramétrées par $\overrightarrow{OA_4} = z_4 \vec{z}_0 - R_{CB} \vec{y}_0$ et $\overrightarrow{OA_8} = -R_{CB} \vec{y}_0$ avec $z_4 = 280 \text{ mm}$ et $R_{CB} = 150 \text{ mm}$.

Pour simplifier l'étude, on s'intéresse au mouvement généré uniquement dans le plan (y_0, \vec{z}_0) , lorsque les actionneurs 4 et 8 sont commandés en phase, et en opposition de phase avec les actionneurs 2 et 6. Pendant ce mouvement, les actionneurs 1, 3, 5 et 7 sont laissés libres. On considérera donc qu'ils n'ont aucune action sur le coeur de butée.

Question 1 Décrire la nature du mouvement obtenu pour le coeur de butée CB par rapport au bâti 0 dans ces conditions.

Les actionneurs sont utilisés uniquement pendant les phases de mesure. L'ensemble JR a donc un mouvement de rotation uniforme par rapport au coeur de butée. On donne les torseurs cinématiques (exprimés dans le repère lié au bâti $(O; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$) : $\{\mathcal{V}(JR/CB)\} = \left\{ \begin{array}{l} \overrightarrow{\Omega(JR/CB)} = \Omega \vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_{G_{JR}}$ avec Ω constante. $\{\mathcal{V}(CB/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{0} \\ v(t) \vec{y}_0 \end{array} \right\}_{G_{CB}}$.

La fonction $v(t)$ représente la vitesse de translation du coeur de butée par rapport au bâti. On peut donc relier $v(t)$ aux déplacements $y(t) = y_4(t) = y_8(t)$ provoqués en A_4 et A_8 par les actionneurs 4 et 8. On isole l'ensemble $S = \{JR + CB\}$ afin de quantifier les efforts dans les actionneurs.

On considérera l'expression suivante pour le torseur dynamique de S par rapport à 0 : $\{\mathcal{D}(S/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} M \dot{v} \vec{y}_0 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_G$ où $M = 140 \text{ kg}$.

Question 2 Exprimer le torseur $\{T_{V \rightarrow CB}\}$ (actionneurs 2 et 4 sur CB) au point A_4 en fonction de F_V et le torseur $\{T_{R \rightarrow CB}\}$ (actionneurs 6 et 8 sur CB) au point A_8 en fonction de F_R .

Question 3 En expliquant clairement chaque étape de la démarche utilisée, montrer que :

$$\left\{ \begin{array}{l} F_V = M \frac{z_G}{z_4} \dot{v}(t) + 2p(t)R_J L_J \frac{z_B}{z_4} \\ F_R = M \left(1 - \frac{z_G}{z_4} \right) \dot{v}(t) + 2p(t)R_J L_J \left(1 - \frac{z_B}{z_4} \right) \end{array} \right.$$

Question 4 En utilisant le résultat de la question précédente, déterminer les actionneurs les plus sollicités par le mouvement en phase : actionneurs du plan avant (2 et 4) ou du plan arrière (6 et 8).

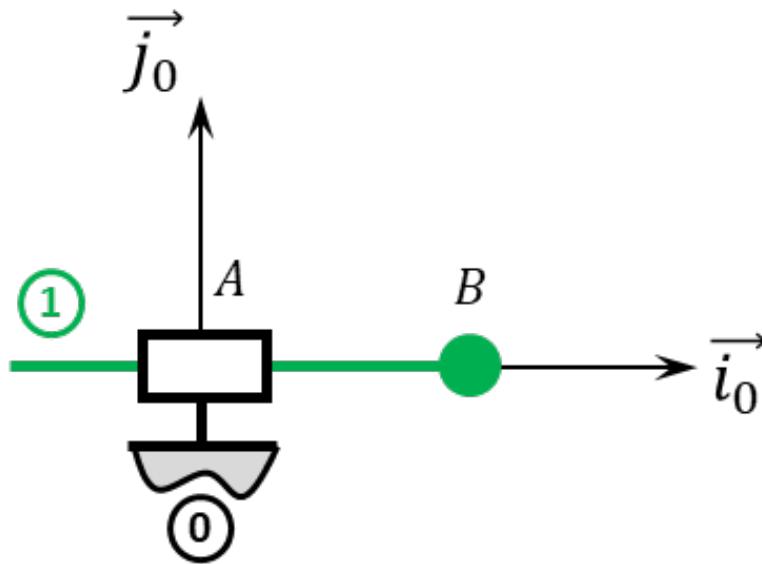
Corrigé voir 230.

Exercice 231 – Mouvement T – *

C2-08

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$. On note m_1 la masse du solide et $I_B(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & -D_1 \\ 0 & -D_1 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$.



Question 1 Exprimer le torseur cinétique $\{\mathcal{C}(1/0)\}$ en B.

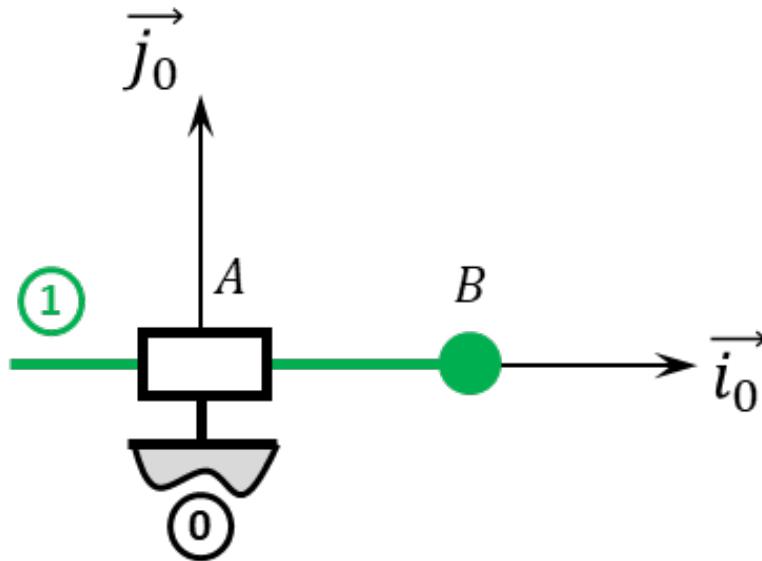
Question 2 Exprimer le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(1/0)\}$ en B puis en A.

Corrigé voir 231.

Exercice 232 – Mouvement T – *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

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



Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(1/0)\}$ au point B.

Question 2 Déterminer $\overline{\Gamma(B,1/0)}$.

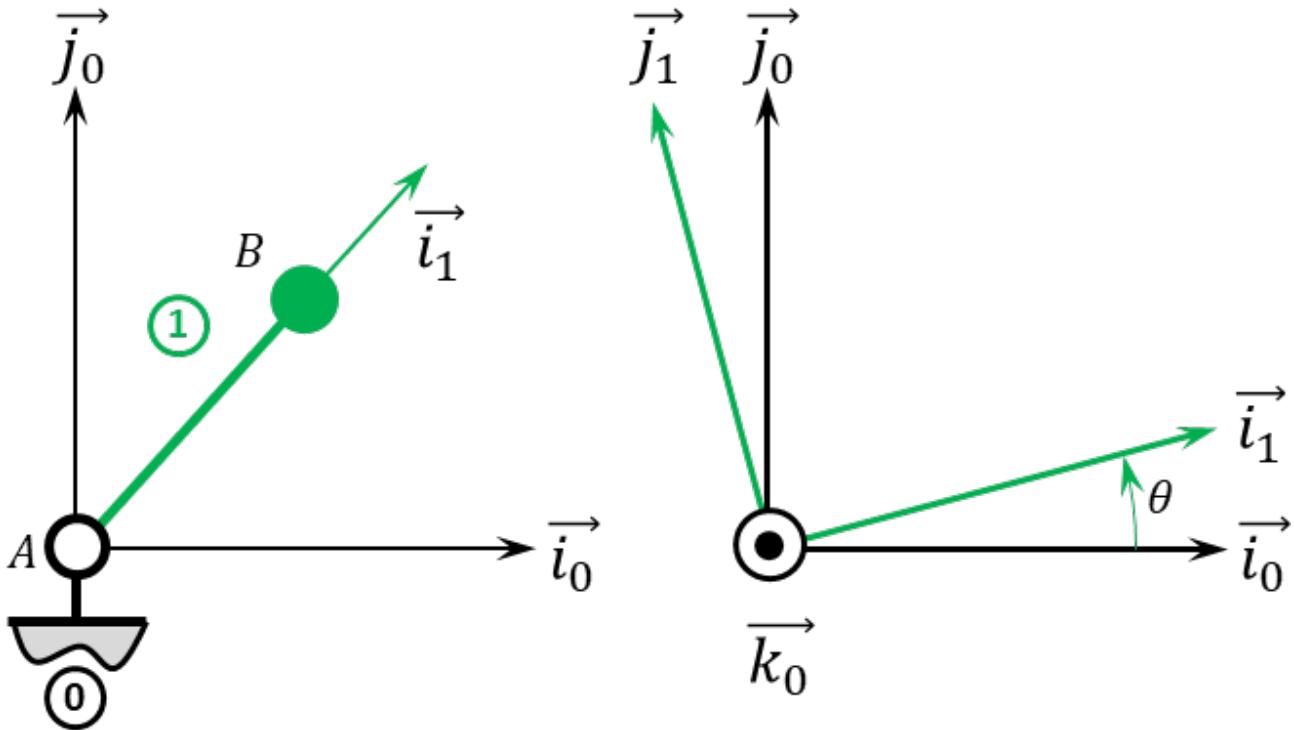
Corrigé voir 270.

Exercice 233 – Mouvement R *

C2-08

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20\text{ mm}$. On note m_1 la masse du solide 1, B son centre d'inertie et $I_B(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & B_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$.



DDS

Méthode 1 – Déplacement du torseur dynamique

Question 1 Exprimer le torseur cinétique $\{\mathcal{C}(1/0)\}$ en B .

Question 2 Exprimer le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(1/0)\}$ en B puis en A .

Méthode 2 – Calcul en A

Question 3 Exprimer le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(1/0)\}$ en A (en utilisant une autre méthode que dans la question précédente).

Masse ponctuelle

On fait maintenant l'hypothèse que la masse est ponctuelle et concentrée en B .

Question 4 Exprimer le torseur cinétique $\{\mathcal{C}(1/0)\}$ en B .

Question 5 Exprimer le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(1/0)\}$ en B puis en A .

Corrigé voir 233.

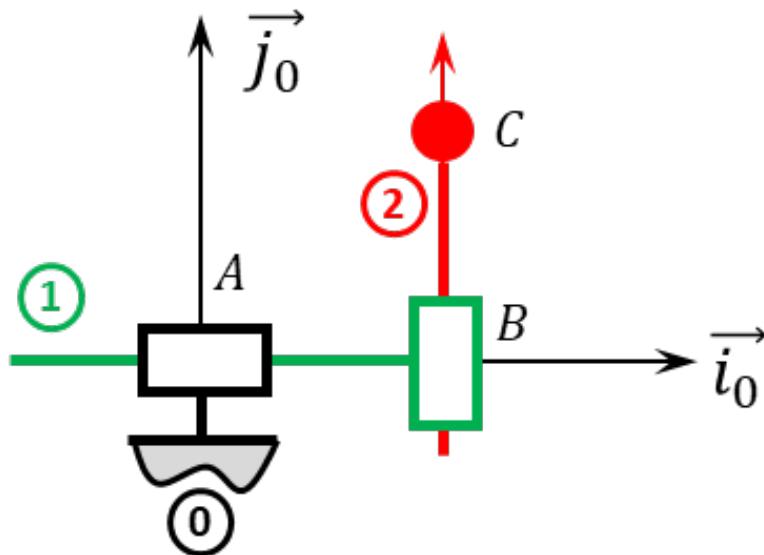
Exercice 234 – Mouvement TI – *

C2-08

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \vec{j}_0$. De plus :

- $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de 1, on note m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.



Question 1 Exprimer les torseurs cinétiques $\{\mathcal{C}(1/0)\}$ et $\{\mathcal{C}(2/0)\}$.

Question 2 Exprimer les torseurs dynamiques $\{\mathcal{D}(1/0)\}$ et $\{\mathcal{D}(2/0)\}$ en B.

Question 3 En déduire $\{\mathcal{D}(1+2/0)\}$ en B.

Corrigé voir 234.

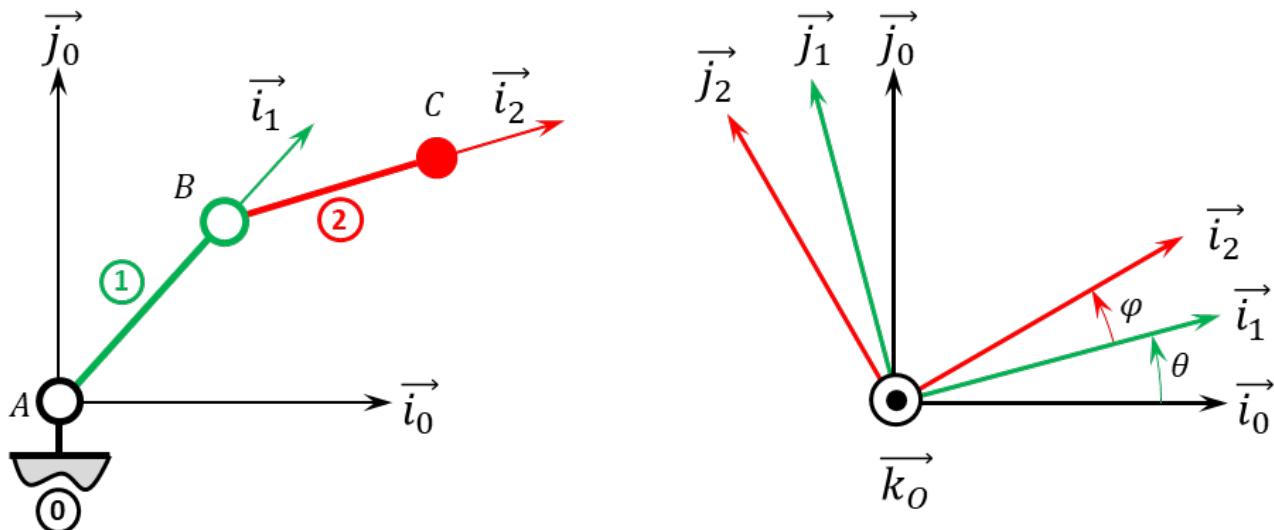
Exercice 235 – Mouvement RR *

C2-08

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20 \text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$ avec $L = 15 \text{ mm}$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 et $\overrightarrow{AG_1} = \frac{1}{2}R \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- G_2 désigne le centre d'inertie de 2 et $\overrightarrow{BG_2} = \frac{1}{2}L \vec{i}_2$, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.



Question 1 Exprimer le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(1/0)\}$ en A.

Question 2 Exprimer le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(2/0)\}$ en B .

Question 3 Déterminer $\overline{\delta}(A, 1+2/0) \cdot \vec{k}_0$

Corrigé voir 235.

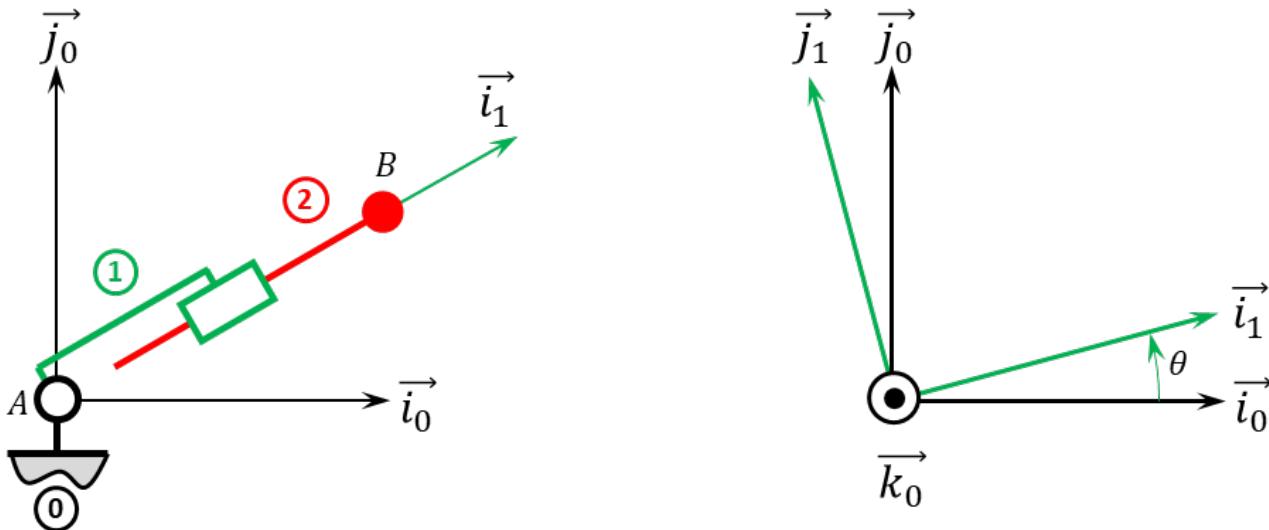
Exercice 236 – Mouvement RT *

C2-08

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus :

- $G_1 = 1$ désigne le centre d'inertie de 1 et $\overrightarrow{AG_1} = L_1 \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.



Par ailleurs, on donne $\{\mathcal{V}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \dot{\theta}(t) \vec{k}_0 \\ \dot{\lambda}(t) \vec{i}_1 + \lambda(t) \dot{\theta}(t) \vec{j}_1 \end{array} \right\}_B$ et $\overline{\Gamma(B, 2/0)} = (\ddot{\lambda}(t) - \lambda(t) \dot{\theta}(t)^2) \vec{i}_1 + (\dot{\lambda}(t) \dot{\theta}(t) + \lambda(t) \ddot{\theta}(t)) \vec{j}_1$.

Question 1 Exprimer le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(1/0)\}$ en A .

Calculons $\overline{R_d(1/0)}$
 $\overrightarrow{R_d(1/0)} = m_1 \overrightarrow{\Gamma(G_1, 1/0)}$

Question 2 Déterminer $\overline{\delta}(A, 1+2/0) \cdot \vec{k}_0$

Corrigé voir 236.

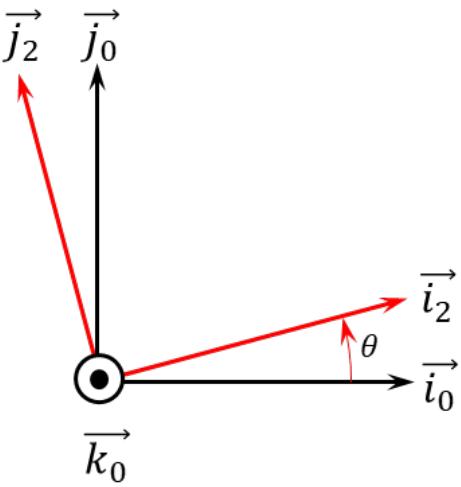
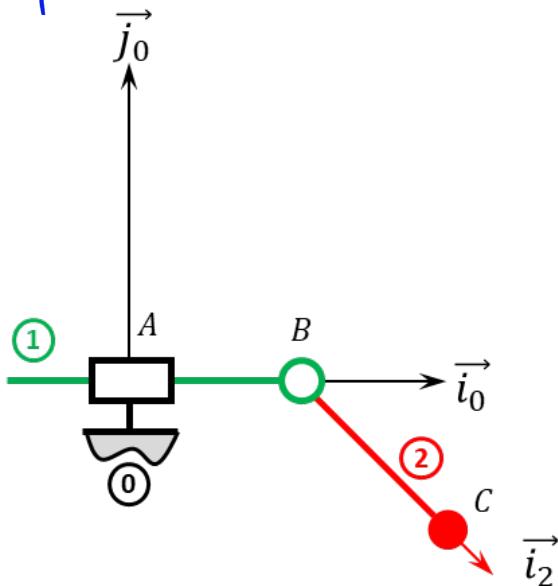
Exercice 237 – Mouvement TR *

C2-08

C2-09

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = R \vec{i}_2$ avec $R = 30 \text{ mm}$. De plus :

- $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de 1, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.



Question 1 Exprimer le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(2/0)\}$ en B.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{R_d(1+2/0)} \cdot \vec{i}_0$

Indications :

$$1. \quad \{\mathcal{D}(2/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \ddot{\lambda}(t) \vec{i}_0 + R(\dot{\theta} \vec{j}_2 - \dot{\theta}^2 \vec{i}_2) \\ C_1 \dot{\theta} \vec{k}_1 + R(-\sin \theta \ddot{\lambda}(t) \vec{k}_0 + R \dot{\theta} \vec{k}_2) \end{array} \right\}_B$$

$$2. \quad \overrightarrow{R_d(1+2/0)} \cdot \vec{i}_0 = m_1 \ddot{\lambda}(t) + m_2 (\ddot{\lambda}(t) - R(\dot{\theta} \sin \theta(t) + \dot{\theta}^2 \cos \theta)).$$

Corrigé voir 237.

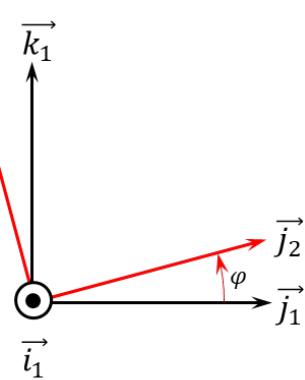
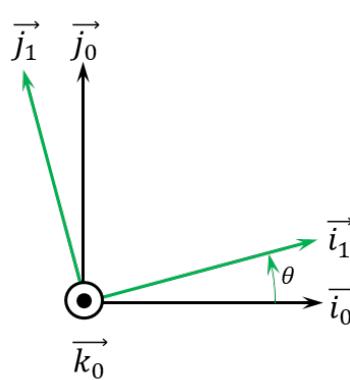
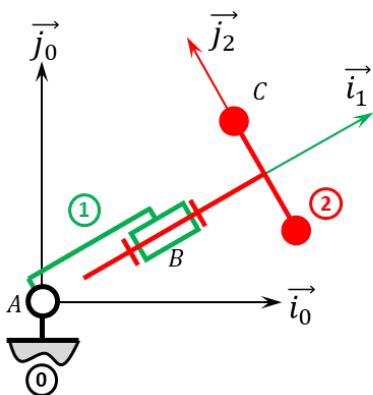
Exercice 238 – Mouvement RR 3D **

C2-08

C2-09

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = \ell \vec{i}_2 + r \vec{j}_2$. On note $R + \ell = L = 20 \text{ mm}$ et $r = 10 \text{ mm}$. De plus :

- $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de 1, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- G_2 désigne le centre d'inertie de 2 tel que $\overrightarrow{BG_2} = \ell \vec{i}_2$, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.



Question 1 Exprimer le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(1/0)\}$ en B.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\delta(A, 1+2/0)} \cdot \overrightarrow{k_0}$

$$1. \quad \{\mathcal{D}(1/0)\} = \left\{ \begin{array}{l} m_1(R\ddot{\theta}\vec{j}_1 - R\dot{\theta}^2\vec{i}_1) \\ C_1\ddot{\theta}\vec{k}_0 \end{array} \right\}_B.$$

$$2. \quad \overrightarrow{\delta(A, 1+2/0)} \cdot \overrightarrow{k_0} = C_1\ddot{\theta} + m_1R^2\ddot{\theta} + (B_2 + m_2R^2)(\dot{\theta}\sin^2\varphi + 2\dot{\theta}\dot{\varphi}\cos\varphi\sin\varphi) + (C_2 + m_2R^2)(\dot{\theta}\cos^2\varphi - 2\dot{\theta}\dot{\varphi}\cos\varphi\sin\varphi).$$

Corrigé voir 238.

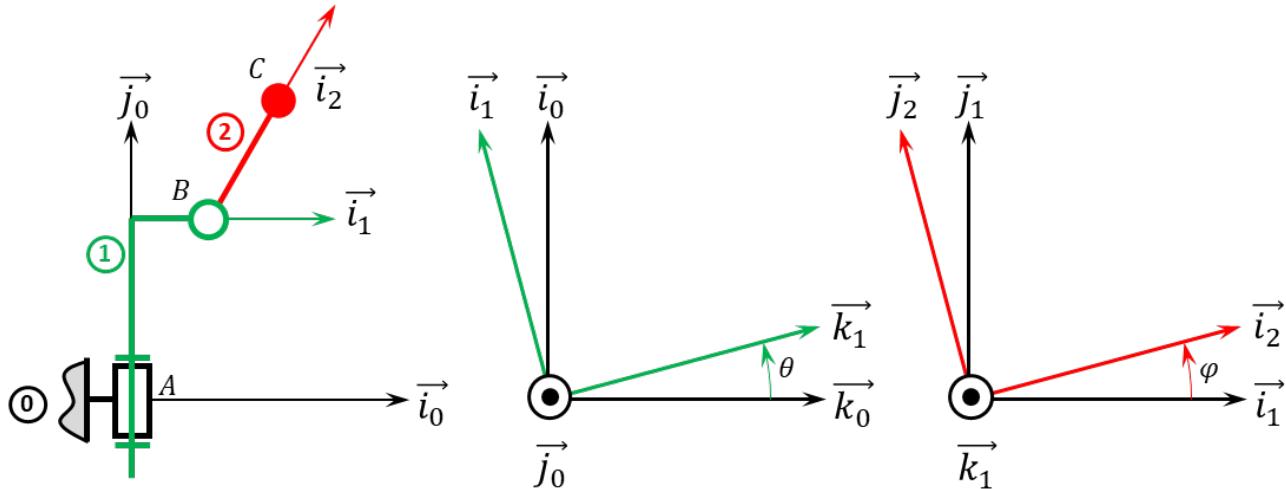
Exercice 239 – Mouvement RR 3D **

C2-08

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H\vec{j}_1 + R\vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = L\vec{i}_2$. On a $H = 20\text{ mm}$, $r = 5\text{ mm}$, $L = 10\text{ mm}$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 tel que $\overrightarrow{AG_1} = H\vec{j}_1$, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.



On donne : $\overrightarrow{V(C, 2/0)} = -R\dot{\theta}\vec{k}_1 + L(-\dot{\theta}\cos\varphi\vec{k}_1 + \dot{\varphi}\vec{j}_2)$.

On fait l'hypothèse que $\dot{\theta}$ et $\dot{\varphi}$ sont des constantes et on a

$$\overrightarrow{\Gamma(C, 2/0)} = L\dot{\varphi}(\dot{\theta}\sin\varphi\vec{k}_1 - \dot{\varphi}\vec{i}_2) - \dot{\theta}(R\dot{\theta}\vec{i}_1 + L\cos\varphi\dot{\theta}\vec{i}_1 - L\dot{\varphi}\sin\varphi\vec{k}_1).$$

Question 1 Exprimer le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(2/0)\}$ en B.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\delta(A, 1+2/0)} \cdot \overrightarrow{j_0}$

Corrigé voir 240.

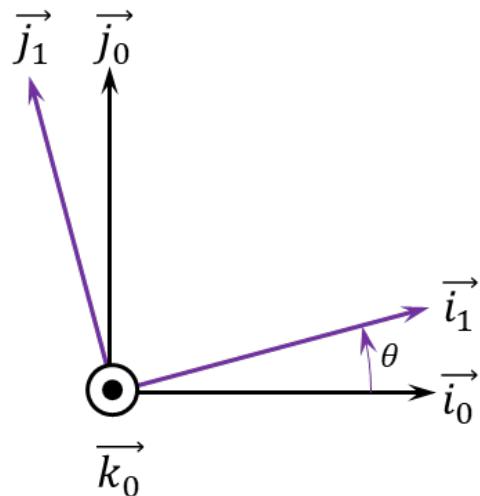
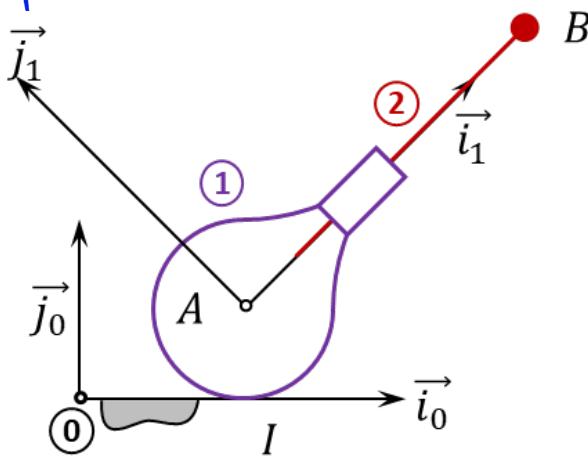
Exercice 240 – Mouvement RT – RSG **

C2-08

C2-09

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R\vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t)\vec{i}_1$. De plus $R = 15\text{ mm}$. On fait l'hypothèse de roulement sans glissement au point I. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 tel que $\overrightarrow{AG_1} = -\ell\vec{i}_1$, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.



On donne $\overrightarrow{V(B, 2/0)} = \dot{\lambda} \vec{i}_1 + \dot{\theta} (\lambda(t) \vec{j}_1 - R \vec{i}_0)$ et $\overrightarrow{\Gamma(B, 2/0)} = \ddot{\lambda}(t) \vec{i}_1 + \ddot{\theta}(t) (\lambda(t) \vec{j}_1 - R \vec{i}_0) + \dot{\theta}(t) (2\dot{\lambda}(t) \vec{j}_1 - \lambda(t) \dot{\theta} \vec{i}_1)$.

Question 1 Déterminer $\overrightarrow{R_d(2/0)} \cdot \vec{i}_1$

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\delta(I, 1+2/0)} \cdot \vec{k}_0$

Corrigé voir 240.

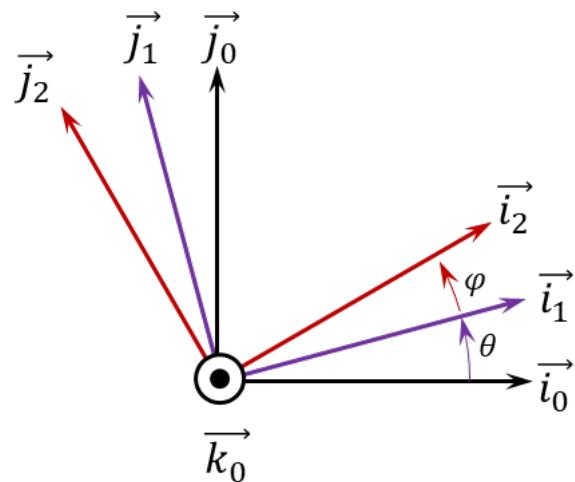
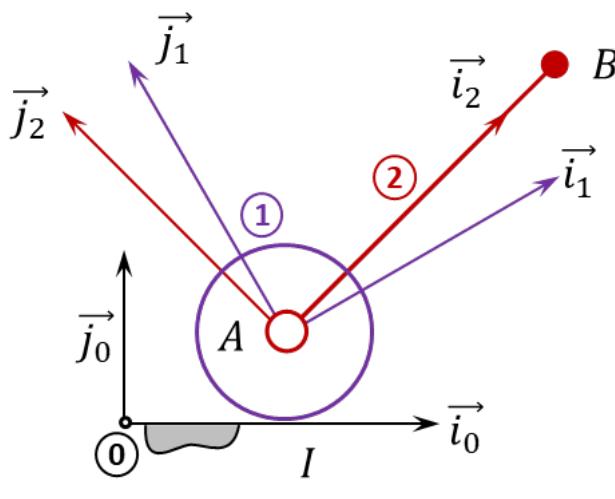
Exercice 241 – Mouvement RR – RSG **

C2-08

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus $R = 15 \text{ mm}$. On fait l'hypothèse de roulement sans glissement au point I. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 tel que $\overrightarrow{AG_1} = -\ell \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{R_d(2/0)} \cdot \vec{i}_1$

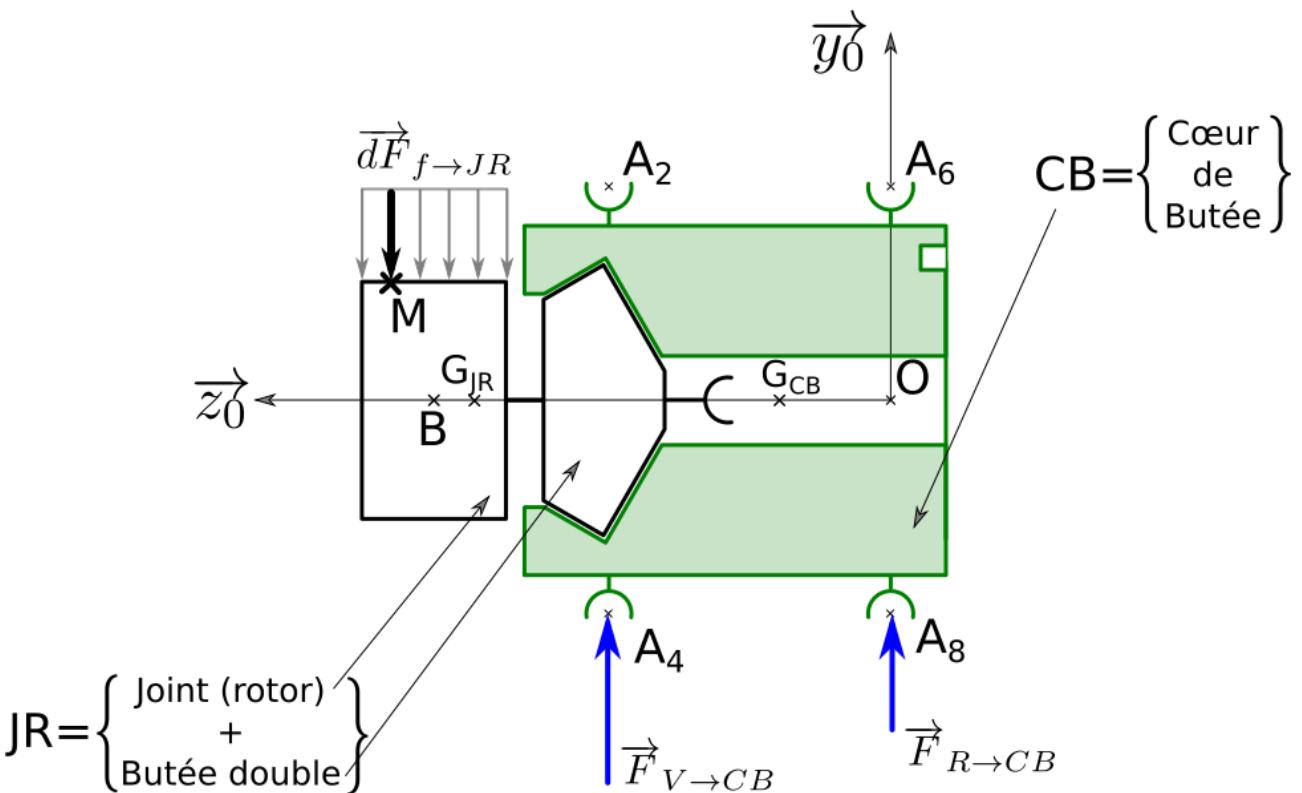
Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\delta}(I, 1+2/0) \cdot \overrightarrow{k_0}$

Corrigé voir 241.

Exercice 242 – Banc Balafre *

C2-08 Pas de corrigé pour cet exercice.

La figure suivante représente le paramétrage permettant de modéliser les actions mécaniques s'exerçant sur l'ensemble $S = \{JR + CB\}$. On nommera G le centre d'inertie de l'ensemble S .



Données et hypothèses

- On note $\overrightarrow{BM} = z \vec{z}_0 + R_J \vec{u}(\theta)$ où R_J est le rayon du joint avec $R_J = 175 \text{ mm}$;
- la longueur du joint est $L_J = 150 \text{ mm}$. La position du point B , centre du joint est $\overrightarrow{OB} = z_B \vec{z}_0$ avec $z_B = 425 \text{ mm}$;
- Le coeur de butée a une masse $M_{CB} = 40 \text{ kg}$ et la position de son centre d'inertie G_{CB} est paramétrée par $\overrightarrow{OG_{CB}} = L_{CB} \vec{z}_0$ avec $L_{CB} = 193 \text{ mm}$;
- L'ensemble $JR = \{\text{Joint(rotor)} + \text{Butée double}\}$ a une masse $M_{JR} = 100 \text{ kg}$ et la position de son centre d'inertie G_{JR} est paramétrée par $\overrightarrow{OG_{JR}} = L_{JR} \vec{z}_0$ avec $L_{JR} = 390 \text{ mm}$. On notera $I_{G_{JR}}(JR) = \begin{pmatrix} A_{JR} & -F_{JR} & -E_{JR} \\ -F_{JR} & B_{JR} & -D_{JR} \\ -E_{JR} & -D_{JR} & C_{JR} \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_{JR}}$

la matrice d'inertie de l'ensemble JR au point G_{JR} exprimée dans une base $\mathcal{B}_{JR} = (\vec{x}_{JR}, \vec{y}_{JR}, \vec{z}_0)$ liée à JR ;

- Les positions des points A_4 et A_8 sont paramétrées par $\overrightarrow{OA_4} = z_4 \vec{z}_0 - R_{CB} \vec{y}_0$ et $\overrightarrow{OA_8} = -R_{CB} \vec{y}_0$ avec $z_4 = 280 \text{ mm}$ et $R_{CB} = 150 \text{ mm}$.

Pour simplifier l'étude, on s'intéresse au mouvement généré uniquement dans le plan (y_0, \vec{z}_0) , lorsque les actionneurs 4 et 8 sont commandés en phase, et en opposition de phase avec les actionneurs 2 et 6. Pendant ce mouvement, les actionneurs 1, 3, 5 et 7 sont laissés libres. On considérera donc qu'ils n'ont aucune action sur le coeur de butée.

Question 1 Décrire la nature du mouvement obtenu pour le coeur de butée CB par rapport au bâti 0 dans ces conditions.

Les actionneurs sont utilisés uniquement pendant les phases de mesure. L'ensemble JR a donc un mouvement de rotation uniforme par rapport au coeur de butée. On donne les torseurs cinématiques (exprimés dans le repère lié au bâti $(O; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$) : $\{\mathcal{V}(JR/CB)\} = \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{\Omega(JR/CB)} = \Omega \vec{z}_0 \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_{G_{JR}}$ avec Ω constante. $\{\mathcal{V}(CB/0)\} = \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{0} \\ v(t) \vec{y}_0 \end{array} \right\}_{G_{CB}}$.

La fonction $v(t)$ représente la vitesse de translation du cœur de butée par rapport au bâti. On peut donc relier $v(t)$ aux déplacements $y(t) = y_4(t) = y_8(t)$ provoqués en A_4 et A_8 par les actionneurs 4 et 8. On isole l'ensemble $S = \{JR + CB\}$ afin de quantifier les efforts dans les actionneurs.

Question 2 Exprimer $v(t)$ en fonction de $y(t)$.

Question 3 Déterminer l'expression en G_{CB} du torseur dynamique de CB par rapport au bâti 0 (fixé au sol et donc considéré comme un référentiel galiléen).

Question 4 Déterminer l'expression en G_{JR} du torseur dynamique de JR par rapport au bâti 0 (fixé au sol et donc considéré comme un référentiel galiléen).

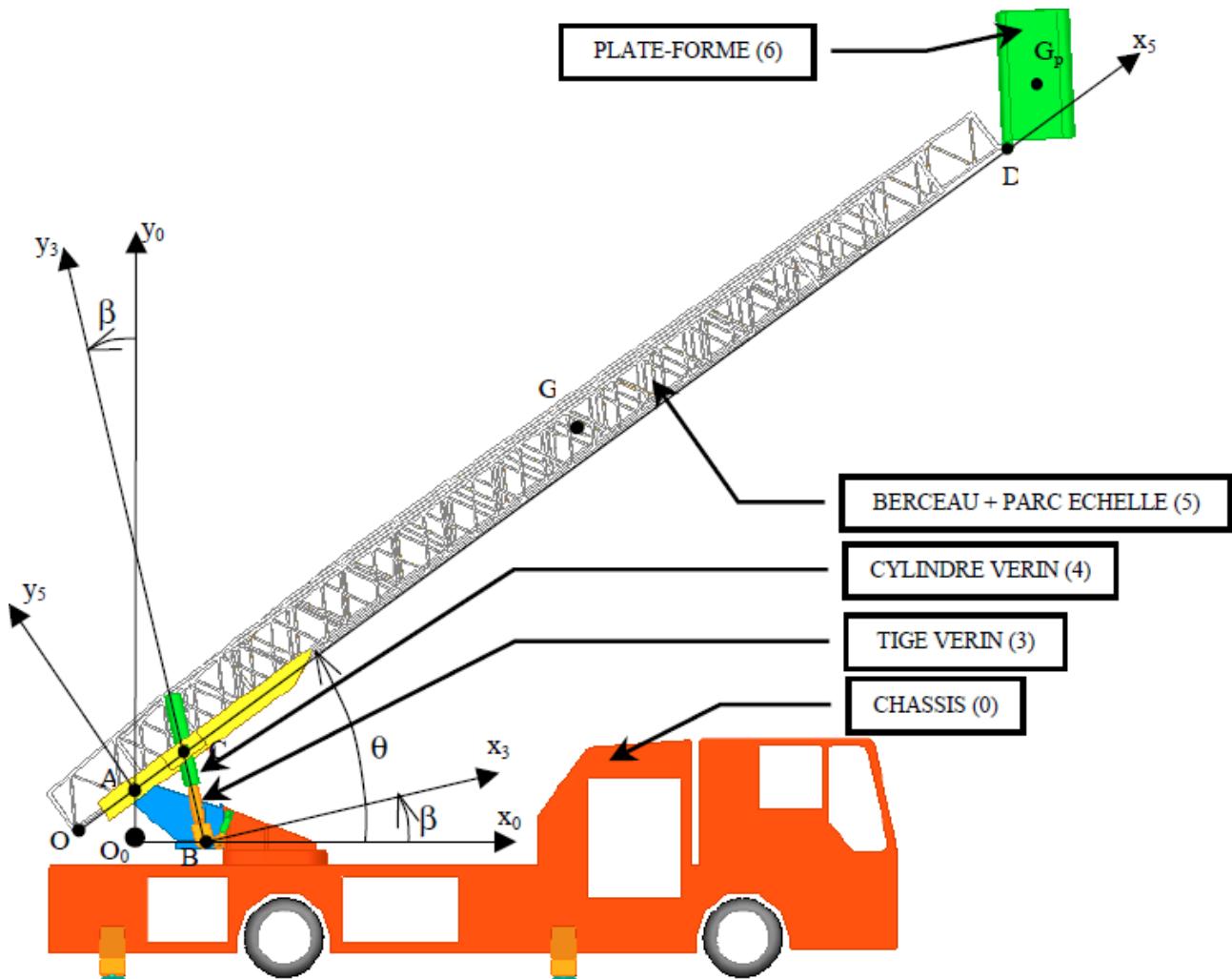
Question 5 Exprimer alors en G le torseur dynamique de l'ensemble S par rapport à 0 en fonction de $\dot{v}(t)$, M_{CB} et M_{JR} .

Corrigé voir 242.

Exercice 243 – EPAS *

B2-10 Pas de corrigé pour cet exercice.

On s'intéresse à l'échelle pivotante équipant un camion de pompier.



Les deux vérins doivent être capables de déplacer l'ensemble du parc échelle et la plate-forme chargée.

Le parc échelle (5) : on notera la matrice d'inertie du parc échelle au point G (son centre de gravité) dans la base

$$(\vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_0) : I_G(5) = \begin{pmatrix} I_{Gx} & 0 & 0 \\ 0 & I_{Gy} & 0 \\ 0 & 0 & I_{Gz} \end{pmatrix}_{(\vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_0)} . \text{ Le parc échelle a une masse notée } 3m \text{ et une longueur notée } L. \text{ Son}$$

centre de gravité G est tel que $\overrightarrow{OG} = \frac{L}{2}\overrightarrow{x_5} + \frac{h}{3}\overrightarrow{y_5}$. Le parc échelle est solidaire du berceau avec $\overrightarrow{OA} = d\overrightarrow{x_5}$

La plate forme chargée (6) : pendant le redressement ou l'abaissement, la plate-forme reste toujours horizontale. Sa masse une fois chargée sera notée M et son centre de gravité est le point G_P tel que : $\overrightarrow{DG_P} = \lambda\overrightarrow{x_0} + \mu\overrightarrow{y_0}$. On notera la matrice d'inertie de la plate forme chargée au point G_P (son centre de gravité) dans la base $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$:

$$I_{G_P}(6) = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{pmatrix}_{(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})}.$$

Le berceau (5) : sa masse sera négligée devant les autres masses. Il est incliné par rapport à l'horizontal d'un angle θ fonction du temps.

Les vérins (3+4) : leurs masses seront négligées devant les autres masses. Ils devront exercer un effort, modélisé par un glisseur de résultante $\overrightarrow{R} = R\overrightarrow{y_3}$, permettant le déplacement θ .

Question 1 Déterminer l'expression littérale du moment dynamique en A de l'ensemble {parc échelle + berceau} (5) par rapport au châssis (0) : $\overrightarrow{\delta}(A, 5/0)$.

Question 2 Déterminer l'expression littérale du moment dynamique en A de la plate-forme (6) par rapport au châssis (0) : $\overrightarrow{\delta}(A, 6/0)$.

Question 3 Déterminer l'expression littérale de l'effort R que devra fournir l'ensemble des deux vérins sur le berceau, en fonction des masses, des paramètres géométriques et de l'angle θ et de ses dérivées. Indiquer clairement les sous-ensembles isolés, les actions mécaniques prises en compte et les théorèmes utilisés.

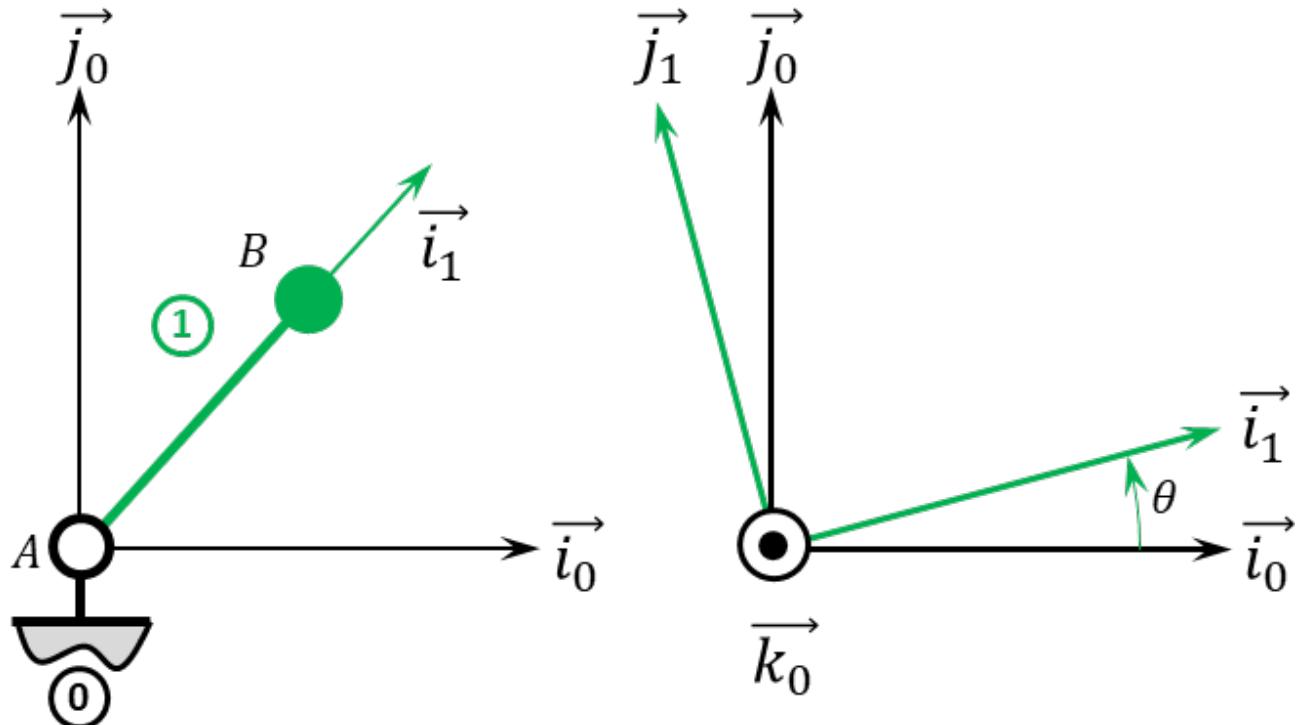
Corrigé voir 243.

Exercice 244 – Mouvement R *

B2-13

Pas de corrigé pour cet exercice.

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



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(B, 1/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

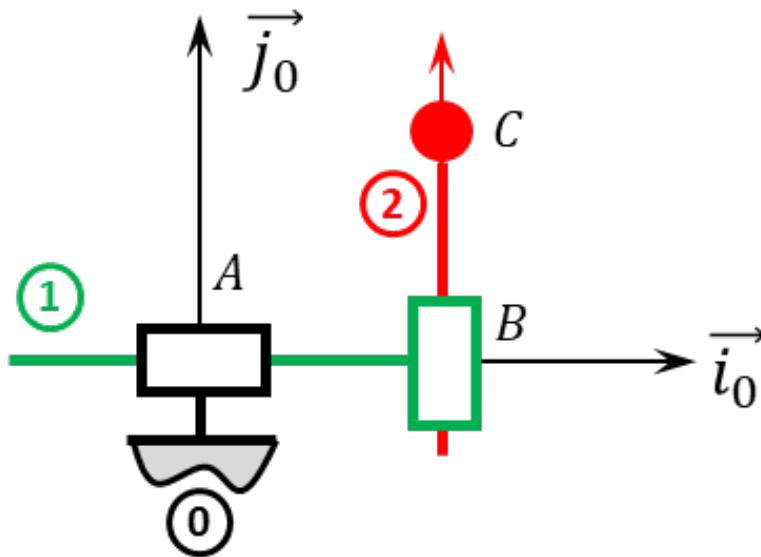
Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(1/0)\}$ au point B .

Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B, 1/0)}$.

Exercice 245 – Mouvement PI – *

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \vec{j}_0$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

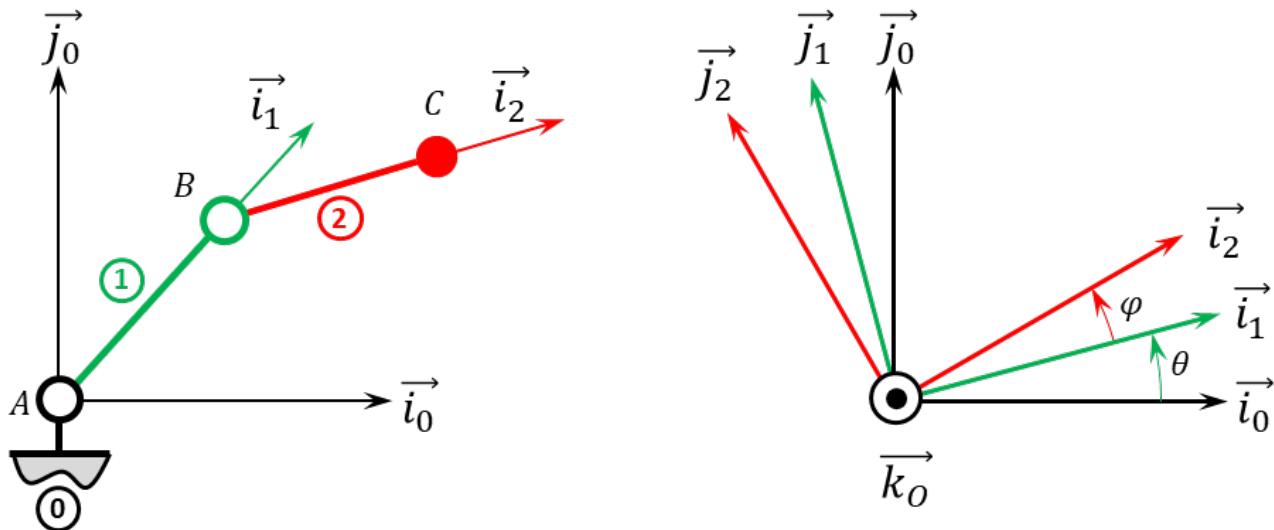
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 272.

Exercice 246 – Mouvement RR *

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20\text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$ avec $L = 15\text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

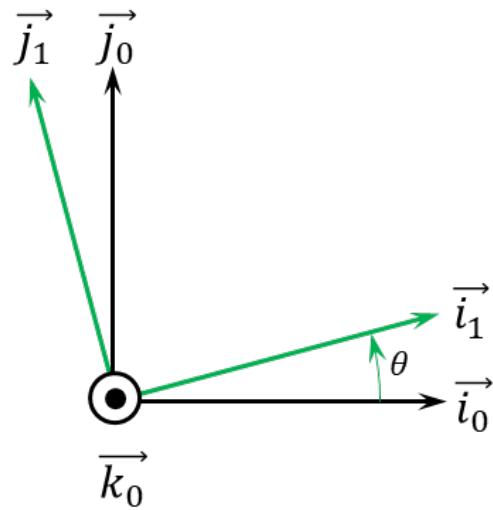
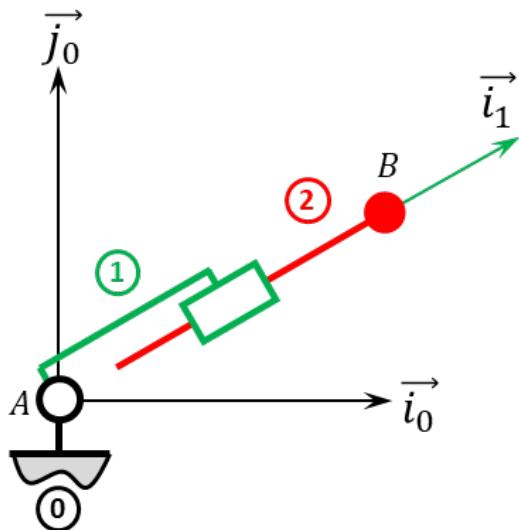
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 273.

Exercice 247 – Mouvement RT *

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

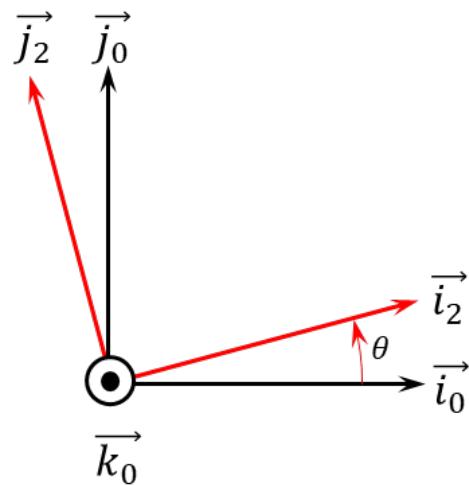
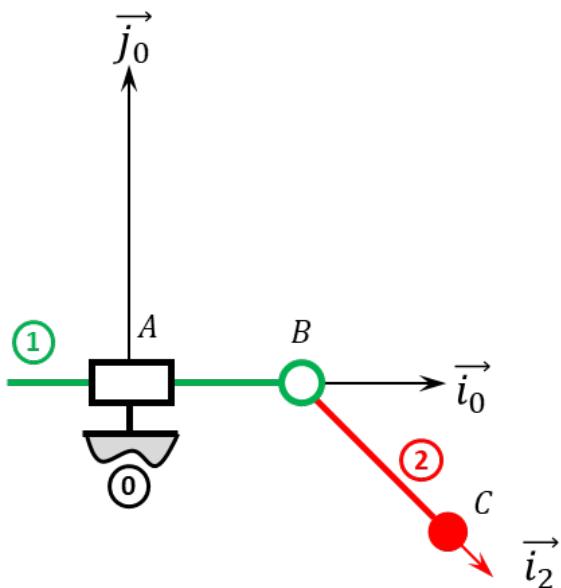
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 274.

Exercice 248 – Mouvement RT *

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = R \vec{i}_2$ avec $R = 30 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

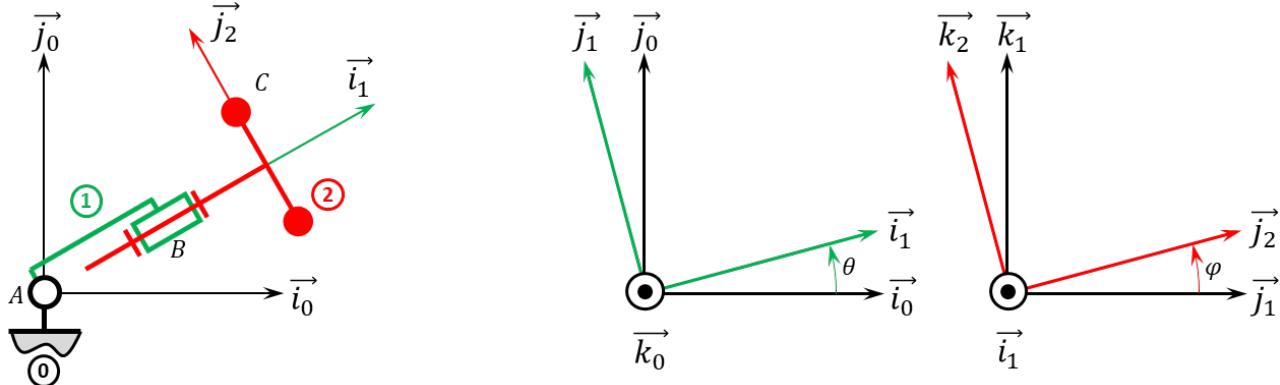
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 275.

Exercice 249 – Mouvement RR 3D *

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = \ell \vec{i}_2 + r \vec{j}_2$. On note $R + \ell = L = 20$ mm et $r = 10$ mm.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

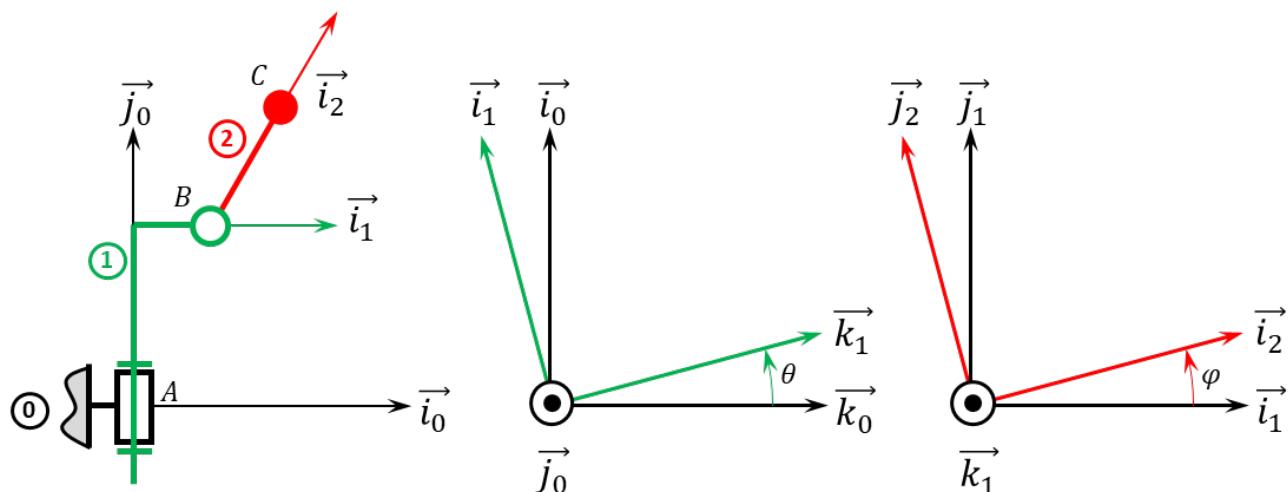
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 72.

Exercice 250 – Mouvement RR 3D *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \vec{j}_1 + R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$. On a $H = 20$ mm, $r = 5$ mm, $L = 10$ mm.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

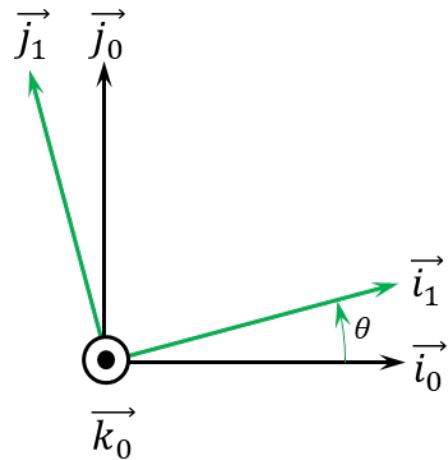
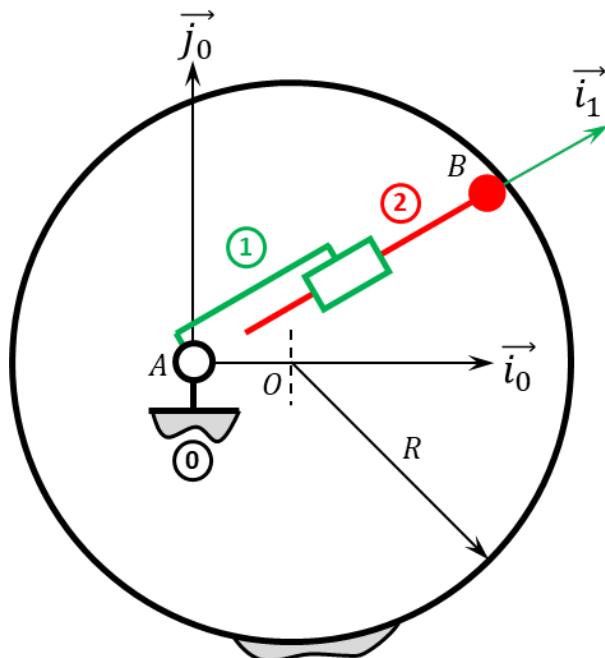
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 277.

Exercice 251 – Pompe à palettes *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AO} = e \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus $e = 10 \text{ mm}$ et $R = 20 \text{ mm}$. Le contact entre **0** et **2** en **B** est maintenu en permanence (notamment par effet centrifuge lors de la rotation de la pompe).



Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 190).

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point **B**.

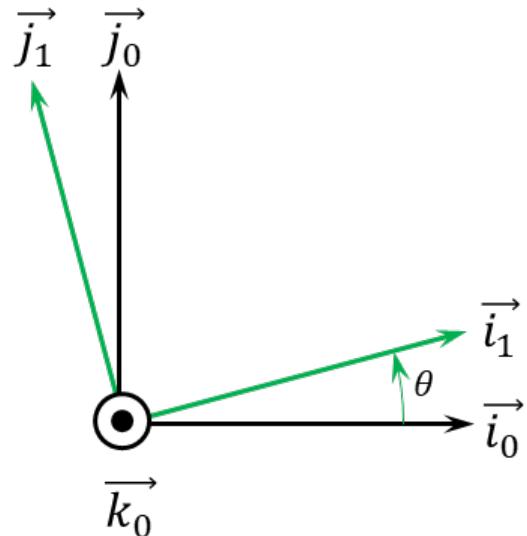
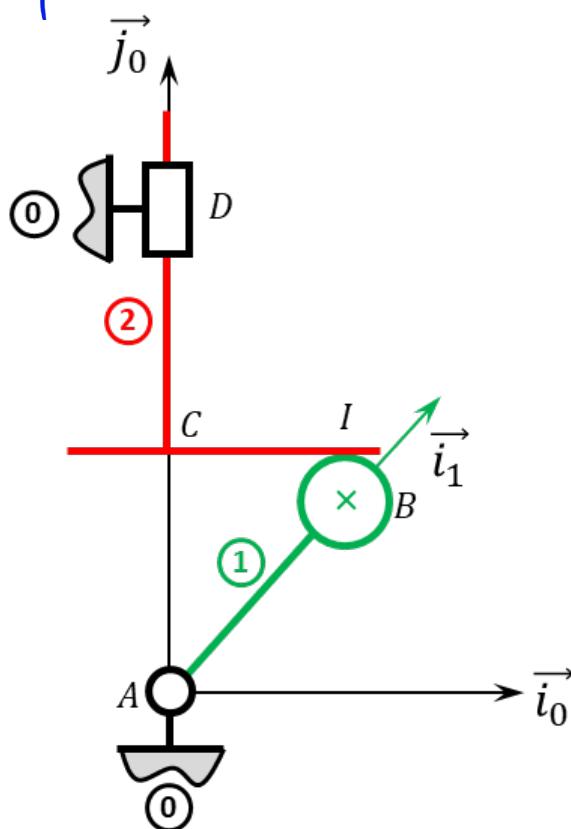
Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,2/0)}$.

Corrigé voir 251.

Exercice 252 – Pompe à pistons radiaux *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = e \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BI} = R \vec{j}_0$. De plus, $e = 10 \text{ mm}$ et $R = 20 \text{ mm}$. Le contact entre **1** et **2** en **B** est maintenu en permanence par un ressort suffisamment raide (non représenté) positionné entre **0** et **2**.



Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 191).

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point B.

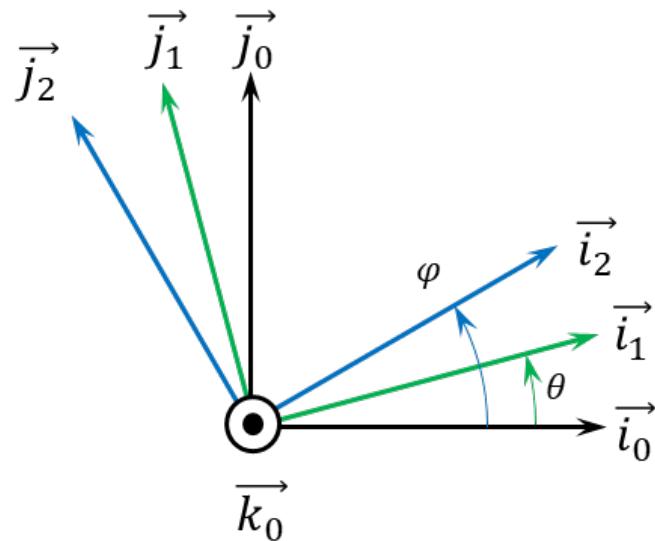
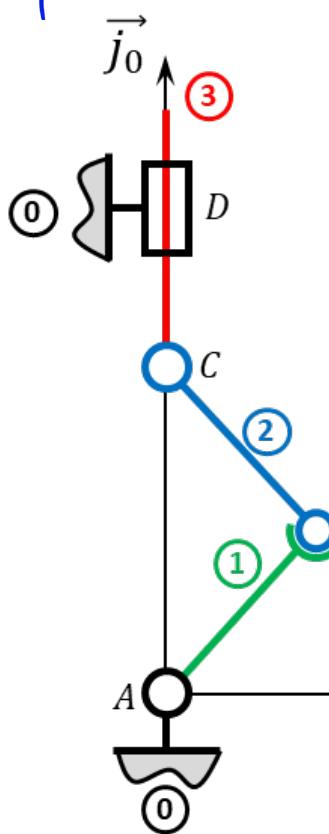
Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,2/0)}$.

Corrigé voir 252.

Exercice 253 – Système bielle manivelle *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{CB} = L \overrightarrow{i_2}$. De plus, $R = 10\text{ mm}$ et $L = 20\text{ mm}$.



DDS

Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 192).

Question 1 Donner le torseur cinétique $\{V(2/0)\}$ au point B.

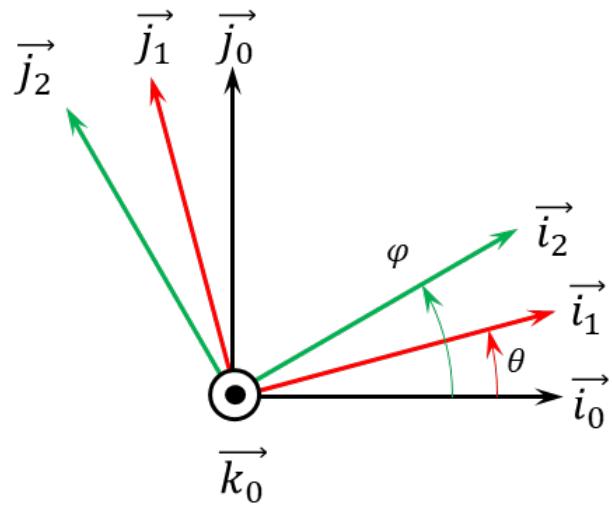
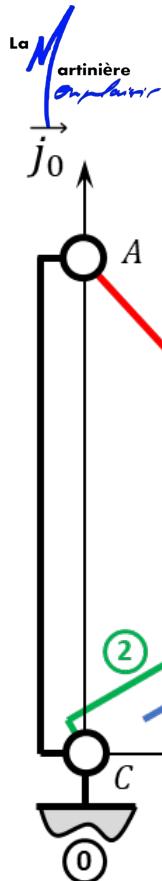
Question 2 Déterminer $\overline{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 253.

Exercice 254 – Système de transformation de mouvement *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{CA} = H \overrightarrow{j_0}$. De plus, $R = 30 \text{ mm}$ et $H = 40 \text{ mm}$.



Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 193).

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(3/0)\}$ au point B.

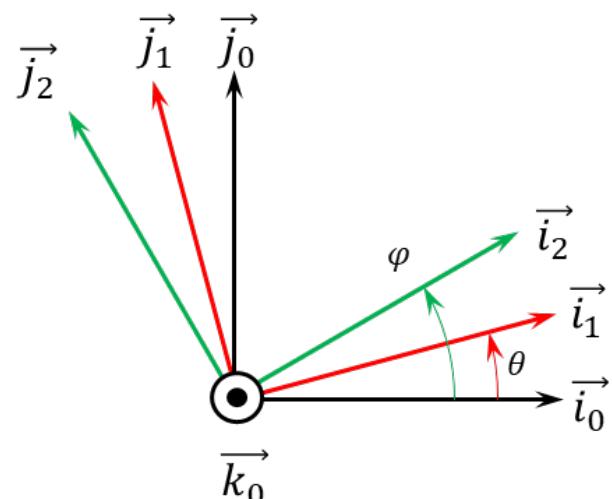
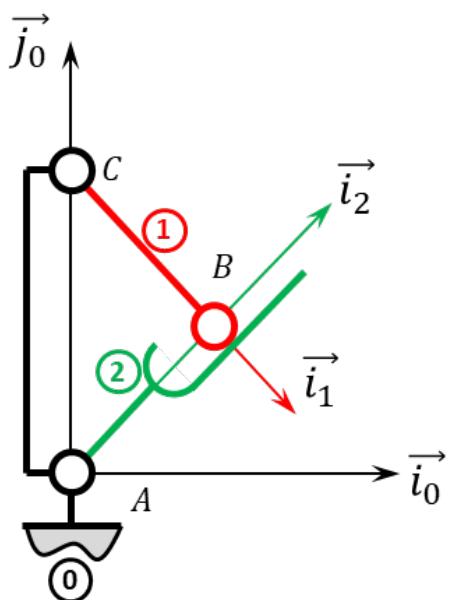
Question 2 Déterminer $\overline{\Gamma(B,3/0)}$.

Corrigé voir 254.

Exercice 255 – Barrière Sympact **

Pas de corrigé pour cet exercice.

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 $\theta(t) = \frac{\pi}{2}$ rad.

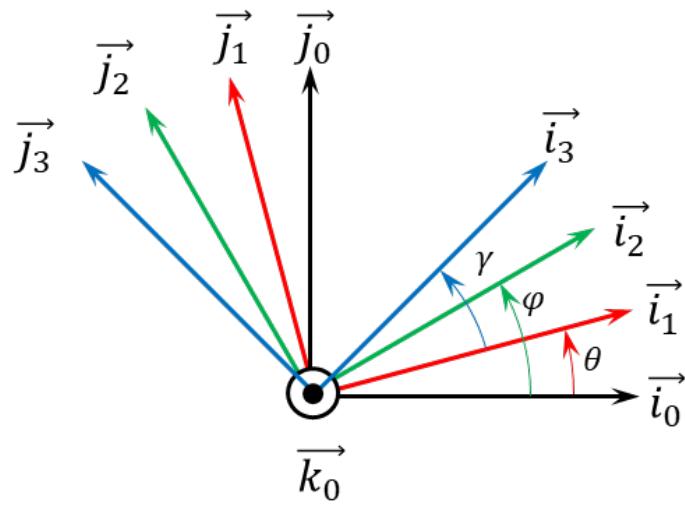
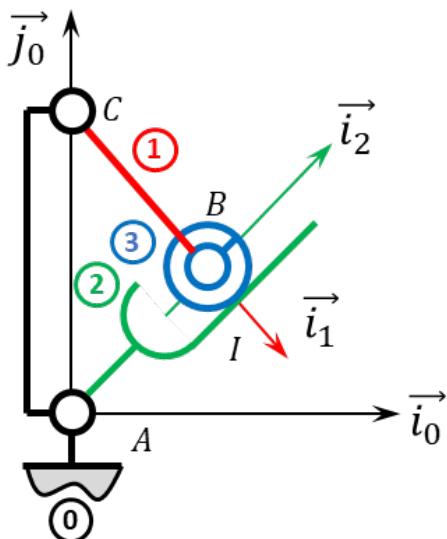
Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = -\frac{\pi}{2}$ rad.

Corrigé voir 256.

Exercice 256 – Barrière Sympact **

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice. Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = H \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{CB} = R \vec{i}_1$. De plus, $H = 120$ mm, $R = 40$ mm $BI = 10$ mm.

DDS



Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 194).

Question 1 En utilisant la condition de roulement sans glissement au point I, déterminer $\gamma(t)$ et $\dot{\gamma}(t)$.

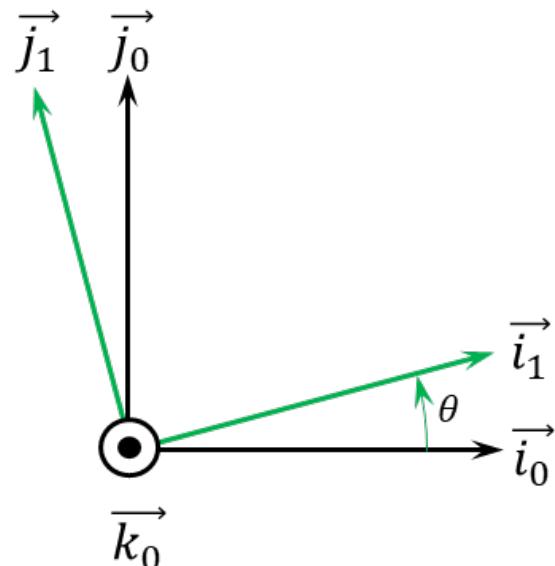
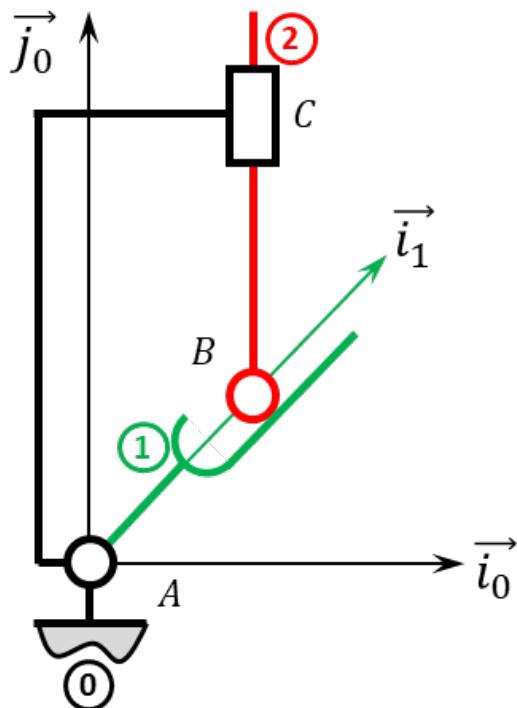
Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(3/2)\}$ au point B.

Corrigé voir 256.

Exercice 257 – Pousoir **

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AC} = L \vec{i}_0 + H \vec{j}_0$. De plus, $H = 120$ mm, $L = 40$ mm.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

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

Question 3 Retracer le schéma cinématique pour $\theta(t) = -\frac{\pi}{4}$ rad.

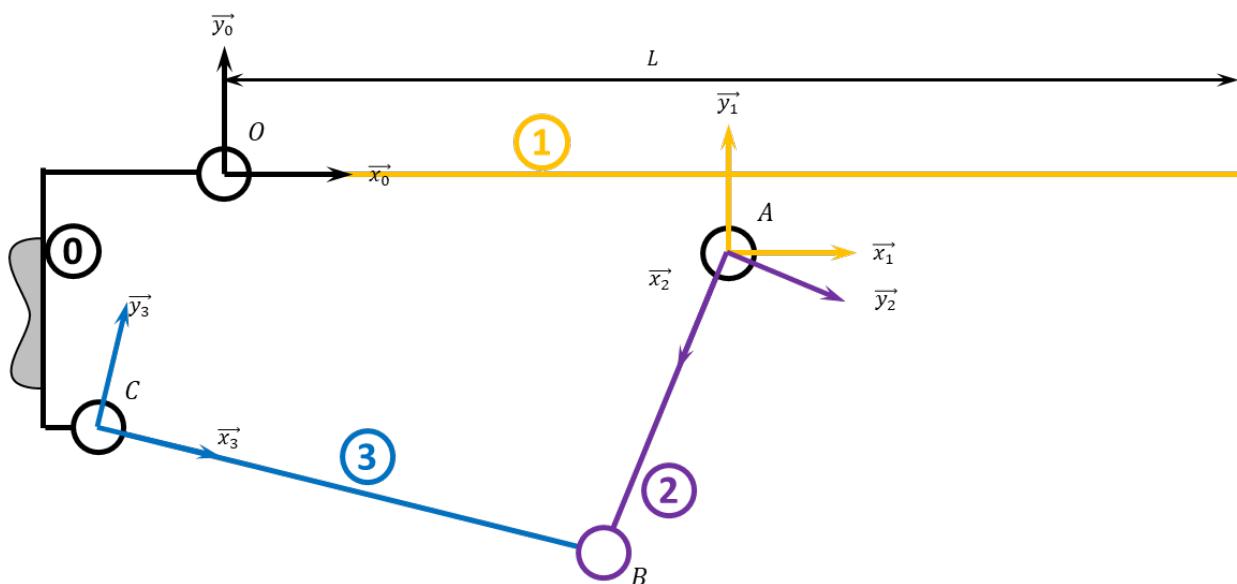
Corrigé voir 257.

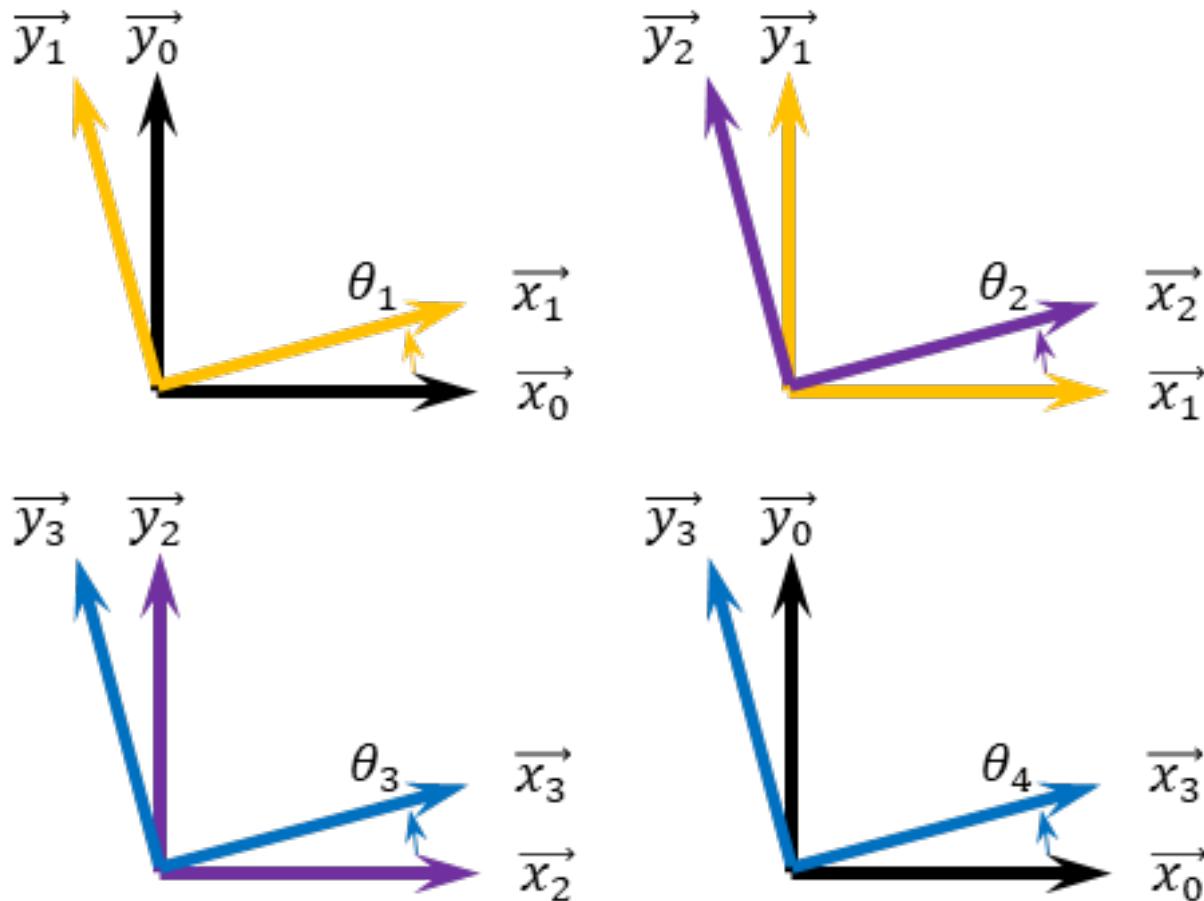
Exercice 258 – Système 4 barres ***

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

On a :

- $\overrightarrow{OA} = a \vec{x}_1 - f \vec{y}_1$ avec $a = 355$ mm et $f = 13$ mm;
- $\overrightarrow{AB} = b \vec{x}_2$ avec $b = 280$ mm;
- $\overrightarrow{BC} = -c \vec{x}_3$ avec $c = 280$ mm;
- $\overrightarrow{OC} = -d \vec{x}_0 - e \vec{y}_0$ avec $d = 89,5$ mm et $e = 160$ mm;





Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 197). On définit le point G tel que $\overrightarrow{OG} = L\vec{x}_1$.

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(1/0)\}$ au point G .

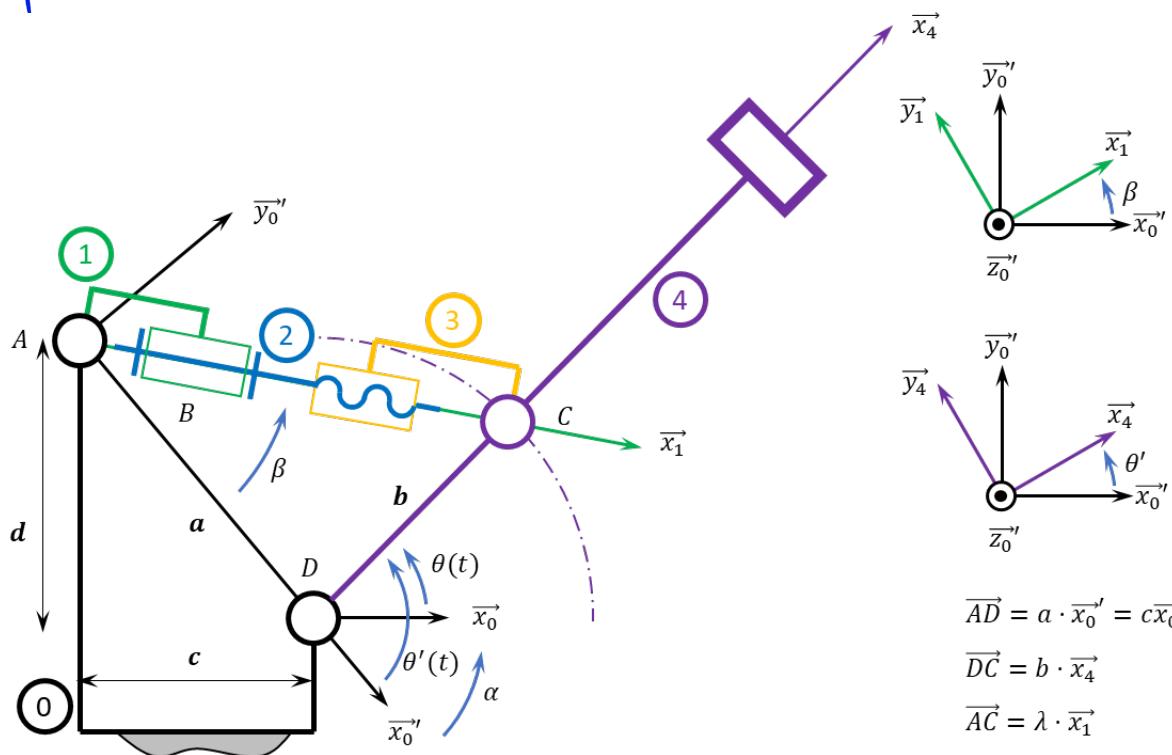
Question 2 Déterminer $\overline{\Gamma(G,1/0)}$.

Corrigé voir 258.

Exercice 259 – Maxpid ***

 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma suivant.



Par ailleurs $a = 107,1 \text{ mm}$, $b = 80 \text{ mm}$, $c = 70 \text{ mm}$, $d = 80 \text{ mm}$. Le pas de la vis est de 4 mm .

Il est possible de mettre la loi entrée-sortie sous la forme *** (voir exercice 198).

On définit le point G tel que $\overrightarrow{OG} = L \overrightarrow{x_4}$.

Question 1 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(4/0)\}$ au point G .

Question 2 Déterminer $\Gamma(G, 4/0)$.

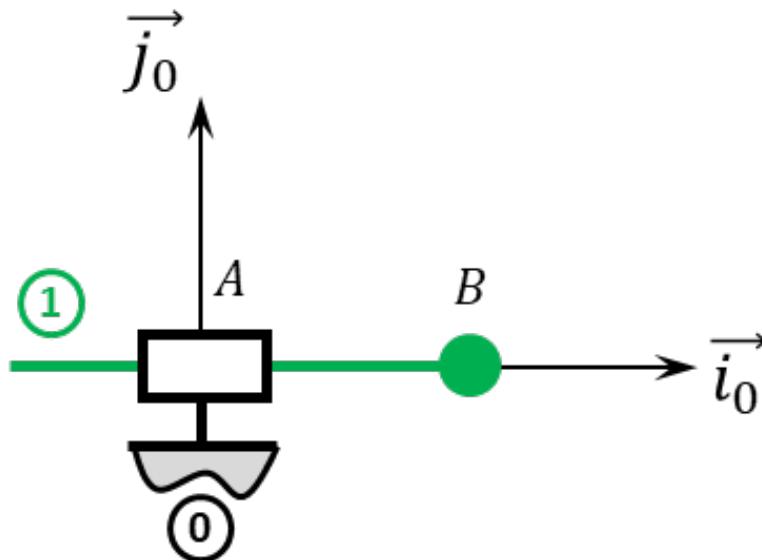
Corrigé voir 259.

3.2.9 Déterminer la loi de mouvement dans le cas où les efforts extérieurs sont connus.

Exercice 260 – Mouvement T – *

C2-09 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 positionné entre 1 et 0 permet d'actionner la pièce 1. On souhaite prendre en compte les frottements secs dans la liaison glissière.



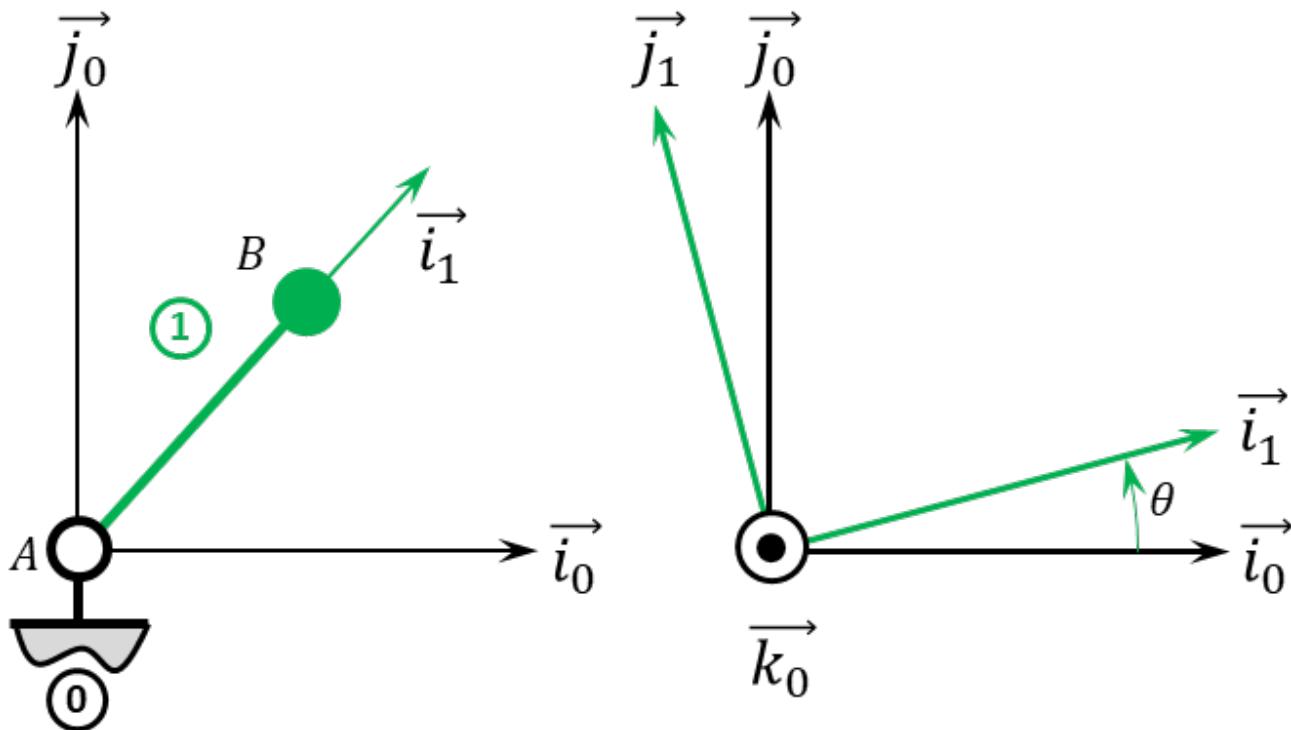
Question 1 Dans le but d'obtenir la loi de mouvement, appliquer le théorème de la résultante dynamique au solide 1 en projection sur \vec{i}_0 .

Corrigé voir 260.

Exercice 261 – Mouvement R *

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20\text{mm}$. La liaison pivot est motorisée par un moteur modélisé dont l'action mécanique sur 1 est donnée par $\overrightarrow{C_m} = C_m \vec{k}_0$. On note m_1 la masse du solide 1 et B son centre d'inertie. La pesanteur est telle que $\overrightarrow{g} = -g \vec{j}_0$. On note m_1 la masse du solide 1, B son centre d'inertie et $I_G(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & A_1 & 0 \\ 0 & 0 & A_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$.



Question 1 Dans le but d'obtenir la loi de mouvement, appliquer le théorème du moment dynamique au solide 1 au point A en projection sur \vec{k}_0 .

Corrigé voir 279.

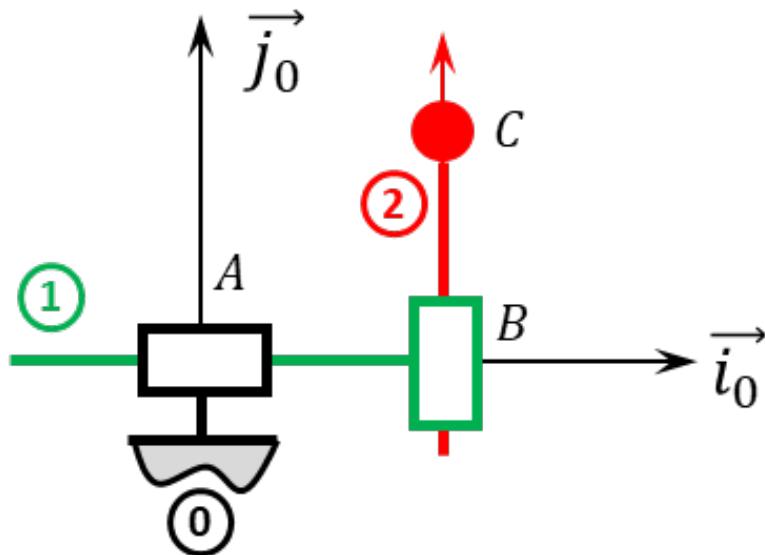
Exercice 262 – Mouvement TT – *

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \vec{j}_0$. $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de 1, et m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$; $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de 2 et m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.

Un vérin électrique positionné entre 0 et 1 permet d'actionner le solide 1. Un vérin électrique positionné entre 1 et 2 permet d'actionner le solide 2.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\overrightarrow{g} = -g \vec{j}_0$.



Question 1 Dans le but d'obtenir les lois de mouvement, appliquer le théorème de la résultante dynamique au solide 2 en projection sur \vec{j}_0 puis le théorème de la résultante dynamique à l'ensemble 1+2 en projection sur \vec{i}_0

Corrigé voir 262.

Exercice 263 – Mouvement RR *

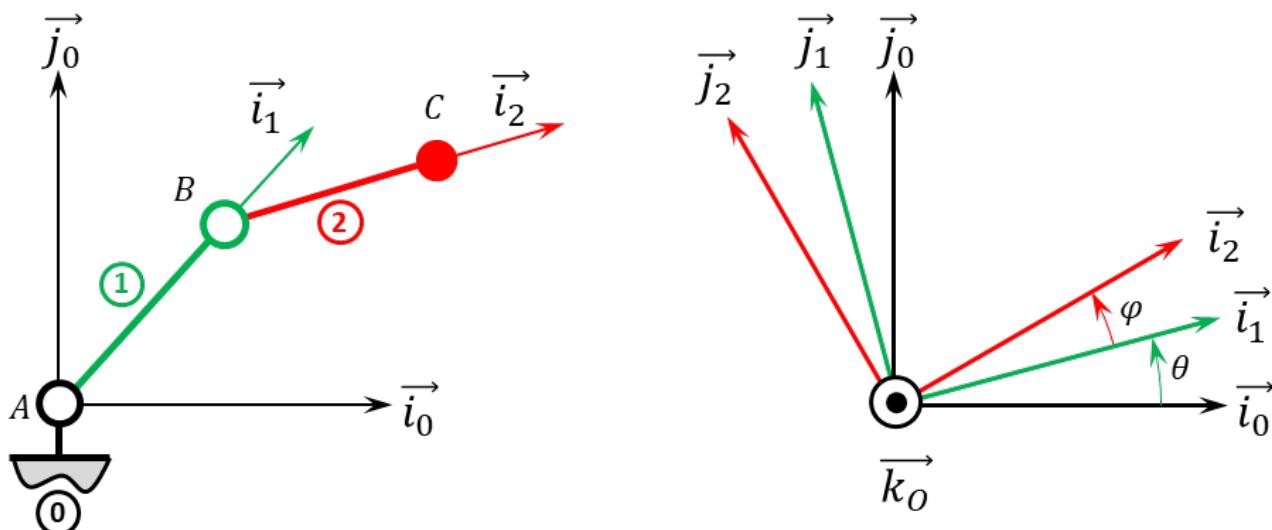
C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20 \text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$ avec $L = 15 \text{ mm}$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 et $\overrightarrow{AG_1} = \frac{1}{2}R \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- G_2 désigne le centre d'inertie de 2 et $\overrightarrow{BG_2} = \frac{1}{2}L \vec{i}_2$, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.

Un moteur électrique positionné entre 0 et 1 permet d'actionner le solide 1. Un moteur électrique positionné entre 1 et 2 permet d'actionner le solide 2.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



Question 1 Dans le but d'obtenir les lois de mouvement, appliquer le théorème du moment dynamique au solide 2 au point B en projection sur \vec{k}_0 puis le théorème du moment dynamique à l'ensemble 1+2 au point A en

Corrigé voir 263.

Exercice 264 – Mouvement RT *

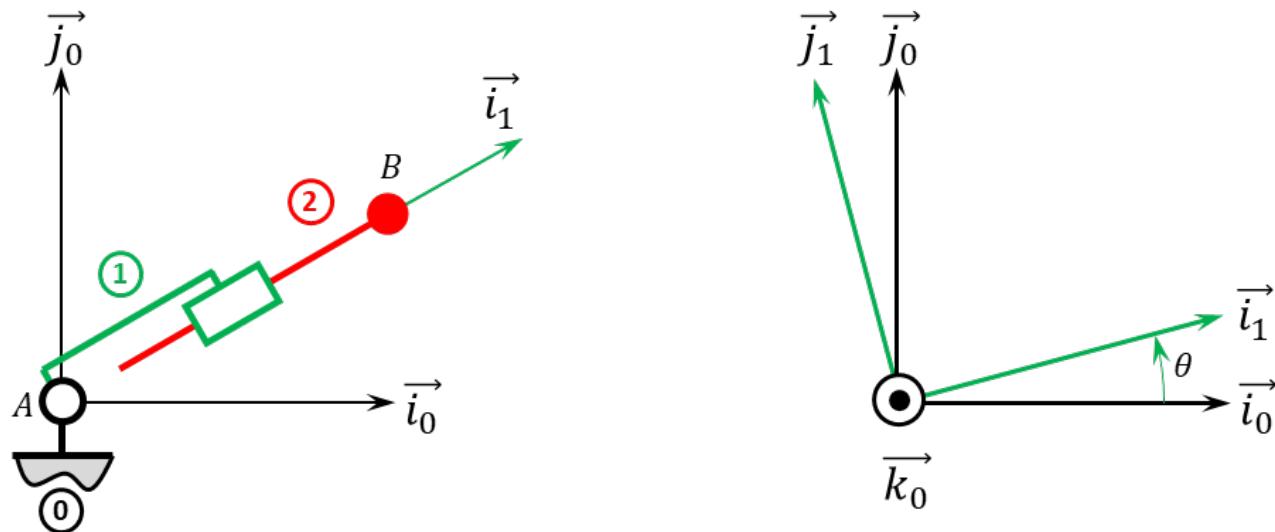
C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de **1** et $\overrightarrow{AG_1} = L_1 \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de **1** et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de **2**, on note m_2 la masse de **2** et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.

Un moteur électrique positionné entre **0** et **1** permet d'actionner le solide **1**. Un vérin électrique positionné entre **1** et **2** permet d'actionner le solide **2**

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



Question 1 Dans le but d'obtenir les lois de mouvement, appliquer le théorème de la résultante dynamique au solide **2** en projection sur \vec{i}_1 puis le théorème du moment dynamique à l'ensemble **1+2** au point A en projection sur \vec{k}_0

Corrigé voir 264.

Exercice 265 – Mouvement RT *

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = R \vec{i}_2$ avec $R = 30 \text{ mm}$. De plus :

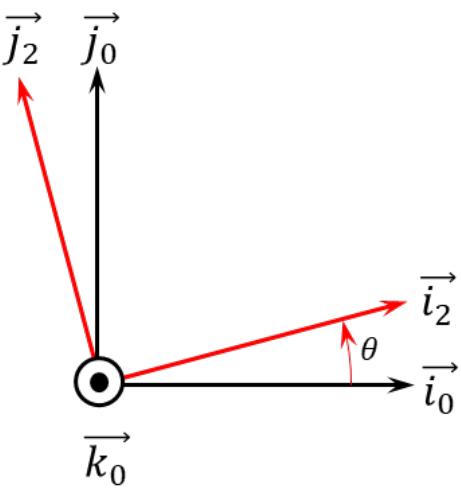
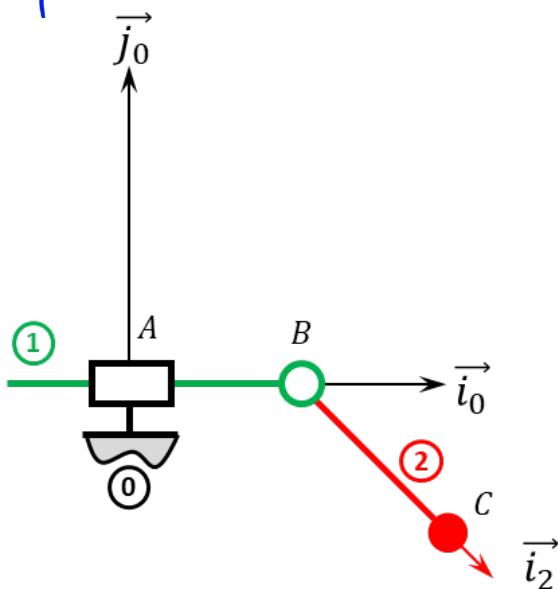
- $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de **1**, on note m_1 la masse de **1** et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de **2**, on note m_2 la masse de **2** et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.

Un vérin électrique positionné entre **0** et **1** permet d'actionner le solide **1**. Un moteur électrique positionné entre **1** et **2** permet d'actionner le solide **2**.

L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.

Par ailleurs,

$$\delta(B, 2/0) = C_1 \ddot{\theta} \vec{k}_1 + R \left(-\sin \theta \ddot{\lambda}(t) \vec{k}_0 + R \dot{\theta} \vec{k}_2 \right) \text{ et } \overrightarrow{R_d(1+2/0)} \cdot \vec{i}_0 = m_1 \ddot{\lambda}(t) + m_2 (\ddot{\lambda}(t) - R (\ddot{\theta} \sin \theta(t) + \dot{\theta}^2 \cos \theta)).$$



L'objectif est d'obtenir les lois de mouvement.

Question 1 Appliquer le théorème du moment dynamique au solide 2 au point B en projection sur \vec{k}_0 .

Question 2 Appliquer le théorème de la résultante dynamique à l'ensemble 1+2 en projection sur \vec{i}_0

Indications :

1. $C_m - m_2 g R \cos \theta(t) = C_1 \ddot{\theta} + R(-\sin \theta \ddot{\lambda}(t) + R \ddot{\theta})$;
2. $F_{ver} = m_1 \ddot{\lambda}(t) + m_2(\ddot{\lambda}(t) - R(\ddot{\theta} \sin \theta(t) + \dot{\theta}^2 \cos \theta))$.

Corrigé voir 265.

Exercice 266 – Mouvement RR 3D **

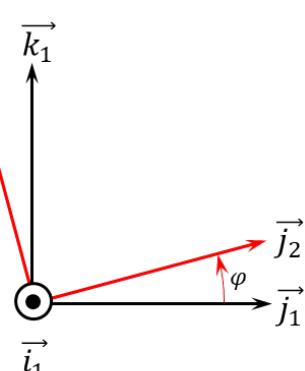
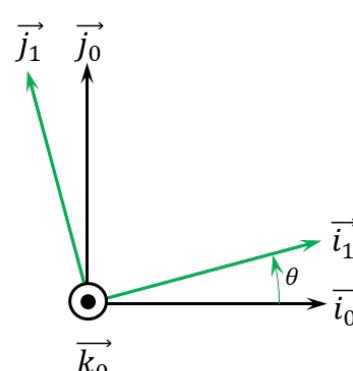
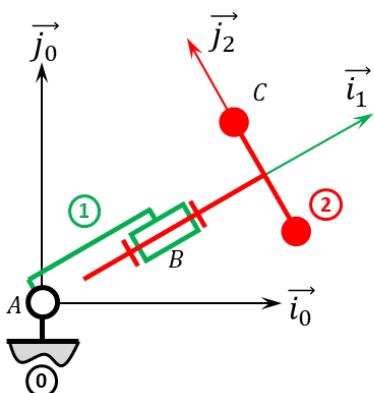
B2-14

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = \ell \vec{i}_2 + r \vec{j}_2$. On note $R + \ell = L = 20 \text{ mm}$ et $r = 10 \text{ mm}$. De plus :

- $G_1 = B$ désigne le centre d'inertie de 1, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- G_2 désigne le centre d'inertie de 2 tel que $\overrightarrow{BG_2} = \ell \vec{i}_2$, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.

Un moteur électrique positionné entre 0 et 1 permet d'actionner le solide 1. Un moteur électrique positionné entre 1 et 2 permet d'actionner le solide 2. L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



Question 1 Dans le but d'obtenir les lois de mouvement, appliquer le théorème du moment dynamique au solide 2 au point A en projection sur \vec{i}_1 puis le théorème du moment dynamique à l'ensemble 1+2 au point A en

Corrigé voir 266.

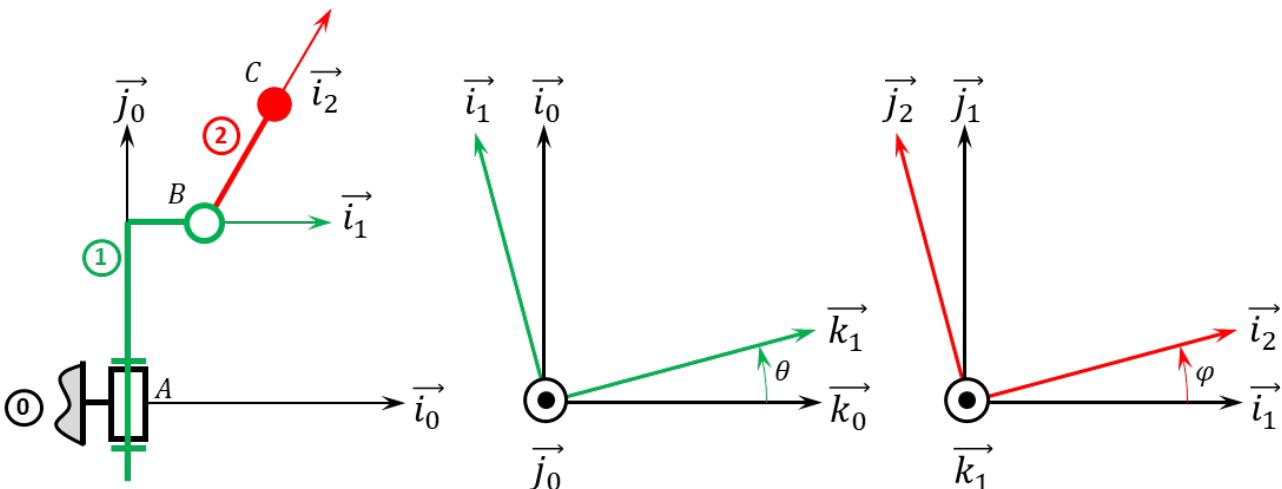
Exercice 267 – Mouvement RR 3D **

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \vec{j}_1 + R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_2$. On a $H = 20\text{ mm}$, $r = 5\text{ mm}$, $L = 10\text{ mm}$. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 tel que $\overrightarrow{AG_1} = H \vec{j}_1$, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = C$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.

Un moteur électrique positionné entre 0 et 1 permet d'actionner le solide 1. Un moteur électrique positionné entre 1 et 2 permet d'actionner le solide 2. L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



Question 1 Dans le but d'obtenir les lois de mouvement, appliquer le théorème du moment dynamique au solide 2 au point B en projection sur \vec{k}_1 puis le théorème du moment dynamique à l'ensemble 1+2 au point A en projection sur \vec{j}_0

Corrigé voir 267.

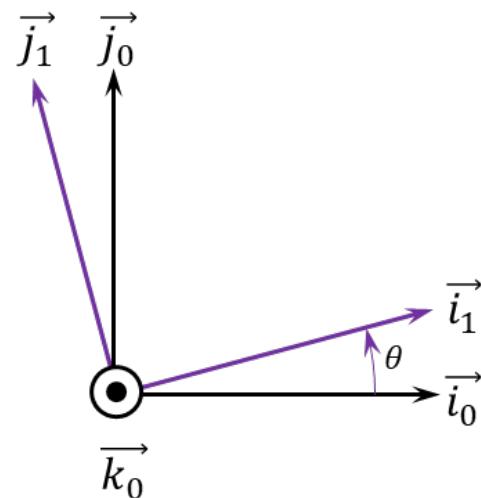
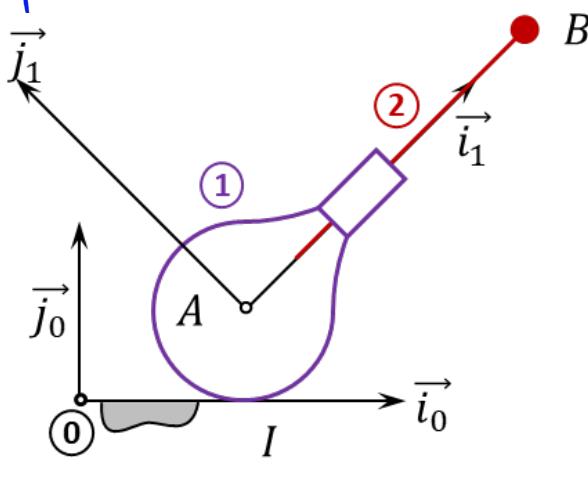
Exercice 268 – Mouvement RT – RSG **

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus $R = 15\text{ mm}$. On fait l'hypothèse de roulement sans glissement au point I. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 tel que $\overrightarrow{AG_1} = -\ell \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.

Un ressort exerce une action mécanique entre les points A et B.



L'objectif est d'obtenir les lois de mouvement.

Question 1 Appliquer le théorème de la résultante dynamique au solide 2 en projection sur \vec{i}_1

Question 2 Appliquer le théorème du moment dynamique à l'ensemble 1+2 au point I en projection sur \vec{k}_0 .

Corrigé voir 268.

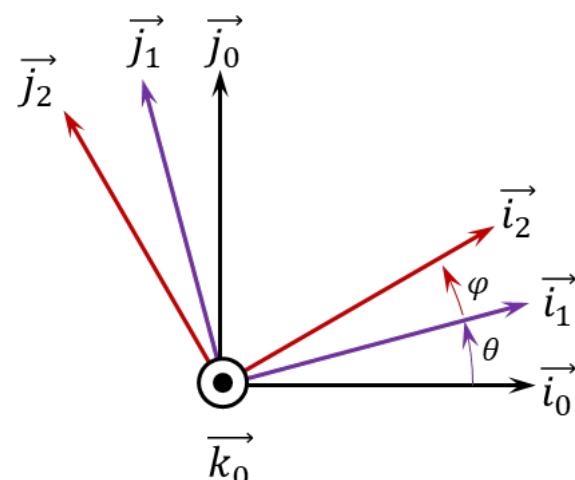
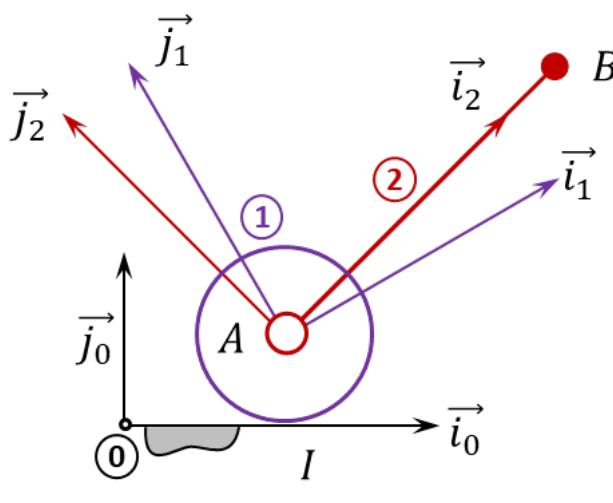
Exercice 269 – Mouvement RT – RSG **

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{IA} = R \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus $R = 15 \text{ mm}$. On fait l'hypothèse de roulement sans glissement au point I. De plus :

- G_1 désigne le centre d'inertie de 1 tel que $\overrightarrow{AG_1} = -\ell \vec{i}_1$, on note m_1 la masse de 1 et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$;
- $G_2 = B$ désigne le centre d'inertie de 2, on note m_2 la masse de 2 et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_2}$.

Un moteur exerce un couple entre les pièces 1 et 2.

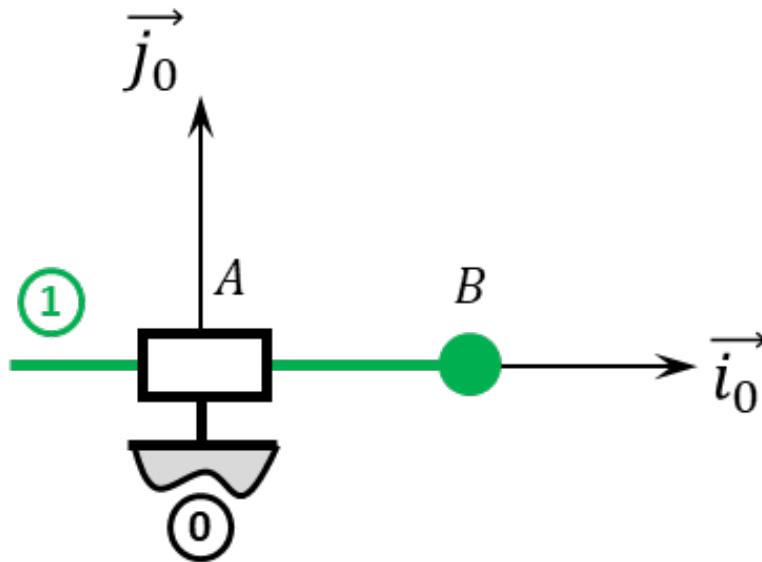


L'objectif est d'obtenir les lois de mouvement.

Question 1 Appliquer le théorème du moment dynamique à l'ensemble 2 au point A en projection sur \vec{k}_0 .

Question 2 Appliquer le théorème du moment dynamique à l'ensemble 1+2 au point I en projection sur \vec{k}_0 .

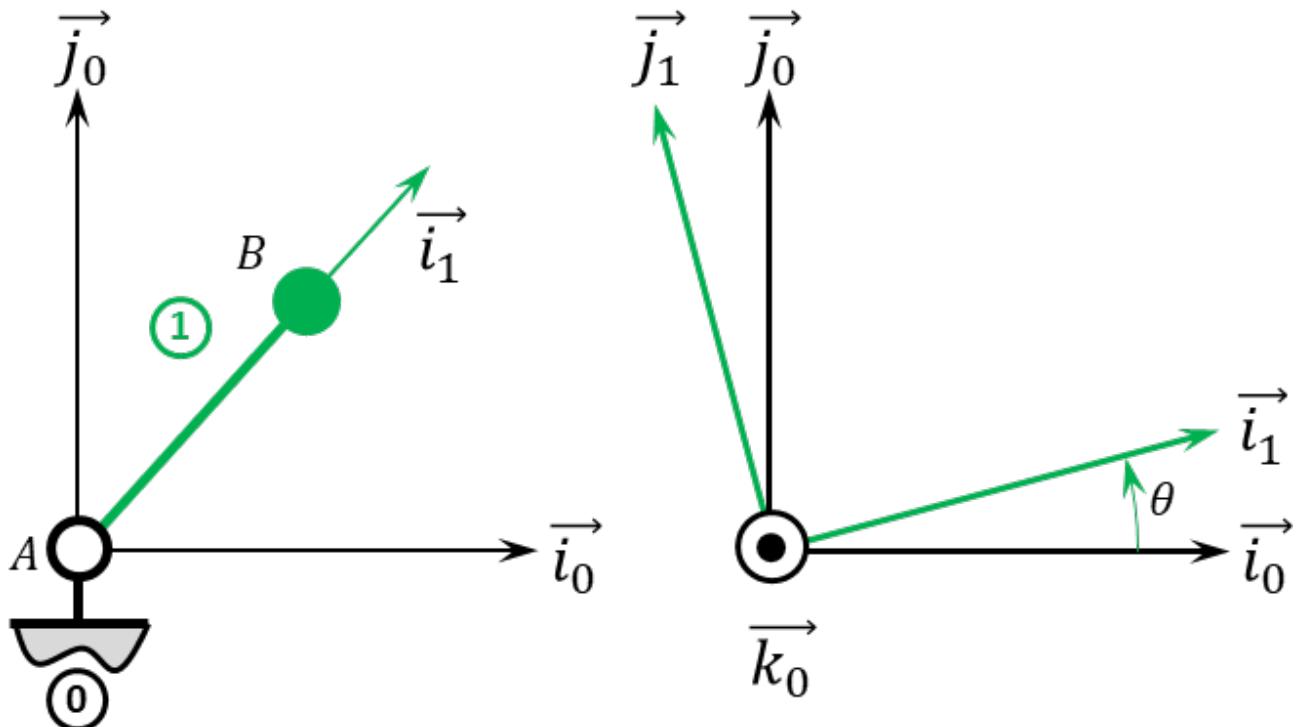
Exercice 270 – Mouvement T – *
B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

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

Question 1 Donner le torseur cinétique $\{\mathcal{V}(1/0)\}$ au point B.

Question 2 Déterminer $\overline{\Gamma(B, 1/0)}$.

Corrigé voir 270.

Exercice 271 – Mouvement R *
B2-13
Pas de corrigé pour cet exercice.

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


Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(B,1/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(1/0)\}$ au point B.

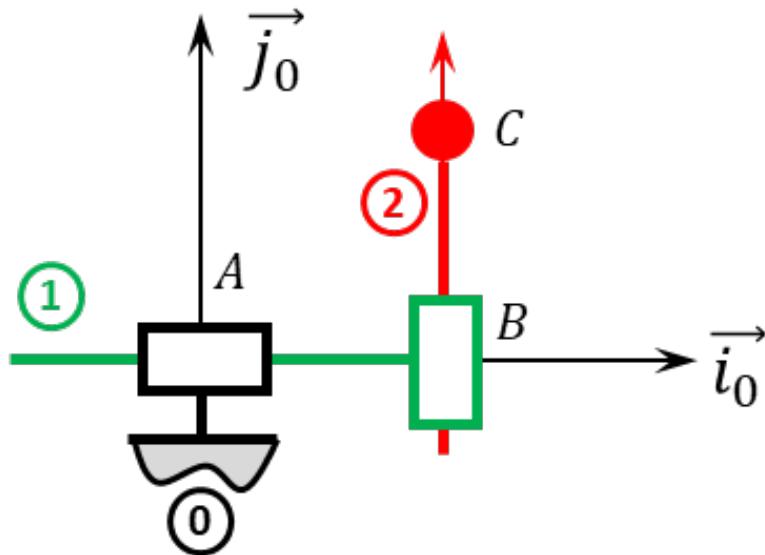
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(B,1/0)}$.

Corrigé voir 271.

Exercice 272 – Mouvement TT – *

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On note $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = \mu(t) \vec{j}_0$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

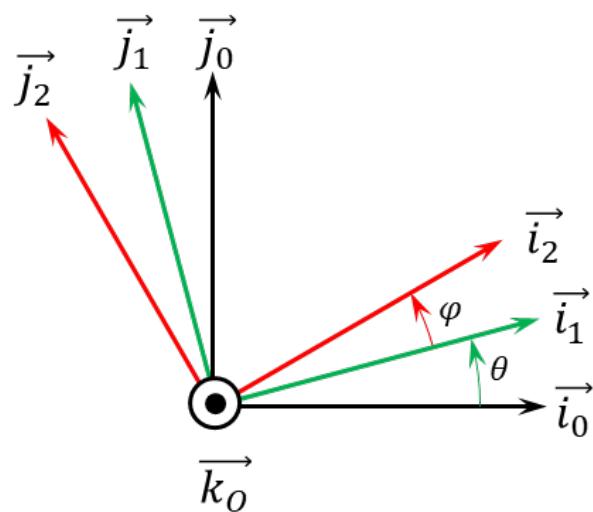
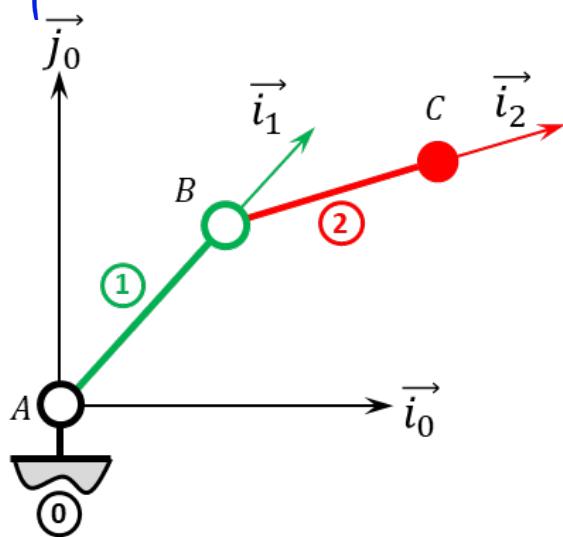
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 272.

Exercice 273 – Mouvement RR *

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ avec $R = 20 \text{ mm}$ et $\overrightarrow{BC} = L \vec{i}_1$ avec $L = 15 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinétique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

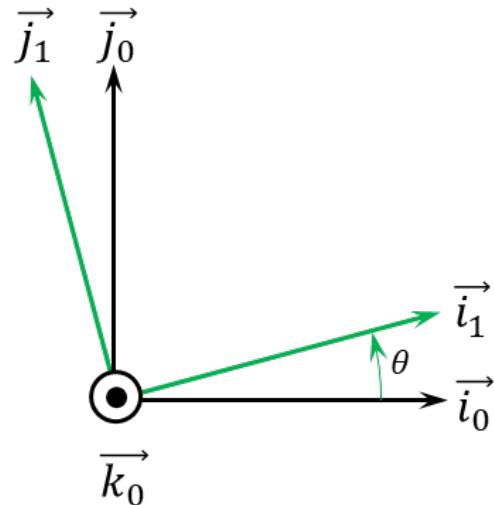
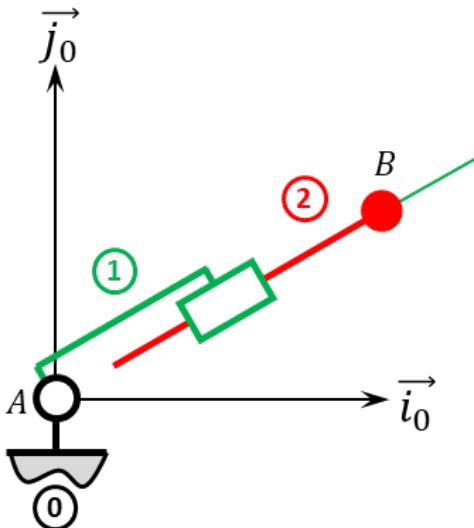
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 273.

Exercice 274 – Mouvement RT *

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinétique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

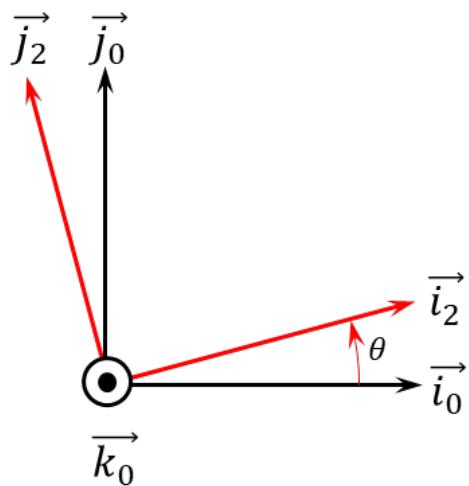
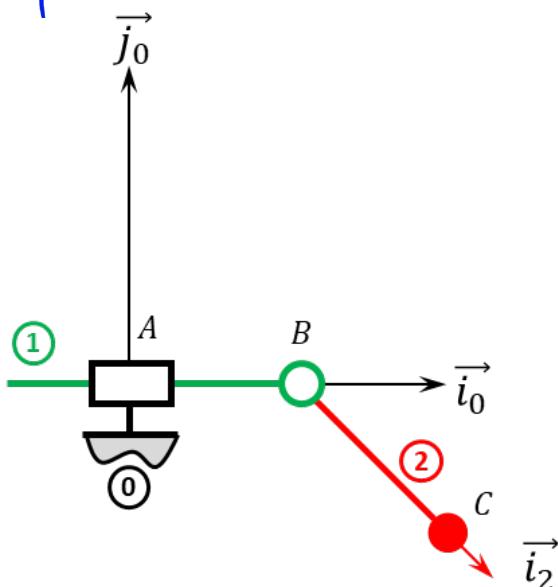
Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 274.

Exercice 275 – Mouvement RT *

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{BC} = R \vec{i}_2$ avec $R = 30 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinétique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

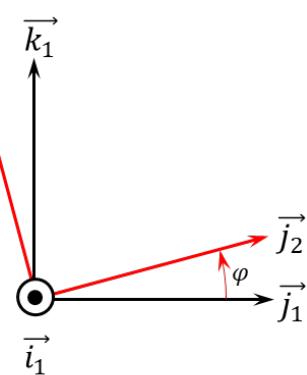
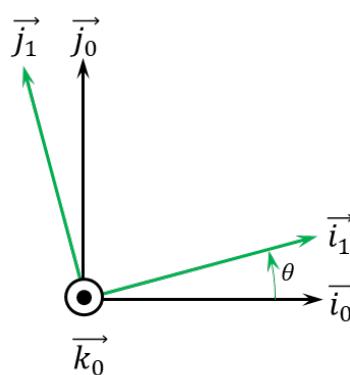
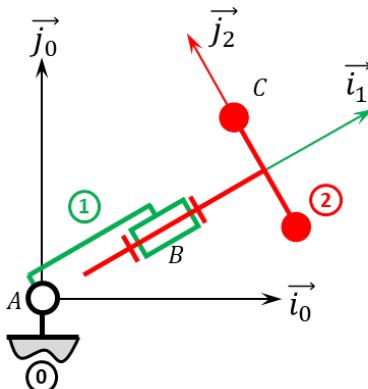
Question 3 Déterminer $\overline{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 275.

Exercice 276 – Mouvement RR 3D *

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{BC} = \ell \overrightarrow{i_2} + r \overrightarrow{j_2}$. On note $R + \ell = L = 20 \text{ mm}$ et $r = 10 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C,2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinétique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

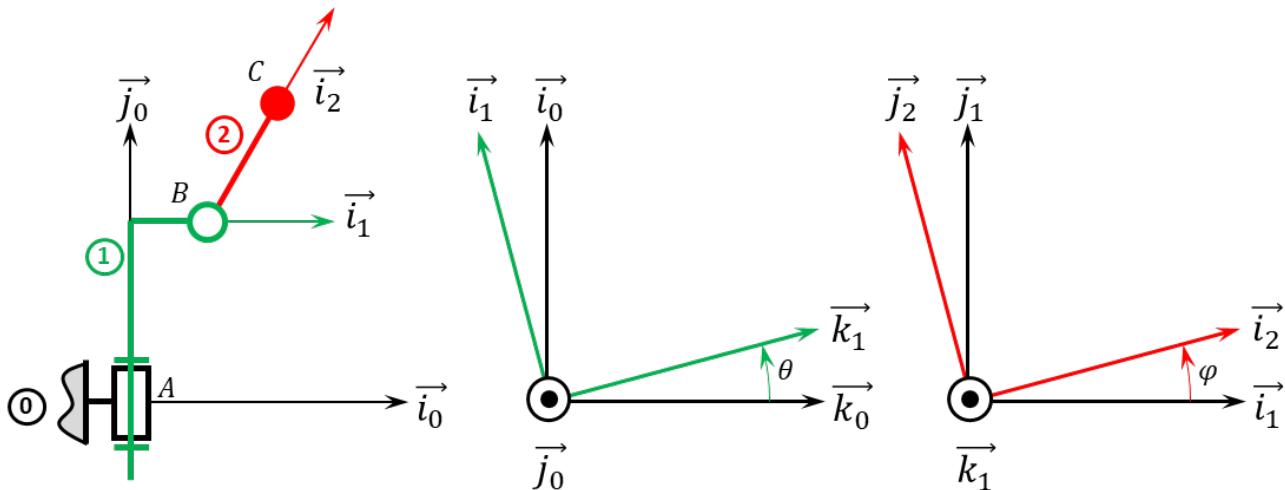
Question 3 Déterminer $\overline{\Gamma(C,2/0)}$.

Corrigé voir 72.

Exercice 277 – Mouvement RR 3D *

B2-13 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = H \overrightarrow{j_1} + R \overrightarrow{i_1}$ et $\overrightarrow{BC} = L \overrightarrow{i_2}$. On a $H = 20 \text{ mm}$, $r = 5 \text{ mm}$, $L = 10 \text{ mm}$.



Question 1 Déterminer $\overrightarrow{V(C, 2/0)}$ par dérivation vectorielle ou par composition.

Question 2 Donner le torseur cinématique $\{\mathcal{V}(2/0)\}$ au point C.

Question 3 Déterminer $\overrightarrow{\Gamma(C, 2/0)}$.

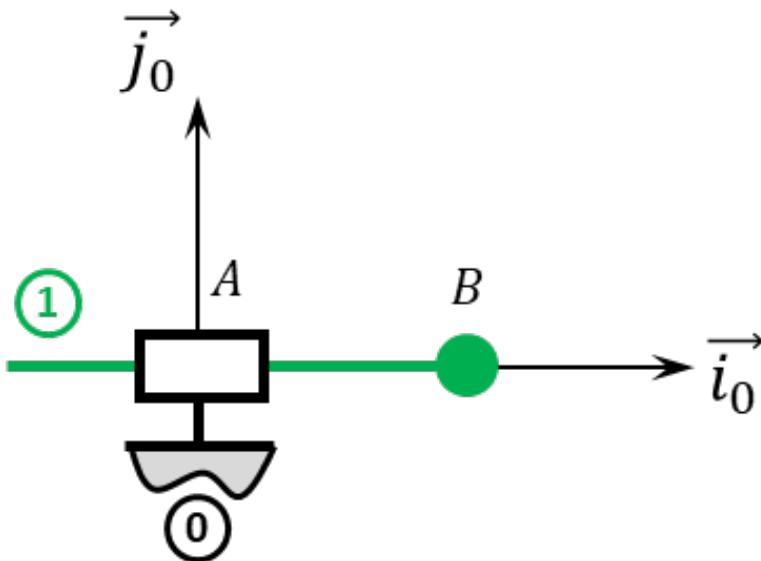
DDS

Corrigé voir 277.

Exercice 278 – Mouvement T – *

C2-09 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 positionné entre 1 et 0 permet d'actionner la pièce 1.



Les performances dynamiques de l'axe demandées sont les suivantes :

- vitesse linéaire maximale : 50 m min^{-1} ;
- accélération linéaire maximale : $9,8 \text{ m s}^{-2}$.

Objectif L'objectif de ce travail est de déterminer les caractéristiques du moteur (vitesse et couple) permettant d'atteindre ces performances.

Question 1 Quelle est la vitesse maximale que l'axe peut atteindre en m s^{-1} .

Question 2 Combien de temps l'axe met-il pour atteindre la vitesse maximale?

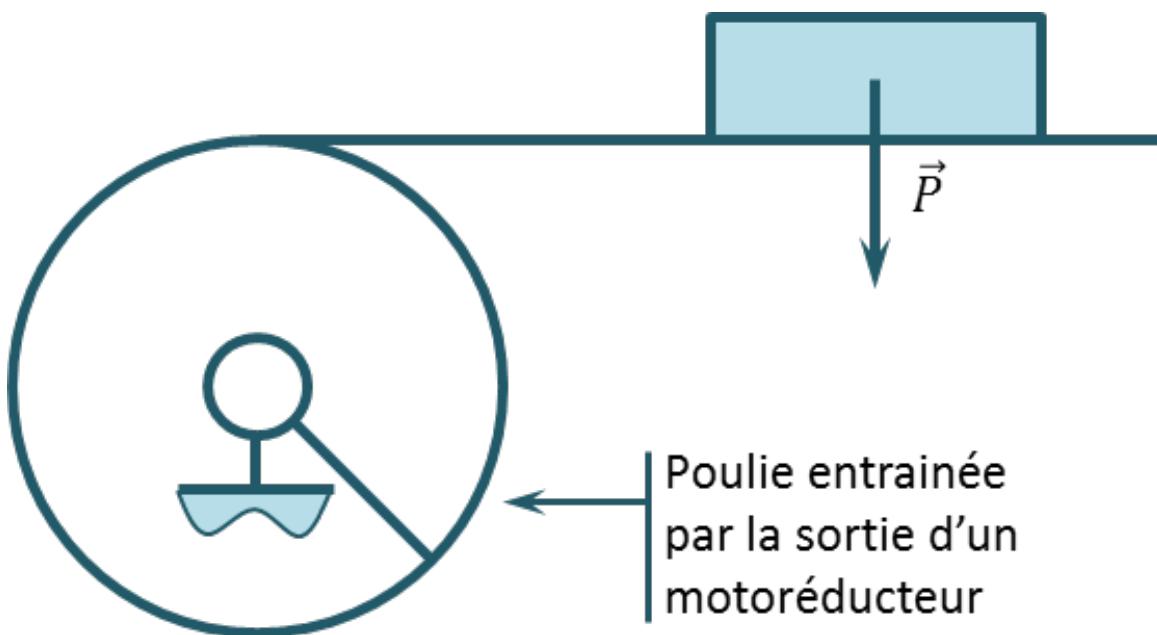
Question 3 Quelle distance l'axe parcourt-il pour atteindre la vitesse maximale?

Question 4 Quelle est la longueur minimale à commander pour que l'axe puisse atteindre la vitesse maximale?

Question 5 Tracer le profil de la position, de la vitesse et de l'accélération pour parcourir une distance de 50 cm. On cherchera à atteindre les performances maximales de l'axe.

Un motoréducteur permet d'entraîner un système poulie – courroie permettant de déplacer la charge. On considère :

- une charge de masse 1 kg;
- un poulie de rayon 5 cm;
- un réducteur de rapport de transmission 1 : 20.



Question 6 Déterminer le couple à fournir par la poulie pour déplacer la charge lorsque l'accélération est au maximum.

Corrigé voir 278.

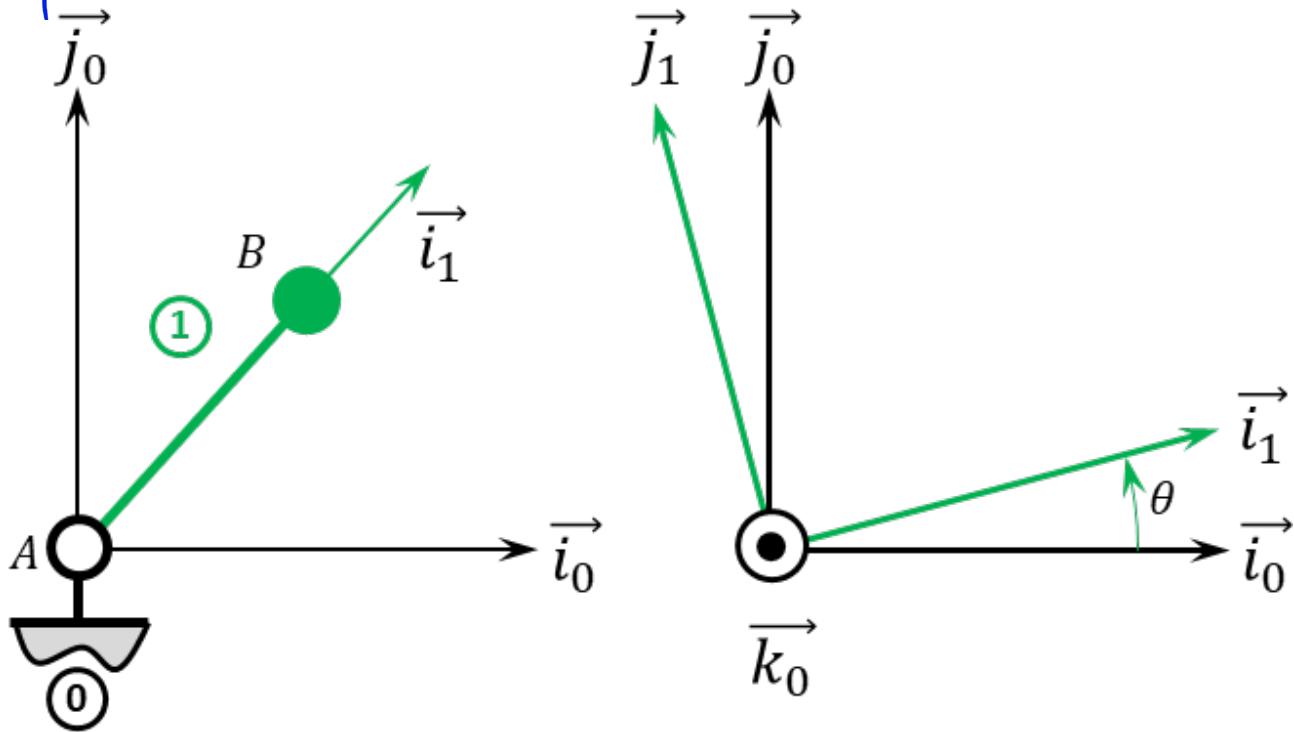
Exercice 279 – Mouvement R *

C2-09 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 $\overrightarrow{C_m} = C_m \overrightarrow{k_0}$ avec $C_m = 40 \text{ Nm}$. La fréquence de rotation nominale est de 1500 tr min^{-1} .

La pesanteur est telle que $\overrightarrow{g} = -g \overrightarrow{j_0}$. On note m_1 la masse du solide 1, B son centre d'inertie et $I_B(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & A_1 & 0 \\ 0 & 0 & A_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{B}_1}$ avec $A_1 = 12,5 \text{ kg m}^2$. Le couple résistant dû aux frottements est supposé constant et égal à 4 N m .

(On notera J le moment dynamique du solide 1 autour de l'axe $(A, \overrightarrow{k_0})$).



DDS

Question 1 Calculer l'accélération du moteur pendant le démarrage.

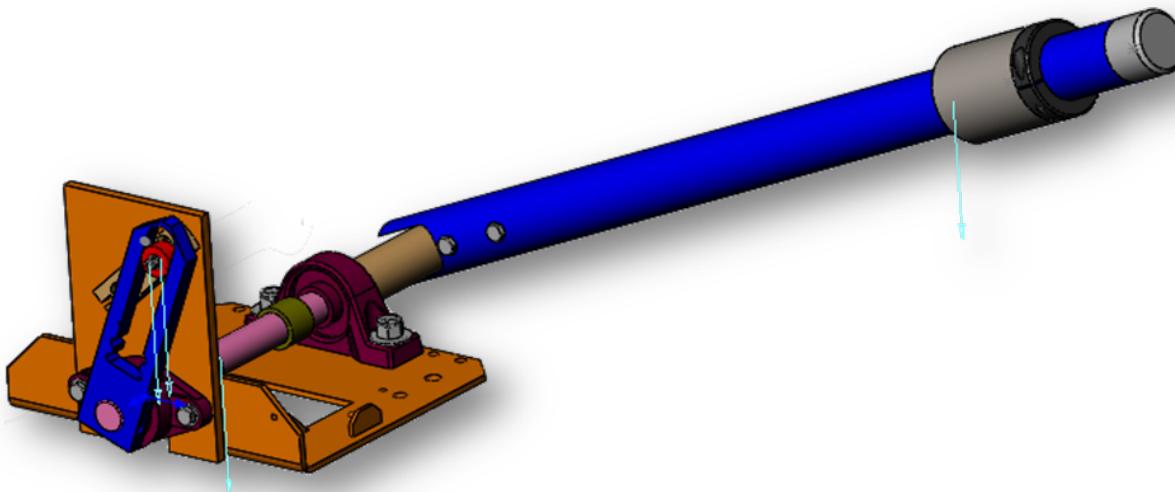
Question 2 Calculer le temps mis pour atteindre la fréquence nominale.

Corrigé voir 279.

Exercice 280 – Barrière Sympact *

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

La barrière Sympact permet d'ouvrir ou de fermer l'accès à un parking.



L'angle d'ouverture est de $\alpha = 90^\circ$. La durée d'ouverture et de fermeture doit être $T = 1\text{ s}$ au maximum. L'accélération maximale est de $\ddot{\theta}_{\max} = 30 \text{ rad s}^{-2}$. La loi d'évolution est un trapèze de vitesse. On note t_a le temps d'accélération (égal au temps de décélération) et T le temps passé à vitesse constante. On note $\dot{\theta}_{\max}$ la vitesse angulaire maximale.

Question 1 Donner l'allure des lois d'accélération, vitesse et position angulaires. Vous indiquerez toutes les valeurs utiles (sous forme littérale).

Question 2 Donner l'expression littérale du temps total.

Question 3 Donner l'expression littérale de la vitesse angulaire en fin de phase d'accélération.

Question 4 Donner l'expression littérale de l'angle total parcouru.

Question 5 Déterminer la durée de l'accélération ainsi que la vitesse angulaire maximale atteinte.

Corrigé voir 280.

Exercice 281 – Automate d'exploration de l'hémostase *

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Afin de valider le choix des moteurs, on étudie le déplacement sur l'axe \overrightarrow{x} . On note V_x la vitesse selon cet axe. On rappelle que la distance maximum à parcourir est $x_M^{\max} = 550 \text{ mm}$ en 1 seconde. La loi de commande sur chaque axe est définie par un trapèze de vitesse (Figure 3.8) avec les temps d'accélération et de décélération (T_a) identiques. De plus, les moteurs se mettent en route et s'arrêtent en même temps. T est la durée totale du déplacement. Nous allons chercher à optimiser cette loi de commande de sorte que le moteur fournisse une puissance instantanée minimale.

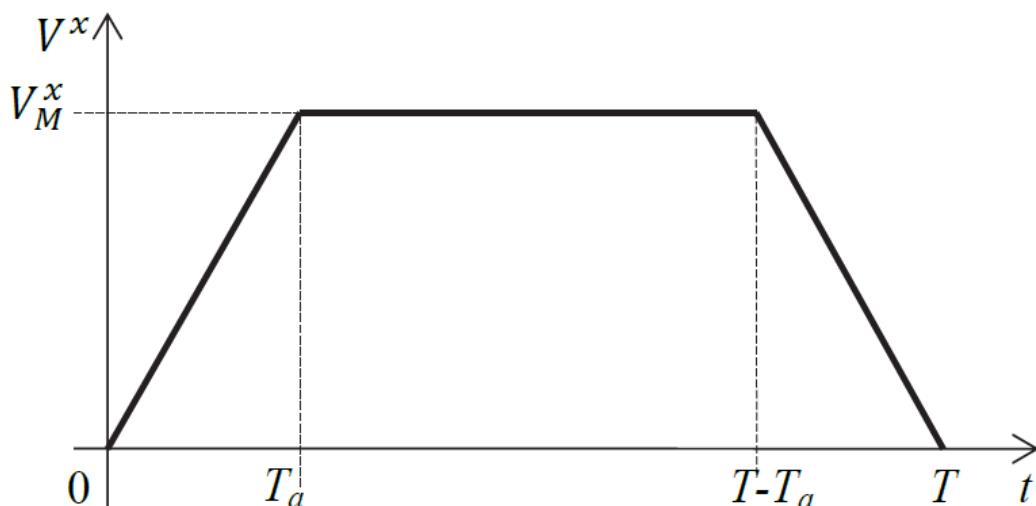


FIGURE 3.7 – Loi de commande de vitesse en trapèze

Le modèle de calcul pour cette commande d'axe est le suivant :

- le mouvement de rotation du moteur (vitesse ω_m^x) est transformé en mouvement de translation (vitesse V^x);
- le rapport de transmission de la chaîne cinématique est $\lambda = \frac{V^x}{\omega_m^x}$;
- la distance à parcourir est x_M^{\max} ;
- l'inertie équivalente de l'ensemble des pièces en mouvement ramenée à l'arbre moteur est J_e ;
- les frottements et la pesanteur sont négligés, il n'y a donc pas de couple résistant.

Question 1 Exprimer la vitesse maximale V_M^x en fonction de x_M^{\max} , T et T_a .

Question 2 Par application du théorème de l'énergie cinétique sur l'ensemble des pièces en mouvement, exprimer le couple moteur C_m en fonction de V_x , T_a , J_e et λ durant les trois phases du mouvement.

Question 3 Préciser à quel(s) instant(s) t la puissance fournie par le moteur est maximale (P_{\max})

Question 4 Exprimer cette puissance P_{\max} en fonction de V_M^x , λ , J_e , et T_a .

Question 5 Donner alors l'expression de P_{\max} en fonction de x_M^{\max} , λ , J_e , et T_a .

Question 6 À partir de cette expression, montrer que P_{\max} est minimale pour un réglage du temps d'accélération T_a tel que $T_a = \frac{T}{3}$.

Pour cette nouvelle commande avec $T_a = \frac{T}{3}$, on cherche à valider le choix du moteur en étudiant le déplacement maximum suivant \vec{x} . Les caractéristiques de la chaîne cinématique sont :

- vitesse maximale du moteur : $N_{\max}^{\text{mot}} = 4150 \text{ tr min}^{-1}$;
- rapport de réduction du réducteur $k = \frac{1}{10}$;
- rayon de poulie $R_p = 20 \text{ mm}$.

Question 7 Déterminer la vitesse de rotation maximum ω_{\max}^x que doit atteindre le moteur. Le choix de celui-ci est-il validé ?

Corrigé voir 281.

DDS

Exercice 282 – Automate d'exploration de l'hémostase *

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Le principe de la chronométrie consiste à mesurer la variation de l'amplitude d'oscillation d'une bille placée dans la cuvette de mesure (Figure 3.8).

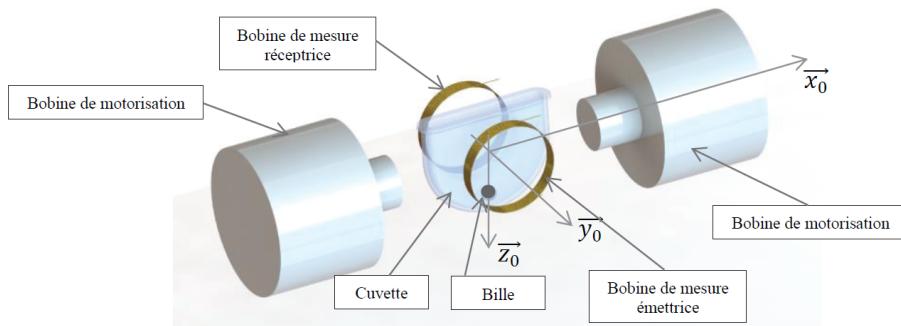


FIGURE 3.8 – Ensemble cuvette + bille avec bobines motrices et bobines de mesure

La bille, roulant sans glisser sur le fond cylindrique de la cuvette, est mise en mouvement par un champ magnétique variable induit par deux bobines motrices placées de part et d'autre de la tête de mesure. L'amplitude des oscillations est mesurée par deux autres bobines, l'une émettrice, l'autre réceptrice. Après amplification du signal mesuré, on obtient un signal quasi-sinusoidal, reflet de l'oscillation de la bille. À viscosité constante, on obtient un balancement pendulaire constant de la bille. Quand la viscosité augmente (phénomène de coagulation), l'amplitude d'oscillation de la bille varie. Pour chaque mesure, le champ magnétique est ajusté en fonction de la viscosité initiale du milieu et du type de test.

Le schéma de calcul est donné Figure 3.9.

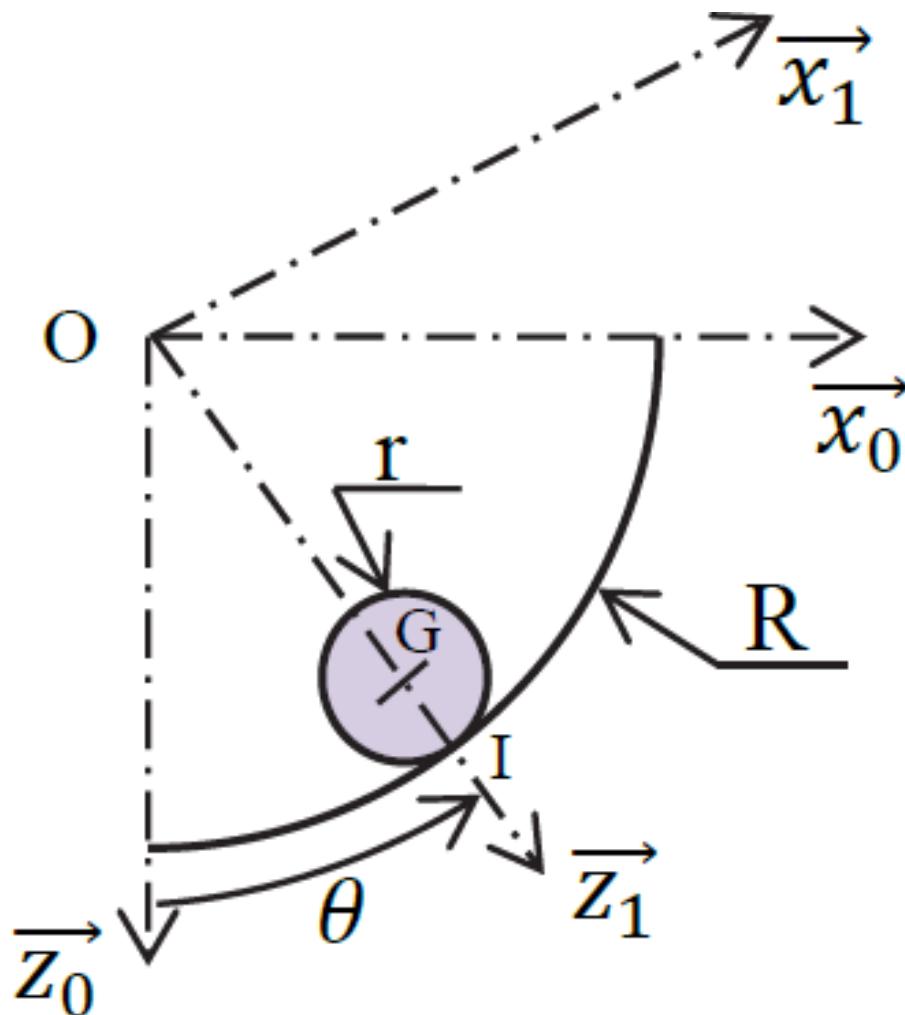


FIGURE 3.9 – Bille en contact avec le rail de la cuvette

Hypothèses :

- la bille de masse m , de centre de masse G , de rayon r , roule sans glisser sur un rail circulaire de rayon R dans le plan $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0)$;
- I est le point de contact entre la bille et le rail circulaire;
- la position de la bille sur le rail est repérée par : $\theta = (\vec{z}_0, \vec{z}_1) = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$.

On note :

- $\{\mathcal{T}(\text{rail} \rightarrow \text{bille})\} = \left\{ \begin{array}{c} -N_I \vec{z}_1 + T_I \vec{x}_1 \\ 0 \end{array} \right\}_I$, le torseur associé à l'action mécanique du rail sur la bille;
- f le coefficient d'adhérence au contact bille/cuvette : $f = 0, 1$;
- $\{\mathcal{T}(\text{bob} \rightarrow \text{bille})\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{F}(\text{bob} \rightarrow \text{bille}) = F(t) \vec{x}_0 \\ 0 \end{array} \right\}_G$, le torseur associé à l'effort résultant des deux bobines de motorisation sur la bille, avec $F(t) = F_0 \sin(\omega_{\text{bob}}(t))$;
- $\{\mathcal{T}(\text{fluide} \rightarrow \text{bille})\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{F}(\text{fluide} \rightarrow \text{bille}) = -f_v V(G, \text{bille}/0) \vec{x}_1 \\ 0 \end{array} \right\}_G$, le torseur associé à l'action du fluide sur la bille induite par la viscosité. On se place dans l'hypothèse simplificatrice d'un écoulement laminaire pour lequel le modèle de Stokes est applicable : le coefficient de frottement visqueux vaut alors $f_v = 6\pi r \eta$ où η est la viscosité du sang qui varie lors de la coagulation;

- $\{\mathcal{T}(g \rightarrow \text{bille})\} = \left\{ \begin{array}{c} mg \vec{z}_0 \\ 0 \end{array} \right\}_G$, le torseur associé à l'action de la pesanteur sur la bille;
- $\{\mathcal{V}(\text{bille}/0)\} = \left\{ \begin{array}{c} \Omega(\text{bille}/0) = \omega_b \vec{y}_0 \\ V(G, \text{bille}/0) = v \vec{x}_1 \end{array} \right\}_G$, le torseur cinématique de la bille par rapport au rail 0;
- $J = \frac{2}{5} m r^2$, le moment d'inertie de la bille autour de l'axe (G, \vec{y}_0) ;
- $R = \|\vec{OI}\|$, le rayon du rail, $r = \|\vec{GI}\|$, le rayon de la bille.

On notera $F(p)$ la transformée de Laplace de la fonction $f(t)$ où p représente la variable de Laplace.

Question 1 En exprimant la condition de roulement sans glissement en I, déterminer ω_b et v , les composantes du torseur cinématique en G de la bille par rapport au rail 0, en fonction de $\dot{\theta}$, r et R .

Question 2 En justifiant clairement la démarche et les théorèmes utilisés : montrer que les efforts normal N_I et tangentiel T_I du rail sur la bille sont liés à l'angle θ par les équations suivantes :

$$N_I = F(t) \sin \theta + mg \cos \theta + m(R-r)\dot{\theta}^2 \text{ et } T_I = \frac{2}{5}m(r-R)\ddot{\theta}.$$

Question 3 En justifiant clairement la démarche et les théorèmes utilisés, montrer que $\frac{7}{5}m(r-R)\ddot{\theta} + f_v(r-R)\dot{\theta} + mg \sin \theta = F(t) \cos \theta$.

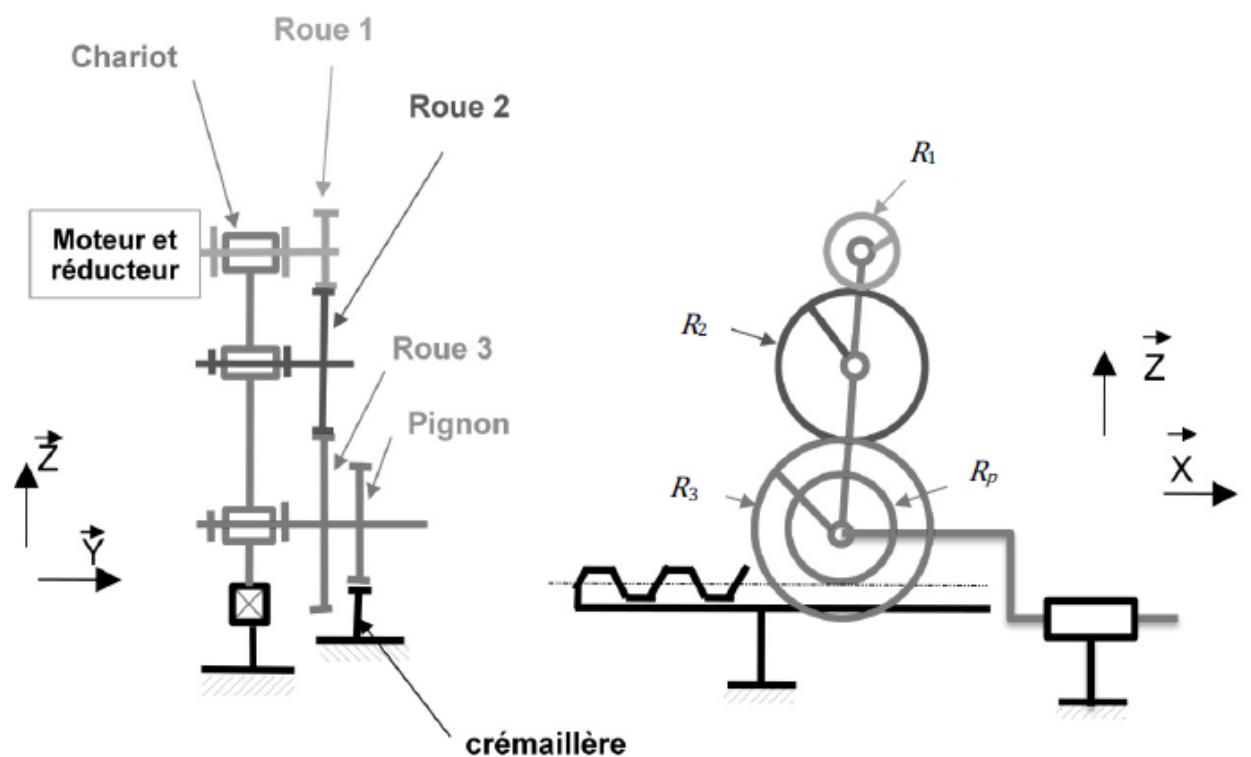
DDS

Corrigé voir 282.

Exercice 283 – Banc d'épreuve hydraulique *

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

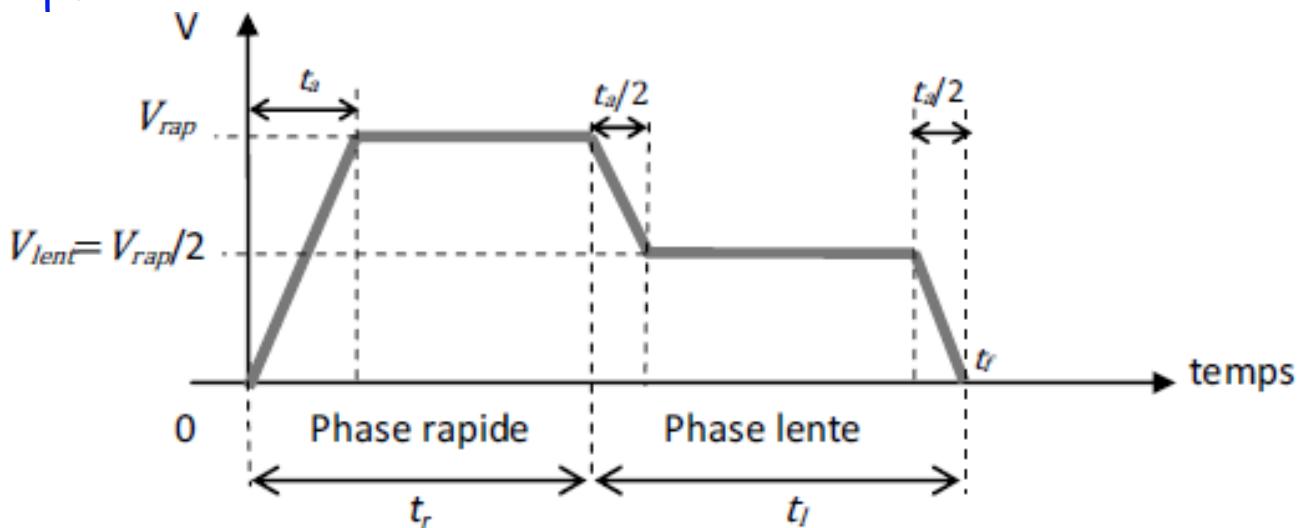
Un schéma cinématique simplifié du chariot arrière, ainsi que les grandeurs cinématiques et cinétiques, sont donnés figure suivante. La chaîne de puissance comporte un moteur hydraulique, un réducteur roue et vis sans fin, un réducteur à engrenages parallèles et un système pignon-crémaillère. Le guidage du chariot est modélisé par une glissière.



pièces	Inertie (kg.m^2)	Données cinématiques
moteur	$I_m = 0,0012$	
Réducteur roue et vis sans fin	$I_r = 0,004$ (ramenée à l'arbre moteur)	Rapport de réduction $r = 1/30$
Roue 1	négligeable	$R_1 = 50 \text{ mm}$
Roue 2	négligeable	$R_2 = 105 \text{ mm}$
Roue 3 et pignon	négligeable	roue 3 : $R_3 = 115 \text{ mm}$ pignon : $R_p = 85 \text{ mm}$

La masse totale en translation de l'ensemble $\Sigma = \{\text{chariot} + \text{moteur} + \text{réducteur} + \text{roues}\}$ est $M = 2350 \text{ Kg.}$

On note C_m le couple moteur, ω_m sa vitesse de rotation par rapport au bâti, et V la vitesse du chariot. La loi de vitesse du chariot pendant la totalité du trajet est présentée ci-dessous.



- On note t_r la durée de la phase de déplacement rapide, t_l la durée de la phase lente, t_f la durée totale, t_a la durée de la phase d'accélération. Chacune des 2 phases de décélération dure $t_a/2$.
- La course pendant la phase de déplacement en vitesse rapide (de 0 à t_r) est au maximum de $c_{rap} = 6,24 \text{ m}$ (pour le tube le plus court que peut tester le banc) et pendant la phase en vitesse lente (de t_r à t_f) $c_{lent} = 1,56 \text{ m}$.
- La durée maximale du déplacement total (phase rapide + phase lente) est limitée à 20 s.
- La vitesse du chariot, lors de la phase rapide, V_{rap} est limitée à 0,5 m/s.
- On considérera que le module de l'accélération a du chariot est identique pendant toutes les phases d'accélération et de décélération.

Question 1 Exprimer c_{lent} et c_{rap} en fonction de t_a , t_l et t_r .

Question 2 En déduire les valeurs numériques de t_r et de t_a . En déduire l'accélération a du chariot.

Question 3 Déterminer ω_m en fonction de V et des données cinématiques utiles.

Question 4 En déduire les valeurs numériques de la vitesse maximale du moteur ω_m et de l'accélération angulaire $\dot{\omega}_m$ pendant les phases d'accélération et de décélération.

Question 5 Donner l'expression de l'énergie cinétique de l'ensemble Σ par rapport au référentiel galiléen bâti.

Question 6 En déduire l'expression de l'inertie équivalente de cet ensemble ramenée à l'axe de sortie du moteur, notée J_{eq} en fonction de M , I_m , I_r et des données cinématiques utiles. Application numérique.

- Les efforts résistants sur le chariot sont modélisés par un glisseur F d'amplitude 500 N.
- Le rendement de l'ensemble du mécanisme (réducteur roue et vis sans fin, réducteur à axes parallèles) est $\eta = 0,3$.
- On prendra une accélération angulaire maximale du moteur $\dot{\omega}_m$ égale à 250 rad s^{-2} et une inertie totale équivalente ramenée à l'arbre moteur J_{eq} égale à $0,01 \text{ kg m}^2$.

On se propose de déterminer le couple nécessaire du moteur.

Question 7 Déterminer l'expression du couple C_m à fournir par le moteur en fonction de $\dot{\omega}_m$, J_{eq} et F . Calculer C_m .

- $c_{lent} = \frac{V_{rap}}{2} t_l$ et $c_{rap} = V_{rap} \left(t_r - \frac{1}{2} t_a \right)$.
- $t_a = 2,56 \text{ s}$, $t_f = 6,24 \text{ s}$, $t_r = 13,76 \text{ s}$ et $a = 0,19 \text{ ms}^{-2}$.
- $\omega_M = -\frac{VR_3}{rR_1R_p}$.
- $\omega_m = -406 \text{ rad s}^{-1}$ et $\dot{\omega}_m = -158 \text{ rad s}^{-2}$.
- $\mathcal{E}_c(\Sigma/0) = \frac{1}{2} M V^2 + \frac{1}{2} (I_M + I_r) \omega_m^2$.
- $J_{eq} = I_M + I_r + M \left(\frac{rR_1R_p}{R_3} \right)^2 = 0,00877 \text{ kg m}^2$.
- $C_M = \frac{J_{eq} \dot{\omega}_m + F \frac{rR_1R_p}{R_3}}{\eta} = 10,4 \text{ Nm}$ (rendement à voir...).

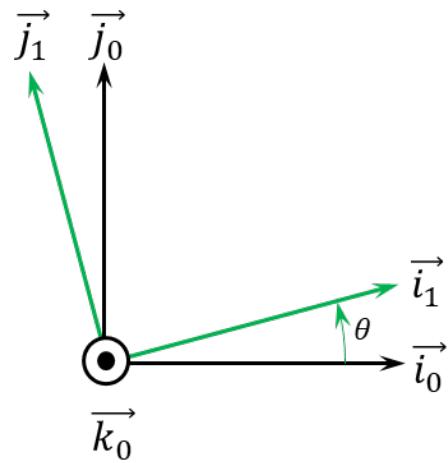
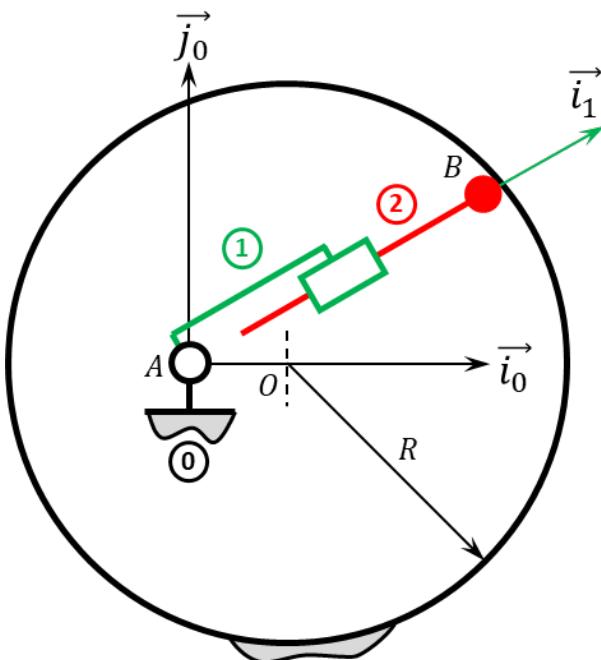
Exercice 284 – Pompe à palettes *
C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AO} = e \vec{i}_0$ et $\overrightarrow{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$. De plus $e = 10 \text{ mm}$ et $R = 20 \text{ mm}$. Le contact entre **0** et **2** en **B** est maintenu en permanence (notamment par effet centrifuge lors de la rotation de la pompe). De plus, on note :

- $G_1 = A$ le centre d'inertie du solide **1**, m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_1}$ sa matrice d'inertie;

- G_2 le centre d'inertie du solide **2** tel que $\overrightarrow{BG_2} = -\ell \vec{i}_1$, m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_2}$ sa matrice d'inertie.

On note $C_m \vec{k}_0$ le couple moteur agissant sur le solide **1**, $F_h \vec{i}_1$ l'action du fluide sur **2** (le fluide agissant sur les solides **1** et **2**). L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



On rappelle que la loi entrée sortie est donnée par la relation *** établie à l'exercice 190.

Question 1 Tracer le graphe d'analyse en indiquant l'ensemble des actions mécaniques agissant sur les différents solides.

Question 2 Déterminer l'ensemble des puissances intérieures à l'ensemble **1+2**.

Question 3 Déterminer l'ensemble des puissances extérieures à l'ensemble **1+2**.

Question 4 Déterminer $\mathcal{E}_c(1+2/0)$.

Question 5 Déterminer la loi de mouvement en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.

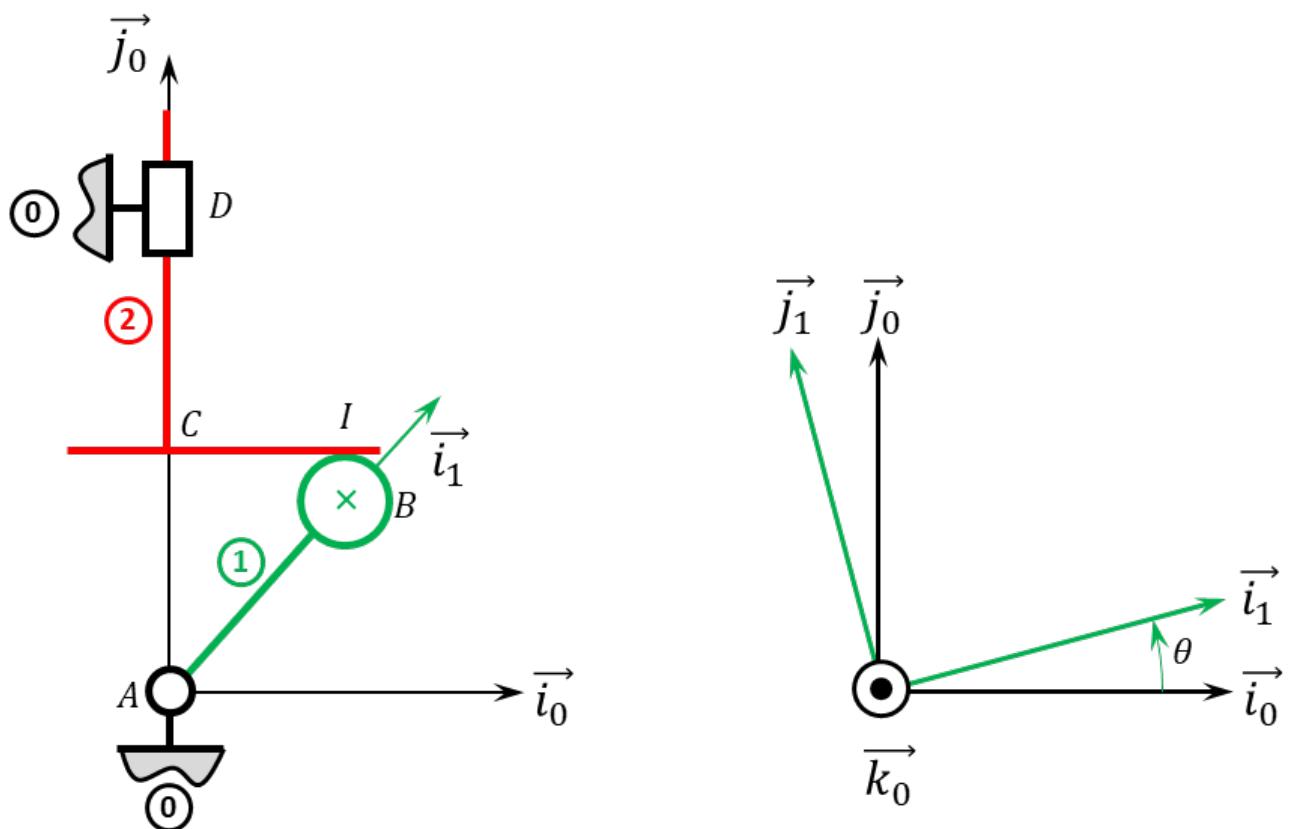
Corrigé voir 284.

Exercice 285 – Pompe à pistons radiaux *
C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = e \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{BI} = R \vec{j}_0$ et $\overrightarrow{AC} = \lambda(t) \vec{j}_0$. De plus, $e = 10 \text{ mm}$ et $R = 20 \text{ mm}$. Le contact entre **1** et **2** en **B** est maintenu en permanence par un ressort suffisamment raide (non représenté) positionné entre **0** et **2**. De plus, on note :

- $G_1 = B$ le centre d'inertie du solide 1, m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_1}$ sa matrice d'inertie;
- G_2 le centre d'inertie du solide 2 tel que $\overrightarrow{CG_2} = \ell \vec{j}_0$, m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_2}$ sa matrice d'inertie.

On note $C_m \vec{k}_0$ le couple moteur agissant sur le solide 1, $F_h \vec{j}_0$ l'action du fluide sur 2 (le fluide agissant sur les solides 1 et 2) et $F_r \vec{j}_0$ l'action du ressort sur 2 (un ressort étant positionné entre les solides 0 et 2 afin d'assurer le maintien du contact entre 1 et 2 en I). L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



On rappelle que la loi entrée sortie est donnée par la relation *** établie à l'exercice 191.

Question 1 Tracer le graphe d'analyse en indiquant l'ensemble des actions mécaniques agissant sur les différents solides.

Question 2 Déterminer l'ensemble des puissances intérieures à l'ensemble 1+2.

Question 3 Déterminer l'ensemble des puissances extérieures à l'ensemble 1+2.

Question 4 Déterminer $\mathcal{E}_c(1+2/0)$.

Question 5 Déterminer la loi de mouvement en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.

Corrigé voir 285.

Exercice 286 – Système bielle manivelle **

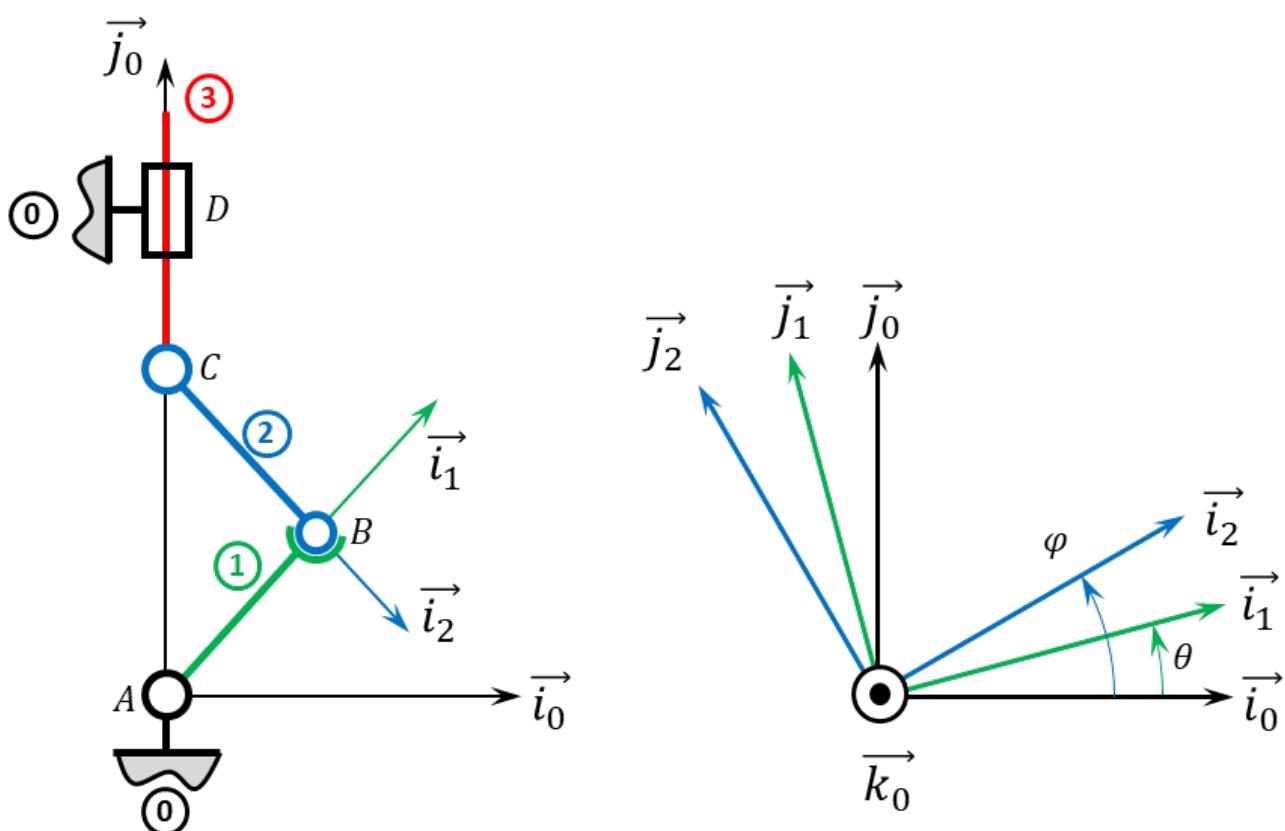
C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$, $\overrightarrow{CB} = L \vec{i}_2$ et $\overrightarrow{AC} = \lambda(t) \vec{j}_0$. De plus, on note :

- $G_1 = A$ le centre d'inertie du solide 1, m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_1}$ sa matrice d'inertie;

- G_2 le centre d'inertie du solide 2 tel que $\overrightarrow{CG_2} = \frac{L}{2} \vec{i}_2$, m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_2}$ sa matrice d'inertie;
- G_3 le centre d'inertie du solide 3 tel que $\overrightarrow{CG_3} = L_3 \vec{j}_0$, m_3 sa masse et $I_{G_3}(3) = \begin{pmatrix} A_3 & 0 & 0 \\ 0 & B_3 & 0 \\ 0 & 0 & C_3 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_3}$ sa matrice d'inertie.

On note $C_m \vec{k}_0$ le couple moteur agissant sur le solide 1, $F_h \vec{j}_0$ l'action du fluide sur 3. L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



On rappelle que la loi entrée sortie est donnée par la relation *** établie à l'exercice 192.

Question 1 Tracer le graphe d'analyse en indiquant l'ensemble des actions mécaniques agissant sur les différents solides.

Question 2 Déterminer l'ensemble des puissances intérieures à l'ensemble 1+2+3.

Question 3 Déterminer l'ensemble des puissances extérieures à l'ensemble 1+2+3.

Question 4 Déterminer $\mathcal{E}_c(1 + 2 + 3/0)$.

Question 5 Déterminer la loi de mouvement en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.

Corrigé voir 286.

Exercice 287 – Pompe oscillante *

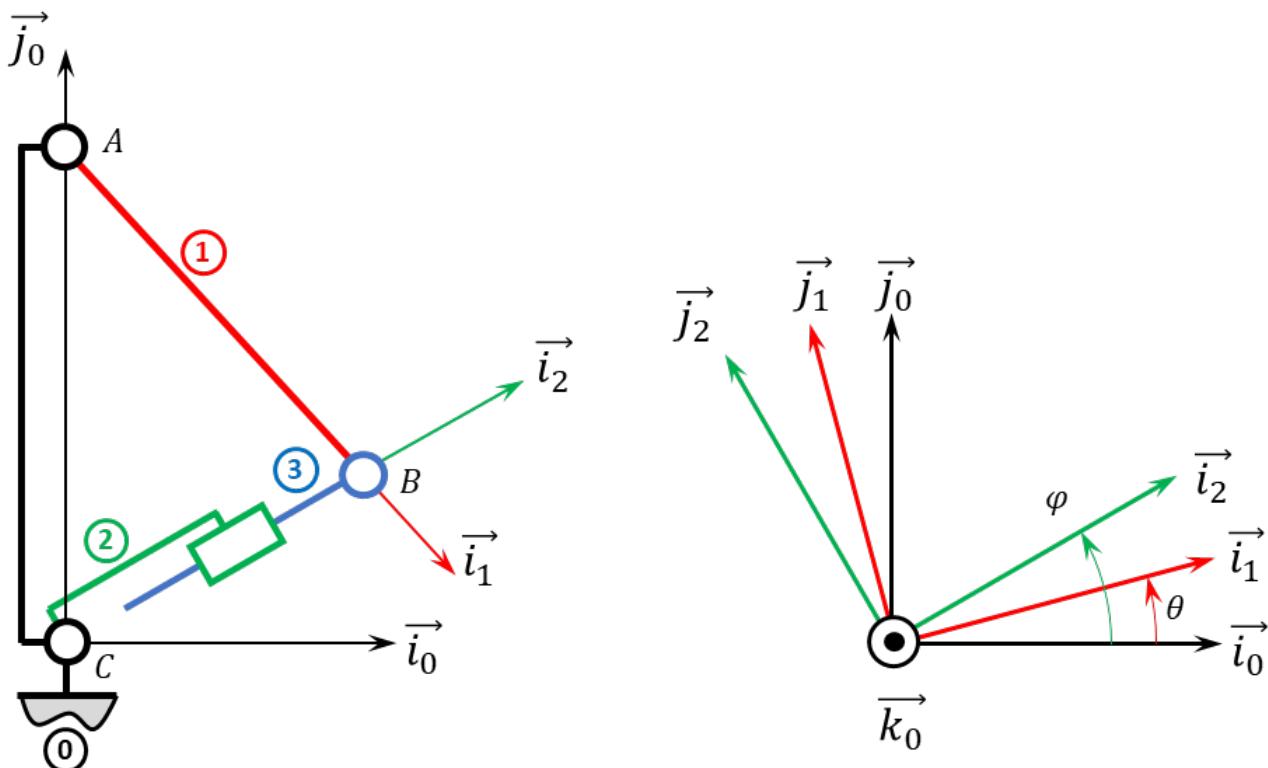
C2-09

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\overrightarrow{AB} = R \vec{i}_1$ et $\overrightarrow{CA} = H \vec{j}_0$. De plus, $R = 10 \text{ mm}$ et $H = 60 \text{ mm}$. Par ailleurs, on note $\overrightarrow{CB} = \lambda(t) \vec{i}_2$. De plus, on note :

- G_1 le centre d'inertie du solide 1 tel que $\overrightarrow{AG_1} = \frac{R}{2} \vec{i}_1$, m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_1}$ sa matrice d'inertie;
- G_2 le centre d'inertie du solide 2 tel que $\overrightarrow{CG_2} = \ell \vec{i}_2$, m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_2}$ sa matrice d'inertie;
- G_3 le centre d'inertie du solide 3 tel que $\overrightarrow{BG_3} = -a \vec{i}_2$, m_3 sa masse et $I_{G_3}(3) = \begin{pmatrix} A_3 & 0 & 0 \\ 0 & B_3 & 0 \\ 0 & 0 & C_3 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_3}$ sa matrice d'inertie.

On note $C_m k_0$ le couple moteur agissant sur le solide 2, $F_h \vec{i}_2$ l'action du fluide sur 3 (le fluide agissant sur les solides 2 et 3). L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



DDS

On rappelle que la loi entrée sortie est donnée par la relation *** établie à l'exercice 193.

Question 1 Tracer le graphe d'analyse en indiquant l'ensemble des actions mécaniques agissant sur les différents solides.

Question 2 Déterminer l'ensemble des puissances intérieures à l'ensemble 1+2+3.

Question 3 Déterminer l'ensemble des puissances extérieures à l'ensemble 1+2+3.

Question 4 Déterminer $\mathcal{E}_c(1 + 2 + 3/0)$.

Question 5 Déterminer la loi de mouvement en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.

Corrigé voir 287.

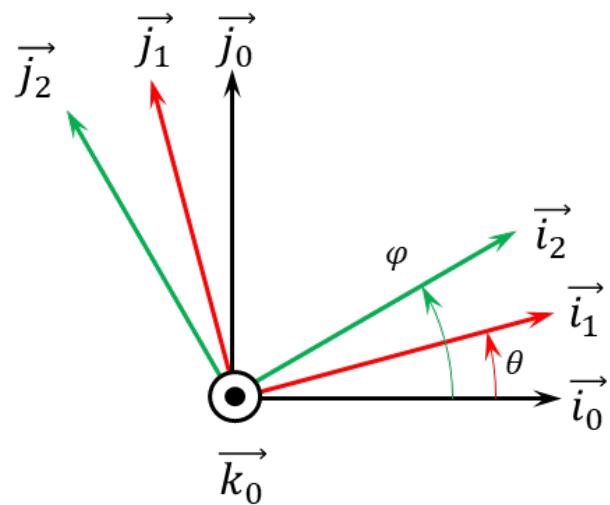
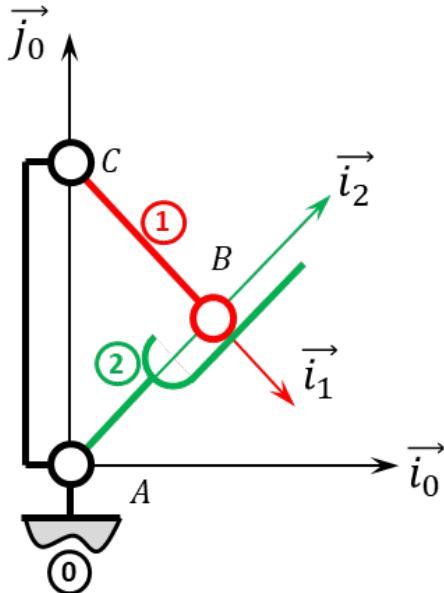
Exercice 288 – Barrière Sympact *

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

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 $R = 40 \text{ mm}$. De plus, on note :

- G_1 le centre d'inertie du solide 1 tel que $\overrightarrow{CG_1} = \frac{R}{2} \vec{i}_1$, m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_1}$ sa matrice d'inertie;
- G_2 le centre d'inertie du solide 2 tel que $\overrightarrow{G_2} = a \vec{i}_2 + b \vec{j}_2$, m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_2}$ sa matrice d'inertie.

On note $C_m \vec{k}_0$ le couple moteur agissant sur le solide 1 et $C_r \vec{k}_0$ le couple exercé par un ressort de torsion agissant sur les solides 0 et 2). L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



On rappelle que la loi entrée sortie est donnée par la relation *** établie à l'exercice 194.

Question 1 Tracer le graphe d'analyse en indiquant l'ensemble des actions mécaniques agissant sur les différents solides.

Question 2 Déterminer l'ensemble des puissances intérieures à l'ensemble 1+2.

Question 3 Déterminer l'ensemble des puissances extérieures à l'ensemble 1+2.

Question 4 Déterminer $\mathcal{E}_c(1+2/0)$.

Question 5 Déterminer la loi de mouvement en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.

Corrigé voir 288.

Exercice 289 – Barrière Sympact avec galet **

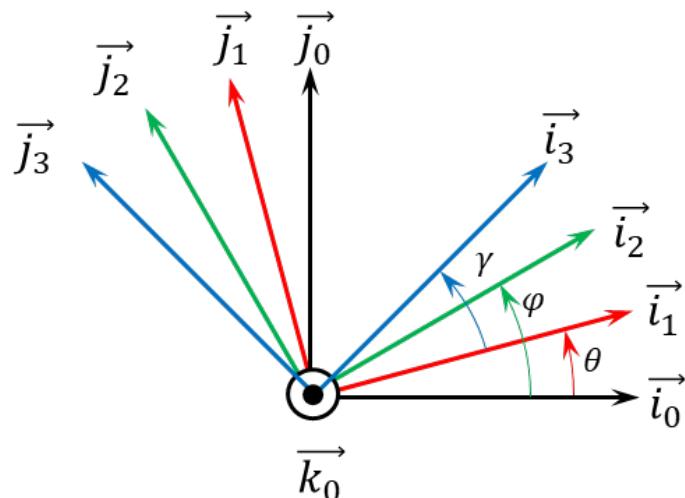
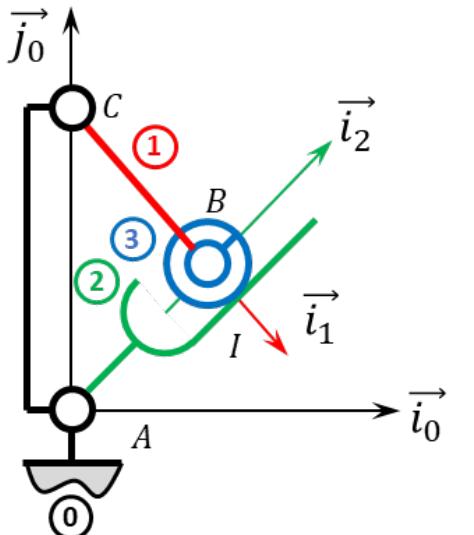
C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

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 $R = 40 \text{ mm}$. De plus, on note :

- G_1 le centre d'inertie du solide 1 tel que $\overrightarrow{CG_1} = \frac{R}{2} \vec{i}_1$, m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_1}$ sa matrice d'inertie;
- G_2 le centre d'inertie du solide 2 tel que $\overrightarrow{G_2} = a \vec{i}_2 + b \vec{j}_2$, m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_2}$ sa matrice d'inertie;

- $G_3 = B$ le centre d'inertie du solide 3, m_3 sa masse et $I_{G_3}(3) = \begin{pmatrix} A_3 & 0 & 0 \\ 0 & B_3 & 0 \\ 0 & 0 & C_3 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_3}$ sa matrice d'inertie.

On note $C_m \vec{k}_0$ le couple moteur agissant sur le solide 1 et $C_r \vec{k}_0$ le couple exercé par un ressort de torsion agissant sur les solides 0 et 2). L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



On rappelle que la loi entrée sortie est donnée par la relation *** établie à l'exercice 195.

Question 1 Tracer le graphe d'analyse en indiquant l'ensemble des actions mécaniques agissant sur les différents solides.

Question 2 Déterminer l'ensemble des puissances intérieures à l'ensemble 1+2+3.

Question 3 Déterminer l'ensemble des puissances extérieures à l'ensemble 1+2+3.

Question 4 Déterminer $\mathcal{E}_c(1+2+3/0)$.

Question 5 Déterminer la loi de mouvement en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.

Corrigé voir 289.

Exercice 290 – Pousoir *

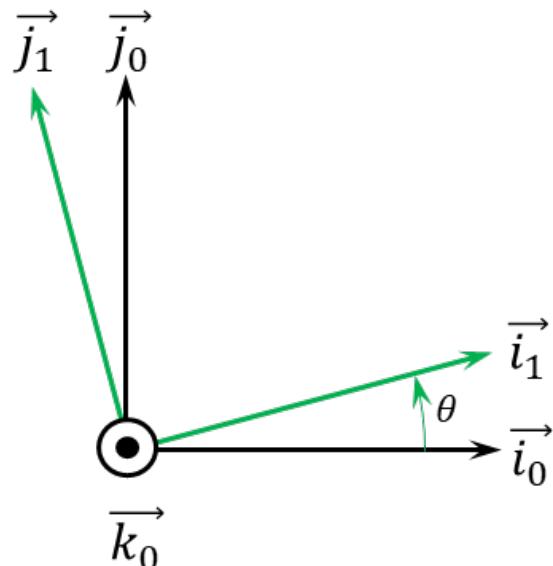
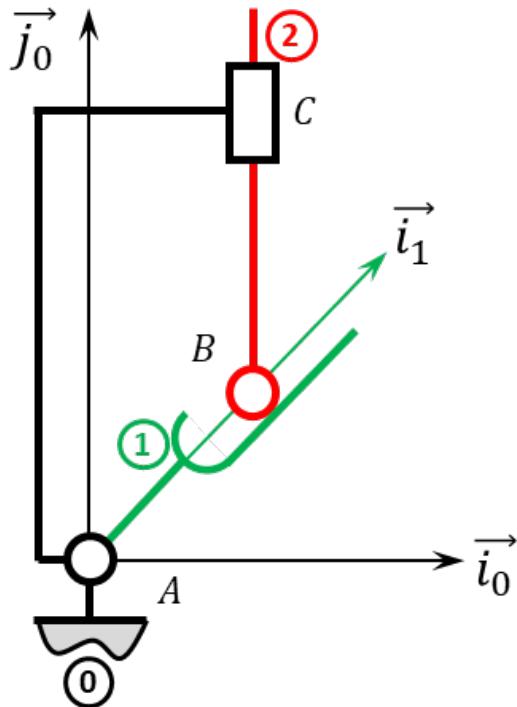
C2-09

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le mécanisme suivant. On a $\vec{AC} = L \vec{i}_0 + H \vec{j}_0$, $\vec{AB} = \lambda(t) \vec{i}_1$ et $\vec{BC} = \mu(t) \vec{j}_0$. De plus, $H = 120 \text{ mm}$, $L = 40 \text{ mm}$. De plus, on note :

- G_1 le centre d'inertie du solide 1 tel que $\vec{AG}_1 = R \vec{i}_1$, m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_1}$ sa matrice d'inertie;
- G_2 le centre d'inertie du solide 2 tel que $\vec{CG}_2 = -\ell b \vec{j}_0$, m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_2}$ sa matrice d'inertie.

On note $C_m \vec{k}_0$ le couple moteur agissant sur le solide 1 et $F_h \vec{j}_0$ l'action d'un fluide sur le solide 2. L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{j}_0$.



On rappelle que la loi entrée sortie est donnée par la relation *** établie à l'exercice 196.

Question 1 Tracer le graphe d'analyse en indiquant l'ensemble des actions mécaniques agissant sur les différents solides.

Question 2 Déterminer l'ensemble des puissances intérieures à l'ensemble 1+2.

Question 3 Déterminer l'ensemble des puissances extérieures à l'ensemble 1+2.

Question 4 Déterminer $\mathcal{E}_c(1+2/0)$.

Question 5 Déterminer la loi de mouvement en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.

Corrigé voir 290.

Exercice 291 – Système 4 barres **

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

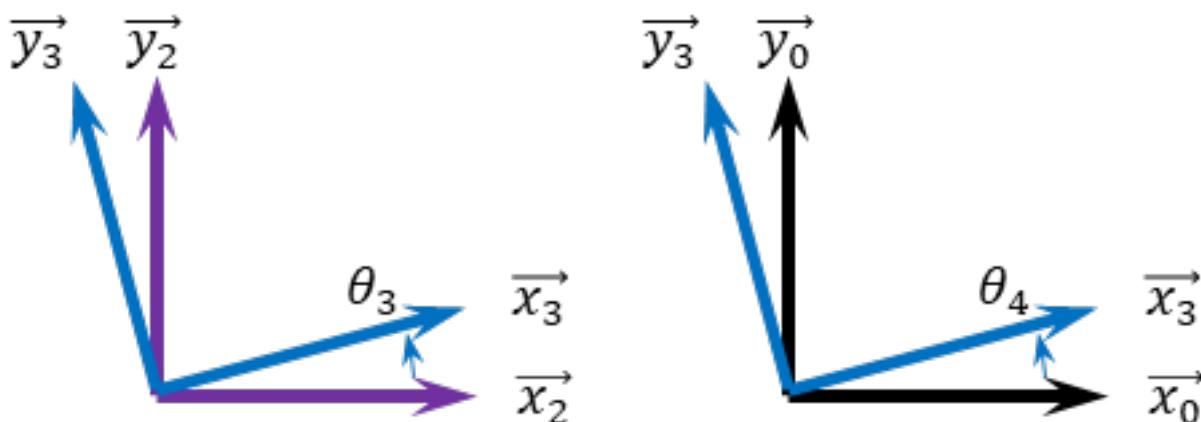
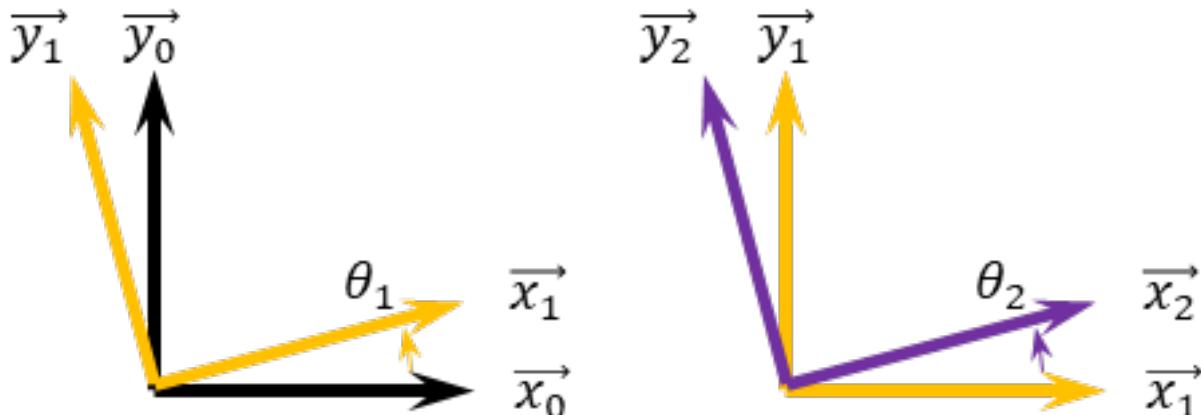
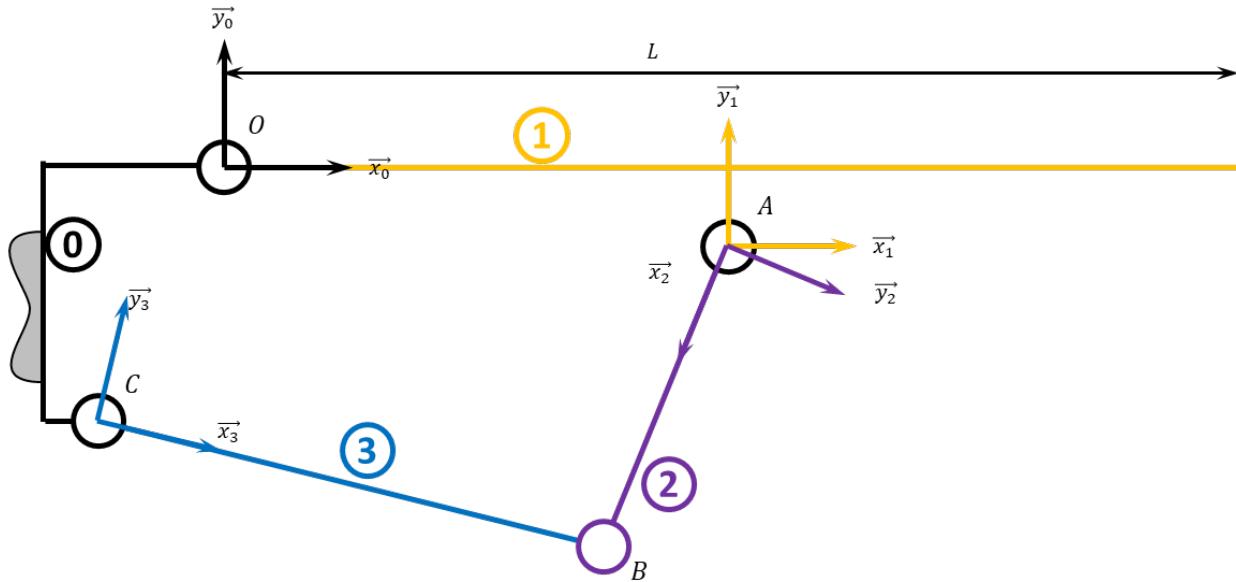
On a :

- $\overrightarrow{OA} = a \overrightarrow{x_1} - f \overrightarrow{y_1}$ avec $a = 355 \text{ mm}$ et $f = 13 \text{ mm}$;
- $\overrightarrow{AB} = b \overrightarrow{x_2}$ avec $b = 280 \text{ mm}$;
- $\overrightarrow{BC} = -c \overrightarrow{x_3}$ avec $c = 280 \text{ mm}$;
- $\overrightarrow{OC} = -d \overrightarrow{x_0} - e \overrightarrow{y_0}$ avec $d = 89,5 \text{ mm}$ et $e = 160 \text{ mm}$.

De plus, on note :

- G_1 le centre d'inertie du solide 1 tel que $\overrightarrow{OG_1} = L \overrightarrow{x_1}$, m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_1}$ sa matrice d'inertie;
- G_2 le centre d'inertie du solide 2 tel que $\overrightarrow{AG_2} = \frac{b}{2} \overrightarrow{x_2}$, m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_2}$ sa matrice d'inertie;
- G_3 le centre d'inertie du solide 3 tel que $\overrightarrow{CG_3} = \frac{c}{2} \overrightarrow{x_3}$, m_3 sa masse et $I_{G_3}(3) = \begin{pmatrix} A_3 & 0 & 0 \\ 0 & B_3 & 0 \\ 0 & 0 & C_3 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_3}$ sa matrice d'inertie.

On note $C_m \vec{k}_0$ le couple moteur agissant sur le solide 1. L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{z}_0$.



On rappelle que la loi entrée sortie est donnée par la relation *** établie à l'exercice 197.

Question 1 Tracer le graphe d'analyse en indiquant l'ensemble des actions mécaniques agissant sur les différents solides.

Question 2 Déterminer l'ensemble des puissances intérieures à l'ensemble 1+2+3.

Question 3 Déterminer l'ensemble des puissances extérieures à l'ensemble 1+2+3.

Question 4 Déterminer $\mathcal{E}_c(1+2+3/0)$.

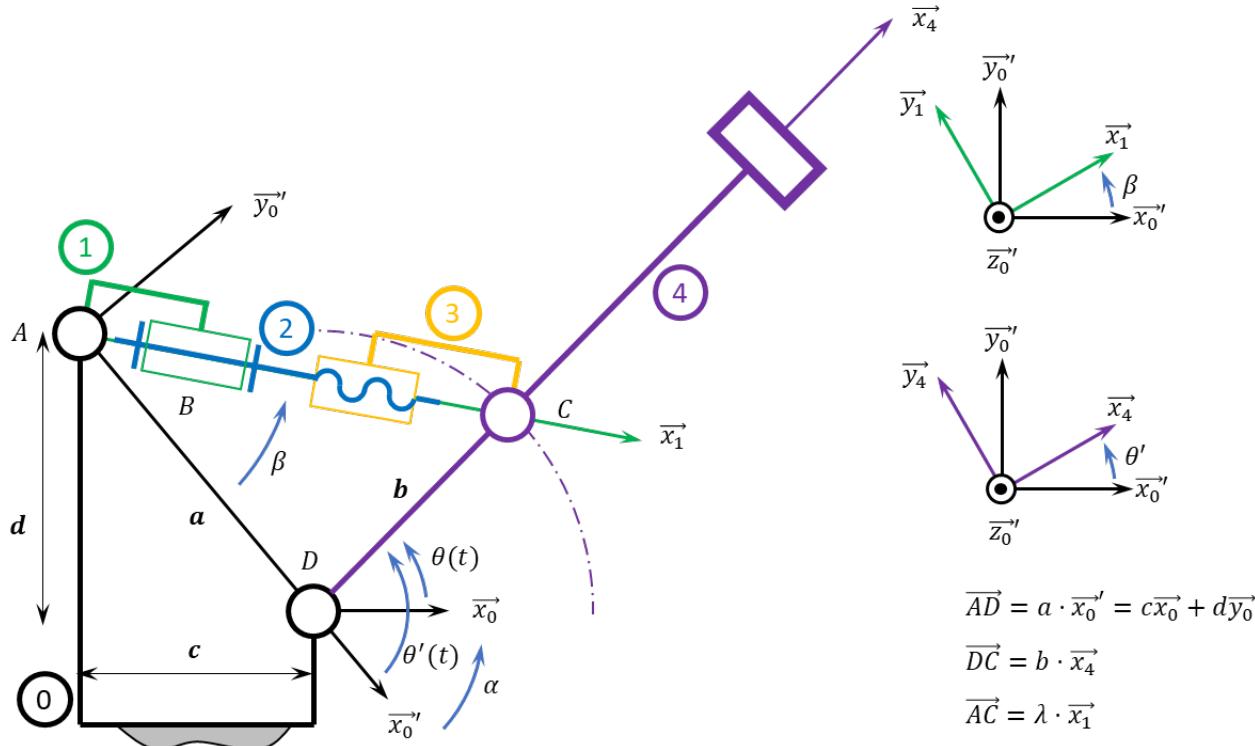
Question 5 Déterminer la loi de mouvement en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.

Corrigé voir 291.

Exercice 292 – Maxpid ***

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma suivant.



Par ailleurs $a = 107,1 \text{ mm}$, $b = 80 \text{ mm}$, $c = 70 \text{ mm}$, $d = 80 \text{ mm}$. Le pas de la vis est de 4 mm . De plus, on note :

- $G_1 = B$ le centre d'inertie du solide 1, m_1 sa masse et $I_{G_1}(1) = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_1}$ sa matrice d'inertie;
- G_2 le centre d'inertie du solide 2 tel que $\overrightarrow{BG_2} = L \vec{x}_1$, m_2 sa masse et $I_{G_2}(2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_2}$ sa matrice d'inertie;
- $G_3 = C$ le centre d'inertie du solide 3, m_3 sa masse et $I_{G_3}(3) = \begin{pmatrix} A_3 & 0 & 0 \\ 0 & B_3 & 0 \\ 0 & 0 & C_3 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_3}$ sa matrice d'inertie;
- G_4 le centre d'inertie du solide 4 tel que $\overrightarrow{DG_4} = L_4 \vec{x}_4$, m_4 sa masse et $I_{G_4}(4) = \begin{pmatrix} A_4 & 0 & 0 \\ 0 & B_4 & 0 \\ 0 & 0 & C_4 \end{pmatrix}_{\mathcal{R}_4}$ sa matrice d'inertie.

On note $C_m \vec{k}_0$ le couple moteur agissant sur le solide 1. L'accélération de la pesanteur est donnée par $\vec{g} = -g \vec{y}_0$. On rappelle que la loi entrée sortie est donnée par la relation *** établie à l'exercice 197.

Question 1 Tracer le graphe d'analyse en indiquant l'ensemble des actions mécaniques agissant sur les différents solides.

Question 2 Déterminer l'ensemble des puissances intérieures à l'ensemble 1+2+3+4.

Question 3 Déterminer l'ensemble des puissances extérieures à l'ensemble 1+2+3+4.

Question 4 Déterminer $\mathcal{E}_c(1+2+3+4/0)$.

Question 5 Déterminer la loi de mouvement en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.

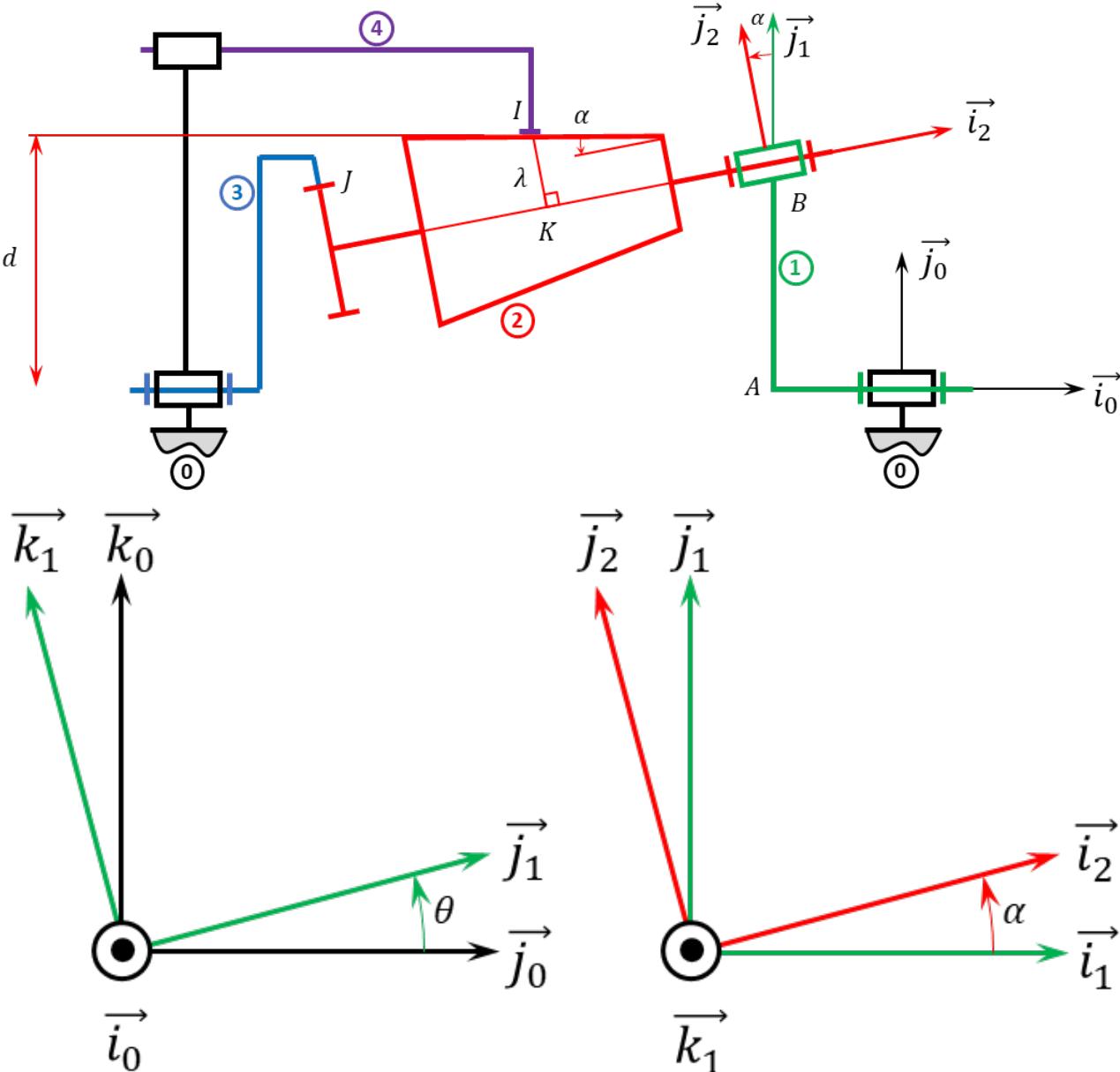
Corrigé voir 292.

Exercice 293 – Variateur de Graham^{2*}**

D'après ressources de Michel Huguet.

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma suivant.



On note $\overrightarrow{AJ} = -L \overrightarrow{i_0} + \frac{d_3}{2} \overrightarrow{j_2}$ et $\overrightarrow{KJ} = -\ell \overrightarrow{i_2} + \frac{d_2}{2} \overrightarrow{j_2}$.

Soit $\mathcal{R} = (A; \overrightarrow{i_0}, \overrightarrow{j_0}, \overrightarrow{k_0})$ un repère lié au bâti **0** du variateur. L'arbre moteur **1** et l'arbre récepteur **3** ont une liaison pivot d'axe $(A, \overrightarrow{i_0})$ avec le bâti **0**. On pose $\overline{\Omega(1/0)} = \omega_1 \overrightarrow{i_0}$ et $\overline{\Omega(3/0)} = \omega_3 \overrightarrow{i_0}$.

Soit $\mathcal{R}_1 = (A; \overrightarrow{i_0}, \overrightarrow{j_1}, \overrightarrow{k_1})$ et $\mathcal{R}_2 = (B; \overrightarrow{i_2}, \overrightarrow{j_2}, \overrightarrow{k_2})$ deux repères liés respectivement à **1** et **2** tels que \overrightarrow{AB} ait même direction que $\overrightarrow{j_1}$. On pose $\alpha = (\overrightarrow{i_1}, \overrightarrow{i_2})$ constant.

2. Les éventuelles erreurs de texte font partie intégrante de la difficulté :).

Le satellite **2** a une liaison pivot d'axe $(\overrightarrow{B}, \overrightarrow{i_2})$ avec **1**. **2** est un tronc de cône de révolution d'axe $(\overrightarrow{B}, \overrightarrow{i_2})$ de demi angle au sommet α . On pose $\overrightarrow{\Omega(S_2/S_1)} = \omega \overrightarrow{i_2}$.

La génératrice de **2** du plan $(O, \overrightarrow{i_0}, \overrightarrow{j_1})$ la plus éloignée de l'axe $(O, \overrightarrow{i_0})$ est parallèle à $\overrightarrow{i_0}$. Notons d sa distance à l'axe $(O, \overrightarrow{i_0})$

2 roule sans glisser au point I , sur une couronne **4**, immobile par rapport à **0** pendant le fonctionnement. Le réglage du rapport de variation s'obtient en déplaçant **4** suivant l'axe $(O, \overrightarrow{i_0})$.

Soit K le centre de la section droite du tronc de cône passant par I . On pose $\overrightarrow{BI} = \lambda \overrightarrow{j_2}$. À l'extrémité de **2** est fixée une roue dentée de n dents, d'axe $(B, \overrightarrow{i_2})$, qui engrène avec une couronne dentée intérieure d'axe $(A, \overrightarrow{i_0})$, de n_2 dents, liée à **3**.

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 En exprimant que **2** roule sans glisser sur **4** au point I , déterminer ω en fonction de ω_1 , d et λ .

Question 3 Quelle relation obtient-on entre ω_1 , ω_3 et ω en exprimant l'engrenement des deux roues dentées ? (c'est à dire que **2** et **3** roulent sans glisser l'un sur l'autre en J).

Question 4 En déduire le rapport de variation $\frac{\omega_3}{\omega_1}$ du mécanisme en fonction de λ , d_2 , d_3 et d .

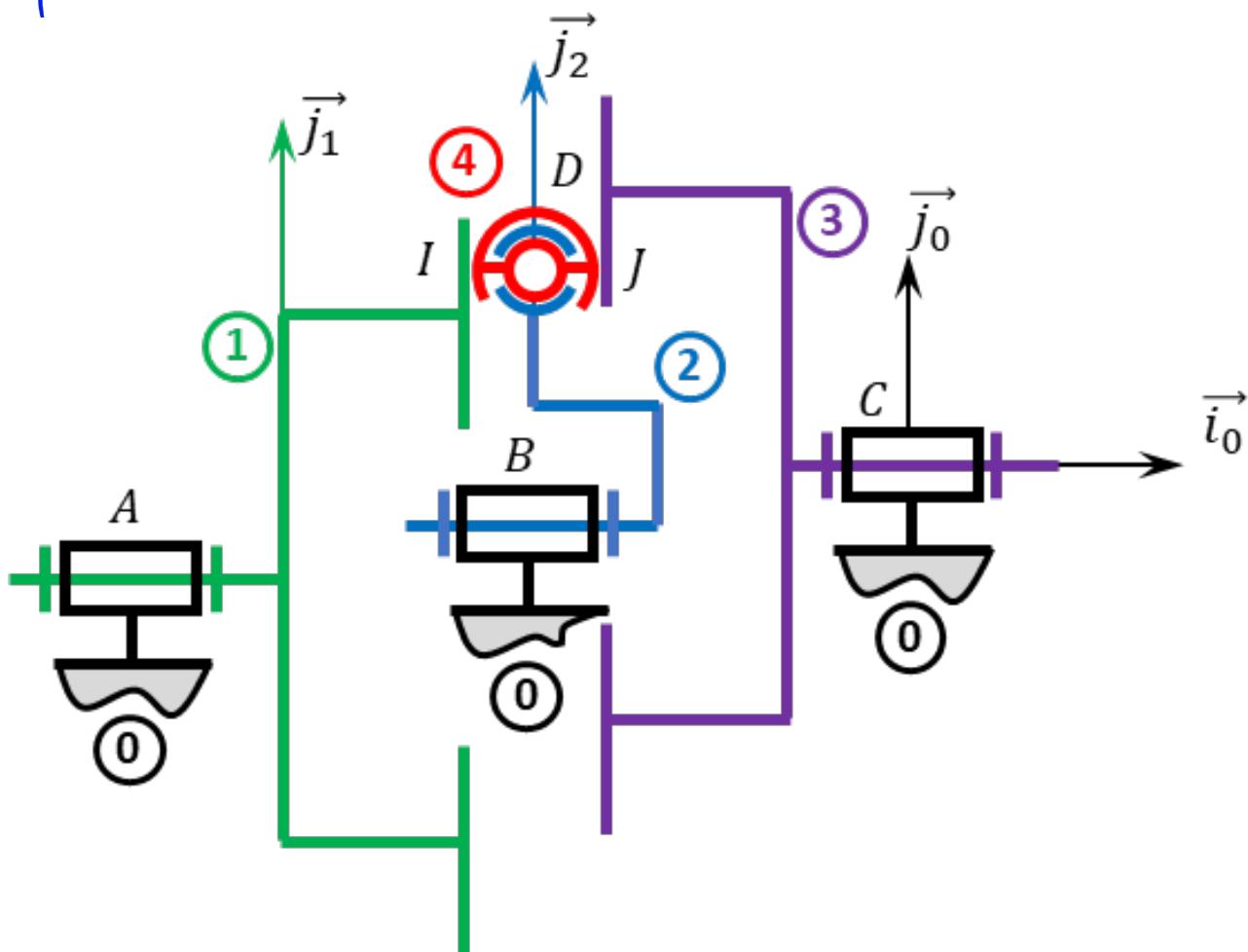
Question 5 Tracer la courbe représentative du rapport de variation $\frac{\omega_3}{\omega_1}$ du mécanisme en fonction de λ , sachant que $\frac{n}{n_3} = \frac{d_1}{d_3}$, $d = 55$ mm et que λ varie entre $\lambda_{mini} = 12$ mm et la valeur $\lambda_{maxi} = 23$ mm.

Corrigé voir 294.

Exercice 294 – Variateur à billes ****

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit le schéma suivant.



Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

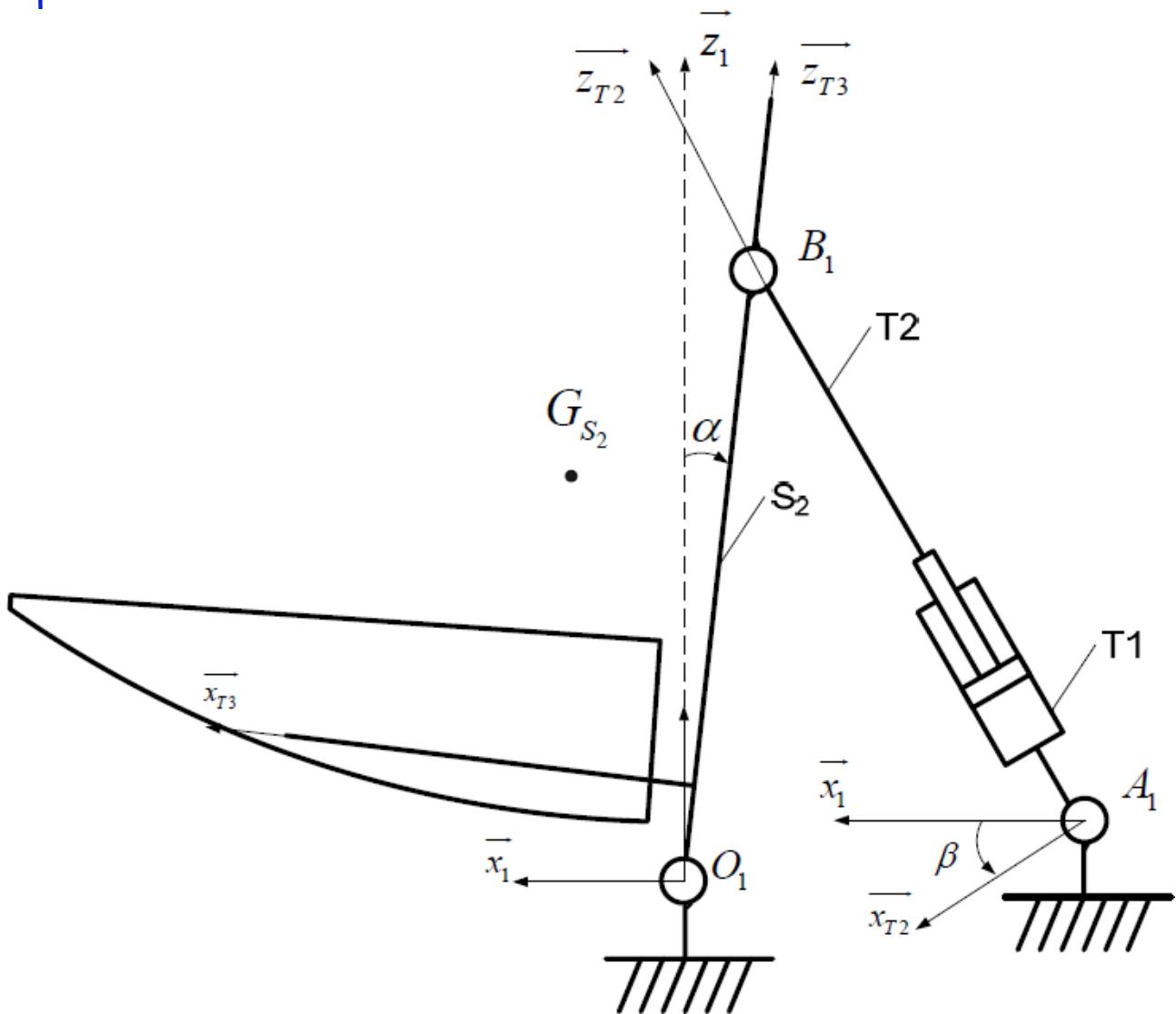
Question 2 Déterminer la loi entrée – sortie.

Corrigé voir 294.

Exercice 295 – Chariot élévateur de bateaux **

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

L'objectif est d'obtenir un modèle dynamique du mécanisme de basculement à partir de la modélisation plane proposée sur la figure suivante.



Les solides pris en compte pour l'étude sont :

- l'ensemble $S_2 = \{T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8, T_9, T_{10}, T_{11}, B\}$ en liaison pivot d'axe (O_1, \vec{y}_0) par rapport au chariot 1 de centre de gravité G_{S_2} . Le moment d'inertie de l'ensemble S_2 par rapport à l'axe sera (G_{S_2}, \vec{y}_1) noté J_{S_2} et sa masse m_{S_2} . La liaison pivot entre l'ensemble S_2 et le chariot génère un couple résistant $\vec{C}_\mu = -\mu \dot{\alpha} \vec{y}_0$ et $\overrightarrow{O_1 O_{G_{S_2}}} = x_{G_{S_2}} \vec{x}_{T_3} + z_{G_{S_2}} \vec{z}_{T_3}$;
- un vérin équivalent $V = \{T_1, T_2\}$ dont la tige est en liaison pivot d'axe (A_1, \vec{y}_0) par rapport au chariot 1 et le corps en liaison pivot d'axe (B_1, \vec{y}_0) par rapport à l'ensemble S_2 . La masse et l'inertie du vérin sont négligées. Le vérin développe un effort au cours du mouvement qui sera noté $\vec{F}_V = p(t)S\vec{z}_{T_2}$ où $p(t)$ est la différence de pression entre les deux chambres du vérin.

On pose $\overrightarrow{A_1 B_1} = (\lambda_0 + \lambda) \vec{z}_{T_2}$. Le paramétrage est tel que si $\alpha = 0$ alors $\lambda = 0$.

Question 1 Tracer le graphe des liaisons.

Question 2 En appliquant le théorème de l'énergie-puissance et en admettant que l'angle α est petit, montrer que $\alpha(t)$ et $p(t)$ sont liés par l'équation différentielle suivante : $J_{eq}\ddot{\alpha}(t) + \mu\dot{\alpha}(t) = \frac{Sp(t)}{k} + m_{S_2}g x_{G_{S_2}}$. Exprimer J_{eq} .

Corrigé voir 295.

Exercice 296 – Banc Balafre*

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

Objectif L'objectif est de valider les exigences suivantes.

- 2.01 – Couple résistant : le couple résistant exercé par le film d'eau sur le joint (rotor) à 7000 tr min^{-1} est

estimé à $C_{\text{res}} = 100 \text{ Nm}$.

- 2.02 – loi de commande La vitesse cible maximale $N_C^{\max} = 7000 \text{ tr min}^{-1}$ doit être atteinte en moins de $T_{\text{acc}} = 5 \text{ s}$.
- 2.03 – Risque de décrochage : le couple maximal demandé au moteur en fonctionnement doit rester inférieur à $C_u^{\max}/s = 570 \text{ Nm}$ où $C_u^{\max} = 740 \text{ Nm}$ et $s = 1,3$ est un coefficient de sécurité.

Sans cette partie, nous allons vérifier que le moteur modélisé dans la partie précédente permet de répondre à l'exigence 2.02 concernant la loi de commande. Nous allons également mettre en évidence la nécessité de réaliser un asservissement de la vitesse du moteur.

Données et hypothèses :

- pendant toute la phase de mise en rotation de la ligne d'arbre, on considérera pour simplifier l'étude, que le couple résistant sur le joint(rotor) est constant et égal à C_{res} ;
- le moteur étant commandé à U_S/f constant, on considérera que le couple moteur (noté C_m) est constant pendant la phase d'accélération;
- le rendement de la liaison pivot réalisée par le palier hydrostatique (double butée) est $\eta_b = 0,95$;
- le rendement de la liaison pivot réalisée par les roulements à billes est $\eta_b = 0,9$;
- le moment d'inertie du rotor moteur est $J_{\text{mot}} = 1,15 \text{ kg m}^2$;
- le moment d'inertie de l'accouplement à l'arbre moteur est négligé;
- plusieurs solutions technologiques (différentes formes internes et différents matériaux) seront testées pour la nouvelle géométrie de joint. Le moment d'inertie maximal du joint (rotor) selon l'axe de rotation est $J_{\text{joint}} = 0,92 \text{ kg m}^2$;
- le moment d'inertie de l'ensemble bda={ butée double + arbre + fusible mécanique} selon l'axe de rotation est $J_{\text{bda}} = 0,092 \text{ kg m}^2$.

On considère l'ensemble de la ligne d'arbre (voir figure Figure 3.10) $\Sigma = \{\text{arbre moteur} + \text{accouplement} + \text{fusible mécanique} + \text{tuyau flexible}\}$.
On notera Ω la vitesse de rotation $\Omega(\Sigma/0)$ de la ligne d'arbre par rapport au bâti 0, et J_Σ le moment d'inertie de Σ par rapport à l'axe de rotation du moteur.

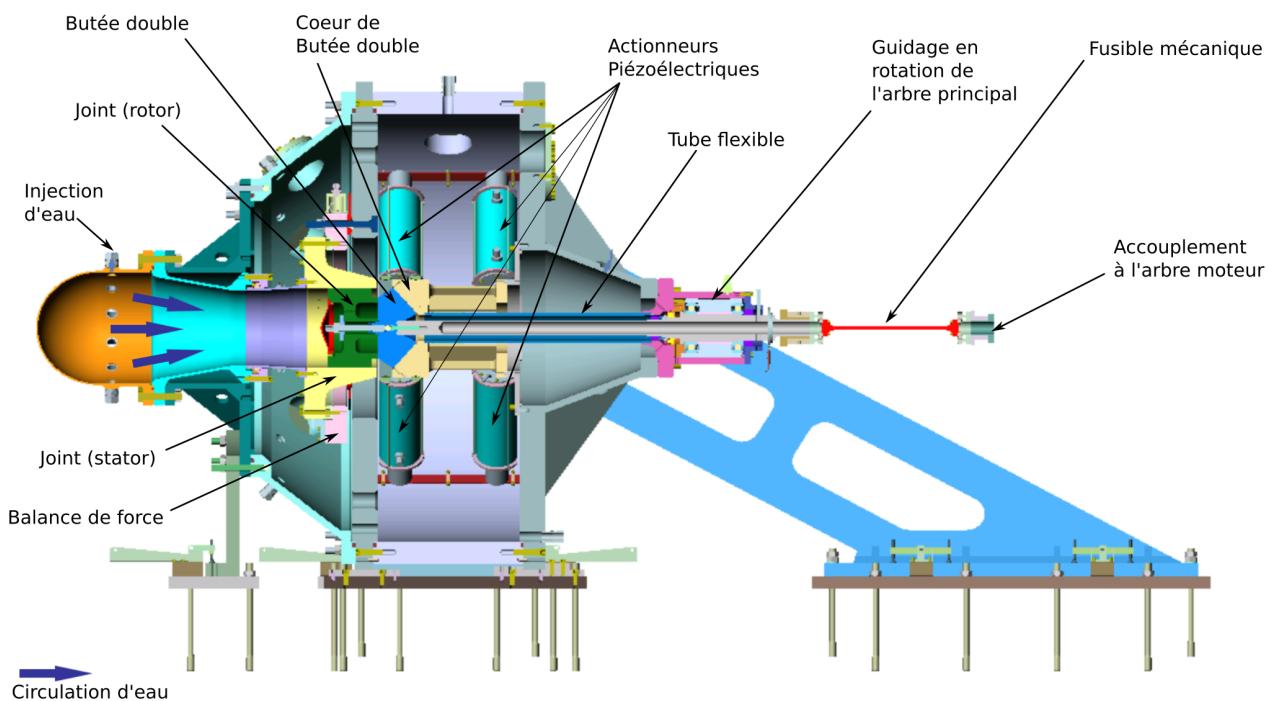


FIGURE 3.10 – Représentation en coupe du banc BALAFRE

Question 1 Exprimer le moment d'inertie J_Σ en fonction des données fournies et calculer sa valeur numérique.

Question 2 Exprimer l'énergie cinétique de l'ensemble Σ par rapport au bâti (noté 0) du banc (fixé au sol).

Question 3 Exprimer la puissance des actions mécaniques extérieures sur Σ dans le mouvement de Σ par rapport à 0.

Question 4 Exprimer la puissance perdue P_{perdes} dans les roulements à billes et dans la butée hydrostatique.

Question 5 Exprimer le théorème de l'énergie cinétique appliquée au mouvement de Σ par rapport à 0. En déduire l'expression de $\frac{d\Omega}{dt}$ en fonction de C_m , C_{res} , η_r , η_r et J_Σ .

Question 6 En explicitant clairement les hypothèses utilisées, expliquer pourquoi l'accélération peut être considérée constante pendant la mise en mouvement de la ligne d'arbre.

Question 7 Déterminer la valeur minimale d'accélération α_{min} compatible avec le tableau des exigences 2.

Question 8 En déduire la valeur de couple moteur nécessaire pendant cette phase d'accélération.

En cas de perturbation de vitesse sur la ligne d'arbre pendant la phase d'accélération, il peut se produire un phénomène instable au niveau du film liquide à l'intérieur du joint testé. Ceci peut se traduire par une perturbation de couple pouvant aller jusqu'à une valeur $C_p = 100 \text{ Nm}$.

Question 9 Déterminer alors la valeur de C_m pour le scénario le plus défavorable.

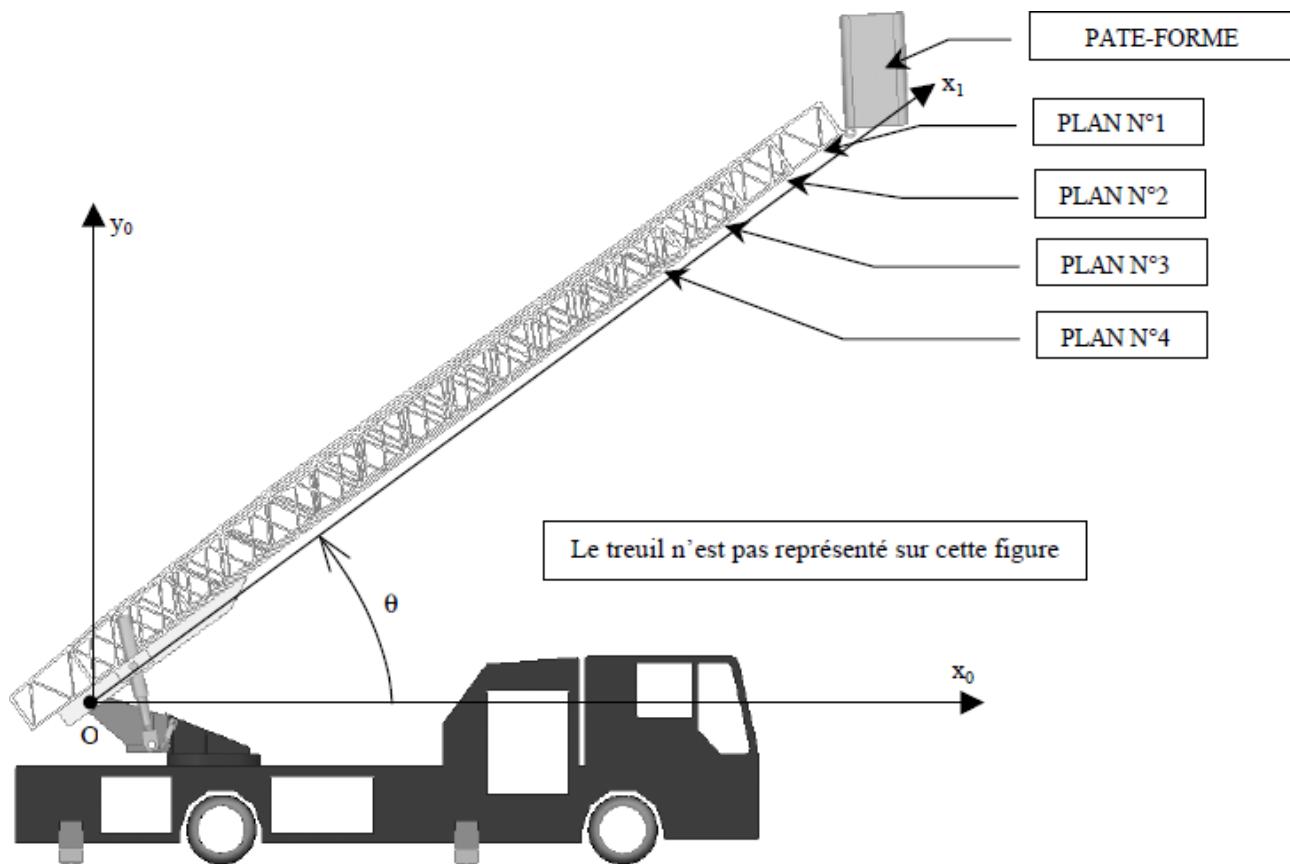
Corrigé voir 296.

Exercice 297 – EPAS*

C2-09 Pas de corrigé pour cet exercice.

On suppose que le système de commande du déploiement permet d'obtenir une vitesse de la plateforme trapézoïdale :

- une première phase de mouvement uniformément accéléré, d'accélération Γ_0 ;
- une deuxième phase de mouvement uniforme, de vitesse V_0 ;
- une dernière phase de mouvement uniformément décéléré, d'accélération $-\Gamma_0$.



On note $\mathcal{R}_0 = (O; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ le repère lié au châssis et $\mathcal{R}_1 = (O; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ le repère lié au berceau.

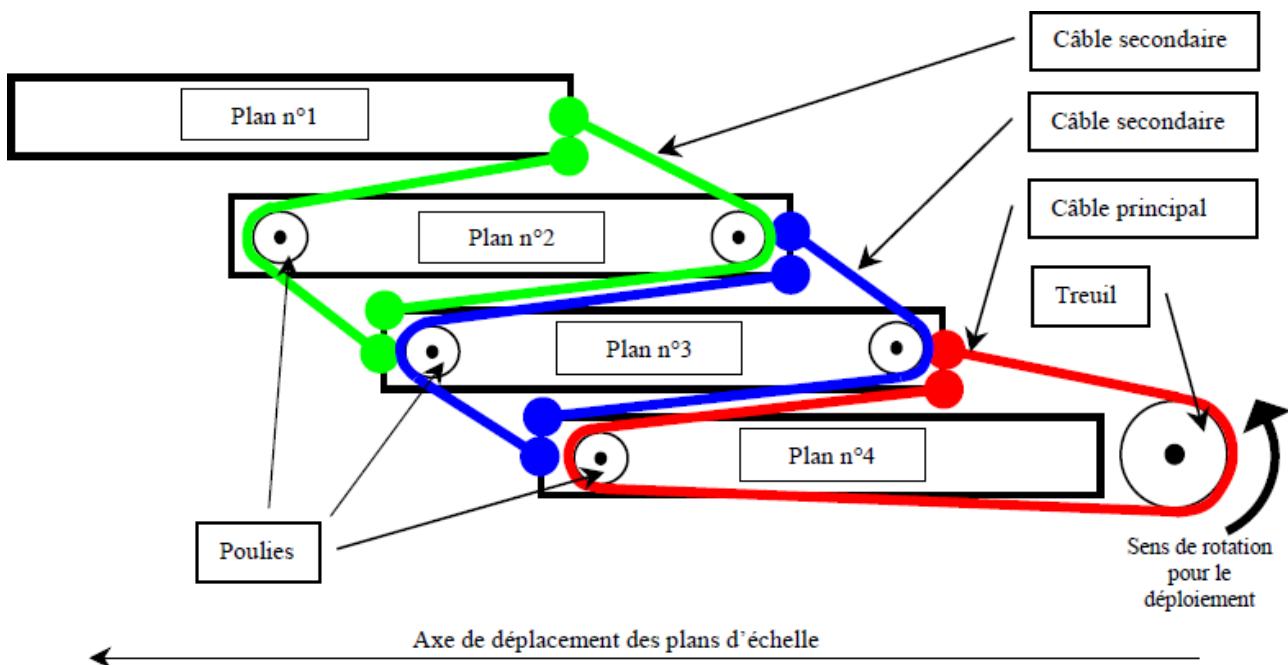
Le parc échelle : le parc échelle est redressé d'un angle θ constant par rapport à l'horizontale. Les plans du parc échelle ont tous la même masse notée M . Leur centre de gravité sera noté G_i , i étant le numéro du plan.

Chaque plan du parc échelle se translate par rapport au châssis, suivant \vec{x}_1 à une vitesse deux fois plus grande que le plan suivant : $\overrightarrow{V(P, \text{Plan}_i/\mathcal{R}_0)} = 2\overrightarrow{V(P, \text{Plan}_{i+1}/\mathcal{R}_0)}$

Le guidage des plans les uns par rapport aux autres engendre des efforts s'opposants aux mouvements que l'on modélisera par un glisseur dont le module de la résultante sera noté F constant.

La plate-forme : la plate-forme de centre de gravité G_P a une masse notée m , et se translate par rapport au châssis suivant \vec{x}_1 à une vitesse notée $V(t)$.

Le treuil : un treuil de rayon R , tournant à une vitesse de rotation notée ω , entraîne le câble principal dont les extrémités sont fixées au plan n°3. Le moment d'inertie du treuil par rapport à son axe de rotation, sera noté I . Le moment du couple moteur exercé par l'ensemble moto réducteur hydraulique sera noté C .



Question 1 Déterminer l'énergie cinétique galiléenne de la plate-forme et des quatre plans du parc échelle en fonction de $V(t)$ et des différentes masses.

Question 2 Déterminer l'énergie cinétique galiléenne du treuil en fonction de $V(t)$.

Question 3 Déterminer la puissance des actions extérieures à l'ensemble {treuil+parc échelle+plate-forme} en fonction de $V(t)$.

Question 4 Déterminer la puissance des actions intérieures de ce même ensemble en fonction de $V(t)$.

Question 5 En déduire le moment du couple moteur nécessaire pendant la première phase de mouvement.

- $\mathcal{E}_c(E/0) = \frac{1}{2} \left(m + \frac{21}{16} M \right) V^2$.
- $\mathcal{E}_c(C T/0) = \frac{1}{2} \frac{I}{16R^2} V^2$.
- $P_{\text{ext}} = V \left(\frac{C}{4R} - g \left(m + \frac{7}{4} M \right) \sin \theta \right)$.
- $P_{\text{int}} = -F V$.
- $4R \left[\left(m + \frac{21}{16} M + \frac{I}{16R^2} \right) \Gamma_0 + F + g \left(m + \frac{7}{4} M \right) \sin \theta \right]$.

Corrigé voir 297.

3.3 Mettre en œuvre une démarche de résolution numérique

3.3.1 Mener une simulation numérique.

3.3.2 Résoudre numériquement une équation ou un système d'équations.

Exercice 298 – Schéma d'Euler*

C3-02 Pas de corrigé pour cet exercice.

Question 1 Donner la méthode de résolution numérique des équations différentielles suivantes en utilisant le schéma d'Euler explicite.

$$\begin{cases} y'(t) + \alpha y(t) = \beta \\ y(0) = \gamma \end{cases} \quad (3.1)$$

Corrigé voir 298.

Exercice 299 – Schéma d'Euler*

C3-02 Pas de corrigé pour cet exercice.

Question 1 Donner la méthode de résolution numérique des équations différentielles suivantes en utilisant le schéma d'Euler explicite.

$$\begin{aligned} \ddot{\theta}(t) + \frac{g}{l} \sin \theta &= 0 \\ \theta(0) = 0 \quad \dot{\theta}(0) &= 0 \end{aligned}$$

Corrigé voir 299.

Exercice 300 – Schéma d'Euler*

C3-02 Pas de corrigé pour cet exercice.

Question 1 Donner la méthode de résolution numérique des équations différentielles suivantes en utilisant le schéma d'Euler explicite.

$$\begin{cases} y'(t) = -t y^2(t) & \text{si } t > 0 \\ y(0) = \alpha \end{cases} \quad (3.2)$$

Corrigé voir 300.

3.3.3 Résoudre un problème en utilisant une solution d'intelligence artificielle.

Chapitre 4

Expérimenter

4.1 Mettre en œuvre un système

4.1.1 Mettre en œuvre un système en suivant un protocole.

4.1.2 Repérer les constituants réalisant les principales fonctions des chaînes fonctionnelles.

4.1.3 Identifier les grandeurs physiques d'effort et de flux.

4.2 Proposer et justifier un protocole expérimental

4.2.1 Choisir le protocole en fonction de l'objectif visé.

4.2.2 Choisir les configurations matérielles et logicielles du système en fonction de l'objectif visé par l'expérimentation.

4.2.3 Choisir les réglages du système en fonction de l'objectif visé par l'expérimentation.

4.2.4 Choisir la grandeur physique à mesurer ou justifier son choix.

4.2.5 Choisir les entrées à imposer et les sorties pour identifier un modèle de comportement.

4.2.6 Justifier le choix d'un capteur ou d'un appareil de mesure vis-à-vis de la grandeur physique à mesurer.

4.3 Mettre en œuvre un protocole expérimental

4.3.1 Régler les paramètres de fonctionnement d'un système.

4.3.2 Mettre en œuvre un appareil de mesure adapté à la caractéristique de la grandeur à mesurer.

4.3.3 Effectuer des traitements à partir de données.

4.3.4 Identifier les erreurs de mesure.

4.3.5 Identifier les erreurs de méthode.

Chapitre 5

Communiquer

5.1 Rechercher et traiter des informations

- 5.1.1 Rechercher des informations.
- 5.1.2 Distinguer les différents types de documents et de données en fonction de leurs usages.
- 5.1.3 Vérifier la pertinence des informations (obtention, véracité, fiabilité et précision de l'information).
- 5.1.4 Extraire les informations utiles d'un dossier technique.
- 5.1.5 Lire et décoder un document technique.
- 5.1.6 Trier les informations selon des critères.
- 5.1.7 Effectuer une synthèse des informations disponibles dans un dossier technique.

5.2 Produire et échanger de l'information

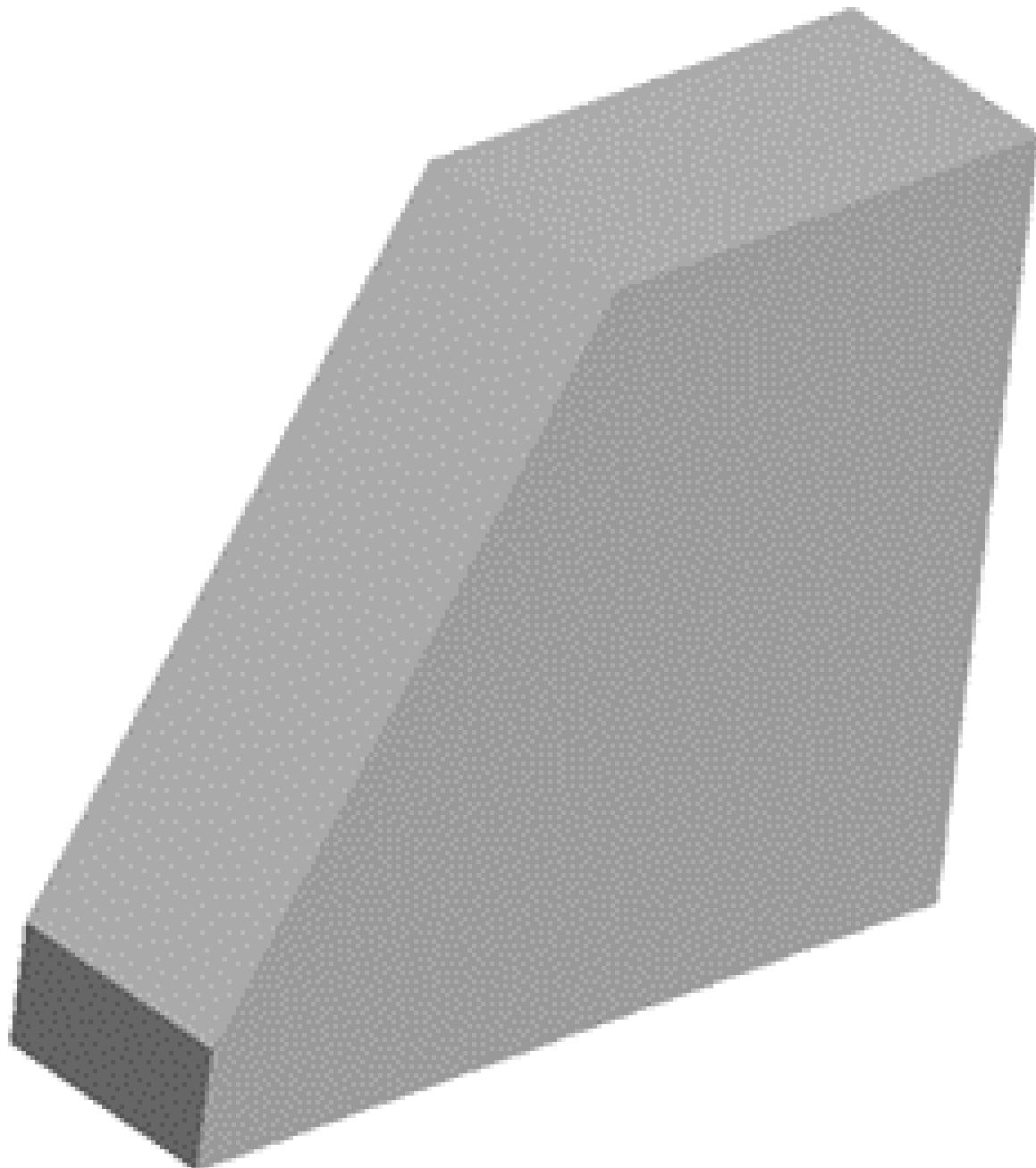
- 5.2.1 Choisir un outil de communication adapté à l'interlocuteur.
- 5.2.2 Faire preuve d'écoute et confronter des points de vue.
- 5.2.3 Présenter les étapes de son travail.
- 5.2.4 Présenter de manière argumentée une synthèse des résultats.
- 5.2.5 Produire des documents techniques adaptés à l'objectif de la communication.

Exercice 301 – Représentation 2D*

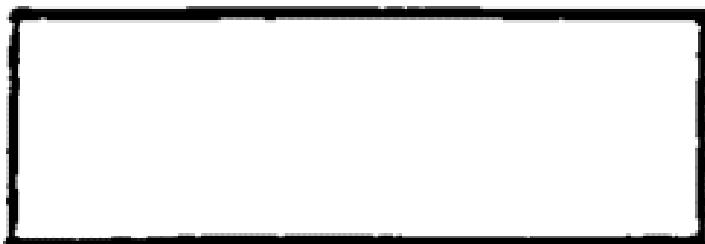
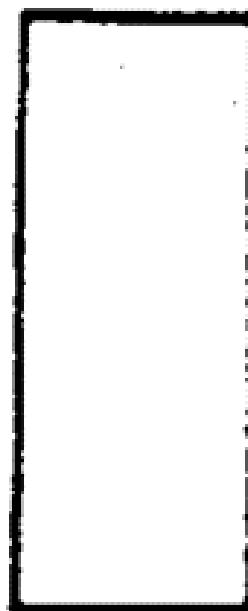
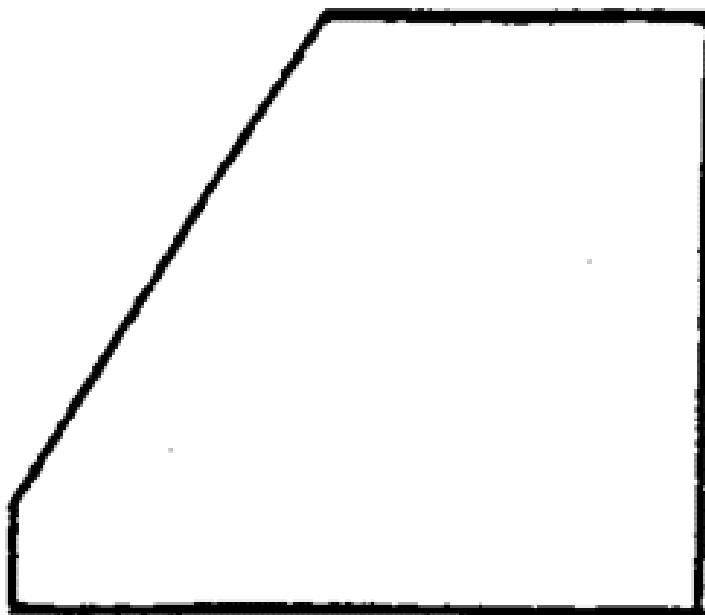
E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Compléter les vues suivantes.



DDS

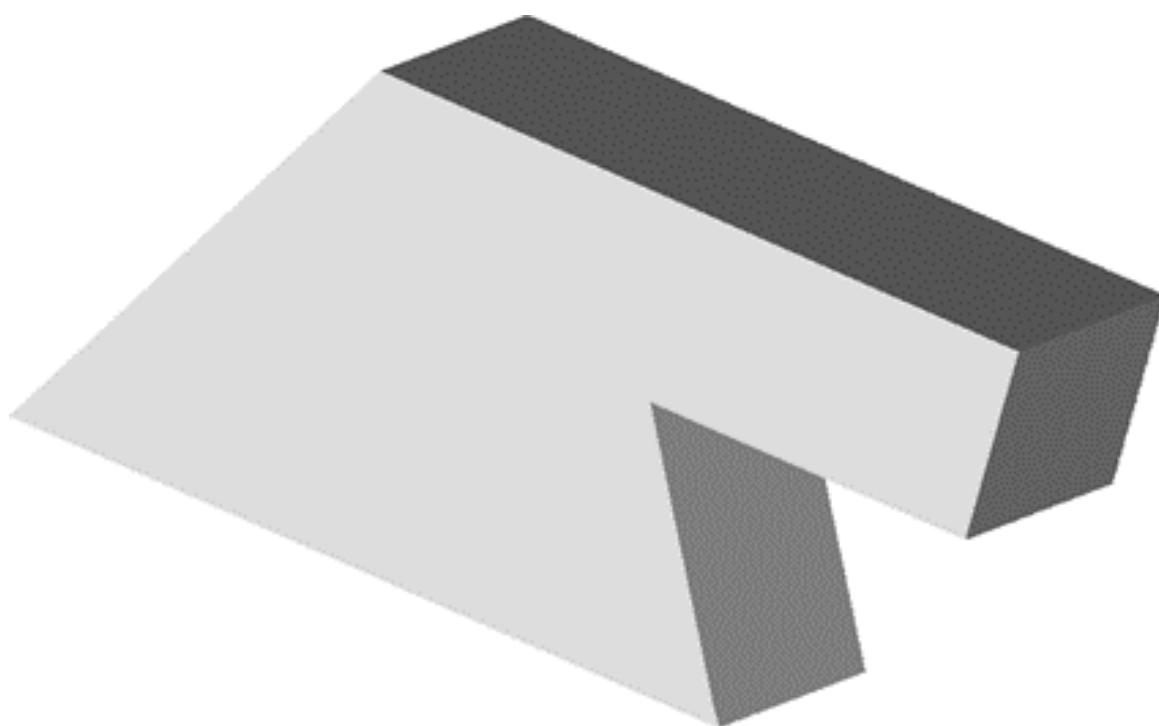
Corrigé voir 301.

Exercice 302 – Représentation 2D*

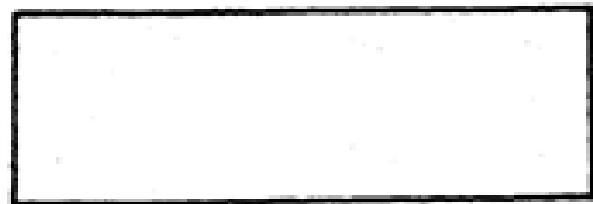
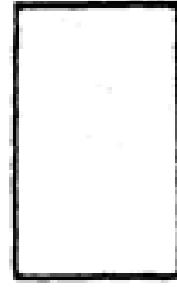
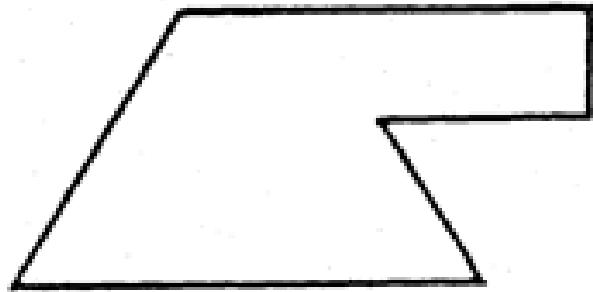
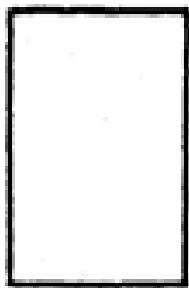
E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Compléter les vues suivantes.



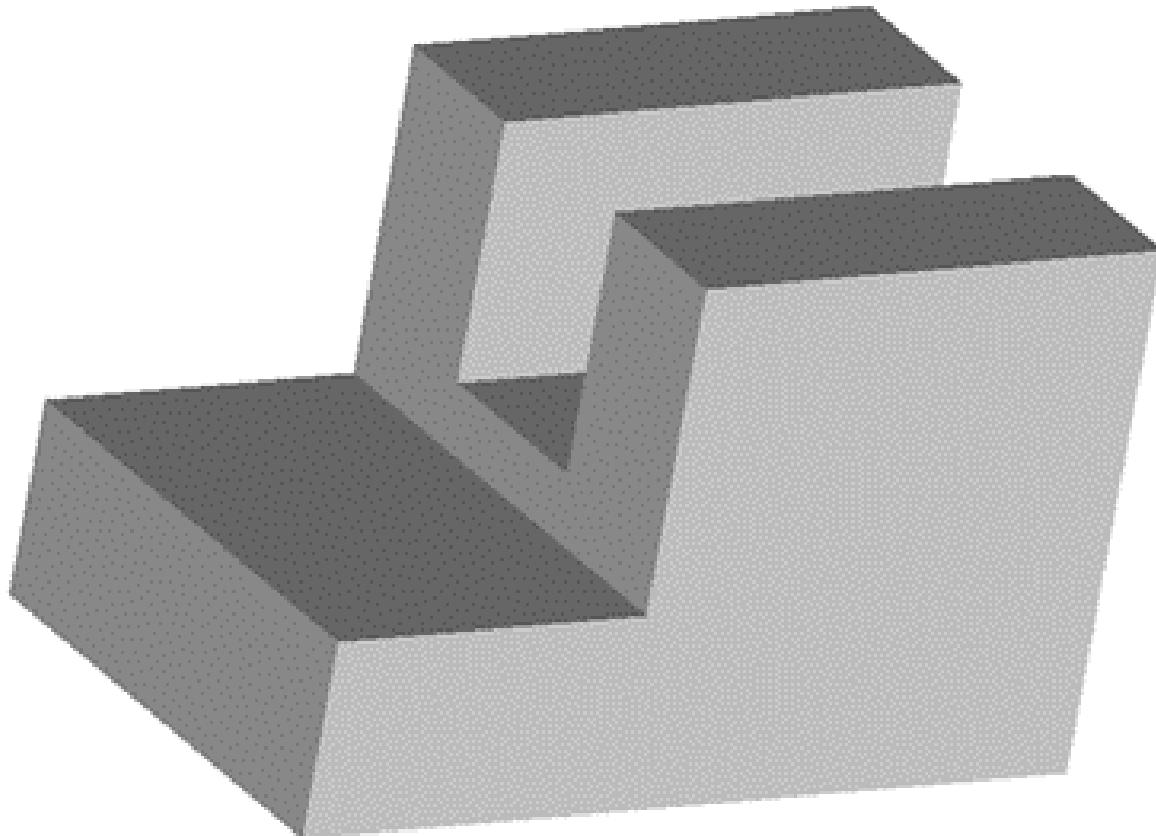
Corrigé voir 302.

Exercice 303 – Représentation 2D*

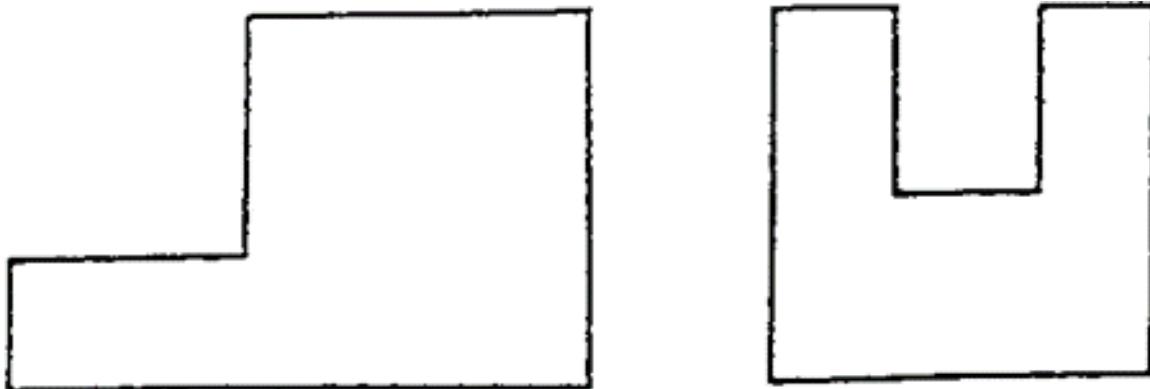
E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Compléter les vues suivantes.



DDS

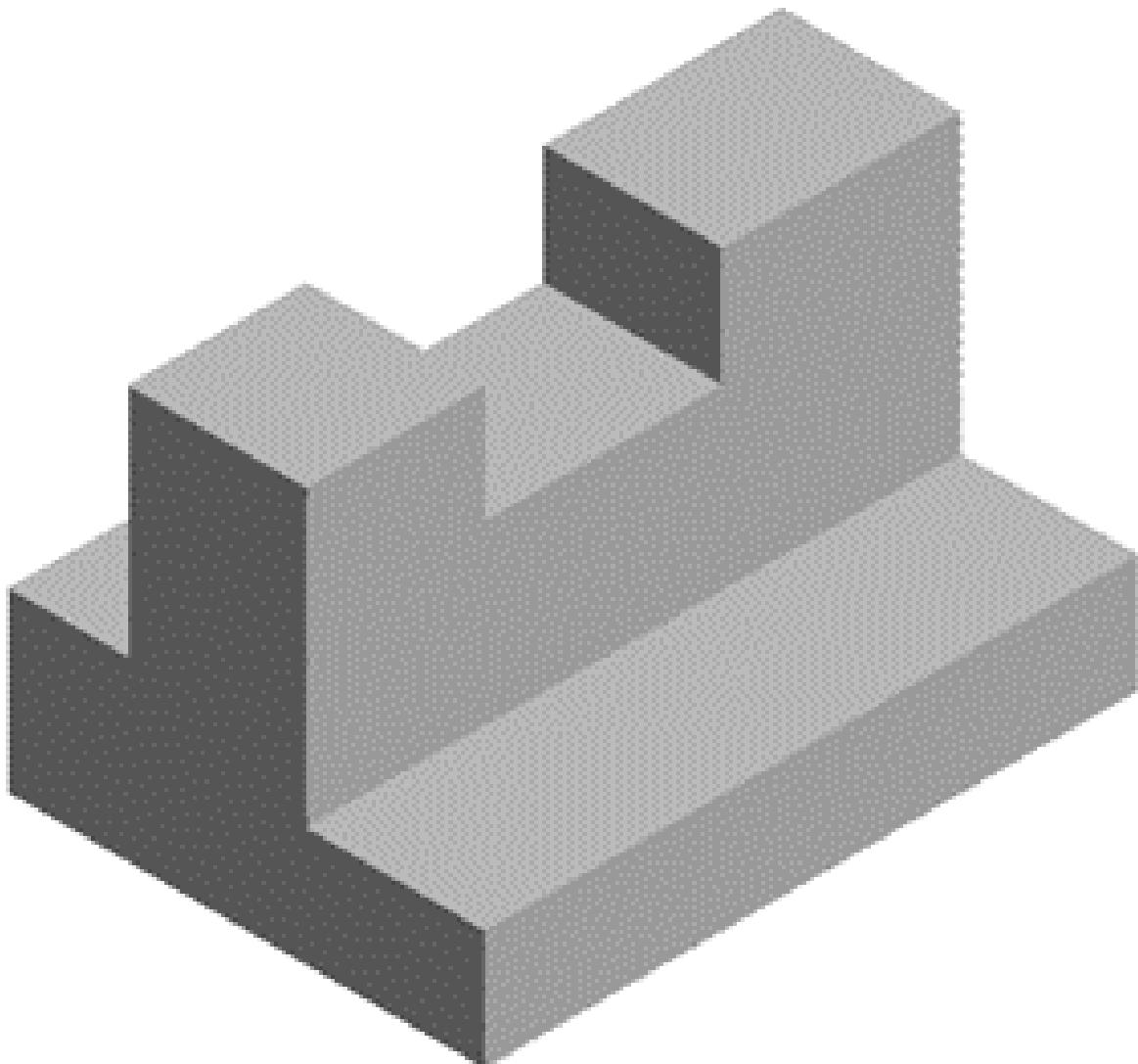
Corrigé voir 303.

Exercice 304 – Représentation 2D*

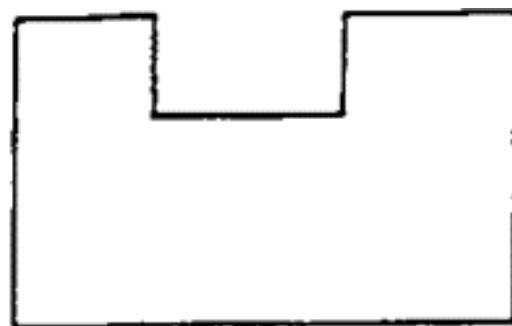
E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Compléter les vues suivantes.



DDS

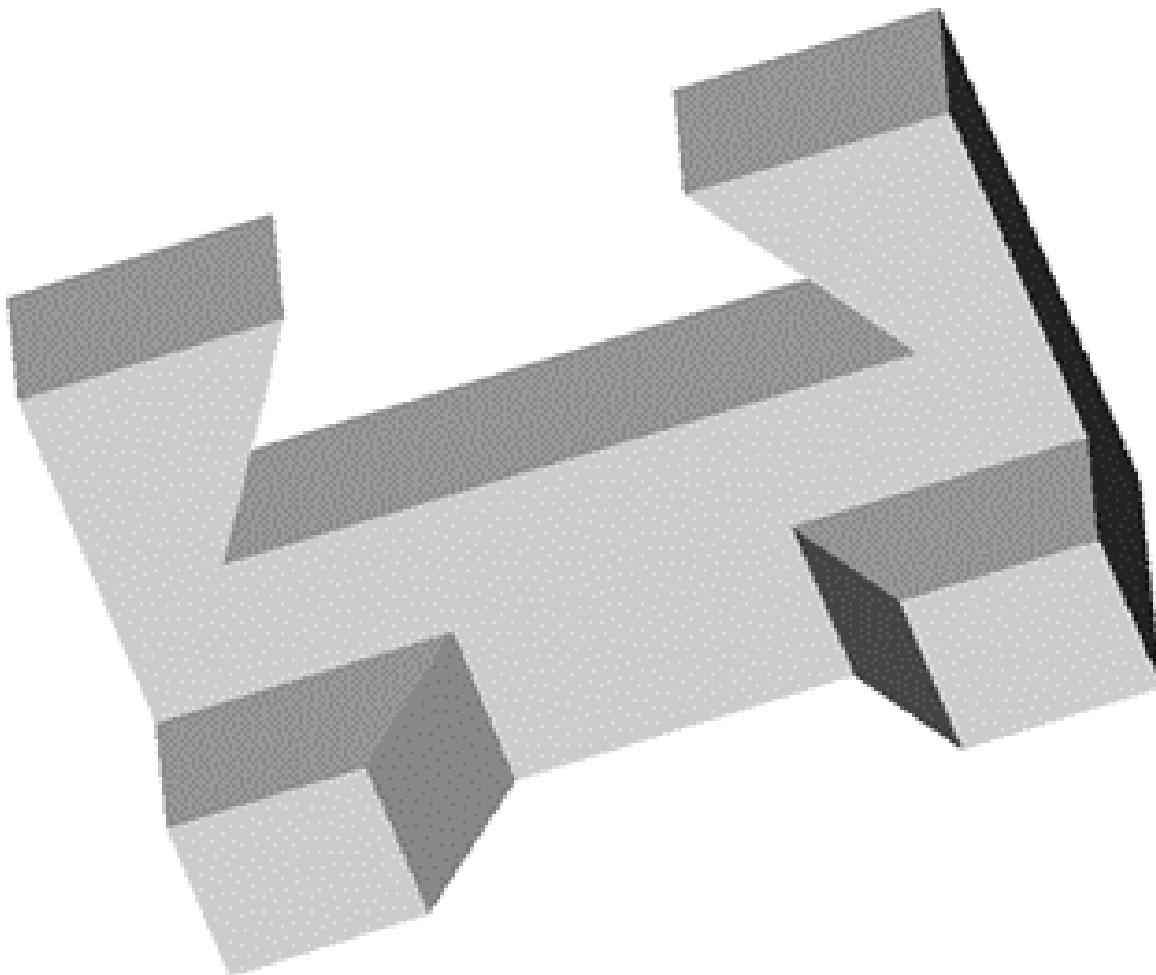
Corrigé voir 304.

Exercice 305 – Représentation 2D*

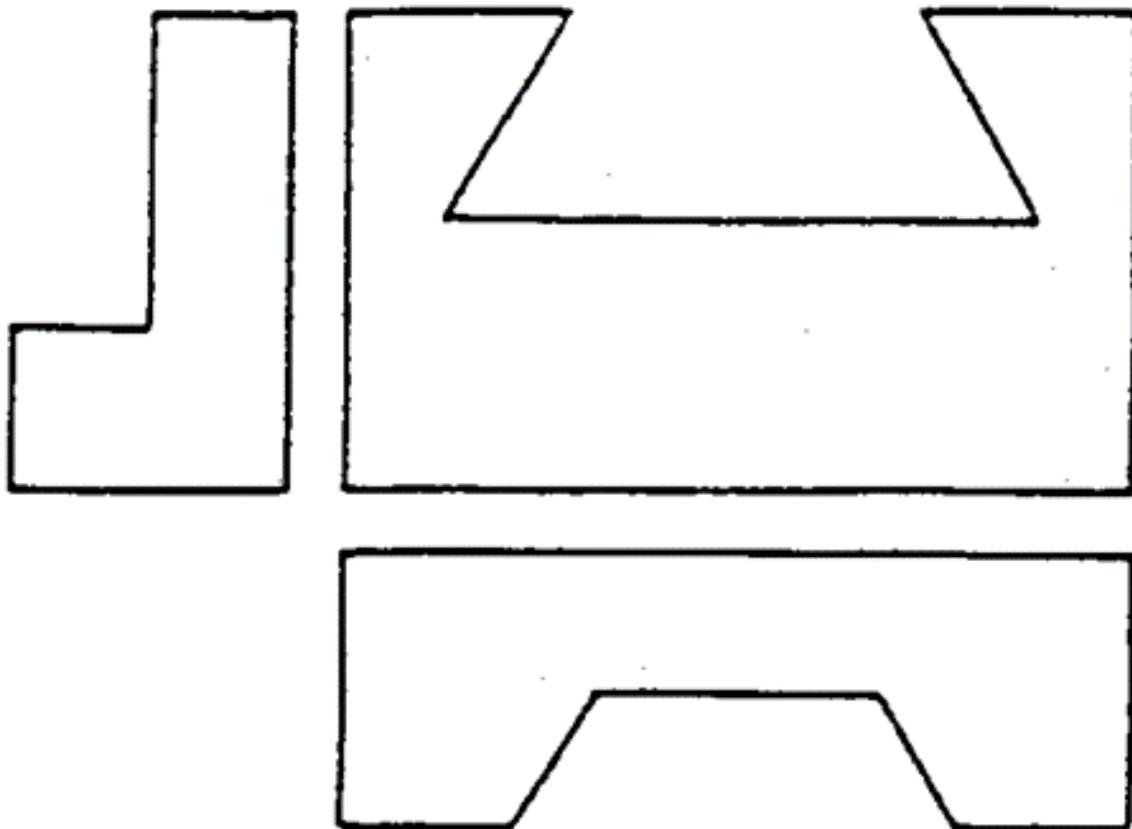
E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Compléter les vues suivantes.



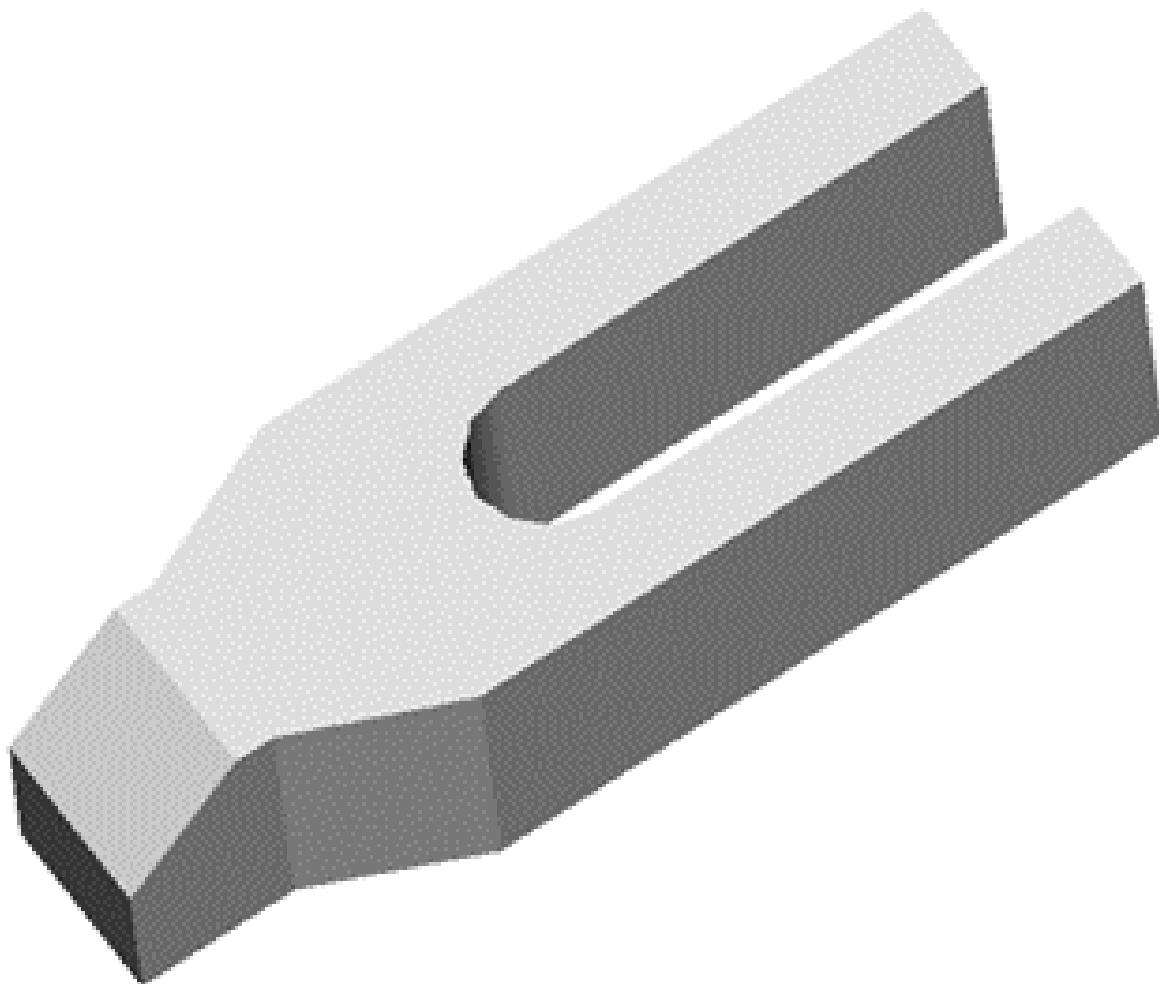
Corrigé voir 305.

Exercice 306 – Représentation 2D*

E2-05

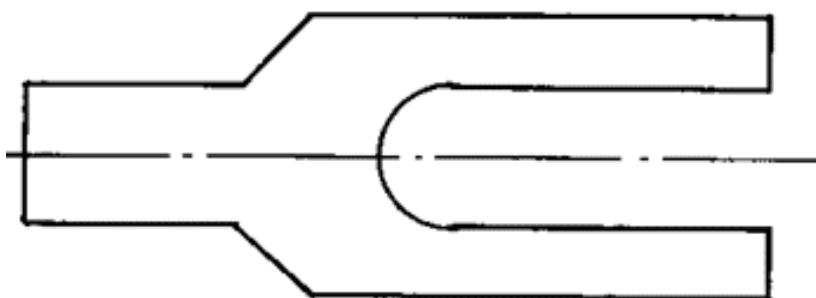
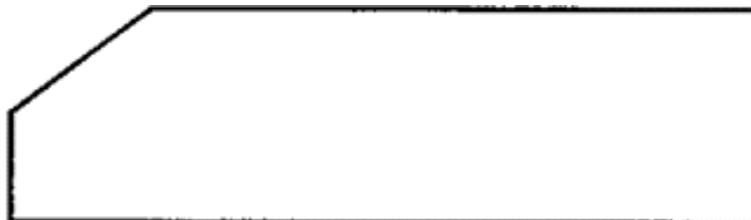
Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



DDS

Question 1 Compléter les vues suivantes.



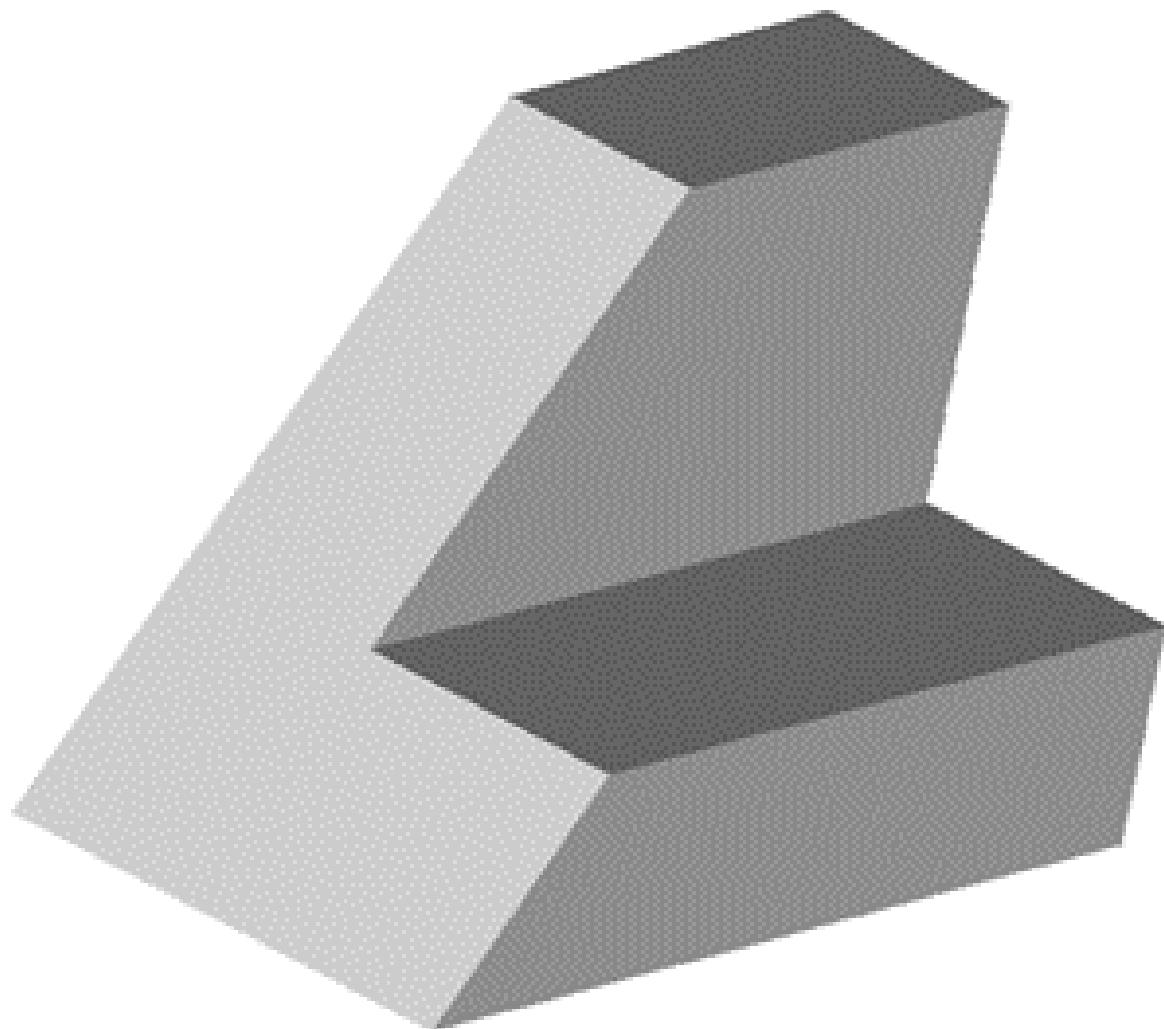
Corrigé voir 306.

6

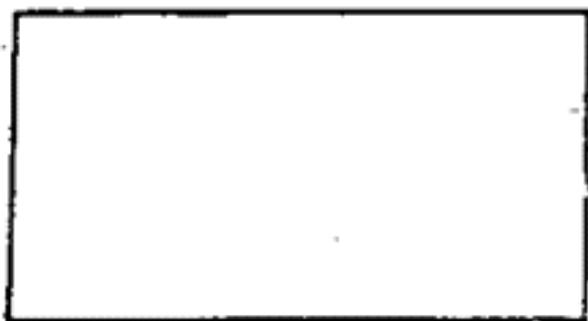
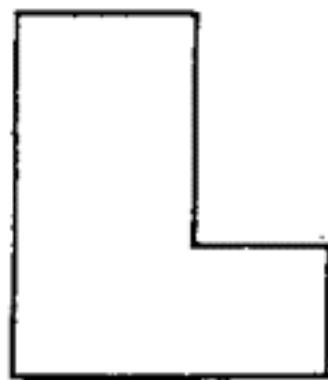
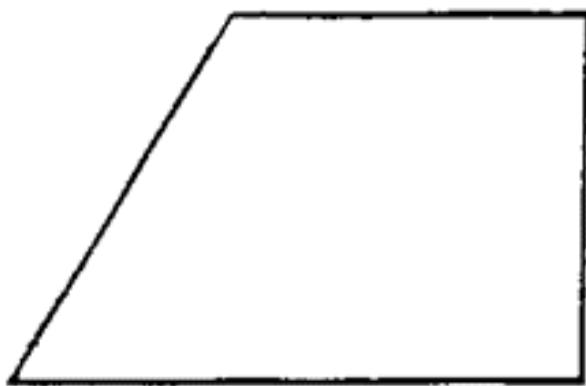
Exercice 307 – Représentation 2D*

E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.



Question 1 Compléter les vues suivantes.



DDS

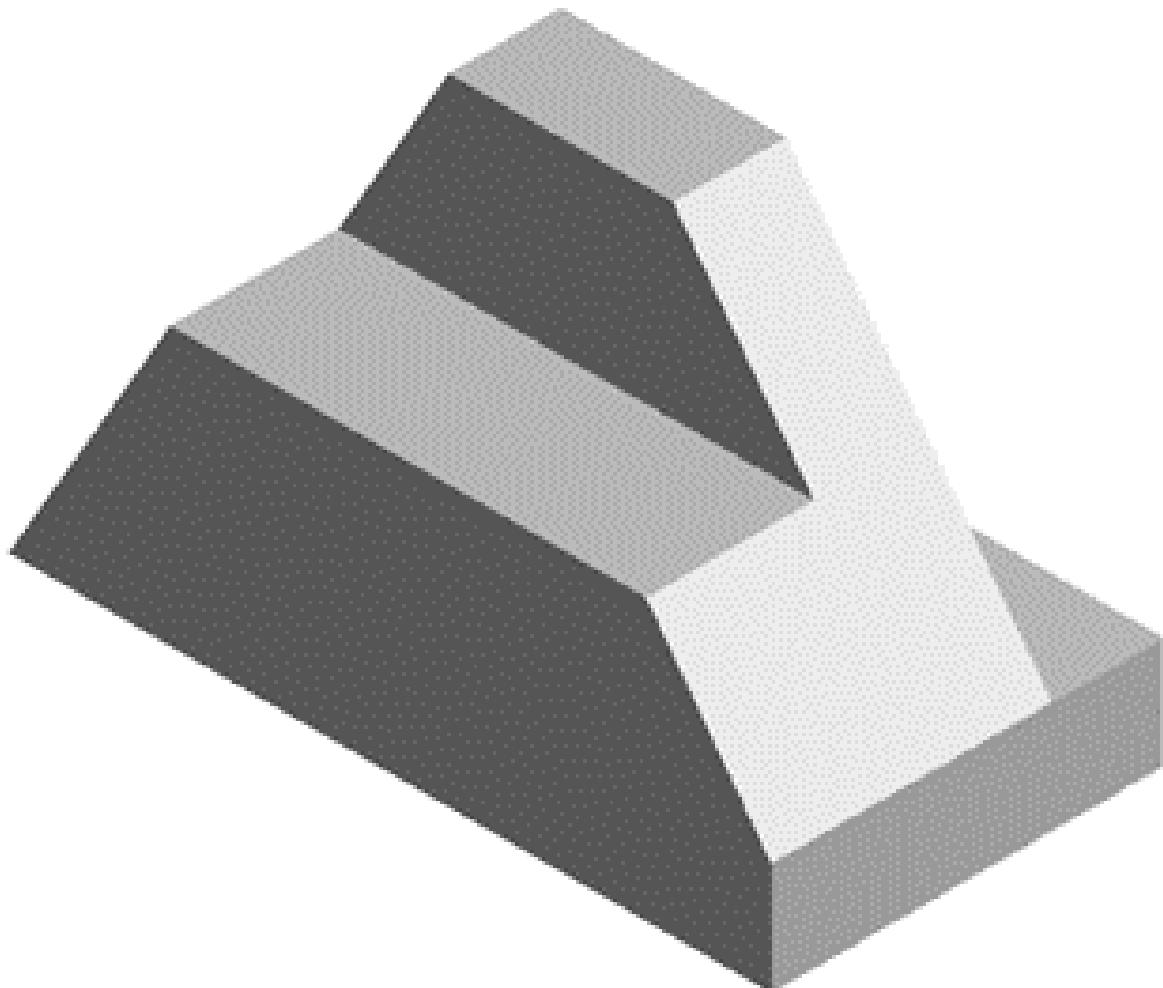
Corrigé voir 307.

Exercice 308 – Représentation 2D*

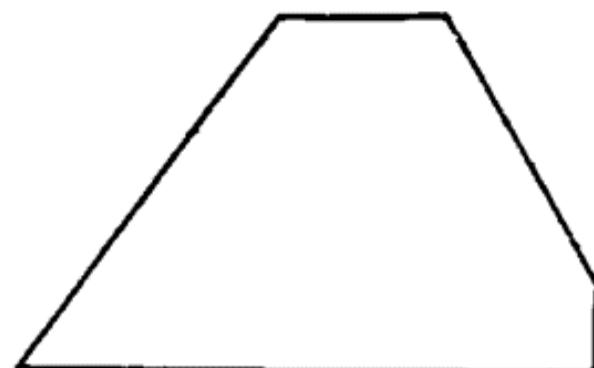
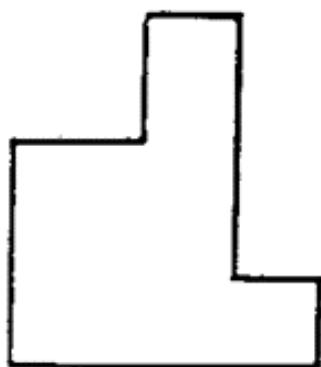
E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Compléter les vues suivantes.



DDS

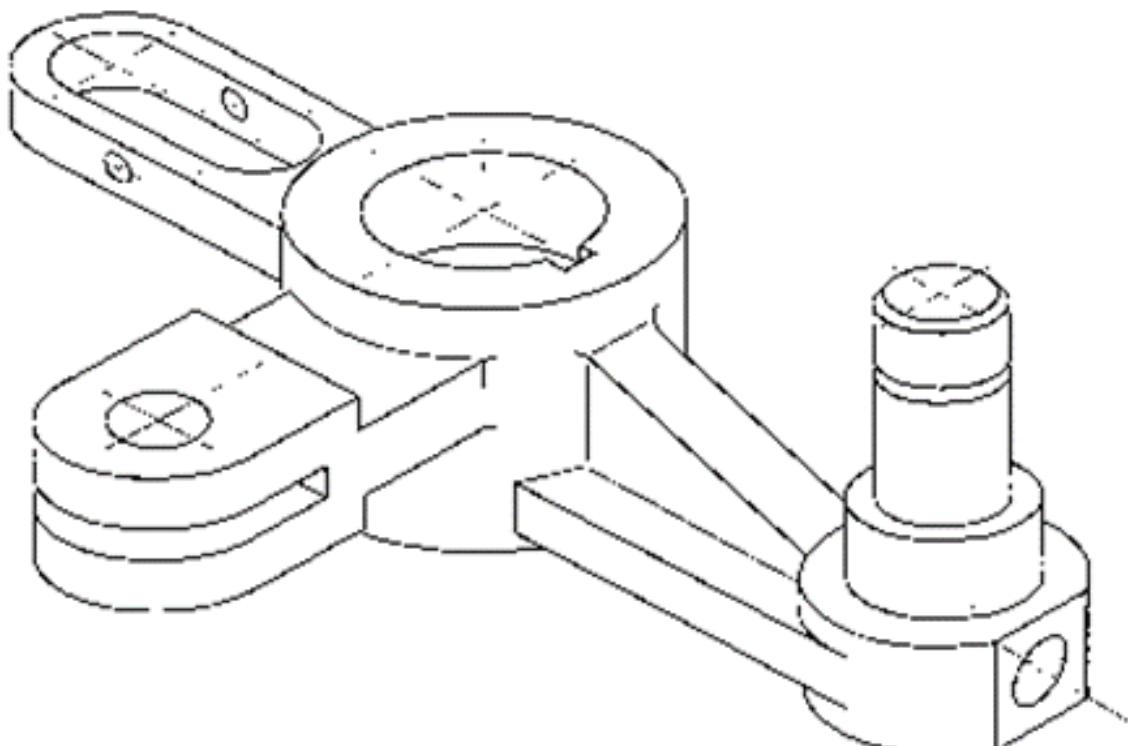
Corrigé voir 308.

Exercice 309 – Représentation 2D*

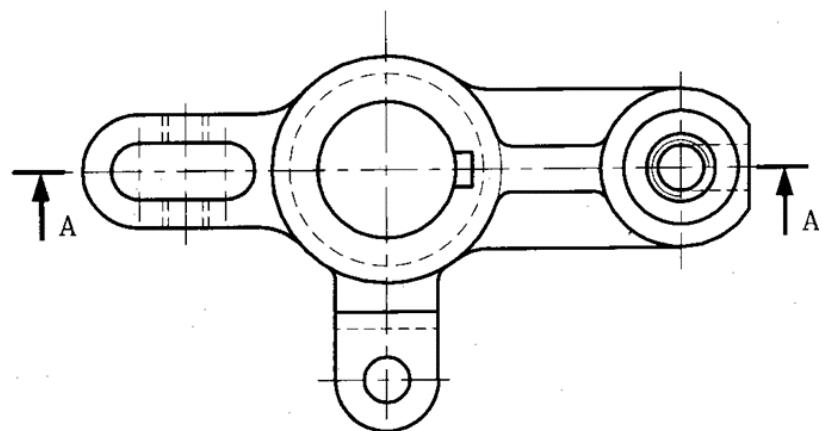
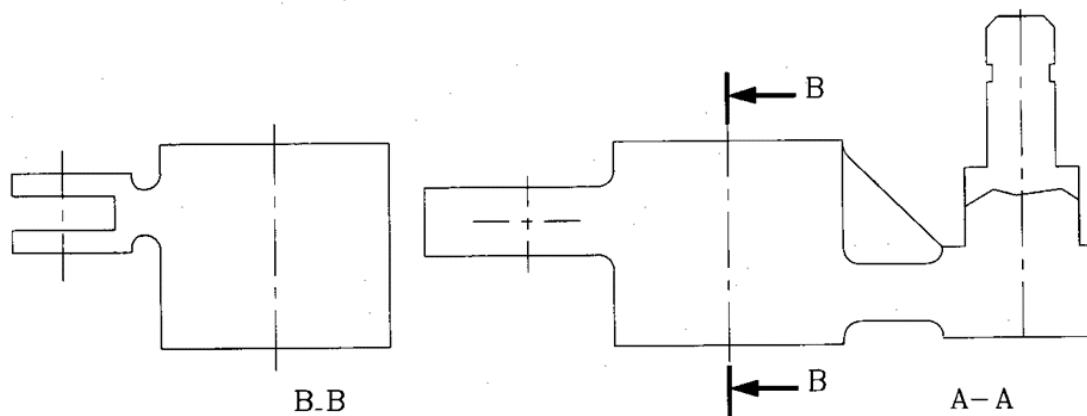
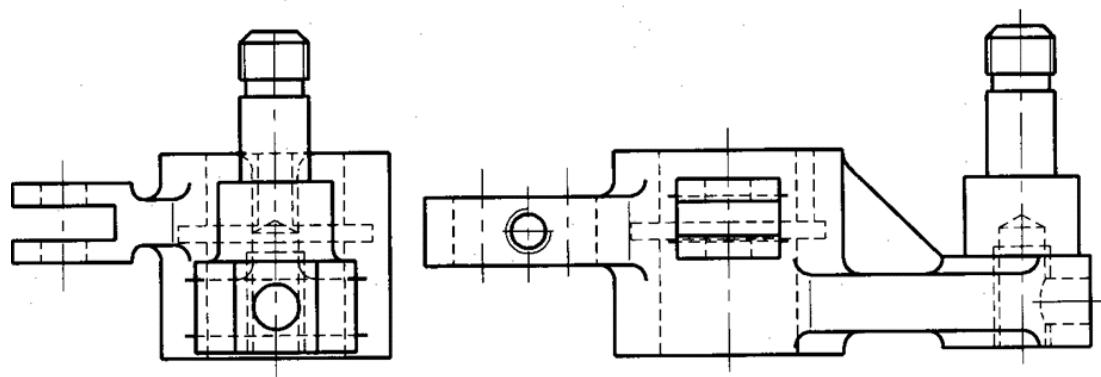
E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Compléter les vues suivantes.



Corrigé voir 309.

Exercice 310 – Représentation 2D*

E2-05

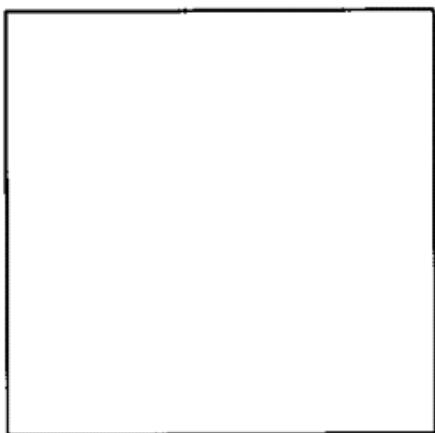
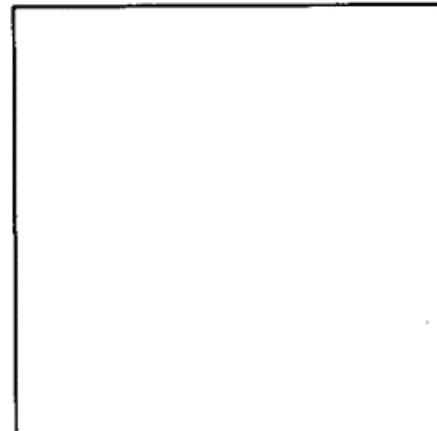
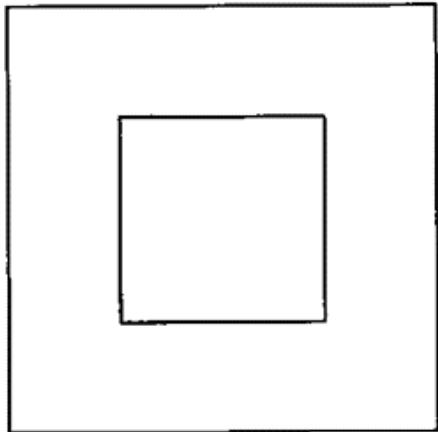
Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



DDS

Question 1 Compléter les vues suivantes.



Corrigé voir 310.

Exercice 311 – Représentation 2D*

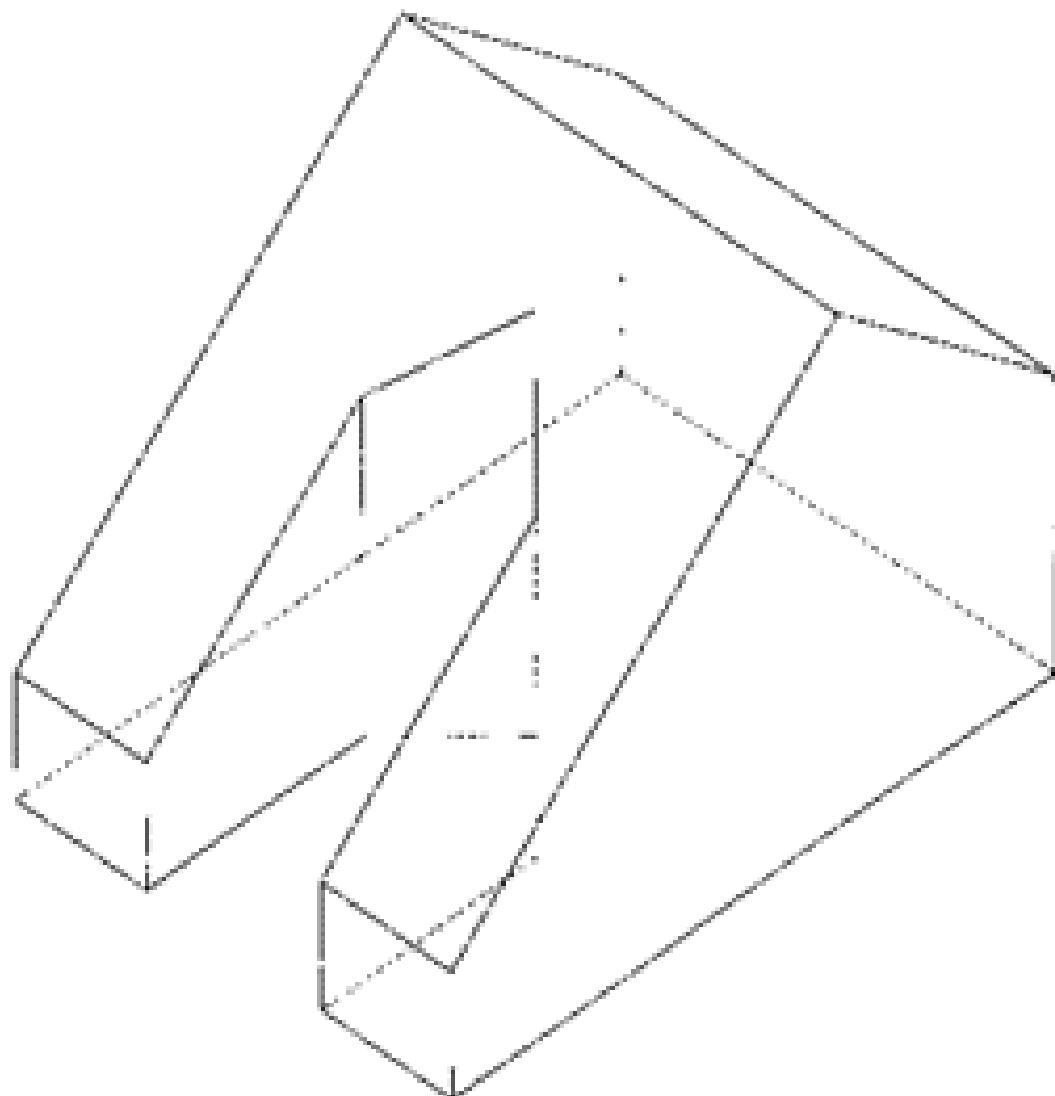
E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

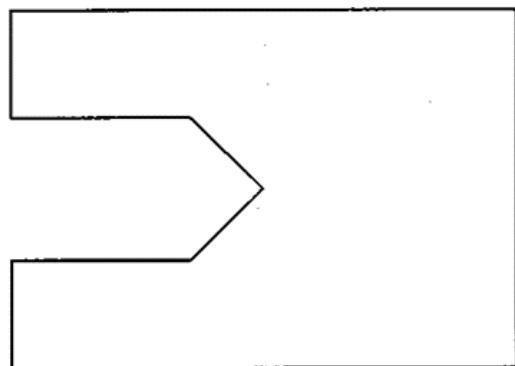
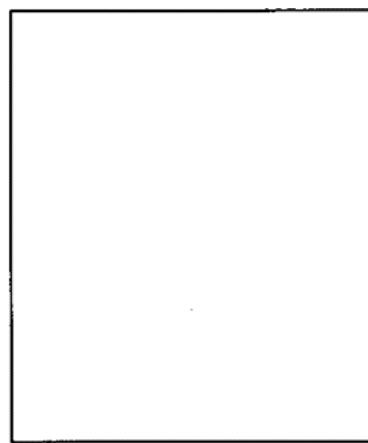
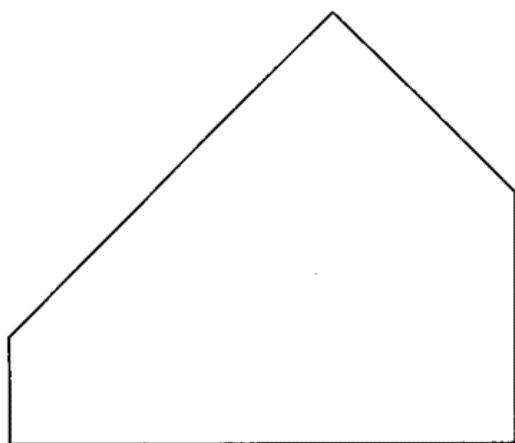
Soit la pièce suivante.



DDS



Question 1 Compléter les vues suivantes.



DDS

Corrigé voir 311.

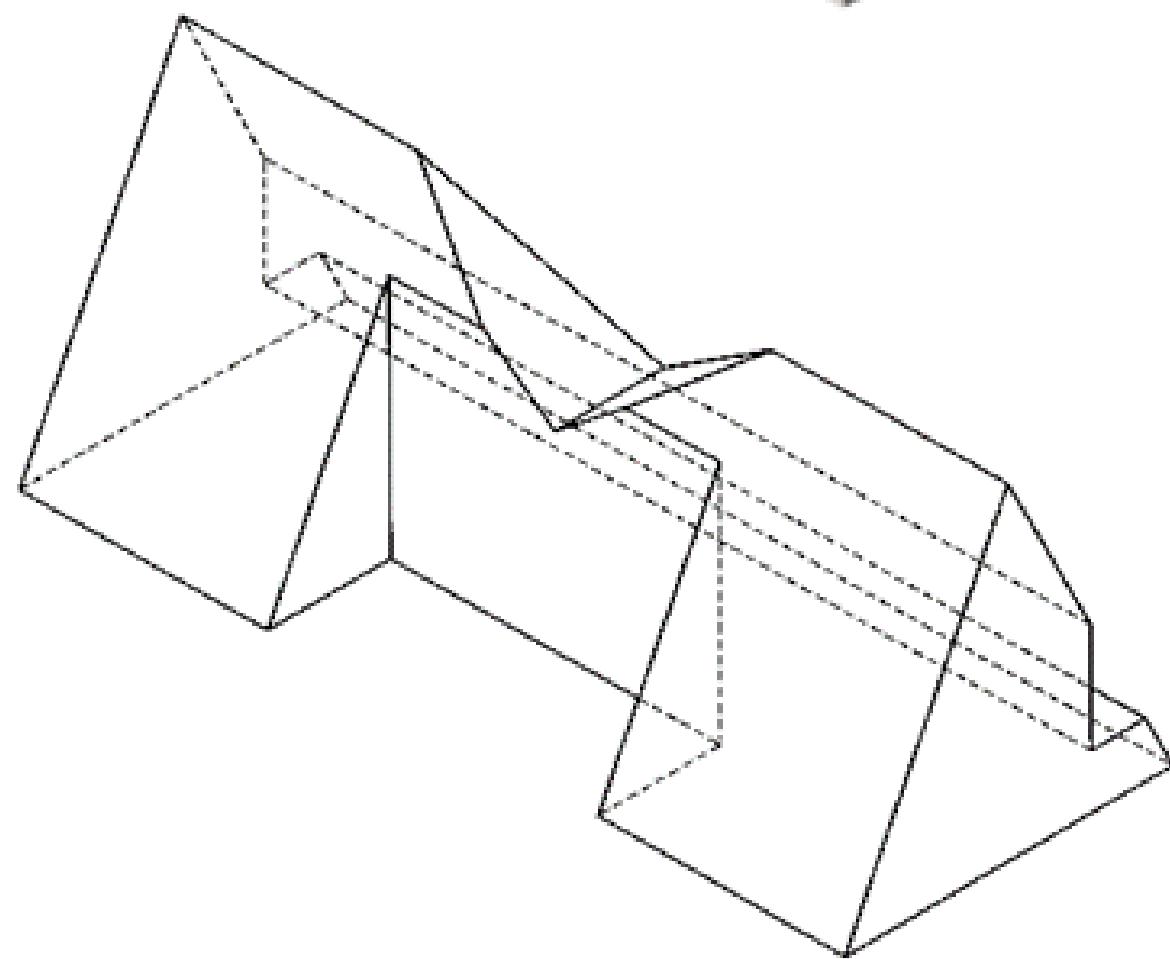
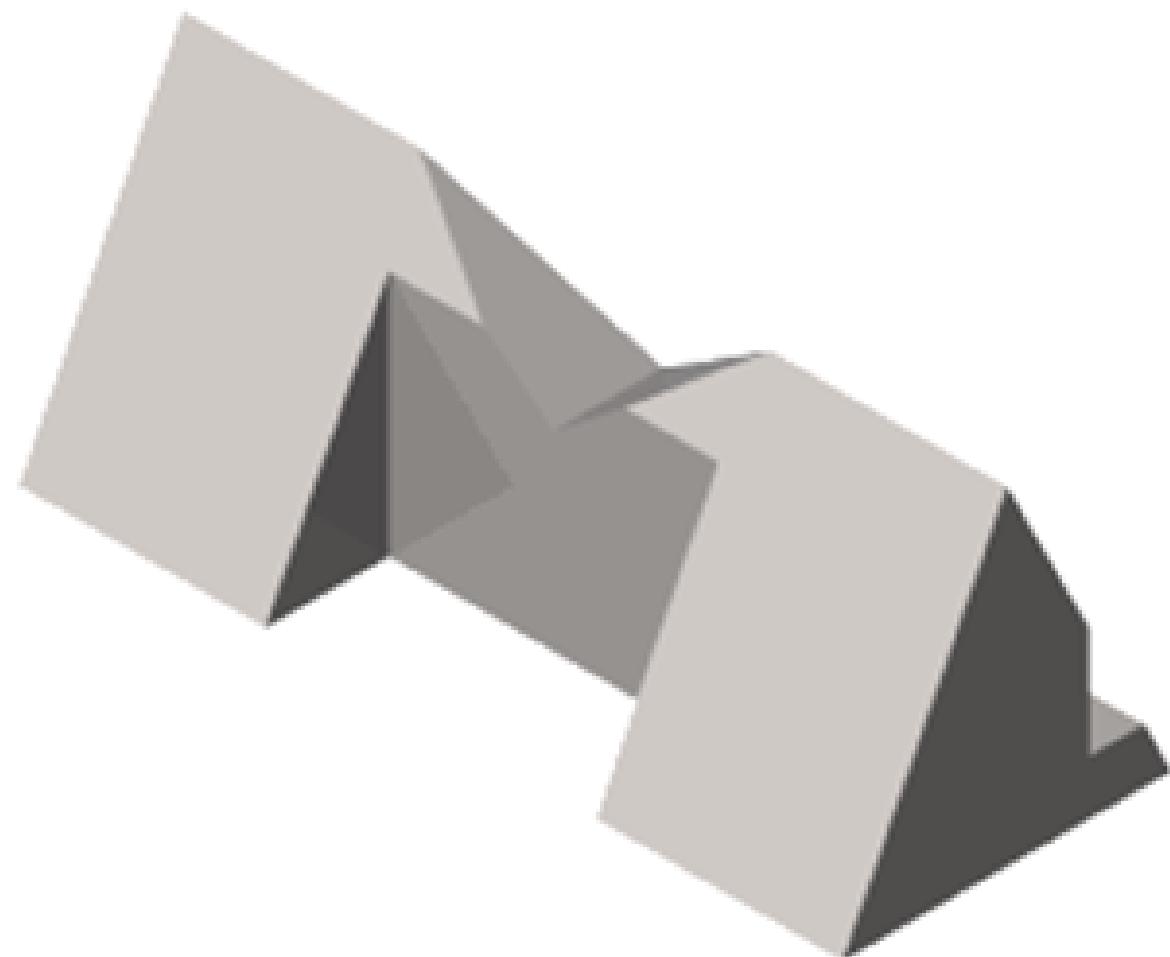
1010

Exercice 312 – Représentation 2D*

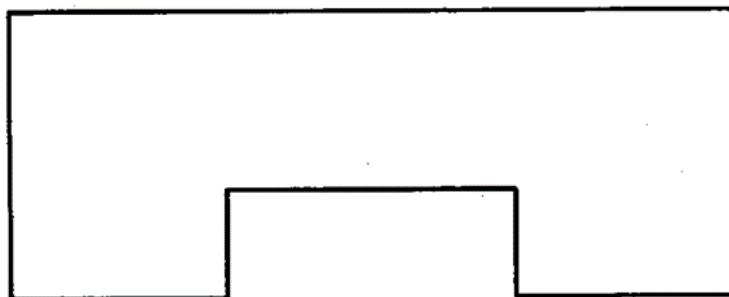
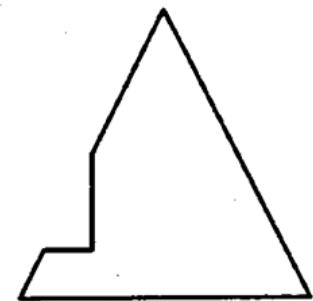
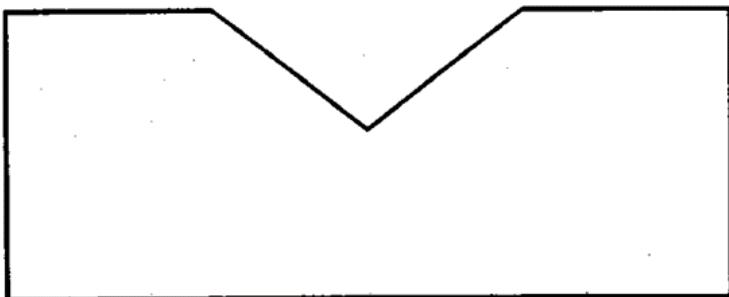
E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Compléter les vues suivantes.



DDS

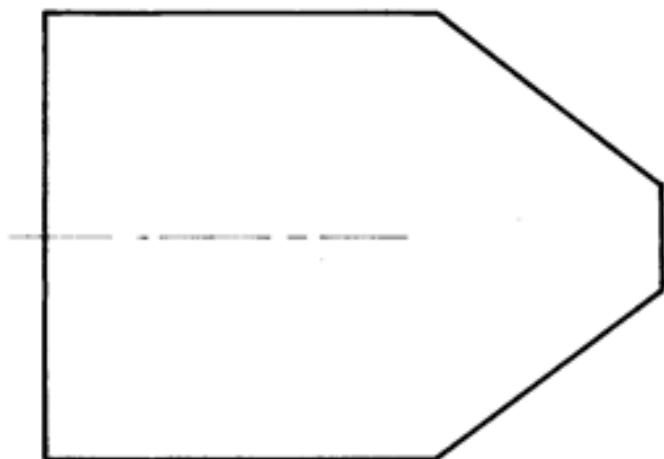
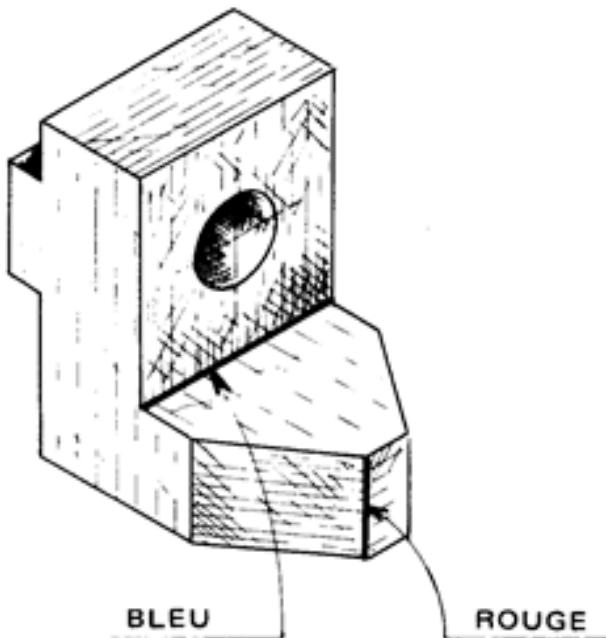
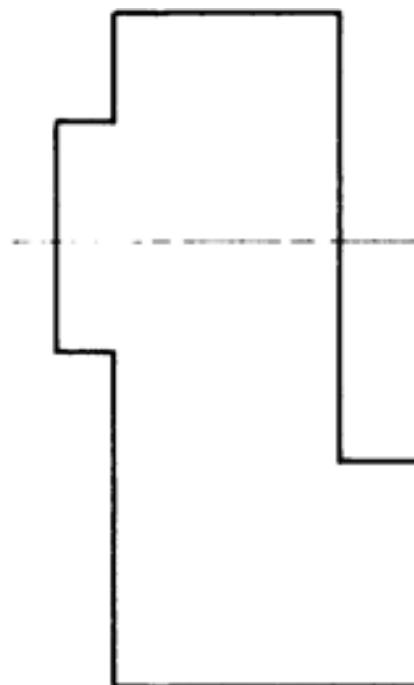
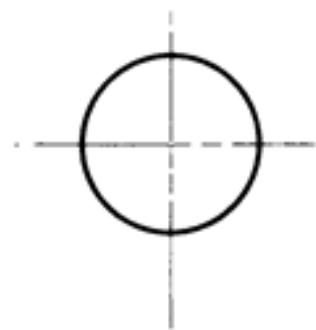
Corrigé voir 312.

Exercice 313 – Représentation 2D*

E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Compléter les vues précédentes.

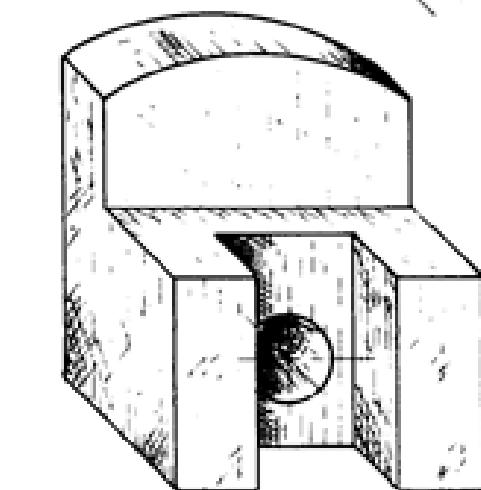
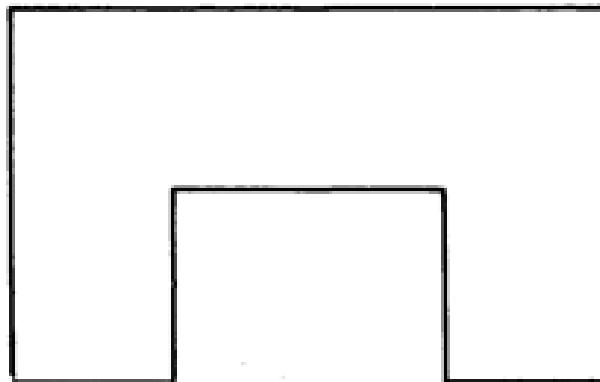
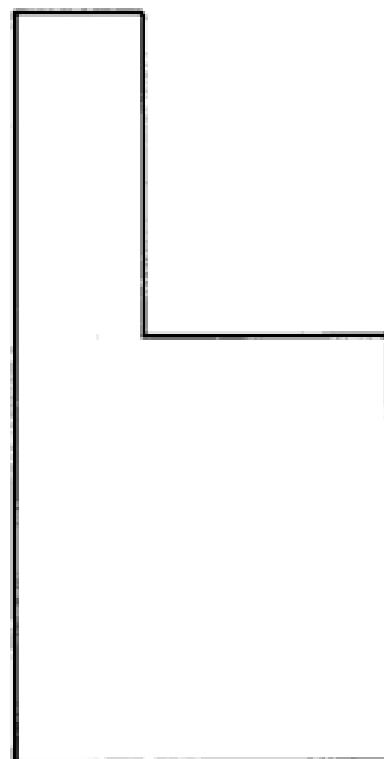
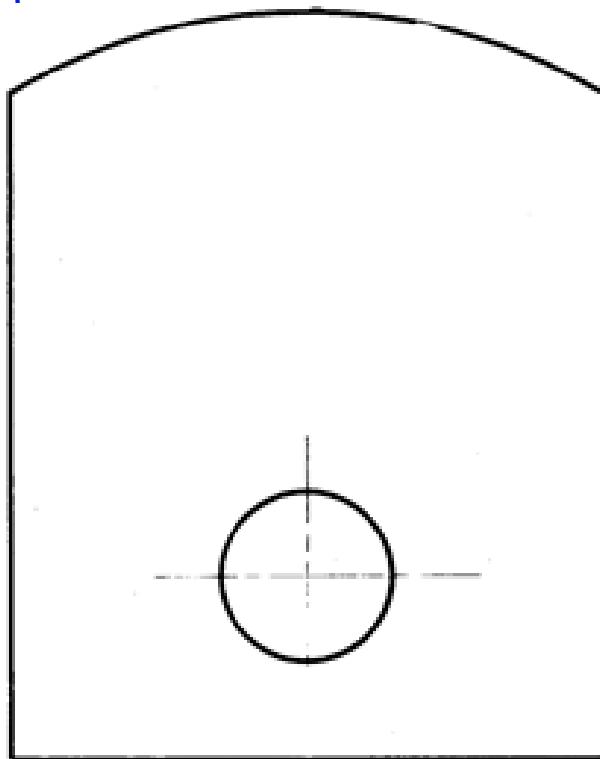
Corrigé voir 313.

Exercice 314 – Représentation 2D*

E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



DDS

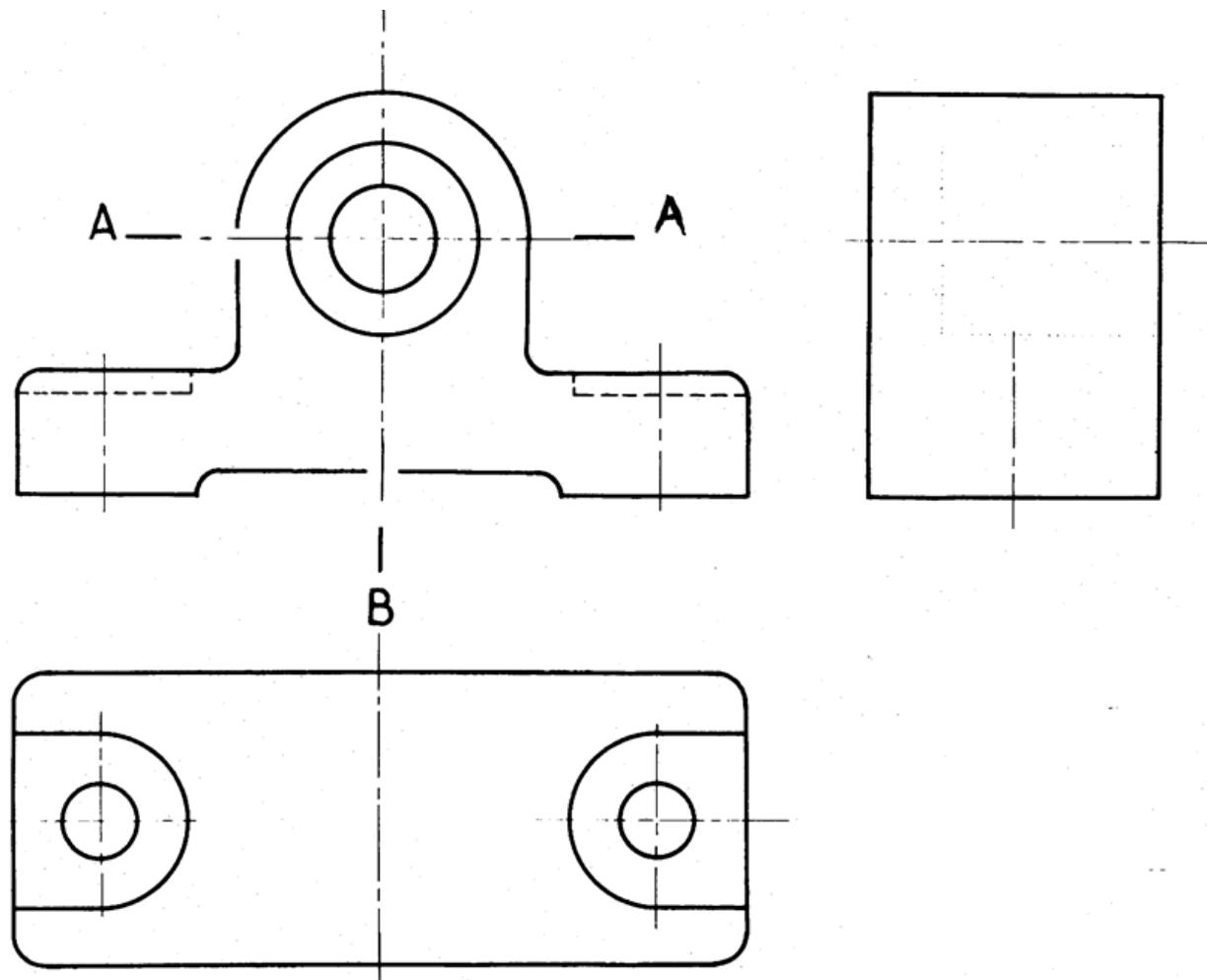
Question 1 Compléter les vues précédentes.

Corrigé voir 314.

Exercice 315 – Représentation 2D*

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



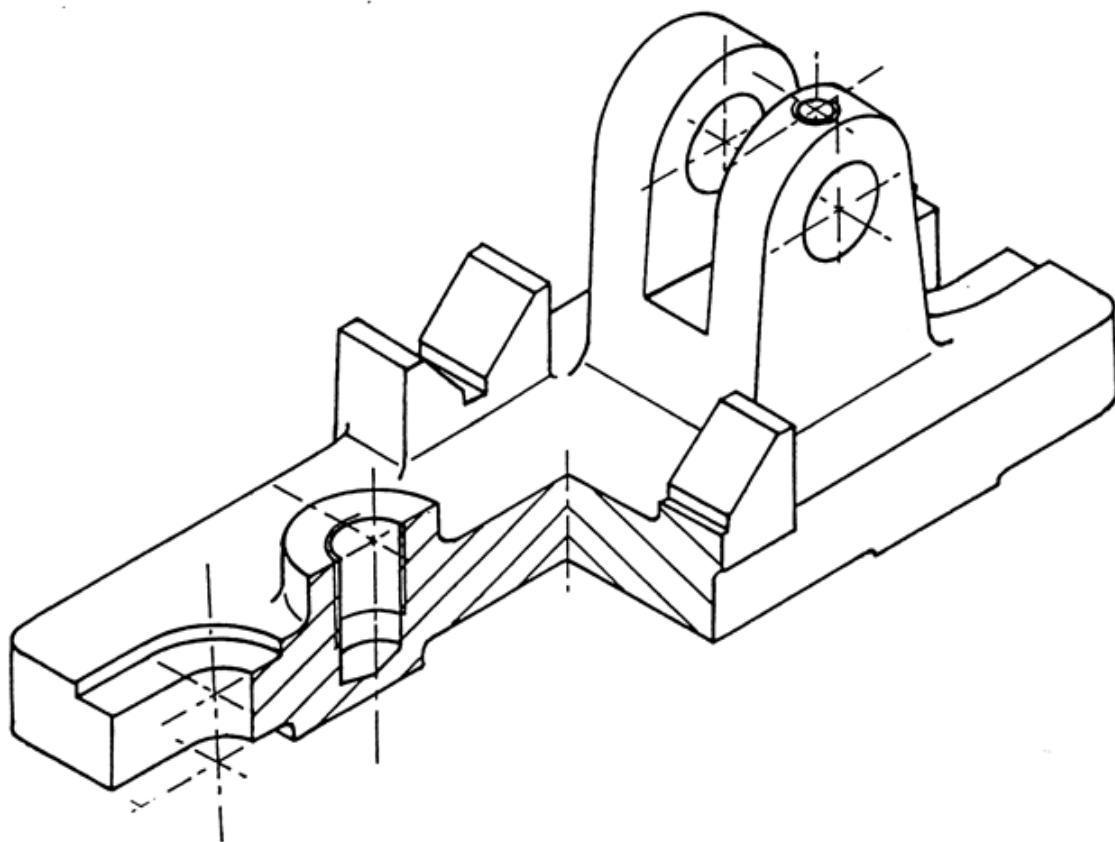
Question 1 Compléter les vues précédentes.

Corrigé voir 315.

Exercice 316 – Représentation 2D*

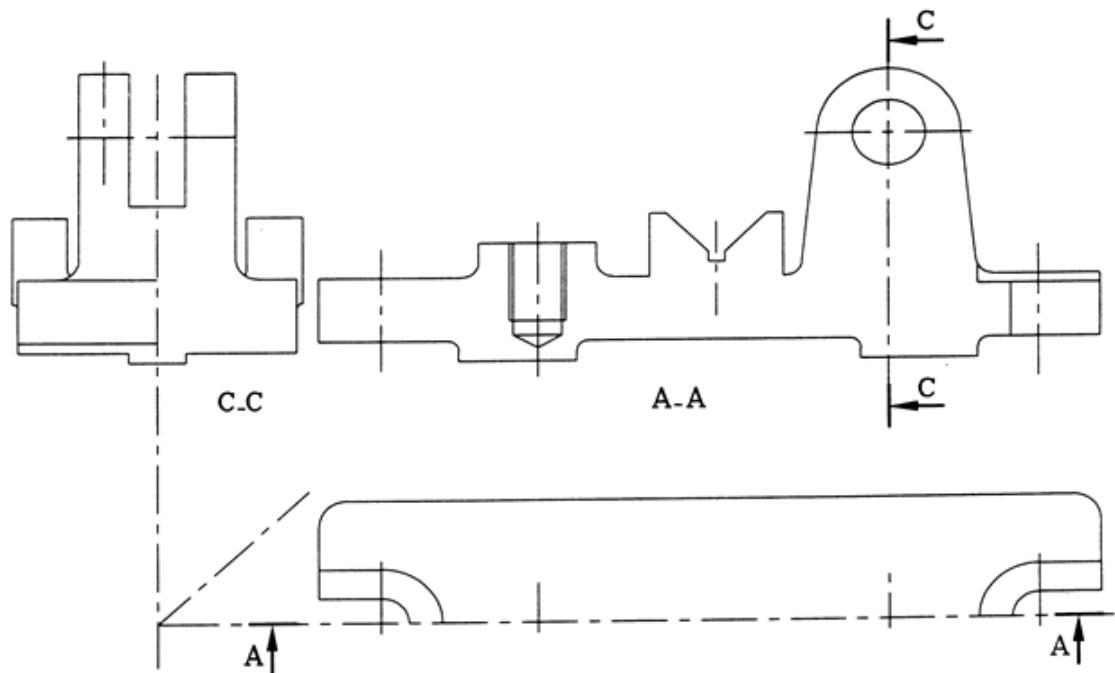
Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



DDS

Question 1 Compléter les vues suivantes.



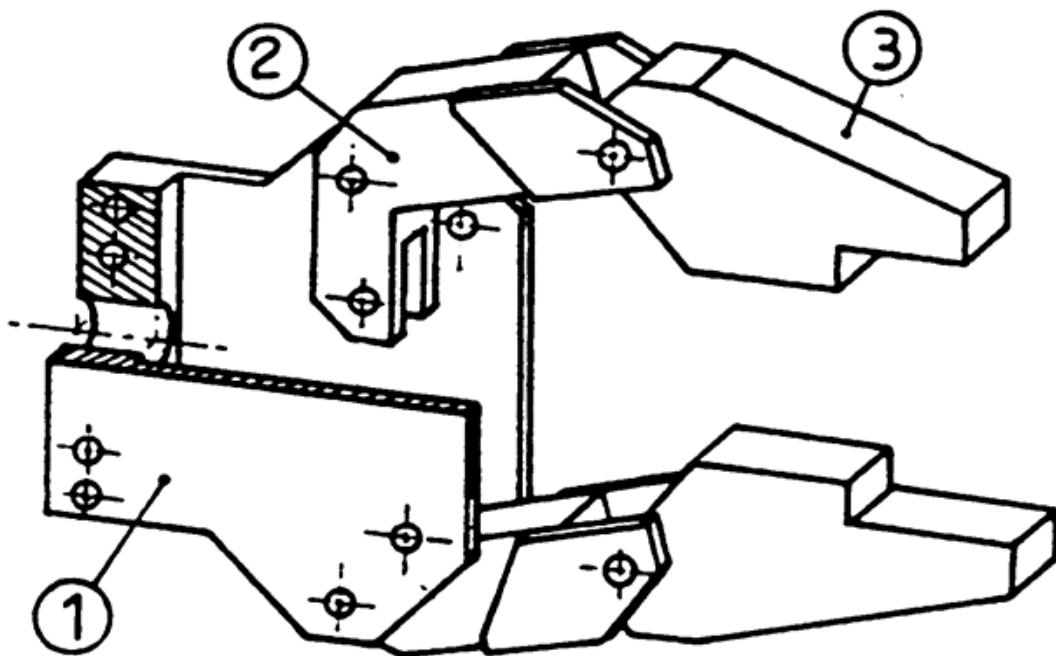
Corrigé voir 316.

Exercice 317 – Représentation 2D*

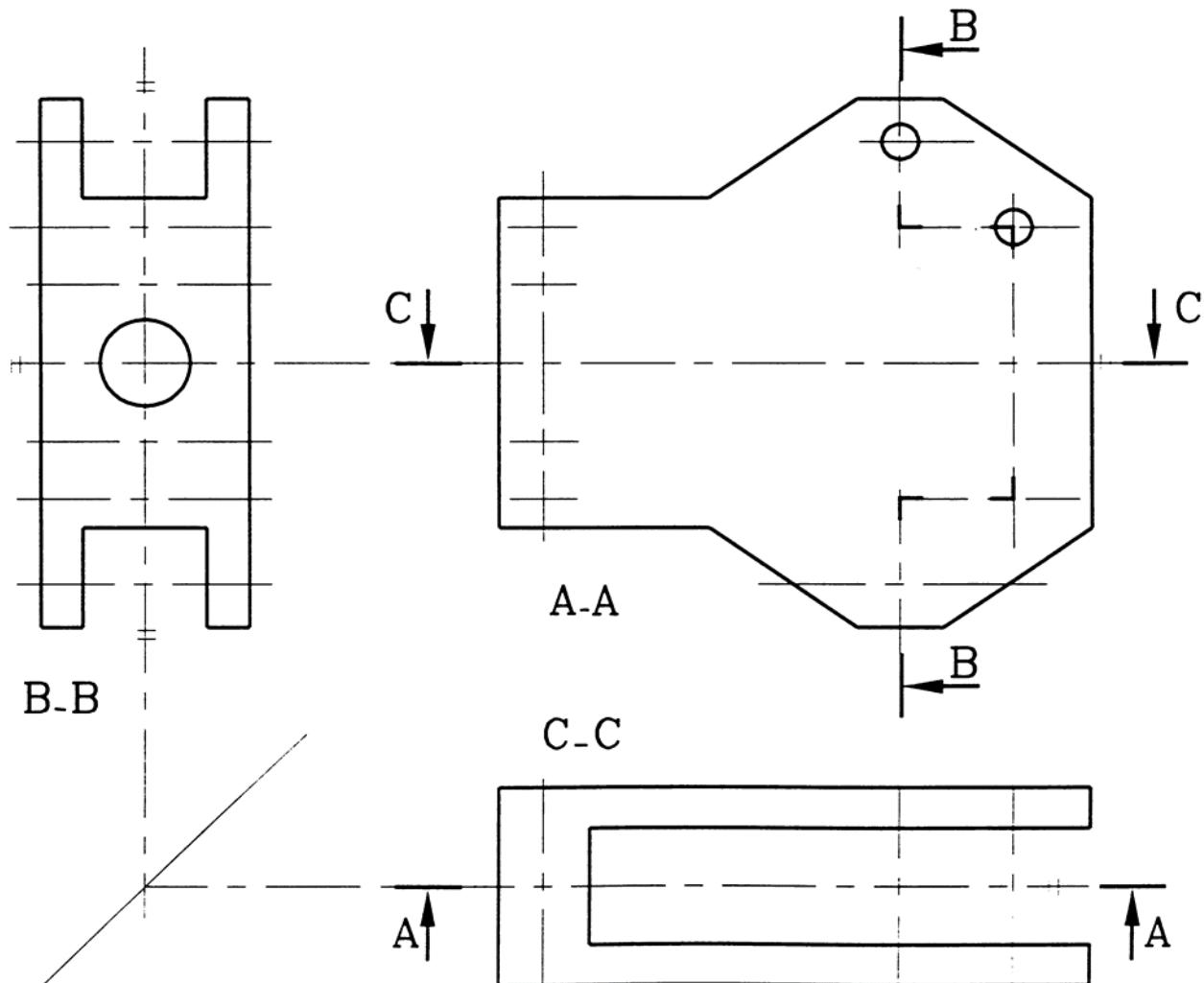
E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Compléter les vues suivantes.



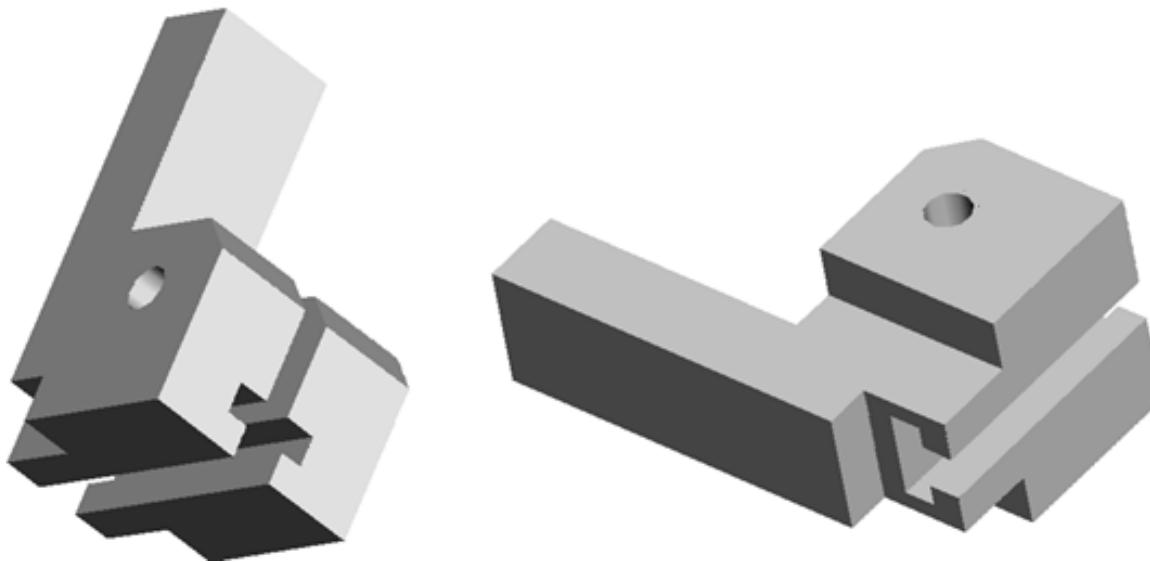
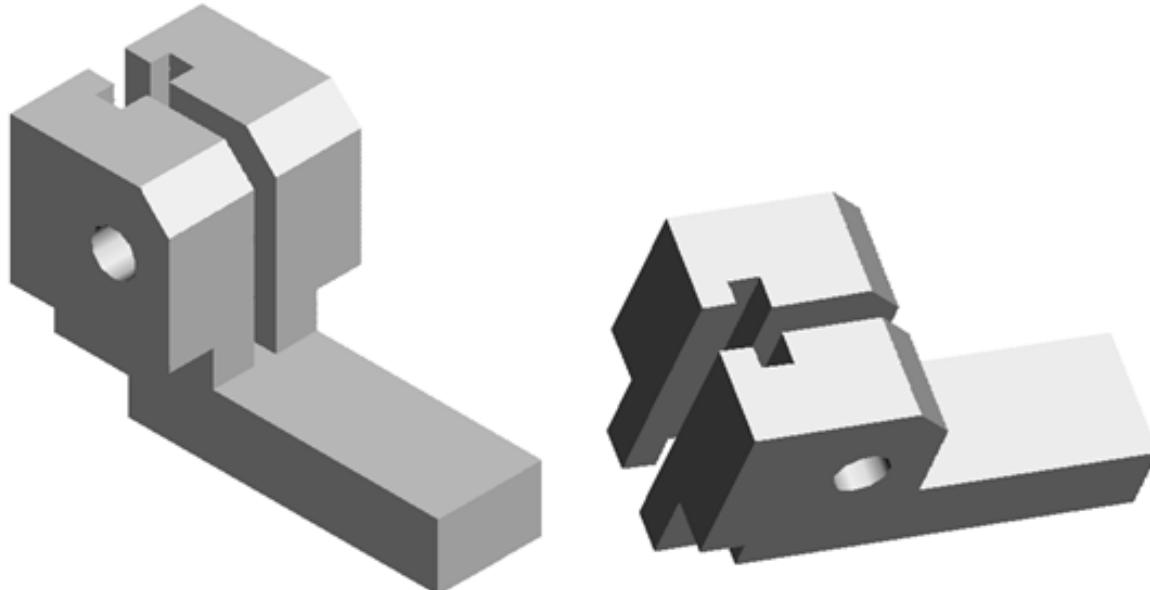
Corrigé voir 317.

Exercice 318 – Représentation 2D*

E2-05

Pas de corrigé pour cet exercice.

Soit la pièce suivante.



Question 1 Réaliser les vues de face, dessus, profil.

Corrigé voir 318.

Exercice 319 – Pompe ENSIETA **

Pas de corrigé pour cet exercice.

Le plan joint format A4 représente l'ensemble monté d'une pompe hydraulique manuelle.

La pompe est fixée sur un support vertical au moyen de 3 trous filetés (1). Une série de trois trous filetés est usinée sur chaque coté du corps (2), permettant ainsi de fixer indifféremment la pompe sur l'une ou l'autre de ses faces.

L'admission de l'huile est effectuée par l'orifice (3), le refoulement par l'orifice (4).

Le pompage s'effectue en actionnant un levier placé dans l'alésage cannelé du maneton (5). Le mouvement alternatif est, par l'intermédiaire de la biellette articulée, transmis au piston coulissant (6).

Lors du mouvement de droite à gauche du piston coulissant, un volume d'huile est aspiré à travers (3) et vient s'emmager dans l'alésage à droite de la tête du piston, simultanément l'huile qui se trouve à gauche de la tête du piston est refoulée par l'orifice (4).

Lors du mouvement de gauche à droite du piston coulissant s'effectue le transfert, à travers de la tête du piston, de l'huile emmagasinée à sa droite (celle-ci passant côté tige). Simultanément une partie de l'huile transférée est refoulée dans (4).

Un clapet anti-retour est constitué d'une bille et d'un ressort. Sur la pompe étudiée ils sont au nombre de trois. Le passage du fluide dans un sens, par action sur la bille provoque l'écrasement du ressort et libère le passage. Dans le sens contraire l'action du fluide se conjugue avec celle du ressort et interdit le passage.

Question 1 *Le diamètre nominal de la bille contenue dans le clapet anti-retour situé sur l'orifice (4) est identique à celui de l'alésage qui la guide. Est-ce fonctionnellement correct? Justifier votre réponse. L'observation de la pièce (7) du clapet situé sur l'orifice (3) peut vous aider pour la réponse.*

Question 2 *L'alésage du corps contenant l'extrémité du raccord orifice (4) et l'alésage sur lequel le piston (6) coulisse doivent-ils être réalisés avec le même type d'état de surface? Justifier votre réponse.*

Question 3 *Entre la tige du piston et l'alésage du corps, quel ajustement choisir? Préciser s'il s'agit d'un ajustement avec jeu, avec serrage ou ajusté.*

Question 4 *D'après la représentation du dessin d'ensemble, un des composants de la pompe ne peut pas être monté. Quel est-il (donner son numéro)? Pourquoi? Que faudrait-il faire pour le rendre montable?*

Question 5 *Dans le mouvement de droite à gauche du piston, le volume aspiré dans (3) à droite de la tête de piston est-il le même que celui refoulé à gauche de la tête de piston dans (4)? Justifier votre réponse.*

On donne les dimensions suivantes :

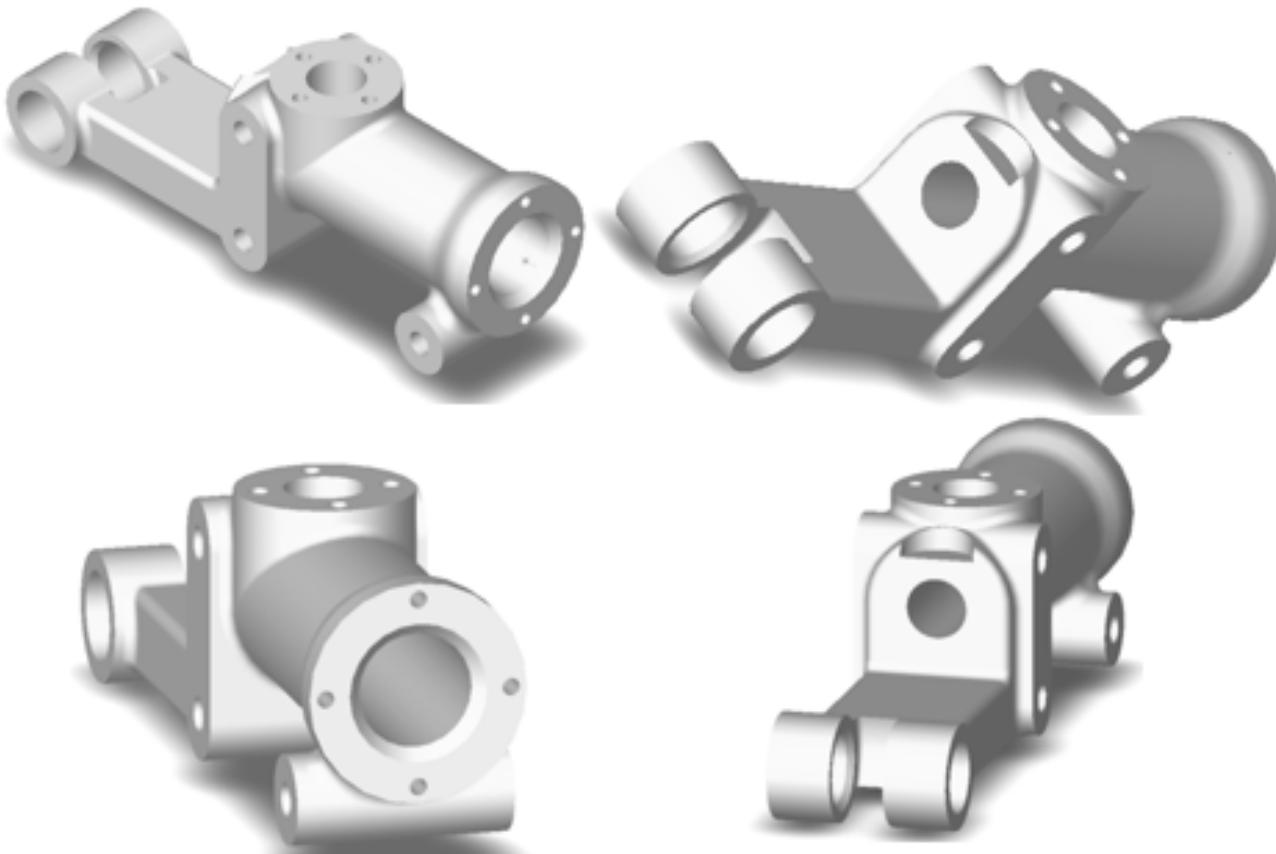
- tête de piston = 29 mm;
- tige de piston = 18 mm;
- course du piston = 31 mm.

Question 6 *Quel est le volume d'huile envoyé à la sortie (4) :*

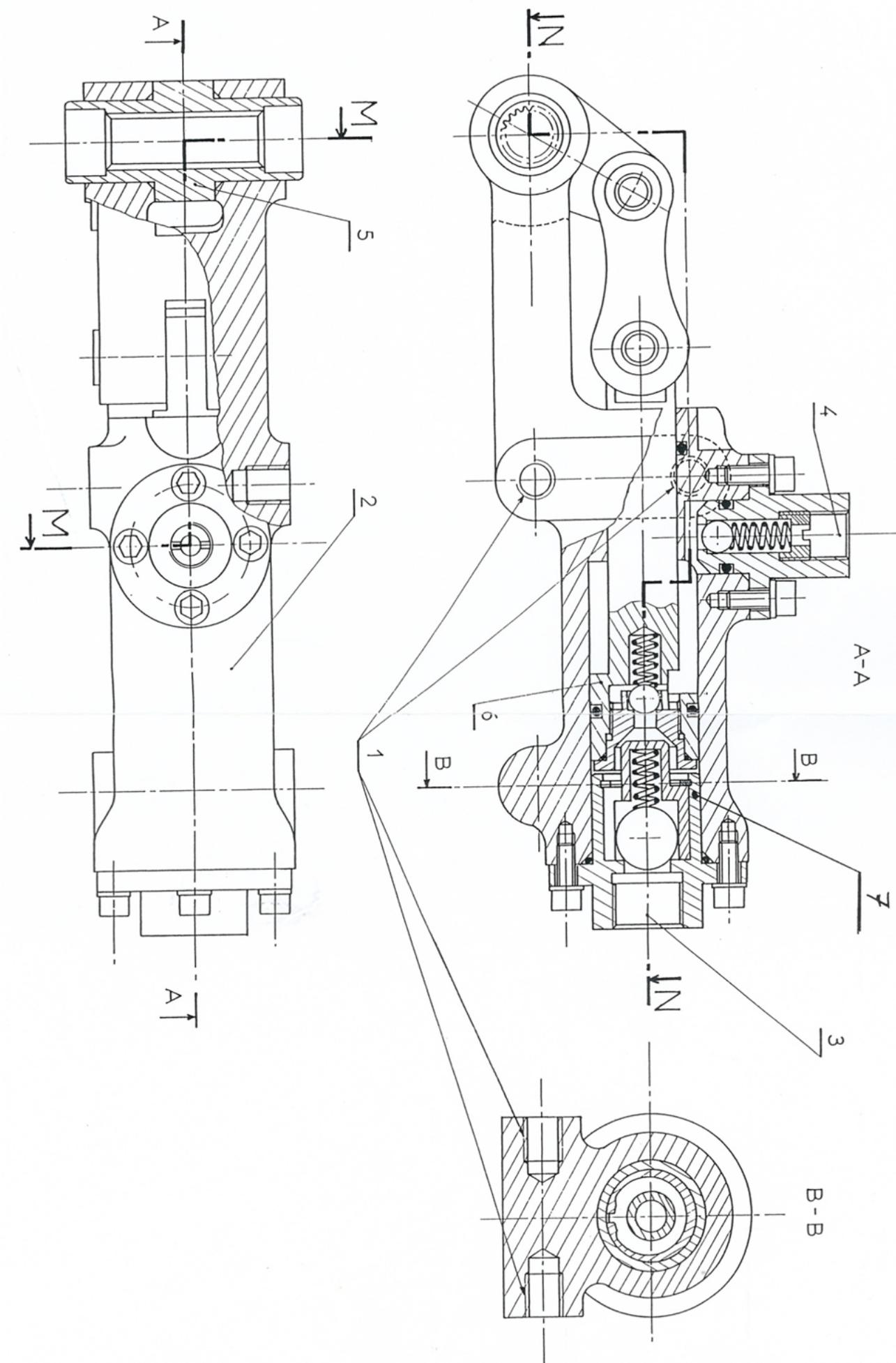
- *lors de la course droite – gauche du piston?*
- *lors de la course gauche – droite du piston?*

Travail graphique

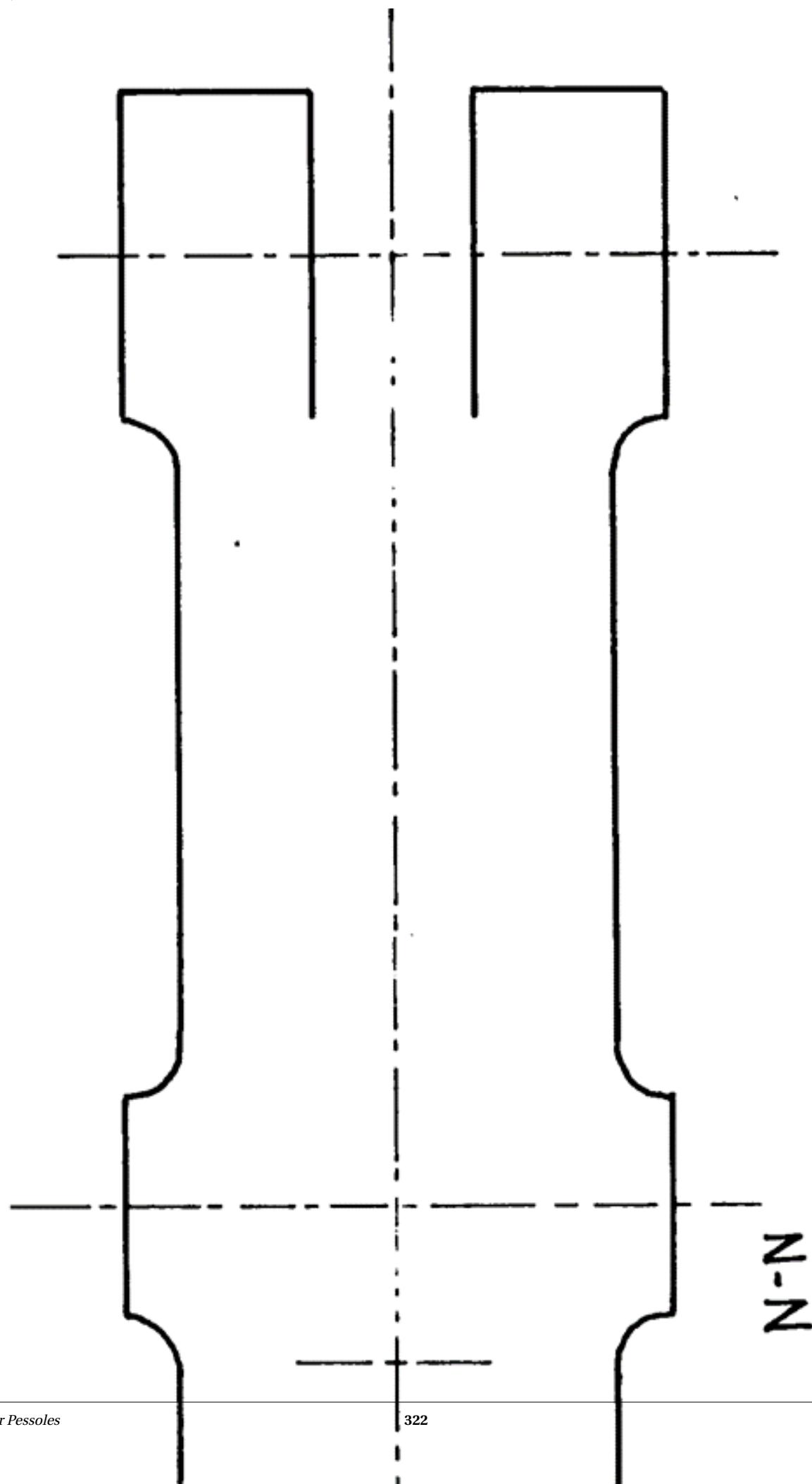
Le corps (2) est représenté en image de synthèse sous plusieurs angles.



Question 7 Compléter le dessin du corps (2) sur le document pré-imprimé.



DDS



5.2.6 Utiliser un vocabulaire technique, des symboles et des unités adéquats.

DDS

Chapitre 6

Concevoir

6.1 Concevoir l'architecture d'un système innovant

6.1.1 Proposer une architecture fonctionnelle et organique.

6.2 Proposer et choisir des solutions techniques

6.2.1 Modifier la commande pour faire évoluer le comportement du système.