

DS 1

Moto de trial électrique Electric Motion EM 5.7
Robot MIR : Machine d'inspection des réacteurs rapides

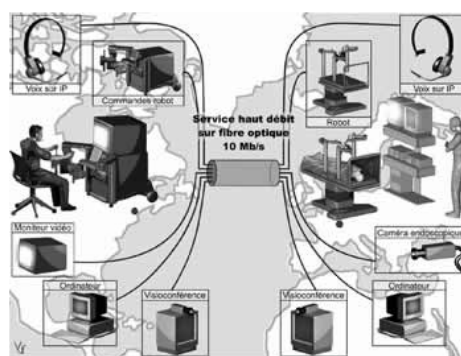
E3A MP 2016 & 2012

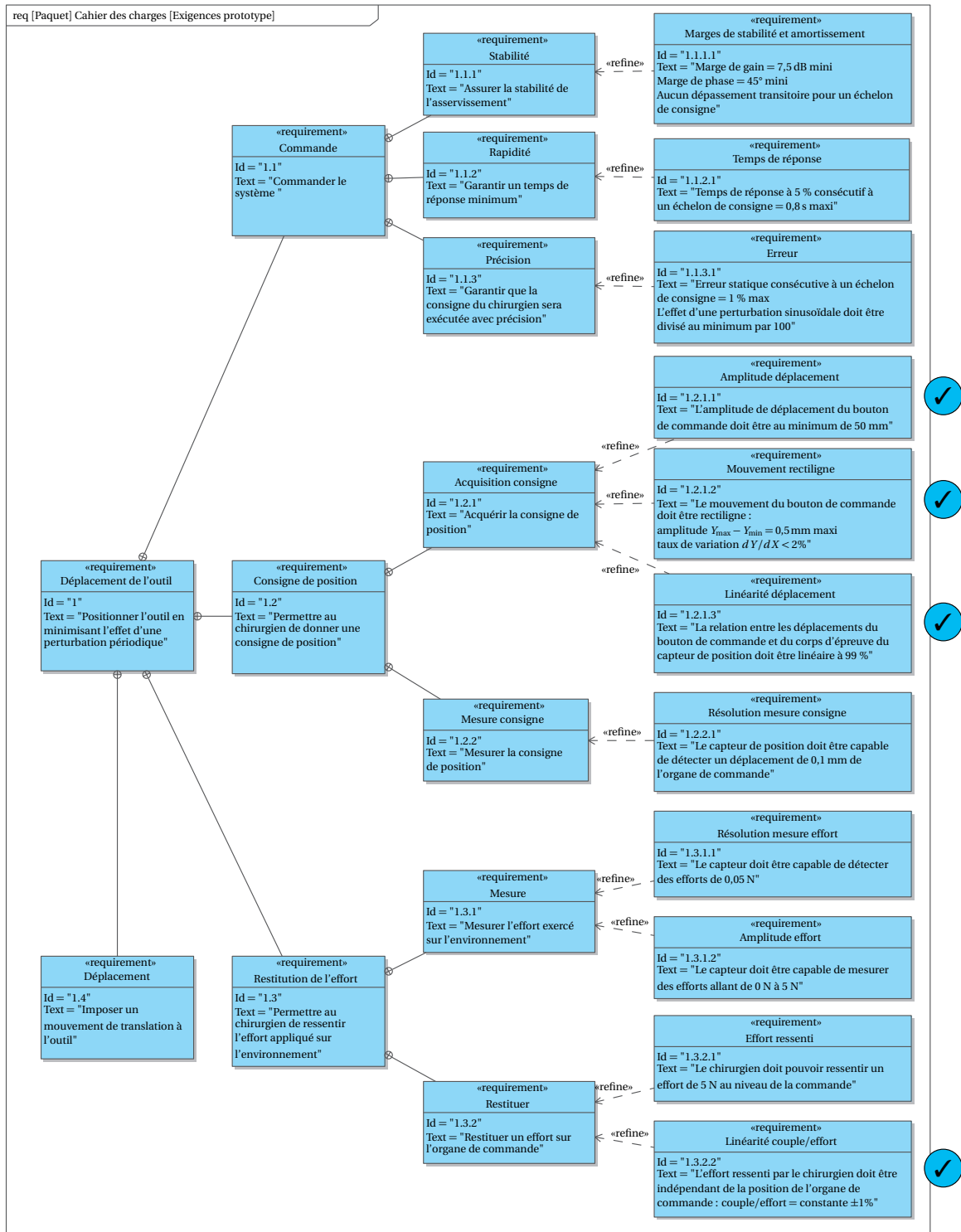
*Savoirs et compétences :***1 Détermination des performances d'un système de téléchirurgie robotisée au contact d'organes mobiles.**

La téléopération consiste à utiliser deux dispositifs robotisés, le robot-maître est manœuvré par le chirurgien et le robot-esclave est au contact de l'organe à opérer.

Cahier des charges

Les exigences validées précédemment sont représentées sur la figure ci-dessous.





Problème posé

Objectif Le modèle du système a été mis en place précédemment. L'objectif de cette étude est de concevoir et valider une commande permettant de rejeter une perturbation périodique.

1.1 Modéliser la commande

La modélisation de la commande est donnée par le schéma-blocs figure suivante.

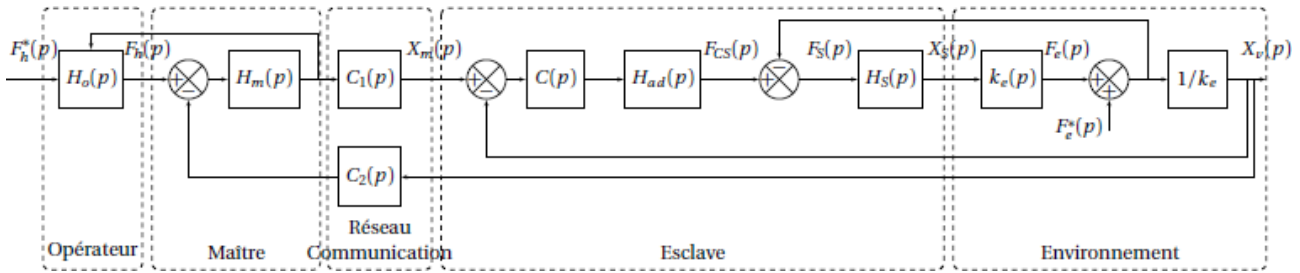
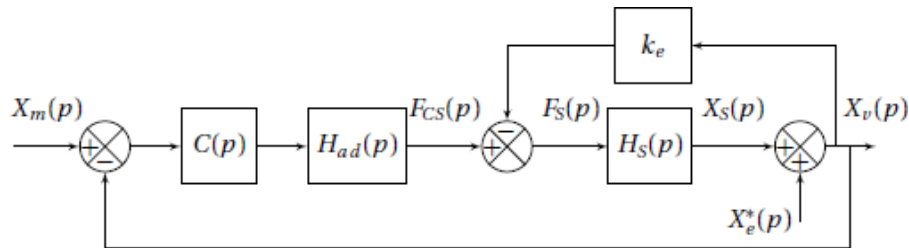


Schéma-blocs simplifié de la commande.

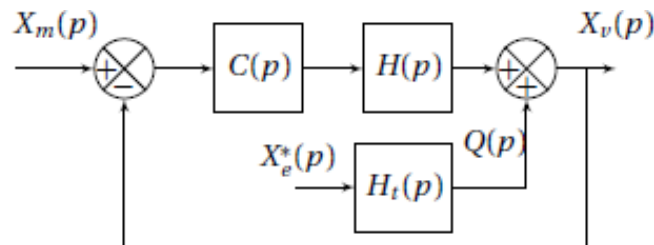
Ainsi, la modélisation permettant de relier la consigne $x_m(t)$ issue du dispositif-maître au déplacement $x_v(t)$ de l'organe terminal est représentée par le schéma-blocs suivant.



On a :

- $H_{ad}(p) = k_a = 1 \text{ N m}^{-1}$ permet d'adapter la consigne position en consigne force;
- $H_S(p) = \frac{X_S(p)}{F_S(p)} = \frac{k_s}{p(m_s p + b_s)}$ avec $k_s = 1 \text{ m N}^{-1}$, $m_s = 0.152 \text{ kg}$ et $b_s = 1.426 \text{ N s m}^{-1}$;
- $k_e = 200 \text{ N m}^{-1}$.

Question 1 Simplifier le schéma-blocs précédent pour lui donner la forme illustrée par la figure suivante. Exprimer $H_t(p)$ et $H(p)$ en fonction de k_e , k_a et $H_S(p)$.



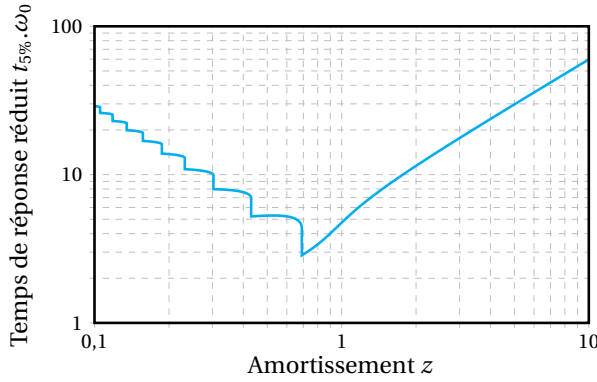
Modélisation simplifiée du dispositif-esclave.

Pour la suite du problème, on prendra $H(p) = \frac{1}{m_s p^2 + b_s p + k_e}$.

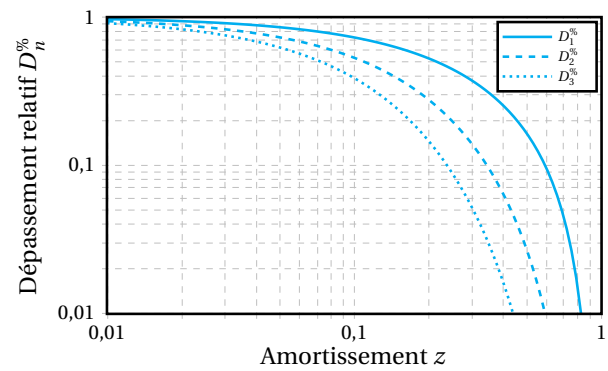
1.2 Caractériser les performances du système sans correction : $C(p) = 1$

L'objectif de cette partie est d'identifier les performances non satisfaites afin de choisir un correcteur adapté.

Question 2 Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée (avec une perturbation nulle : $X_e^*(p) = 0$) : $F_{BF1}(p) = \frac{X_v(p)}{X_m(p)}$, puis la mettre sous forme canonique de façon à identifier les paramètres caractéristiques : gain statique (K), pulsation propre (ω_0) et coefficient d'amortissement (z). Faire l'application numérique.



Abaque du temps de réponse réduit



Abaque des dépassements relatifs

Question 3 En vous aidant des abaques de la figure précédente, vérifier les exigences « stabilité » (uniquement l'amortissement), « rapidité » et « précision » (uniquement l'erreur statique).

1.3 Caractériser les performances du système avec correction intégrale : $C(p) = \frac{K_i}{p}$

L'objectif est de vérifier la capacité d'une correction intégrale à atteindre les exigences.

Question 4 Les résultats d'une simulation pour un gain $K_i = 100$ sont donnés sur le document réponse. Vérifier les exigences « stabilité », « rapidité », « précision » (uniquement l'erreur statique) et compléter le tableau.

Question 5 Pour améliorer la rapidité, il faut augmenter le gain K_i . Déterminer la valeur K_{imax} du coefficient K_i qui permet de respecter les deux marges de stabilité.

Question 6 En analysant la courbe du document réponse, compléter le tableau puis conclure sur la capacité du correcteur à valider simultanément les exigences de « stabilité » et de « rapidité ».

Question 7 Le diagramme de Bode de la figure suivante représente la réponse fréquentielle (courbe de gain uniquement) de la fonction $F_{BF2}(j\omega) = \frac{X_v(j\omega)}{X_e^*(j\omega)}$ pour $K_i = K_{imax}$. Quelle sera l'atténuation minimale $|F_{BF2}(j\omega)|_{min}$ de la perturbation x_e^* (en %) sur l'intervalle $[1,25 \text{ rad s}^{-1}; 12,5 \text{ rad s}^{-1}]$. Conclure sur la validation de l'exigence de « précision ».

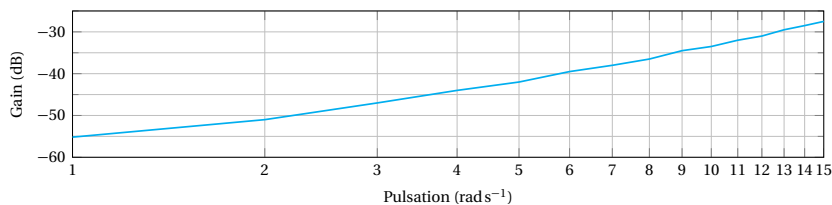
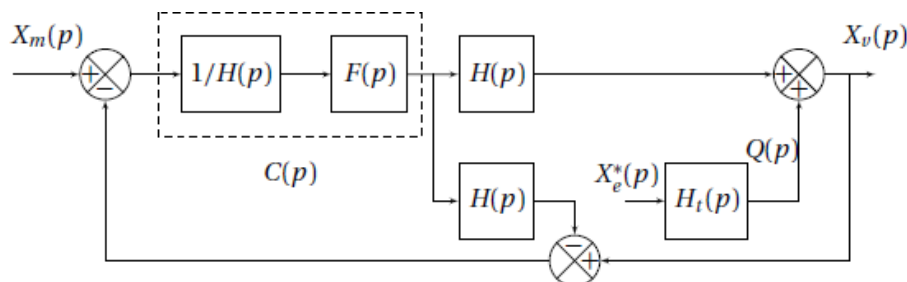


Diagramme de Bode du système sollicité uniquement par la perturbation sinusoïdale.

1.4 Caractériser les performances du système avec correction IMC

L'objectif est d'améliorer la rapidité tout en atténuant la perturbation sinusoïdale.

Pour améliorer l'atténuation de la perturbation sinusoïdale, il est possible de changer la structure de l'asservissement et d'opter pour une correction IMC (Internal Model Corrector) dont le schéma-blocs est donné ci-dessous.



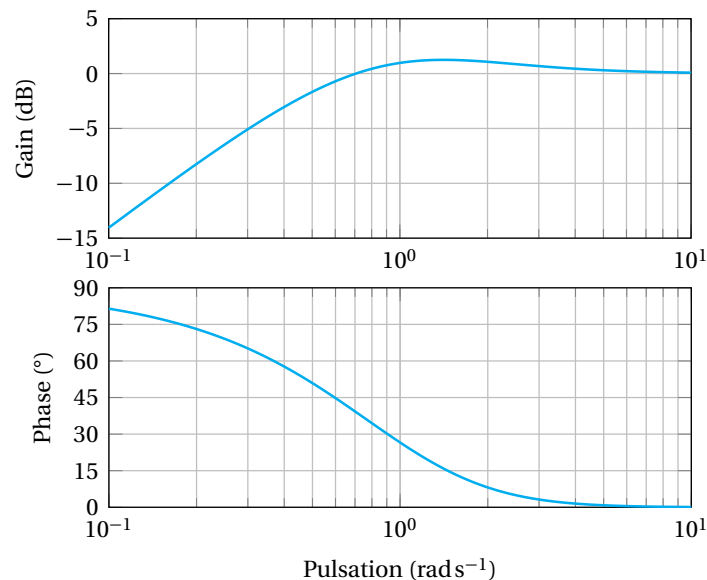
Modélisation avec correcteur IMC.

Avec $F(p)$ la fonction de transfert d'un filtre de la forme $F(p) = \frac{1}{(1+Tp)^2}$ et la fonction de transfert $H(p) = \frac{1}{m_s p^2 + b_s p + k_e}$.

La grandeur de sortie $X_v(p)$ peut s'exprimer par l'équation :

$$X_v(p) = A(p)X_m(p) + B(p)Q(p) \text{ avec } A(p) = \frac{1}{(1+Tp)^2} \text{ et } B(p) = \frac{Tp(2+Tp)}{(1+Tp)^2}.$$

Question 8 Indiquer s'il faut augmenter ou diminuer la valeur de T pour améliorer le temps de réponse consécutif à un échelon de consigne $x_m(t) = x_0$ (on prendra $Q(p) = 0$ pour cette question). Justifier votre réponse. En déduire la valeur limite de T permettant de satisfaire l'exigence de « rapidité ».

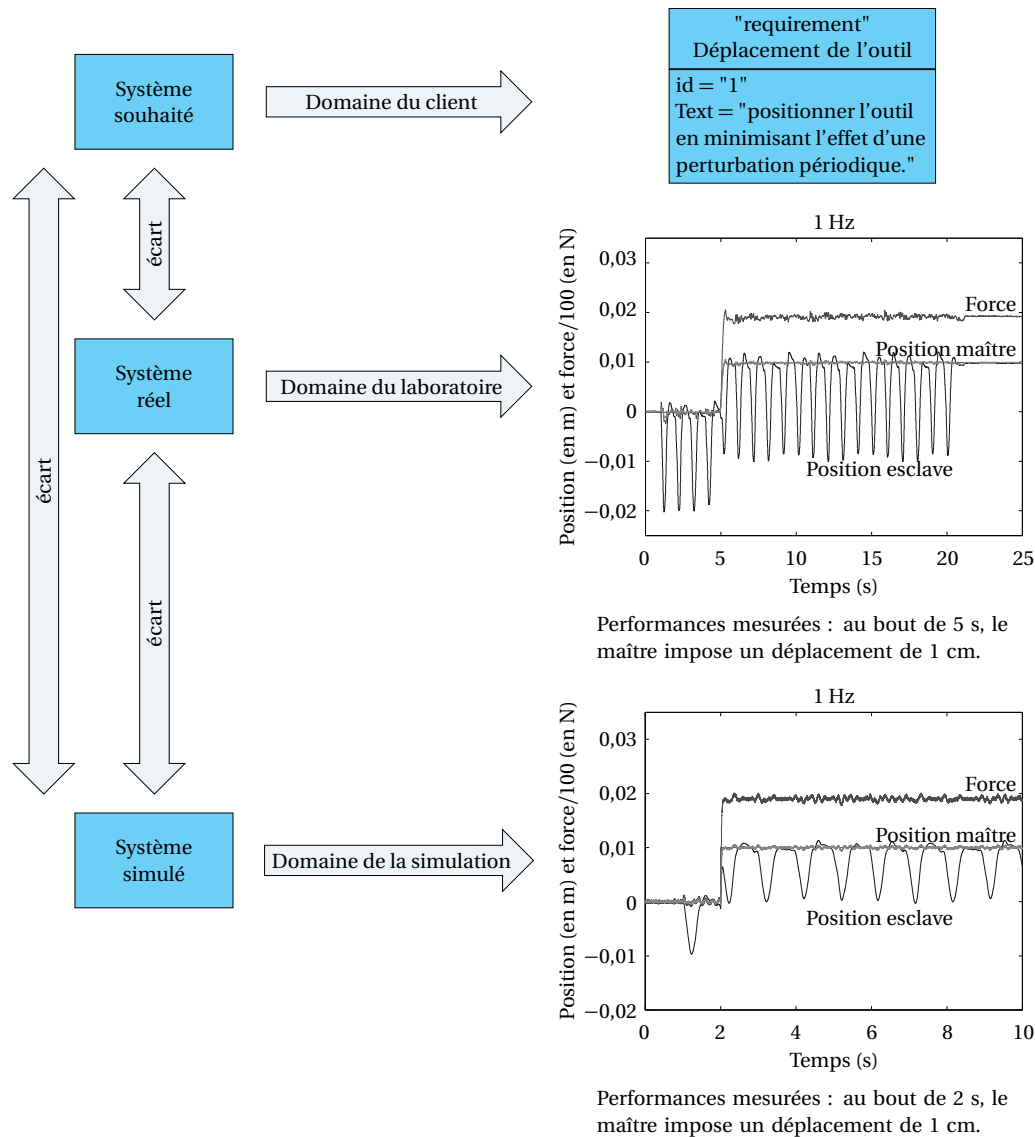


Réponse fréquentielle de $B(j\omega)$.

Question 9 Le diagramme de Bode de $B(j\omega)$ pour $T = 1$ s est donné ci-dessus. Indiquer s'il faut augmenter ou diminuer la valeur de T pour minimiser l'effet de la perturbation sur l'intervalle $[1.25 \text{ rad s}^{-1}; 12.5 \text{ rad s}^{-1}]$. Justifier votre réponse. En déduire la valeur limite de T permettant de satisfaire l'atténuation de la perturbation liée à l'exigence de « précision » sur cet intervalle.

Retour sur le cahier des charges

Question 10 Les courbes figure suivante montrent la réponse mesurée sur la maquette et le résultat provenant du calcul sur le modèle obtenu. Conclure sur les écarts.



Synthèse.

2 Moto de trial électrique

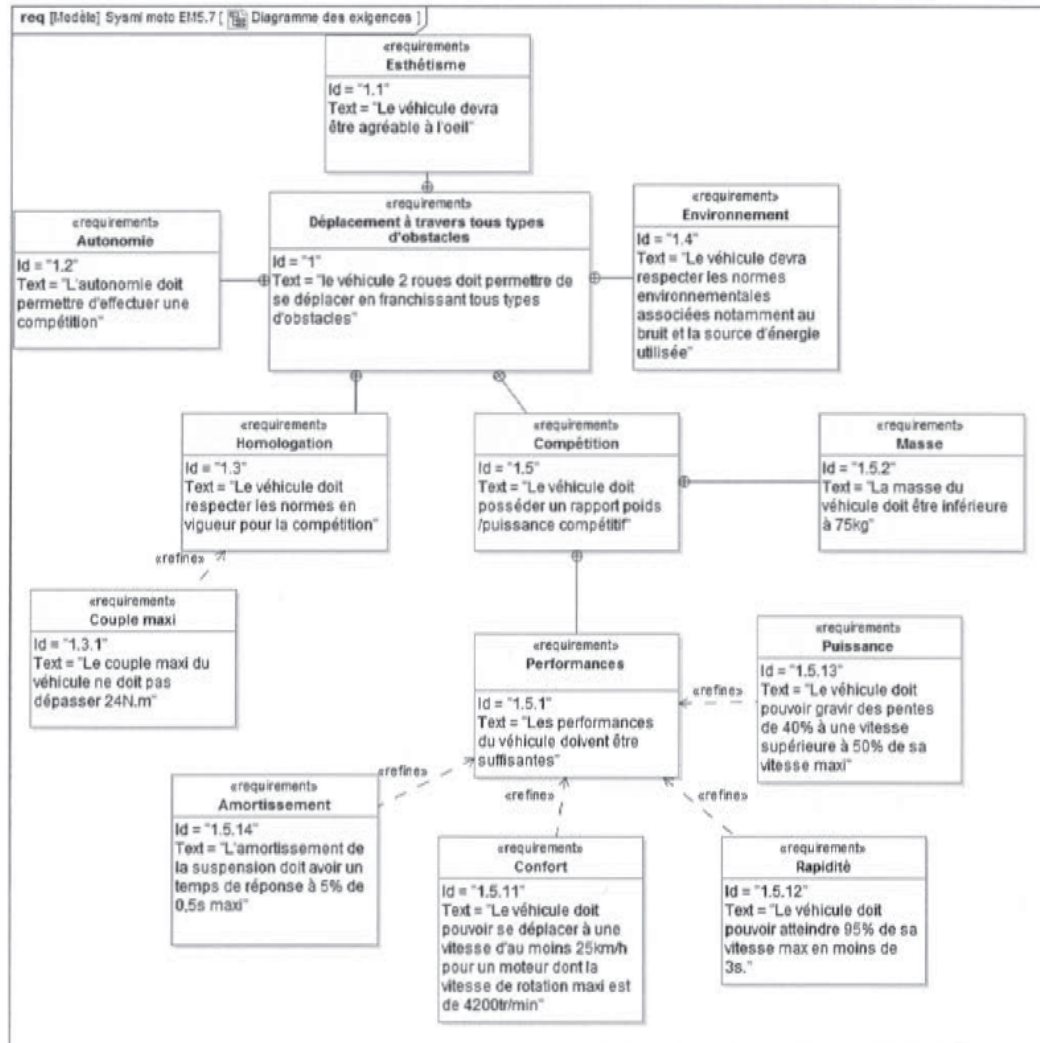
2.1 Mise en situation

2.1.1 Présentation

La motorisation électrique fait désormais partie intégrante du paysage des deux-roues motorisés. À l'image de l'industrie automobile, la propulsion électrique est le nouveau cheval de bataille de nombreux constructeurs de 2 roues, voire l'unique alternative aux soucis de pollution qu'elle soit chimique ou sonore. La culture d'entreprise d'Electric-Motion est essentiellement tournée vers l'électrique. À l'heure actuelle l'offre moto électrique est réduite et les gammes sont plus que restreintes. Electric-Motion étend la gamme des possibilités offertes aux amateurs de 2 roues en proposant un modèle trial aux adeptes de « green motorcycle ».



2.1.2 Extrait des exigences fonctionnelles

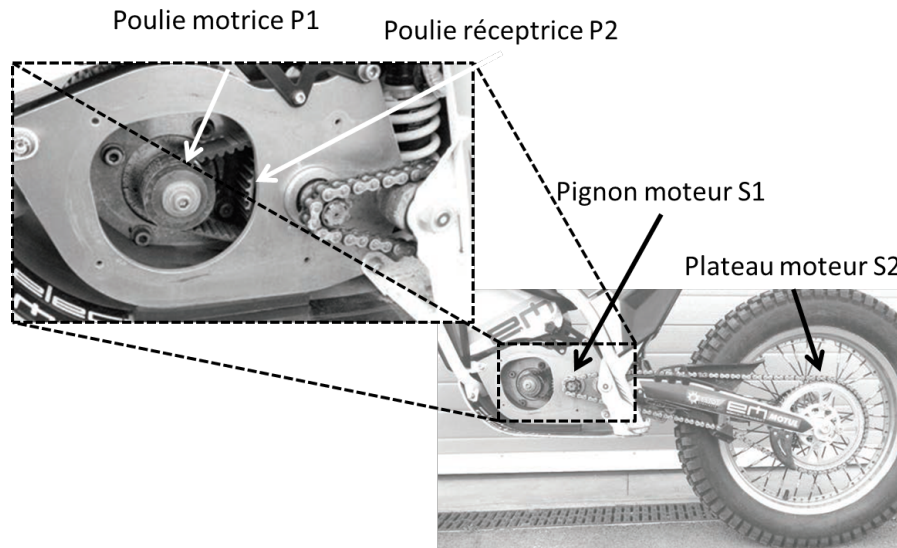


2.2 Vérification de la vitesse de la moto

Objectif Bien que la moto soit un modèle trial, une vitesse minimale doit être atteinte pour un minimum de confort lors des courts déplacements. Nous allons vérifier cette performance.

La moto est équipée de 2 transmissions en série, la transmission primaire par courroie crantée, et la transmission secondaire par chaîne. Les caractéristiques des transmissions sont données dans le tableau suivant :

Courroie primaire	$Z_{P1} = 20$ dents	$Z_{P2} = 44$ dents
Chaîne secondaire	$Z_{S1} = 9$ dents	$Z_{S2} = 57$ dents



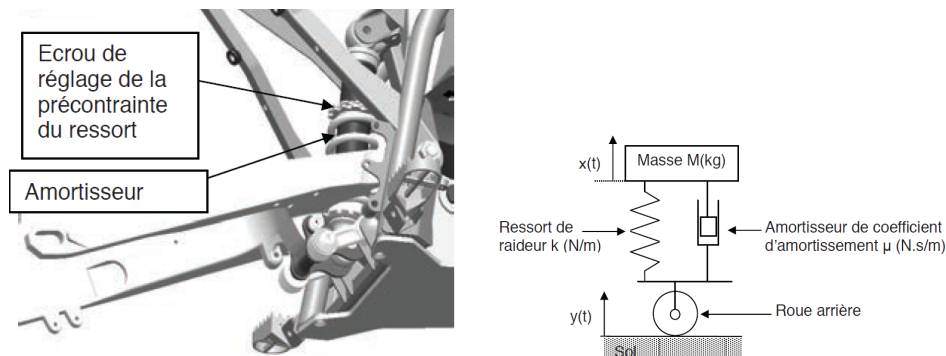
Le rayon de la roue arrière est $R_1 = 345\text{ mm}$ (pneu compris). La fréquence de rotation maxi du moteur vaut : $N_{\max} = 4200\text{ tr/min}$.

Question 11 Déterminer la vitesse de la moto en m/s puis en km/h , conclure vis-à-vis des exigences fonctionnelles.

2.3 Vérification des performances de la suspension

Objectif Justifier le choix par le constructeur de l'amortisseur arrière et de son réglage.

La figure ci-dessous représente une vue CAO de la suspension et le modèle retenu pour l'amortisseur.



On suppose que l'origine de $x(t)$ correspond à la situation où la moto roule avec un pilote dessus, en l'absence de défaut de la route. $y(t)$ caractérise le profil de la route. L'équation de la résultante dynamique appliquée à la masse donne donc :

$$M\ddot{x}(t) = -k(x(t) - y(t)) - \mu(\dot{x}(t) - \dot{y}(t)).$$

On notera $f(t)$ en temporel et $F(p)$ sa transformée dans le domaine de Laplace.

Question 12 Exprimer la fonction de transfert de l'amortisseur $H(p) = \frac{X(p)}{Y(p)}$ sous forme canonique.

Pour la suite, on néglige le terme en p du numérateur.

Question 13 Déterminer la pulsation propre du système ω_0 , le gain K_a et le facteur d'amortissement z en fonction de M , k et μ .

Lors de l'étude de l'équilibre de la moto, la masse de l'ensemble est répartie équitablement entre la roue avant et la roue arrière. On donne la masse $M = 70\text{ kg}$ de l'ensemble comprenant la moitié de la masse moto+pilote, et la raideur du ressort $k = 70000\text{ N/m}$.

Question 14 Choisir le coefficient d'amortissement μ pour avoir un temps de réponse à 5% minimal.

2.4 Réponse de la suspension à un obstacle

La moto rencontre un obstacle modélisé par un échelon y_0 de 50 mm du profil de la route. On cherche à en tracer la réponse.

Données numériques : on donne $M = 70 \text{ kg}$, $k = 70\,000 \text{ N/m}$ et $\mu = 3000 \text{ Ns/m}$.

$$M\ddot{x}(t) = -k(x(t) - y(t)) - \mu(\dot{x}(t) - \dot{y}(t)) + k y_0.$$

Question 15 Déterminer a , b et c numériquement tel que : $\ddot{x}(t) = a\dot{x}(t) + bx(t) + c$.

2.5 Influence de la pente sur la vitesse maximale de la moto

Objectif Modélisation du système de motorisation et influence de la pente sur l'accélération et la vitesse maximale.

Composant	Données		
Moto + Utilisateur	$Mmu = 170 \text{ kg}$		
Roue AV	Inertie : $J_{av} = 0.8 \text{ kgm}^2$	Diamètre : 690 mm	
Roue AR	Inertie : $J_{ar} = 0.3 \text{ kgm}^2$	Diamètre : 690 mm	
Rotor	Inertie : $J_r = 0.006 \text{ kgm}^2$	Diamètre : 155 mm	
Arbre intermédiaire	Inertie : $J_{int} = 0.0017 \text{ kgm}^2$		
Courroie primaire :	$Z_{p1} = 20$	$Z_{p2} = 44$	Rapport de transmission : $K1 = 0.45$
Chaîne secondaire :	$Z_{s1} = 9$	$Z_{s2} = 57$	Rapport de transmission : $K2 = 0.16$
Moteur synchrone, assimilable à un MCC :	$R_m = 0,15 \Omega$ $L_m = 60 \text{ mH}$ Constantes du moteur : $K_e = 0.12 \text{ V/rad/s}$ $K_m = 0.12 \text{ Nm/A}$ $K = K_m = K_e$	Intensité maxi : 100A en régime permanent 220A en pic	$U = 48 \text{ V}$
Batterie :	$I_{\text{max}} = 220 \text{ A}$ $U = 48 \text{ V}$		

Le pilote demande une consigne en tension U_c au moteur à l'aide de la poignée d'accélérateur (comprise entre 0 et 48V). Le moteur va donc créer sur la poulie P1 un couple C_m . On souhaite connaître la vitesse à laquelle peut aller la moto en fonction de la pente. On aura donc, une

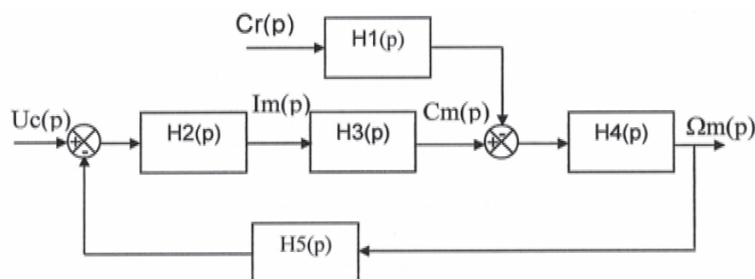
On se placera dans différents cas :

- sur le plat : $Cr = 0 \text{ Nm}$;
- sur une faible pente (20%) : $Cr = 110 \text{ Nm}$;
- sur une forte pente (40%) : $Cr = 210 \text{ Nm}$.

Hypothèses :

- on suppose que les roues de la moto restent en contact avec le sol, sans glisser ;
- on appelle l'ensemble $\Sigma = \{\text{Moto} + \text{Pilote} + \text{roue AV} + \text{roue AR} + \text{Arbre intermédiaire} + \text{Rotor}\}$.

Le schéma-blocs suivant modélise la commande en vitesse du moteur :



En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, on obtient : $J_{eq}\dot{\omega}_m = C_r K_1 K_2 + C_m$.

Question 16 En déduire les fonctions de transfert $H4(p)$ et $H1(p)$ littéralement.

Pour la suite du sujet, on prendra $J_{eq} = 0,1 \text{ kg.m}^2$. On assimile ce moteur brushless à un moteur à courant continu. Les équations du comportement du moteur sont donc :

$$u_m(t) = R_m i_m(t) + L_m \frac{di_m(t)}{dt} + e(t) \quad e(t) = K_e \omega_m(t) \quad C_m(t) = K_m i(t)$$

Question 17 En déduire les fonctions de transfert : $H_2(p)$, $H_3(p)$ et $H_5(p)$.

Question 18 Montrer que l'on peut écrire $\Omega_m(p)$ sous la forme : $\Omega_m(p) = H_u(p)U_c(p) - H_{Cr}(p)Cr(p)$. Pour cela, expliciter $H_{Cr}(p)$ et $H_u(p)$ en fonction des $H_1(p)$, $H_2(p)$, ... $H_5(p)$.

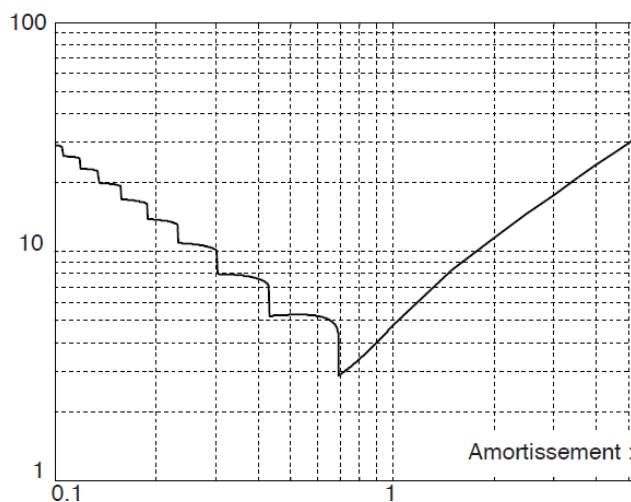
Question 19 Dans le cas où $Cr(p) = 0$, déterminer la fonction de transfert du moteur en Boucle Fermée $H_U(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_c(p)}$ sous la forme $H_u(p) = \frac{K_v}{1 + \frac{2z}{\omega_0}p + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$.

Question 20 Calculer les valeurs littérales de K_v , z et ω_0 , puis faire l'application numérique.

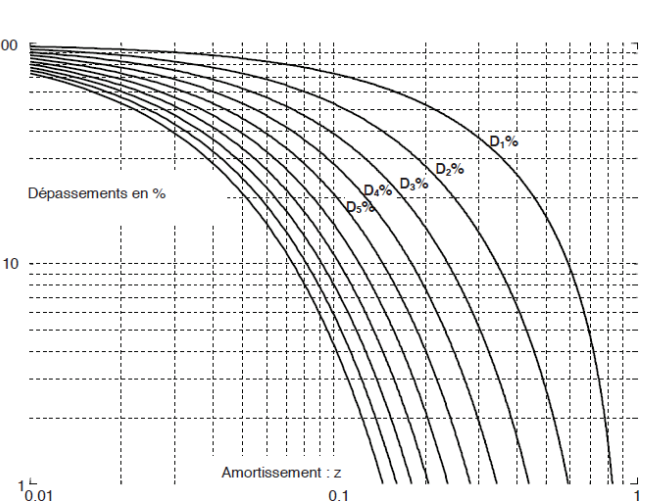
Pour la suite on prendra des valeurs suivantes : $z = 0,8$ et $\omega_0 = 1.55 \text{ rad/s}$.

Question 21 De quel ordre est ce système? Calculer le temps de réponse à 5% et la valeur du premier dépassement de ce système à l'aide des abaques fournis ci-dessous. Conclure vis-à-vis des exigences fonctionnelles.

Temps de réponse réduit : $T_{R5\%} \cdot \omega_0$



Dépassements relatifs d'un second ordre pseudo-périodique : $D_k\%$



On rappelle la relation de la pseudo-période T d'une réponse indicielle d'un système de second ordre : $T = \frac{2\pi}{\omega_0 \sqrt{1-z^2}}$.

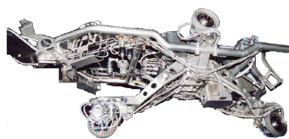
Question 22 Compléter sur le document réponse la courbe de réponse en vitesse pour un $Cr = 0 \text{ Nm}$ en indiquant sur la courbe les tangentes, le temps du 1^{er} dépassement, le premier dépassement, et le $Tr_{5\%}$.

On a sur la courbe du document réponse, la réponse à un échelon de commande (accélérateur à fond) de la moto qui roule à plat et pour 2 pentes différentes (20% et 40%).

Question 23 Le temps d'accélération est-il changé? Sur quelle valeur influence ce changement de pente? Conclure vis-à-vis des exigences fonctionnelles.

3 Robot MIR : Machine d'inspection des réacteurs rapides

3.1 Mise en situation



Le robot MIR développé pour la vérification des cuves de Superphenix doit être adapté pour le contrôle d'une nouvelle génération de réacteurs à neutrons rapides. L'objectif du robot MIR est de :

- assurer le contrôle surfacique télévisuel des soudures des deux cuves et des zones adjacentes;
- assurer le contrôle volumique par ultrasons des soudures de la cuve principale et des zones adjacentes. Une possibilité était offerte d'effectuer ce contrôle sur la cuve de sécurité;
- mesurer en permanence la distance entre les deux cuves.

Le robot MIR est un véhicule motorisé composé d'un châssis tubulaire, de quatre bras articulés et des composants nécessaires à la mise en œuvre des contrôles et mesure. La structure est en acier inoxydable. La masse est d'environ 180 kg.

À l'extrémité de chaque bras, se trouve une roue motorisée en rotation et en direction. Il y a donc au total 4 roues qui servent d'appui contre les parois de cuve (principale et de sécurité).

Sur la partie inférieure, sont situés le mini bac d'inspection et son système de plaquage. Ce sous-ensemble constitue le dispositif d'inspection proprement dit. Le rôle dévolu au reste du robot étant de positionner le mini bac d'inspection au droit de la soudure à contrôler. La chaîne d'énergie associée au déplacement Chaque roue utilise un module de déplacement. Il y a quatre modules de déplacement sur le robot MIR, pilotant le déplacement. Chaque module est composé d'un corps, d'une roue, du motoréducteur de traction, du motoréducteur d'orientation et du potentiomètre d'orientation. La roue est la pièce tournante en contact avec les parois de la cuve. La surface extérieure torique est revêtue d'une couche mince de carbure de tungstène déposé par projection plasma. Ce revêtement est très tenace et présente l'avantage d'avoir un coefficient de frottement sur l'acier inoxydable élevé ($f \geq 0,5$).

3.2 Étude de la fonction : Synchroniser les vitesses des roues

On se place au niveau de l'arbre moteur avant réduction, couples et vitesses ramenées sur l'arbre moteur.

Objectif Synchroniser les vitesses des roues.

La synchronisation automatique de la vitesse des quatre roues est basée sur la parfaite réversibilité de la transmission des efforts de la roue vers le réducteur puis le moteur.

Ceci se concrétise par le fait que, pour une consigne de vitesse donnée, le contrôle-commande envoie la même tension aux bornes des quatre moteurs. La synchronisation s'effectue alors par les variations imposées au courant moteur.

Par exemple si un motoréducteur a tendance à induire une vitesse supérieure à celle imposée par le déplacement de l'engin, cette tendance se traduit par un couple moteur plus grand, donc par une augmentation de l'intensité qui induit elle-même une diminution de la vitesse jusqu'à la valeur permise.

Ce principe qui permet un contrôle-commande relativement simple exige en contrepartie une réversibilité parfaite de fonctionnement du réducteur, toute dégradation de cette réversibilité entraînant rapidement un fonctionnement chaotique de l'engin.

Dans une première approche, on ne s'intéresse qu'aux roues inférieures **SA** et **SB**.

Les roues **SA** et **SB** sont munies des mêmes motoréducteurs avec les mêmes moteurs à courant continu. Elles sont commandées en tension sur l'induit. Les circuits d'induit ont la même résistance R et une inductance négligeable.

On s'intéresse d'abord au moteur de la roue **SA** seule.

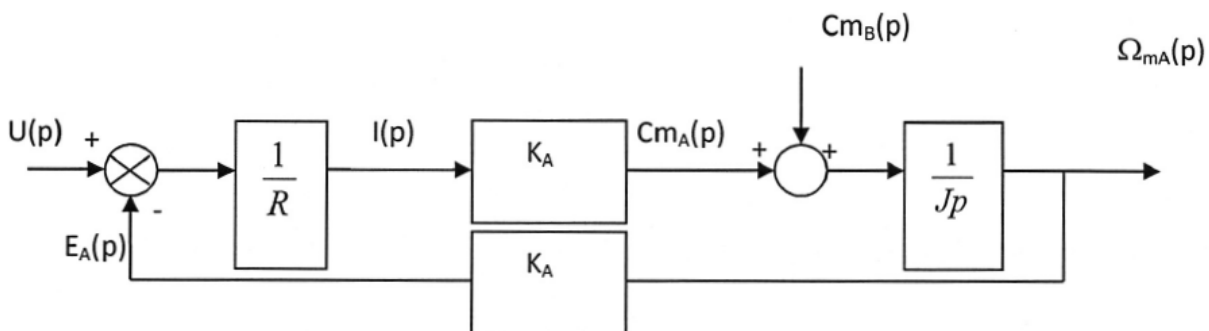
On notera :

- $\omega_{mA}(t)$: vitesse angulaire de rotation à la sortie du moteur, avant réduction (en rads^{-1});
- $c_{mA}(t)$: couple exercé par le moteur de la roue **SA** sur l'arbre moteur en N.m ;
- $c_{mB}(t)$: couple exercé par le moteur de la roue **SB** sur l'arbre moteur en N.m ;
- J : moment d'inertie équivalent en kgm^2 .

Rappelons les équations régissant le moteur :

- équations électriques (en négligeant l'effet de l'inductance) : $u(t) = Ri_A(t) + e_A(t)$;
- équation mécanique issue de l'étude précédente, ramenée à l'arbre moteur de la roue **SA** : $c_{mA}(t) + c_{mB}(t) = J \frac{d\omega_{mA}(t)}{dt}$;
- équations électromécaniques : $e_a(t) = K_A \omega_{mA}(t)$ et $c_{mA}(t) = K_A i_A(t)$.

L'entrée du système est la tension de commande appliquée aux bornes du moteur, la sortie est la vitesse de rotation de la roue **SA**, on peut modéliser le système à l'aide du schéma bloc suivant :



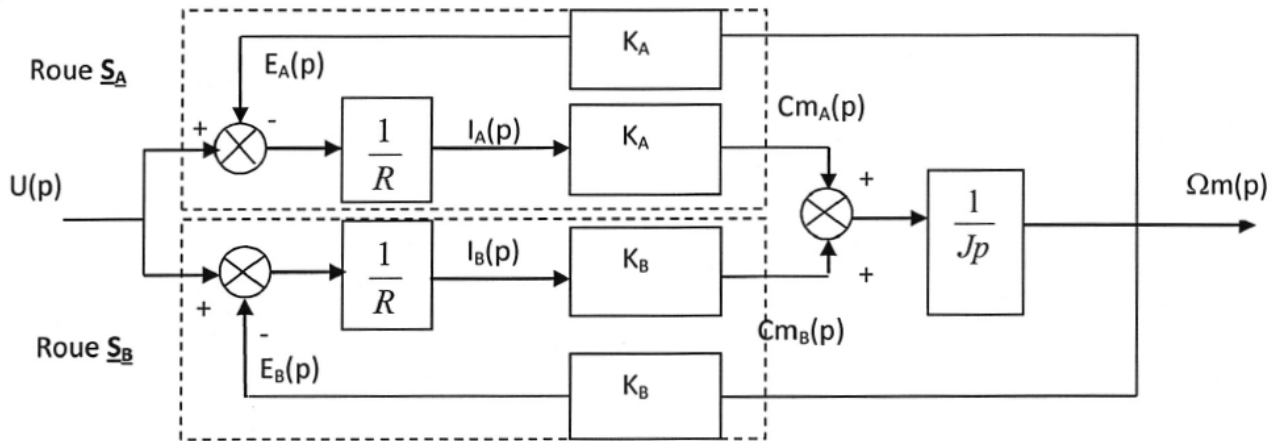
Question 24 Exprimer la fonction de transfert $\frac{\Omega_{mA}(p)}{U(p)}$ lorsque $C_{mB}(p) = 0$ et la mettre sous forme canonique.

Question 25 Exprimer quelle serait la valeur finale de la vitesse de rotation du moteur raccordé à la roue **SA**, notée ω_{mAf0} si on considère que $C_{mb}(p) = 0$, et ceci pour une entrée modélisée par un échelon de tension d'amplitude u_0 .

Question 26 Exprimer la fonction de transfert $\frac{\Omega_{ma}(p)}{C_{mb}(p)}$ lorsque $U(p) = 0$ et la mettre sous forme canonique.

Si les deux roues fonctionnent à la même vitesse, on a la structure du schéma bloc de la figure 10 pour chacune des deux roues.

Mais si les moteurs ont une légère différence, par exemple la constante électromécanique K_A et K_B , les 2 roues prendraient des vitesses différentes. Mais contraintes par le châssis et l'adhérence aux parois à tourner à la même vitesse (en ligne droite), elles exercent l'une sur l'autre un effort qu'on peut ramener à l'arbre moteur sous forme d'un couple supplémentaire C_{mB} sur la roue **SA**, et C_{mA} sur la roue **SB**. On a alors le schéma suivant :



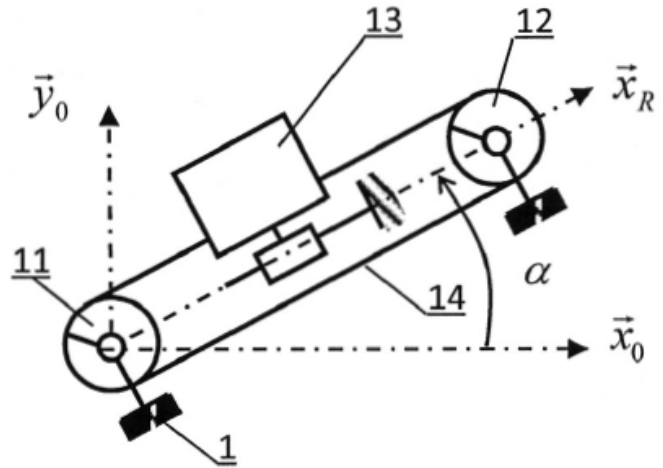
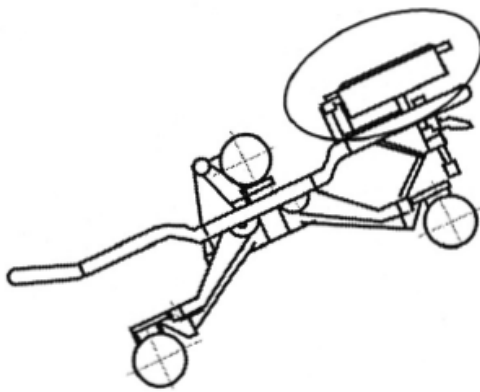
Question 27 Exprimer la fonction de transfert globale sous forme canonique : $\frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$.

Question 28 Si l'entrée est un échelon de tension d'amplitude u_0 , calculer la valeur finale de la vitesse de rotation de chacun des moteurs, notée ω_{finale} . Conclure quant à la possibilité d'avoir roulement sans glissement entre chacune des roues et les cuves.

4 Étude de la fonction Ft12 : Déplacer le transducteur à vitesse constante

Le robot MIR étant à l'arrêt entre les deux cuves, le mini bac est plaqué contre la paroi de la cuve à contrôler. Pour l'inspection des soudures, le transducteur 13 (capteur de l'état des soudures) doit se déplacer à l'intérieur du mini bac d'inspection à vitesse constante. Le mini bac est rempli d'un fluide visqueux. L'inspection peut avoir lieu pour n'importe quelle position du robot MIR, donc l'angle α qui caractérise la direction du déplacement du transducteur par rapport à l'horizontale, est susceptible de prendre toute valeur comprise entre $-\pi/2$ (robot tête en bas) et $\pi/2$ (robot tête en haut). Afin de garantir la qualité des résultats de mesure, le transducteur doit donc se déplacer à une vitesse V_0 constante par rapport à la paroi, et ceci pour toute valeur de l'angle α .

Objectif Qualifier la précision statique du système et définir les améliorations à apporter.



L'objectif de cette partie est de dimensionner le correcteur nécessaire au respect d'un écart statique nul, et ceci malgré le caractère variable de l'angle α .

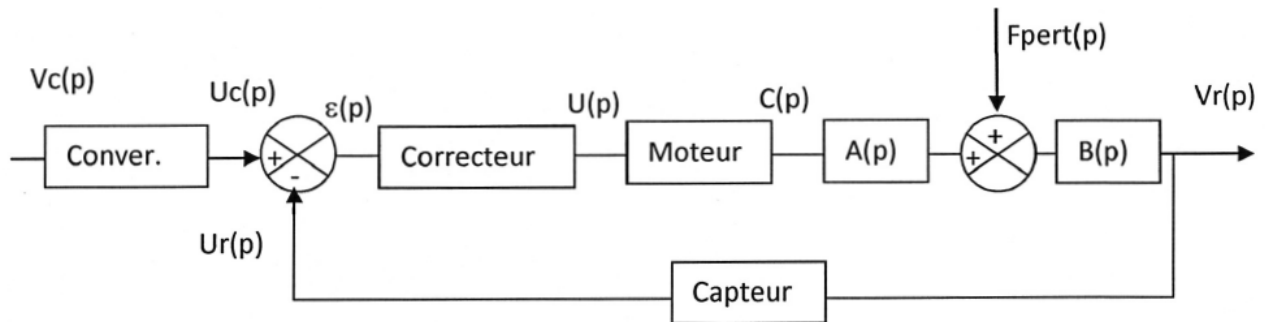
Le transducteur est en liaison glissière de direction \vec{x}_R , avec le corps **1** du robot MIR. La chaîne d'énergie est composée entre autre, d'un actionneur rotatif qui exerce un couple $c(t)$ sur le pignon **11**, qui est en liaison pivot, supposée parfaite, avec le robot MIR. Un système poulies (**11** et **12**) et courroie crantée **14** impose le mouvement de translation au transducteur **13**.

Le comportement dynamique du système est régi par l'équation suivante

$$M_{eq} \frac{dv_r(t)}{dt} = \delta c(t) + \beta v_r(t) + \gamma g$$

On cherche à garantir une vitesse de translation du transducteur **13** égale à la valeur de consigne indépendamment de l'angle α .

Pour cela, on réalise le système bouclé suivant :



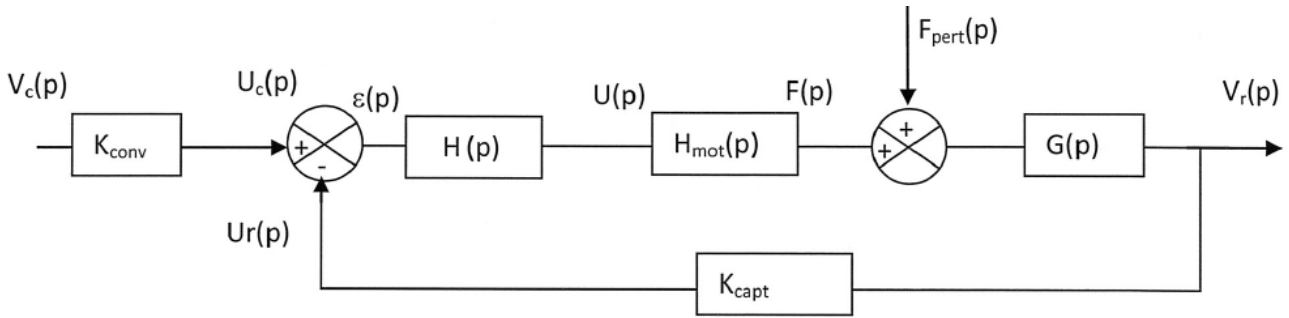
Notations : $V_r(p)$ est la transformée de Laplace de $v_r(t)$ vitesse de translation du transducteur **13**. $F_{\text{pert}}(p)$ est la transformée de Laplace de $f_{\text{pert}}(t)$, avec : $f_{\text{pert}}(t) = -m_t \sin \alpha u(t)$ avec $u(t)$ échelon unitaire.

Question 29 En supposant des conditions initiales nulles, exprimer les fonctions de transfert $A(p)$ et $B(p)$ en fonction entre autres de δ , β et M_{eq} .

Le capteur est modélisé par un gain pur de valeur K_{capt} .

Question 30 En supposant une perturbation nulle, quelle doit être la valeur du gain K_{conv} du convertisseur modélisé par un gain pur, afin que l'écart $\epsilon(t)$ soit nul quand la valeur de la vitesse réelle $v_r(t)$ est égale à la valeur de la consigne $v_c(t)$.

On adopte pour la suite la modélisation suivante :



Avec $H_{mot}(p) = \frac{K_m}{1 + \tau_m p}$, $G(p) = \frac{K}{1 + \tau p}$ et $H(p) = K_{cor}$ fonction de transfert du correcteur.

Question 31 Exprimer les deux fonctions de transfert : $H_1(p) = \left(\frac{V_r(p)}{V_c(p)} \right)_{F_{pert}(p)=0}$ et $H_2(p) = \left(\frac{V_r(p)}{F_{pert}(p)} \right)_{V_c(p)=0}$. en fonction des gains K_{conv} , K_{cor} , et K_{capt} ainsi que des fonctions de transfert $H_{mot}(p)$ et $G(p)$.

Question 32 En supposant que $K_{cor} = 1$ et en indiquant les valeurs remarquables, tracer les diagrammes asymptotiques dans le plan de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte $\frac{U_r(p)}{\varepsilon(p)}$ en utilisant les valeurs numériques suivantes :

$$K_m = 0.1 \text{ NV}^{-1} \quad \tau_m = 0.01 \text{ s} \quad K_{capt} = 50 \text{ Vs m}^{-1} \quad K = 200 \text{ ms}^{-1} \text{ N}^{-1} \quad \tau = 1 \text{ s}$$

Question 33 Déterminer le gain en décibel de la fonction de transfert en boucle ouverte (courbe réelle) pour la pulsation de 100 rad s^{-1} .

On formule l'hypothèse simplificatrice suivante : la phase de la fonction de transfert en boucle ouverte pour une pulsation de 100 rad/s est de -135° .

Question 34 On souhaite une marge de gain 12 dB et une marge de phase de 45° , en utilisant le résultat de la question précédente, déterminer la valeur numérique correspondante de K_{cor} . Commenter la valeur de la marge de gain obtenue ?

Question 35 On impose une vitesse constante en entrée de valeur v_0 ($v_c(t) = v_0 \cdot u(t)$) avec $u(t)$ fonction échelon unitaire de Heaviside. Exprimer l'écart statique en régime permanent en tenant compte de la perturbation (en fonction de l'angle α , de la valeur de K_{cor} et des données).

On souhaite obtenir une vitesse de translation indépendante de l'inclinaison. Pour toute la suite du sujet, on installe un correcteur intégral du type $\frac{K_c}{p}$, placé au début de la chaîne d'action.

Question 36 On impose de nouveau une vitesse constante en entrée de valeur v_0 ($v_c(t) = v_0 \cdot u(t)$); exprimer l'expression du nouvel écart statique en régime permanent (en fonction de l'angle α et des données). Pouvait-on prévoir ce résultat ?