

SYSTÈMES LINÉAIRES CONTINUS ET INVARIANTS

TD

CPGE

 Compétences visées: A3-12, B1-02, B2-04, B2-05, B2-06
 Séquence 6 - Systèmes linéaires continus et invariants

v1

Lycée Jean Zay - 21 rue Jean Zay - 63300 Thiers - Académie de Clermont-Ferrand

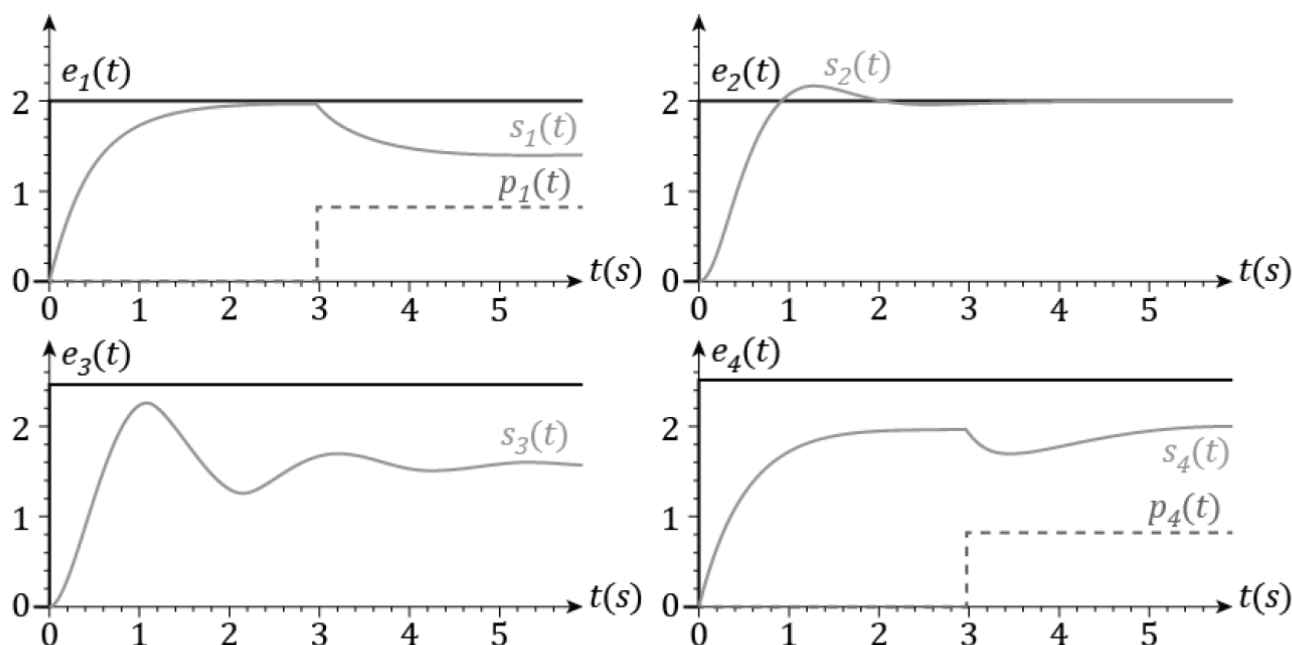
STRUCTURE ET PERFORMANCE DES SYSTÈMES ASSERVIS

Exercice 1 - Évaluation des performances

Les quatre graphes ci-dessous montrent la réponse $s(t)$ de différents systèmes à une consigne $e(t)$ et éventuellement à une perturbation $p(t)$.

Q1 Déterminer pour chacun des graphes les performances atteintes en termes de :

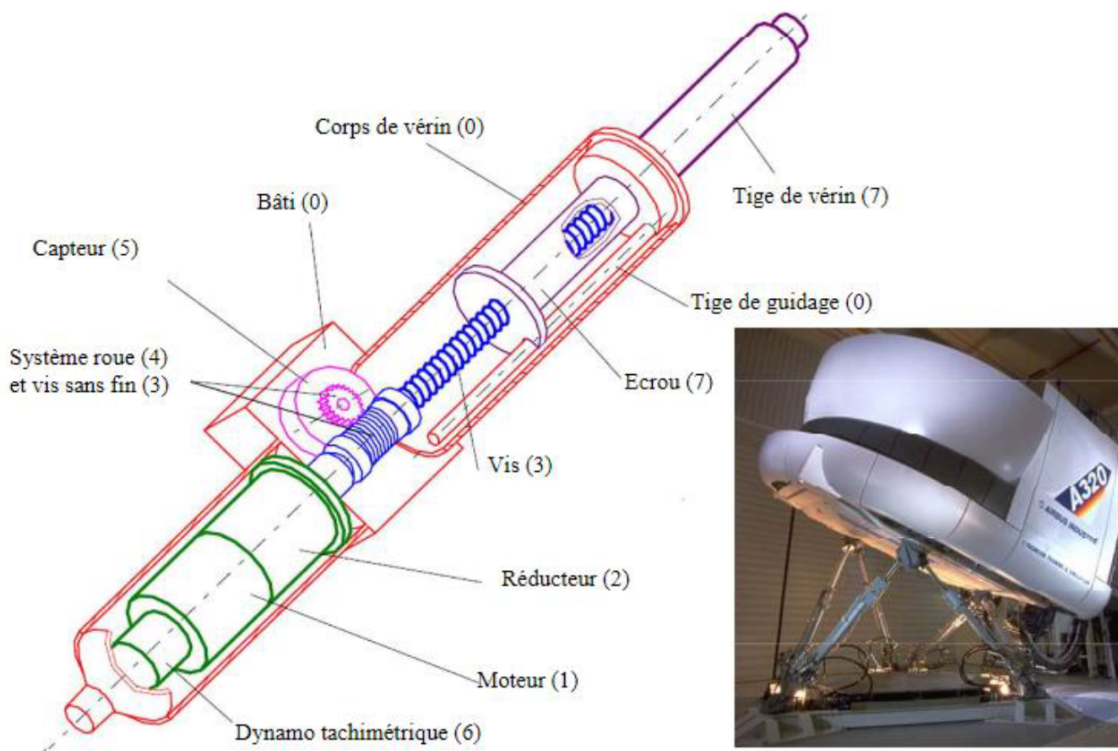
- stabilité (stable ou non) ;
- précision (précis ou non, valeur de l'erreur) ;
- rapidité (temps de réponse à 5%) ;
- dépassement (valeur du dépassement en%) ;
- sensibilité aux perturbations (sensible ou non).



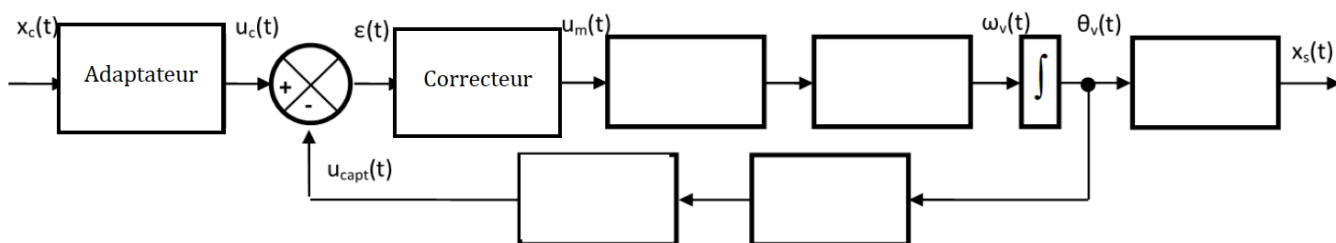
Exercice 2 - Bras de robot simulateur

L'étude porte sur un vérin électrique asservi en position qui équipe un simulateur de vol. Un vérin est un mécanisme de transmission de puissance qui permet la transformation du mouvement de rotation de l'arbre

moteur en un mouvement de translation sur la tige de sortie. La rotation de la vis (3) est obtenue à partir du motoréducteur (moteur (1) et réducteur (2)). Le moteur est un moteur à courant continu et le réducteur permet d'adapter la vitesse de rotation telle sorte que la vitesse de rotation de la vis ω_m soit 20 fois plus petite que la vitesse de rotation du moteur ω_m ($\omega_m = 20.\omega_v$). La rotation de la vis (3) est transformée en un mouvement de translation grâce à l'écrou (7), ce qui permet d'obtenir, compte tenu de l'architecture du système, un mouvement de translation. Le capteur (5) prélève la vitesse de rotation de la vis par l'intermédiaire d'un système roue/vis sans fin.



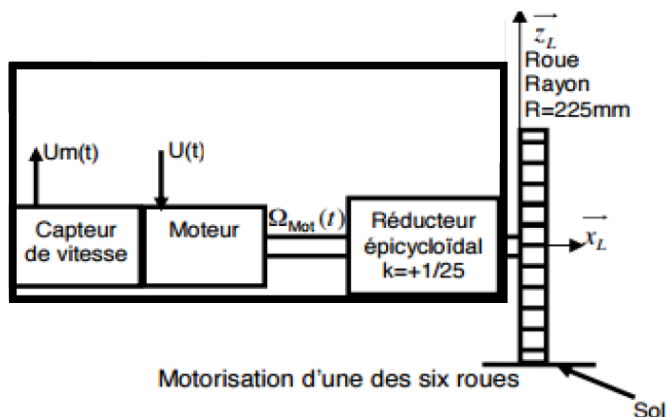
Q2 Compléter le schéma-bloc fonctionnel simplifié de ce système et préciser les unités pour chaque grandeur d'entrée et de sortie.



Exercice 3 - RobuROC6

Le robuROC6 est un robot mobile conçu pour des applications de recherche et d'exploration en milieu extérieur. Il est équipé de 6 roues motrices indépendantes montées par paires sur 3 podes articulés en tangage et en roulis. La cinématique lui permet alors de se conformer au relief parcouru et de franchir les obstacles du type trottoirs, escaliers, ... Chacune des roues est motrice et fait l'objet d'un asservissement en vitesse. Les

microcontrôleurs de pilotage génèrent une vitesse de rotation de consigne à appliquer à chaque moteur. Cette vitesse de rotation est convertie en une tension de consigne. Un capteur de vitesse monté sur l'axe de chaque moteur fournit une tension mesurée, image de la vitesse de rotation réelle. Un correcteur adapte le signal écart entre la tension de consigne et la tension mesurée, ce qui permet de définir la tension d'alimentation à appliquer aux moteurs. Les moteurs entraînent ensuite les roues grâce à un réducteur.



Q3 Construire le schéma-bloc fonctionnel montrant la structure de la commande en vitesse d'une roue (en indiquant les grandeurs physiques manipulées).

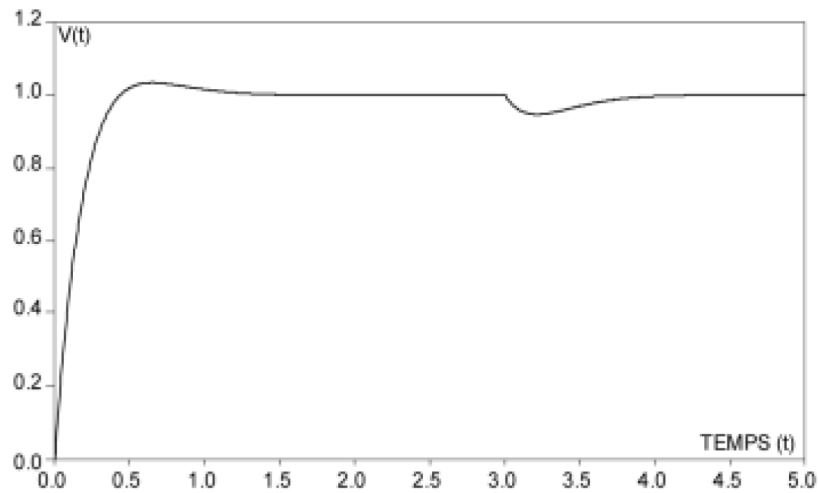
Q4 Pourquoi peut-on dire que le système est asservi ? Quelle est la grandeur physique asservie ? Quelle réserve peut-on avoir sur cet asservissement ?

On donne ci-dessous un extrait du cahier des charges que le système doit respecter :

Fonction	Critères	Niveaux
Asservir en vitesse la plateforme par rapport au sol	STABILITE	
	<ul style="list-style-type: none"> Marge de gain Marge de phase 	MG= 6dB mini Mφ= 45° mini
	PRECISION	
	<p>en poursuite</p> <ul style="list-style-type: none"> Erreur statique à un échelon de vitesse <p>en régulation</p> <ul style="list-style-type: none"> Influence d'un échelon en couple de perturbation en régime permanent 	Nulle Nulle
	RAPIDITE	
	<ul style="list-style-type: none"> Temps de réponse à 5% (à une entrée en échelon de vitesse) 	0,5 secondes

Pour vérifier le respect du cahier des charges d'un point de vue précision et rapidité, on a tracé la réponse temporelle suivante avec :

- une consigne de vitesse unitaire de la plateforme $V(t) = u(t)$ (avec $u(t)$ l'échelon unitaire) ;
- une perturbation sous la forme d'un échelon unitaire retardé de 3 secondes $C(t) = u(t - 3)$.



Q5

Le cahier des charges est-il respecté ? Pour la stabilité, on vérifiera juste si le système est stable. L'analyse des marges de stabilité sera vue en seconde année.

Exercice 4 - Pelle hydraulique

Une pelle hydraulique est composée de différents vérins hydrauliques asservis en position et en vitesse. Nous nous intéresserons au schéma fonctionnel d'un vérin asservi seulement en vitesse. La vitesse de sortie de ce vérin est notée $v(t)$. Une électrovanne (vanne pilotée électriquement) (considérée comme un distributeur hydraulique proportionnel), délivre le débit $q(t)$ qui alimente le vérin. La chaîne fonctionnelle est constituée d'un transducteur permettant de transformer la consigne de vitesse $v_c(t)$ en tension $u_c(t)$. Cette tension est comparée à la tension $u_{mes}(t)$, délivrée par un capteur de vitesse, puis corrigée.



Q6

Représenter le système asservi par un schéma-bloc : vous indiquerez uniquement le nom des composants dans les blocs ainsi que les grandeurs véhiculées dans les liens entre les blocs (et leurs unités).

Exercice 5 - Banderoleuse à plateau tournant

Une banderoleuse est destinée à enrouler un film transparent pré-étiré sur les faces latérales des produits palettisés. Le but de ce banderolage est de maintenir le chargement de la palette et de le protéger contre les poussières et l'eau.

On distingue :

- un sous-ensemble de déroulement et de préétirage du film, constitué d'un chariot qui guide le rouleau de film et qui permet son déroulement à tension constante,
- un sous-ensemble d'entraînement palette qui reçoit le produit palettisé à banderoler et lui imprime un mouvement de rotation autour d'un axe vertical ;
- un sous-ensemble de levage du chariot qui communique un mouvement de translation alternatif vertical afin de déposer le film sur toute la hauteur du produit palettisé ;
- une armoire électrique qui contient les appareillages de distribution de l'énergie électrique ainsi que l'automate programmable qui gère le fonctionnement autonome de la banderoleuse ;
- un pupitre.

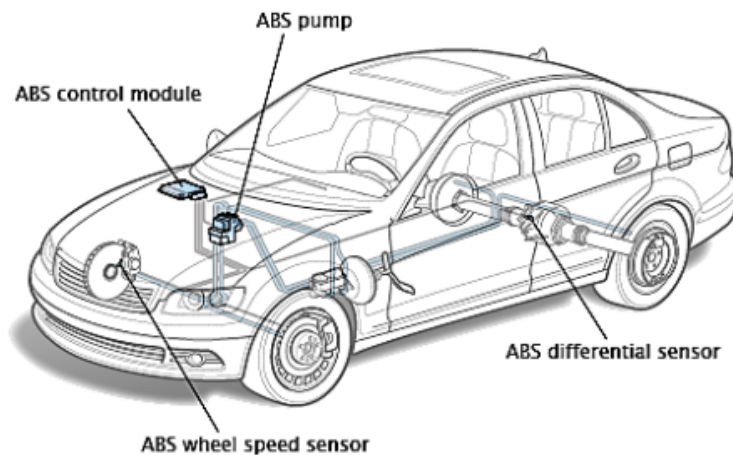


Nous nous intéressons seulement à l'asservissement en vitesse du plateau tournant. L'entraînement est assuré par un moteur suivi d'un réducteur de vitesse. La consigne est donnée au travers d'un transducteur. Une génératrice tachymétrique mesure la vitesse obtenue après le réducteur. Le signal délivré par la génératrice tachymétrique est comparé à celui délivré par le transducteur. Un amplificateur, placé après le comparateur, délivre un signal de commande au moteur.

- Q7** Représenter le système asservi par un schéma-bloc : vous indiquerez uniquement le nom des composants dans les blocs ainsi que les grandeurs véhiculées dans les liens entre les blocs (et leurs unités).

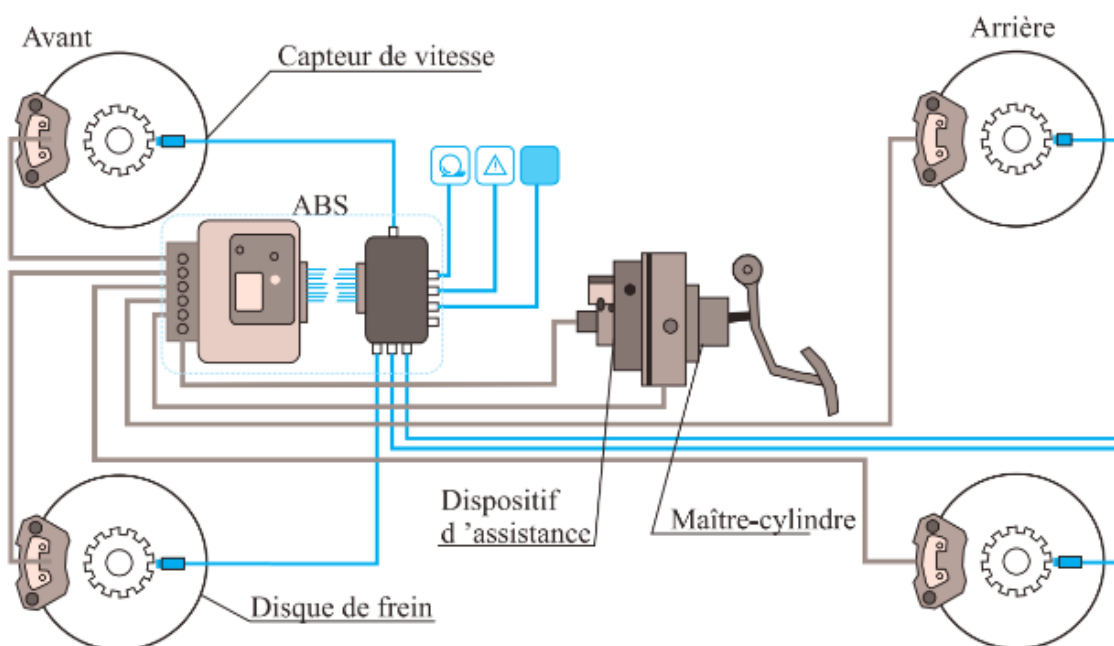
Exercice 6 - Système ABS - Antiblocage de roue

Sur un véhicule, pour contrôler la vitesse en phase de décélération, le conducteur agit sur le système de freinage par l'intermédiaire d'une pédale de frein.



Les dispositifs actuels, schématisés figure ci dessous sont principalement constitués des éléments suivants :

- un maître cylindre qui génère une pression hydraulique à partir de l'effort appliqué par le conducteur sur la pédale de frein ;
- quatre cylindres de roue qui transforment la pression hydraulique en effort de freinage appliqué par les plaquettes de frein sur les disques de frein ;
- un ensemble de tuyauteries qui assurent la transmission de la pression entre le maître cylindre et les cylindres de roues.



Pour augmenter l'efficacité de ces systèmes de freinage, on leur adjoint :

- un répartiteur de freinage qui gère la répartition de pression entre les cylindres de frein avant et arrière ;
- un dispositif d'assistance qui amplifie l'effort exercé par le conducteur afin de minimiser l'effort à fournir par celui-ci ;
- un dispositif d'antiblocage de roue qui module les pressions dans les cylindres de frein afin que le conducteur conserve la maîtrise directionnelle de son véhicule en évitant le blocage des roues quelles que soient la vitesse, les caractéristiques d'adhérence au sol et l'intensité de freinage.

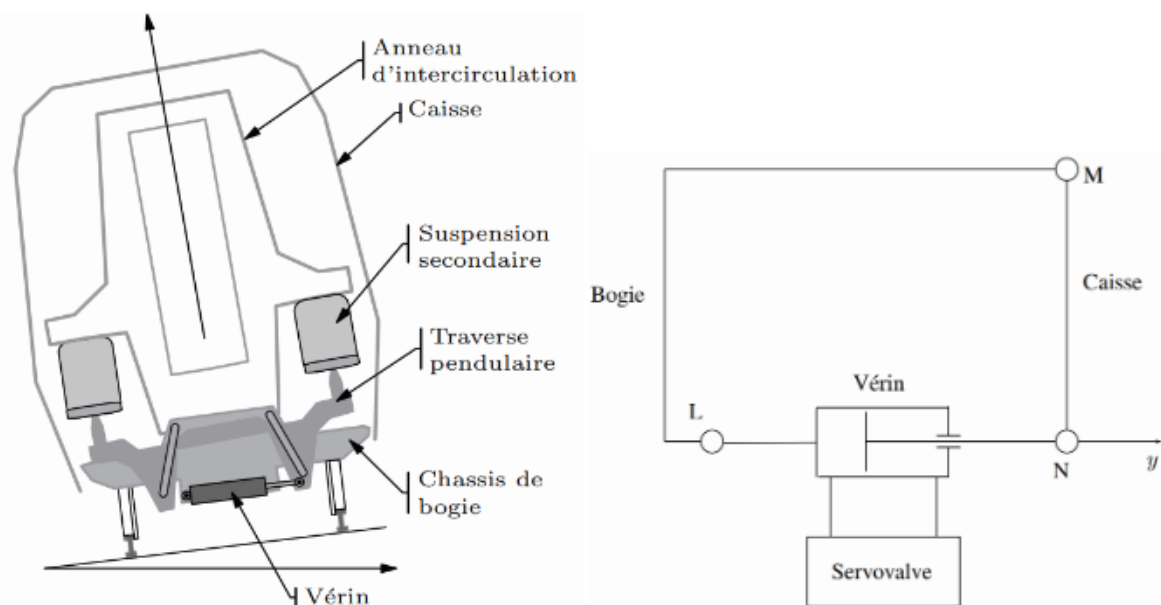
Dans cet exercice, on s'intéresse au dispositif d'antiblocage de roue, noté ABS - abréviation de Antilock Braking System.

Dans le cas d'une régulation par l'ABS, la pression au niveau des cylindres de roue est modulée par des électrovannes commandées en courant. Le calculateur du véhicule définit la vitesse optimale de rotation des roues appelée vitesse cible. C'est à partir de cette vitesse cible et de la vitesse de la roue qu'est défini le courant émis vers l'électrovanne. Cette commande est élaborée pour chaque roue quelle que soit l'action exercée par la route sur la roue. Cette action de la route sur la roue, appelée traînée, est considérée comme une perturbation pour l'ABS. Lorsque le calculateur électronique détecte une anomalie de fonctionnement, l'ABS est déconnecté automatiquement. Les électrovannes ne sont alors plus pilotées. Le système de freinage reste bien évidemment opérationnel, mais dans ce cas sans l'assistance de l'antiblocage des roues.

- Q8** Quelle est la grandeur réglée par l'électrovanne ?
- Q9** Quelle est la variable asservie par l'ABS ?
- Q10** Tracer le schéma-blocs décrivant le fonctionnement de l'ABS. Faire apparaître la perturbation.

Exercice 7 - Train pendulaire

Pour assurer le confort des passagers lorsque le train aborde une courbe, il faut non seulement atténuer les défauts des voies mais également limiter la sensation physique due à l'accélération normale. Pour compenser l'effet de la courbe sur les passagers, on peut réaliser des virages en dévers. Le rail extérieur est plus haut que le rail intérieur. Cette solution n'est réalisable que lors de la création de nouvelles lignes. C'est la solution retenue sur les lignes à grande vitesse (LGV). Sur le réseau classique, en plus du dévers de voie, il est nécessaire d'incliner la caisse de la voiture transportant les passagers, on parle alors de voiture pendulée. Ce système est indispensable pour permettre l'accès des TGV au réseau classique. Le principe de la pendulation est schématisé ci-après



L'anneau d'intercirculation est suspendu à une traverse pendulaire. Celle-ci est suspendue au bogie de manière à ce que son inclinaison soit libre. Un vérin hydraulique placé entre le bogie et la traverse pendulaire permet

de régler l'inclinaison des voitures. Afin de contrôler le mouvement de la caisse, on réalise un asservissement en position angulaire de l'ensemble traverse pendulaire, caisse de la voiture. La consigne de position angulaire est calculée à partir d'informations provenant notamment d'accéléromètres implantés sur les différentes voitures du train. Le principe de fonctionnement, présenté avant, est exposé ci-dessous.

- La caisse de la voiture pendulée est en mouvement de rotation autour d'un point M par rapport au bogie fixe.
- Ce mouvement de rotation est obtenu par le déplacement y de la tige d'un vérin double effet. L'origine de ce déplacement est la position médiane de la figure.
- Ce vérin est alimenté par un débit de fluide hydraulique q fourni par une servovalve commandée encourant i . Le débit q est proportionnel au courant d'alimentation.
- Un capteur de position mesure la position y de la tige du vérin. Il délivre une tension u_m .
- Un potentiomètre fournit une tension u_c image de la consigne de position y_c .
- Un correcteur permet d'élaborer la tension de commande u à partir de l'écart. À partir de cette tension, un convertisseur tension-courant génère le courant i qui alimente la servovalve.

Q11 Tracer un schéma-bloc décrivant le fonctionnement de cet asservissement de position angulaire

Q12 Définir la catégorie de chaque composant de ce schéma, puis tracer les limites des parties opérative (PO) et commande (PC).