



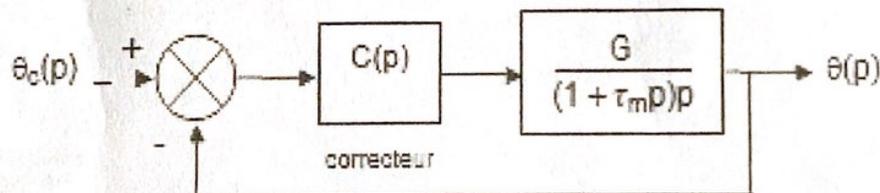
Contrôle 4^{ème} année Génie Mécanique/ Génie Industriel
Automatique Linéaire
Pr. Damah

Seul le document de la transformée de Laplace est autorisé.

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera alors clairement et précisément ces hypothèses

Exercice :

Soit un système stable décrit par le schéma bloc ci-dessous :



Le cahier des charges impose :

Erreur statique en position maximale de 0,1%, erreur statique en vitesse maximale de 1%. On donne $G=0.2$

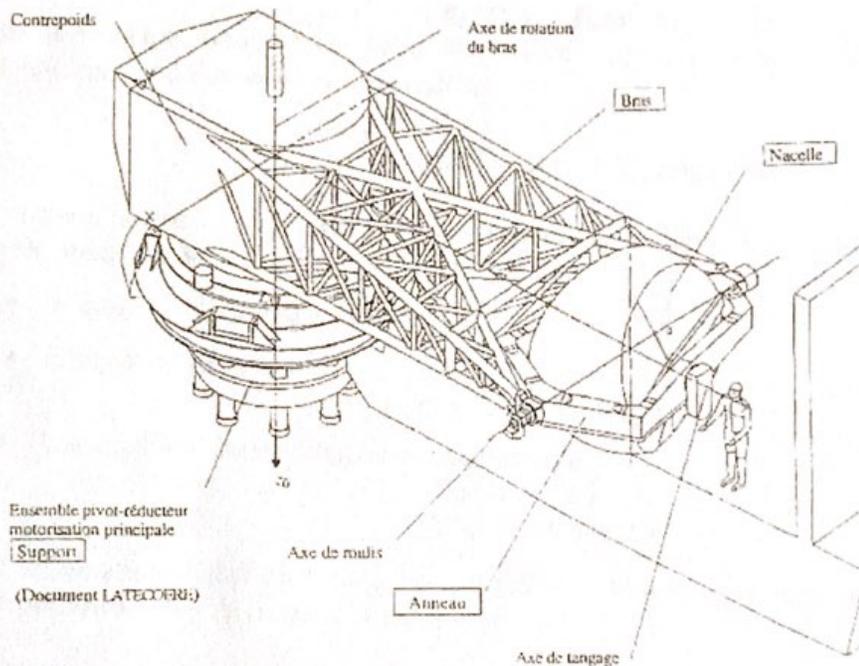
On envisage une correction proportionnelle : $C(p) = K_c$.

- Déterminer la valeur minimale de K_c permettant de satisfaire les exigences de précision.



Problème : Centrifugeuse humaine

1. Présentation fonctionnelle



L'élargissement du domaine de vol des avions de combat modernes soumet les pilotes chasse à des niveaux d'accélération de plus en plus élevés. Dans le cadre de l'entraînement physiologique des pilotes, l'utilisation d'une centrifugeuse humaine est un moyen avantageux de recréer au niveau du sol, l'accélération subie en opération. La figure ci-dessous représente une telle centrifugeuse où l'on reconnaît une structure cinématique ouverte à quatre corps (support, bras, anneau et nacelle) assemblés par des liaisons pivot.

Cette conception permet de lier de façon univoque les profils de position ou de vitesse relatives engendrés au niveau de chaque liaison à l'évolution temporelle des trois composantes d'accélération. Chaque liaison est alors motorisée par un actionneur qui doit être asservi à la consigne correspondante. On s'intéresse ici à la commande asservie de la vitesse w de rotation de l'ensemble autour de l'axe vertical.

L'ensemble en mouvement formé par le bras, l'anneau et la nacelle peut en première approximation être considéré comme un ensemble indéformable de moment d'inertie équivalent J par rapport à l'axe de rotation. Cet ensemble est soumis à :

- Un couple moteur $c_m(t)$ délivré par le motoréducteur d'entraînement,



- Un couple de frottement visqueux engendré par les paliers et proportionnel à la vitesse du bras :

$$c_v(t) = -f_v \cdot \omega(t)$$

- un couple de frottement aérodynamique engendré par l'air et proportionnel au carré de la vitesse du bras :

$$c_a(t) = -f_a \omega^2(t)$$

Alors le principe fondamental de la dynamique, appliqué au bras par rapport au support galiléen, permet d'écrire après linéarisation :

$$J \frac{d\omega(t)}{dt} = c_m(t) - (f_v + 2f_a \omega_0) \omega(t)$$

Le motoréducteur d'entraînement est construit sur un moteur à courant continu et est régi par les quatre équations suivantes :

- L'équation mécanique précédente
- L'équation électrique :

$$u(t) - e(t) = R i(t)$$

- Les équations de couplage électromécanique :

$$c_m(t) = K_c i(t)$$

$$e(t) = K_v \omega(t)$$

avec les notations habituelles déjà rencontrées pour la tension d'alimentation $u(t)$, la force électromotrice $e(t)$ et le courant d'induit $i(t)$.

L'asservissement de vitesse de l'ensemble est réalisé de la manière suivante:

La vitesse effective $\omega(t)$ est évaluée par un capteur (génératrice tachymétrique) qui se comporte comme un simple gain C ($V/\text{rad.s}^{-1}$). La vitesse de consigne $\omega_c(t)$ est indiquée par un transducteur qui se comporte comme le capteur de gain C afin de permettre la comparaison de grandeurs comparables au niveau du comparateur.

(Ce comparateur fournit un écart qui est traité par un correcteur de fonction de transfert $C(p)$ qui élabore un signal sous forme d'une tension $v(t)$.

Ce signal $v(t)$ est le signal de commande de l'amplificateur de puissance (préactionneur relié au réseau) qui se comporte comme un amplificateur de gain A (sans dimension) pour élaborer la tension $u(t)$ d'alimentation du motoréducteur.

Le motoréducteur « transforme » cette tension de commande $u(t)$ en la vitesse de rotation $\omega(t)$ de l'ensemble avec la fonction de transfert :

$$M(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} \quad \text{avec } \Omega(p) \text{ est la transformée de Laplace de } \omega(t)$$



Travail demandé

Question 1 : schéma bloc

Donner le schéma bloc de l'asservissement de vitesse. Mettre ce schéma sous forme d'un schéma à retour unitaire.

Question 2 : modélisation de l'ensemble en mouvement

Établir la fonction de transfert $H(p) = \frac{\Omega(p)}{C_m(p)}$

Question 3 : modélisation du motoréducteur

Établir la fonction de transfert du motoréducteur $M(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)}$

Question 4 : asservissement de vitesse

- Donner le schéma bloc de l'asservissement de vitesse et établir sa FTBO et sa FTBF en fonction de $C(p)$.
- Quelle est l'erreur permanente relative sur la vitesse (écart statique de position) en fonction de $C(p)$?
- Montrer que si $C(p) = K_p$ cette erreur ne peut pas être nulle.
- Montrer que si $C(p) = K_i \frac{1+p}{p}$ cette erreur est nécessairement nulle.