

Etude des SLCI : Machine outil URANE (CCP MP 06)

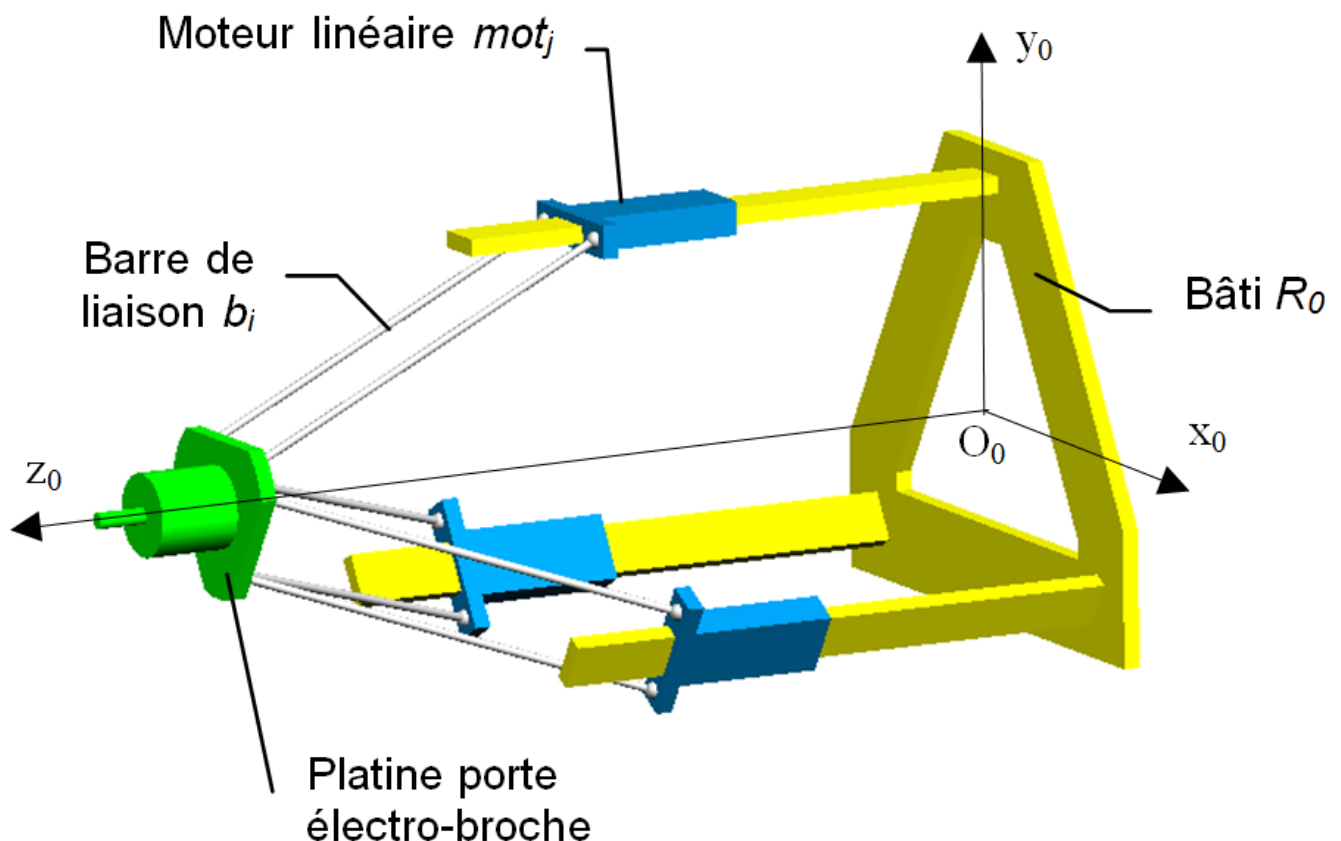
Mise en situation

L'URANE SX est une machine-outil à broche horizontale dédiée aux opérations de perçage, lamage, taraudage et alésage, à structure parallèle de type Delta ce qui lui confère des performances dynamiques très supérieures (de l'ordre de 30%) à celles des structures séries classiques.



L'architecture de base est constituée d'un bâti tunnel monobloc rigide dans lequel sont disposés les trois axes parallèles de déplacement, également répartis.

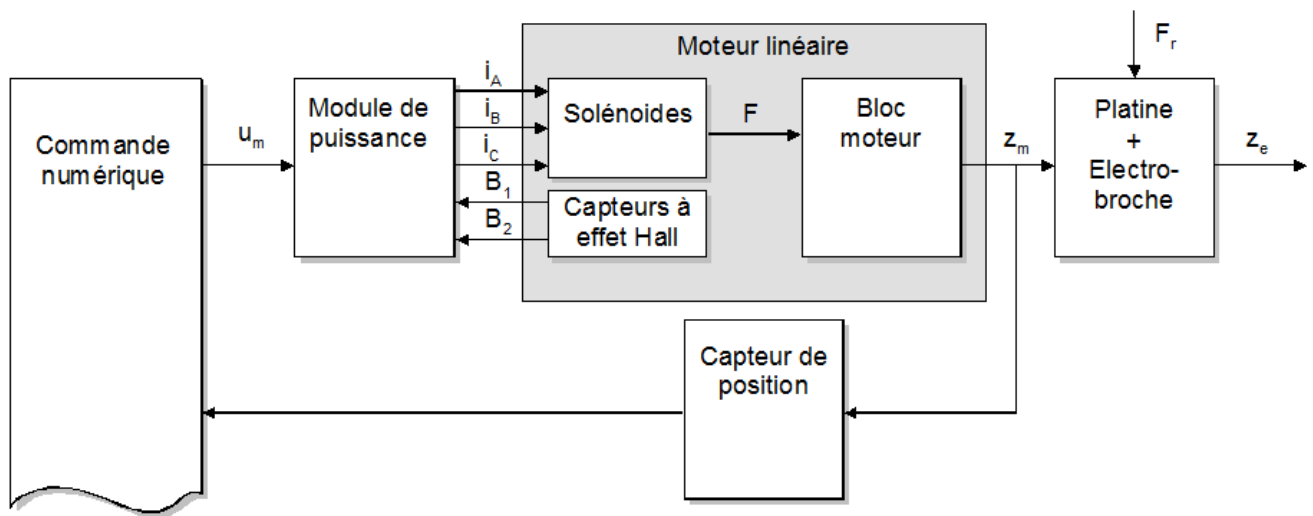
La coordination d'ensemble des axes 1, 2 et 3 est réalisée par une commande numérique comprenant le directeur de commande numérique et les cartes d'asservissement des trois axes. Ces dernières agissent sur les modules électroniques de puissance des trois moteurs linéaires.



Problème posé : On se propose de compléter le schéma bloc de modélisation d'un axe puis de déterminer la précision de l'asservissement en position.

Modélisation d'un axe

Le schéma fonctionnel d'un axe est représenté :

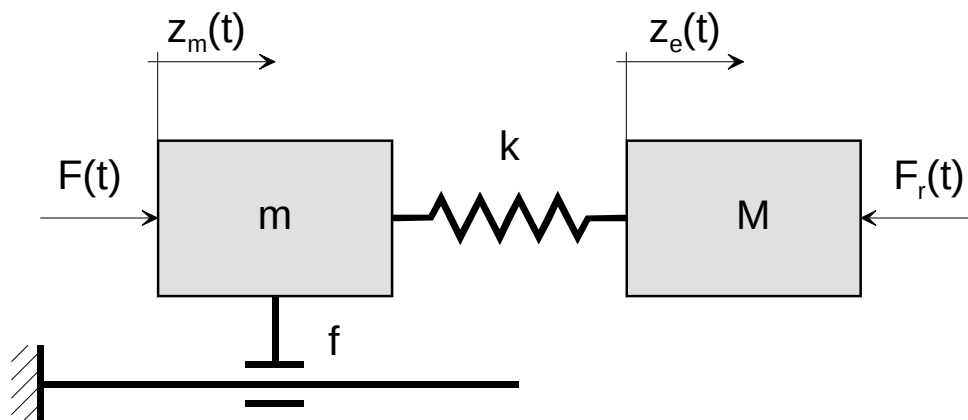


La commande numérique délivre un signal de commande $u_m(t)$ en volts.

L'intensité $i(t)$ générée par le module de puissance est : $i(t) = K_e \cdot u_m(t)$

La force $F(t)$ transmise au bloc moteur est : $F(t) = K_m \cdot i(t)$

L'ensemble « bloc moteur + barres de liaison + platine porte électro-broche » est modélisé par le schéma suivant :



Avec :

- ✓ f : coefficient de frottement visqueux des glissières à galets à recirculation
- ✓ k : coefficient de raideur de l'ensemble des deux barres de liaison.
- ✓ m : masse du bloc moteur
- ✓ M : masse des barres, de la platine et de l'électro-broche
- ✓ $F_r(t)$: effort résultant de l'opération d'usinage agissant comme une perturbation.

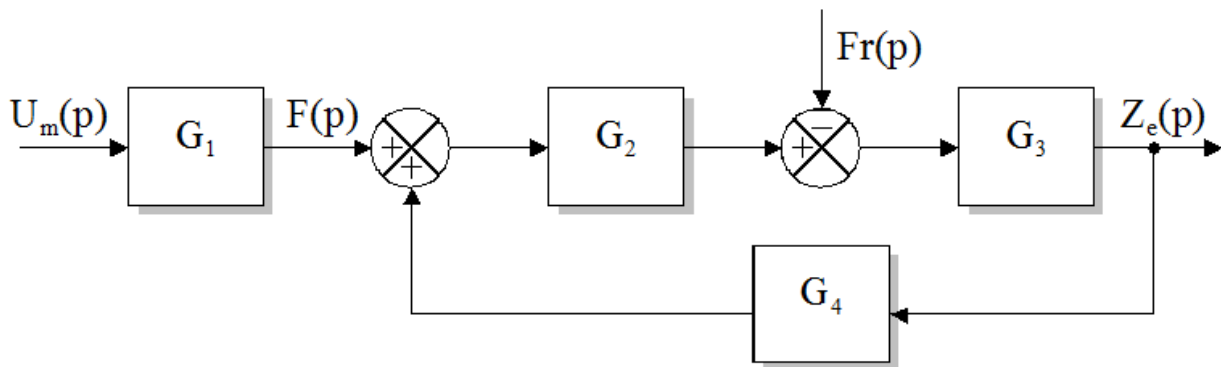
Il en résulte les équations de fonctionnement suivantes :

$$F(t) - f \cdot \frac{dz_m(t)}{dt} - k \cdot (z_m(t) - z_e(t)) = m \cdot \frac{d^2 z_m(t)}{dt^2}$$

$$k \cdot (z_m(t) - z_e(t)) - F_r(t) = M \cdot \frac{d^2 z_e(t)}{dt^2}$$

Rappels : $i(t) = K_e \cdot u_m(t)$ et $F(t) = K_m \cdot i(t)$.

On donne ci-dessous le schéma bloc d'un axe :



Question 1

Déterminer les transformées de Laplace des équations données.

En déduire les expressions littérales des fonctions de transfert G_1 , G_2 , G_3 et G_4 .

Question 2

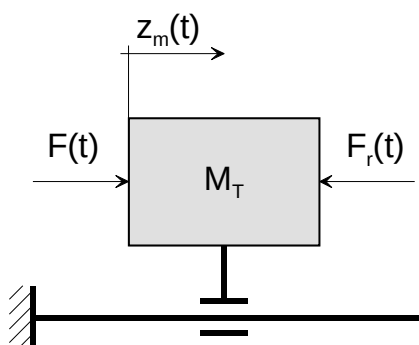
Déterminer les fonctions de transfert H_1 et H_2 tels que $Z_e = H_1 \cdot U_m + H_2 \cdot F_r$ en fonction de G_1 , G_2 , G_3 et G_4 .

Etude des performances du système asservi.

Afin de simplifier la modélisation de l'ensemble « bloc moteur + barres de liaison + platine porte électro-broche », on suppose f négligeable et la raideur k des barres infinie.

On note M_T la masse de l'ensemble « bloc moteur + barres + platine porte électro-broche ».

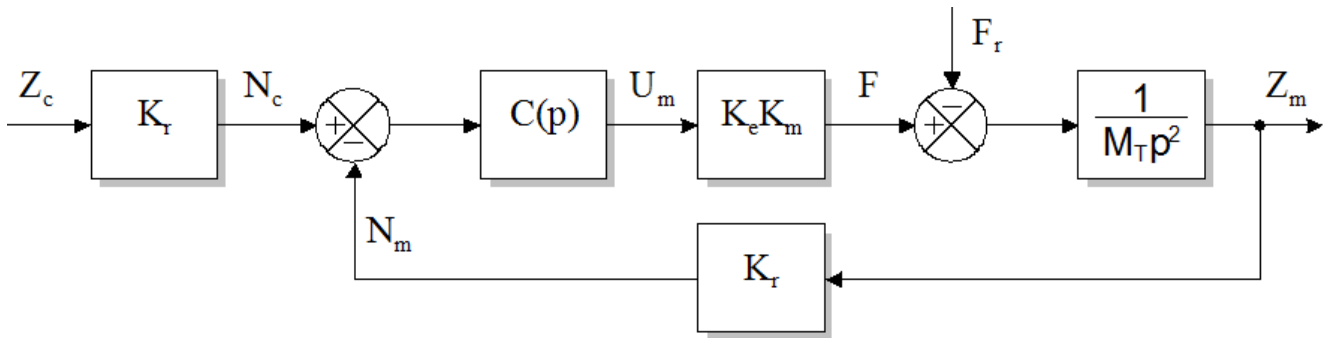
Cela conduit à la représentation suivante :



avec :

$$F(t) - F_r(t) = M_T \cdot \frac{d^2 z_m}{dt^2}$$

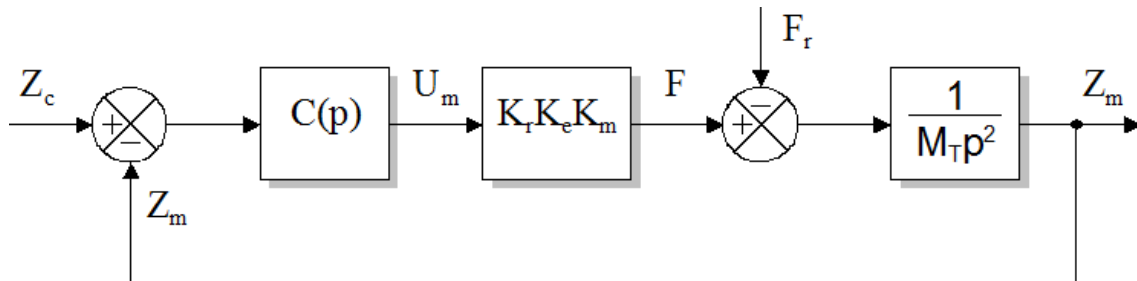
L'organisation fonctionnelle d'un axe asservi est représentée par le schéma bloc suivant :



Avec :

- ✓ $C(p)$: fonction de transfert du correcteur
- ✓ K_r : gain du capteur absolu de position
- ✓ Z_c : consigne de position définie par la commande numérique

Une manipulation du schéma bloc rend unitaire la boucle de retour :



Le correcteur est à action proportionnelle et dérivée : $C(p) = K_p(1 + T \cdot p)$.

Pour simplifier les calculs, on pose $K = K_p \cdot K_r \cdot K_e \cdot K_m$

Question 3 Etude de la précision en poursuite (la perturbation est négligée).

Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $H_3(p) = \frac{Z_m(p)}{Z_c(p)}$.

La mettre sous la forme canonique et déterminer ses paramètres caractéristiques.

Déterminer la précision et la valeur de K afin d'avoir $z = 1$.

Question 4 Etude de la précision en poursuite (on considère l'entrée $Z_c = 0$).

Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $H_4(p) = \frac{Z_m(p)}{F_r(p)}$.

La mettre sous la forme canonique.

En déduire l'écart de position dû à une perturbation de type échelon unitaire.