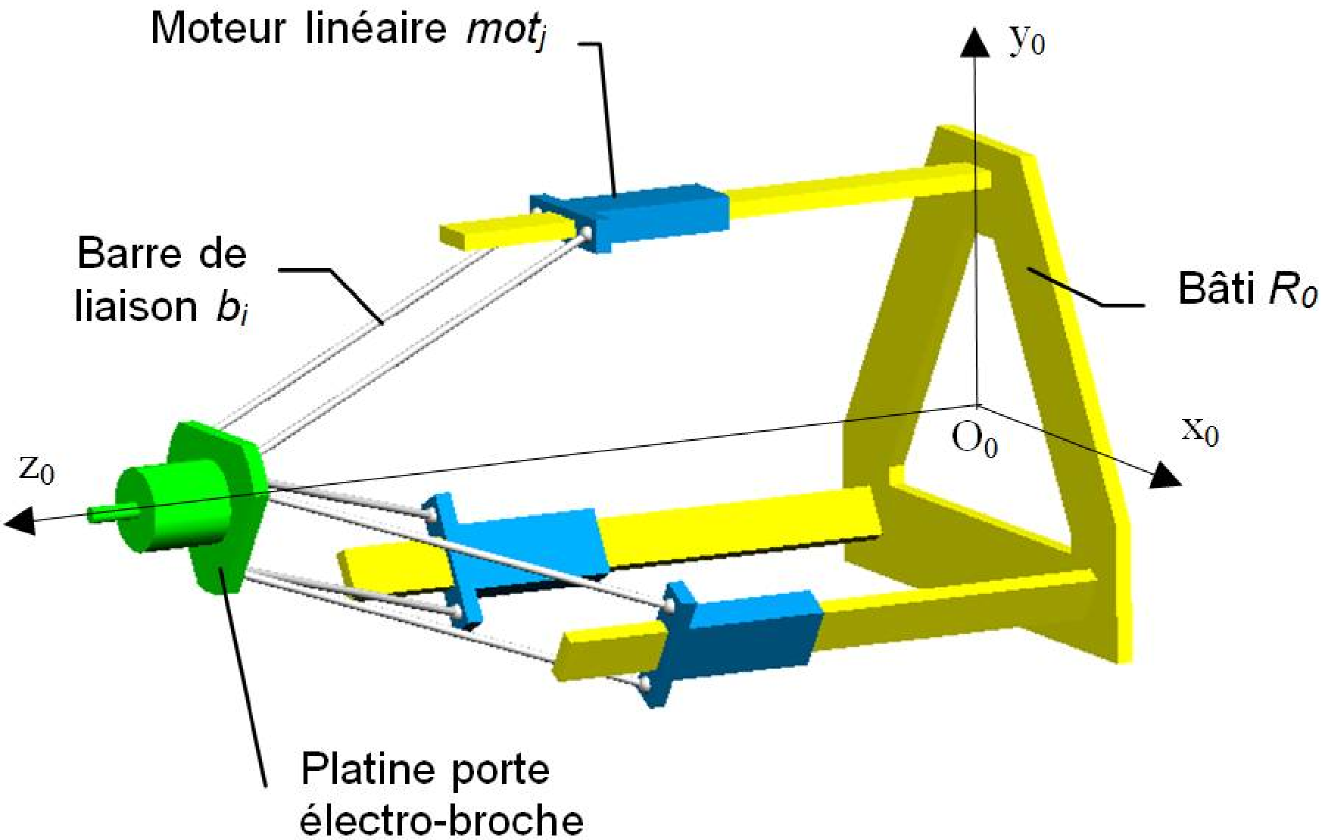
Etude des SLCI : Machine outil URANE (CCP MP 06)

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.

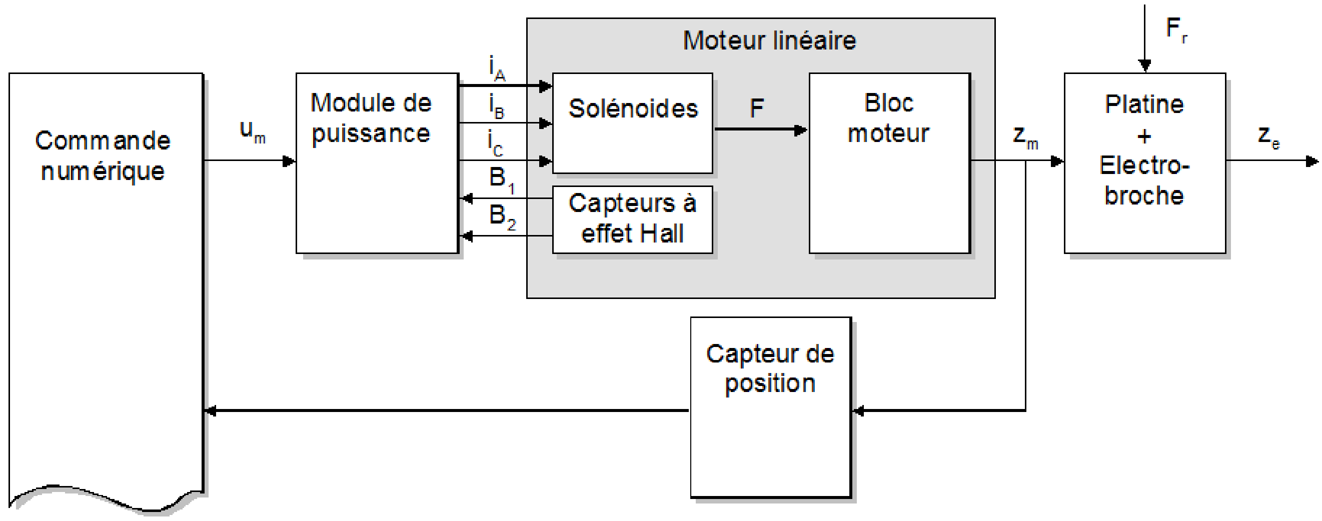
La coordination d'ensemble des axes 1, 2 et 3 est réalisée par une commande numérique comprenant le directeur de commande numérique et les cartes d'asservissement des trois axes. Ces dernières agissent sur les modules électroniques de puissance des trois moteurs linéaires.



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

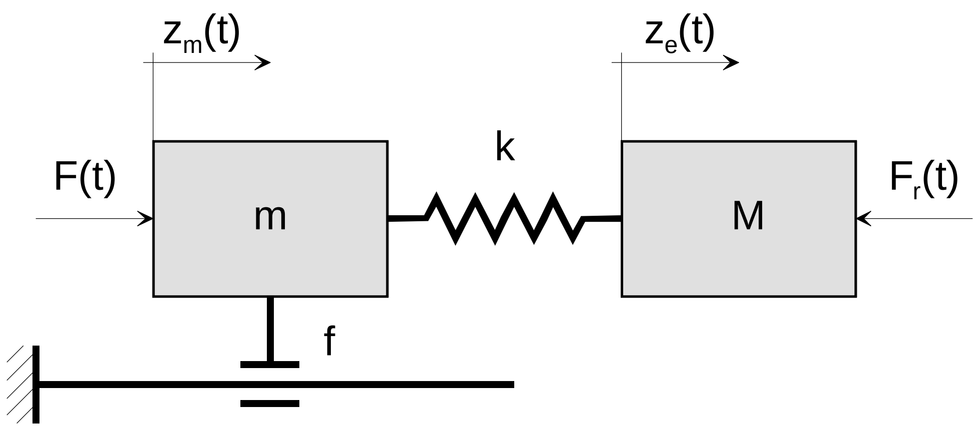
Le schéma fonctionnel d'un axe est représenté :



La commande numérique délivre un signal de commande $u_m(t)$ en volts. L'intensité $i(t)$ générée par le module de puissance est donnée par l'expression : $i(t) = K_e.u_m(t)$

La force *F*(*t*) transmise au bloc moteur est donnée par l'expression : $F(t) = K_m.i(t)$

L'ensemble « bloc moteur + barres de liaison + platine porte électro-broche » est modélisé de la façon suivante :



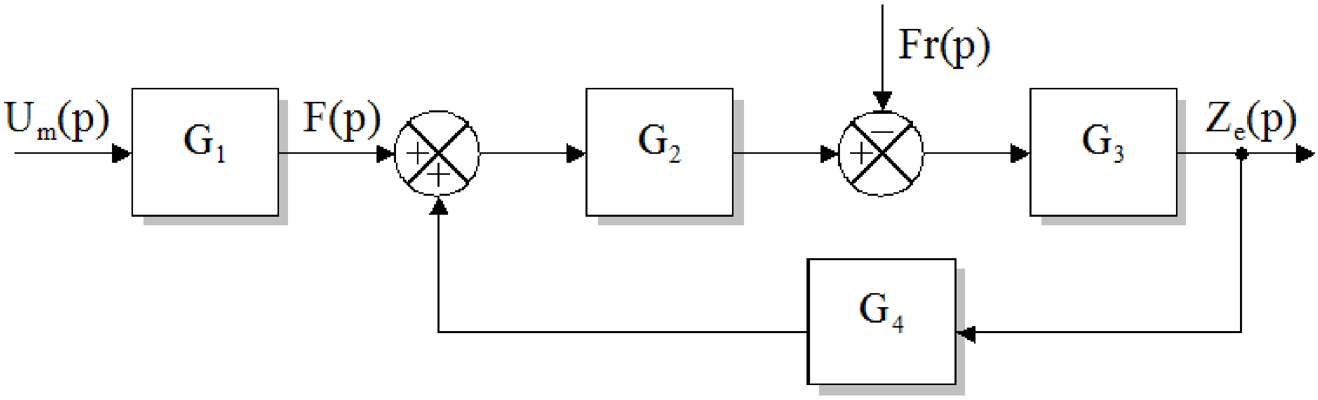
Avec :

- ✓ *f* : coefficient de frottement visqueux des glissières à galets à recirculation
- ✓ *k* : les deux barres de liaison sont assimilées à une barre unique de coefficient de raideur *k*.
- ✓ *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 suivantes :

$$\begin{cases} F(t) - f.\dfrac{dz_m(t)}{dt} - k.(z_m(t) - z_e(t)) = m.\dfrac{d^2 z_m(t)}{dt^2} \\ k.(z_m(t) - z_e(t)) - F_r(t) = M.\dfrac{d^2 z_e(t)}{dt^2} \end{cases}$$

On donne ci-dessous la représentation sous la forme d'un schéma bloc :



Question 1

Déterminer les transformées de Laplace des équations données en considérant nulles les valeurs des conditions initiales.

En déduire les expressions littérales des transmittances G_1, G_2, G_3 et G_4.

Question 2

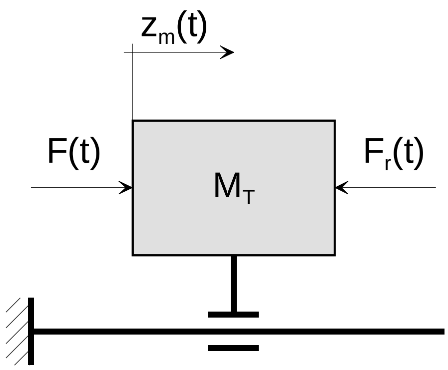
Déterminer les fonctions de transfert H_1 et H_2 tels que $Z_e = H_1.U_m + H_2.F_r$ en fonction de G_1, G_2, G_3 et G_4.

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 de liaison + platine porte électro-broche ».

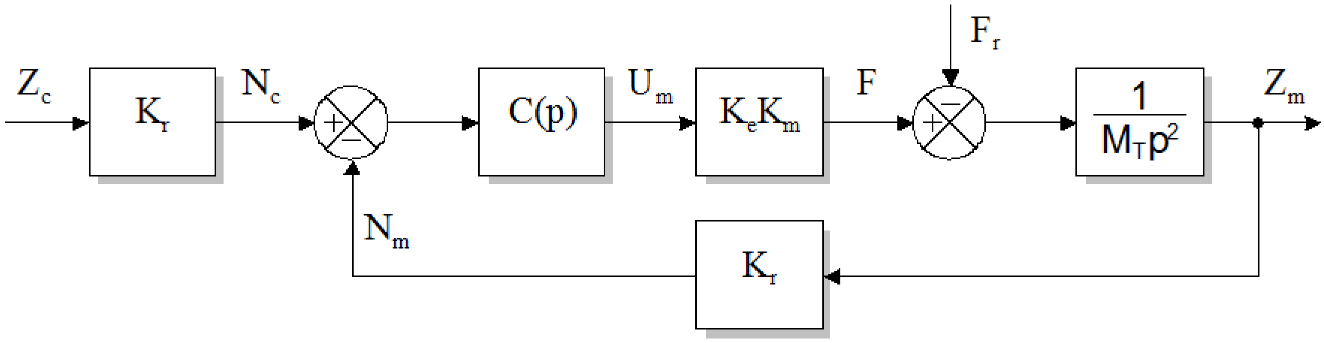
Cela conduit à la représentation suivante :



avec :

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

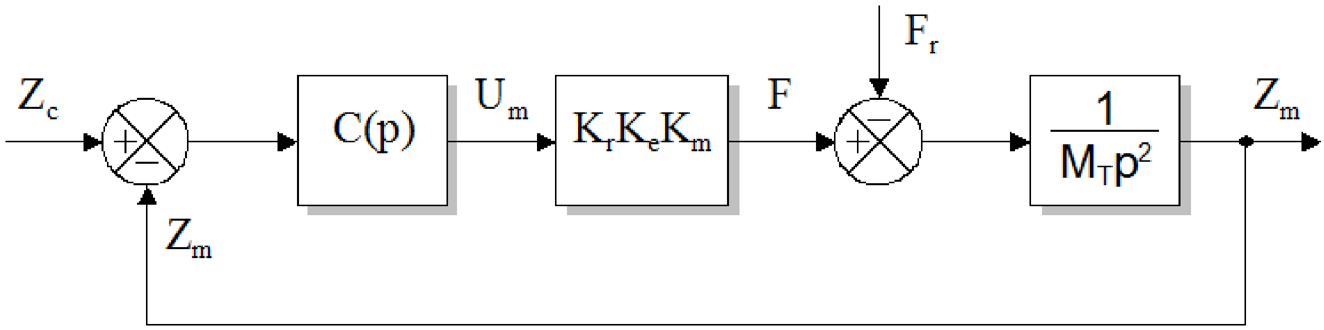
L'organisation fonctionnelle d'un axe asservi est alors représentée par le schéma bloc suivant :



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 dernière simplification rend unitaire la boucle de retour :



Le correcteur est à action proportionnelle et dérivée de fonction de transfert :

$$C(p) = K_p(1 + T_d.p).$$

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

Question 3 Etude de la précision en poursuite

On néglige la perturbation.

Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée.

Déterminer l'écart de position dû à une entrée de type échelon unitaire $Z_c(t) = u(t)$.

Question 4

Déterminer l'écart de position dû à une perturbation de type échelon unitaire $F_r(t) = u(t)$.
(Il faut exprimer $\varepsilon(t)$ en fonction de $F_r(t)$ et des constantes avec $Z_c(t)=0$ puis chercher la limite de $\varepsilon(t)$ quand t tend vers l'infini avec le théorème de la valeur finale.