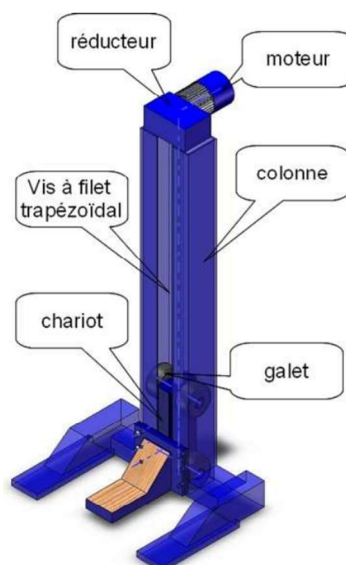


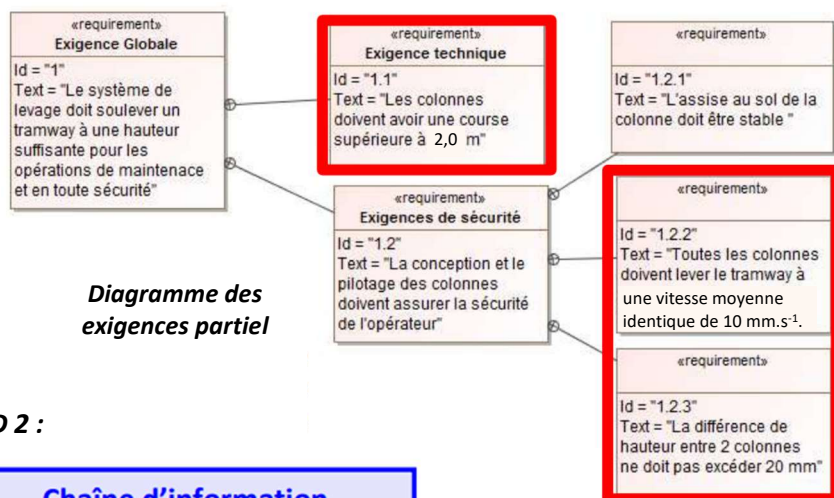
Système de levage de rames de métro



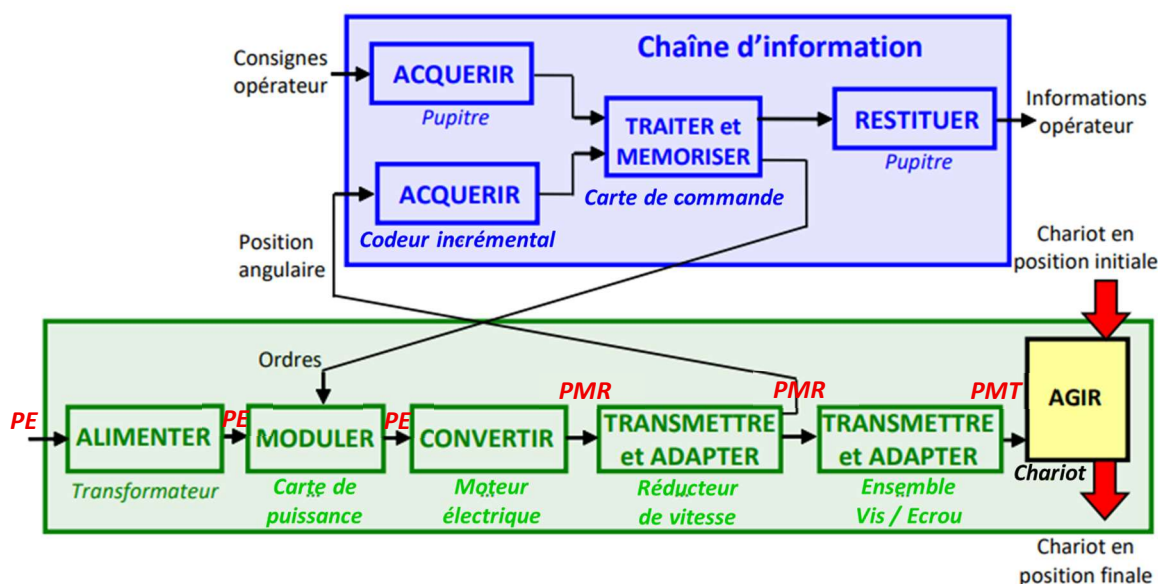
L'objectif de ce TP est de justifier la nécessité d'un asservissement de position pour le système de levage :

- **Modéliser** la motorisation d'une colonne par un schéma-bloc
- Etudier l'**influence du couple résistant** sur le comportement de la colonne de levage
- Justifier la **nécessité d'un asservissement de position**.

Rappel : Pour soulever un métro de 45 tonnes et de 30 mètres de long, le service de maintenance utilise 8 colonnes de levage commandées simultanément. Lorsque les colonnes sont en place on indique la hauteur de levage cible sur le pupitre de commande et on démarre le cycle de levage. La chaîne d'information pilote alors chaque moteur des 8 colonnes jusqu'à ce que cette hauteur soit atteinte.



Chaîne fonctionnelle élaborée au cours du TD 2 :



1. Etude de la motorisation d'une colonne seule

On s'intéresse au pilotage en tension de la motorisation d'une des colonnes, on donne le modèle de cette motorisation qui est un moteur à courant continu.

$$u_a(t) = e(t) + R.i_m(t) \quad (1)$$

(Loi d'Ohm)

Avec :

$u_a(t)$ = Tension du moteur [V]

$e(t)$ = Force contre électromotrice du moteur [V]

$i_m(t)$ = Intensité dans le moteur [A]

$$e(t) = K_e.\omega_m(t) \quad (2)$$

(Equation de l'électromagnétisme)

$C_m(t)$ = Couple exercé par le moteur [N.m]

$C_r(t)$ = Couple résistant sur l'arbre moteur du à la charge à lever [N.m]

$\omega_m(t)$ = Vitesse angulaire du moteur [rad/s]

$$J.\frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t) \quad (3)$$

$R = 3 \Omega$ = Valeur de la résistance

$K_e = 1,4 \text{ V}/(\text{rad/s})$: Constante électrique

$J = 0,02 \text{ kg.m}^2$: Inertie équivalente ramenée sur l'arbre moteur

$K_t = 1,4 \text{ N.m/A}$: Constante de couple

(Equation de la dynamique de l'arbre moteur)

$$C_m(t) = K_t.i_m(t) \quad (4)$$

(Equation de l'électromagnétisme)

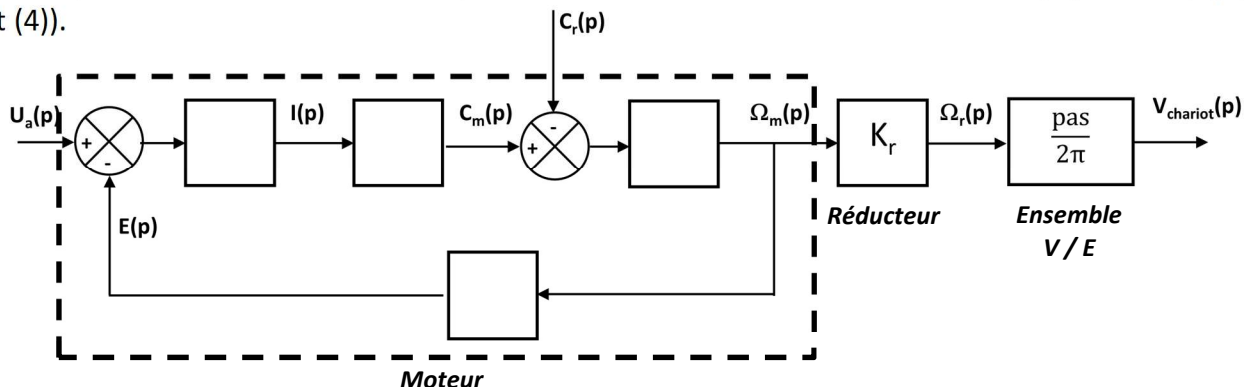
La tension aux bornes du moteur $u_a(t)$ et le couple résistant $C_r(t)$ sont modélisés par des échelons.

Le gain du réducteur est noté K_r .

Le gain du système vis/écrou vaut $\frac{\text{pas}}{2\pi}$.

1.1. Modélisation par schéma-bloc

Compléter le schéma-bloc du moteur à partir du modèle de connaissance ci-dessus (équations (1), (2), (3) et (4)).



Ouvrir le fichier « levage.zcos » sur le bureau qui correspond au schéma-bloc ci-dessus.

Définir les valeurs numériques de ses variables littérales dans le contexte de Xcos (clic droit dans la fenêtre Xcos, *modifier le contexte* et ajouter toutes les variables nécessaires au modèle avec leur valeur numérique) et relever les valeurs de **Kr** et du **pas** de la vis.

Compléter les fonctions de transfert manquantes en utilisant les variables littérales.

On considère dans un premier temps que le couple résistant $C_r(t)$ qui s'exerce sur l'arbre moteur est nul : **$C_r(t) = 0$**

Exprimer la fonction de transfert du moteur notée $H_m(p)$.

En déduire la fonction de transfert de l'ensemble moteur + réducteur + vis/écrou notée $H_{mrv}(p)$.

Calculer la valeur de la tension U_1 telle que $u_a(t) = U_1$ (échelon d'amplitude U_1) avec laquelle alimenter le moteur pour respecter le critère sur la vitesse de montée en régime permanent du diagramme des exigences.

Entrer la valeur U_1 déterminée question précédente dans le modèle Xcos puis lancer une simulation pour valider la valeur de U_1 déterminée.

1.2. Prise en compte du couple résistant

Ajouter sur le modèle Xcos un couple résistant $C_r(t) = 12$ (soit un échelon de 12 N.m) puis lancer une simulation. Quelle est la conséquence de l'existence de ce couple résistant sur la vitesse de translation du chariot en régime permanent ?

Le théorème de superposition permet d'écrire $\Omega_m(p) = H_1(p) \cdot U_a(p) + H_2(p) \cdot C_r(p)$ avec :

$H_1(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_a(p)} = \frac{1/K_e}{1+\tau p}$ en considérant que l'entrée $U_a(p)$ est non nulle mais que le couple résistant $C_r(p)$ est nul, et

$H_2(p) = \frac{\Omega_m(p)}{C_r(p)} = -\frac{R/K_e K_t}{1+\tau p}$ en considérant que le couple résistant $C_r(p)$ est non nul mais que l'entrée $U_a(p)$ est nulle.

Préciser l'expression de τ .

Calculer en utilisant le théorème de la valeur finale, la chute de vitesse ΔV_{ch} induite par l'existence du couple résistant C_r .

Déterminer finalement l'amplitude de la tension d'alimentation U_2 avec laquelle alimenter le moteur pour respecter la vitesse de montée de 10 mm/s en présence d'un couple résistant de 12 Nm.

Entrer la valeur U_2 déterminée question précédente dans le modèle Xcos puis lancer une simulation pour valider la valeur de U_2 déterminée.

2. Etude de la motorisation de 2 colonnes simultanément

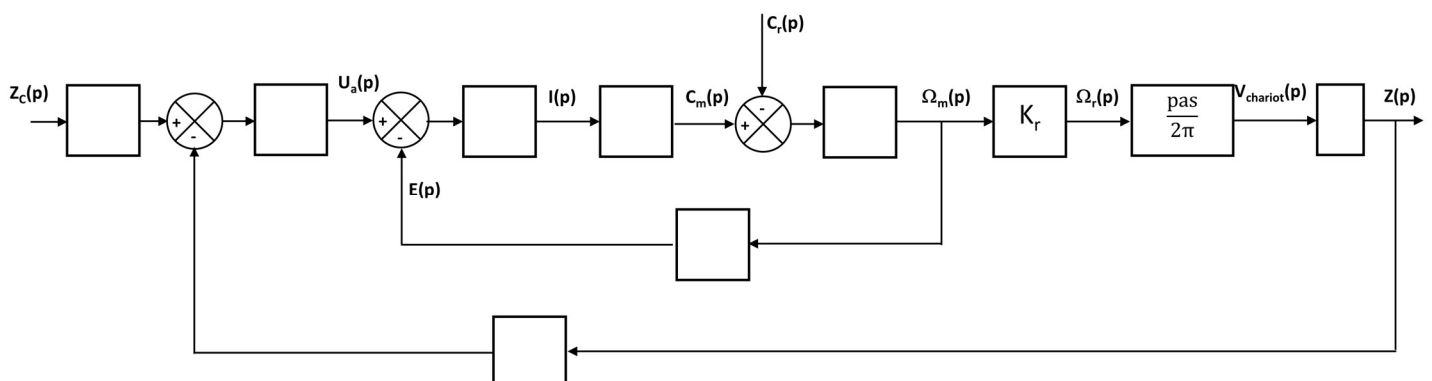
On analyse la différence de comportement de deux colonnes C1 et C2 placées à des endroits différents et ne soulevant donc pas la même charge. On considère que les motorisations des deux colonnes sont identiques et sont alimentés simultanément par la même tension de 220V, que la colonne C1 est soumise à un couple résistant de 12 N.m et que la colonne C2 est soumise à un couple résistant de 20 N.m. On considère encore à ce stade que le système n'est pas asservi.

Ouvrir et compléter le modèle « *levage 2 colonnes.zcos* »

Déterminer au bout de combien de temps y a-t-il un écart de position de 20 mm entre les deux chariots des deux colonnes. Quelle est alors la hauteur atteinte par le chariot de la colonne la plus rapide ?

Justifier qu'il est nécessaire d'introduire un asservissement en position de chaque colonne.

Compléter le schéma-bloc correspondant à la colonne motorisée asservie en position à l'aide d'un capteur mesurant la position $Z(p)$ du chariot (sur le système réel, ce n'est pas la position du chariot qui est mesurée mais la position angulaire de la vis du système vis/écrou).



Modifier le modèle « levage 2 colonnes.zcos » pour prendre en compte cet asservissement de position, en intégrant :

- le comparateur et le correcteur de la boucle de position représenté par un gain pur (valeur initiale 1),
- le capteur de position de gain 5 V/m (valeur maxi 10V pour un déplacement de 2m),
- le gain de l'IHM (pupitre de dialogue) avec la valeur adéquate afin que le système soit correctement asservi,
- la commande de déplacement en position de type rampe de pente 10 mm/s,
- la durée de la simulation permettant d'atteindre le déplacement maximal de la colonne.
-

Ne pas oublier de dupliquer les modifications pour l'asservissement de position de la seconde colonne.

Valider les modifications et déterminer le gain minimal du correcteur permettant d'atteindre l'objectif de précision du diagramme des exigences.