



Préparation à faire chez soi avant la séance de TP

- Lire le sujet
- Répondre aux questions de la partie 1 préparatoire à la maison (sur copie double)

Revoir les notions suivantes

- Performances d'un système asservi : stabilité/rapidité/précision
- Schéma bloc causal modélisant les systèmes asservis
- Fonction de transfert
- Rapport de réduction d'un réducteur

1^{ère} PARTIE : PRELIMINAIRE THEORIQUE – Répondre sur feuille de copie double

Cette partie se fait individuellement. Elle ne nécessite pas de matériel. Elle a été préparée avant la séance de TP... chez vous. Elle ne peut pas être abordée pendant la séance de TP au labo.

Cette partie doit être rendue rédigée sur votre compte rendu avant la séance de TP.

- Énoncez la définition de la précision d'un système asservi
- Énoncez la définition de l'écart statique
- Énoncez le critère du temps de réponse à 5%, $Tr_{5\%}$, permettant de quantifier la rapidité
- Énoncez la définition d'une fonction de transfert (expression mathématique)
- Dans le schéma bloc d'un système asservi : comment nomme-t-on est la grandeur entrante, à gauche ? Idem pour la grandeur sortante, à droite ?
- Quel composant est situé dans la boucle retour ?
- Comment nomme-t-on la chaîne de composants de la chaîne directe ?

Sciences de l'Ingénieur : travaux pratiques

Support : Robot anthropomorphe Ericc 3

Thème : asservissement

Niveau : 1^{ère} année

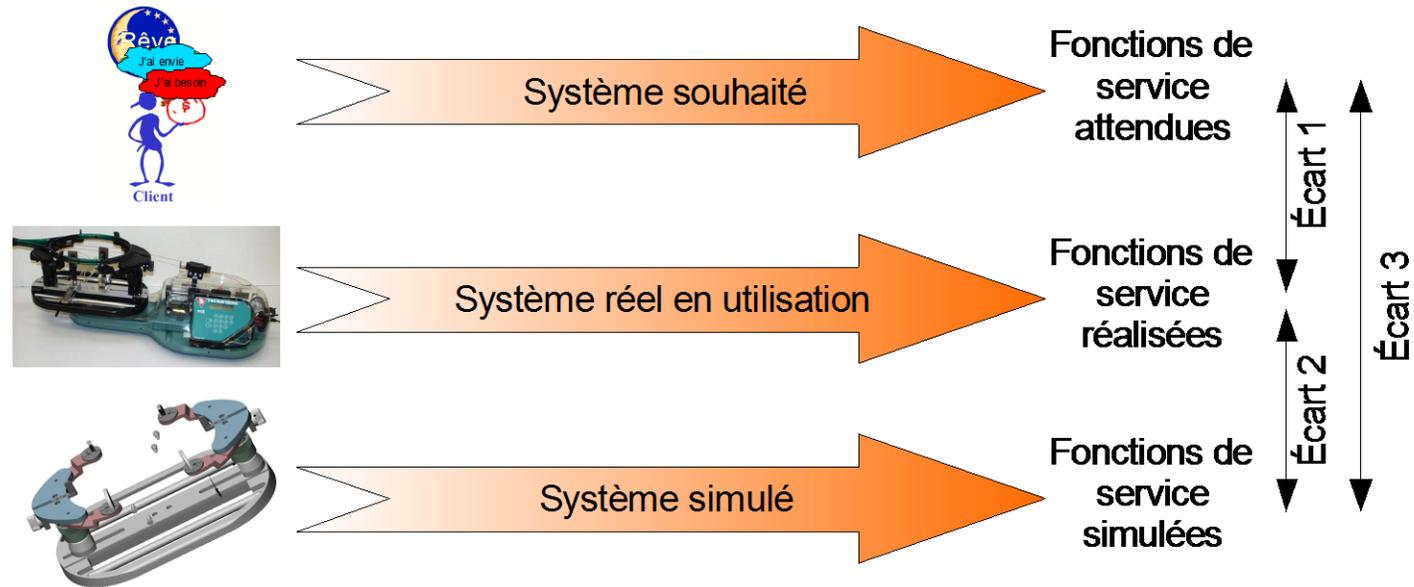
Durée : 2h

Objectifs de la séance :

- évaluer la performance de précision et rapidité du système
- compléter le modèle causal (schéma bloc)
- Mettre en évidence les problématique de perturbation et non linéarité



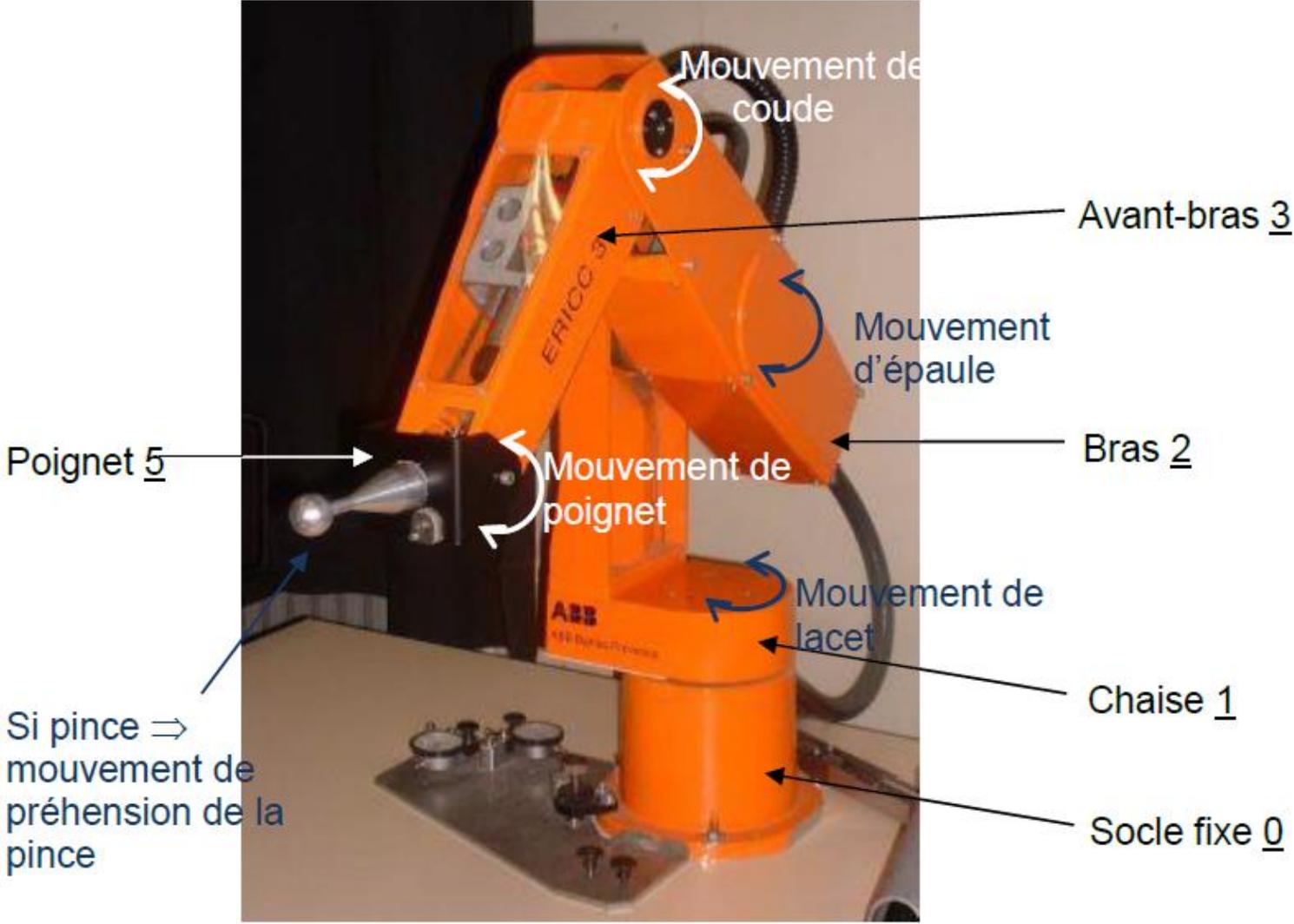
Écarts de la démarche ingénieur



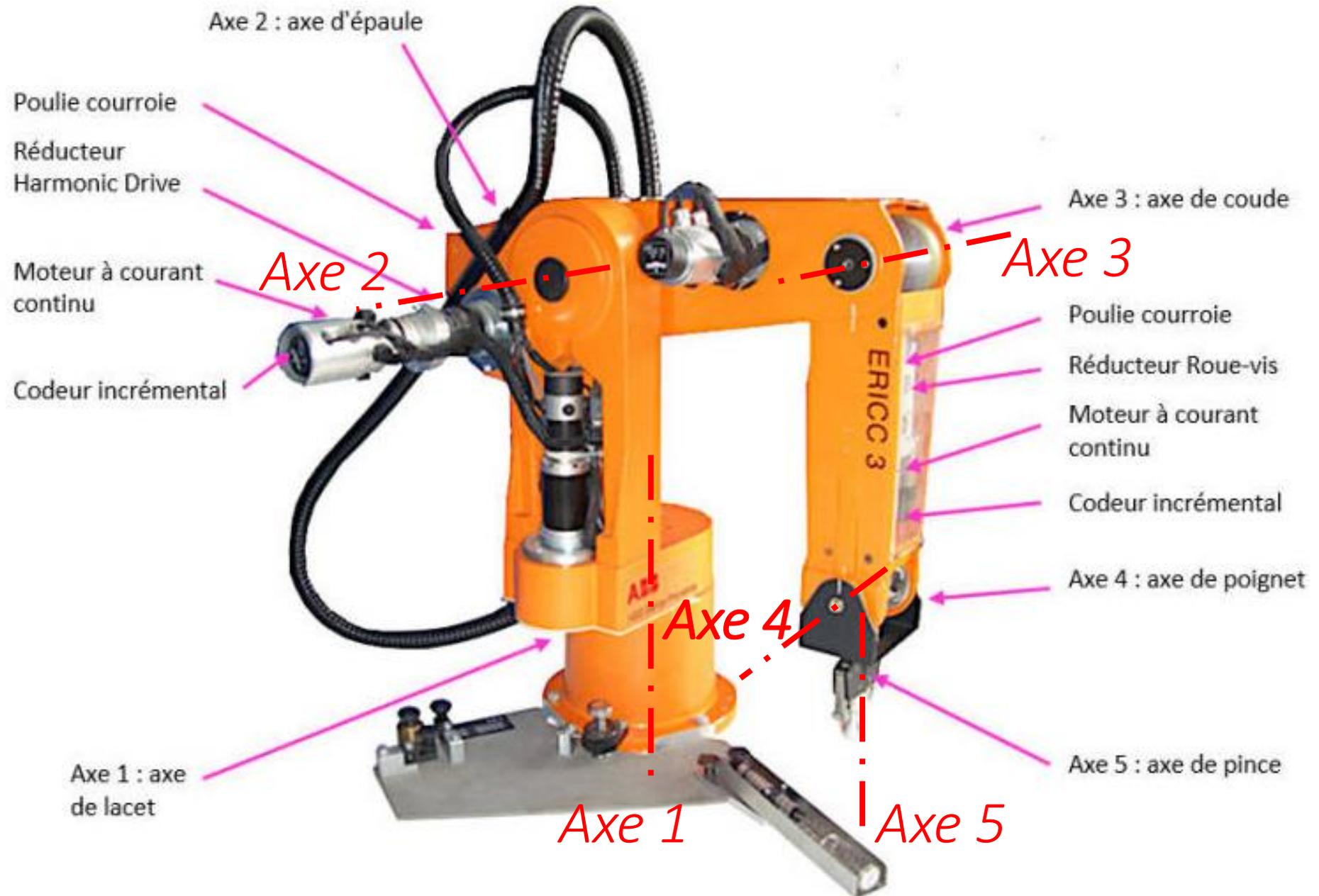
Objectif : minimiser les écarts

Vision d'ensemble – Composant principaux

Le robot ERICC 3 est un robot ayant 5 axes de rotation asservis en position.

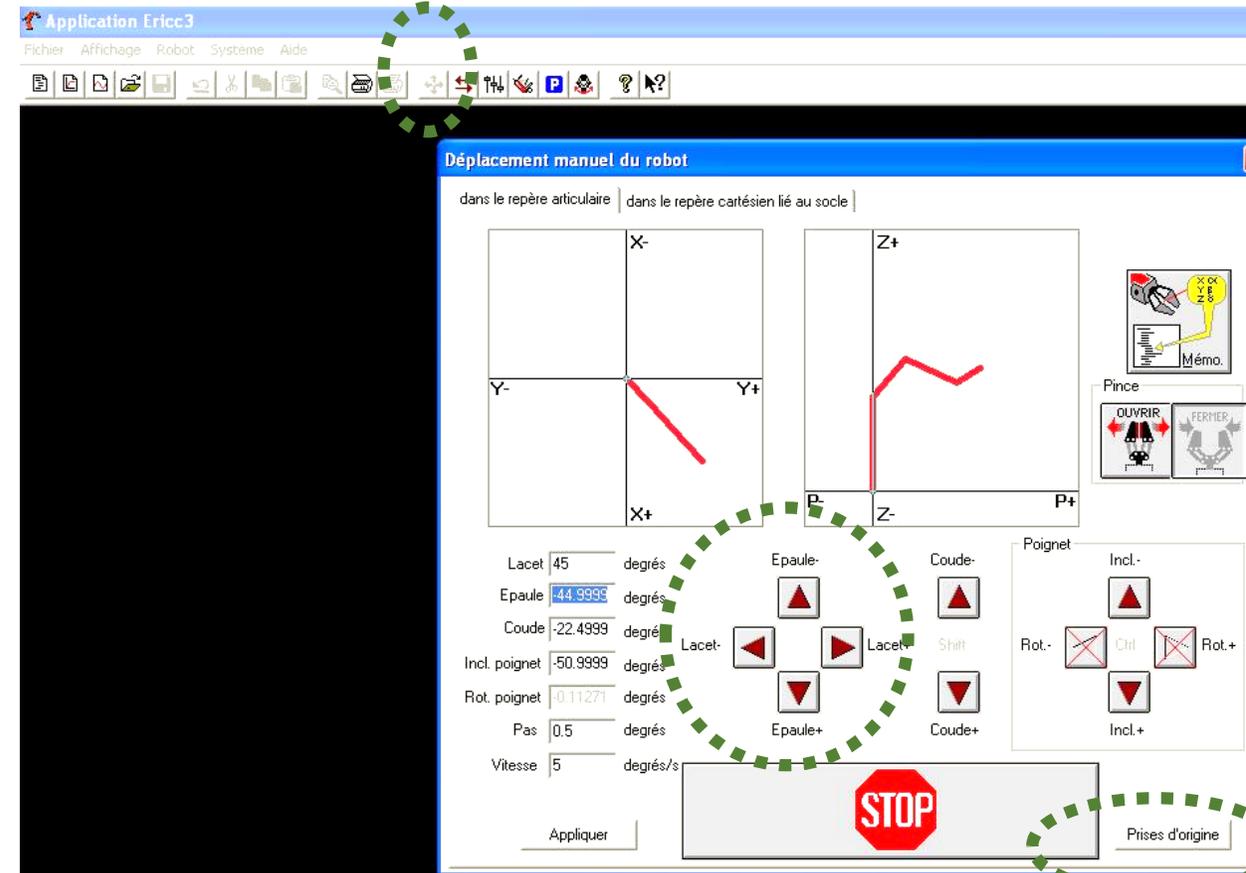


Les 5 axes



1^{ère} manipulation : initialisation du robot, prises d'origine, déplacement « manuel »

- Mettre les deux consoles (pilotage et acquisition) sous tension : boutons derrière les consoles. Vérifier que l'arrêt d'urgence n'est pas enfoncé.
- PC sous tension, ouvrir l'appliquatif de pilotage Ericc
- Cliquer déplacement manuel
- Lancer la prise d'origine
- Le robot s'anime et initialise ses « zéros capteur »
- Robot initialisé, animer « manuellement » le robot selon les axes de lacet, épaule, coude, poignet par clic sur les boutons
- Retenez le vocabulaire, visualisez les degrés de liberté.



Appropriation du système

Observez le système et la description avec photos légendées des diapo précédentes.

Découvrez la chaîne de puissance du système : on ne s'intéresse qu'à la rotation de la chaise, donc l'axe de lacet.

Observez, repérez visuellement avec précision sur le système, pour l'axe de lacet : le moteur électrique, le réducteur, la transmission par courroie (penchez-vous bien par en-dessous), le capteur angulaire.

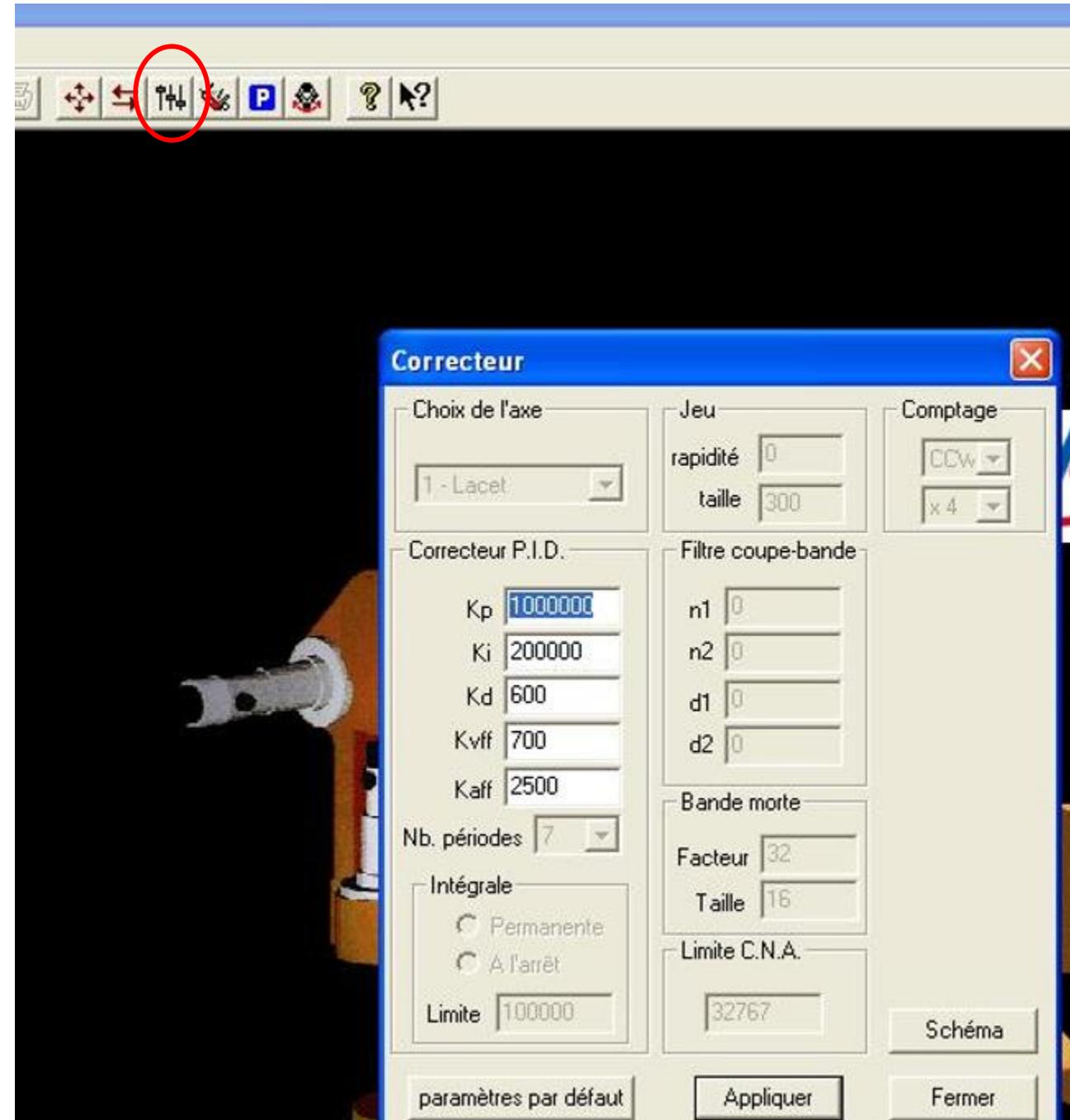
Aidez vous aussi du document technique en toute fin de sujet.

Q1. Quel type de capteur angulaire est utilisé ici ? Quel est son rôle ?

Q2. Faire un diagramme de blocs interne (« IBD » SysML comme vu en cours d'Ingénierie système), montrant la succession des composants et des énergies transitant du moteur à la chaise.

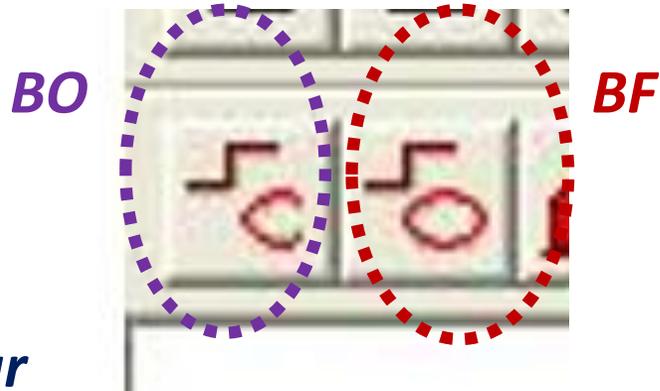
Réglage de la correction PID (Proportionnelle Intégrale Dérivée)

- Cliquer sur le bouton de réglage du correcteur
- Régler $K_p=10^5$, $K_i=0$, $K_d=0$

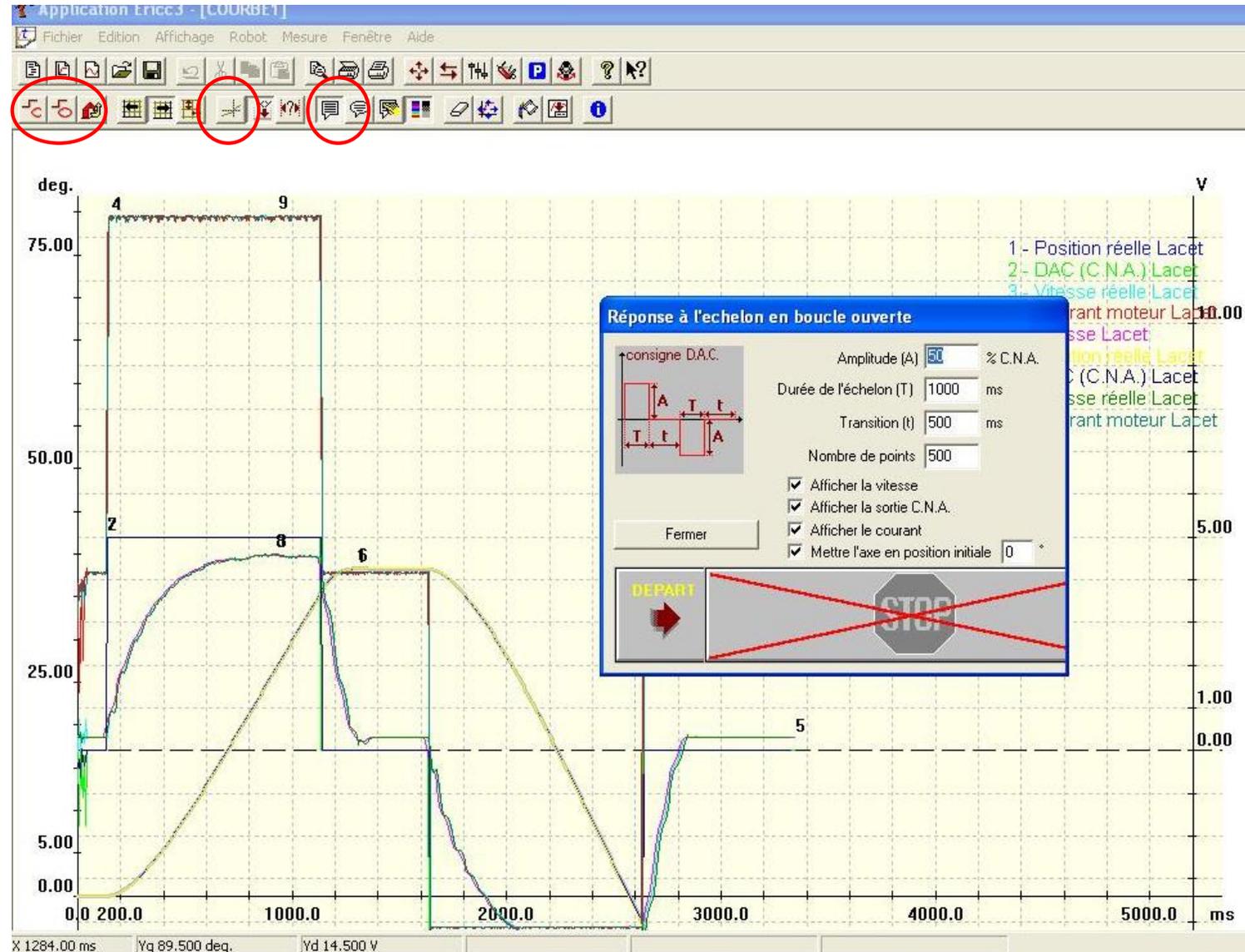


Essai lacet en Boucle Ouverte/Fermée

- Paramètres en **BO** : CNA 50%, durée échelon 2s, 500 pts
- Lancez l'essai.
- Afficher la légende en couleur
- Paramètres en **BF** : consigne pivotement lacet 45°



Curseur



Mesures en Boucle Fermée

Questions 3.

- Mesurer : l'erreur statique, le temps de réponse à 5%, le 1^{er} dépassement relatif (utiliser le curseur)
- Mesurer la vitesse maximale atteinte par la chaise : ω_{ch_max} .
- Mesurer l'intensité maximale atteinte, absorbée par le moteur : I_{max} .

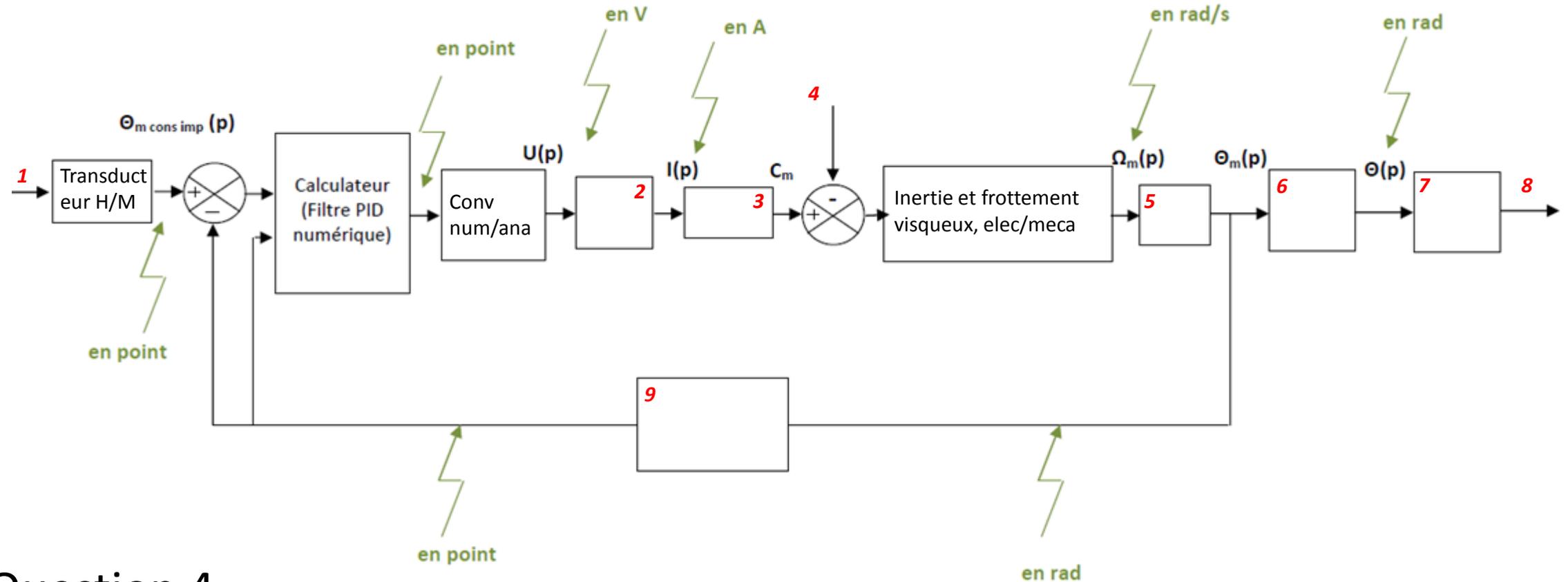


Curseur

Légende

Modèle causal : analyse et critique, corrélation avec le système réel

Le schéma bloc de l'axe de lacet du robot Ericc est donné ci-dessous.



- Question 4.
Identifier les zones (i).

Détermination d'une fonction de transfert

Objectif : calculer la fonction de transfert de la transmission de mouvement partant du rotor moteur à la chaise.

La fonction de transfert est définie ainsi :

$$H_{meca}(p) = \frac{\textit{angle chaise}}{\textit{angle rotor moteur}} = \frac{\theta_{ch}(p)}{\theta_m(p)} = \frac{\omega_{ch}(p)}{\omega_m(p)} = \frac{\textit{vitesse chaise}}{\textit{vitesse moteur}}$$

Q5. Quelle relation lie les vitesses de sortie réducteur et du rotor moteur. Voir en fin de sujet le tableau 7.1 pour les valeurs numériques nécessaires.

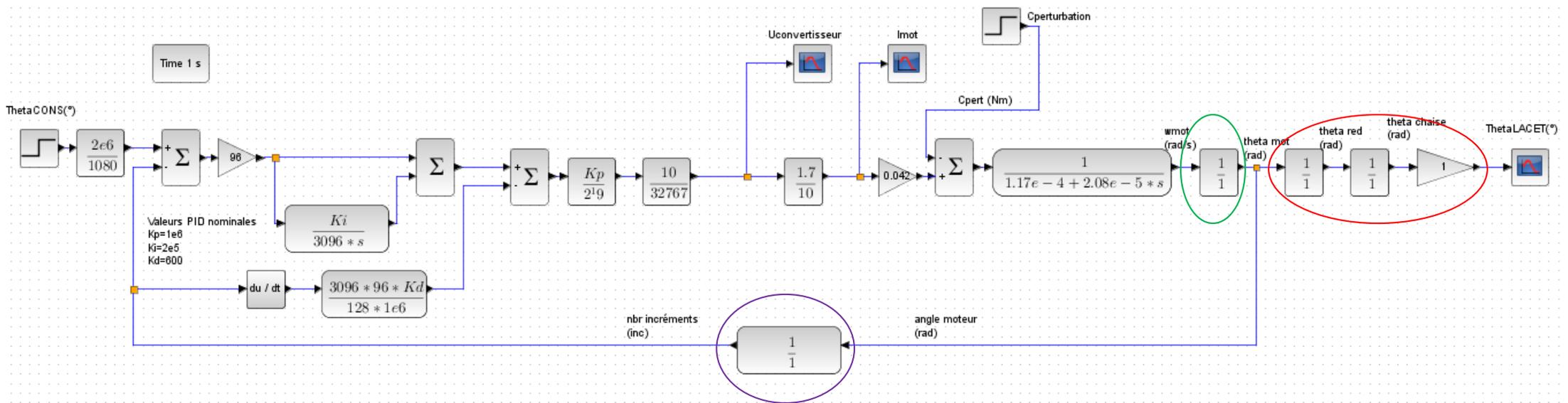
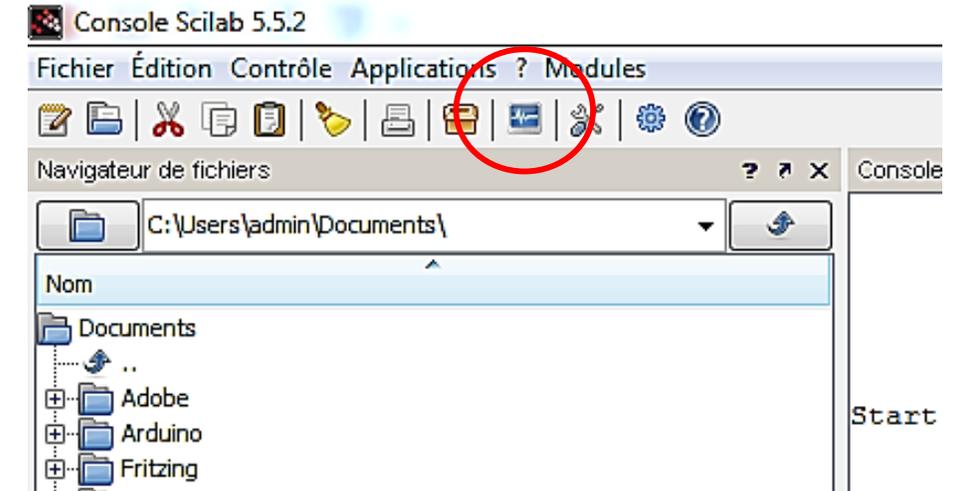
Q6. Quelle relation lie les vitesses de la chaise et de la sortie réducteur. Voir en fin de sujet le tableau 7.1 pour les valeurs numériques nécessaires.

Fonction de transfert $H_{méca}(p)$ (suite)

Q7. Déduire la valeur de $H_{méca}(p)$.

SIMULATION

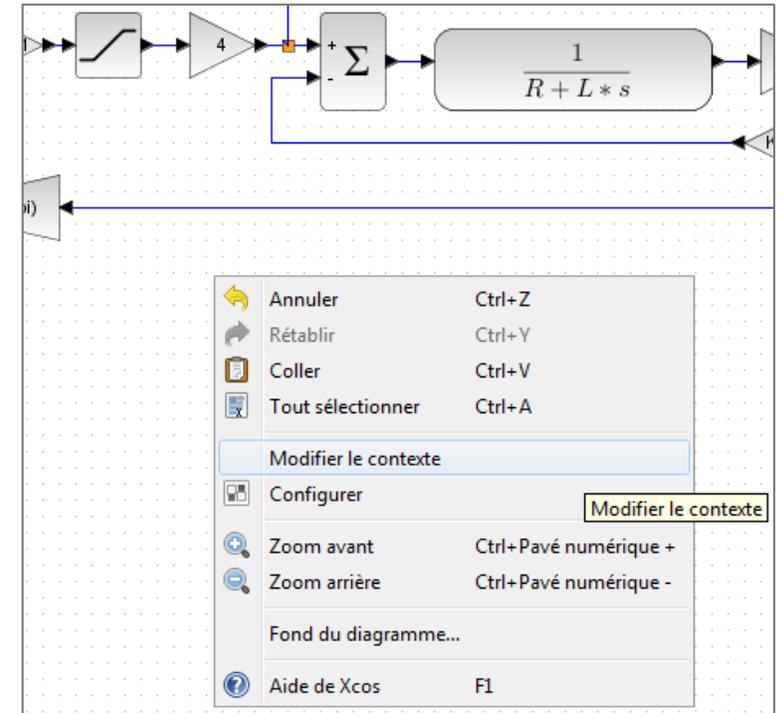
- Ouvrez le logiciel Scilab sur un PC « salle informatique »
- Ouvrez Xcos (clic bouton sur bandeau supérieur)
- Ouvrez le modèle causal du robot Ericc (« *modele_Ericc_Lacet_eleve* »).
- Vous obtenez un schéma bloc ressemblant à celui-ci-dessous.



- Dans le schéma bloc Scilab : saisissez les valeurs nécessaires dans les blocs entourés en **rouge** conséquence des calculs précédents pour déterminer H_{meca} .
- Saisissez la fonction de transfert du bloc entouré en **vert** (la variable symbolique de Laplace p est s dans Scilab).
- Saisissez la valeur du bloc de la chaîne retour entourés en **violet** : Vous disposez d'une documentation sur le codeur incrémental en fin de sujet.

Lancement de la simulation

- Réglez le correcteur PID aux valeurs : $K_p=10^5$, $K_i=0$, $K_d=0$ (clic droit arrière plan/modifier le contexte : K_p , K_i , K_d)
- Durée d'étude de 1,5 s que vous adapterez éventuellement en fonction de chaque essai.
- Lancer une simulation pour une consigne de 1° . Notez l'erreur statique. Observez l'évolution de la tension aux bornes du MCC.
- **Q8.** Relever le temps de réponse T_{r5} , le 1^{er} dépassement relatif D_{r1} , l'erreur statique ε_s .
- **Q9.** Refaites les mêmes mesures pour un autre réglage de correcteur : $K_p=1e5$, $K_i=2e4$, $K_d=600$



Influence de la perturbation

- réglage PID : $1e5$, 0 , 600
- Saisissez une perturbation à l'instant $t=1,5$ s : $C_{pert} = 0,4$ Nm.
- Essai avec échelon de consigne 45°
- Lancez la simulation.
- **Q10 Conclusion** : erreur statique de position ?

- Ajouter de l'intégration avec le réglage suivant : $1e5$, $2e4$, 600
- **Q11 Conclusion** : conséquence de l'intégration dans le correcteur ?

En fait on a fait intervenir la perturbation à 1,5s pour voir clairement ses effets sur l'asservissement. Mais elle est toujours présente dès la mise en mouvement de la chaise.

- **Q12.** Quelle est l'origine physique de la perturbation ? (la perturbation est ce qui s'oppose à l'obtention de la valeur de la grandeur physique désirée).

FIN DU SUJET

Annexes : dossier technique

Moteur CC de l'axe de lacet

SERVOMOTEURS A COURANT CONTINU RS120G

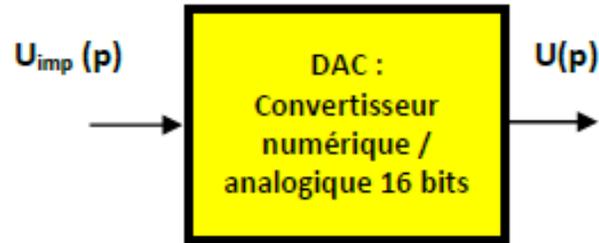
PARVEX

8 avenue du Lac
BP249
F-21007 DIJON Cedex

<i>Couple en rotation lente</i>	0.092	<i>N.m</i>	<i>M₀</i>
<i>Courant permanent rotation lente</i>	2.3	<i>A</i>	<i>I₀</i>
<i>Tension d'alimentation de définition</i>	21	<i>V</i>	<i>U</i>
<i>Vitesse de définition</i>	3000	<i>tr/mn</i>	<i>N</i>
<i>Tension maximale</i>	33	<i>V</i>	<i>U_{max}</i>
<i>Vitesse maximale</i>	7300	<i>tr/mn</i>	<i>N_{max}</i>
<i>Courant impulsionnel</i>	7	<i>A</i>	<i>I_{max}</i>
<i>Fem par 1000 tr/mn (25°C)</i>	4.4	<i>V</i>	<i>K_e</i>
<i>Coefficient de couple électromagnétique</i>	0.042	<i>N.m/A</i>	<i>K_t</i>
<i>Couple de frottement sec</i>	0.6	<i>N.cm</i>	<i>T_f</i>
<i>Coefficient de viscosité par 1000tr/mn</i>	0.024	<i>N.cm</i>	<i>K_d</i>
<i>Résistance du bobinage (25°C)</i>	2.3	<i>Ω</i>	<i>R_b</i>
<i>Inductance du bobinage</i>	1.1	<i>mH</i>	<i>L</i>
<i>Inertie rotor</i>	0.0000041	<i>kg.m²</i>	<i>J</i>
<i>Constante de temps thermique</i>	5.2	<i>min</i>	<i>T_{th}</i>
<i>Masse moteur</i>	0.39	<i>kg</i>	<i>M</i>

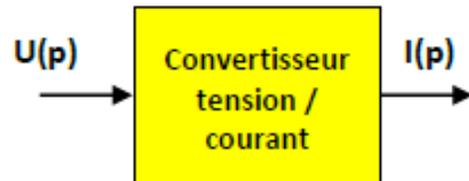
Tous les données sont en valeurs typiques pour des conditions d'utilisation standard

5.3.3 Le DAC



On peut proposer le gain du DAC, convertisseur numérique analogique 16 bits (1 bit de signe + 15 bits de données) puisque que $\pm 32\,767$ incréments en entrée correspondent à une tension de sortie de ± 10 V.

5.3.4 Le convertisseur tension / courant

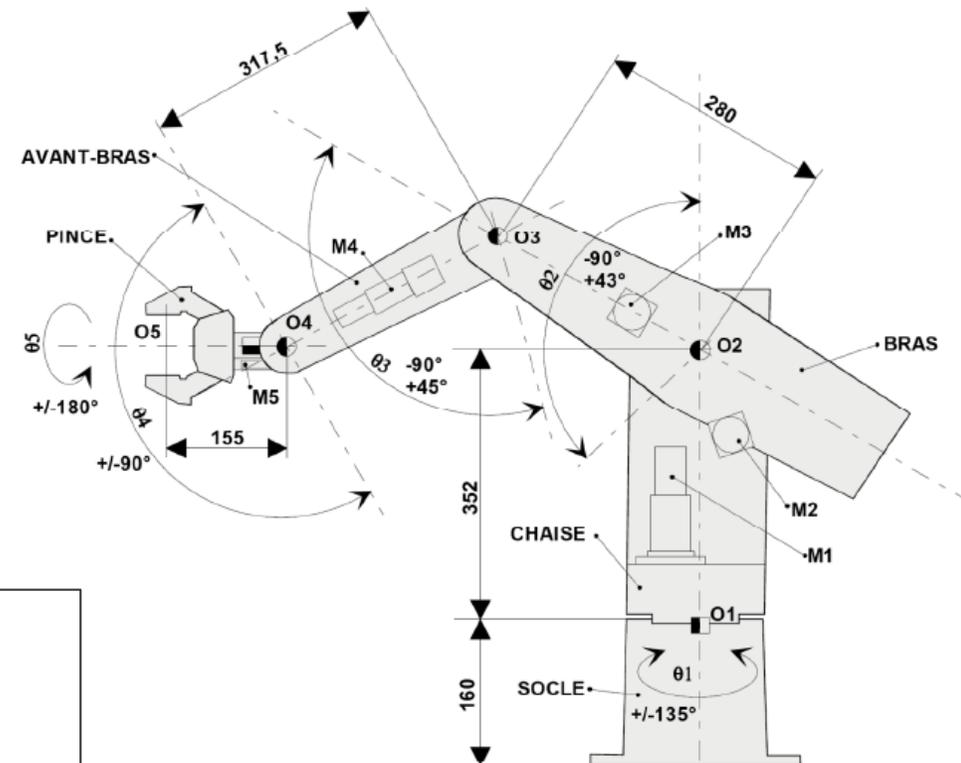


Le courant qui alimente le moteur est issu d'une conversion tension – courant de facteur $K_{UI} = 0,17 \text{ A.V}^{-1}$.

7.1 Caractéristiques et performances des axes

Axe	réducteur	courroie crantée	Nb pulses codeur	comptage	coefficient
θ_1	1/100	12/40	500	x 4	1851.851852
θ_2	1/100	12/40	500	x 4	1851.851852
θ_3	1/100	15/52	500	x 4	1925.925926
θ_4	1/60	18/60	500	x 1	277.777778
θ_5	1/262	18/36	16	x 4	93.155556

Coefficient = nombre d'impulsions codeur correspondant à 1 degré sur l'axe final.



7.4 Le codeur incrémental

Le codeur incrémental type K9 se présente sous la forme d'un kit de très faible encombrement, ne nécessitant aucun réglage au montage.

Il se compose d'un socle métallique, d'un circuit électronique à haute intégration et d'un disque gravé avec grande précision.

En standard, le nombre de traits est de 500, fournissant une résolution de 2000 points par tours avec la multiplication électronique par 4 (250 traits disponibles en options).

Les signaux sont complétés avec émetteurs de ligne permettant la transmission, par câble approprié, jusqu'à 50m.

Solidaire de l'arbre moteur, le codeur K9 est très compact. En conséquence, les charges axiales sur l'arbre sont à proscrire.

