

Cycle

3

Analyser, Expérimenter et Modéliser de façon causale  
les systèmes complexes pluri-technologiques

Dossier travaux pratiques

Consignes  
générales



# Organisation et restitution

Au cours du TP, les étudiants doivent réaliser leur partie mais aussi échanger avec le reste de l'îlot pour pouvoir s'appropriier tous les aspects du TP.

Compte rendu :

- A rendre avant la séance prochaine

Ressources :

- Sujet TP
- Annexe et dossier ressource
- Vidéo présentant le support sur le PC (facultatif)



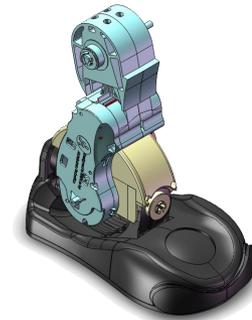
# Roulement TP cycle 1



Slider



Maxpid



Cheville NAO

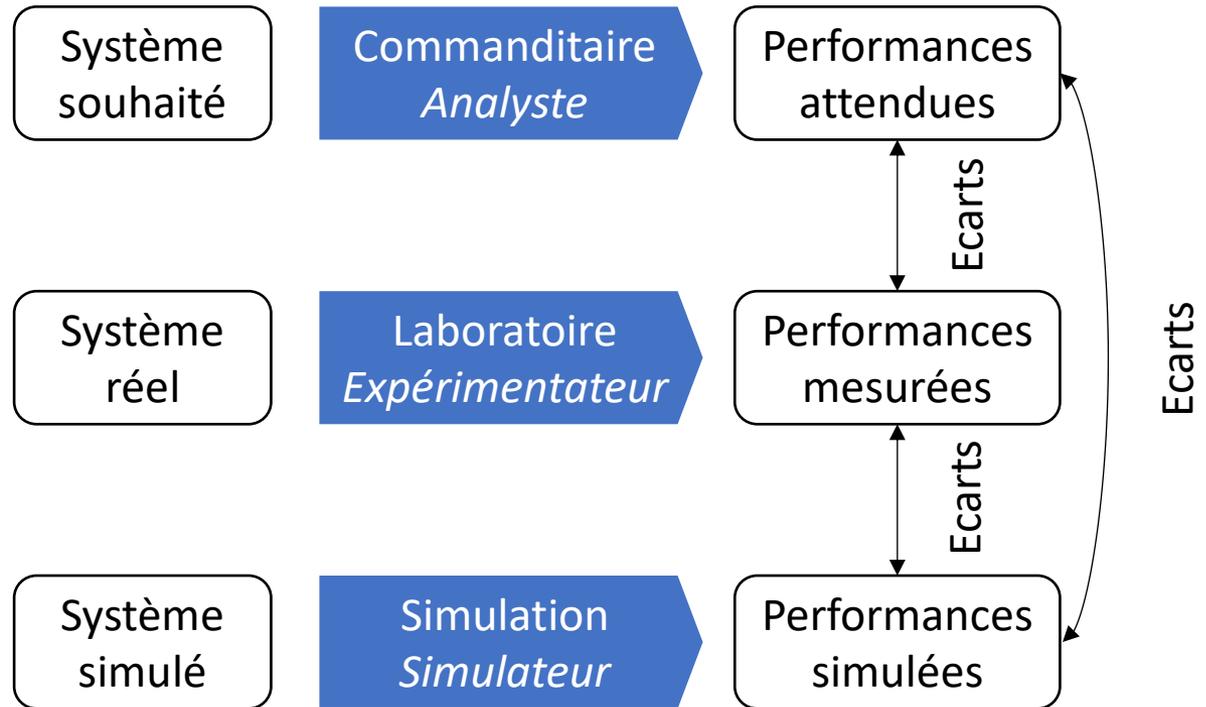
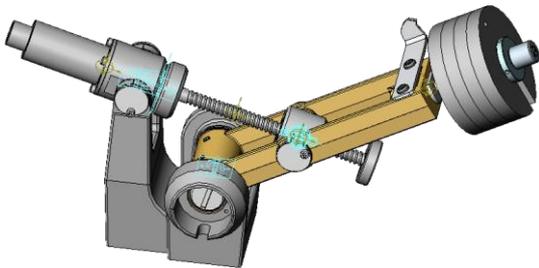
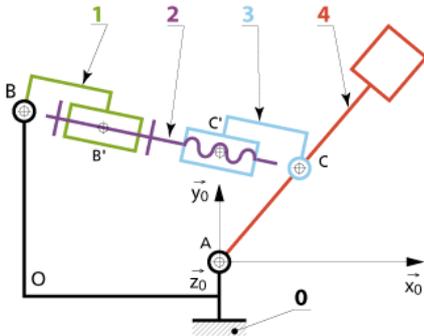


Drone



Cordeuse de raquette

# Objectif général des TP



- Proposer une modélisation
- Prévoir et vérifier les performances
- Analyser les écarts entre le souhaité, le réel et le simulé

# Cycle 3

Analyser, Expérimenter et Modéliser de façon causale  
les systèmes complexes pluri-technologiques

Dossier travaux pratiques

Maxpid  
Cycle3



# Trame Expérimentateur



**Question 1 :** Expliquer le rôle et le fonctionnement des différents capteurs présents sur le système.

**Question 2 :** Régler les paramètres suivants dans les commandes du MaxPID :

Gain Proportionnel ( $K_p$ ) = 250

Gain Intégral ( $K_i$ ) = 0

Gain Dérivé ( $K_d$ ) = 0

Vitesse = 1.0 rad/s

Temps mesure = 1800 ms

Erreur statique = 1.0 °

Erreur de poursuite = 10°

Accélération = 10.0 rad/s<sup>2</sup>

Sur le schéma bloc,  $U$  est la tension de commande du moteur,  $\omega$  est la vitesse de rotation de l'arbre de sortie du moteur,  $\theta$  est la position angulaire du bras et on notera  $\omega_{bras}$  la vitesse de rotation du bras,

**Question 3 :** Expliquer comment obtenir expérimentalement la relation entre  $\omega_{bras}$  et  $\omega$ . A partir des tracés des courbes  $\omega$  ( $= \dot{\theta}_m$ ),  $\omega_{bras}$  ( $= \dot{\theta}_1$ ) et de la position  $\theta_1$  en fonction du temps, pour un trapèze de vitesse de 0° à 90°. Enregistrer les courbes dans votre répertoire. Puis ouvrir ce fichier avec LibreOffice. Indiquer séparateur UNIQUEMENT « ; » (point virgule).

**Question 4 :** Tracer les courbes  $\omega_m$ ,  $\omega_{bras}$  et de la position  $\theta_1$  en fonction du temps. Tracer la courbe du rapport  $\frac{\omega}{\omega_{bras}}$  en fonction de la position  $\theta_1$ .

**Question 5 :** Montrer que cette relation n'est pas linéaire mais qu'elle peut être linéarisée sur des plages d'angles. Indiquer ces plages d'angles et les pentes des droites. Commenter le résultat global obtenu. Proposer alors une valeur de  $\frac{\omega}{\omega_{bras}} = \lambda$  au pole simulation.

**Question 6 :** En modifiant la valeur de  $K_p$  (50, 100, 150), expliciter la performance du système sur la vitesse de rotation du bras (l'erreur, le temps de réponse à 5% et la valeur du premier dépassement en position verticale et horizontale). Quel est l'influence de  $K_p$  sur le système ?



# Trame Simulateur

Dans cette partie, nous allons établir un modèle de chaque composant de notre système. Le système étant asservi, son schéma fonctionnel, présent en annexe, comporte une boucle de retour et un comparateur. Sur la chaîne d'action,  $U$  est la tension de commande du moteur,  $\dot{\theta}_m = w(t)$  est la vitesse de rotation de l'arbre de sortie du moteur,  $\dot{\theta}$  est la vitesse de rotation du bras et  $\theta$  est la position angulaire du bras.

**Question 1 :** A l'aide des annexes, déterminez les valeurs de  $G$  et  $C$ . Puis donnez la valeur de  $T$  pour que le schéma soit cohérent.

**Question 2 :** A partir du schéma bloc en annexe, reconstruire un schéma équivalent sous Xcos et renseigner la valeur des blocs en fonction de ce que vous donne le pole analytique et expérimentale.

**Question 3 :** Valider, ou ajuster votre modèle en comparant la courbe simulée ainsi obtenue avec un essai identique expérimentale. On propose l'essai suivant :  $K_p = 100$ , Position initiale  $40^\circ$ , consigne de position de  $10^\circ$ .

**Question 4 :** En modifiant la valeur de  $K_p$  (50, 100, 150), expliciter la performance du système (l'erreur, le temps de réponse à 5% et la valeur du premier dépassement. Quel est l'influence de  $K_p$  sur le système ? Comparer votre conclusion avec celle du pole expérimental. Quel phénomène est mis en évidence par la modification de la valeur de  $K_p$  du PID ? Pour cela, on pourra visualiser l'allure de la tension électrique d'alimentation (« Commande ») aux bornes de l'actionneur ( $U(t)$ ) dans le modèle simulé sous Scilab.



**Comparer les résultats obtenus et hypothèses posées avec les autres pôles et identifier les écarts**

# Trame analytique

Les quatre équations du moteur à courant continu sont données dans le « **DOSSIER RESSOURCES** ».

**Question 1** : Transformer ces équations dans le domaine de Laplace, en se plaçant dans les conditions d'Heaviside.

On suppose que  $L$  et le couple résistant ( $C_r(t) + f \cdot \omega_m$ ) sont négligeables. On pose  $\omega_m(p) = \dot{\theta}_m(p)$ .

**Question 2** : Déterminer  $\text{Moteur}(p) = \frac{\omega_m(p)}{U(p)}$ .

**Question 3** : A partir de la documentation technique du moteur CC 24V fournie dans le « **DOSSIER TECHNIQUE** », trouver les valeurs des différentes constantes présentées dans la fonction de transfert globale du moteur CC modélisé précédemment.

Le correcteur PID (cf. annexe) ne sera utilisé, dans un premier temps, qu'en tant que correcteur proportionnel ( $K_p$  uniquement,  $K_i = 0$  et  $K_d = 0$ ). On en déduit  $K = \frac{K_p}{C}$ .

**Question 4** : Déterminer la FTBF globale  $\frac{\theta(p)}{\theta_c(p)}$  sous forme canonique. Quel est l'ordre de la réponse obtenue ? Représenter l'allure de la courbe (pour  $K_p=100$ ) et identifier les paramètres caractéristiques. Comparer cette courbe avec celle que le pole simulation obtiendra une fois le modèle complété.



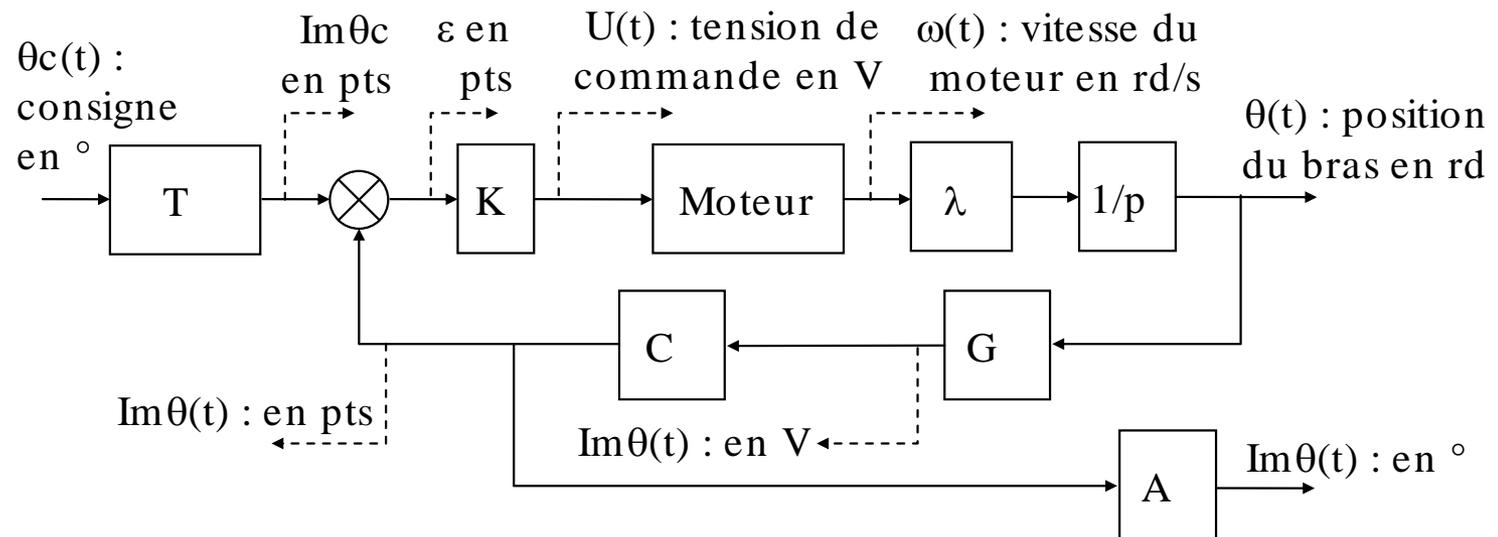
**Comparer les résultats obtenus et hypothèses posées avec les autres pôles et identifier les écarts**

Dossier travaux pratiques

Maxpid



# Annexe 1 : Schéma fonctionnel



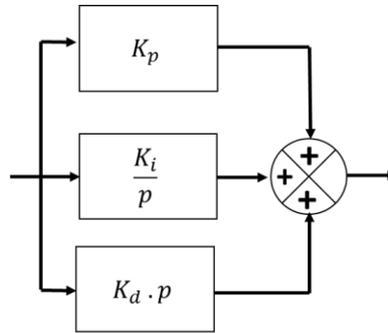
# Annexe 2

Le banc d'essai permet d'étudier le comportement d'un axe asservi intégré dans la chaîne fonctionnelle d'un bras de robot équipant des robots de cueillettes et des robots de tris sélectif. Il est pour l'essentiel constitué d'un support (référence) et d'un bras. La chaîne directe est constituée d'un moteur CC, d'un système vis écrou et d'une transformation de mouvement « 3 barres ».

Tension nominale Vn	V	42	Chaîne de mesure : G → Capteur de position angulaire Sortie : 5V pour 95° C → Convertisseur Analogique Numérique (CAN) Sortie : nombre codé sur 12 bits (donc 2 <sup>12</sup> valeurs possible) pour 5 V  A = 180/(Pi*G*C)
Vitesse à vide	Tr/mn	7530	
Vitesse limite	tr/mn	8200	
Courant à vide	mA	93	
Couple de démarrage	mN.m	1070	
Courant de démarrage	A	20.3	
Résistance aux bornes	Ohm	2.07	
Courant permanent maxi	A	2.15	
Couple permanent maxi	mNm	113	
Constante de couple	mNm/A	52.5	
Constante de vitesse	tr/mn/V	182	
Inertie du rotor	gcm <sup>2</sup>	69.6	
Inductivité	mH	0.62	

# Annexe 3

Le correcteur PID est un correcteur Proportionnel Intégral Dérivé de forme générale :



$$H_{PID}(p) = K_p + \frac{K_i}{p} + K_d \cdot p$$