

# 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'équipe pour pouvoir s'appropriier tous les aspects du TP.

Compte rendu :

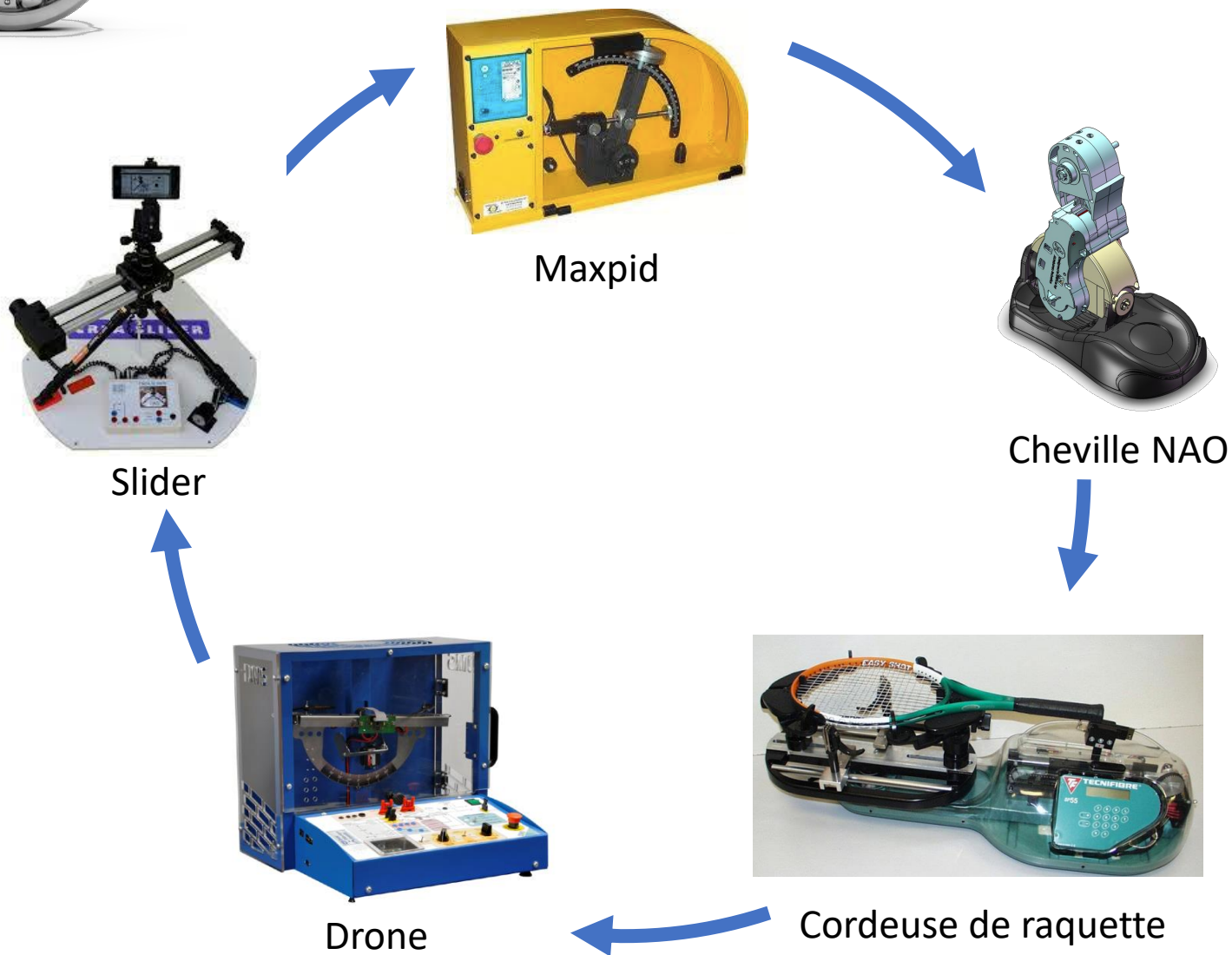
- A rendre avant la séance prochaine

Ressources :

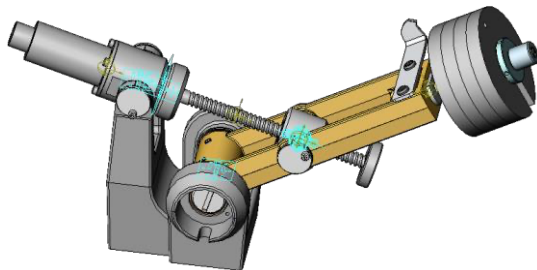
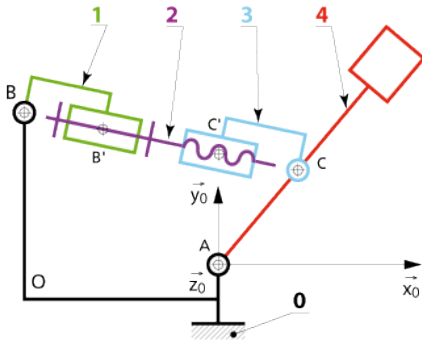
- Sujet TP
- Annexe et dossier ressource
- Vidéo présentant le support sur le PC (facultatif)



# Roulement TP cycle 1



# Objectif général des TP



Système  
souhaité

Commanditaire  
*Analyste*

Performances  
attendues

Système  
réel

Laboratoire  
*Expérimentateur*

Performances  
mesurées

Système  
simulé

Simulation  
*Simulateur*

Performances  
simulées

Ecart

Ecart

Ecart

- 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

## Slider Cam Cycle 3



# Trame analytique

L'objectif pour le pole analytique est de déterminer le modèle de connaissance du moteur. L'étude dans cette partie sera menée sur le moteur seul monté sur son banc (cf. dossier ressource).

**Question 1 :** Transformer dans le domaine de Laplace les équations présentes en annexe.

**Question 2 :** Compléter le schéma bloc présent en annexe du moteur seul à partir des équations de la question 1.

**Question 3 :** Déterminer la  $FTBF = \frac{\omega_m(t)}{U(t)}$  en considérant  $C_r$  nul. Déterminer l'ordre, la classe et les grandeurs caractéristiques sous forme littérales puis numériques (pour un premier ordre :  $T$  et  $K$ , pour un second ordre :  $K$ ,  $\omega_0$  et  $z$ ).

**Question 4 :** A l'aide des abaques du cours, prédire la performance du système en termes de rapidité et précision. Tracer l'allure de la réponse pour une entrée  $U=5V$  (correspondant à une consigne de vitesse de 500 rad/s). Comparer vos résultats avec ceux issus de l'expérience et du pole simulation.

**Question 4 :** Déterminer maintenant la  $FTBF = \frac{i(t)}{U(t)}$  en considérant toujours  $C_r$  nul. Déterminer l'ordre, la classe et les grandeurs caractéristiques sous forme littérales puis numériques (pour un premier ordre :  $T$  et  $K$ , pour un second ordre :  $K$ ,  $\omega_0$  et  $z$ ). Prédire la performance du système en termes de rapidité et précision. Tracer l'allure de la réponse pour une entrée  $U=5V$  et comparer vos résultats avec ceux issus de l'expérience et du pole simulation



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

# Trame simulation

L'objectif pour le pole simulation est de construire le modèle Xcos du système (ici le moteur seul) à partir des données fournies par le pole expérimentateur et analytique.

**Question 1 :** Construire un modèle Xcos correspondant au schéma bloc présent en annexe en considérant pour commencer qu'il n'y a pas de couple résistant  $C_r$ . Compléter votre schéma avec les blocs donnés par le pole analytique et avec les valeurs numériques du pole expérimental.

**Question 2 :** Modifier votre modélisation pour faire apparaitre sur un même graphique l'évolution de l'intensité et de la vitesse de rotation du moteur en fonction du temps.

**Question 3 :** Valider, ou ajuster votre modèle en comparant la courbe simulée ainsi obtenue avec un essai identique expérimentale. On propose l'essai suivant : tension d'entrée échelon 5V (correspondant à une consigne de vitesse de 500 rad/s), durée 1 seconde. Déterminer les performances simulées en termes de précision, de rapidité et de stabilité. Comparer les résultats expérimentaux aux résultats numériques en s'intéressant à calculer et commenter les écarts éventuels.

**Question 4 :** Modifier votre modèle initial pour prendre en compte l'ajout de frottement sous la forme  $C_r(t) = C_{r_0} + f_v \cdot \omega_m(t)$ . Vous pourrez par exemple créer un échelon pour  $C_{r_0}$ . Lancer un essai selon les mêmes conditions qu'à la question précédente (mais cette fois ci en prenant en compte le couple de frottement) et comparer les écarts avec le pole expérimental.



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

# Trame expérimentale

L'objectif pour le pole expérimentateur est de déterminer le modèle de comportement du moteur. L'étude dans cette partie sera menée sur le moteur seul monté sur son banc (cf. dossier ressource).

**Question 1 :** En vous aidant des équations en annexe, mettre en œuvre sur le moteur seul (appeler le professeur) les manipulations permettant de déterminer la résistance  $R$ , la constante  $k$ . Il est conseillé d'utiliser l'équation électrique du moteur, de se mettre en régime permanent ( $u(t) = R \cdot i_m(t) + e(t)$ ) et de faire deux essais correspondants à deux valeurs de tension  $u(t)$ . Vous aurez donc deux équations pour deux inconnues ( $R$  et  $k_e = k$ ).

**Question 2 :** En adoptant une démarche similaire (mais avec les autres équations) déterminer le couple résistant  $C_r$  (que l'on supposera constant) et le moment d'inertie  $J$  du rotor. Appeler le professeur si vous bloquez (question pas évidente).

**Question 3 :** Effectuer une mesure, dans les conditions similaires au pole simulation (on propose un échelon de 5V) et comparer la courbe de vitesse avec celle du pole simulation ainsi que la courbe d'intensité.

Dans un second temps, on souhaite affiner notre modèle en prenant en compte des frottements fluide  $f_v$  dans le couple résistant. On écrira alors le couple résistant sous la forme :  $C_r(t) = C_{r_0} + f_v \cdot \omega_m(t)$ .

**Question 4 :** Déterminer le protocole expérimental pour obtenir le coefficient  $f_v$ . Effectuer ce protocole, déterminer  $f_v$  et le communiquer au pole simulation (il est conseillé de faire une régression linéaire pour des coefficients les plus fiables possibles).



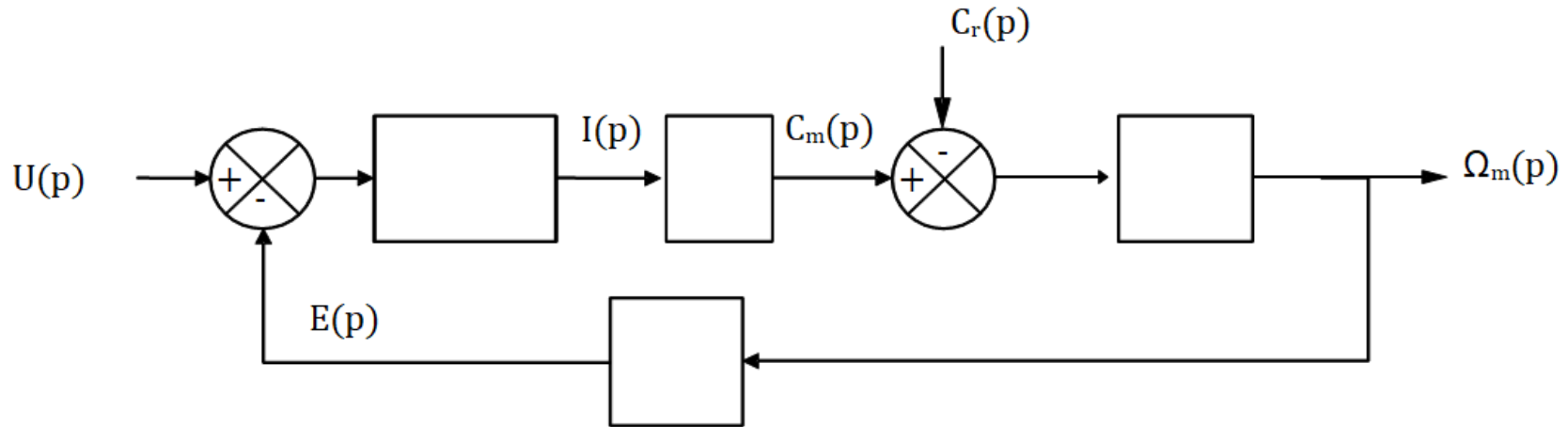
**Comparer les résultats obtenus et hypothèses posées avec les autres pôles et identifier les écarts**

Dossier travaux pratiques

# Slider Cam



# Schéma bloc moteur seul



On rappelle :

- (E1) :  $u(t) = R \cdot i_m(t) + e(t) + L \cdot \frac{di_m(t)}{dt}$ 
  - $u(t)$  est la tension d'alimentation du moteur (en V)
  - $R$  est la résistance de l'induit (en  $\Omega$ ),
  - $i_m(t)$  est l'intensité consommée dans l'induit (en A)
  - $L$  inductance de la bobine
  - $e(t)$  est la force contre-électromotrice (en V) ;
- (E2) :  $J \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t)$ 
  - $J$  est l'inertie du rotor (en  $\text{kg.m}^2$ )
  - $\omega_m(t)$  est la vitesse de rotation de l'axe moteur (en  $\text{rad.s}^{-1}$ )
  - $C_m(t)$  est le couple moteur
  - $C_r(t)$  est le couple résistant au niveau de l'axe moteur (en  $\text{N.m}$ ).
- (E3) :  $e(t) = k_e \cdot \omega_m(t)$  avec  $k_e$  la constante de vitesse (en  $\text{V.s.rad}^{-1}$ ) ;
- (E4) :  $C_m(t) = k_t \cdot i_m(t)$  avec  $k_t$  la constante de couple (en  $\text{N.m.A}^{-1}$ ).