

# Asservissement à vitesse Position

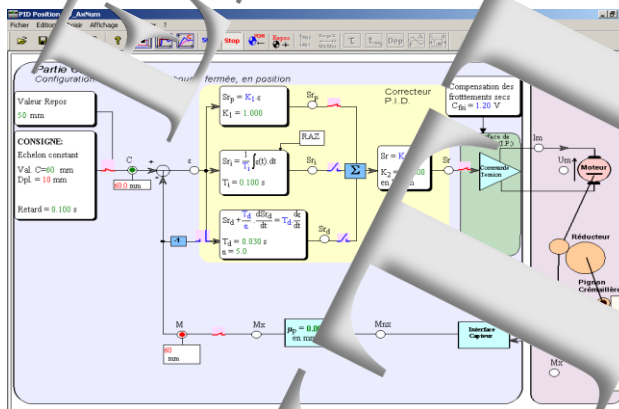


- Sur le système AxNum Réf : ERD 150 000
- Dans le domaine linéaire continu

Niveau :	CITE 2011
Secondaire	4
Supérieur court	5



Partie opérative  
Réf : ERD 150 000



Logiciels sur PC  
Réf : ERD 150 000

- Manuels de travaux pratiques :**
- De niveau CITE III (Bac)**
    - ERD 150 030 Manuel Sujets (5 sujets 74 pages)
    - ERD 150 020 Manuel Comptes rendus (44 pages)
  - De niveau CITE V (STS; IUT; Ingénieur)**
    - ERD 150 050 Manuel Sujets (9 sujets 80 pages)
    - ERD 150 040 Manuel Comptes rendus (100 pages)
  - De niveau CITE VII (domaine numérique)**
    - ERD 150 070 Manuel Sujets (6 sujets 98 pages)
    - ERD 150 060 Manuel Comptes rendus (86 pages)

## Sujets

EXTRAITS  
EXTRAITS  
EXTRAITS

SOMMAIRE:

Référence	Thème	Page
	<i>Série de TPs avec alimentation du moteur en tension</i>	
TP2-1_Cde-I_BO1_Sujet	Identification en Boucle Ouverte n°1	5
TP2-2_Cde-I_RPP_Sujet	Régulation de Position avec correction Proportionnelle	11
TP2-3_Cde-I_RPPD_Sujet	Régulation de Position avec correction Proportionnelle + Dérivée	17
TP2-4_Cde-I_Profil_Sujet	Régulation de Position avec correction Proportionnelle, et commande par profil	21
TP2-5_Cde-I_RPPnl_Sujet	Régulation de Position avec correction Proportionnelle et charge mécanique non linéaire (avec frottement sec non compensé)	25
	<i>Série de TPs avec alimentation du moteur en courant</i>	
TP2-6_Cde-U_BO2_Sujet	Identification en Boucle Ouverte n°2	29
TP2-7_Cde-U_RPP_Sujet	Régulation de Position avec correction Proportionnelle	35
TP2-8_Cde-U_RPPD_Sujet	Régulation de Position avec correction Proportionnelle + Dérivée	41
TP2-9_Cde-U_RPPDnl_Sujet	Régulation de Position avec correction Proportionnelle + retour tachymétrique (régulation cascade)	45
	<i>Série de TPs sur Prototypage</i>	
TP2-10_Cde-U_PR_Sujet	Prototypage rapide avec moteur alimenté en I Simulation par « Scilab-Scicos » Synthèse et comparaison par « D_Scil »	51
TP2-11_Cde-U_PR_Sujet	Prototypage rapide avec moteur alimenté en U Simulation par « Scilab-XCos » Synthèse et comparaison par « D_Scil »	61
TP2-12_Cde-I_PR-2_Sujet	Prototypage rapide avec moteur alimenté en I, sans la compensation des frottements secs Simulation par « Scilab-XCos » Synthèse et comparaison par « D_Scil »	67

Remarque:

Il existe 2 versions de ce matériel :

- version 1, équipé d'un moteur SMH, livré à partir de 2007.
- version 2 livrées avant 2007 équipé d'un moteur Maxon

Version	Marque moteur	Coeff Réducteur	Tension nominale (V)	Constante de couple (Nm/A)	R induit (Ω)	L d'induit (mHy)	Vitesse à vide (tr/min)
+2007	Maxon	33,2	18	0,021	9,96	1,03	8010
-2007	SMH	39	24	0,023	4,97	3,77	5400

Page laissée vierge volontairement

EXTRAITS  
EXTRAITS  
EXTRAITS

**SUJET**  
de Travaux Pratiques  
sur système AxNum (ERD150)

**Niveau 2 TP N° 2**

Réf fich: TP2-2\_AxNum\_Cde-I\_RPP\_Sujet.word

**ETUDE EN BOUCLE FERMÉE, EN POSITION, AVEC CORRECTEUR PROPORTIONNEL**

Réf: Cde-I\_RPP

- Avec Interface de puissance de type "Commande en Courant"
- Avec frottement sec intrinsèque compensé (ou non)

**But:**

Il s'agit de définir un modèle de comportement du système, dans sa configuration prévue, à un certain nombre d'essais expérimentaux.

**Configuration:**

Configurer le système en boucle fermée avec correcteur PID:

Choisir → Mode commande → Boucle Fermée → PID Position

Configurer l'interface de puissance en "Commande Courant":

Choisir → Interface de puissance → Commande Courant

Configurer la compensation du frottement sec intrinsèque:

Configurer → Partie générative → Affecter  $I_{cfsi} = 0.9 * Sr_0$  en mA (Valeur déterminée en BOI)

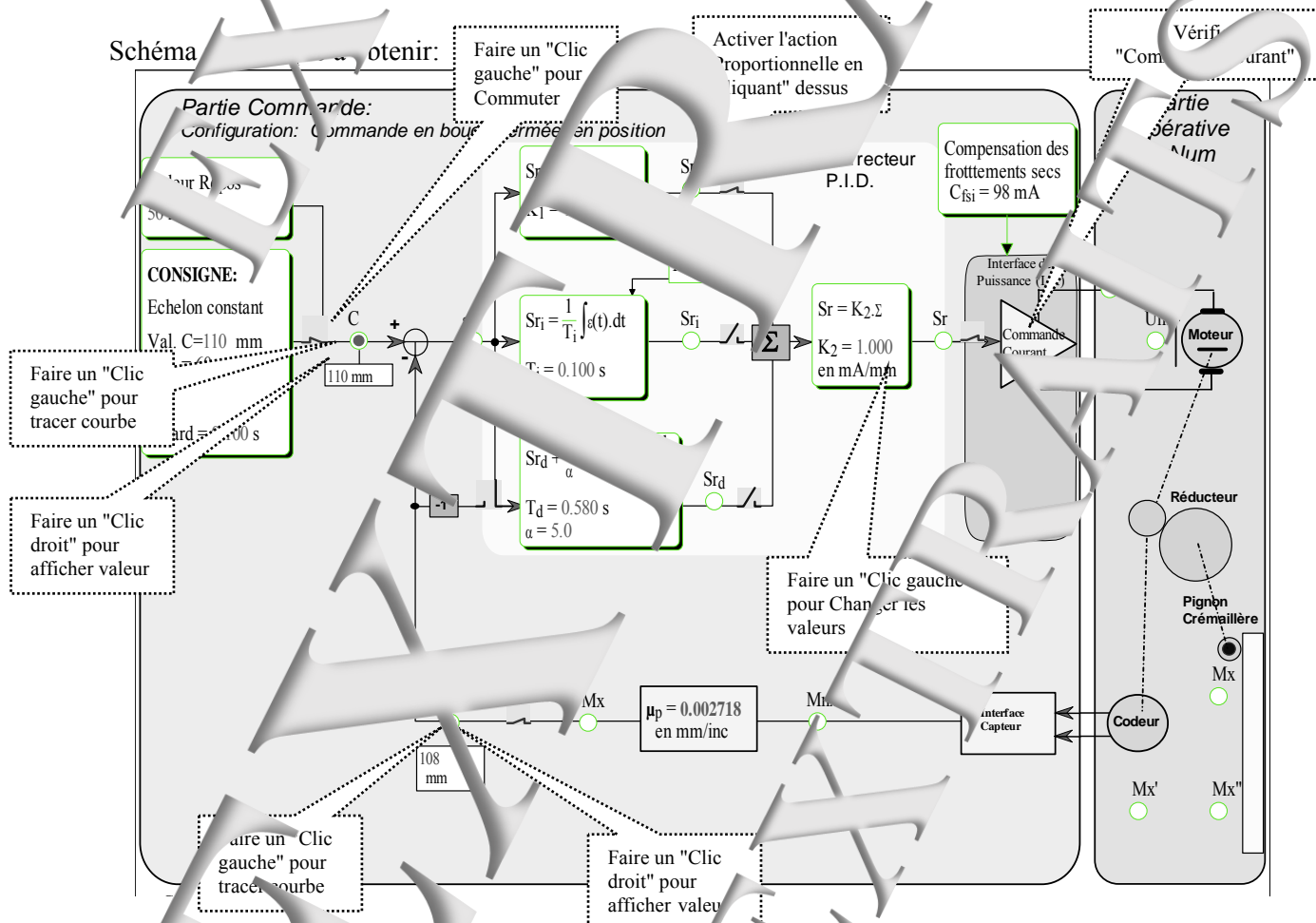
Choisir les unités des signaux d'entrée régulateur (C, M):

Choisir → Unités → Consigne/Mesure/Ecart → mm/mn

Choisir l'unité de la sortie régulateur (Sr)

Choisir → Unités → Sortie régulateur → Unité I.P. (Interface de Puissance)

**Schéma**



# 1. Prédéterminations

## 1.1. Hypothèses et notations

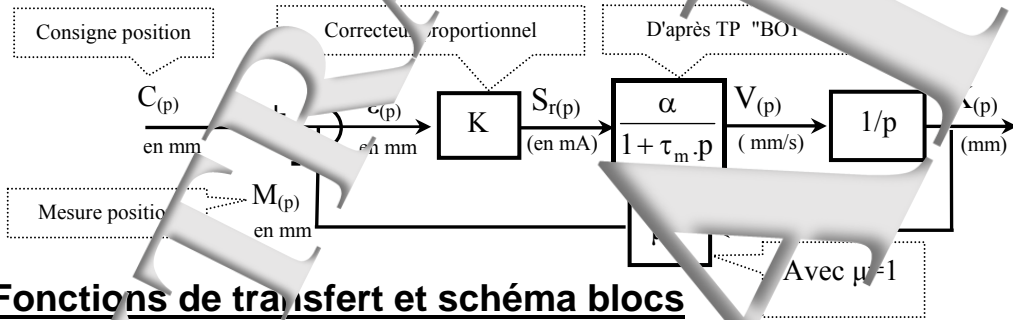
Dans ce TP, seule la sortie du  $S_p$  du correcteur est considérée.

La sortie du régulateur  $S_r$  a donc pour expression  $S_r(t) = K_1 \cdot K_2 \cdot \varepsilon(t) = K \cdot \varepsilon(t)$  où  $\varepsilon(t)$  est le signal d'écart.

Le signal d'écart  $\varepsilon$  a pour expression  $\varepsilon(t) = c(t) - m(t)$  avec  $c(t)$  la consigne de position et  $m(t)$  la mesure de la position.

Le signal de mesure  $m$  a pour expression  $m(t) = \mu \cdot u(t)$  où  $\mu$  est le coefficient de transfert du capteur de position. Si on choisit comme unité de  $c$ ,  $m$  et  $\varepsilon$  la même que celle de la position ( $X$  en mm), on aura donc  $\mu=1$  (Capteur à coefficient de transfert unitaire).

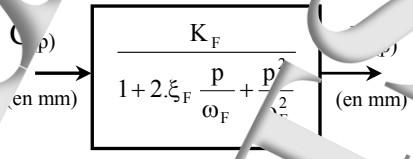
Si le frottement est sec est compensé, on peut admettre le schéma bloc en boucle fermée, en position:



## 1.2. Fonctions de transfert et schéma blocs

Exprimer la fonction de transfert en boucle fermée  $F(p) = X(p)/C(p)$  mise sous la forme ci-contre (forme du deuxième ordre)

où:  $K_F$  est le coefficient de transfert en boucle fermée (en mm/mm)  
 $\xi_F$  est le "coefficient d'amortissement boucle fermée" (sans dim)  
 $\omega_F$  est la pulsation propre en boucle fermée en rad/S



Exprimer  $K_F$  si on souhaite obtenir  $\xi_F = \dots$  puis  $\xi_F = \dots$

Faire l'application numérique à partir des valeurs données en TP "BO1" et calculer dans les deux cas  $\omega_F$

Déterminer  $K_F$  par que le système satisfasse une marge de phase de  $45^\circ$  (Se servir des résultats expérimentaux obtenus dans le TP "BO1")

Exprimer également la fonction de transfert  $\varepsilon(p)$ .

## 1.3. Comportement en régime statique

Exprimer le coefficient de transfert statique  $K_F$

En déduire l'allure de la caractéristique statique et donner le domaine de validité.

Exprimer l'erreur statique.

## 1.4. Comportement en régime dynamique

### 1.4.1. Réponse à un échelon constant autour d'une position de repos,

#### a/ A l'intérieur de la bande passante du régulateur (petits déplacements).

En déduire la réponse du système à un échelon constant:

$$C(t) = C_0 + A \cdot u(t) \quad \text{ou } C_0 \text{ est la consigne de position de repos, } u(t) \text{ est la fonction existence}$$

Déterminer la valeur maxi de  $A$  noté  $A_{Max}$  si l'on souhaite rester dans la bande proportionnelle du régulateur. (On rappelle que la sortie régulateur est limitée à la plage de variation  $-S_{rM} < S_r < S_{rM}$ )

Déterminer le pourcentage de dépassement  $\sigma$  en utilisant les abaques fournis en annexe. Déterminer également à quel instant a lieu ce dépassement.

Déterminer le temps de réponse à 5% (algébriquement puis en utilisant les abaques fournis en annexe)

#### b/Réponse à un échelon constant hors bande proportionnelle du régulateur (grands déplacements)

Etudier la réponse du système dans le cas où on choisit  $A \gg S_{rM}$

On étudiera les deux régimes successifs:

- déplacement hors bande proportionnelle en prenant l'instant de l'entrée dans la bande proportionnelle comme origine des temps.
  - déplacement dans la bande proportionnelle en prenant l'instant de l'entrée dans la bande proportionnelle comme origine des temps.
- ☞ Evaluer le temps de réponse à 5%. Faire l'application numérique pour un déplacement de 100mm et en tenant compte des résultats obtenus en TP "BO1".

**b/ Obtention d'un régime juste instable**

Se servir des relevés expérimentaux obtenus dans le TP "BO1" pour déterminer la valeur de K qui rendra le système juste instable. En déduire également la pulsation puis la période des oscillations obtenues.

**1.4.2. Comportement en régime harmonique établi autour d'une position de repos**

- ☞ En supposant le système linéaire, proposer une expression du régime établi pour une expression  $c(t) = C_0 + C_1 \cdot \sin(\omega \cdot t)$  où  $C_0$  est la consigne de repos  $C_1$  l'amplitude de la perturbation sinusoïdale. On exprimera la position de repos.
- ☞ Exprimer la fonction de transfert en régime harmonique établi, autour d'une position de repos, puis son module et enfin son argument en fonction de la pulsation d'excitation  $\omega$ , et pour les valeurs particulières:  $\omega = 0, \omega = \omega_F/10, \omega = \omega_F/2, \omega = \omega_F, \omega = 2 \cdot \omega_F, \omega = 10 \cdot \omega_F$  et  $\omega = \infty$

Remarque:

- On fera l'application en coordonnée réduite en posant  $u = \frac{\omega}{\omega_F}$  puis  $\xi_F = 0,2$
- ☞ Montrer que le module passe par un maximum (phénomène de résonance). Déterminer à quelle pulsation a lieu ce maximum. Faire l'application numérique pour les deux valeurs du coefficient d'amortissement envisagé.
  - ☞ Exprimer la bande passante à 3dB, notée "BP": le domaine de fréquence (ou de pulsation) tel que l'atténuation du module ne dépasse pas 3dB. Comparer avec celle obtenue en boucle ouverte.
  - ☞ Rappeler les allures des lieux de transfert et les couples maximaux obtenus en boucle ouverte:
    - dans le plan de Nyquist (plan complexe)
    - dans le plan de Bode.

**2. CARACTERISATION EN REGIME STATIQUE**

**2.1. Relevé de la caractéristique de transfert statique**

Conditions de l'essai et mode opératoire:

- Configurer la caractéristique de charge:  $C_j = 100 \cdot Sr_0$  en mA déterminé lors du TP "Cde-I\_BO1"
  - Définir la valeur de repos en "Cliquant gauche" sur le bloc.
  - Veiller à ce que l'interrupteur de liaison entre la sonde régulateur et le processus soit fermé.
  - Positionner une sonde sur le point de mesure Mx et "cliquant droit" dessus.
- ☞ Remplir un tableau de mesure comme ci-dessous en calculant, pour chaque point de mesure, l'erreur statique notée  $\epsilon_s$ :

C en mA			125	150	200
Mx -> X					
$\epsilon_s = C - X$ en mm					

**2.2. Exploitation**

- ☞ Tracer les caractéristiques de transfert statiques:  $X = f(C)$  et  $\epsilon_s = f(C)$  et conclure.

## 3. CARACTERISATION EN REGIME DYNAMIQUE



### 3.1. Réponse à un échelon constant

#### 3.1.1. Pour des petits déplacements (dans la bande proportionnelle du régulateur)

Partant d'un état de repos égal 50mm, on va vite appliquer un échelon de commande de valeur  $A = A_{Max}$  et ce pour les 3 réglages prévus en pré-termination.

Visualiser l'évolution de la position (X) au cours du temps.


##### Conditions de l'essai et mode opératoire

- Configurer la caractéristique de charge.  $C_{jst} = 0, > S_{r0} = S_{r0}$  en mA d'après les données du TP "Cde-I\_BOI"
- Définir la valeur de repos à 50mm.
- Définir la valeur de l'échelon constant à  $Val_C \neq Val_{Repos} + A$  en mm avec un  $A = 10$  mm.
- Vérifier que les coefficients  $K_1$  et  $K_2$  à la valeur prédéterminée
- Veiller à être en mode **Stop**, en position de repos, avec l'interrupteur de sortie régulateur fermé.
- Appliquer l'échelon en "Cliquant" sur le commutateur d'application de l'échelon.
- Sélectionner les points d'enregistrement  $X_1$  et C en "Cliquant gauche" dessus.
- Tracer la réponse la temporelle en "Cliquant" sur le bouton .
- Déterminer le dépassement en "Cliquant" sur le bouton **Dep** puis en positionnant les sondes demandées  
!! ATTENTION: l'instant initial est l'instant où se produit la discontinuité de la consigne !!
- Déterminer le temps de réponse à 5% en "Cliquant" sur le bouton  puis en positionnant les sondes demandées  
!! ATTENTION: l'instant initial est l'instant où se produit la discontinuité de la consigne !!
- On peut connaître les coordonnées d'un point en positionnant la "Sonde". Pour cela "Cliquer/glisser" depuis le point vers l'endroit où on souhaite positionner la sonde.
- Pour effacer une sonde indélébile, il suffit de "Cliquer" dessus.

##### Exploitation:

- ☞ Montrer la réponse temporelle vérifiant le comportement prédéterminée.
- ☞ Mettre en évidence et calculer l'erreur statique au régime permanent et en déduire l'erreur statique relative.
- ☞ Sauvegarder les résultats de mesure dans un fichier sur le disque dur:
  - Fichier → Enregistrer sous
  - Choisir le bon répertoire, réservé à cet effet.
  - Choisir un nom de fichier et cliquer sur la sauvegarde.

#### 3.1.2. Etude de l'influence du coefficient d'action proportionnelle

- ☞ Refaire une série d'essais avec  $K_2$  plus grand. Tracer les enregistrements sur un même graphe: grâce au bouton  et le chargement des essais par: Fichier → Ouvrir
  - ☞ Conclure sur l'influence du coefficient d'action proportionnelle sur le comportement du système.
  - ☞ Refaire un essai de recherche de la limite de stabilité. (Augmenter  $K_2$  jusqu'à ce que le système juste instable → l'amplitude des oscillations ne décroisse plus au régime permanent)
- On relèvera la valeur particulière de  $K_2$  qui sera noté  $K_{2,critique}$  et la période des oscillations non amorties. On en déduira la pulsation de celles-ci.
- Etudier la stabilité théorique du système et conclure sur le modèle de fonction de transfert envisagé.

#### 3.1.3. Pour des grands déplacements (hors bande proportionnelle du régulateur)

Refaire l'expérimentation précédente mais pour des déplacements de 100mm puis 150 mm et enfin 200mm








## 3.2. Comportement en régime sinusoïdal

### 3.2.1. Relevés expérimentaux:

On souhaite exciter le système par une commande  $C(t) = C_0 + C_1 \cdot \sin(\omega \cdot t)$

#### Conditions de l'essai et mode opératoire:

- Configurer la caractéristique de charge:  $Csfi = Sr_0$  (valeur obtenue en TP "Caractéristiques")
- Choisir le mode commande "Sinus"
  - avec:  $C_0 = 100\text{mm}$  la valeur moyenne/
  - Amplitude =  $C_1 = 50\text{mm}$  l'amplitude de la composante sinusoïdal,
  - $\omega = \omega_F$  la pulsation de la composante sinusoïdale ( $\omega_F$  étant la pulsation propre relevée lors de l'essai expérimental effectué précédemment)
- Veiller à être en mode  et que l'interrupteur de sortie soit fermé
- Appliquer l'échelon en "cliquant" sur le commutateur d'application de l'échelon
- Sélectionner les points d'intérêt  $M_x$  et  $C$  en "Cliquant gauche" dessus
- Tracer la réponse temporelle  "cliquant gauche" sur le bouton 
- Relever les caractéristiques  "cliquant gauche" sur le bouton  puis en positionnant les sondes

Poursuivre les expérimentations, pour d'autres valeurs de  $\omega$  (selon "prédéterminations") et vérifier ainsi les résultats prédéterminés.

### 3.2.2. Exploitation

- ☞ Relevés: une fois le régime est établi, la vitesse maximum atteinte par la vitesse, la valeur moyenne et le déphasage de la vitesse avec la tension de commande.
- Vérifier que la réponse obtenue corrobore les prédéterminations:
  - rapport des valeurs moyennes:  $1$
  - rapport des amplitudes:  $1$
  - déphasage:  $-90^\circ$

Page laissée vierge

**SUJET**  
de Travaux Pratiques  
sur système AxNum (ERD150)

**Niveau 2 TP N° 2-10**

Réf fich: TP2-10\_AxNum\_Cde-I\_PR\_Sujet.word

Prototypage Rapide, moteur alimenté e  
dans le domaine con

Réf: Cde-I\_

- A l'interface de puissance de type "Commande en Courant"
- Avec un effet sec intrinsèque compensé

**But:**

Le but du TP est de faire la synthèse d'un système d'asservissement « AxNum » (ERD150) avec l'aide de l'outil de simulation « Scilab-Xcos ».

Les résultats de simulation seront confrontés au comportement du processus réel qui sera expérimenté grâce au logiciel de contrôle des applications « D\_CCA » développé par « Didalab » et appelé dans le cas du système « AxNum » « D\_AXNUM ».

C'est le logiciel « D\_Scil », développé par « Didalab » qui réalise l'interface entre la simulation et l'expérimentation du processus.

**1. Identification en boucle ouverte - Modélisation**

**1.1. Expérimentations sous D-Axnum**

**Configuration**

-Lancer le logiciel en cliquant sur l'icône :



-Configurer le système en boucle ouverte :

Choisir → Mode commande → Boucle Ouverte

-Configurer l'interface de puissance en "Commande Courant":

Interface de puissance → Commande Courant

-Inhiber la compensation du frottement sec :

Configurer → Partie opérative → Affecter Idémarrage = 0 mA si N > 0 mA si N < 0

-Déterminer les courants de démarrage (valeurs limites de courant qui permettent de démarrer le moteur) : pour Sr > 0 (donc Vitesse N > 0) et pour Sr < 0 (donc Vitesse N < 0), puis introduire les valeurs obtenues.

-Configurer la compensation du frottement sec avec les valeurs trouvées précédemment:

Configurer → Partie opérative → Affecter Idémarrage = 90 mA si N > 0 et 90 mA si N < 0

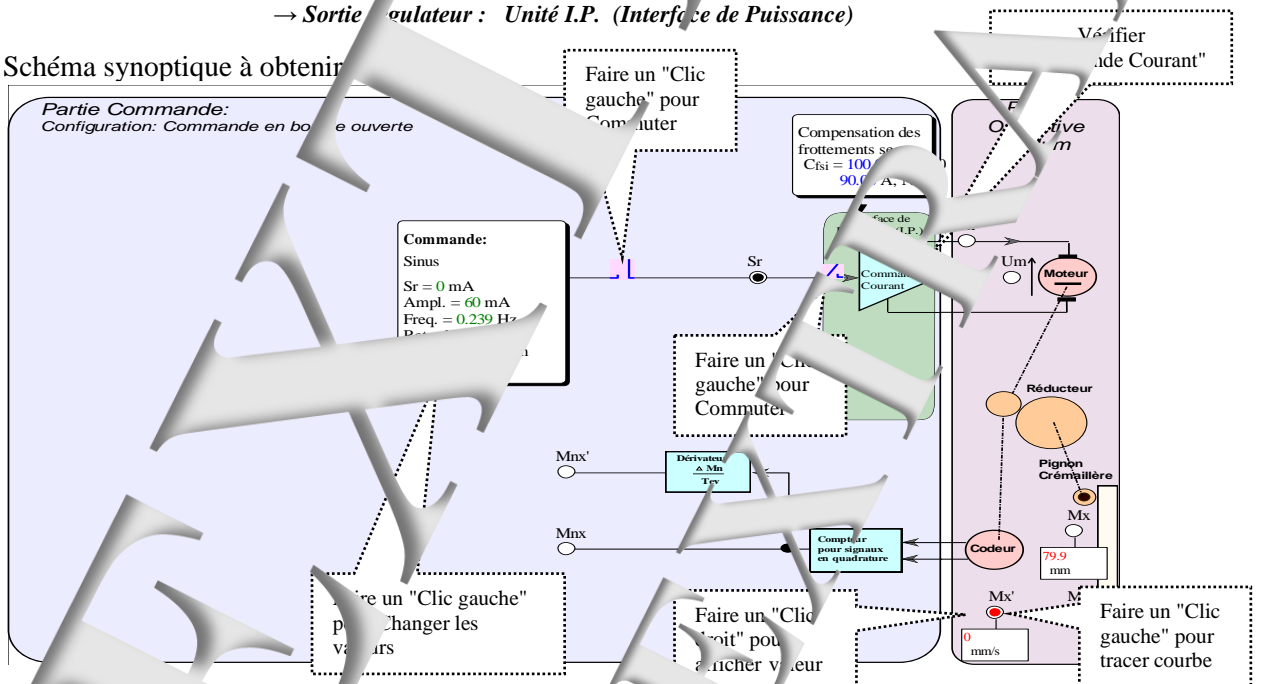
-Choisir les unités:

Choisir → Unités → Position : mm → Vitesse : mm/s → Accélération : mm/s²

→ Consigne Mesure/Ecart : Unité partie opérative

→ Sortie effecteur : Unité I.P. (Interface de Puissance)

Schéma synoptique à obtenir



**Remarque :**

Avant chaque essai, le chariot doit être de retour dans sa position de repos. Pour ce faire cliquer sur le bouton 

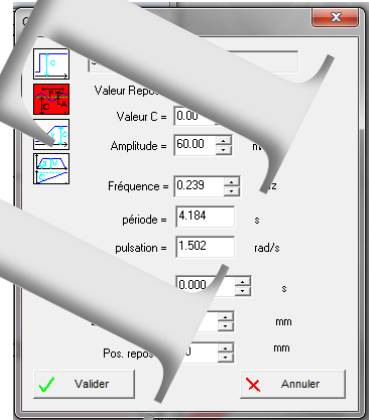
sur le bouton


**Expérimentations**


On envisage une identification / modélisation à partir de essais en régime sinusoïdal.


Conditions de l'essai et mode opératoire:

- 'Cliquer' sur la bloc 'Commande'
- Choisir le mode commande "Sinus" puis définir les paramètres :  
 Valeur C = 0 mA la valeur moyenne,  
 Amplitude = 60 mA l'amplitude de la composante sinusoïdal,  
 Pulsation = 1,5 rad/s (devra être remplacée suivant cahier des charges)  
 Position de repos 80 mm



- Veiller à être en mode  et que l'interrupteur de liaison avec l'interface de puissance soit fermé.
- Sélectionner les points d'enregistrement Mx' (Mesure vitesse en mm/s) et Sr en "Cliquant gauche" dessus.
- Appliquer la commande en cliquant sur l'interrupteur

- Tracer la réponse temporelle en "Cliquant gauche" sur le bouton 

- Relever les caractéristiques essentielles en "Cliquant gauche" sur le bouton  positionnant les sondes

**Relevé expérimental n°1**

Rechercher par des essais successifs la pulsation particulière (qui sera notée  $\omega = \omega_{45}$ ) telle que le déphasage  $M_x/S_r$  soit égal à  $-45^\circ$ . On relèvera le rapport des amplitudes qui sera noté  $\alpha_{i45}$ .

**Relevé expérimental n°2**

Rechercher par des essais successifs la pulsation particulière (qui sera notée  $\omega = \omega_{90}$ ) telle que le déphasage  $M_x/S_r$  soit égal à  $-90^\circ$ . On relèvera le rapport des amplitudes qui sera noté  $\alpha_{i90}$ .

**1.2. Expérimentation / modélisation**

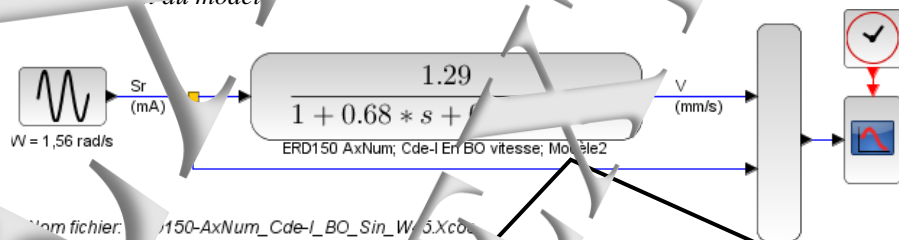
Montrer que les essais réalisés permettent de modéliser le système sous une forme du deuxième ordre décomposable :

$$T_{(p)} = \frac{M_{x'(p)}}{S_{r(p)}} = \frac{\alpha_i}{(1 + \tau_1 p)(\dots)} = \frac{\alpha_i}{\left(1 + \frac{2 \cdot \xi_0}{\omega_0} p + \frac{p^2}{\omega_0^2}\right)}$$

avec la constante de temps  $\tau_1$  et l'on considère  $\tau_1$  dominant.

**1.3. Simulation et vérification du modèle**

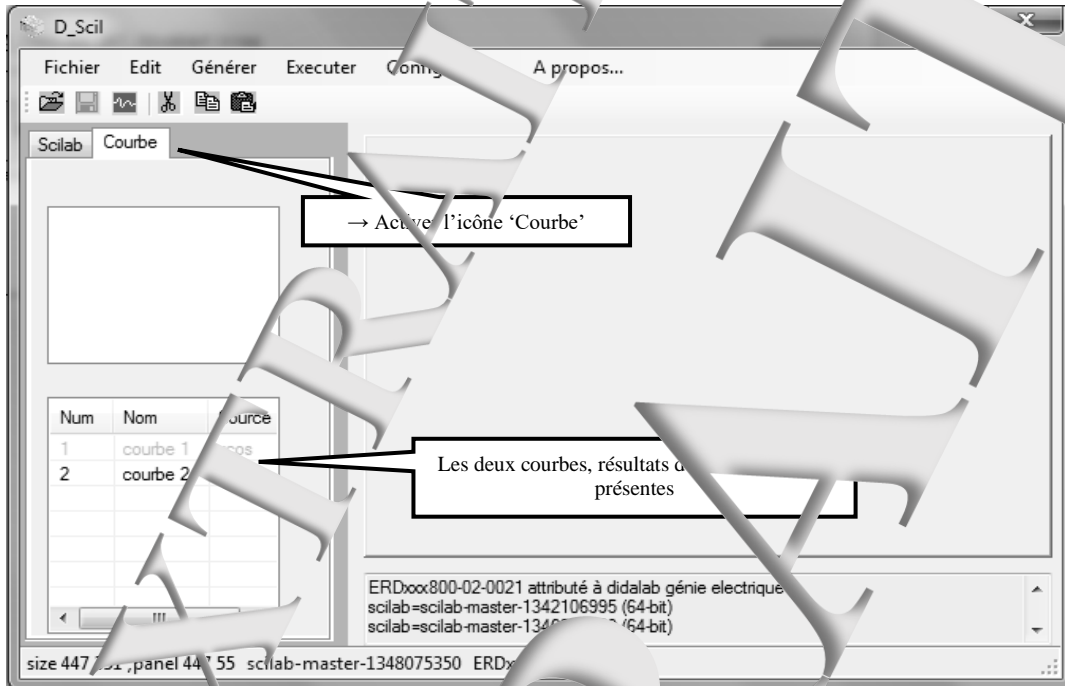
- Lancer le logiciel «Scilab» par l'icône 
- Lancer l'application «Xcos» par l'icône  ou en 'cliquant sur le bouton 
- Construire le schéma de simulation du modèle



Il faut noter que les valeurs numériques obtenues sur ce TP sont propres au système expérimenté. La validité d'un système à l'autre n'est pas garantie, mais on peut trouver les mêmes ordres de grandeurs.

- Lancer la simulation par '**Simulation**' puis '**Démarrer**' en 'cliquant sur le bouton'
- Sans fermer la fenêtre où sont tracées les courbes de réponse, lancer l'essai du processus réel en vue de la comparaison ... par '**Outils**' puis '**D\_Scil courbes**'.

Cette action donne la main au logiciel «D\_Scil» avec transfert des courbes de résultat de simulation.

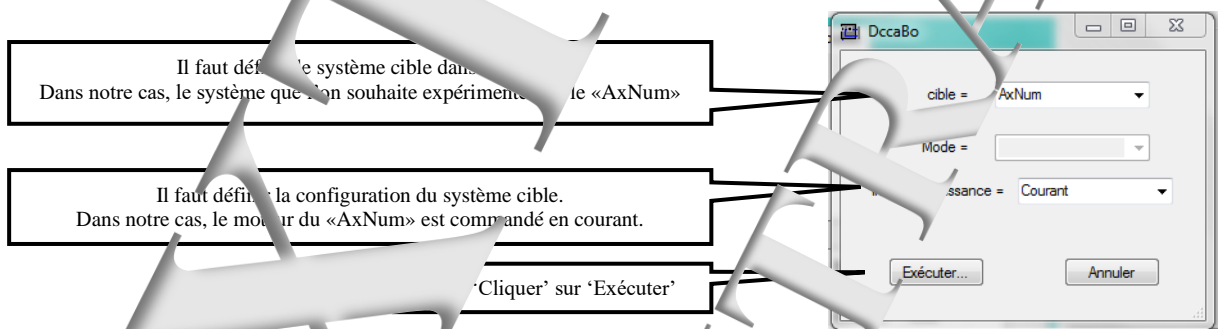


- Lancer l'expérimentation du processus réel en vue d'une comparaison des réponses
- Cliquer sur '**Executer**' puis '**D\_CCA Boucle**'.

Remarque

Dans cette expérimentation du système cible en boucle ouverte, il n'y a pas synthèse de contrôleur fonctionnel car il n'y a pas de correcteur à synthétiser. C'est une utilisation dégradée du logiciel «D\_Scil».

Cette action ouvre une boîte de dialogue qui permet de définir le processus cible.



Il y a alors téléchargement du logiciel de contrôle commande dans la cible. Le système expérimenté étant le système «Axnum ERD150050», on retrouve alors dans l'environnement du logiciel «D\_Axnum» qui inclut «D\_CCA». On procède alors à l'expérimentation et on affiche alors les courbes de réponse.

**Partie Commande:**  
Configuration: Commande en boucle

5- Visualiser les courbes de réponses en 'Cliquant'

**Partie Opérative AxNum**

1- Il faut définir les paramètres de l'excitation. Ceux-ci doivent être identiques à ceux de la simulation. 'Double Cliquer' sur l'objet pour ouvrir la boîte de dialogue permettant de définir ces paramètres.

2- Il faut sélectionner les variables que l'on désire transférer dans «D. Scilab»: ici l'image de la vitesse et le signal de commande en BO (c'est-à-dire 'Sr') ... «simple clic» sur l'objet.

3- Il faut lancer l'essai en «cliquant» sur l'objet interrupteur

4- Il faut visualiser les courbes de réponses en «cliquant» sur l'objet 'Cliquant'

Compteur  
Dérivateur  
Mnx  
Mx  
Mx'  
Mx''  
Codeur  
Pignon Crémaillère  
Mx  
Mx''

Commande Courant

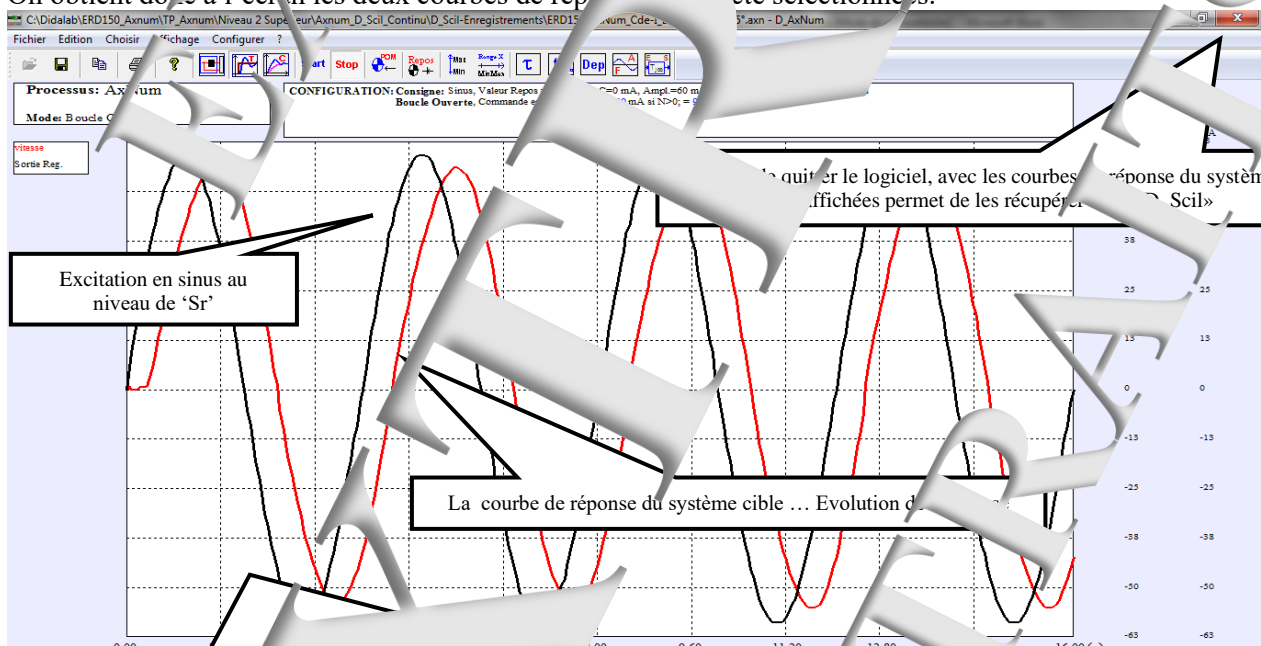
Fermer l'interrupteur de liaison en 'Cliquant' sur l'objet

Configuration: Sinus, Valeurs Rapées, Boucle Ouverte, Commande en boucle

Prêt

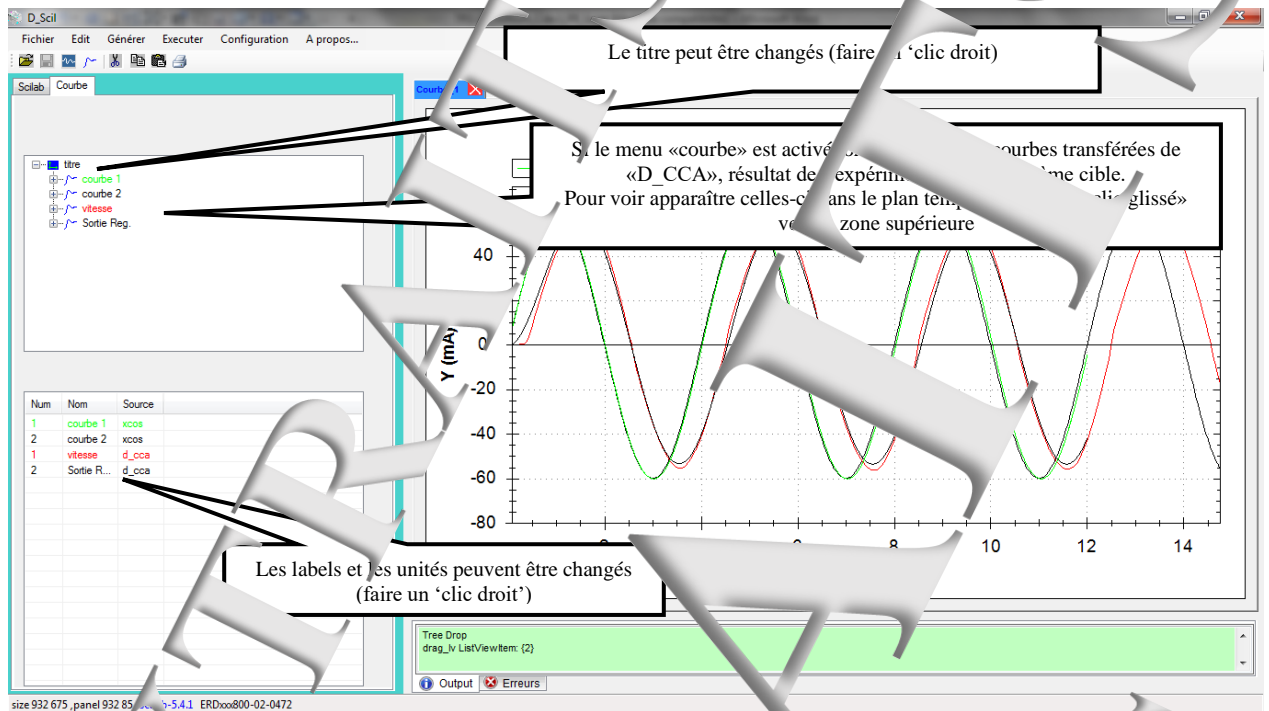
axnum=0000, (0)

On obtient donc à l'écran les deux courbes de réponse qui ont été sélectionnées.



→ Il est possible de sauvegarder ces courbes de réponse dans un fichier de type \*.xml  
Faire 'fichier' puis 'Exporter xml'.  
Cette sauvegarde permet d'éviter de refaire l'essai sur le système cible réel dans le cas où le modèle doit être modifié.

En quittant «D\_CCA» («D\_AxNum» dans notre cas) on se retrouve sous «D\_Scil» avec les courbes de réponses transférées.



- Faire tracer les courbes résultats de simulation par des 'cliquer-glisser' vers la fenêtre supérieure

- Vérifier que la comparaison entre la réponse expérimentale et le résultat de simulation est satisfaisante. Ce n'est pas le cas il faudra envisager une amélioration du modèle.

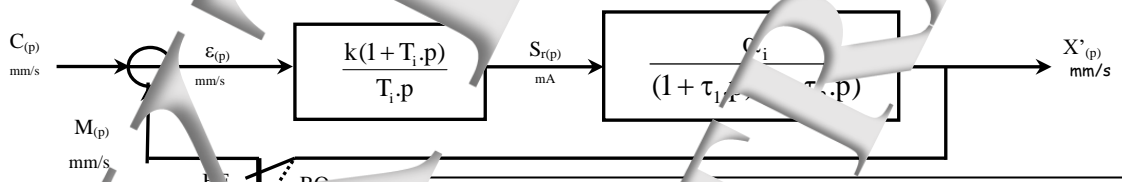
**Remarque :**

- Il faut impérativement quitter «Scilab» afin de sauvegarder éventuellement «Scilab Jobs».
- Il est possible d'afficher un fichier XML pour une courbe qui aura été préalablement enregistrée sous «D\_AxNum» au format «XML». Pour ce faire 'Fichier' puis 'Importe courbe...'

## 2. Prototypage en boucle fermée vitesse et correcteur P.I.

### 2.1. Prédétermination

D'après la représentation du système par blocs ci-après:



En boucle fermée (BF), l'entrée du régulateur (M) en reliée au signal de mesure de la vitesse exprimée en mm/s)

On choisit la constante de temps d'intégration 'Ti' égale à la constante de temps dominante  $\tau_1$  (méthode de la compensation du régime dominant).

- Exprimer la FTBO après simplification par  $(1 + \tau_1.p)$  On pose  $k_o = \frac{k.\alpha_i}{\tau_1}$

- Exprimer la FTBF sous la forme  $F_{uv(p)} = \frac{X'(p)}{C(p)} = \frac{1}{\left(1 + \frac{\omega_F^2 p^2}{\omega_F^2}\right)}$

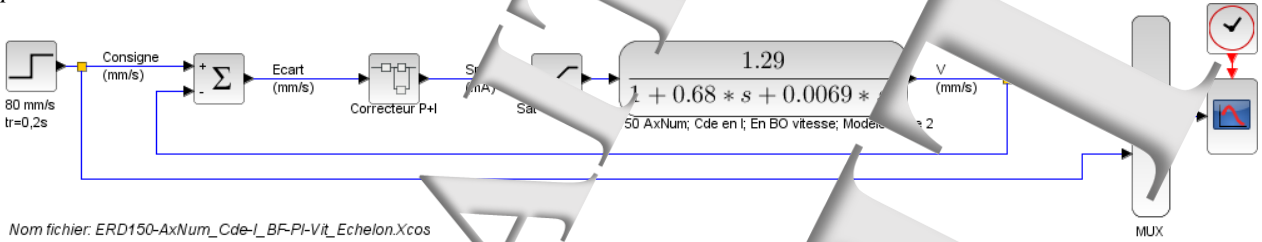
- Déterminer le coefficient 'k' si on choisit un coefficient d'amortissement  $\xi_F = 0,5$

- En déduire la pulsation propre  $\omega_F$  et les caractéristiques de la réponse que l'on devra obtenir (Précision statique, stabilité et temps de réponse à 5%)

## 2.2. Simulation et comparaison sous « Scilab-Xcos » et « D\_Scil »

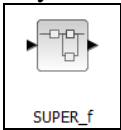
### 2.2.1. Etude avec une excitation en échelon constant

- Partant du schéma-blocs de simulation précédent (en BO), construire, sous « Scilab-Xcos », le schéma-blocs en boucle fermée avec un correcteur à action P.I. et le modèle déterminé précédemment comme bloc fonctionnel du processus.

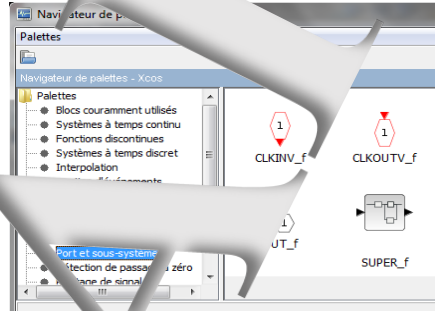


Nom fichier: ERD150-AxNum\_Cde-I\_BF-PI-Vit\_Echelon.Xcos

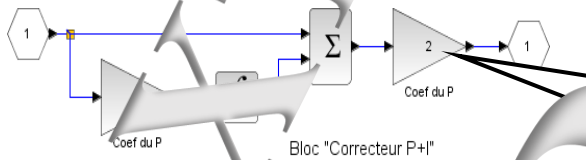
Le correcteur synthétisable par « D\_Scil » doit être le bloc



fonctionnel de l'ensemble 'Port et sous-système' du navigateur de palette.



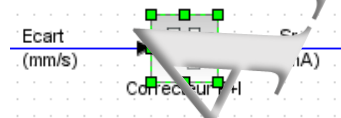
Développement du schéma fonctionnel « Correcteur P. I. »



Remarque : Il faut noter que les valeurs numériques obtenues sont propres au système expérimenté. La répétabilité d'un essai à l'autre n'est pas garantie, mais on devrait retrouver les mêmes ordres de grandeurs.

- Lancer la simulation par **'Simulation'** puis **'D\_Scil'** en cliquant sur le bouton
- Sans fermer la fenêtre où sont tracées les coupes de la simulation, lancer l'essai du processus réel en vue de synthèse et de la comparaison par : **'Outils'** puis **'D\_Scil'** car cette fois-ci il y a synthèse (génération du langage 'C') du bloc correcteur par le logiciel « D\_Scil ».

**!! Il faut préalablement sélectionner le bloc correcteur !!**



Une boîte de dialogue permet de définir les données et les informations nécessaires à « D\_AXNum »

Il faut choisir la cible 'Axnum'  
En mode Boucle fermée en 'Vitesse'  
Avec interface de puissance commandant le moteur en 'Courant'

Il faut définir les liens entre les variables du bloc et les variables du système  
Input 3 → Ecart en mm/s  
Output 1 → S en mA  
Pour cela cliquer sur les lignes ce qui aura pour effet d'ouvrir une boîte de dialogue permettant cette définition.

Configuration de la cible

cible = AxNum

Mode = Vitesse

Interface Puissance = Courant

e = 0,01 s

Nom	Num	Cible	Type	Unité
input_1	input_1	S_Ecart	IN_f	mm/s
output_1	output_1	S_Reg_SR	OUT_f	mA

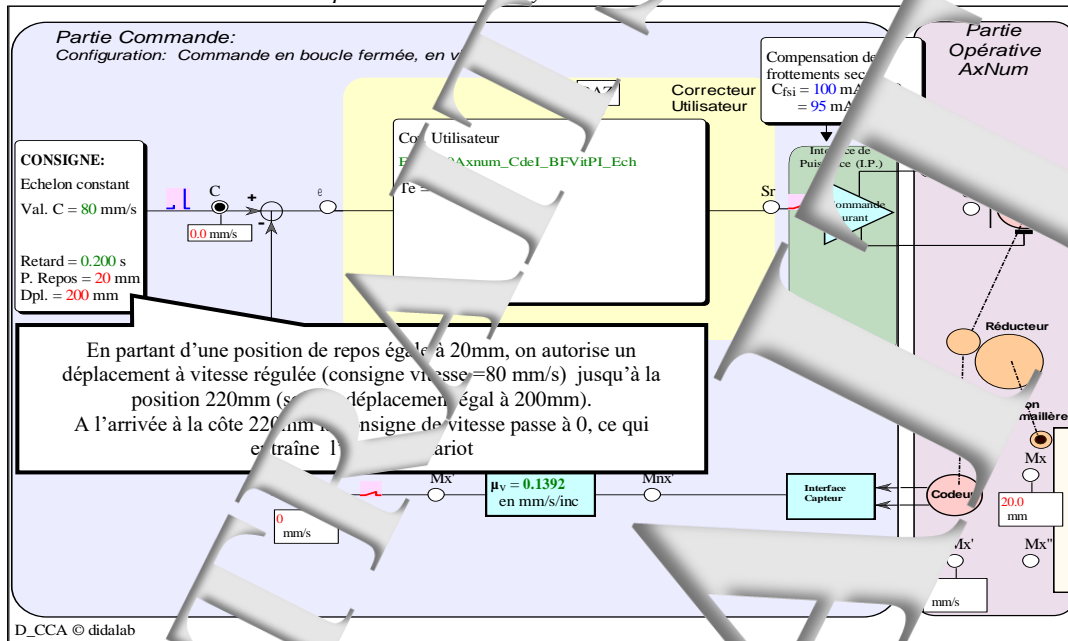
Valider Annuler

Une fois « D\_Scil » ouvert il faut commander l'enchaînement d'actions (Génération du source 'c', Compilation, Linkage, etc...) par **'Générer'** puis **'Construire'**.



S'il n'y a pas affichage d'erreur, valider les différentes étapes jusqu'à se retrouver dans « D\_Scil ».

- Procéder ensuite à l'essai expérimental sur le système cible :



- Visualiser les courbes, attendre la fin du transfert des courbes puis quitter, ce qui entraîne le retour vers « D\_Scil » avec les courbes affichées. (Procéder comme en BO)

- Montrer la comparaison entre la réponse et le résultat de simulation est satisfaisant.

**Remarque :**

Il faut impérativement quitter « D\_Scil » avant de quitter éventuellement « Scilab-Xcos ».

- Ajuster éventuellement la valeur de gain et d'ordonnée P afin de satisfaire le degré de stabilité imposé (déphasage et de l'ordre de 15%).

- Relever le temps de réponse à 5% et le  $t_{pic}$  (instant de l'extrémum). En déduire la pulsation propre du système supposé du deuxième ordre.

**2.2.2. Etude avec une excitation en sinusoïdale à la pulsation propre**

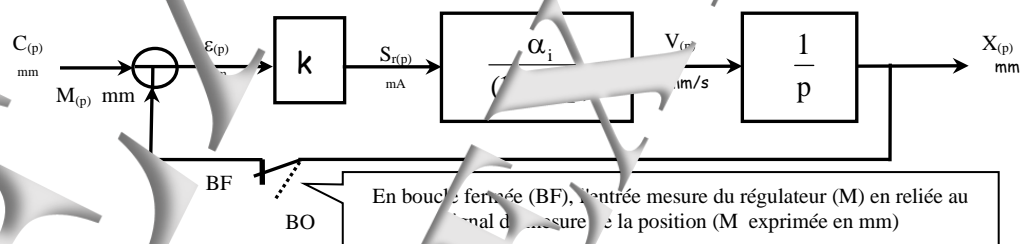
- Procéder à une simulation puis à la vérification expérimentale dans le cas d'une excitation sinusoïdale d'amplitude 80 mm/s et de pulsation à la pulsation propre déterminée précédemment. Le chariot va osciller autour d'une position de repos qui sera égale à 100mm.

- Vérifier les caractéristiques de la réponse et comparer le résultat de simulation avec celui de la synthèse expérimentale.

**3. Prototypage en boucle fermée position et correcteur P.**

**3.1. Prédétermination**

On représente le système par le schéma-blocs établi à partir du modèle n°1:



On note le coefficient de transfert en en boucle ouverte :  $k \cdot \alpha_i$

- Exprimer la fonction de transfert en boucle fermée sous la forme d'un deuxième ordre donné par :

$$F_{uv(p)} = \frac{X_{(p)}}{C_{(p)}} \approx \frac{1}{\left(1 + \frac{2 \cdot \xi_F}{\omega_F} p + \frac{p^2}{\omega_F^2}\right)}$$

- Déterminer la valeur du coefficient 'k' qui permettra d'obtenir un coefficient

- En déduire la valeur de la pulsation propre  $\omega_F$

- D'après les abaques relatifs aux systèmes du deuxième ordre, prédéterminer le temps de réponse à 5% et le dépassement relatif.

- Prédéterminer, dans le cas d'une excitation en échelon constant, l'amplitude maximum de cet échelon, si on souhaite que le régulateur ne sature pas.

### **3.2. Simulation et comparaison sous «Scilab-Xcos» et «Excel»**

#### **3.2.1. Etude avec une excitation en échelon constant**

- Partant du schéma-blocs de simulation précédent (en BO), construire sous «Scilab-Xcos», le schéma-blocs en boucle fermée en position, avec un correcteur à action P, et une position de consigne.

- Choisir une valeur de la consigne de telle sorte que le régime transitoire soit de l'ordre de la constante proportionnelle du régulateur

- Procéder à la simulation puis la synthèse comme dans le chapitre précédent. Comparer le résultat de simulation avec le résultat de synthèse.

- Ajuster éventuellement la valeur de coefficient d'action P afin de satisfaire le degré de stabilité imposé (dépassement relatif de 15%).

- Relever le temps de réponse à 5% et le  $t_{pic}$  (instant où apparaît l'extrémum). En déduire la pulsation propre du système supposé du deuxième ordre.

#### **3.2.2. Etude avec une excitation sinusoïdale et la pulsation propre**

- Procéder à une simulation puis à une vérification expérimentale dans le cas d'une excitation sinusoïdale d'amplitude 50 mm et de pulsation égale à la pulsation propre déterminée précédemment. Le signal va osciller autour d'une position de repos que l'on choisira égale à 200mm.

- Vérifier les caractéristiques de la réponse et comparer le résultat de simulation avec celui de la synthèse expérimentale.

#### **3.2.3. Etude avec une excitation en rampe**

- Procéder à une simulation puis à une vérification expérimentale dans le cas d'une excitation en rampe de pente 40 mm/s de valeur initiale (position de repos) égale à 20 mm et de position finale égale à 200mm (soit un déplacement de 180 mm).

- Vérifier les caractéristiques de la réponse et comparer le résultat de simulation avec celui de la synthèse expérimentale.

## 4. Prototypage en BF position correcteur P.D.

### 4.1. Cas d'une action dérivée limitée

Dans le schéma bloc précédent on remplace le correcteur bloc 'k' par un bloc fonctionnel d'expression :

On choisira à priori :

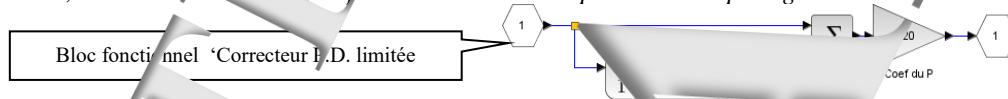
- pour valeur de  $T_d$  (constante de dérivation)  $T_d = \tau_1/5$
- pour  $\gamma$  la valeur  $\alpha = 10$ .
- pour  $k_1$  la valeur  $k_1 = 1$  et

$$k \longrightarrow k_{(p)} \left( 1 + \frac{T_d \cdot p}{1 + \frac{T_d}{\alpha} p} \right)$$

La valeur du coefficient  $k_2$  sera déterminée expérimentalement.

#### 4.1.1. Etude avec une excitation en échelon constant

- Partant du schéma-bloc de simulation précédent, construire, sous «Scilab-Xcos», le schéma-blocs en boucle fermée en position, avec le correcteur défini précédemment et une position de repos égale à 20mm.



- Choisir une valeur de gain de telle sorte que le régime transitoire se fasse dans la bande proportionnelle du régulateur.

- Ajuster éventuellement la valeur de coefficient  $k_2$  afin de satisfaire le degré de stabilité imposé (dépassement de l'ordre de 15%).

- Procéder à la simulation puis la synthèse comme le chapitre précédent. Comparer le résultat de simulation avec le résultat de synthèse.

- Relever le temps de réponse à 5% et le pic (instant de maximum). En déduire la pulsation propre du système supposé du deuxième ordre.

#### 4.1.2. Etude avec une excitation sinusoïdale et la pulsation propre

- Procéder à une simulation puis à une vérification expérimentale dans le cas d'une excitation sinusoïdale d'amplitude 10 mm et de pulsation égale à la pulsation propre déterminée précédemment. Le carriot va osciller autour d'une position de repos que l'on choisira égale à 100mm.

- Vérifier les caractéristiques de réponse et comparer le résultat de simulation avec celui de la synthèse expérimentale.

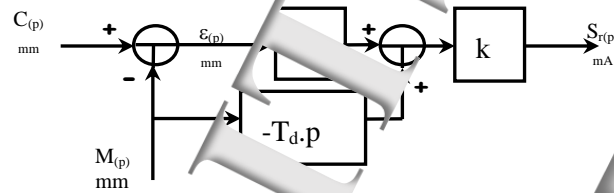
#### 4.1.3. Etude avec une excitation en rampe

- Procéder à une simulation puis à une vérification expérimentale dans le cas d'une excitation en rampe de pente 80 mm/s de valeur initiale (position de repos) égale à 20 mm et de position finale égale à 200mm (soit un déplacement de 80 mm).

- Vérifier les caractéristiques de la réponse et comparer le résultat de simulation avec celui de la synthèse expérimentale.

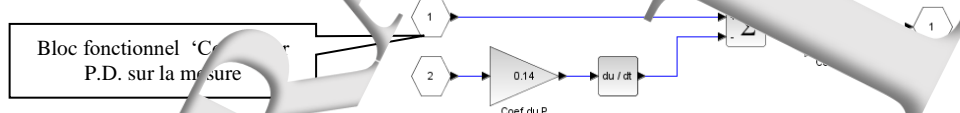
## 4.2. Cas d'une action dérivée appliquée à partir de la mesure

Dans le schéma bloc de l'action de correction est :



### 4.2.1. Etude avec une excitation en échelon constant

- Partant du schéma-blocs de simulation précédent, construire, sous «Scilab», le schéma-blocs en boucle fermée en position, avec le correcteur défini précédemment et une position de repos de 100 mm.



- Choisir une valeur de l'échelon de sorte que le régime transitoire se fasse dans la bande proportionnelle du régulateur  
 - Ajuster éventuellement la valeur de coefficient  $k_2$  afin de satisfaire le dépassement demandé (dépassement de l'ordre de 15%).

- Procéder à la simulation puis la synthèse comme dans le chapitre précédent. Comparer le résultat de simulation avec le résultat de synthèse.  
 - Relever le temps de réponse à 5% et le  $t_{pic}$  (instant où a lieu l'extrémum). En déduire la pulsation propre du système supposé de premier ordre.

### 4.2.2. Etude avec une excitation sinusoïdale à la pulsation propre

- Procéder à une simulation puis à une vérification expérimentale dans le cas d'une excitation sinusoïdale d'amplitude de 10 mm et de pulsation égale à la pulsation propre déterminée précédemment. Le chariot va osciller autour de la position de repos que l'on choisit à 100 mm.  
 - Vérifier les caractéristiques de la réponse et comparer le résultat de simulation avec celui de la synthèse expérimentale.

### 4.2.3. Etude avec une excitation en rampe

- Procéder à une simulation puis à une vérification expérimentale dans le cas d'une excitation en rampe de pente 80 mm/s de valeur initiale (position de repos) égale à 20 mm et de position finale égale à 200 mm (soit un déplacement de 180 mm).  
 - Vérifier les caractéristiques de la réponse et comparer le résultat de simulation avec celui de la synthèse expérimentale.

EXTRAITS  
EXTRAITS  
EXTRAITS

EXTRAITS  
EXTRAITS  
EXTRAITS

EXTRAITS  
EXTRAITS  
EXTRAITS

Date de création: Janv 2021



**didalab**  
Z.A. de la Vallée de Saint-Pierre  
Rue du Groupe Manoukian  
91100 BRANCOURT  
FRANCE



**(33) 1 30 66 08 88**  
Du lundi au vendredi  
de 9h à 12h30  
et de 14h à 18h



Fax: (33)1 30 66 72 20



**[www.didalab.fr](http://www.didalab.fr)**  
E-mail: [didalab@didalab.fr](mailto:didalab@didalab.fr)