

Support technologique : Control'X

Objectifs : Control'X est la maquette de laboratoire d'un robot portique multiaxe. Ici seul l'axe X est motorisé et instrumenté. Le déplacement d'un chariot en translation est assuré par un moteur CC entraînant un réducteur puis une poulie/courroie.

La présente étude a pour but de déterminer la loi entrée sortie statique du Control'X. La connaissance de la loi entrée-sortie statique est nécessaire car le chariot déplace des charges : il subit donc des actions mécaniques s'opposant à son avancement, auquel le moteur CC doit s'opposer.

Durée de la séance : 2 heures avec permutation à mi-séance



Démarche ingénieur

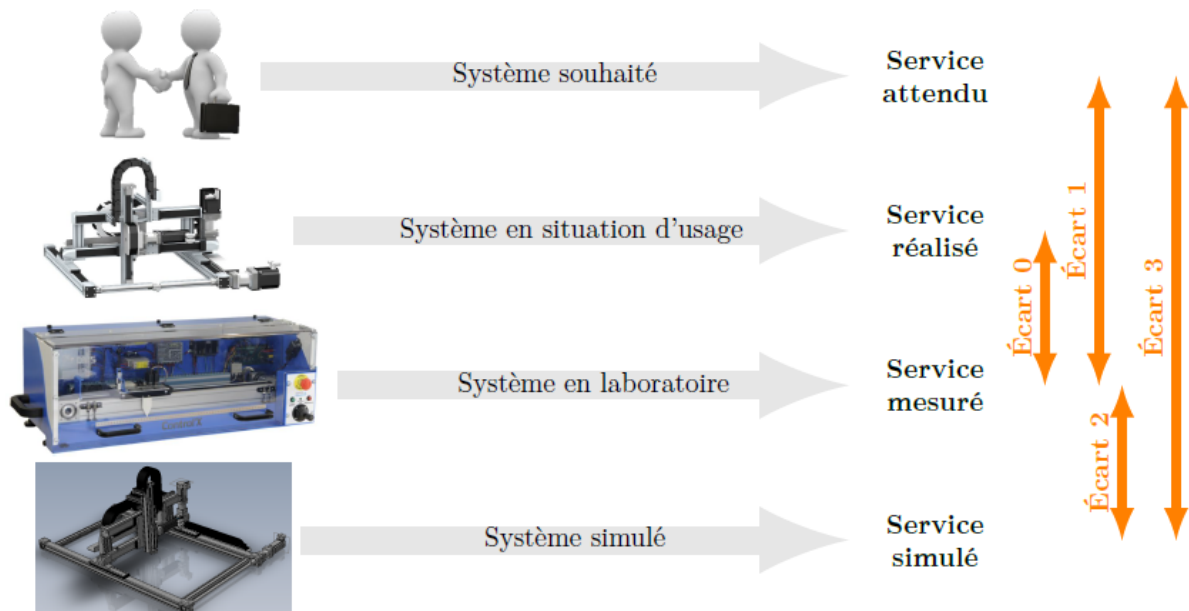


FIGURE 1 – Démarche de l'ingénieur centrée sur la mesure des écarts.

Objectif : minimiser les écarts

AVERTISSEMENT

VOUS DEVEZ DEPLACER TOUT DOCUMENT NUMERIQUE MODIFIABLE DANS UN DOSSIER PERSONNEL AVANT OUVERTURE ET MODIFICATION.

Préparation à faire chez soi avant la séance de TP

- Lire le sujet

Revoir les notions suivantes

- Loi reliant le couple moteur et l'intensité absorbée pour un moteur à courant continu avec les unités.
- PFS et plus particulièrement le théorème du moment
- Notion de raideur d'un ressort. Loi effort-allongement dans un ressort.
- Rapport de réduction



Vous disposez

- Du sujet
- Ressort dédié au système Control'X
- Du modèle causal sous Scilab/Xcos



Vous devez rendre

- Rédaction sur cahier de TP.



Objectif

L'objectif de cette activité pratique est de déterminer le couple nécessaire C_{mot} que doit fournir le moteur CC pour déplacer le chariot quand un effort s'oppose à son déplacement. Il faut donc déterminer la fonction $C_{mot}(F)$.

Cela est nécessaire pour plusieurs raisons :

- Dimensionner/choisir le moteur selon l'application que l'on veut faire de cette unité.
- Connaître la charge que l'on peut déplacer pour un moteur donné.
- Connaître la loi complète pour la modélisation causale, car le couple résistant conséquence du déplacement de la charge est la perturbation s'opposant à l'asservissement du Control'X.

PARTIE 1 - EXPERIMENTATION

Reportez-vous aux annexes en toute fin de document pour l'utilisation de Control'X : mise en route, réalisation d'un essai, acquisition des données.

Rappel

On rappelle que dans un moteur à courant continu le couple électromagnétique fourni par le stator au rotor est proportionnel au courant absorbé (moment des forces de Laplace). et à mesure de l'évolution de l'activité. Excel est disponible sur le PC du portique à coté de Control'X.

Quantification du frottement : essai à vide à vitesse constante

1. Constatation expérimentale simple

Ouvrir le capot protecteur et déplacer franchement le chariot à la main : vous sentez que « ça résiste » et ce sont les frottements dans l'ensemble de la chaîne de puissance {chariot/bâti, poulie/courroie, engrenages, guidage des pivots} qui provoquent la résistance ressentie.

Tirer le chariot à la main avec un dynamomètre : évaluer la force de frottement $F_{frott-dyn}$.

2. Entre le moteur à courant continu et le chariot il y a deux composants de transmission de puissance. Par observation du Control'X et lecture du dossier technique, identifier ces deux composants classiques.

3. Lancer le déplacement du chariot en boucle fermée : imposer un trapèze de vitesse à 10mm/s sur une distance de 100mm.

- Visualiser la courbe d'intensité à vitesse moteur constante : évaluez l'intensité I_{frott}
- Déduire le couple moteur nécessaire pour vaincre les forces de frottements dans la chaîne cinématique : C_{frott} .

Le couple moteur de frottement C_{frott} et la force de frottement au niveau du chariot sont liés par la relation : $C_{frott} = F_{frott} \times R_{pou} \times i$
Où R_{pou} est le rayon de la poulie motrice, et i est le rapport de réduction du réducteur à train éicycloïdal.

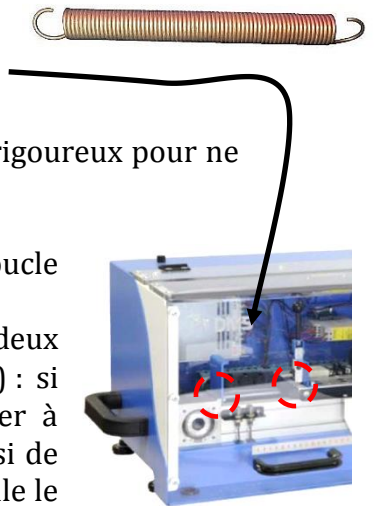
- Déduire la force de frottement $F_{frott-I}$. Comparer avec la force mesurée au dynamomètre.

Chariot tirant une charge

Pour simuler un effort résistant s'opposant au déplacement du chariot on utilise un ressort de traction à spires jointives fixé à ses deux extrémités sur le bâti et sur le chariot grâce à deux petit trous $\phi 4 \text{ mm}$.

Le lancement de la manipulation doit se faire selon un protocole très rigoureux pour ne pas abimer le ressort :

- Placez le chariot à la position 200mm grâce à un pilotage en Boucle Fermée.
- Essayez d'accrocher le ressort entre le bâti et le chariot grâce aux deux trous $\phi 4$ prévus (usinés dans les tôles pliées de couleur bleue) : si l'entraxe ne correspond pas à la longueur du ressort, déplacer à nouveau en Boucle Fermée le chariot, essayez à nouveau, et ainsi de suite jusqu'à déterminer la bonne position du chariot pour laquelle le ressort s'accroche sans difficulté.
- Accrochez le ressort puis lancez plusieurs petits déplacements en Boucle Fermée pour pré-tendre légèrement le ressort : notez soigneusement cette position d'origine du chariot.
- Lancer un essai avec consigne échelon en BF, consigne de position 230 par exemple, de manière à déplacer le chariot vers la droite et tendre le ressort. Notez l'intensité absorbée correspondante. Notez l'accroissement δ de longueur du ressort (de 100 à 230mm : $\delta = 130 \text{ mm}$)
- Déduire le couple moteur correspondant $C_{mot}(\delta)$. Déduire la force au niveau du chariot $F_{ch}(\delta)$.
- La raideur du ressort est $k = 0,594 \text{ N/mm}$. Calculer $F_{ch}(\delta)_{raid}$ par connaissance de la raideur et comparer avec la valeur précédente $F_{ch}(\delta)$.



FIN DE LA PARTIE 1

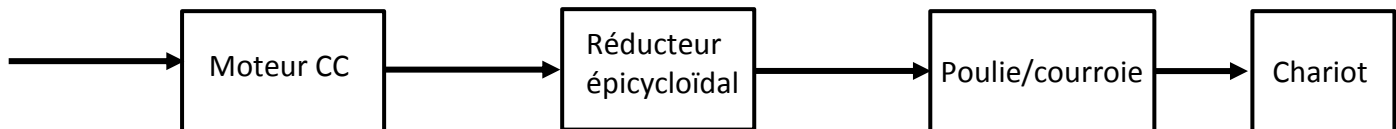


PARTIE 2 : SIMULATION

Cette partie se fait individuellement sur PC : identifiez-vous sur un PC.

Vous allez utiliser le modèle causal du Control'X réalisé sous Scilab/Xcos.
Ouvrez le document Scilab/Xcos : « *schema_bloc_ControlX* »

L'entraînement de la charge en translation grâce à Control'X se fait grâce à la chaîne de puissance représentée ci-dessous.



Quand le chariot se déplace, les seules efforts résistants proviennent des forces de frottement entre pièces mobiles.

Il est toutefois possible sur le système Control'X de créer une charge résistante autre que les frottements en plaçant un ressort entre le chariot et le bâti (raideur 0,594N/mm).

1. Remplissez les blocs à fond rouge du schéma bloc Scilab/Xcos
2. Faire une première simulation sans tenir compte de l'effort résistant du au ressort et avec frottement nuls. Consigne 10mm. Notez la vitesse moteur maxi atteinte, la tension moteur maxi, la position du chariot atteinte.
3. Faire une simulation avec le frottement sec (35N) et sans effort ressort. Notez la vitesse moteur maxi atteinte, la tension moteur maxi, la position du chariot atteinte.
Conclure quant à la précision.
4. Faire une simulation avec le frottement sec et l'effort ressort. Utiliser l'outil « paramètre variation » pour visualiser les deux courbes avec et sans effort ressort (variable binaire « interr »). Mettez une forte valeur de consigne chariot (100mm). Pourquoi y a-t-il saturation de la tension d'alimentation du moteur ? Donnez la valeur de la tension de saturation, $U_{mot-sat}$

Faire une conclusion générale.

FIN DE LA PARTIE 2



ANNEXE 1 : DOCUMENTATION TECHNIQUE DU MOTEUR CC SANYO

5.1 Documents moteur Sanyo T511-T012-EL8

5.1.1 Caractéristiques moteur fournies par le constructeur

Caractéristique	Température	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Puissance nominale	**	P_{nom}	W	110	
Tension nominale	**	U_{nom}	V	75	
Couple nominal	**	C_{nom}	N.m	0.34	
Courant nominal	**	I_{nom}	A	2.0	
Vitesse nominale	**	ω_{nom}	tr/min	3000	soit 314 rad/s
Couple maxi en continu	**	C_{cont}	N.m	0.42	
Couple maxi instantané	**	C_{max}	N.m	3.4	
Courant maxi en continu	**	I_{cont}	A	2.2	
Courant maxi instantané	**	I_{max}	A	18	
Vitesse maximale			tr/min	5000	soit 523 rad/s
Couple de friction	*	$C_{frotts-moteur}$	N.m	0.022	
Accélération maxi instantanée	**		rad/s ²	91.9×10^3	
Coefficient de frottement visqueux	*	$f_{D-moteur}$	N.m/min	0.013×10^{-3}	soit 0.124e-3 N.m/(rad/s)
Constante de couple	*	k ou k_c	N.m/A	0.21	
Constante de force contre électromotrice	*	k ou k_e	V/min	21.8×10^{-3}	soit 0.2083V/(rad/s)
Moment d'inertie du rotor	*	J_{mot}	kg.m ²	0.037×10^{-3}	
Résistance d'induit	*	r	Ω	5.1	
Inductance d'induit	*	L	mH	3.2	
Constante de temps mécanique	*	$\tau_{méca}$	ms	4.3	
Constante de temps électrique	*	$\tau_{élec}$	ms	0.63	
Constante de temps thermique	**		min	30	
Résistance thermique	**		K/W	2.4	
Température limite	**		°C	105	

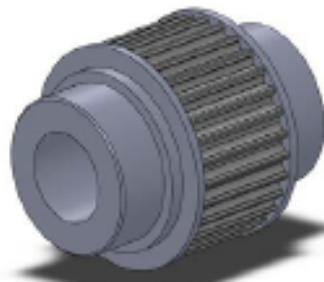
ANNEXE 2 : DOCUMENTATION TECHNIQUE DU REDUCTEUR



Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Nombre d'étage			1	Train épicycloïdal
Rapport de réduction	$1/i$		1/3	($\omega_{sortie}/\omega_{entrée}$)
Couple de sortie nominal		N.m	28	
Couple de sortie max		N.m	45	
Couple d'urgence		N.m	66	Autorisé 1000 fois
Jeu angulaire		arcmin	< 10	Ramené sur la sortie (à priori)
Vitesse d'entrée max		tr/min	13000	
F_R max pour 300000 h		N	340	
F_A max pour 300000 h		N	450	
F_R max		N	700	
F_A max		N	800	
Rigidité en torsion		N.m/arcmin	2.3	7.907×10^3 N.m/rad
Masse		kg	0.9	
Moment d'inertie	J_r	kg.cm ²	0.135	$0.135 \cdot 10^{-4}$: ramené sur l'entrée
Rendement		%	97	
Durée de vie		h	30000	
Température de fonctionnement		°C	-25 à +90	

ANNEXE 3 : DOCUMENTATION TECHNIQUE POULIE ET COURROIE

5.6 Poulies crantées



Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Type				25 HTD 5M
Largeur		mm	25	
Pas	p^*	mm	5	
Nombre de dents	Z		31	
Rayon primitif	R	mm	24.67	Avance de 155 mm/tour
Avance par tour	a	mm	155	
Moment d'inertie	J_p	kg.m ²	$4.2 \cdot 10^{-5}$	Calculé avec SolidWorks (aluminium)

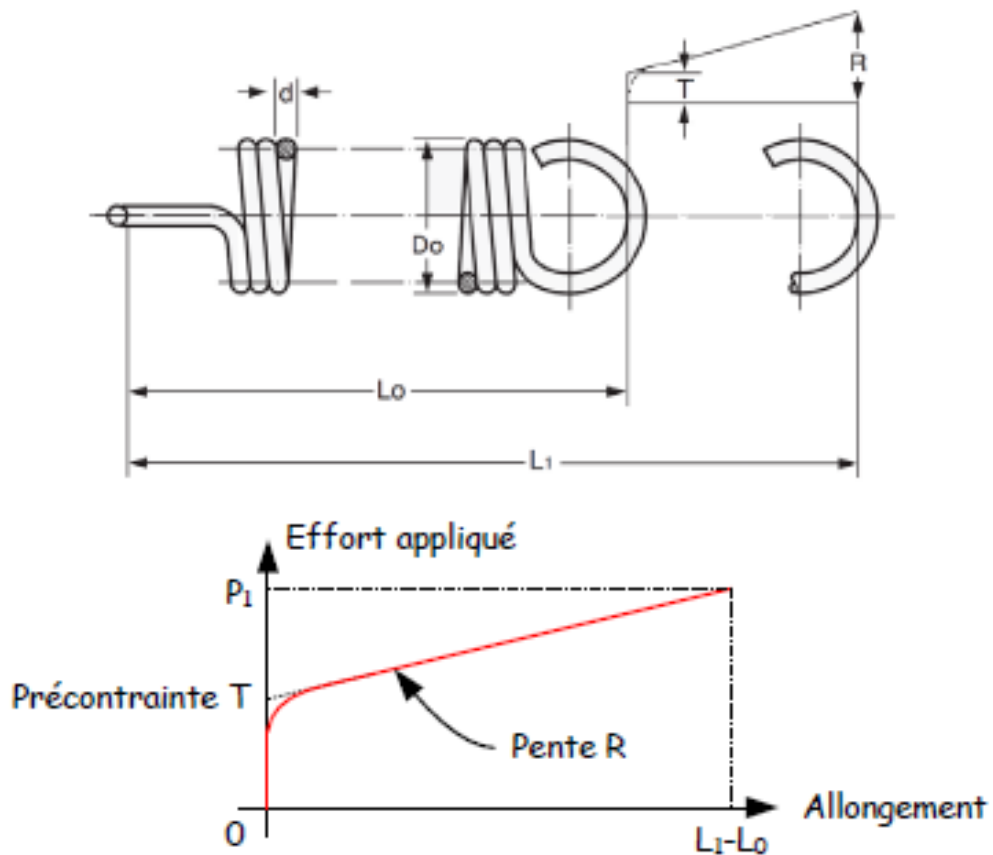
5.7 Courroie



Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Type				25 HTD 5M
Largeur		mm	25	
Pas	p^*	mm	5	
Longueur primitive de courroie	l_c	mm	1670	
Masse linéique	λ_c	kg/m	0.096	
Masse	m_c	kg	0.16	
Raideur spécifique	r_s	N	0.572×10^6	*
Tension recommandée		N	[570, 710]	

ANNEXE 4 : RESSORT DE TRACTION PRECONTRAIT A SPIRES JOINTIVES

5.15 Ressort SPEC T42240



Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Type				Ressort de traction
Matériau				Inox
Diamètre extérieur	D_0	mm	12	
Diamètre du fil	d	mm	1.8	
Longueur libre	L_0	mm	290	
Longueur de l'extension maximum	L_1	mm	465	Avant déformation plastique
Charge à L_1	P_1	N	117.45	
Tension initiale	T	N	17.85	Le ressort est à spires jointives, il est légèrement précontraint
Raideur	R	N/mm	0.57	

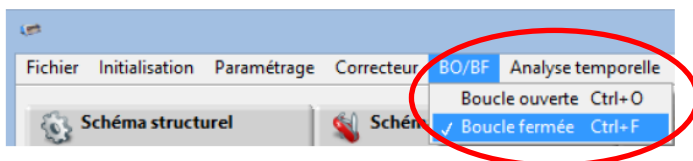
Annexe : utilisation de Control'X



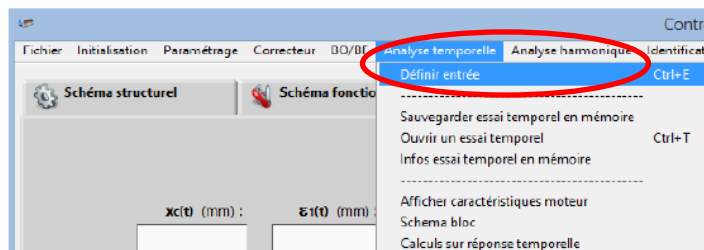
Mise en marche générale du système

- Appuyer sur le bouton marche/arrêt situé derrière le système.
- Fermer le capot de protection
- Déverrouiller le gros bouton rouge d'arrêt d'urgence
- Armer le système (petit bouton vert) => la lumière verte s'allume.

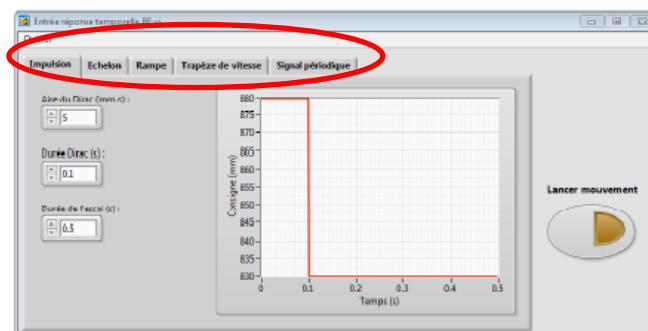
Lancer un essai



Choix du bouclage :
boucle ouverte ou
fermée



Pour effectuer un essai
temporel

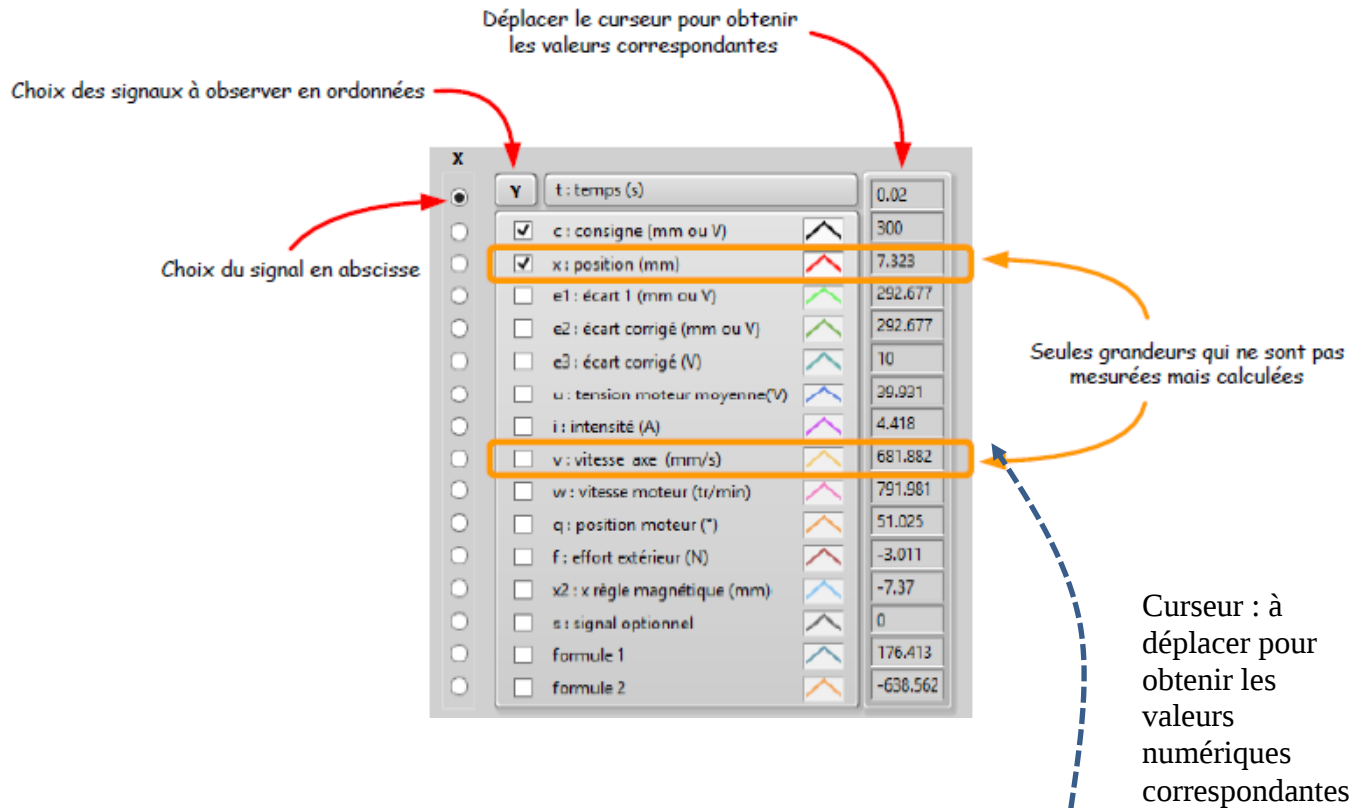


Choix de l'entrée
imposée : impulsion,
échelon, rampe, trapèze,
périodique.

Annexe : acquisition des mesures sur Control'X

Affichage des grandeurs physiques acquises par les capteurs

Après avoir lancé un mouvement, la fenêtre ci-dessous apparaît.



La (ou les) courbes apparaissent comme l'exemple ci-dessous.

Attention, lors d'impression de plusieurs courbes :

Une courbe de forte amplitude (valeurs numériques élevées) peut « écraser » une courbe dont les valeurs sont faibles. Cette dernière peut donc avoir l'air « plate » et à valeurs quasi-nulles, alors que ce n'est pas le cas. Il faut alors afficher la courbe « écrasée » seule pour bien visualiser ses variations.

