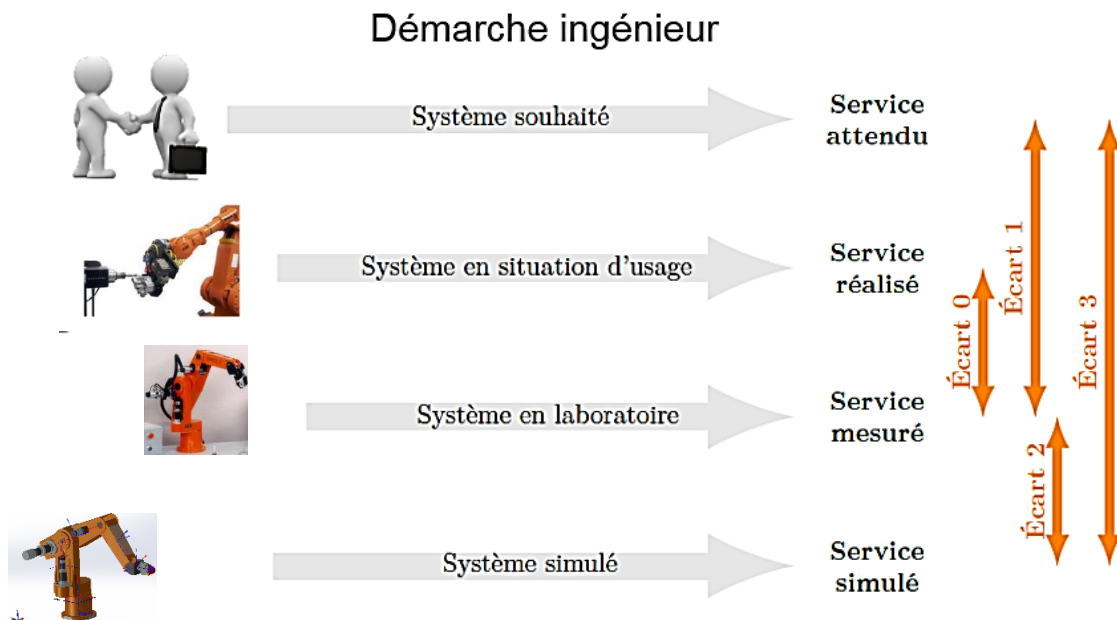


Robot anthropomorphe Ericc3 : identification dynamique

Objectifs

Déterminer les caractéristiques dynamiques de l'axe de lacet du robot :

- Coefficient de frottement visqueux
- Couple de frottements secs
- Moment d'inertie équivalent



Objectif de la démarche : minimiser les écarts {attendu-réalisé-mesuré-simulé}

AVERTISSEMENT

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

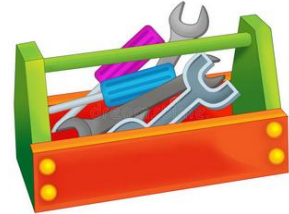
Préparation à faire chez soi avant la séance de TP

- Lire le sujet
- Revoir le théorème du moment dynamique
- Revoir le théorème de l'énergie puissance
- Revoir la relation couple-intensité pour un moteur électrique CC
- Revoir le calcul d'un rapport de réduction



Vous disposez

- Du sujet
- Fiche plastique couleur descriptive du robot déjà posée sur la table



Vous devez rendre

- Copie personnelle soignée répondant aux questions de la partie théorique à faire chez soi, puis le travail fait en séance de TP. Les questions doivent être **CLAIREMENT** séparées (sauter au moins deux lignes et tracer un trait horizontal). Les résultats finaux doivent être encadrés.



1^{ère} PARTIE : PRELIMINAIRE THEORIQUE

Cette partie se fait individuellement. Elle ne nécessite pas de matériel. Elle a été préparée avant la séance de TP... chez soi. Elle doit être rendue rédigée sur votre compte rendu avant la séance.

Commande du moteur

Le moteur à courant continu actionnant la chaise du robot Ericc est piloté en courant, ce qui est extrêmement rare. En effet, comme vous le savez, un moteur CC est en général piloté en tension. Ici on impose, non pas une tension aux bornes du MCC, mais le courant qui le traverse.

Le courant est géré par la carte de commande numérique du système. Il existe donc un convertisseur analogique/numérique (CNA ou DAC en anglais) entre la carte et le moteur. On définit le coefficient K_I , coefficient de conversion tension-courant : $K_I = 0,017 \text{ A}/\%$. Exemple de valeur de DAC : un DAC réglé à 50% (de tension) correspond à un courant d'induit de 0,85A.

La constante de couple du moteur est : $K_m = 0,043 \text{ Nm}/\text{A}$.

1. Sur le document réponse : représenter le schéma bloc de la commande de l'axe ainsi définie. La sortie est le couple moteur C_{mot} en Nm.

Chaîne cinématique

Le moteur à courant continu de l'axe du lacet entraîne la colonne du robot en rotation par l'intermédiaire d'un réducteur Harmonic-Drive et d'un système poulie/courroie. Le rapport global est $\rho = \frac{3}{1000}$.

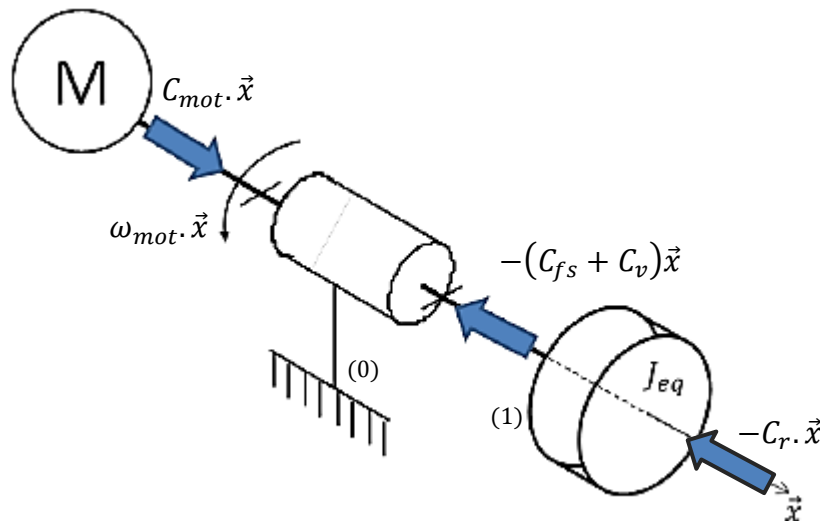
2. Sur le document réponse : compléter le schéma cinématique de la chaîne de puissance. Le réducteur harmonic-Drive sera représenté par un engrenage simple.

Le schéma cinématique commencé comprend la représentation du bâti, de la chaise, de la liaison pivot bâti/chaise, de la poulie menée et le début de la courroie.

Equation différentielle du mouvement : calcul dynamique

Soit un arbre (1) de moment d'inertie J_{eq} , en pivot dans un bâti (0) et subissant quatre actions mécaniques extérieures :

- couple moteur C_{mot}
- couple de frottement visqueux C_v
- couple de frottement sec C_{fs} , avec $C_{fs} > 0$. Sa vitesse angulaire instantanée est $\omega(t)$. Le couple de frottement visqueux est proportionnel à la vitesse angulaire : $C_v = f_v \cdot \omega(t)$, avec $f_v > 0$.
- Couple résistant C_r provenant des autres efforts résistants aux déplacements autre que frottement



3. Par application du Théorème de l'Energie Puissance à l'arbre (1) (ou du théorème du moment dynamique, si vous préférez), écrire la loi de mouvement de l'arbre 1 (équation E1).
4. Traiter les deux cas particuliers ci-dessous.
- Vitesse constante : écrire l'expression de C_{mot} (\Rightarrow équation E2).
 - Vitesse nulle : réécrire la loi de mouvement E1 (\Rightarrow équation E3).

2^{ème} PARTIE : EXPERIMENTATION – PREMIÈRES MESURES

Mise en route du robot – Prises d'origine

Se rapporter à l'annexe 1 : mise en route du robot et prises d'origine.

- Mettre en route Ericc
- Effectuer les prises d'origine

Mise en position horizontale

Placer le robot dans sa position de départ, c'est-à-dire ensemble {bras, avant-bras, pince} horizontal. Les paramètres sont :

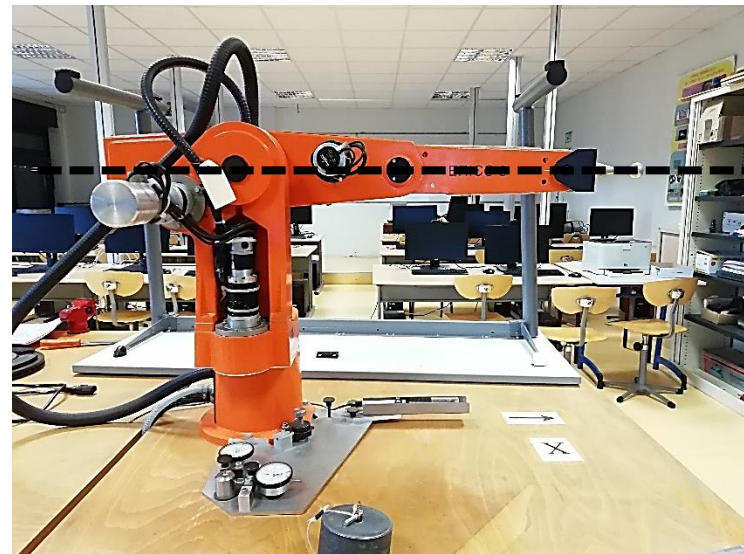
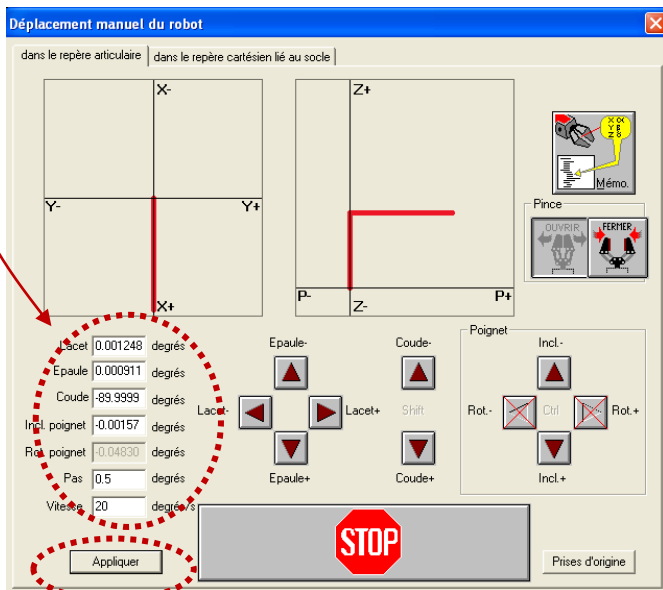
Lacet : $\theta_1 = 0^\circ$

Epaule : $\theta_2 = 0^\circ$


Coude : $\theta_3 = -90^\circ$

Poignet : $\theta_4 = 0^\circ$

... valider par « **Appliquer** ».



Mesures pour une commande donnée : DAC à 40%

Dans la barre d'icônes, sélectionner la 2^{ème} icône « nouvelle mesure temporelle » .

Cliquer : échelon en boucle ouverte.

Appliquer un échelon de courant à l'axe du lacet.

Amplitude %DAC : 40%

Afficher :

- la vitesse
- la sortie DAC
- le courant

...et mettre l'axe en position initiale 0° .

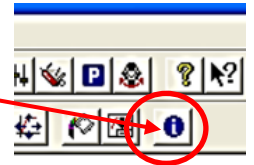
Cliquer : Départ

Attention ça peut partir fort !

Apparition de la courbe : affichage (voir illustration légendée ci-après)

- Afficher la légende
- Afficher le curseur : celui-ci vous permet de visualiser la valeur numérique des grandeurs physiques mesurées (en bas de l'écran quand vous promenez le curseur le long des courbes)
- Afficher les deux axes des ordonnées suivantes : vitesse angulaire à gauche et courant moteur à droite. Pour cela cliquer :

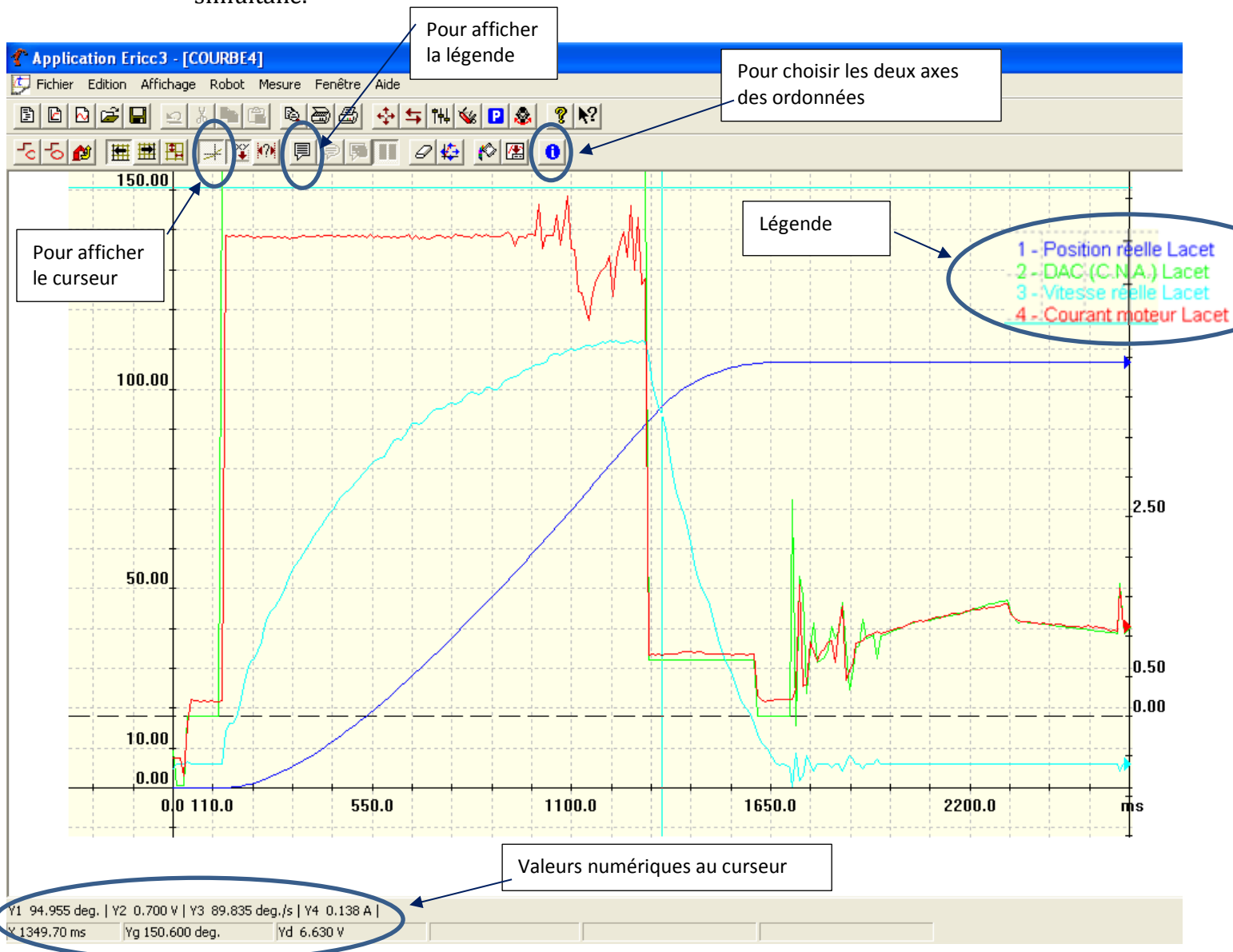
Puis, dans la fenêtre « configuration graphique », choisir les axes :
 Y_{gauche} : « Vitesse » ; Y_{droite} : « courant moteur »



Pour lisser une courbe : intensité par exemple

- clic sur la courbe d'intensité pour la mettre en gras. Puis, clic droit et cocher « filtre ». La courbe se lisse.

Remarque : si la courbe disparaît par manipulation malencontreuse, pas de panique. Faites-la réapparaître en appuyant sur la touche « majuscule » et clic droit simultané.



Relever pour un DAC 40%:

- l'intensité constante I (A) envoyée au moteur
- La vitesse de la chaise ω_{chaise} (rad/s) en régime établi

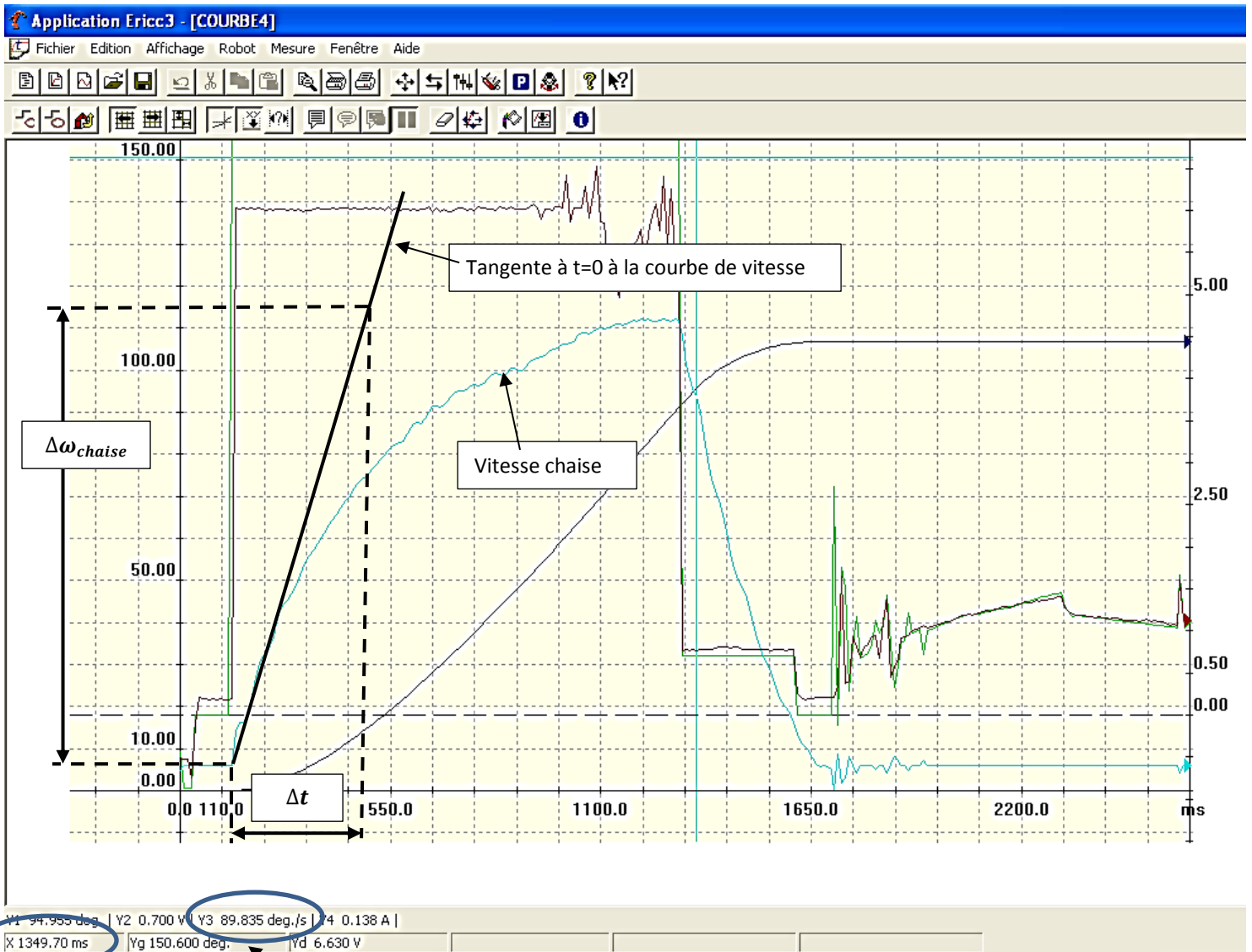
Déduire :

- Le couple moteur C_{mot} (Nm)
- La vitesse du rotor moteur ω_{mot} en régime établi

Déterminer graphiquement :

- L'accélération angulaire de la chaise au démarrage $\left(\frac{d\omega_{chaise}}{dt}\right)_{t=0}$
- Déduire l'accélération du rotor moteur au démarrage $\left(\frac{d\omega_{mot}}{dt}\right)_{t=0}$

Une aide est donnée ci-dessous pour la détermination graphique de l'accélération angulaire de la chaise.



$$\left(\frac{d\omega_{chaise}}{dt}\right)_{t=0} = \text{pente à l'origine} = \frac{\Delta\omega_{chaise}}{\Delta t}$$

Renouvellement des mesures pour plusieurs consignes DAC : f_v et C_{fs}

Ces mesures et déterminations graphiques sont longues. Pour vous faire gagner du temps, vous trouvez en fin de sujet les copies d'écrans nécessaires pour faire d'autres relevés pour différents réglages DAC%. Vous n'avez plus besoin de faire des essais sur système.

En outre vous disposez d'un tableau Excel qui va vous faciliter la saisie et les calculs. Vous n'avez qu'à remplir les colonnes jaunes : « Loi mvt Ericc fv Jeq Cfs – Eleves »

Identification mécanique du robot Ericc - Cfs, fv, Jeq												
Position : bras horizontal		04/10/2023		remplir les cases jaunes								
		Ki (A/%)		Km (Nm/A)		rapport reduc :						
		0,017		0,043		0,003 Mesure graphique w' chaise						
essai n°	DAC%	Imot(A)	Cmot (Nm)	w_chaise */s	w_chaise rad/s	w_mot rad/s	Delta T ms	Delta wchaise */s	w' chaise rad/s²	w' mot rad/s²	Jeq /mot kg.m²	Jeq /bras kg.m²
1		0	0		0,00	0			#DIV/0!	#DIV/0!		
2		0	0		0,00	0			#DIV/0!	#DIV/0!		
3		0	0		0,00	0			#DIV/0!	#DIV/0!		
4		0	0		0,00	0			#DIV/0!	#DIV/0!		
5		0	0		0,00	0			#DIV/0!	#DIV/0!		
		0	0		0,00	0			#DIV/0!	#DIV/0!		
		0	0		0,00	0			#DIV/0!	#DIV/0!		
		0	0		0,00	0			#DIV/0!	#DIV/0!		
		0	0		0,00	0			#DIV/0!	#DIV/0!		

- Tracer la courbe du couple moteur C_{mot} (Nm) en fonction de la vitesse moteur ω_{mot} (rad/s). Faites-le pour des mesures DAC de 20 à 65% car au-delà de 65% vous constatez que la vitesse constante n'est pas atteinte.
- Déduire le coefficient de frottement visqueux f_v et le couple de frottement sec C_{fs} , ramenés au rotor moteur en raisonnant avec la loi de mouvement à vitesse constante (E2) établie précédemment.

Inertie équivalente de l'ensemble mobile ramenée au rotor moteur

Il s'agit d'évaluer la valeur numérique expérimentale du moment d'inertie équivalent de l'ensemble mobile du mouvement de lacet, ramené au rotor moteur : J_{eq} .

- Se reporter à l'étude préliminaire, équation (E3) : déduire l'expression mathématique qui va permettre de déterminer le moment inertie J_{eq} de l'ensemble mobile en rotation autour de l'axe vertical, bras déplié, et ramené au rotor moteur.
- Déterminer J_{eq} à partir des relevés après avoir saisi la formule correcte dans le tableau Excel.
- Que devient J_{eq} si le bras n'est plus en configuration horizontale ?
- Déduire le moment d'inertie autour de l'axe de lacet J_{eq_lacet} (et pas rapporté au rotor moteur).
- Déterminer à nouveau C_{fs} à l'aide d'une mesure avec un dynamomètre.
- Déterminer à nouveau f_v à l'aide d'une mesure au dynamomètre.

FIN DU TP

ANNEXE 1 : MISE EN ROUTE DU ROBOT ET PRISES D'ORIGINE

Mettre sous tension : le PC et l'interface de pilotage d'Ericc (2 boutons à l'arrière des consoles). Voir les photos.

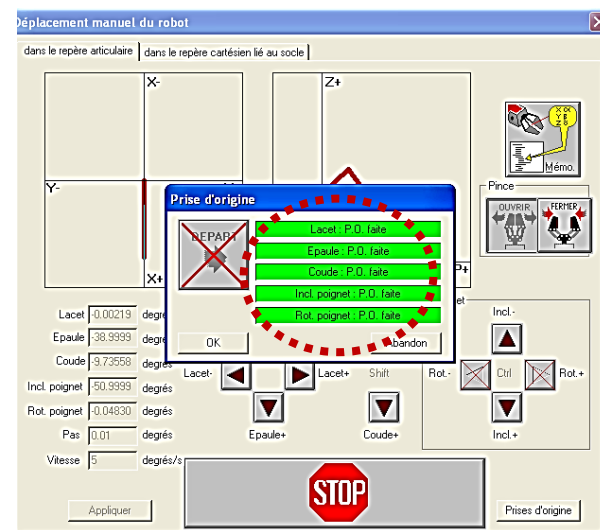
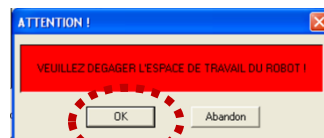
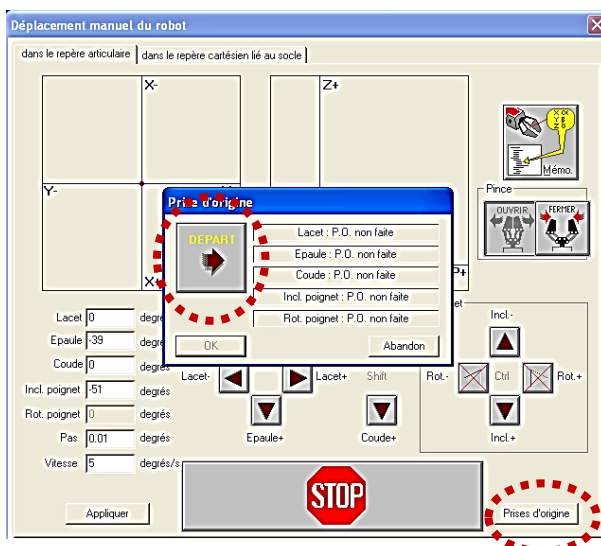
Déverrouiller l'arrêt d'urgence.

Appuyer sur le bouton marche vert en façade.



Ouvrir l'appli « robot Ericc » : Icône bureau du PC.

Effectuer la prise d'origine des codeurs angulaires incrémentaux : Robot/déplacement manuel/OK/Prise d'origine/Départ/OK. Le robot effectue les déplacements de prise d'origine.



ANNEXE 2 : DOCUMENT CONSTRUCTEUR MOTEUR D'ÉPAULE



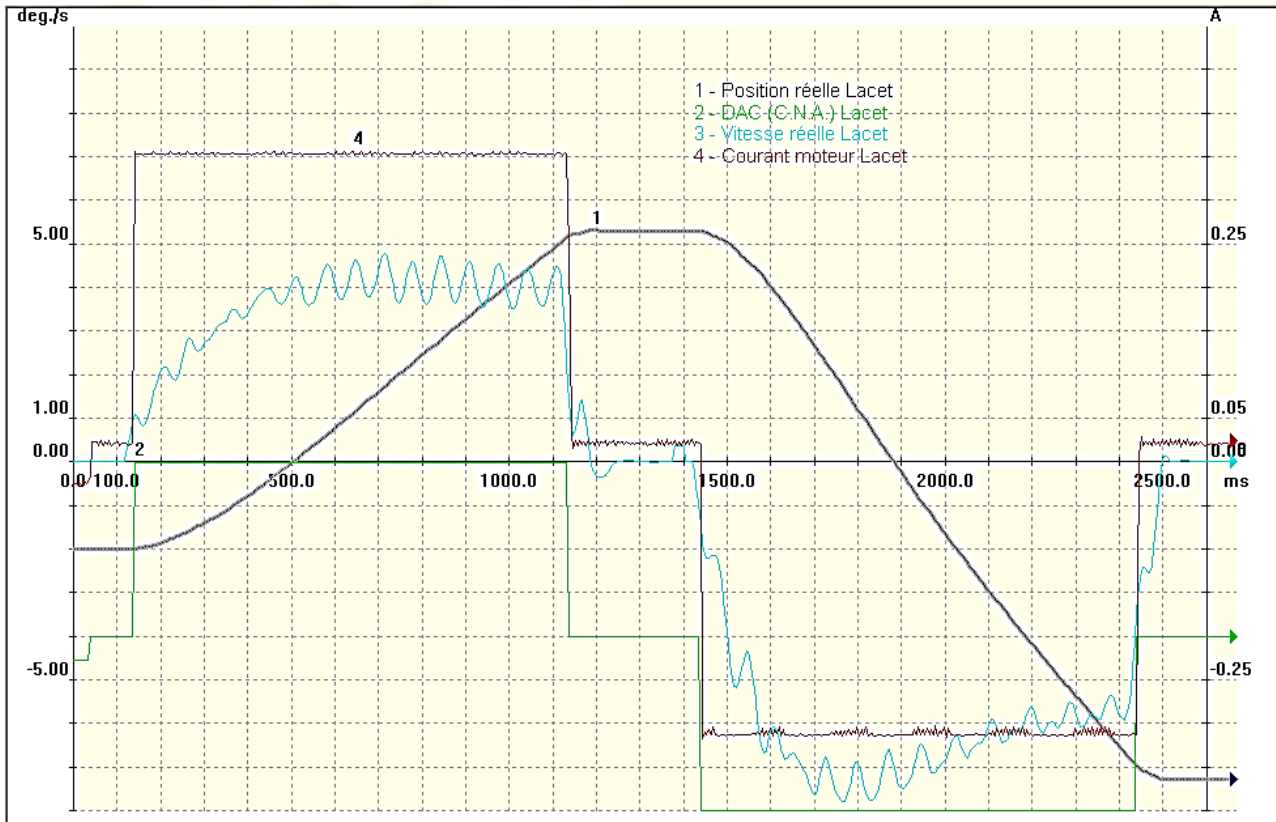
SERVOMOTEURS A COURANT CONTINU
RS210L

PARVEX

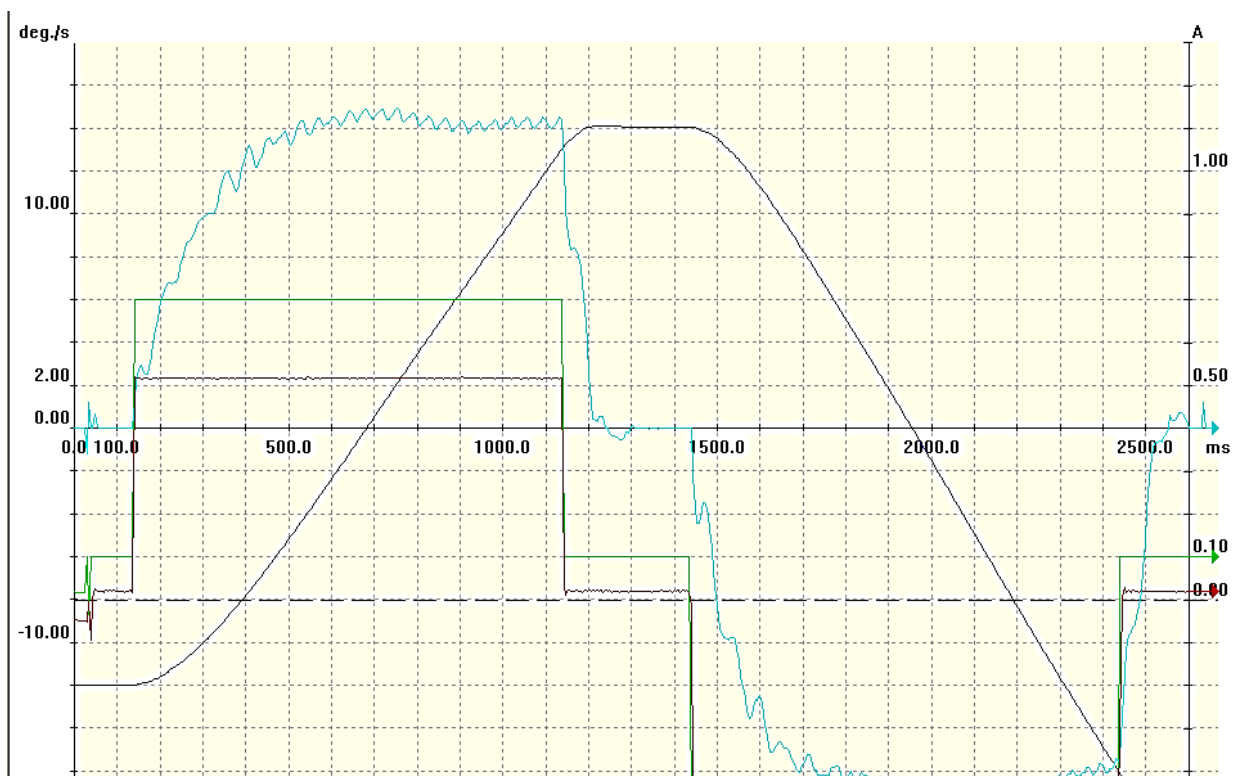
8 avenue du Lac
 BP249
 F-21007 DIJON Cedex

<i>Couple en rotation lente</i>	0.11	<i>N.m</i>	<i>M₀</i>
<i>Courant permanent rotation lente</i>	2.5	<i>A</i>	<i>I₀</i>
<i>Tension d'alimentation de définition</i>	24	<i>V</i>	<i>U</i>
<i>Vitesse de définition</i>	3000	<i>tr/mn</i>	<i>N</i>
<i>Tension maximale</i>	40	<i>V</i>	<i>U_{max}</i>
<i>Vitesse maximale</i>	7800	<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>	5	<i>V</i>	<i>K_e</i>
<i>Coefficient de couple électromagnétique</i>	0.048	<i>N.m/A</i>	<i>K_t</i>
<i>Couple de frottement sec</i>	1.05	<i>N.cm</i>	<i>T_f</i>
<i>Coefficient de viscosité par 1000tr/mn</i>	0.08	<i>N.cm</i>	<i>K_d</i>
<i>Résistance du bobinage (25°C)</i>	2.33	<i>Ω</i>	<i>R_b</i>
<i>Inductance du bobinage</i>	1.1	<i>mH</i>	<i>L</i>
<i>Inertie rotor</i>	0.000013	<i>kg.m²</i>	<i>J</i>
<i>Constante de temps thermique</i>	5	<i>min</i>	<i>T_{th}</i>
<i>Masse moteur</i>	0.53	<i>kg</i>	<i>M</i>

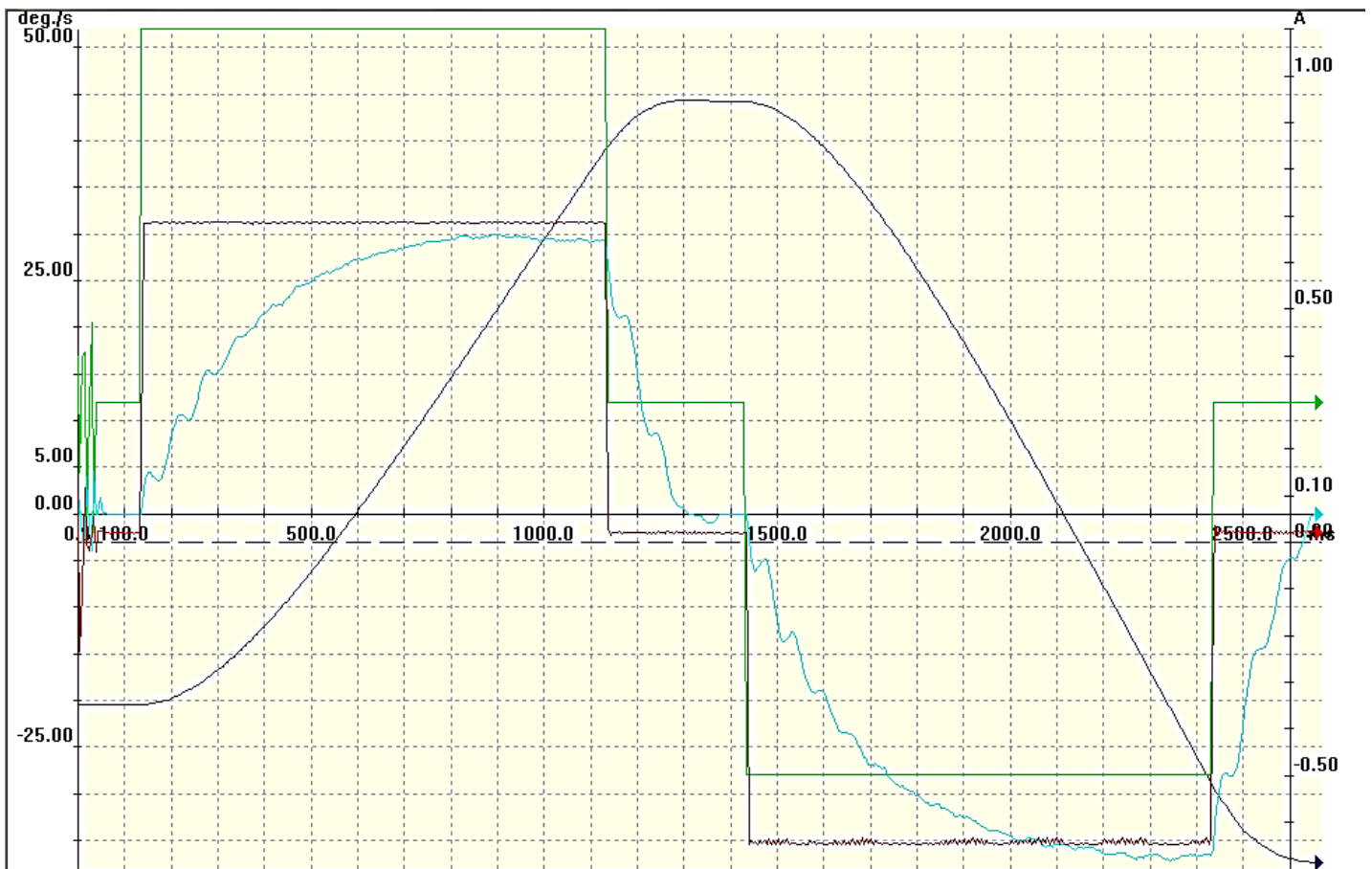
DAC20% bras horizontal



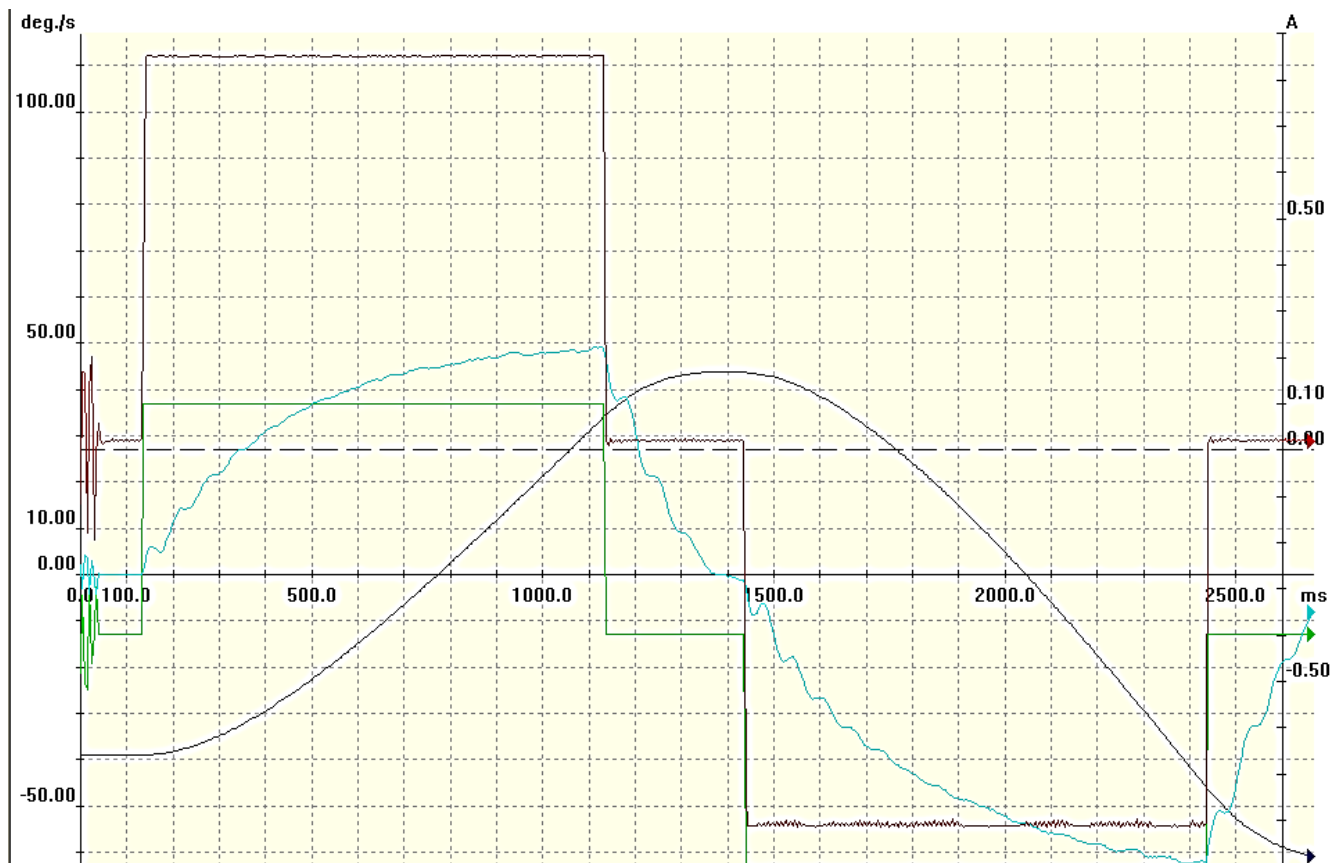
DAC30% : BRAS REPLIÉ, PAS A L'HORIZONTALE



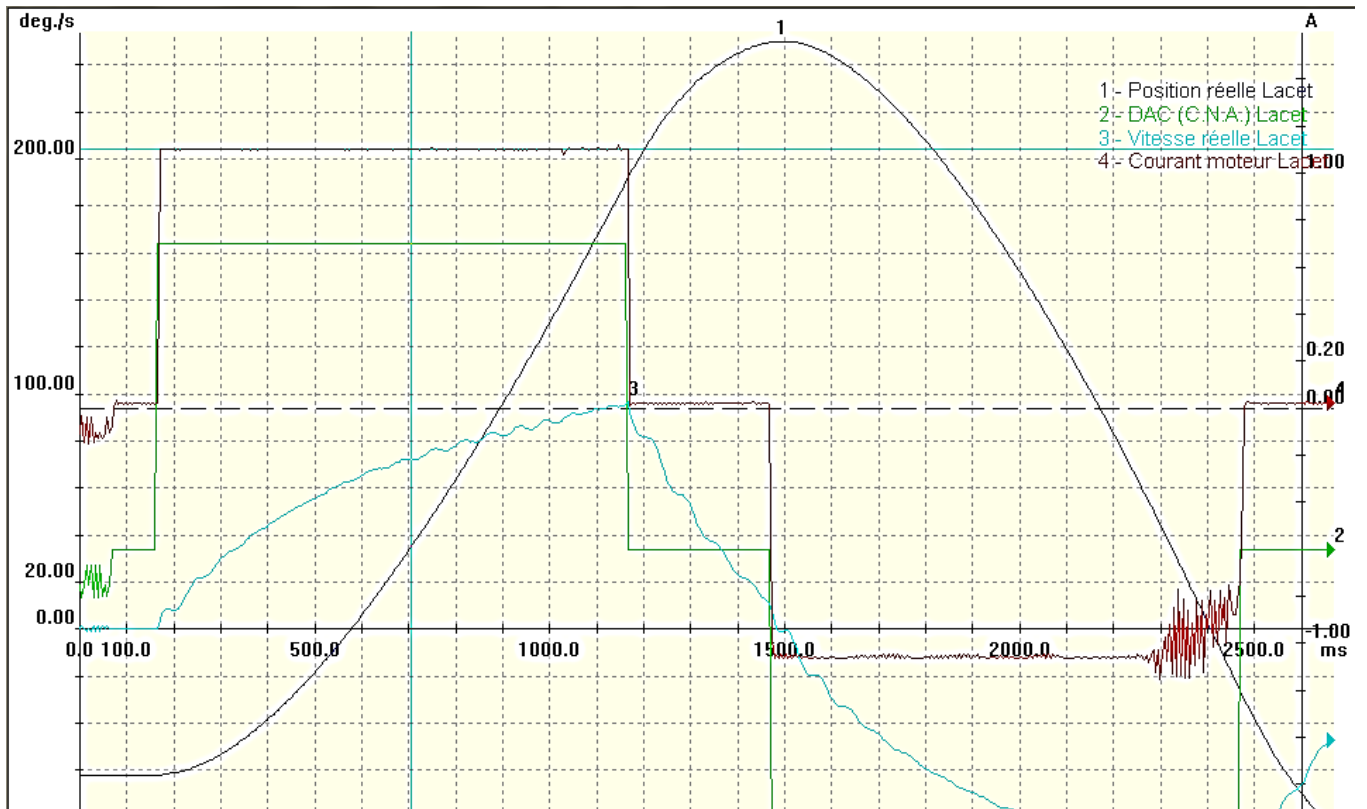
DAC40% bras horizontal



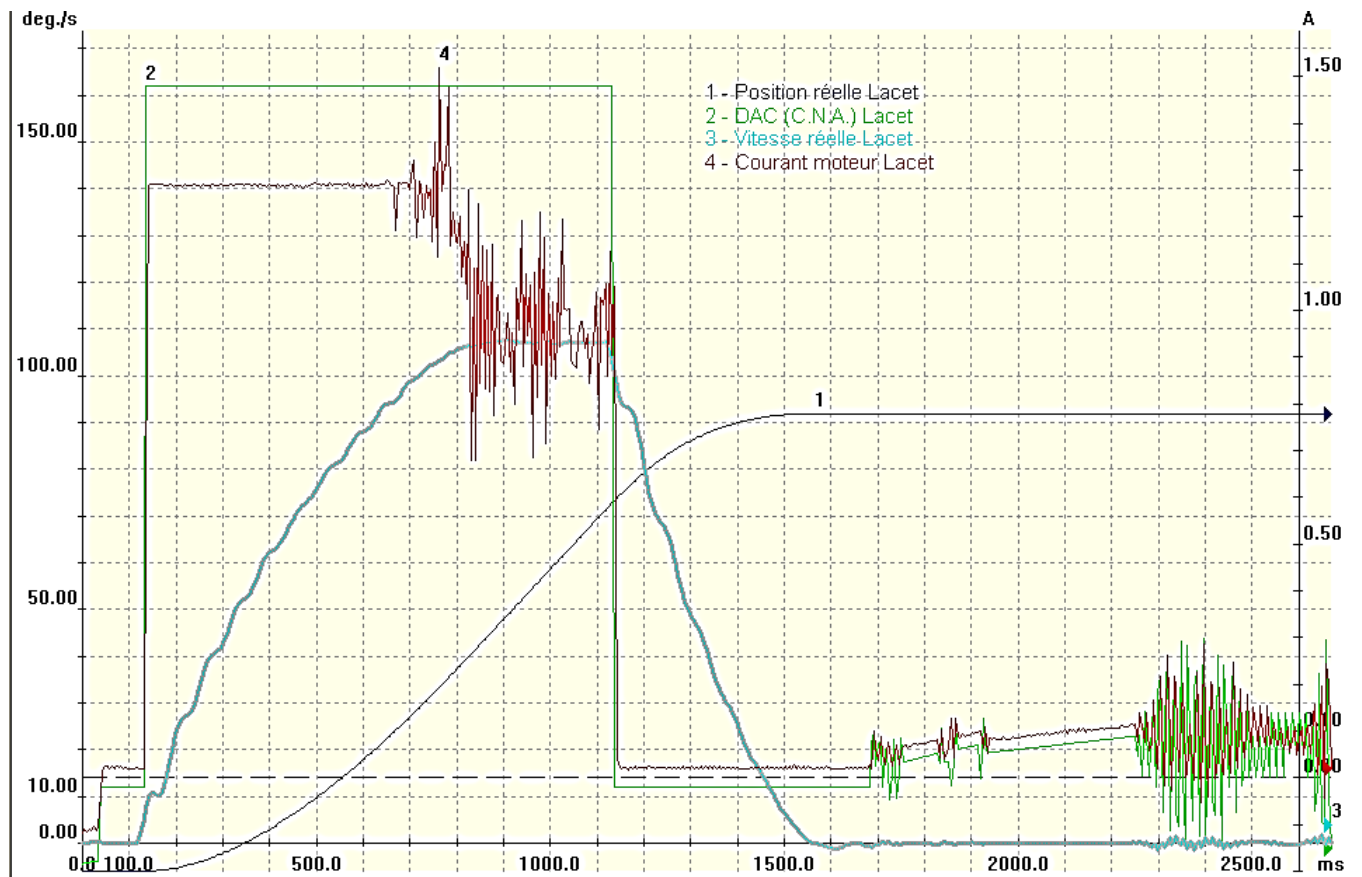
DAC50% bras horizontal



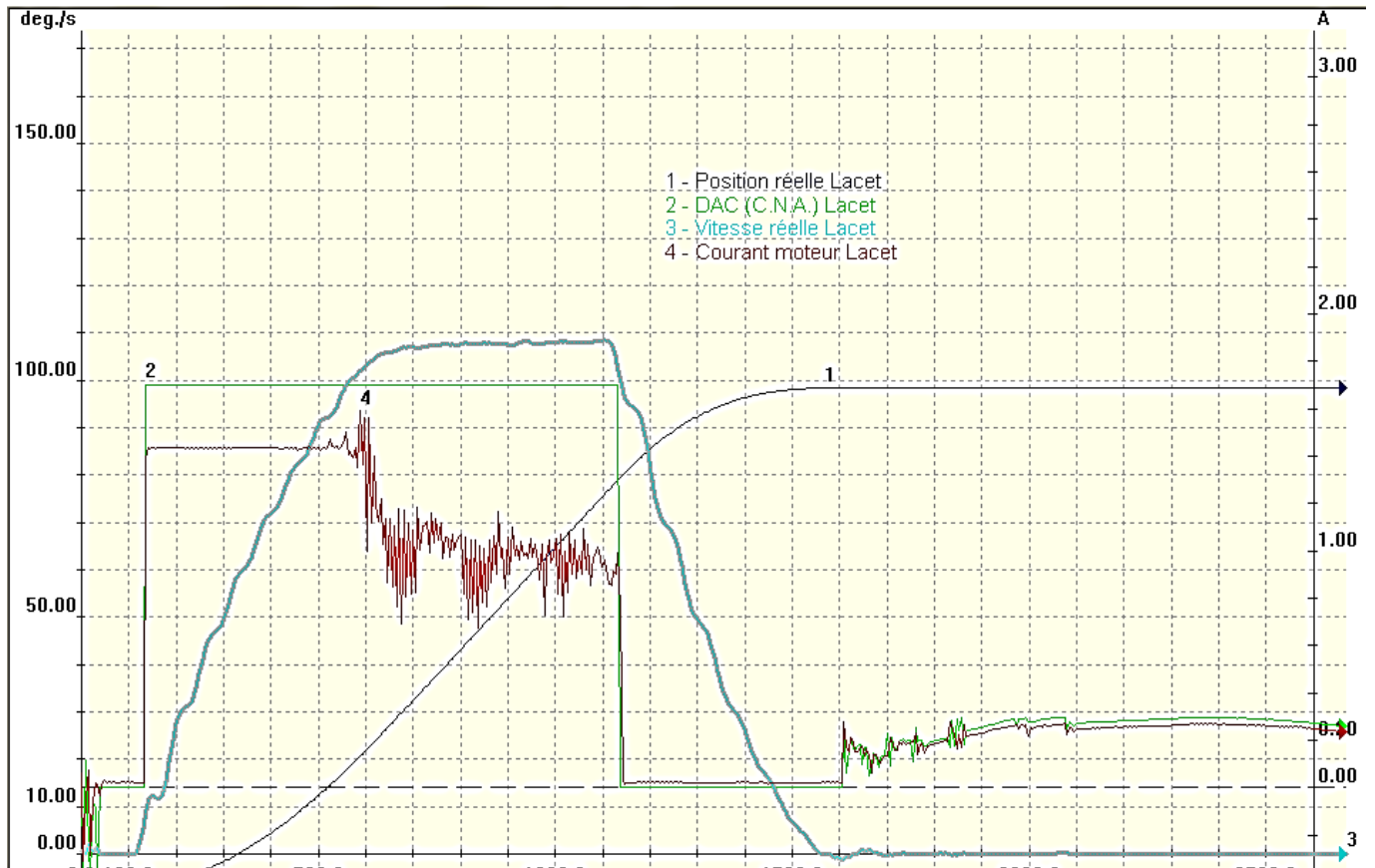
%DAC = 65% - Bras déplié, horizontal



DAC75% - Bras déplié, horizontal



DAC85% - - Bras déplié, horizontal



Dac90% - - Bras déplié, horizontal

