

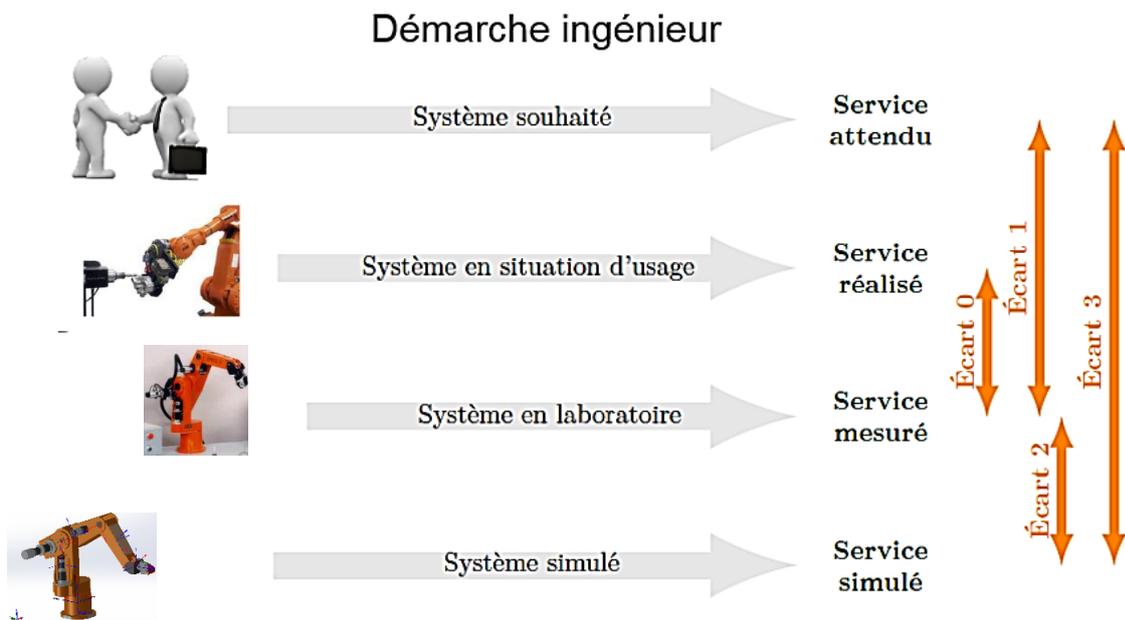
## Robot anthropomorphe Ericc3 : identification dynamique

### Objectifs

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

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

Durée : 2 heures avec permutation à mi-séance



**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

- Rédaction sur votre cahier de TP.



## PARTIE 1 : EXPERIMENTATION

### 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 :

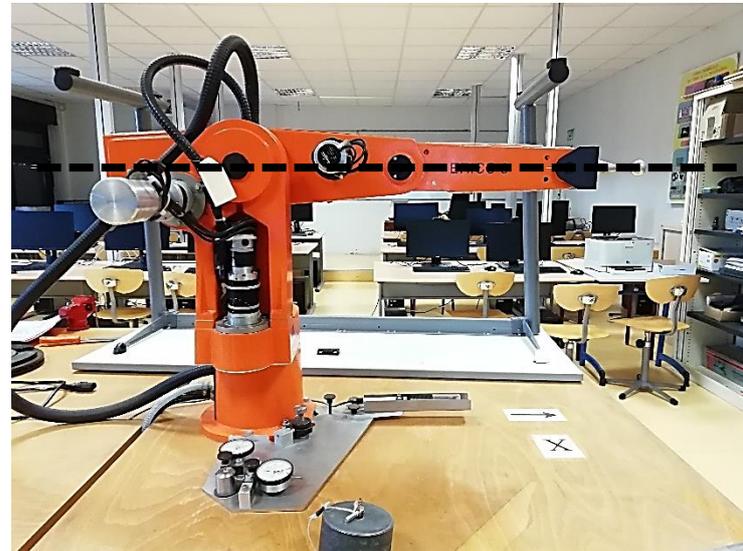
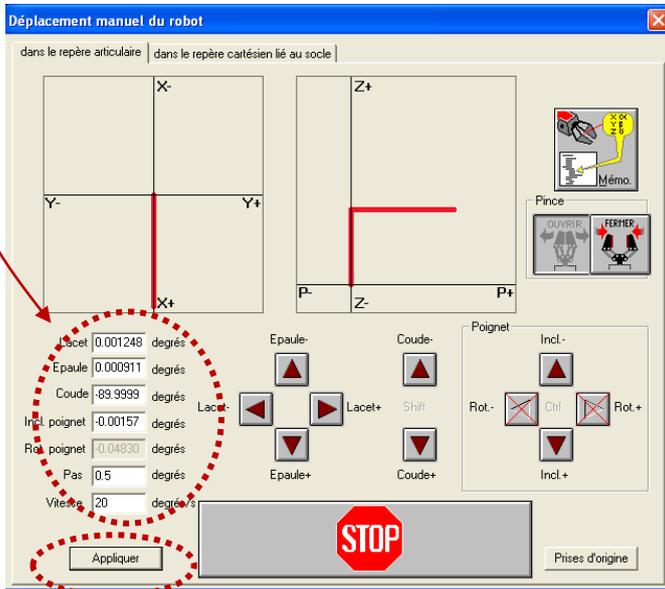
Lacet :  $\theta_1 = 0^\circ$

Epaule :  $\theta_2 = 0^\circ$

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

Poignet :  $\theta_4 = 0^\circ$

... valider par « **Appliquer** ».



## Mesures de couple moteur et vitesse pour une commande donnée : DAC à 40%

Dans la barre d'icônes, sélectionner la 2ème 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  $0^\circ$ .

Cliquer : Départ

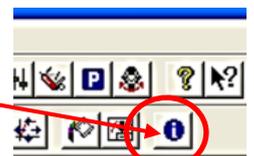
Attention ça peut partir fort !

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  $\omega_{chaise}$  (rad/s) en régime établi

Déduire :

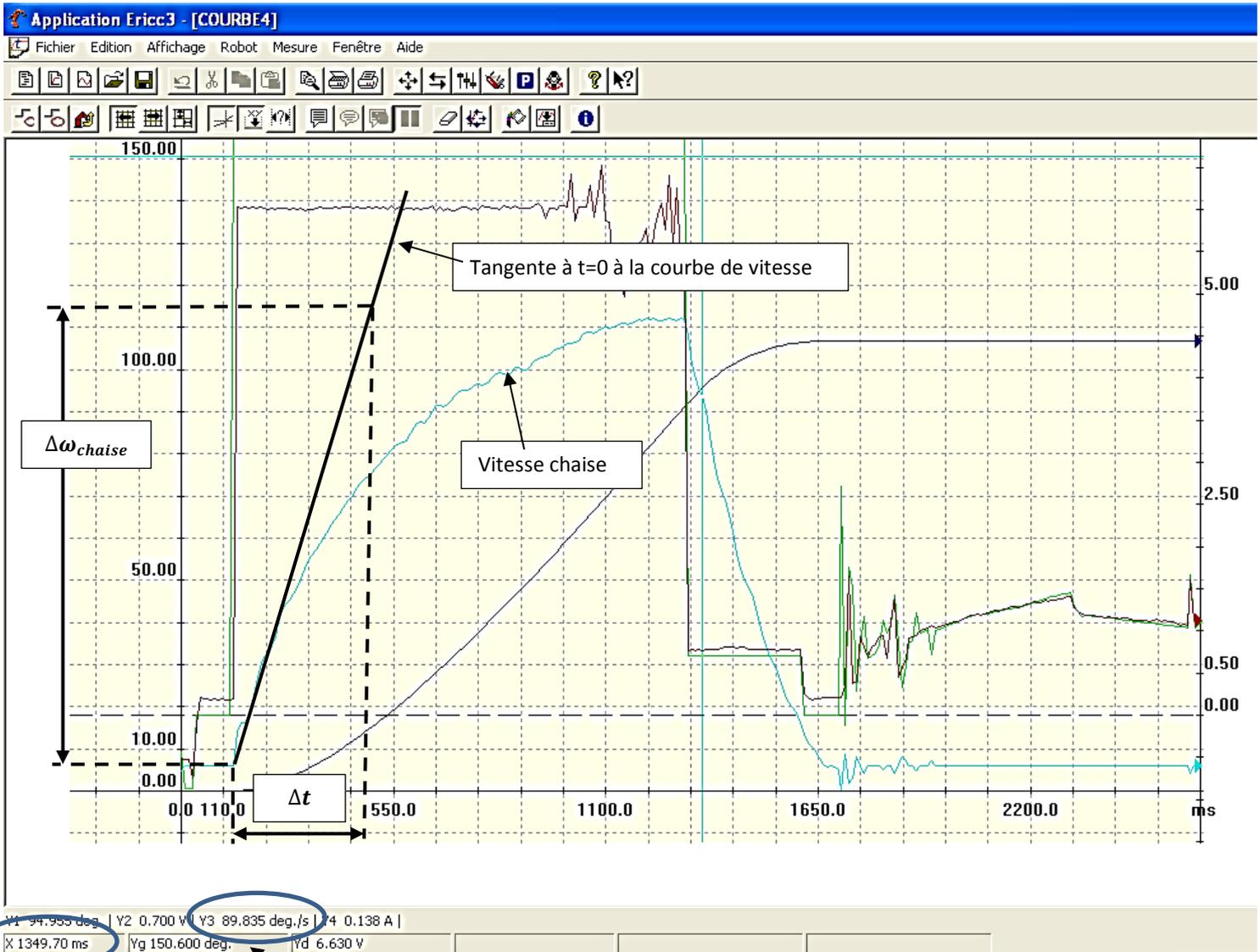
- Le couple moteur  $C_{mot}$  (Nm)
- La vitesse du rotor moteur  $\omega_{mot}$  en régime établi

Déterminer graphiquement :

- L'accélération angulaire de la chaise au démarrage  $\left(\frac{d\omega_{chaise}}{dt}\right)_{t=0}$  : voir aide ci après.

- 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.



Lire la valeur de l'instant  
et de la vitesse au curseur

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

### 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* »



### Autre évaluation expérimentale du couple de frottement sec

8. Déterminer à nouveau  $C_{fs}$  : à l'aide d'un dynamomètre déterminer le couple de frottement sec au niveau du bras déplié,  $C_{fs\_bras}$ . Puis ramenez-le au rotor moteur en utilisant le rapport de réduction global :  $C_{fs2}$ . Comparer avec  $C_{fs}$  déterminé précédemment.



### Autre évaluation expérimentale du coefficient de frottement visqueux

9. Déterminer  $f_v$  à l'aide d'une mesure au dynamomètre.

---

## FIN DE LA PARTIE 1 : permutation

---



## PARTIE 2 : ETUDE THEORIQUE

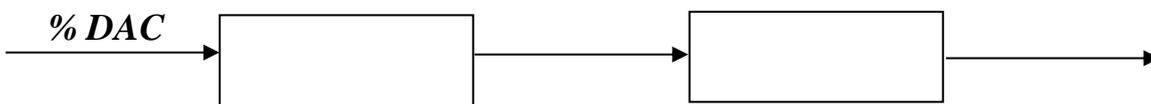
### Commande du moteur

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 :  $K_m = 0,043 \text{ Nm/A}$ .

1. Représenter le schéma bloc de la commande de l'axe ainsi définie (IBD contenant deux blocs). La sortie est le couple moteur  $C_{mot}$  en Nm.



### Chaîne cinématique du rotor moteur à la chaise

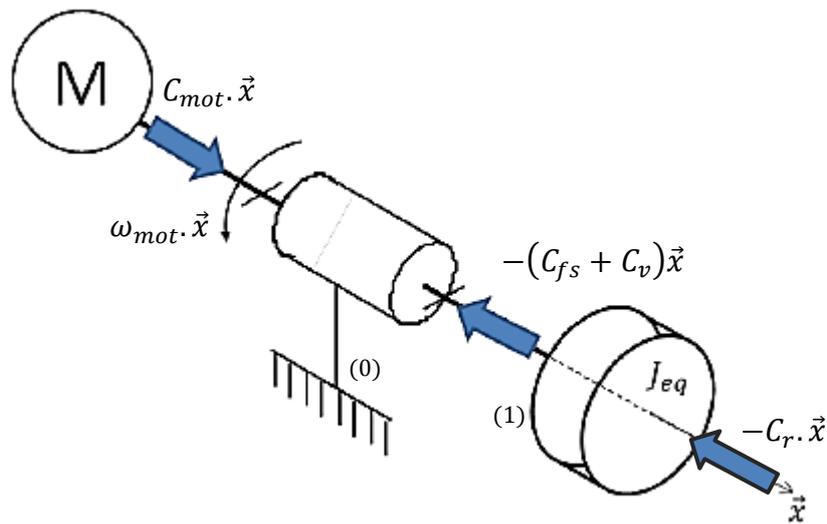
Le moteur à courant continu de l'axe du lacet entraîne la colonne du robot en rotation par l'intermédiaire d'un réducteur Harmonic-Drive de réduction  $\frac{1}{100}$  ème et d'un système poulie/courroie (poulie sortie réducteur 12 dents, poulie chaise 40 dents).

2. Calculer le rapport de réduction global  $\rho = \frac{\omega_{chaise}}{\omega_{moteur}}$ .

### 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  $\omega_{mot}(t)$ . Le couple de frottement visqueux est proportionnel à la vitesse angulaire :  $C_v = f_v \cdot \omega_{mot}(t)$ , 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 E2 ( $\Rightarrow$  équation E3).

## FIN DE LA PARTIE 2 : permutation



Permutez immédiatement sur la partie 1 sans attendre la mi-temps : le système doit être libéré par l'autre groupe car la durée d'expérimentation sur le système est faible.

## 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.

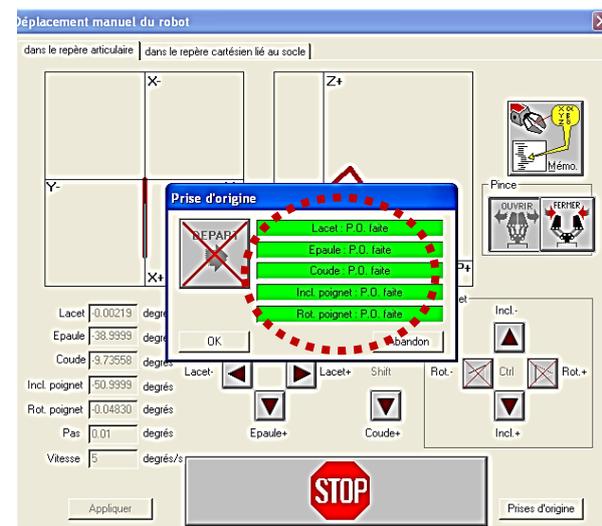
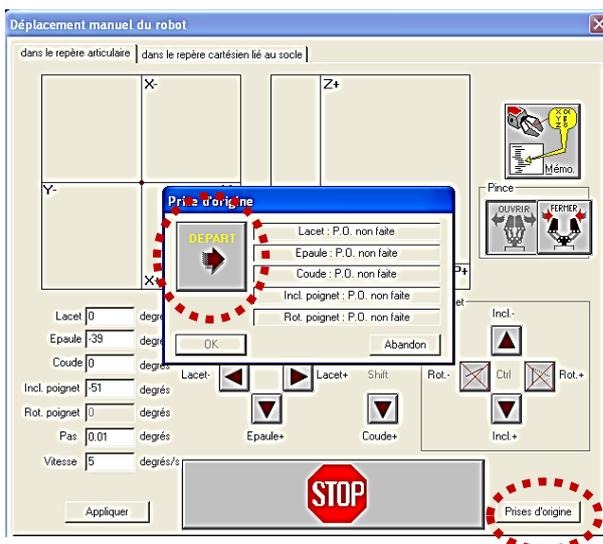
Déverrouiller l'arrêt d'urgence.

Appuyer sur le bouton marche vert en façade.



Ouvrir l'appliquatif « 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



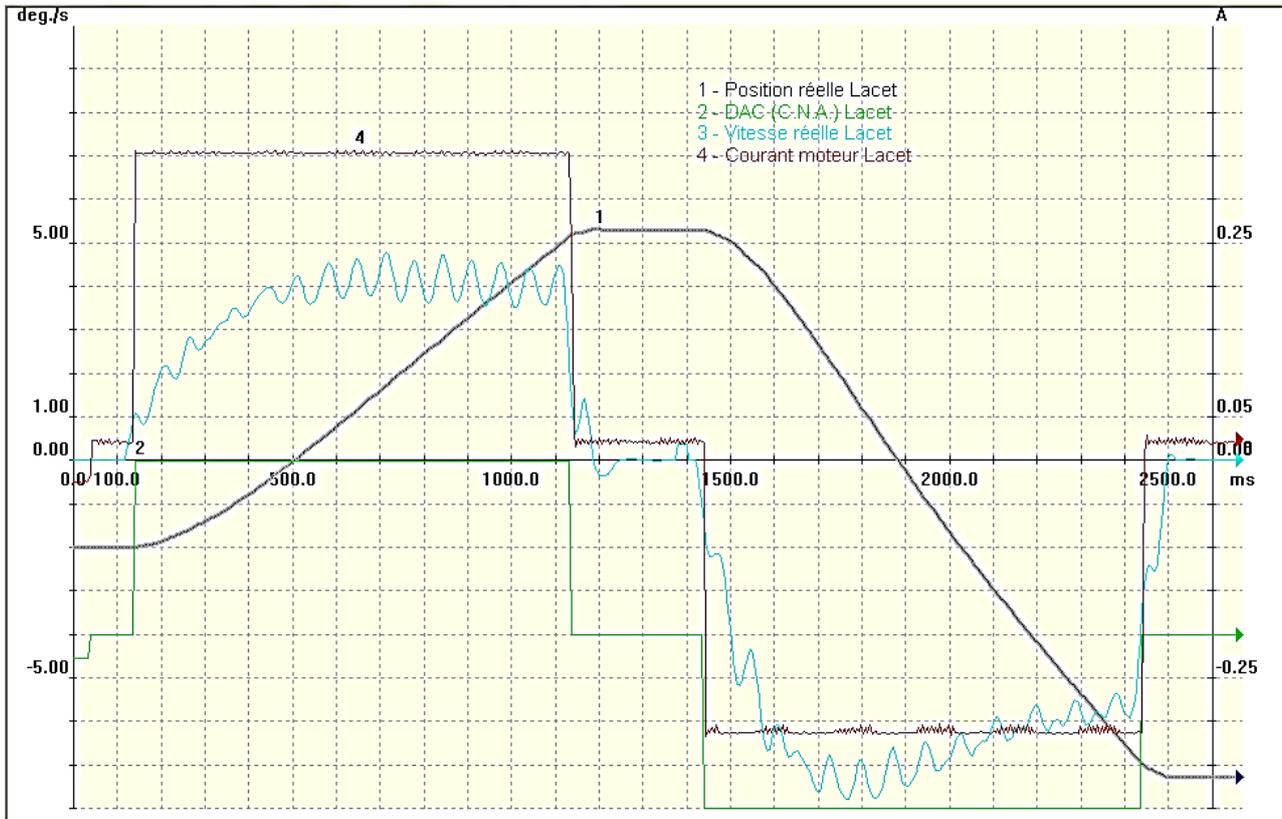
SERVOMOTEURS A COURANT CONTINU  
**RS210L**

**PARVEX**

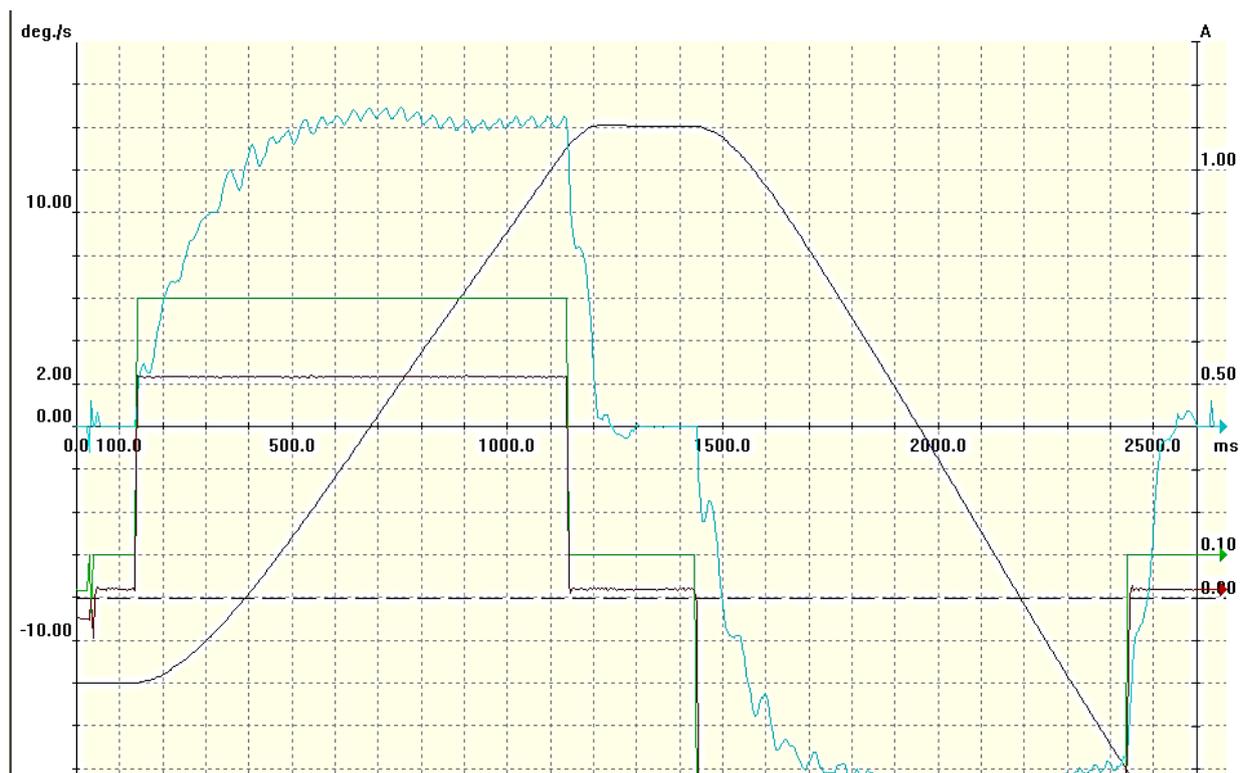
8 avenue du Lac  
BP249  
F-21007 DIJON Cedex

<i>Couple en rotation lente</i>	<b>0.11</b>	<i>N.m</i>	<i>M<sub>0</sub></i>
<i>Courant permanent rotation lente</i>	<b>2.5</b>	<i>A</i>	<i>I<sub>0</sub></i>
<i>Tension d'alimentation de définition</i>	<b>24</b>	<i>V</i>	<i>U</i>
<i>Vitesse de définition</i>	<b>3000</b>	<i>tr/mn</i>	<i>N</i>
<i>Tension maximale</i>	<b>40</b>	<i>V</i>	<i>U<sub>max</sub></i>
<i>Vitesse maximale</i>	<b>7800</b>	<i>tr/mn</i>	<i>N<sub>max</sub></i>
<i>Courant impulsionnel</i>	<b>7</b>	<i>A</i>	<i>I<sub>max</sub></i>
<i>Fem par 1000 tr/mn (25°C)</i>	<b>5</b>	<i>V</i>	<i>K<sub>e</sub></i>
<i>Coefficient de couple électromagnétique</i>	<b>0.048</b>	<i>N.m/A</i>	<i>K<sub>t</sub></i>
<i>Couple de frottement sec</i>	<b>1.05</b>	<i>N.cm</i>	<i>T<sub>f</sub></i>
<i>Coefficient de viscosité par 1000tr/mn</i>	<b>0.08</b>	<i>N.cm</i>	<i>K<sub>d</sub></i>
<i>Résistance du bobinage (25°C)</i>	<b>2.33</b>	<i>Ω</i>	<i>R<sub>b</sub></i>
<i>Inductance du bobinage</i>	<b>1.1</b>	<i>mH</i>	<i>L</i>
<i>Inertie rotor</i>	<b>0.000013</b>	<i>kg.m<sup>2</sup></i>	<i>J</i>
<i>Constante de temps thermique</i>	<b>5</b>	<i>min</i>	<i>T<sub>th</sub></i>
<i>Masse moteur</i>	<b>0.53</b>	<i>kg</i>	<i>M</i>

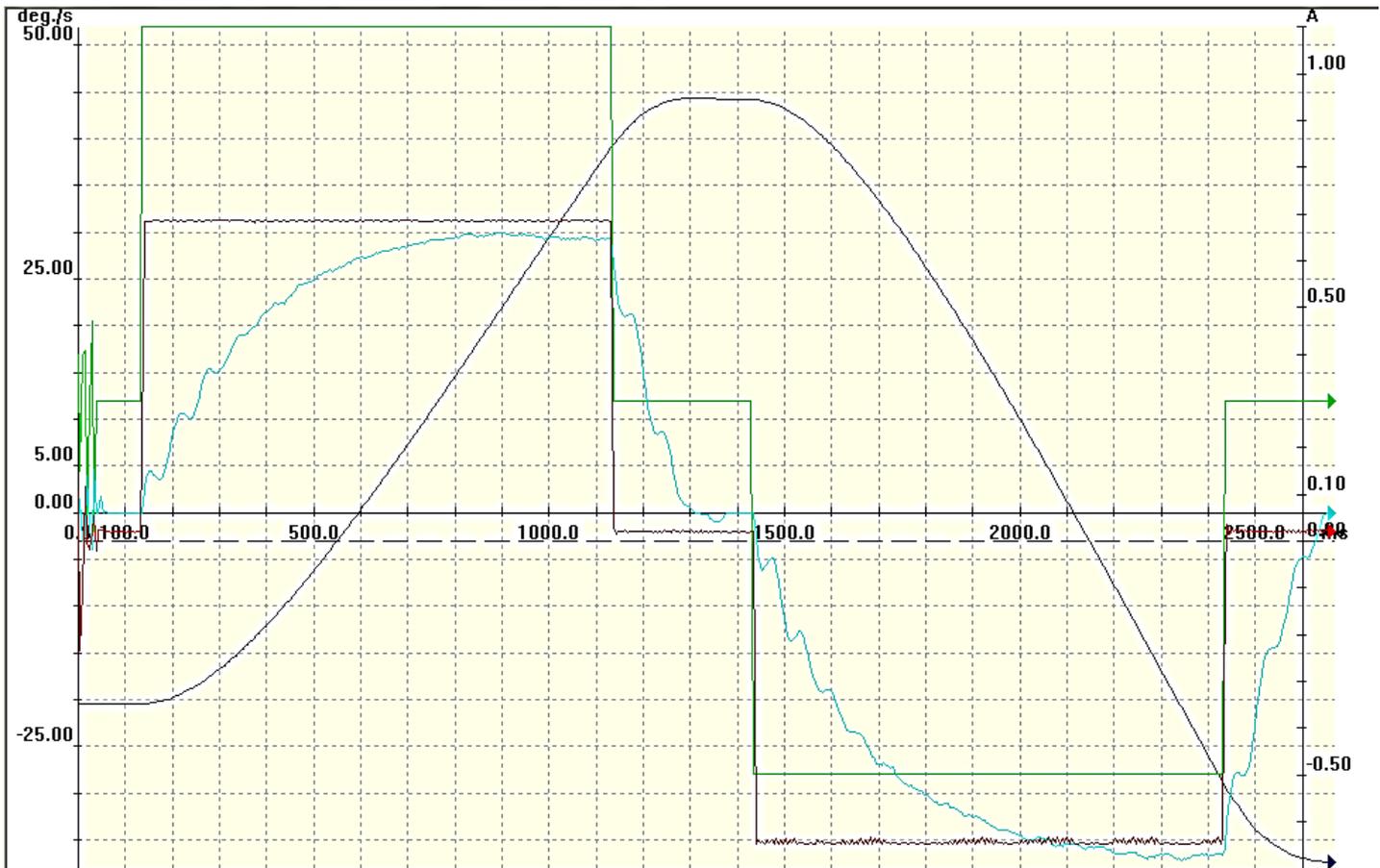
**DAC20% bras horizontal**



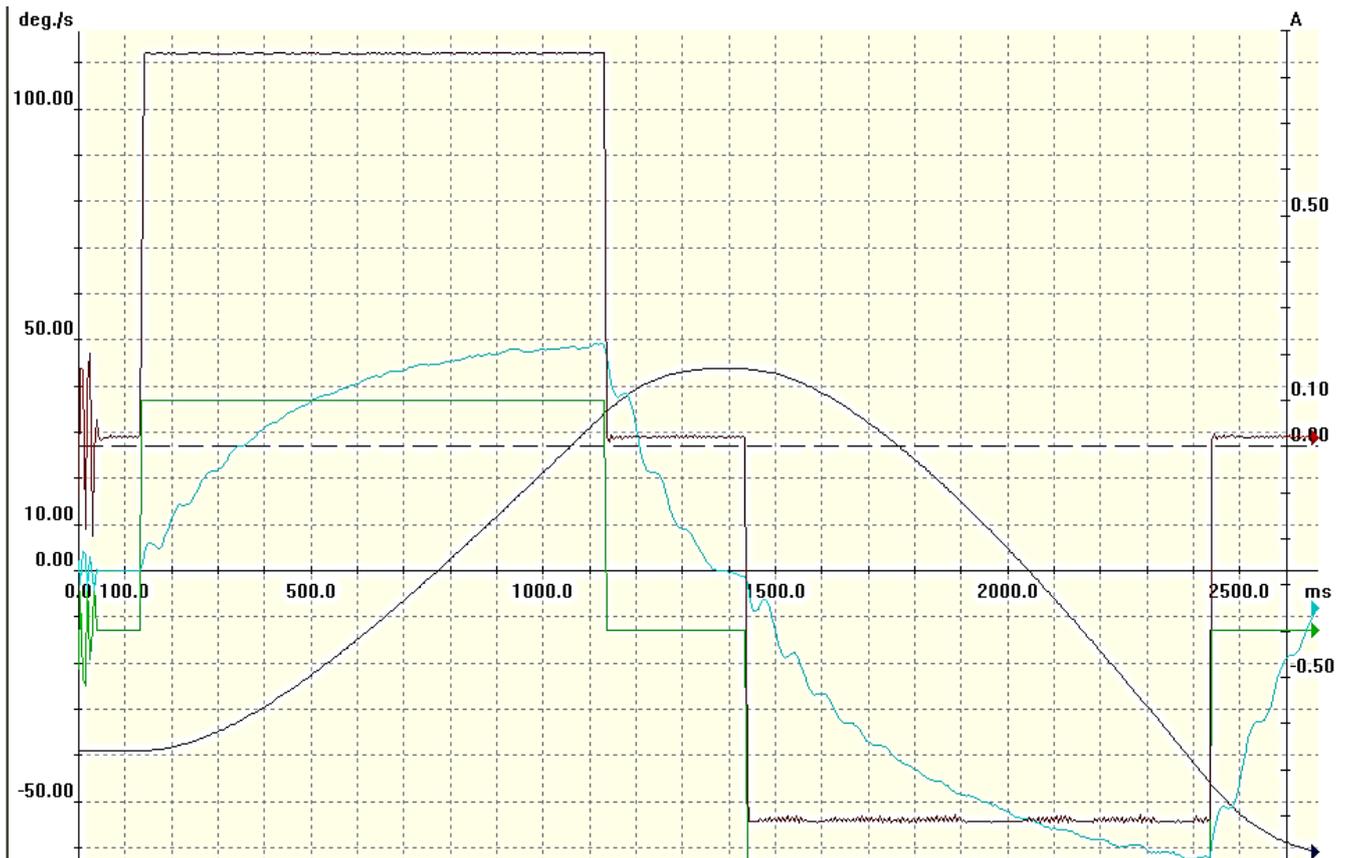
**DAC30% : BRAS REPLIÉ, PAS A L'HORIZONTALE**



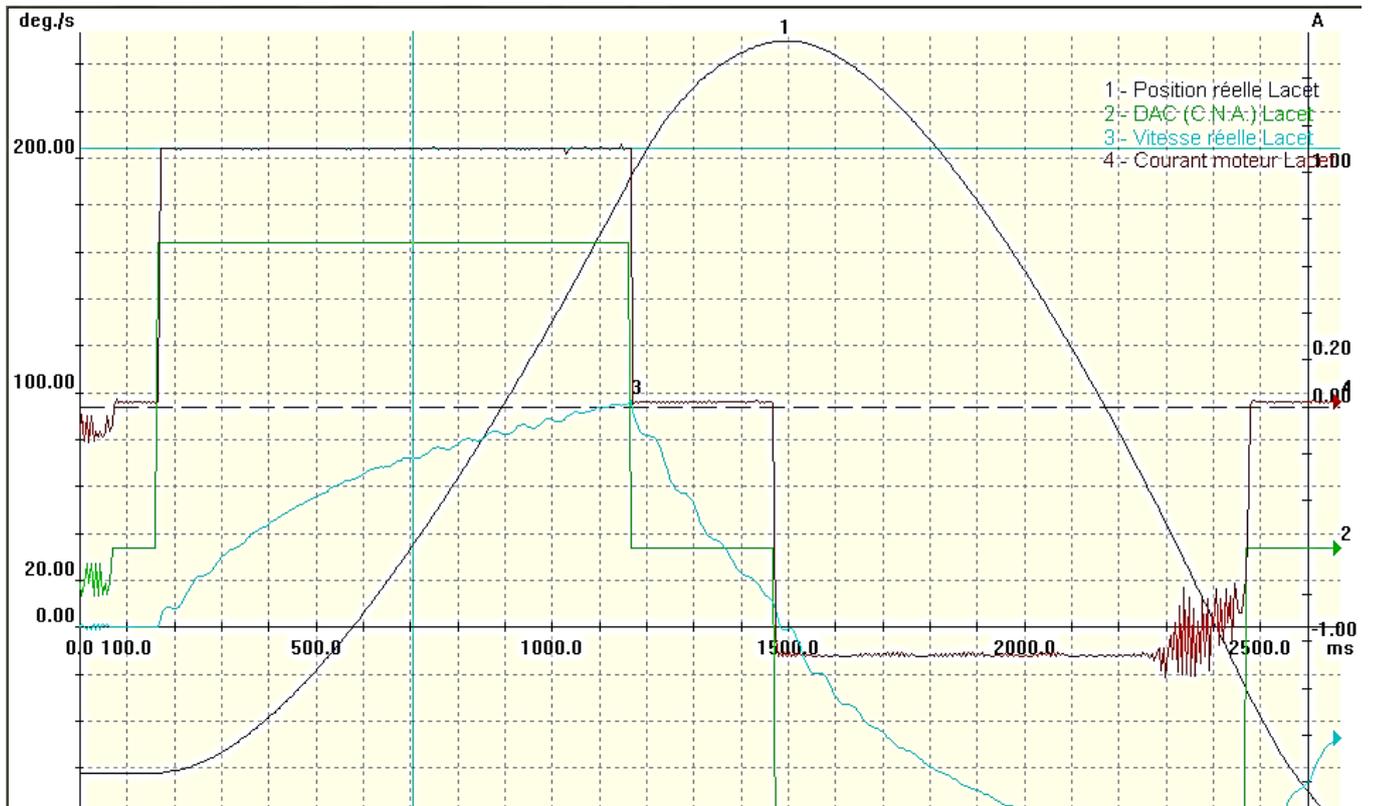
### DAC40% bras horizontal



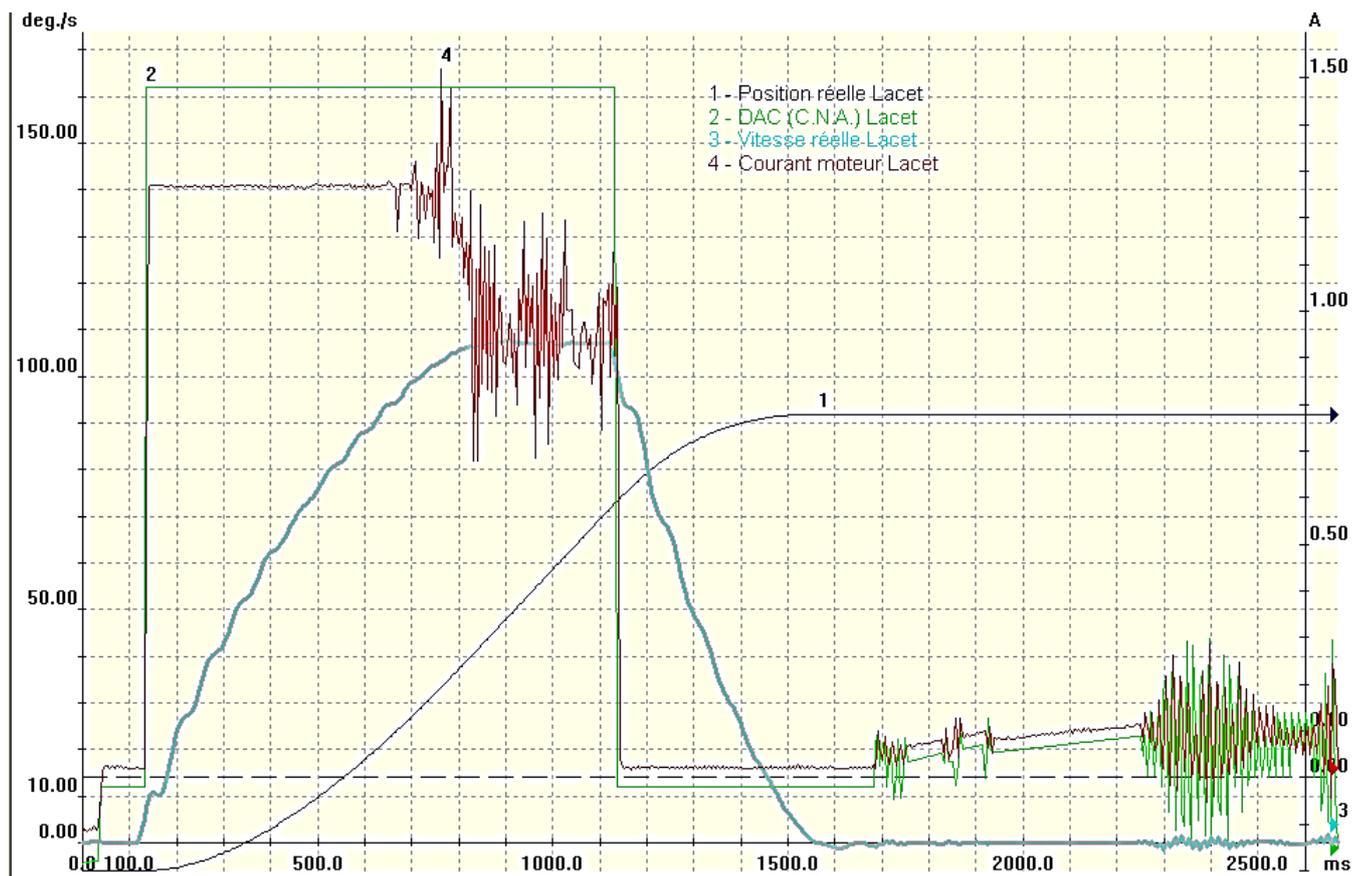
### DAC50% bras horizontal



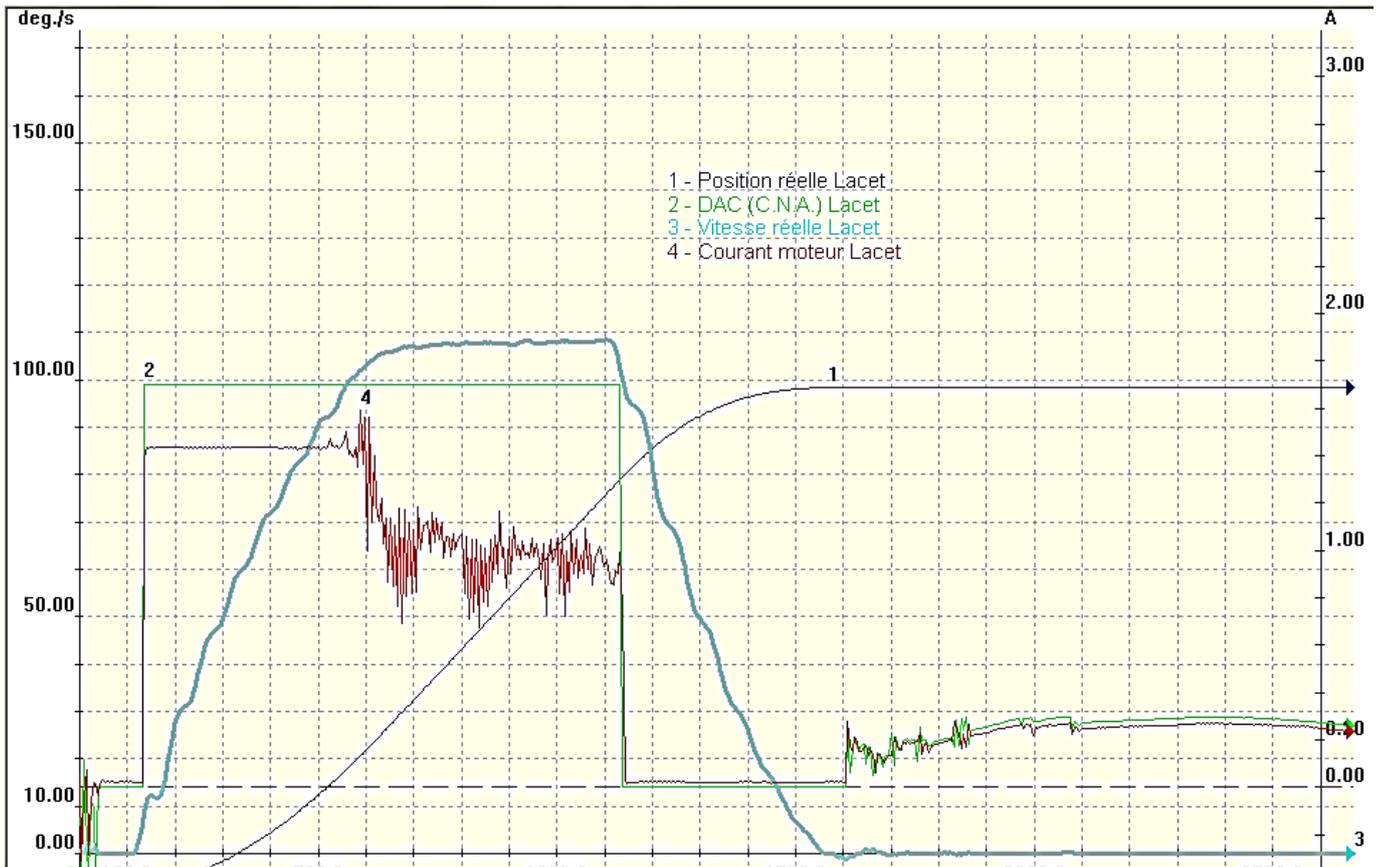
### %DAC = 65% - Bras déplié, horizontal



### DAC75% - Bras déplié, horizontal



### DAC85% - - Bras déplié, horizontal



### Dac90% - - Bras déplié, horizontal

