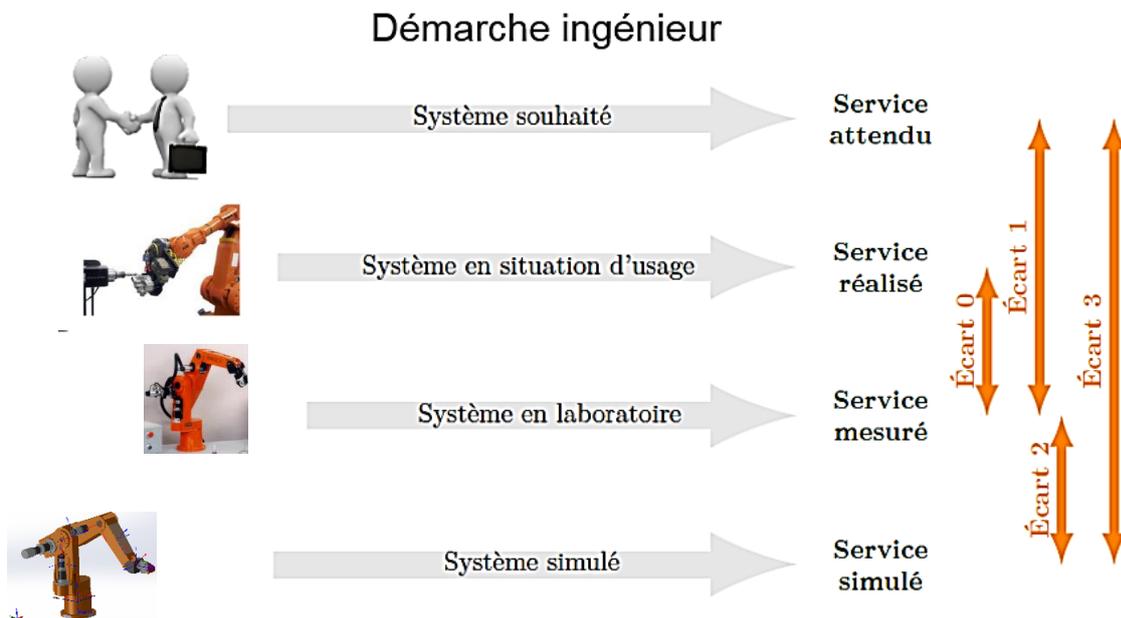


Robot anthropomorphe Ericc3 : performances statiques

Objectifs

Déterminer la charge maximale que le robot est capable de soulever dans la pince, compte tenu des capacités du moteur de l'épaule, et des pertes par frottement.

Déterminer le couple de frottement équivalent de l'ensemble mobile rapporté à l'arbre moteur.



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.

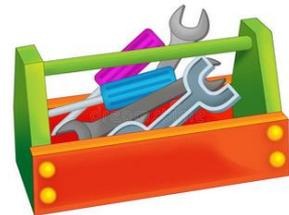
Préparation à faire chez soi avant la séance de TP

- lire tout le sujet
- partie **1** à faire (partie théorique). Devra être rendue avec le compte rendu de TP. Ne pourra pas être abordée pendant la séance de TP.
- revoir le cours de modélisation des actions mécaniques
- revoir la notion de bras de levier d'une force par rapport à un point
- revoir le calcul d'un moment par bras de levier
- revoir le théorème du moment statique (PFS sur les moments)
- 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
- Un document réponse



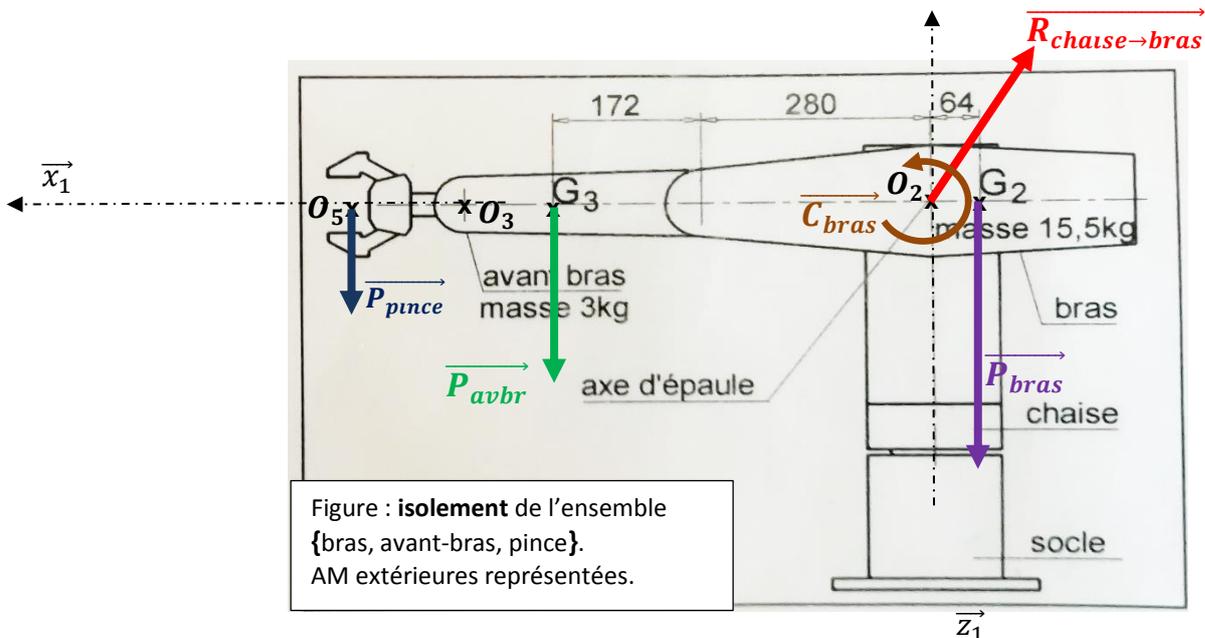
Vous devez rendre

- Copie personnelle soignée répondant à toutes les questions posées. Chaque question doit être **CLAIREMENT** séparé (sauter au moins deux lignes et tracer un trait horizontal). Les résultats finaux doivent être encadrés.
- Le document réponse soigneusement rempli.



PARTIE 1

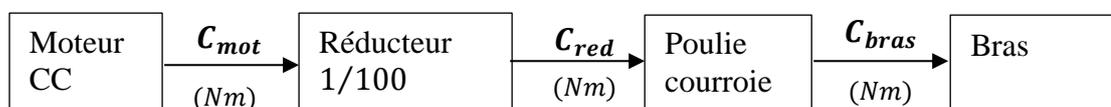
Cette partie ne nécessite pas de matériel. Elle a été préparée avant la séance de TP... chez soi. Elle ne pourra pas être abordée pendant la séance.



Etude statique proposée

L'étude statique, plane, sera effectuée dans la position bras et avant-bras horizontaux comme pratiqué précédemment. Notez bien sur figure précédente les centres de gravité G_2 et G_3 du bras 2 et avant-bras 3.

Il s'agit de mesurer le couple C_{mot} que le moteur d'épaule doit appliquer pour équilibrer le bras et avant-bras déployés à l'horizontale.



Le robot peut être non chargé ($\vec{P}_{pince} = \vec{0}$) donc sans prise d'objet dans sa pince : dans ce cas le couple moteur équilibre juste le poids propre des bras du robot.

Le robot peut être chargé ($\vec{P}_{pince} \neq \vec{0}$), avec prise d'objet dans sa pince : le couple moteur « lutte » contre le poids des bras et celui de l'objet pris dans la pince au point O_5 .

Hypothèse : le problème est plan de normale \vec{y}_1 .

- Question** : reproduire les modèles des actions mécaniques (forces et couple) sur le schéma du bras déplié du document réponse.

Question : compléter le graphe des liaisons en vue d'une étude de statique sur le document réponse.
- Question** : représenter les bras de levier d_{bras} , d_{avbr} , d_{pince} par rapport à O_2 .

Question : dans l'optique du choix du moteur CC commandant la rotation du bras 2, pourquoi se place-t-on dans la situation particulière bras et avant-bras à l'horizontale ?
- Question** : en appliquant le théorème du moment statique à l'ensemble isolé établir l'expression littérale du couple C_{bras} (Nm) en fonction des poids P_{bras} (N) et P_{avbr} (N).

Hypothèse : La pince ne portant pas d'objet, on a $P_{pince} = 0$.

PARTIE 2

Cette partie est réalisée au laboratoire de SI pendant la séance de TP.

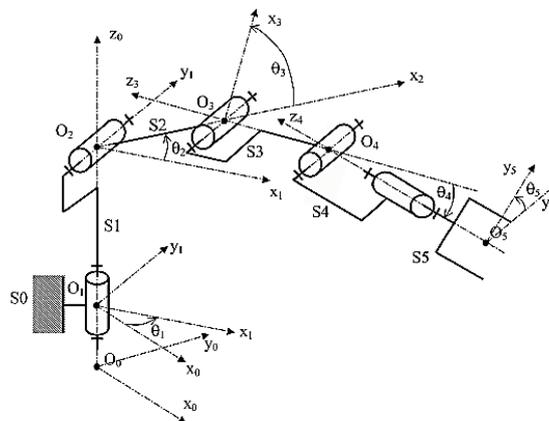
Mise en route du robot – Prises d'origine

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

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

- Question** : pourquoi la prise d'origine est-elle nécessaire ?

Aide : l'angle de chacun des 5 axes du robot est évalué avec un capteur de type codeur angulaire incrémental à fente (codeur « relatif »).



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 :

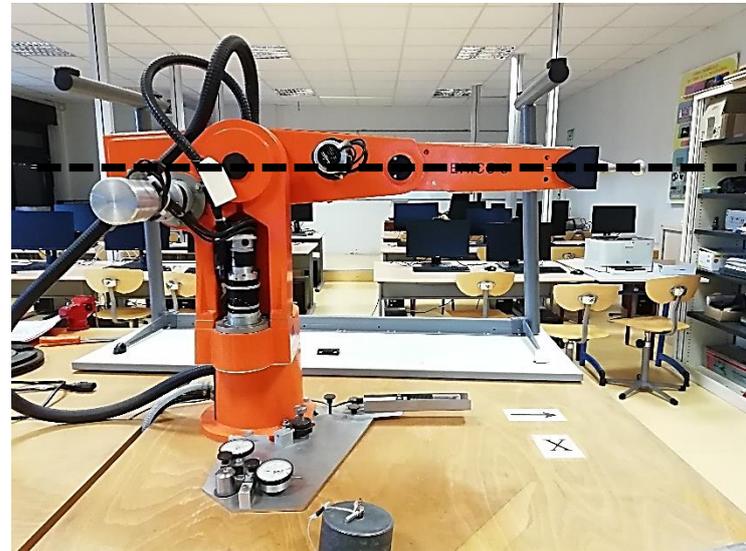
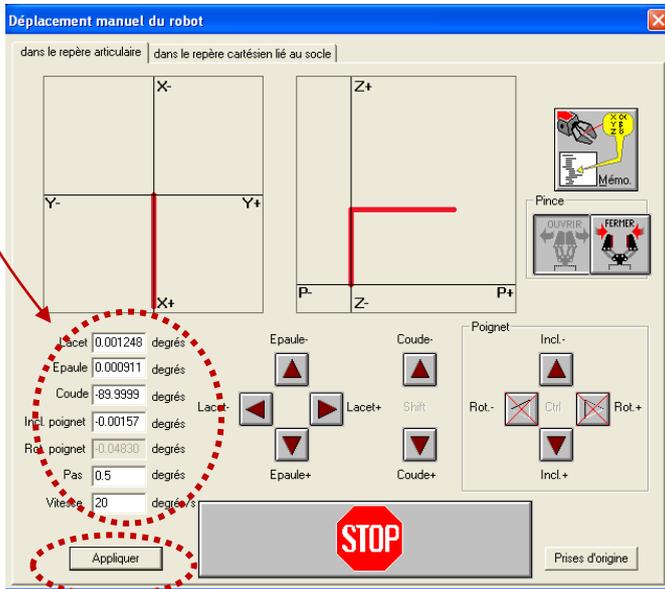
Lacet : $\theta_1 = 0^\circ$

Epaule : $\theta_2 = 0^\circ$

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

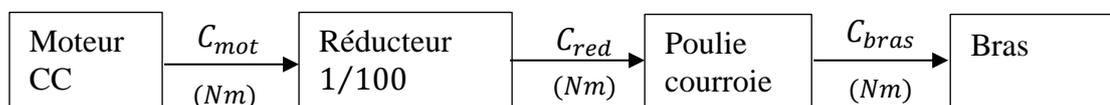
Poignet : $\theta_4 = 0^\circ$

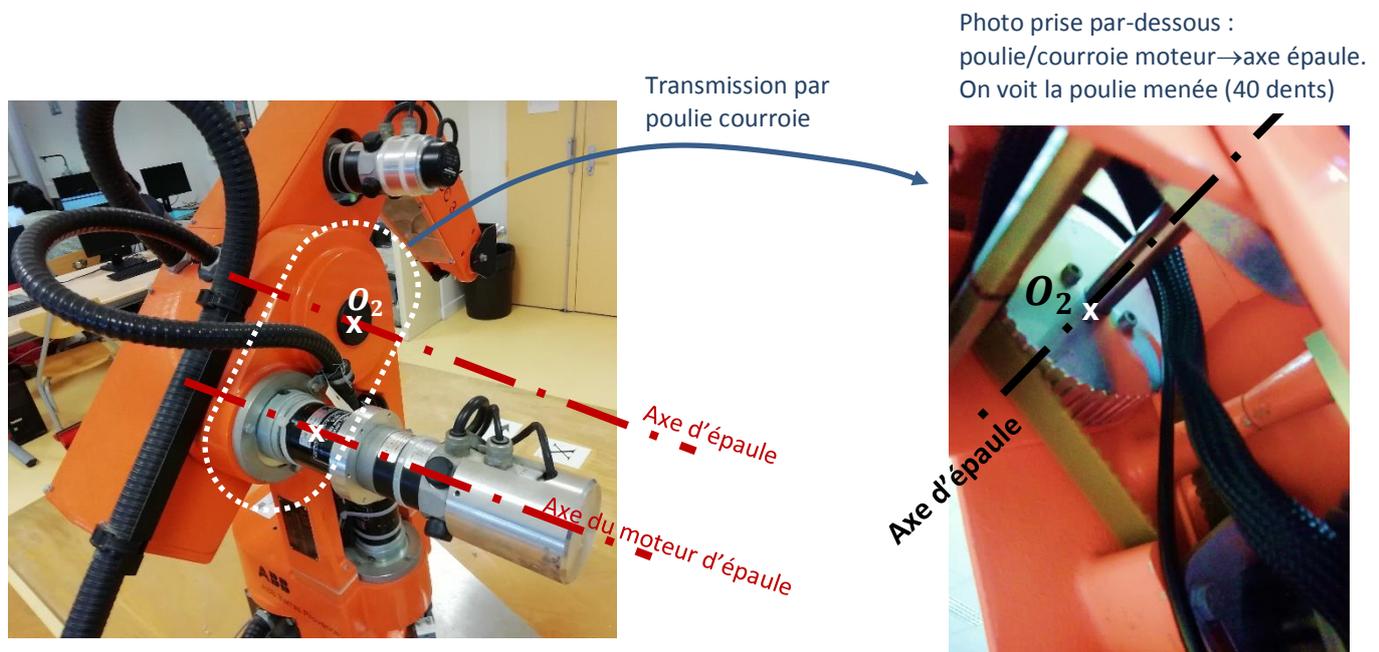
... valider par « **Appliquer** ».



Problématique de la réduction entre le rotor moteur et l'axe du bras

Le moteur n'entraîne pas directement le bras en O_2 . Il entraîne d'abord un réducteur à engrenages puis un système poulie courroie. A chaque étage de réduction le couple appliqué est donc modifié.





Le couple appliqué au bras au niveau de l'axe d'épaule s'écrit, en fonction du couple moteur, et sans tenir compte des frottements : $C_{bras} = C_{mot} \times \frac{1}{red}$

Où red est le rapport de réduction entre le bras et le rotor moteur : $red = \frac{\omega_{bras}}{\omega_{mot}}$.

La poulie menante fixée à l'arbre de sortie du **réducteur** comporte 12 dents, la poulie menée fixée au bras comporte 40 dents.

5. **Question** : Calculer le rapport de réduction red .

On évalue le couple que le moteur fournit par mesure indirecte de l'intensité absorbée. La loi linéaire et bien connue est rappelée : $C_{mot} = K_T \times I_{mot}$. La constante de couple K_T du servomoteur Parvex à courant continu est donnée dans la documentation constructeur en annexe.

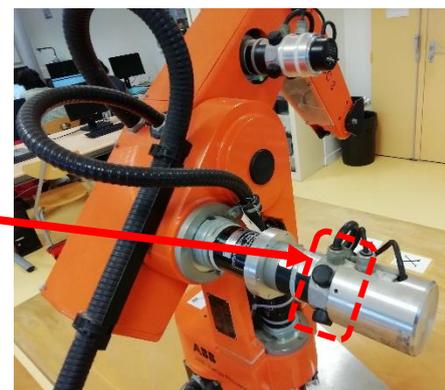
6. **Question** : Donner la valeur de K_T puis donner la relation entre C_{bras} et I_{mot} . (voir le dossier technique)

Mesure du couple C_{mot} : principe

Il n'est pas possible de mesurer en statique le couple moteur : en effet le moteur est équipé d'un frein automatique à manque de courant, qui bloque l'axe moteur dès qu'on ne le commande pas. C'est ce qui se passe en ce moment : le moteur n'est pas alimenté il n'exerce pas de couple ! Son rotor est juste bloqué par un frein : zone indiquée ci-contre.

On ne peut donc pas mesurer le couple par courant absorbé en statique car c'est le frein qui bloque et pas le moteur !

On va donc un peu « tricher » en imposant un mouvement de rotation à vitesse très lente à l'épaule autour de la position



horizontale $\theta_2 = 0^\circ$: de 0° à $+5^\circ$. Le moteur états alors alimenté en courant, on déduira le couple moteur C_{mot} exercé.

Vous me direz « mais alors on n'est plus en statique, le PFS ne peut plus s'appliquer ». Et bien si, nous sommes en statique car le mouvement est à vitesse angulaire constante et faible. On est en droit d'appliquer le théorème de moment à l'ensemble mobile. En outre comme l'angle reste très proche de 0° , les bras de levier sont quasiment inchangés donc les conditions « horizontales » sont conservées.

Manipulation : imposer un mouvement d'épaule programmé

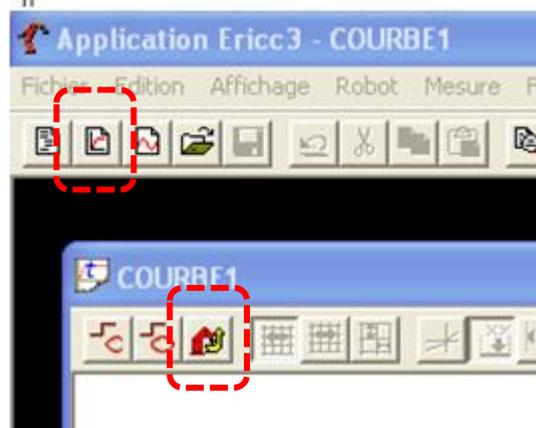
Le programme **STAT110.MPC** (programme n°110 pour la carte de commande Ericc) réalise un déplacement de l'ensemble (bras + avant-bras) de la façon suivante :

- Déplacement lent ($2^\circ/s$) du bras à partir de la position horizontale
- Amplitude de θ_2 de 0° à $+5^\circ$
- Retour en position initiale $\theta_2 = 0^\circ$

Pour utiliser ce code suivre le déroulement d'opérations simples ci-dessous.

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

Dans la fenêtre suivante, cliquer sur la 3^{ème} icône  « **enregistrement d'un déplacement programmé** ».



Dans la boîte de dialogue qui apparaît, sélectionner l'affichage des grandeurs :

- Position mesurée de l'épaule
- Courant moteur de l'épaule

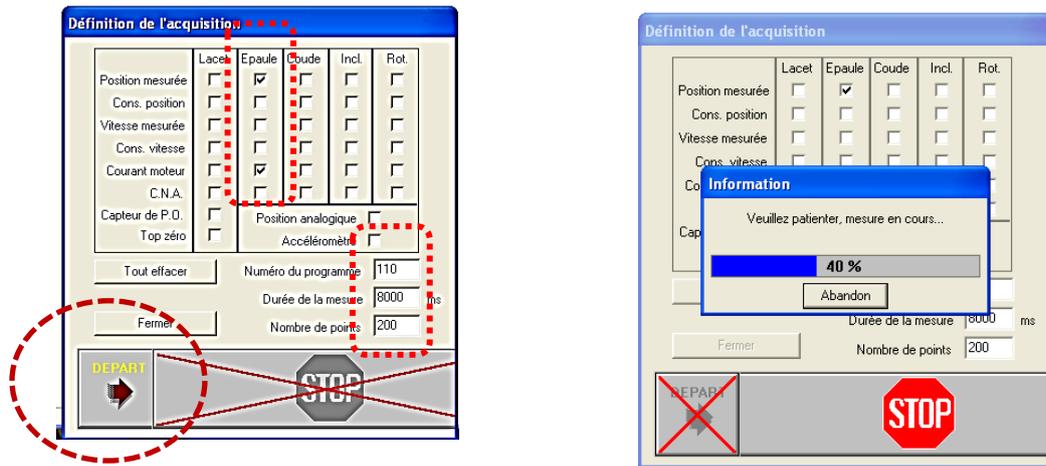
Entrer le n° du programme à utiliser : **110**

Donner la durée de mesure : **8000 ms**

Fixer le nombre de points : **200**

Lancer l'acquisition : **Départ / OK**.

Fermer alors la fenêtre ayant permis de définir l'acquisition.



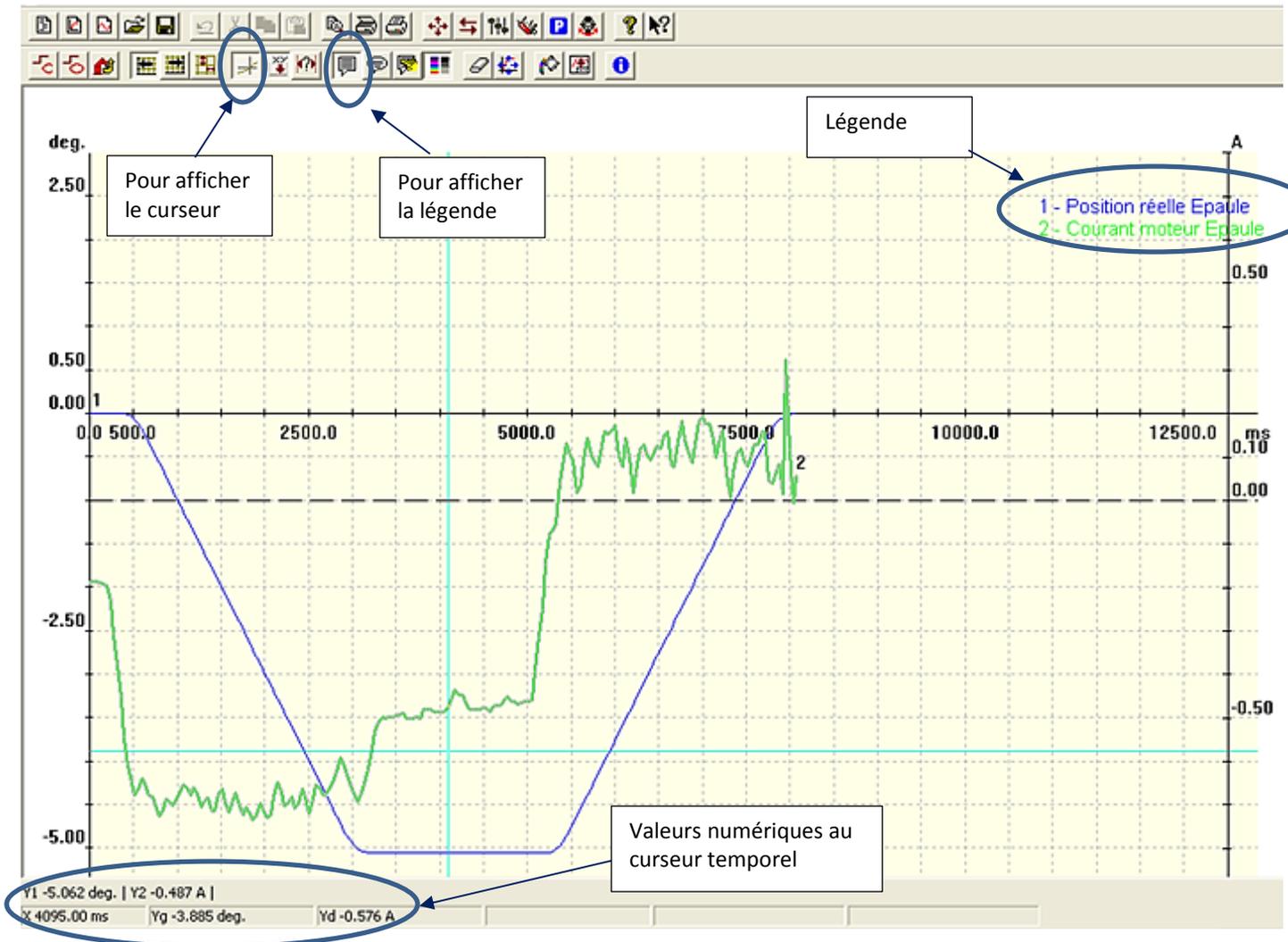
Apparition de la courbe : affichage (voit illustration légendée ci-après)

- 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)

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.



7. **Question :** conclure la manipulation en donnant la valeur numérique expérimentale de l'intensité moteur $I_{mot-exp}$ dans la **phase de mouvement, où celui-ci s'oppose** au poids et au frottement. Déduire le couple moteur $C_{mot-exp}$.

Calcul théorique du couple moteur nécessaire

On donne la relation issue du théorème du moment appliqué à l'ensemble {pince, bras, avant-bras}, selon l'axe (O_2, \vec{y}_1) :

$$C_{bras-th} = P_{bras} \cdot O_2 G_2 - P_{ab} \cdot O_2 G_3$$

8. **Question :**

- Déterminer la valeur numérique du couple théorique $C_{bras-th}$ appliqué au bras selon l'axe (O_2, \vec{y}_1) .
- Déduire la valeur C_{mot-th} ramené au rotor moteur.

9. **Question :** déterminer l'écart absolu entre valeurs théorique et expérimentale du couple moteur C_{mot} . Expliquer l'origine de cet écart.

Écart expérimentation-théorie et évaluation du couple de frottement

10. **Question :**

Déduire des conclusions précédentes le couple de frottement de la chaîne de puissance mécanique rapporté à l'arbre moteur C_{frmot} .

On va évaluer le couple de frottement en faisant une mesure dans la situation suivante : {bras, avant-bras, pince} à la verticale.

11. **Question :** pourquoi dans cette position, le couple moteur mesuré (via la mesure de l'intensité) sera-t-il directement le couple de frottement ?



Voici ci-dessous le code permettant d'animer l'ensemble {bras, avant-bras, pince} de 5° autour de l'axe vertical (-85° à -90°).

Le programme **STAT112.MPC** (programme n°110 pour la carte de commande Ericc) réalise un déplacement de l'ensemble (bras + avant-bras) de la façon suivante :

- Déplacement lent ($2^\circ/s$) du bras
- Amplitude de θ_2 de -85° à -90°
- Retour en position initiale $\theta_2 = -85^\circ$

12. **Question :** évaluer le couple de frottement par cette nouvelle méthode C_{frmot2} . Confronter cette valeur à la valeur C_{frmot} .

Prévision du couple moteur en situation pince chargée

Remettre le bras en position horizontale
Placer la masse cylindrique de 3 kg en bout de bras
Utiliser le code **STAT110** pour animer le bras à l'horizontale : mesurer le couple moteur et l'intensité.



13. **Question** : donner la valeur de l'intensité et du couple moteur mesuré pour soulever la masse de 3kg en bout de bras.
14. **Question** : calculer la valeur prévue théorique du couple moteur avec la masse de 3kg en tenant compte du couple de frottement déterminé précédemment.
15. **Question** : confronter les valeurs trouvées précédemment.

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.

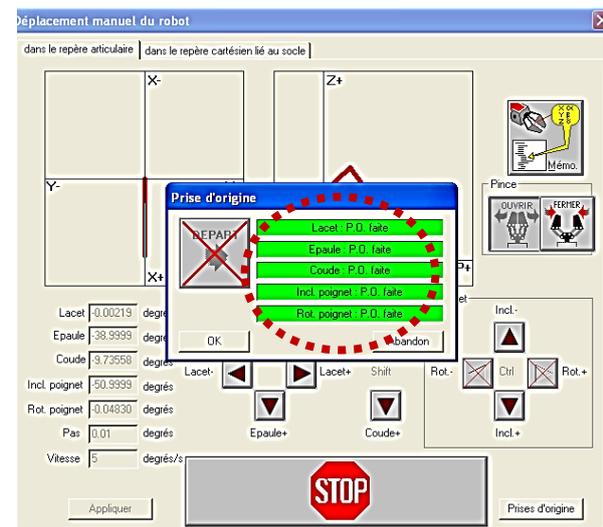
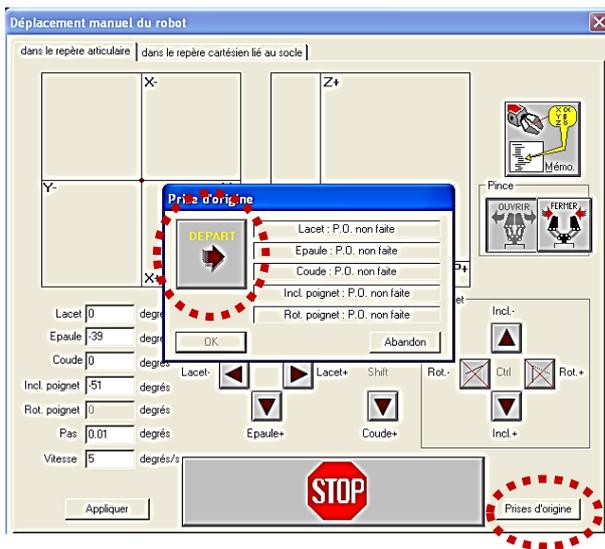
Déverrouiller l'arrêt d'urgence.

Appuyer sur le bouton marche vert en façade.



Ouvrir l'applicatif « 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>