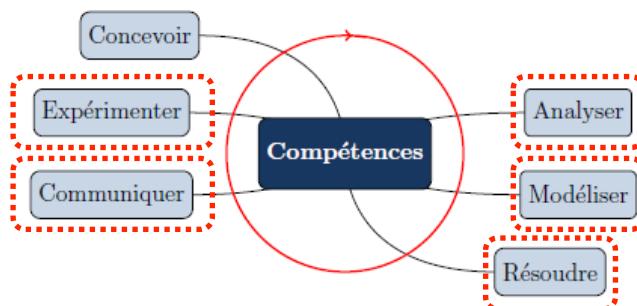


Problème technique :

Identifier les caractéristiques inertielles du système pour réaliser une modélisation du système

**Matériel utilisé :**

- Robot ERICC3.
- Logiciel de commande du robot
- Modèle SolidWorks du système

**Déroulement du TP :**

- Une première partie **d'analyse du système** permet de quantifier les performances attendues et d'identifier les composants constituant une chaîne fonctionnelle.
- Les parties II, III et IV concernent **l'étude expérimentale** permettant de mesurer les performances réelles du robot.
- Une troisième partie permet de **simuler** le fonctionnement du régulateur sur une **modélisation numérique**.
- Enfin il faudra veiller tout au long du TP à caractériser les écarts entre les performances réelles et simulées.

I. Analyse des composants de la chaîne fonctionnelle du robot Ericc 3**a. Présentation des différents composants**

Les données utiles au problème et issues du dossier technique sont données :

- rapport de transmission du réducteur "Harmonic-Drive" : $K_1 = 1 / 100$;
- rapport de transmission du réducteur poulie-courroie : $K_2 = 12 / 40$;
- coefficient de couple du moteur : $K_m = 0,048 \text{ Nm/A}$.

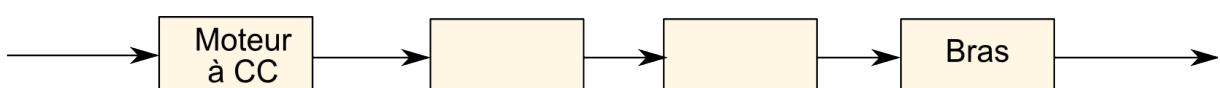
On rappelle que le couple moteur C_m est en relation avec l'intensité du moteur par la relation : $C_m = K_m \cdot I_m$.

- Intensité maximale admissible du courant parcourant le moteur en régime permanent est $I_{M\max} = 2,6 \text{ A}$.

b. Construction de la chaîne fonctionnelle

Question 1. Compléter la chaîne fonctionnelle décrivant la chaîne cinématique «axe de l'épaule» (figure 1).

Question 2. Compléter la chaîne fonctionnelle ci-dessous entre le moteur et le bras.



Nota : Vous pourrez détailler le bloc transmettre en plusieurs sous-blocs.

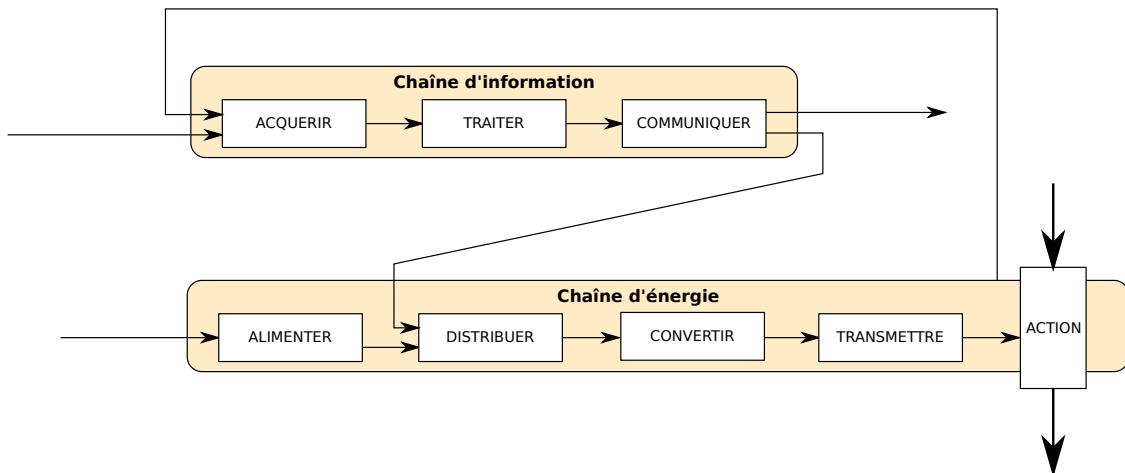


Figure 1 Chaine fonctionnelle "axe de l'épaule"

II. Analyse expérimentale du système

a. Objectif de l'expérimentation

Il s'agit de rechercher expérimentalement les résistances passives dans l'ensemble des liaisons pivots et le moment d'inertie du robot autour de l'axe vertical de la pivot chaise/socle.

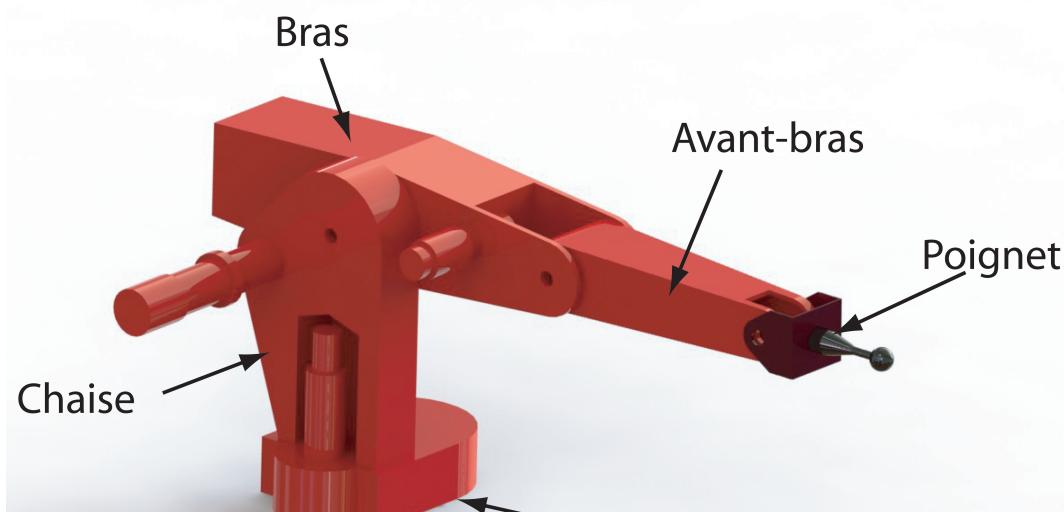
On montre par une étude dynamique la relation : $C_m - C_r - f\omega = J_{oz} \cdot (d\omega/dt)$

ω	vitesse angulaire du moteur de lacet
C_r	couple de frottement « sec » (constant)
C_m	Couple du moteur de lacet
f	coefficient de frottement visqueux (fonction de ω)
J_{oz}	moment d'inertie équivalent du robot (bras+avant-bras+poignet+pince) par rapport à l'axe de rotation du moteur de lacet Oz_0
α	rapport de réduction de système poulie-courroie (12/40)
β	rapport du réducteur « harmonic-drive » (1/100)

Il s'agit de relever l'intensité du courant moteur pour garantir l'équilibre du robot.

L'étude statique sera réalisée dans la position la plus défavorable du robot :

Bras et avant bras alignés



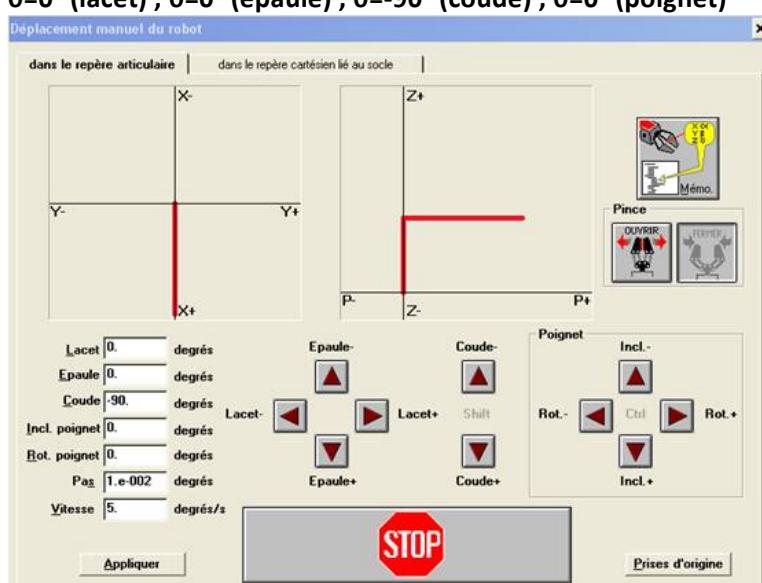
b. Données nécessaires à l'expérimentation

- Le programme de pilotage du robot sera chargé dans la mémoire de l'ordinateur au moment de la réalisation de la mesure.
- Ce programme peut être visualisé à l'aide du logiciel de pilotage du robot : *Fichier-ouvrir-rechercher alors le programme « 452.pmc » placé dans le dossier : C:\ericc3\program.*
- *la posture initiale du robot est telle que :*
 $\theta_2=0^\circ$ (**épaule**) ; $\theta_3=-90^\circ$ (**coude**) ; $\theta_4=0^\circ$ (**poignet**)

c. Manipulations

Mise en marche du robot et du logiciel de commande :

Dans le tableau suivant sont rappelées les différentes étapes qui permettent d'utiliser le robot :

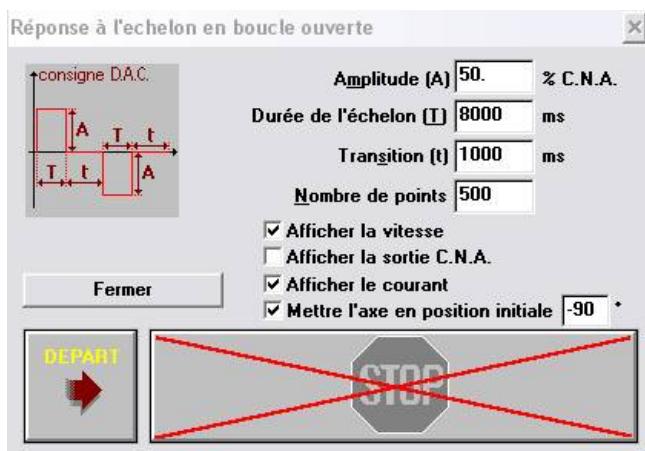
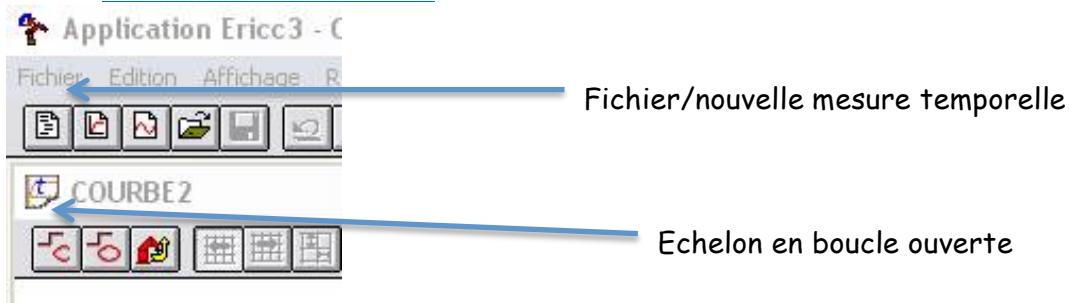
Lancement du logiciel	1	<p>Lancer l'application Erric3 par un double clic sur l'icône du bureau Remarque : soyez très patient avec le logiciel. Le temps de réponse est extrêmement alors ne cliquez pas frénétiquement.</p> 
Prise d'origine	2	<p>Ecartez vous du champ d'action du robot Effectuer la prise d'origine : Robot /Déplacement manuel /OK /Prise d'origine/ Départ /Ok.</p>
Robot en position initiale	3	<ul style="list-style-type: none"> • Placer le robot dans la position initiale de l'étude : $\theta=0^\circ$ (lacet) ; $\theta=0^\circ$ (épaule) ; $\theta=-90^\circ$ (coude) ; $\theta=0^\circ$ (poignet)  <ul style="list-style-type: none"> • Valider successivement chaque angle par Appliquer • Fermer la fenêtre

III. Détermination expérimentale de Cr et f par des essais en BO

a. Objectif de cette partie

La réponse à un échelon en boucle ouverte permet de déterminer Cr et f. Le plus simple est donc de piloter le robot en BO et d'enregistrer les courbes de vitesse w et d'intensité du courant moteur i, en réponse à un échelon de position. La consigne de l'échelon n'est pas un angle mais un pourcentage de la tension maximale possible alimentant la carte DAC du moteur de lacet.

b. Mesures en boucle ouverte



acquisition vitesse /courant amplitude 50%

DAC (100% = 10 V)

durée T= 8000 ms

transition t = 100 ms

nombre de points 500

Question 3. Afficher les échelles adéquates des abscisses et des ordonnées de manière à avoir

- l'aller du mouvement seulement
- l'axe de la vitesse à gauche
- l'axe de l'intensité à droite.

Question 4. Identifier les 3 courbes visibles. Justifier les allures relatives des courbes de vitesse et de position.

Question 5. Pour l'aller du mouvement, cliquer sur « curseur » , « information » et « légende » (les coordonnées se lisent au bas de l'écran)

Page : 5 Cycle 3 : Performances dynamiques des systèmes PSI TP 4
Ericc 3

- relever la valeur du courant moteur
 - lisser la courbe de vitesse (cliquez droit la courbe, bouton droit souris / filtre)
 - relever la valeur de la vitesse en positionnant "à l'œil" le pointeur.

c. Evaluation de Cr et f

L'exploitation du seul enregistrement réalisé précédemment ne permet pas la détermination des 2 caractéristiques cherchées. Il faut, en fait, réaliser plusieurs relevés pour différentes amplitudes d'échelon. (dans le but de gagner du temps, cette série d'enregistrements a été réalisée :

Question 7. Ouvrir le fichier « vitesse.mes » (DAC de 40% à 90% incrément de 10% et courbes de vitesse lacet) et « intensite.mes » du dossier transfert. (DAC de 40% à 90% incrément de 10% et courbes de courant moteur). Mesurer sur les courbes et noter les valeurs de i et w lacet. On donne $C_m = K_T i$ avec $K_T = 0.043 \text{ Nm/A}$

Question 8. Identifier les 3 courbes visibles. Justifier les allures relatives des courbes de vitesse et de position.

Question 9. Compléter le tableau_BO (6 valeurs de DAC : 40% à 90% - incrément de 10%) situé sur le dossier transfert. Demander le tracer de la courbe $CM=f(w)$ et calculer les paramètres désirés.

Question 10. Identifier les 3 courbes visibles. Justifier les allures relatives des courbes de vitesse et de position.

Question 11. Justifier le fait d'avoir pris en compte des frottements visqueux (couple résistant proportionnel à la vitesse) et non pas seulement un couple résistant constant (indépendant de la vitesse).

IV. Analyse expérimentale en boucle fermée

a. Objectif de cette partie

L'étude faite à partir d'un échelon de position en **BO** semble intéressante pour l'étude du régime établi et la détermination de **Cr** et **f**. Par contre la détermination de **I_{0z}** à l'aide de la tangente à l'origine de l'échelon est imprécise.

L'idée consiste à imposer une accélération constante, qui sera donc connue, avant d'atteindre le palier et pendant un temps suffisamment long. Pour cela il est nécessaire d'asservir le robot en vitesse et donc de fonctionner en BF. Le programme pour la réalisation de ce trapèze de vitesses est fourni.

b. Mise en œuvre expérimentale : acquisition en boucle fermée

Le programme n°452 est donné ci-dessous :

CLOSE
DELETE GATHER
OPEN PROG 452 CLEAR
TSO
TA100
E12

G0B1G0X750Y0Z512
DWELL50
G0B1G0X520Y520Z5

RETURN

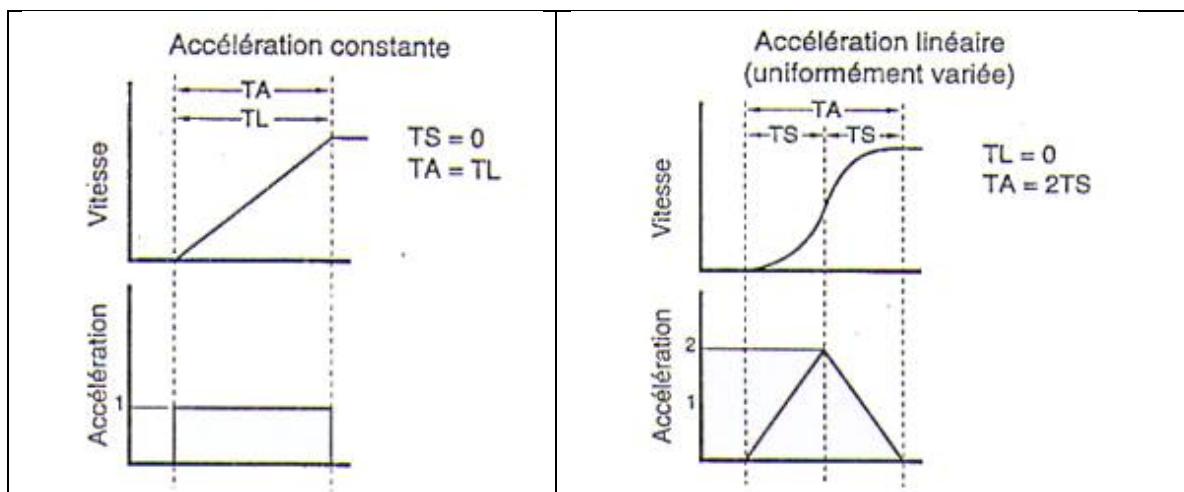
CLOSE

;

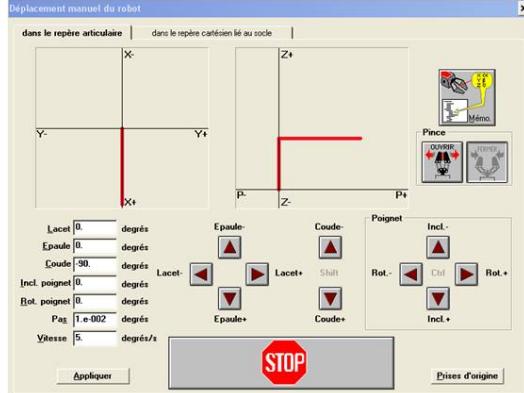
Le langage utilisé par la carte dispose d'instructions dont la syntaxe ressemble au BASIC.

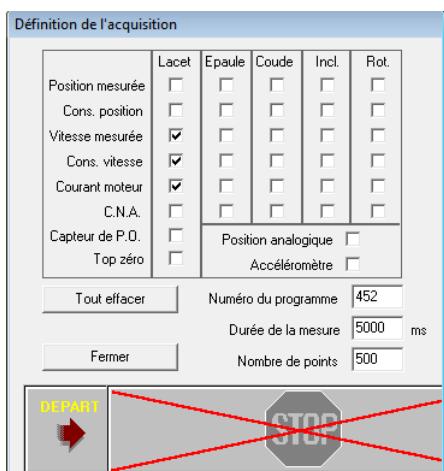
Les instructions de déplacement du robot sont dérivées des codes ISO. Ces instructions sont :

- G0: déplacement à un point sans interpolation,
- La vitesse d'un déplacement est fixée par la commande F suivi de la vitesse en rad/s.
- La forme la plus simple de commande de trajectoire est le déplacement linéaire fondu (mode LINEAR). Elle spécifie le temps de crête (vitesse d'avance) ou le temps du déplacement, le temps d'accélération (TA), la partie du temps d'accélération écoulé dans l'accélération en « courbe S » « TS » et la partie d'accélération qui est linéaire « TL ».



Question 12. Représenter la consigne en trapèze de vitesse en fonction du temps. Vous y porterez les différentes caractéristiques.

Robot en position initiale	1	<ul style="list-style-type: none"> Placer le robot dans la position initiale de l'étude : $\theta=0^\circ$ (lacet) ; $\theta=0^\circ$ (épaule) ; $\theta=-90^\circ$ (coude) ; $\theta=0^\circ$ (poignet)  <ul style="list-style-type: none"> Valider successivement chaque angle par Appliquer Fermer la fenêtre
Acquisition	2	<ul style="list-style-type: none"> Dans la barre d'icônes sélectionner la 2ème icône : "nouvelle mesure temporelle"  Dans la fenêtre suivante, cliquer sur la 3ème icône : "enregistrement d'un déplacement programmé";

		<p></p> <ul style="list-style-type: none"> Dans la boîte de dialogue qui apparaît, sélectionner l'affichage des grandeurs :  <ul style="list-style-type: none"> Position mesurée de l'épaule ; Courant moteur de l'épaule ; N°du programme à utiliser : 452 ; Durée de la mesure : 5 000 ms ; Nombre de points : 500 ;
	3	Lancer l'acquisition par : Départ ; OK.
Tracé de la courbe	4	<p>La courbe s'affiche et sur la courbe obtenue :</p> <ul style="list-style-type: none"> Vérifier l'affichage en ordonnée de : <ul style="list-style-type: none"> l'intensité du courant moteur épaule sur l'échelle de droite la vitesse mesurée lacet sur l'échelle de gauche.  
Trace de la courbe	5	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en place une grille s'appuyant sur l'ordonnée de droite (courant) ; Numéroter les courbes et positionner la légende ; Effectuer un lissage de la courbe d'intensité (pour cela, cliquer gauche sur la courbe pour la mettre en gras ; cliquer droit et cocher "filtre"); imprimer les courbes.   

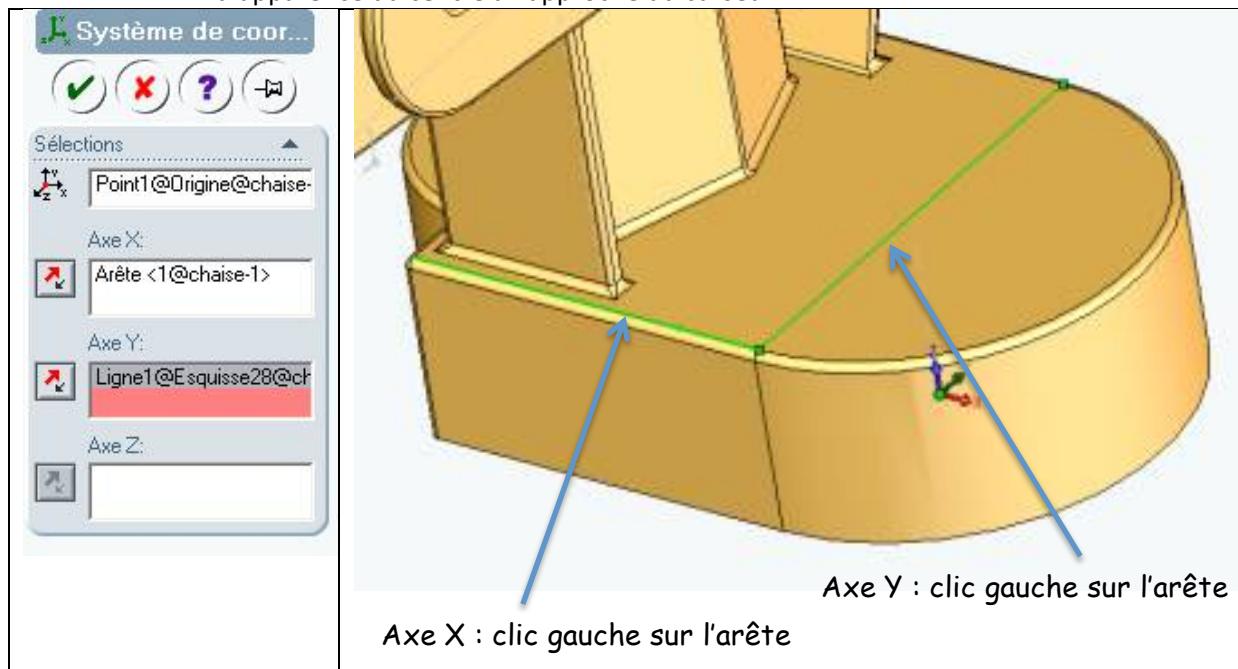
Question 13. Rendre visible les courbes consigne de vitesse/vitesse/courant du lacet.

Adapter les échelles pour une vision maximale de la rampe montante du trapèze de vitesse.

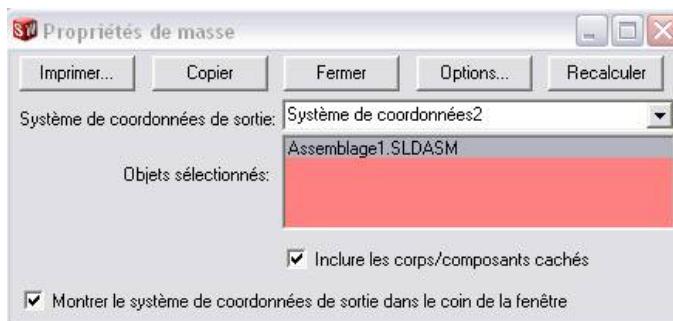
Question 14. Calculer la courbe d'accélération pour la rampe de vitesse réelle. Déterminer "à l'œil" au moyen du curseur la valeur moyenne de l'accélération.

V. Utilisation d'un modèle numérique pour déterminer les caractéristiques inertielles du système

- Copier à partir du dossier transfert, le modèle du robot simplifié et l'ouvrir avec le logiciel SOLIDWORKS.
- Ce document défini d'une manière très simplifiée la structure du robot.
- Déterminer par l'utilisation du logiciel le moment d'inertie J_{OZ} du robot par rapport à l'axe de rotation de la chaise.
 - Clic gauche : insertion
 - Clic gauche : système de coordonnée
 - Clic gauche sur l'origine du système d'axes visibles sur la chaise (modification d'apparence du centre à l'approche du curseur)



- Clic gauche sur Outils, évaluer ;
- Clic gauche sur propriété de masse et choisir le nouveau système de coordonnées défini



- visualiser les informations affichées
- noter le moment d'inertie de ce sous-ensemble par rapport à l'axe Z

Moments d'inertie: (grammes * millimètres carrés)		
Pris au système de coordonnées de sortie.		
$I_{xx} = 7145578942.07$	$I_{xy} = -164421064.73$	$I_{xz} = -1326370754.09$
$I_{yx} = -164421064.73$	$I_{yy} = 6432227030.22$	$I_{yz} = -564009335.36$
$I_{zx} = -1326370754.09$	$I_{zy} = -564009335.36$	$I_{zz} = 2423455142.74$

Question 15. Déterminer par calcul le moment d'inertie J_{oz} du robot ramené sur l'axe du moteur de lacet.

- Les moments d'inertie de l'axe moteur, codeur et réducteur seront négligés.

Ericc 3

- On montre que le moment d'inertie J_{00z0} du robot par rapport à l'axe de rotation de lacet (mouvement de la chaise / socle) est : $J_{oz} = (\alpha \cdot \beta)^2 J_{00z0}$

α	rapport de réduction de système poulie-courroie (12/40)
β	rapport du réducteur « harmonic-drive » (1/100)

Question 16. Conclusion sur la valeur obtenue.

Question 17. Modifier le modèle pour tester différentes configurations du robot (bras plus ou moins tendu) et identifier les différentes valeurs du moment d'inertie.