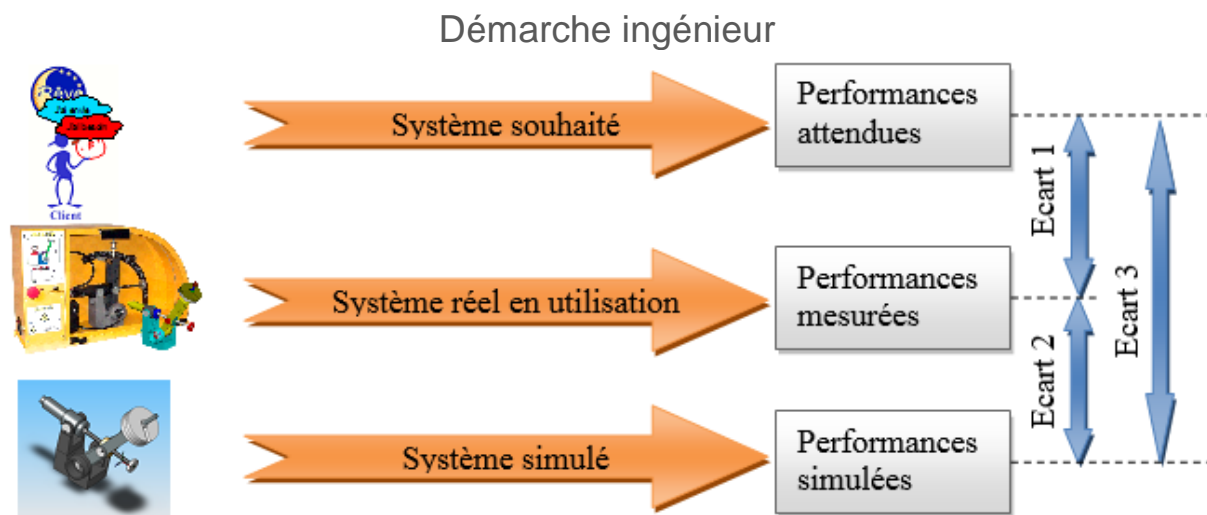


## Bras de robot Maxpid : loi entrée sortie

### Objectifs

Déterminer la loi entrée-sortie du Bras de robot Maxpid

- expérimentalement par mesures sur le mécanisme réel
- par simulation sur Solidworks/Méca3D
- par le calcul avec la théorie de la cinématique du solide indéformable (loi es fournie)
- confrontation/comparaison des trois résultats



Objectif de la démarche ingénieur : minimiser les écarts

### AVERTISSEMENT

**VOUS DEVEZ DEPLACER TOUT DOCUMENT NUMERIQUE MODIFIABLE DANS UN DOSSIER PERSONNEL AVANT OUVERTURE ET MODIFICATION : TABLEAU DE CALCUL, MODELE SW-M3D, MODELE SCILAB, CODE PYTHON...**

## Préparation à faire chez soi avant la séance de TP

- Lire le sujet
- Faire la partie 1 sur feuille : partie préliminaire théorique

Revoir les notions suivantes

- Loi entrée sortie géométrique
- Méthode pour déterminer une loi es géométrique théorique (faite en TD et en DM)
- Lecture d'un schéma cinématique, compréhension des liaisons



## Vous disposez

- Du sujet
- Deux fichiers tableau numérique type Excel



## Vous devez rendre

- Rédaction sur cahier de TP pendant la séance



### 1<sup>ère</sup> PARTIE : PRELIMINAIRE THEORIQUE – sur copie double

**Cette partie se fait individuellement. Elle a été préparée avant la séance de TP... chez vous. Elle ne peut pas être abordée pendant la séance de TP au labo.**

**La feuille sera agrafée dans votre cahier de TP pendant la séance.**

- Pour un mécanisme donné : qu'est-ce qu'une loi entrée sortie géométrique ?
- Rappelez la méthode générale pour déterminer la loi es géométrique d'un mécanisme.
- Reportez-vous aux TD : *modélisation et géométrie des mécanismes*. Exercice sur la loi entrée sortie bras maxpid. Faire les questions 1 et 2.

La loi finale est donnée :  $\theta_{bras} = \arccos\left(\frac{[p^* \cdot (\theta_{mot} - \theta_0)]^2 - a^2 - b^2 - c^2}{2c\sqrt{a^2 + b^2}}\right) - \arctan\frac{b}{a}$ .

Avec  $p^* = \overset{m/rad}{pas\text{ réduit}} = \frac{\overset{m/tr}{pas\text{ de la liaison hélicoïdale}}}{2\pi} = \frac{p}{2\pi}$

- Vérifiez l'homogénéité dimensionnelle de cette relation.
- La qualifiez-vous de linéaire ou non linéaire ? Pour quelle raison ?

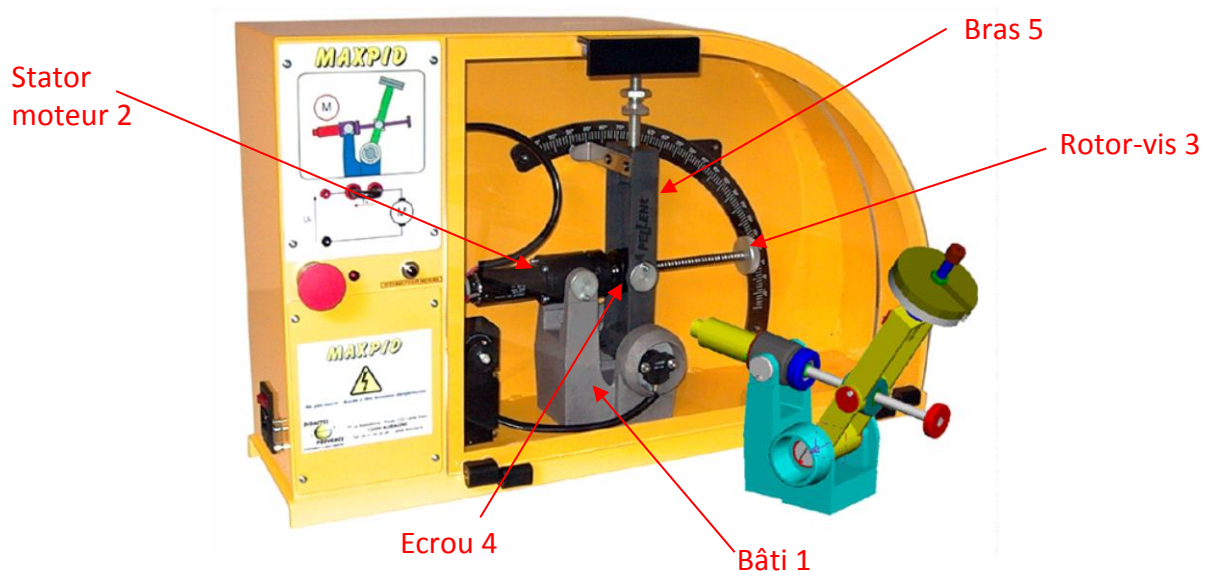
## 2<sup>ème</sup> PARTIE : SEANCE AU LABO DE SII – 2 heures

### 1. INTRODUCTION

Le bras de robot Maxpid est la maquette d'un mécanisme animant divers systèmes grand public ou industriels : robot de cueillette agricole, pilote automatique de voilier sur barre franche (voir dans le labo)...

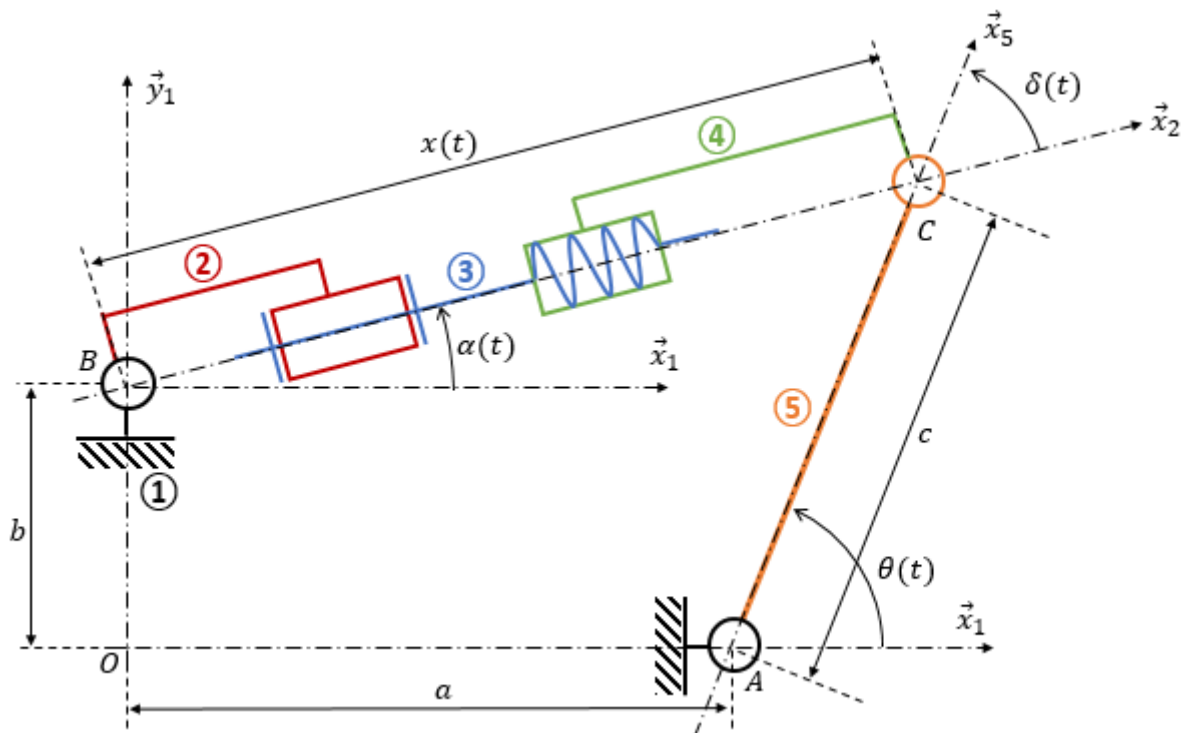


C'est un système électromécanique asservi. Il est didactisé pour l'étude en laboratoire (capteur particulier, protection, applicatif sur PC pour pilotage...).



Le mécanisme permet d'asservir la position angulaire d'un bras (auquel on peut attacher des masses différentes). Ce bras est mis en mouvement par l'intermédiaire d'une vis entraînée par un moteur. Un capteur potentiométrique permet de mesurer la position angulaire du bras par rapport au châssis. Une génératrice tachymétrique permet de mesurer la vitesse angulaire de l'arbre moteur.

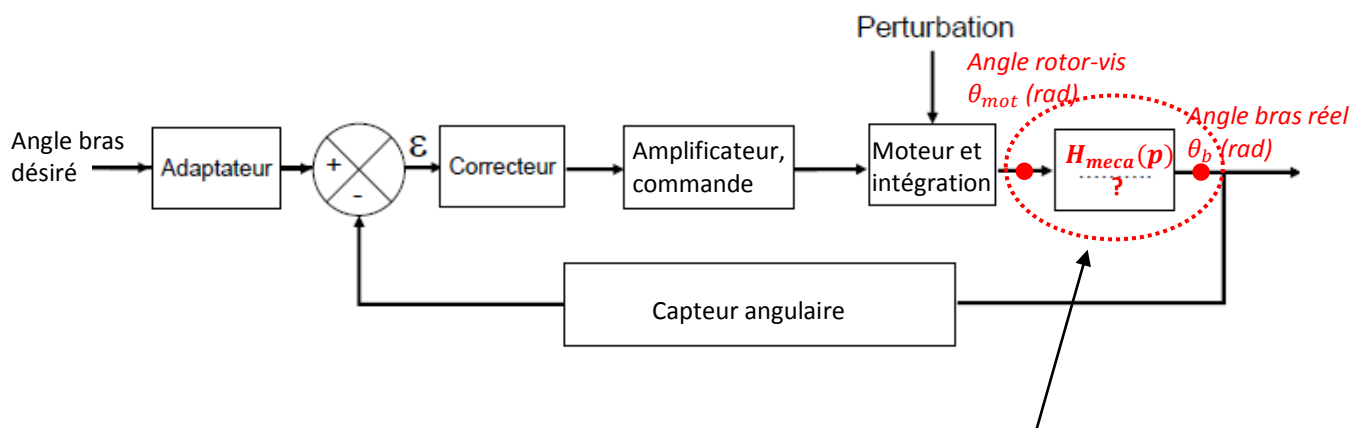
Le modèle cinématique est donné ci-dessous. Le nom des solides correspond à la légende de la photo ci-dessus.



$$\begin{aligned} \overrightarrow{OA} &= a\vec{x}_1, \quad a = 70\text{mm} \quad ; \quad \overrightarrow{OB} = b\vec{y}_1, \quad b = 80\text{mm} \quad ; \quad \overrightarrow{AC} = c\vec{x}_5, \quad c = 80\text{mm} \\ \overrightarrow{BC} &= x(t).\vec{x}_2 \\ p &= 4\text{mm/tr} = \text{pas de la liaison hélicoïdale} \end{aligned}$$

## 2. POSITION DU PROBLEME

La structure du système asservi en position Maxpid est classique.



**Problématique du TP : déterminer la fonction de transfert mécanique**

$$H_{meca}(p) = \frac{\text{angle du bras}}{\text{angle du rotor moteur}} = \frac{\theta_b(p)}{\theta_{mot}(p)}$$



### 3. PREMIERE MANIPULATION - QUESTIONS PRELIMINAIRES (15 min)

#### Objectif

S'approprier le système par une manipulation et une mesure simple, et une réflexion sur les capteurs.

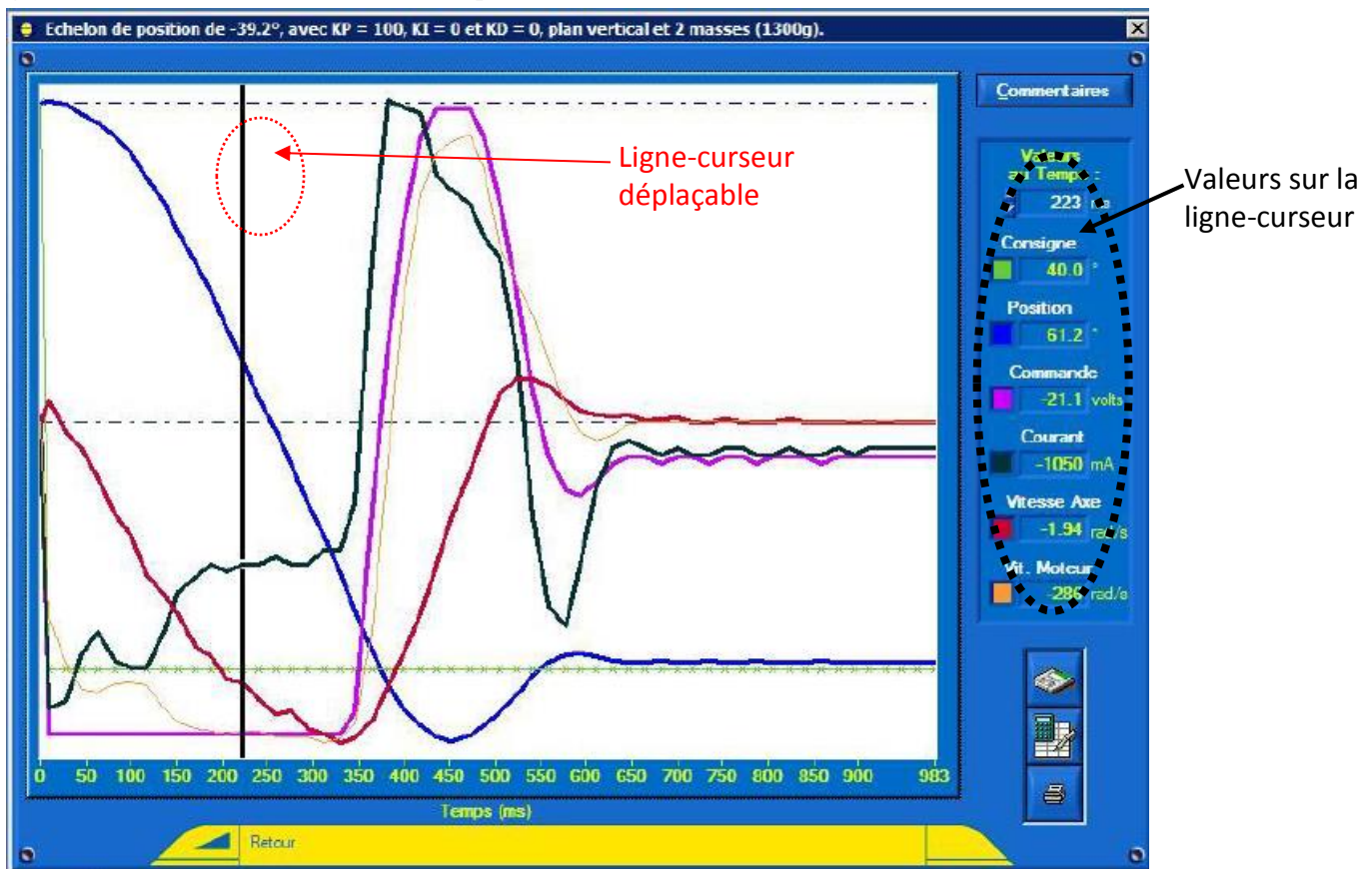
- Posez Maxpid en position verticale sur la table.
- Appropriiez-vous le mécanisme : hors tension, ouvrez le capot de protection, et tourner la vis à la main. Observez le mouvement des pièces et la transmission de mouvement. Refermez le capot de protection.
- Mettez Maxpid sous tension : interrupteur à gauche. Ouvrez l'applicatif de pilotage sur PC.
- Vérifier que l'arrêt d'urgence n'est pas enclenché,
- Lancer le logiciel de pilotage du Maxpid sur le PC,
- Cliquer sur « continuer », puis sur « Travailler avec Maxpid », puis sur « Réponse à une sollicitation », vous arrivez alors sur la fenêtre ci-dessous :



- En cliquant sur PID, vous pouvez choisir le type de correcteur (P, PD, PI, PID, I, ...) et régler les gains. Régler  $K_{proportionnel} = K_p = 60$ , les gains  $K_i$ ,  $K_d$  à zéro.
- Après avoir réglé l'amplitude déplacement, pour une consigne désirée de 70°, cliquer sur : « Echelon de position » pour faire un essai indiciel.

Vous obtenez les courbes suivantes selon les grandeurs que vous avez choisies d'observer.

Vous disposez d'une ligne-curseur déplaçable pour connaître la valeur des grandeurs affichées à l'instant que vous souhaitez.

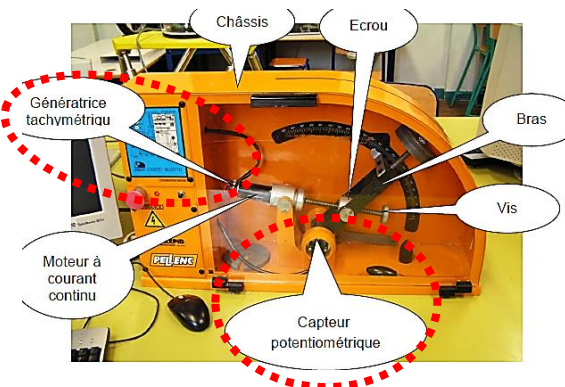


### Question 1. Préliminaire.

Rappelez la valeur de la consigne angulaire  $\theta_{cons}$  que vous avez saisie et donnez la valeur angulaire finale atteinte  $\theta_{fin}$  grâce à la visualisation des courbes et l'utilisation du curseur. Déduire l'erreur statique de position  $\varepsilon_s$ .

Parmi les deux capteurs installés sur Maxpid, un capteur existe sur le système réel, et l'autre n'est là que pour les mesures de laboratoire (capteur « didactique »).

Quel est le capteur « réel », quel est le « didactique » ?

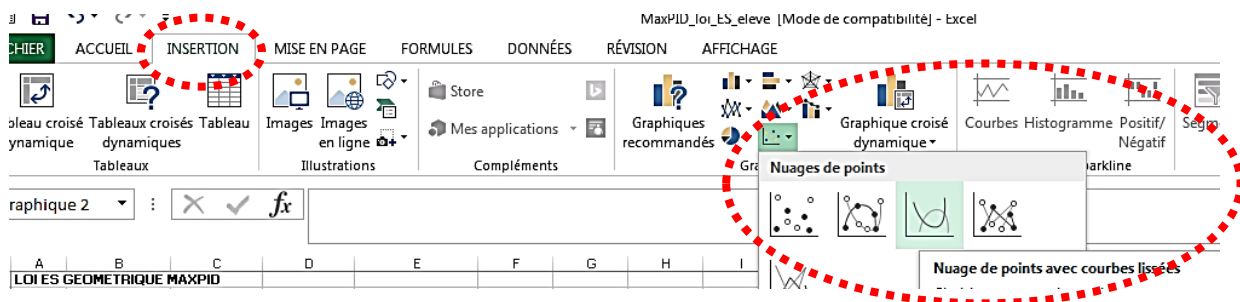


## 4. LOI ENTREE SORTIE GEOMETRIQUE EXPERIMENTALE (20 min)

### Objectif

Déterminer la loi entrée-sortie géométrique grâce à une manipulation directe et manuelle sur le mécanisme.

- Placez Maxpid en position horizontale sur la table.
- Sur l'appliquatif PC : revenez à la fenêtre « Travailler avec Maxpid ». Ouvrez le capot : quand vous manipulez à la main le bras Maxpid vous voyez l'angle du bras s'afficher en temps réel grâce au retour du capteur angulaire potentiométrique.
- Ouvrez le tableau de calcul « MaxPID\_loi\_ES\_eleve » grâce à *open calc*. Faites des mesures en tournant manuellement la vis, à partir du bras en position basse jusqu'à la position maxi  $90^\circ$  : une mesure par tour de vis. Renseignez le tableau. Organisez-vous pour être efficace.
- Tracer la loi entrée-sortie géométrique avec les deux angles en radian avec  $\theta_{bras}$  sur toute son amplitude de  $0^\circ$  à  $90^\circ$  : « Insertion/Graphique... »



### Question 2.

Observez la courbe. Diriez-vous que la loi es est : linéaire, pas linéaire, presque linéaire ?

### Question 3.

Vous devez déterminer :  $H_{meca}(p) = \frac{\text{angle du bras}}{\text{angle du rotor moteur}} = \frac{\theta_b}{\theta_{mot}}$ . pour que cela soit possible le rapport doit être constant. Ici on peut linéariser sur un intervalle. Proposez un intervalle d'angle du bras où la loi est linéarisable et déterminer le rapport  $\frac{\Delta\theta_b}{\Delta\theta_{mot}}$ .


## 5. LOI ENTREE SORTIE GEOMETRIQUE SIMULÉE (20 min)

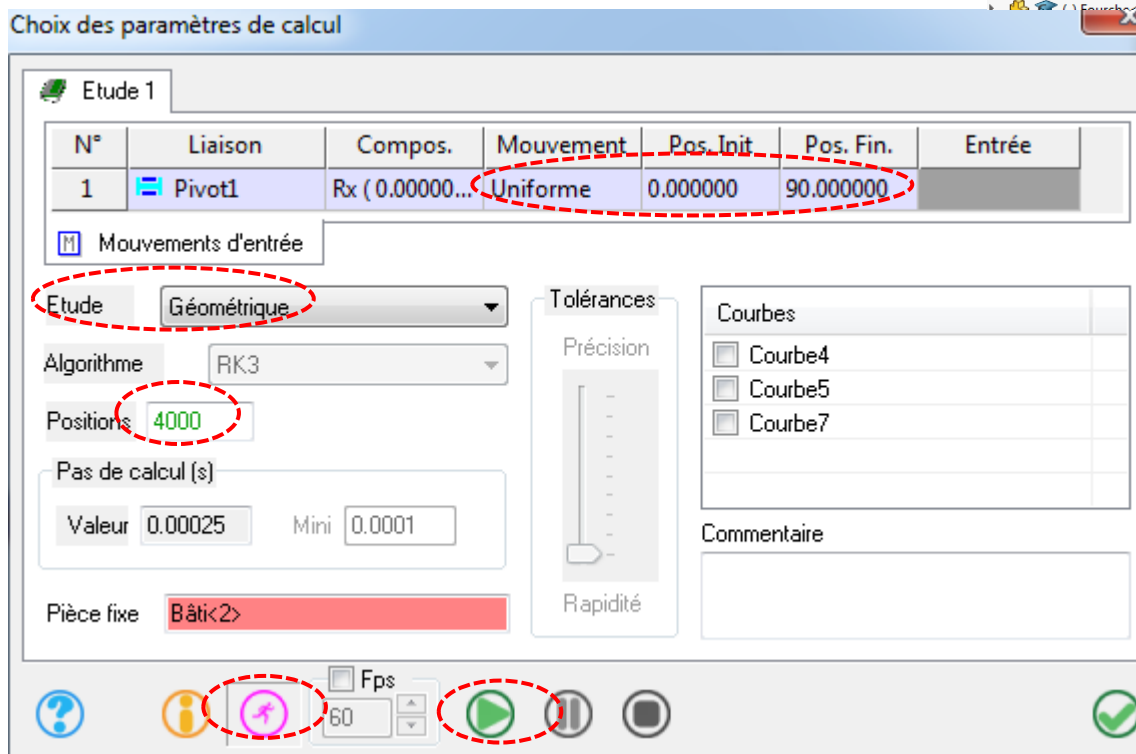
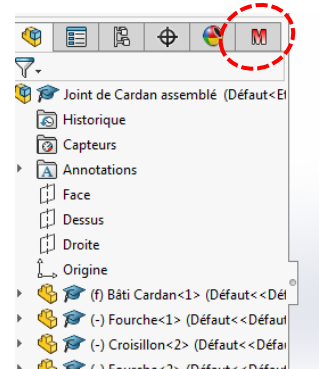
### Objectif

Déterminer la loi entrée-sortie géométrique grâce à un modèle mécanique numérique 3D. On utilise le logiciel Solidworks et son module de calcul Méca3D.

- Sur un PC « informatique » : ouvrir le logiciel Solidworks
- Ouvrir l'assemblage « ASSEMBLAGE Maxpid »

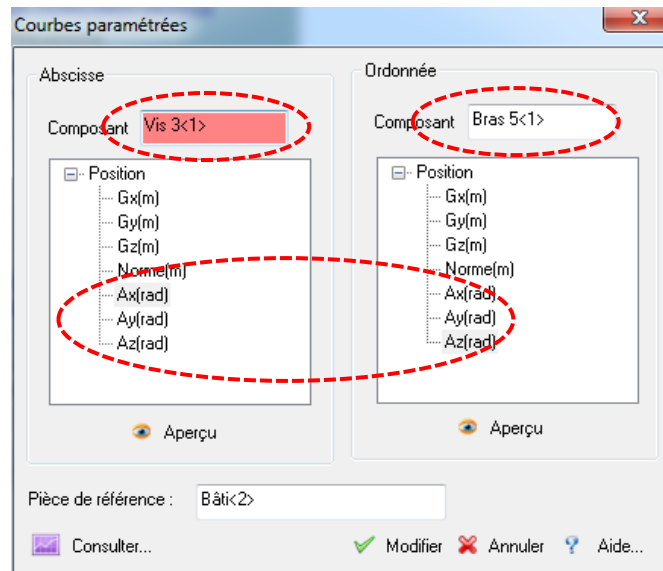


- Ouvrir le module *Meca3D*, onglet 
- Clic droit *analyse/calcul mécanique*.
- Angle de la pivot du bras de 0 à 90°, 4000 points, étude géométrique : lancer la simulation. Fermer la fenêtre.



- Clic droit sur *courbe/ajouter/paramétrée*.
- Choisir les bons composants en entrée et sortie.
- Choisir les bons paramètres d'angle et selon le bon axe (visualiser avec « aperçu »)
- Fermer la fenêtre. Visualiser la courbe.





60 minutes **maxi** ont dû s'écouler depuis le début de la séance. Si vous avez dépassé ce délai, vous êtes (très ?) en retard et avez besoin d'aide : appelez le professeur.



## 6. COMPARAISON DES LOIS EXPERIMENTALE ET SIMULÉE (25 min)

### Objectif

**Comparer les lois es géométriques expérimentale et simulée par affichage des courbes sur le même graphique. On utilise un code Python.**

Les manipulations ci-après se font individuellement sur un PC de la salle « informatique ». Placez-vous au plus près du système.

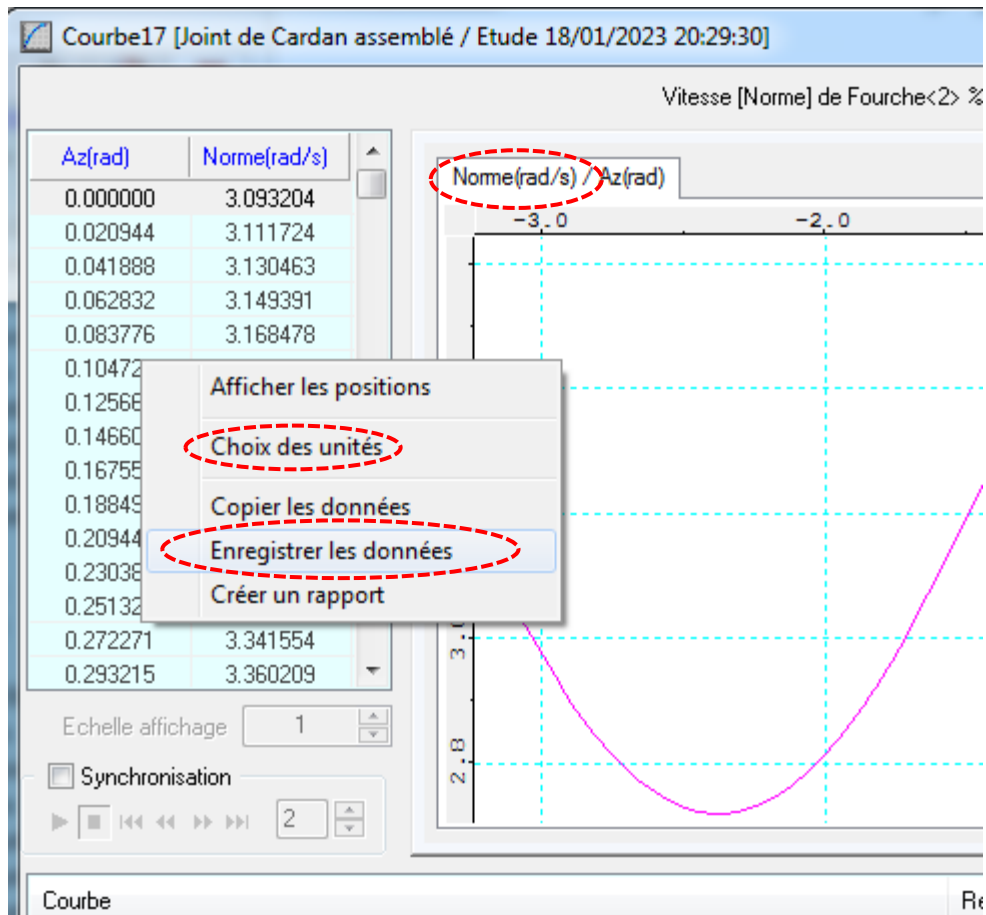
**Tout d'abord**, créez un tableau open calc contenant deux colonnes uniquement avec vos résultats expérimentaux précédents.

- 1<sup>ère</sup> colonne : angle d'entrée expérimental en radian (rotor vis)
- 2<sup>ème</sup> colonne : angle de sortie expérimentale en radian (bras)

Enregistrer ce tableau au format .CSV (« enregistrer sous », choisir format csv)

**Ensuite**, importer les données provenant de la simulation M3D dans un tableau.

- Dans la fenêtre courbe, clic droit sur les données/enregistrer les données : un fichier texte .txt se crée dans le dossier que vous choisirez.
- Ouvrir ce fichier et « l'épurer » : supprimer les lignes d'écriture en haut et tout en bas du document. Il ne doit rester que deux colonnes de nombres. Pas d'espace en haut **ni en bas** de la liste de valeurs. Piège ! Vérifiez bien.



Ces deux tableaux étant créés, ouvrir le code Python « Loi\_es\_Maxpid ».  
 Modifier le chemin d'accès à chacun des tableaux de donnée.  
 Lancer le code.  
 Comparer les courbes expérimentale et simulée.

## 7. LOI ES GEOMETRIQUE THEORIQUE (15 min)

### Objectif

**Tracer la loi es géométrique théorique sur le même graphique que les lois expérimentale et simulée (code Python).**

La loi es de Maxpid est :  $\theta_{bras} = \arccos\left(\frac{[p^* \cdot (\theta_{mot} - \theta_0)]^2 - a^2 - b^2 - c^2}{2c\sqrt{a^2 + b^2}}\right) - \arctan\frac{b}{a}$

Les longueurs a, b, c et le pas réduit p\* sont définis dans le paramétrage en début de sujet.

Rappel : pas d'une liaison hélicoïdale p en m/tr. Le pas réduit est p\* en m/rad.

Ouvrir le fichier .CSV : « valeurs\_es\_theorique tr-° ».

Il contient dans deux colonnes les valeurs des angles du moteur et du bras d'après la loi es théorique.

Modifier le code Python pour afficher les trois courbes : loi simulée, expérimentale, et théorique.

Comparez les trois lois. Concluez.

**FIN DE L'ACTIVITÉ**