



Travaux pratiques  
- Statique et Chaînes de solides -  
Système : bras robot maxpid



## Objectifs :

- Valider les choix constructifs des liaisons par une étude statique
- Etablir la loi entrée/sortie en effort du mécanisme

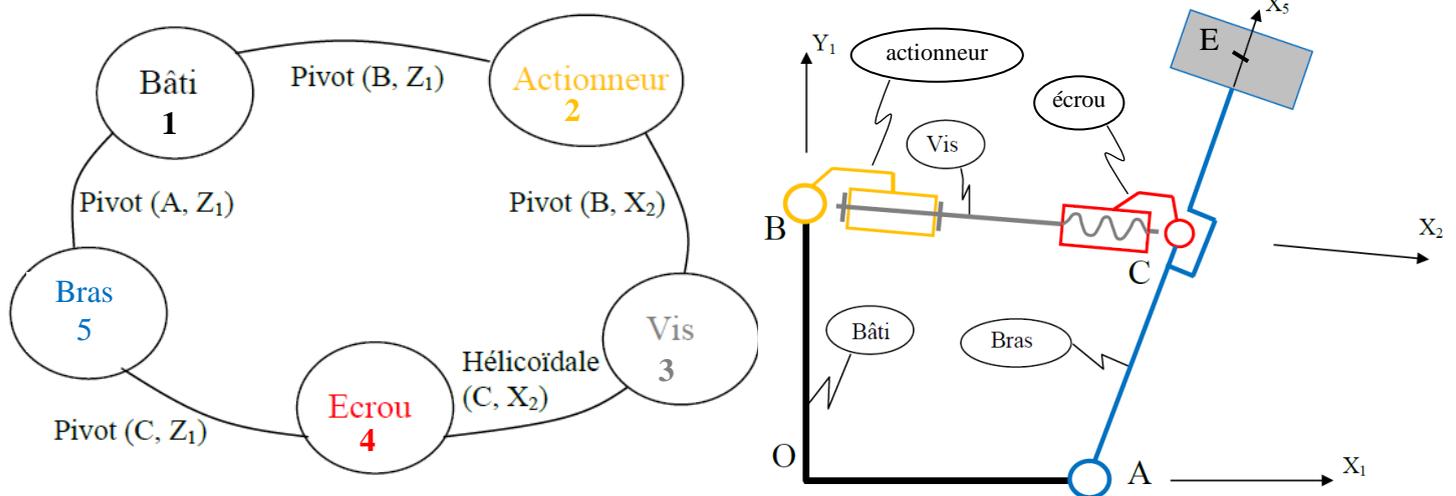
## 1<sup>ère</sup> partie : Analyse globale de l'hyperstatisme du modèle

Le bras qui se trouve sur la table est une chaîne fonctionnelle issue d'un système de ramassage des pommes (bras à 3 degrés de liberté) construit par la société PELLENC .

### Manipulation 1 :

- Ouvrir le capot transparent et changer manuellement la position du bras.
- Observer le mouvement de différentes pièces du mécanisme.

Les graphes de structure et schémas cinématiques du bras articulé sont donnés ci-dessous :



**Question 1 :** En appliquant la formule des mobilités, déterminer le degré d'hyperstatisme  $h$  du modèle du bras maxpid proposé. A quels défauts géométriques correspond la valeur de  $h$  ?

## 2<sup>ème</sup> partie : Analyse Statique du modèle

On étudie le modèle du mécanisme proposé sans effort extérieur. Le développement de l'étude statique (24 équations issues de l'application du PFS sur chacun des solides) est donné en annexe.

### Question 2 :

- Valider la réponse à la question 1 en résolvant le système d'équations proposé (les composantes des torseurs d'actions mécaniques doivent être toutes nulles puisque l'étude est faite sans effort extérieur).
- Déterminer les inconnues hyperstatiques pour la liaison  $L_{15}$ .

### Manipulation 2 :

- Ouvrir le fichier Solidworks : maxpidstat.SLDASM
- Sous Méca3D, dans Analyse, valider la réponse à la question 1
- Sélectionner hyperstaticité maximale = 0
- Sélectionner la liaison pivot bâti/bras
- Analyser

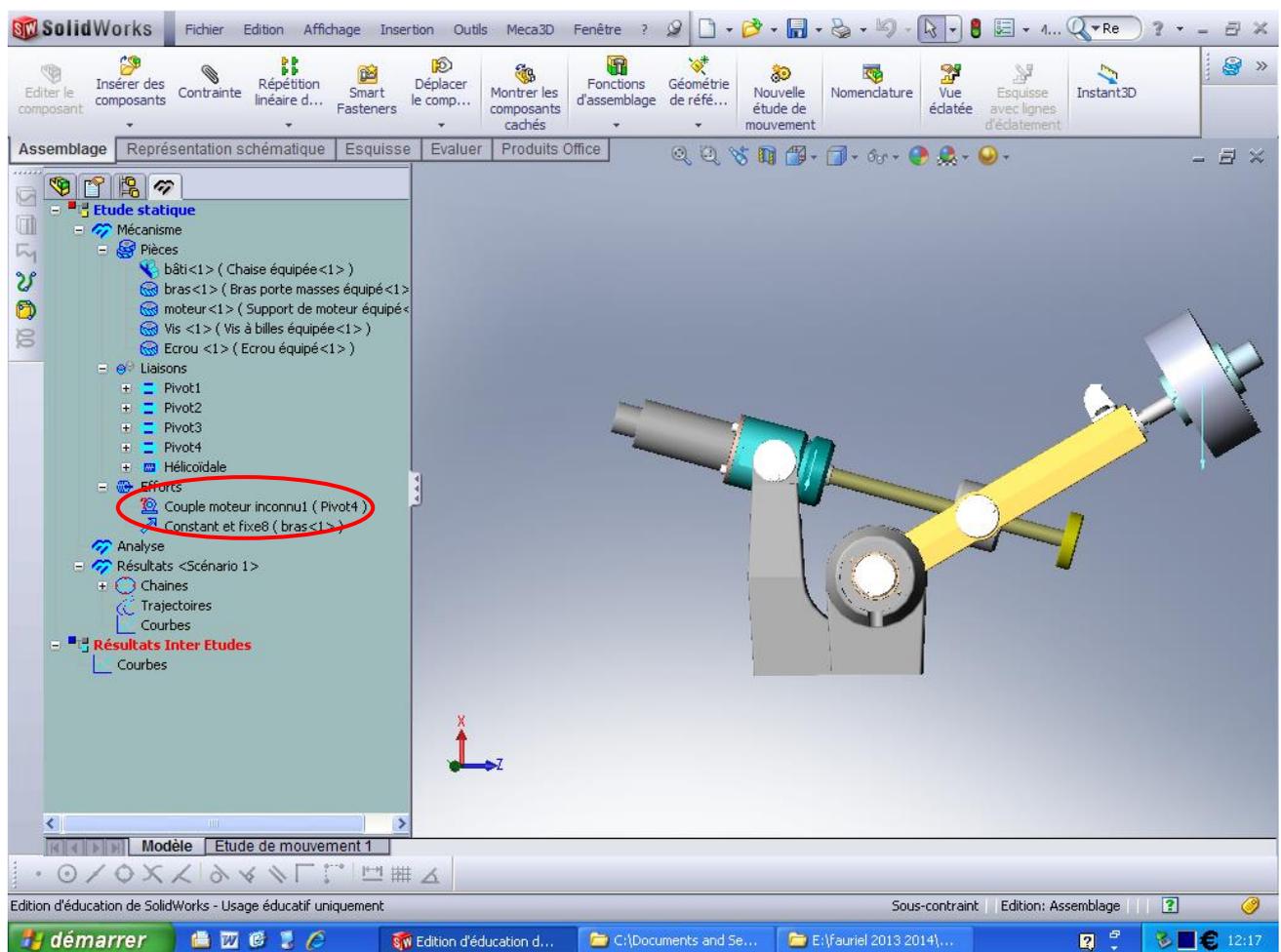
Le logiciel fournit une solution permettant de réduire l'hyperstaticité du mécanisme en agissant sur la(les) liaison(s) sélectionnée(s) tout en conservant les mobilités du mécanisme.

**Question 3 :** En vous aidant de SolidWorks, proposer deux modèles (non plan) isostatiques. Valider vos modèles par la formule des mobilités.

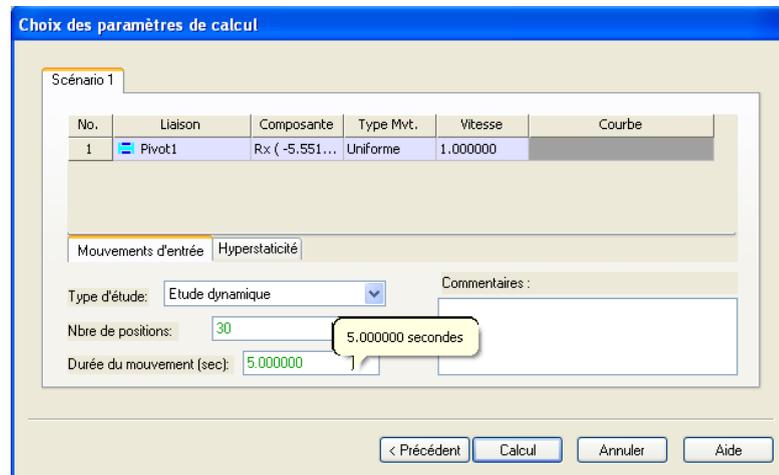
## 3<sup>ème</sup> partie : Simulation des efforts aux liaisons

### Manipulation 3 :

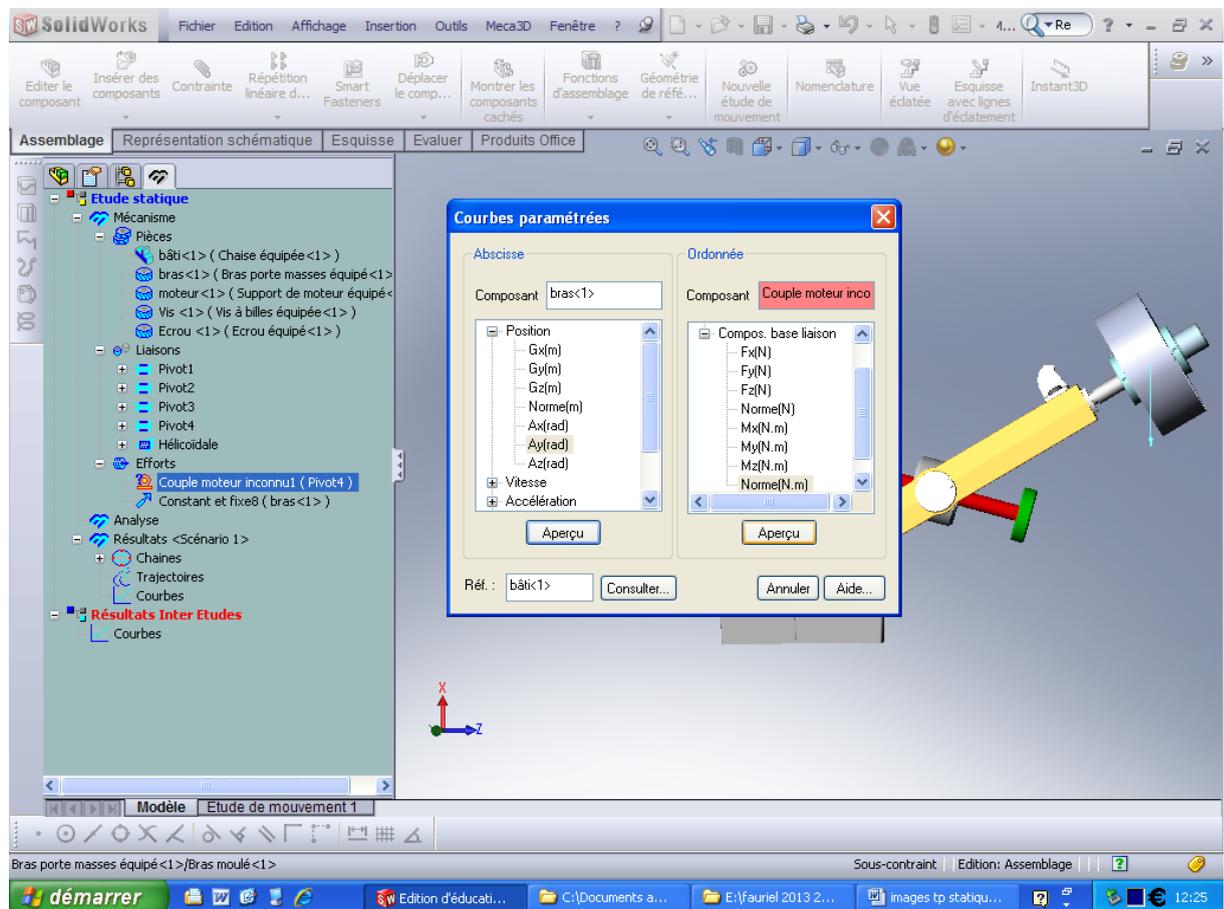
- Sur le fichier maxpidstat.SLDASM, vérifier les efforts extérieurs suivants
  - Couple moteur inconnu :  $C_m$
  - Action de pesanteur sur les 2 disques (de 650 g chacun) situés à l'extrémité du bras



- Lancer l'étude dynamique (Analyse/Calcul mécanique) dans la position d'origine du mécanisme ( $\theta = 30^\circ$ )



- Dans Résultats sélectionner courbes paramétrées pour afficher le couple moteur  $C_m$  et fonction de l'angle du bras.)



- Relever la valeur de  $C_m$  pour un angle du bras de  $45^\circ$ .

**Question 4 :** Pourquoi ne peut-on pas supposer le problème plan ?

**Question 5 :** A partir du système d'équations de l'annexe, donner la démarche à suivre (isolement de solide et application du PFS) permettant de donner la loi entrée/sortie en efforts du mécanisme. Cette loi relie la masse des disques installés à l'extrémité du bras et le couple généré par le moteur.

**Question 6 :** Retrouver l'expression du couple moteur :  $C_m = -\frac{P_{as}}{2\pi} \cdot \frac{\lambda P \cos \theta}{c \sin(\alpha - \theta)}$  (le poids des pièces autres que les masses est négligé et on note  $\lambda$  la distance EA )

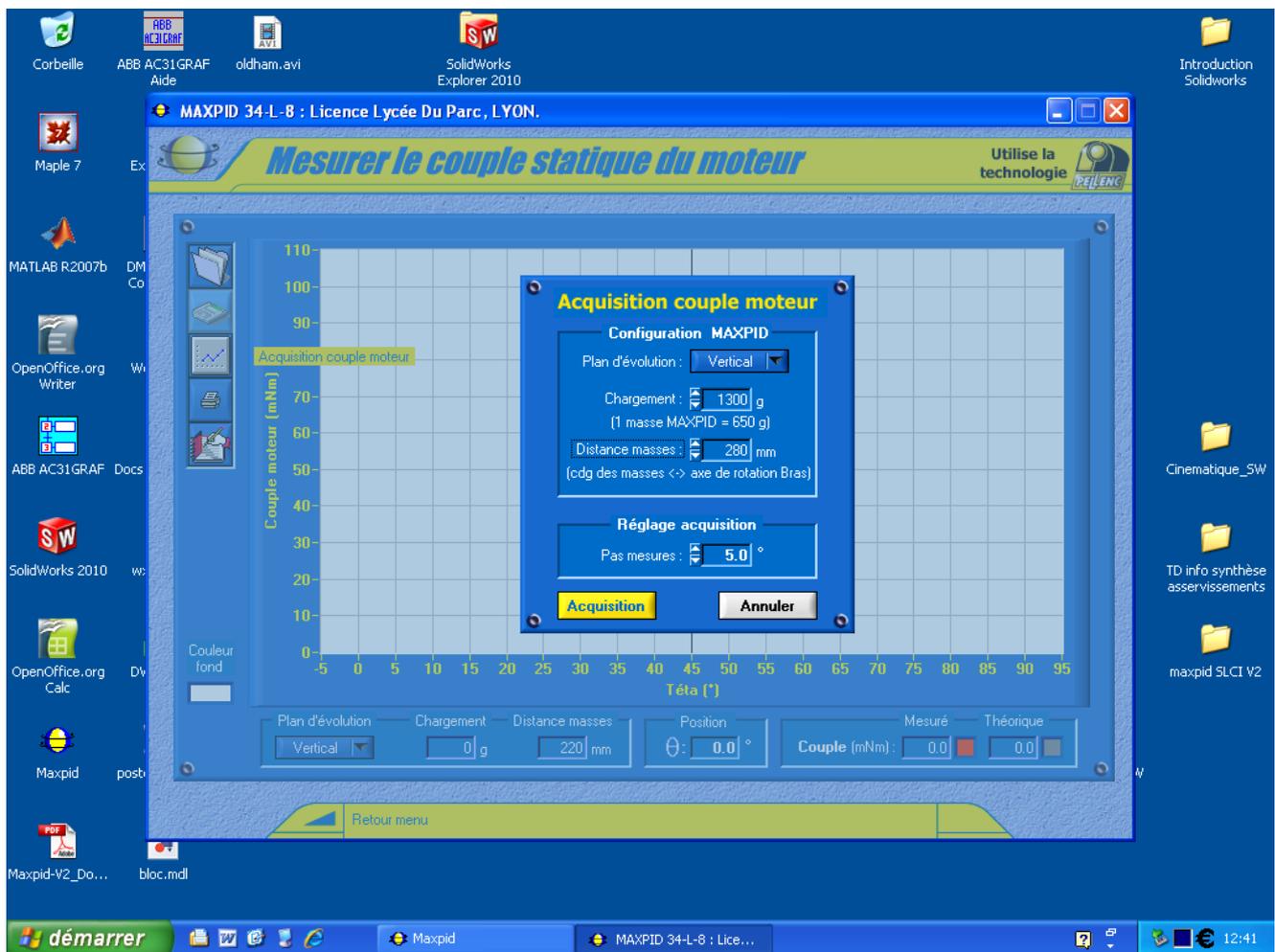
L'étude géométrique faite au premier semestre a permis de montrer que :  $\tan \alpha = \frac{c \sin \theta - b}{a + c \cos \theta}$ .

Faire l'application numérique de  $C_m$  avec  $a=70\text{mm}$ ,  $b=80\text{mm}$ ,  $c=80\text{mm}$ ,  $P_{as}=4\text{mm}$ ,  $\lambda=280\text{mm}$ .

## 4<sup>ème</sup> partie : Mesures sur le système réel

### Manipulation 4 :

- Lancer le logiciel Maxpid
- Dans le menu [travailler avec maxpid] puis [Couple statique du moteur], sélectionner [Acquisition couple moteur] et définir les différents paramètres.



**Question 7 :** Comment est mesuré le couple moteur  $C_m$  sur le système (cliquer sur l'icône  ) ? Donner la caractéristique du moteur permettant cette mesure.

**Question 8 :** Donner la valeur du couple  $C_m$  mesuré et comparer là à vos valeurs calculée et simulée précédentes. Préciser l'origine des écarts sur  $C_m$  entre les différentes études.

## Annexe

### Etude statique sans effort extérieur

Torseurs d'inter-efforts aux liaisons :

paramétrage  $\alpha = (\overline{X_1}, \overline{X_2})$ ,  $\theta = (\overline{X_1}, \overline{X_5})$ , OA = a , OB = b , AC = c (longueurs connues).  $x(t) = \overline{BC}$

$$T_{1 \rightarrow 5} = \begin{Bmatrix} X_{15} & L_{15} \\ Y_{15} & M_{15} \\ Z_{15} & 0 \end{Bmatrix}_{A, B_1} \quad T_{1 \rightarrow 2} = \begin{Bmatrix} X_{12} & L_{12} \\ Y_{12} & M_{12} \\ Z_{12} & 0 \end{Bmatrix}_{B, B_2} \quad T_{4 \rightarrow 5} = \begin{Bmatrix} X_{45} & L_{45} \\ Y_{45} & M_{45} \\ Z_{45} & 0 \end{Bmatrix}_{C, B_2} \quad T_{3 \rightarrow 4} = \begin{Bmatrix} X_{34} & -\frac{p}{2\pi} X_{34} \\ Y_{34} & M_{34} \\ Z_{34} & N_{34} \end{Bmatrix}_{C, B_2} \quad T_{2 \rightarrow 3} = \begin{Bmatrix} X_{23} & 0 \\ Y_{23} & M_{23} \\ Z_{23} & N_{23} \end{Bmatrix}_{B, B_2}$$

#### PFS sur 5 : dans B<sub>1</sub>

$$\text{TRS :} \quad X_{15} + X_{45} \cos \alpha - Y_{45} \sin \alpha = 0 \quad Y_{15} + X_{45} \sin \alpha + Y_{45} \cos \alpha = 0 \quad Z_{15} + Z_{45} = 0$$

TMS en A :

$$L_{15} + L_{45} \cos \alpha - M_{45} \sin \alpha + c Z_{45} \sin \theta = 0 \quad M_{15} + M_{45} \cos \alpha + L_{45} \sin \alpha - c Z_{45} \cos \theta = 0 \\ c(X_{45} \sin \alpha + Y_{45} \cos \alpha) \cos \theta - c(X_{45} \cos \alpha - Y_{45} \sin \alpha) \sin \theta = 0$$

#### PFS sur 2 : dans B<sub>2</sub>

$$\text{TRS :} \quad X_{12} - X_{23} = 0 \quad Y_{12} - Y_{23} = 0 \quad Z_{12} - Z_{23} = 0$$

TMS en B :  $L_{12} = 0$

$$M_{12} - M_{23} = 0 \quad N_{23} = 0$$

#### PFS sur 3 : dans B<sub>2</sub>

$$\text{TRS :} \quad -X_{34} + X_{23} = 0 \quad -Y_{34} + Y_{23} = 0 \quad -Z_{34} + Z_{23} = 0$$

TMS en C :  $\frac{p}{2\pi} X_{34} = 0$

$$-M_{34} + M_{23} + Z_{23} \cdot x(t) = 0 \quad -N_{34} + N_{23} - Y_{23} \cdot x(t) = 0$$

#### PFS sur 4 : dans B<sub>2</sub>

$$\text{TRS :} \quad -X_{45} + X_{34} = 0 \quad -Y_{45} + Y_{34} = 0 \quad -Z_{45} + Z_{34} = 0$$

TMS en C :  $-L_{45} - \frac{p}{2\pi} X_{34} = 0$

$$-M_{45} + M_{34} = 0 \quad N_{34} = 0$$