

MODÉLISATION DES CHÂÎNES DE SOLIDES DANS LE BUT DE DÉTERMINER LES CONTRAINTES GÉOMÉTRIQUES DANS LES MÉCANISMES

ROBOT MAXPID

1 OBJECTIFS

1.1 Objectif technique

Objectifs :

Vérifier la validité d'une solution technologique et proposer une modification du mécanisme (rendre isostatique).

2 PRÉSENTATION ET PROPOSITION D'ORGANISATION DE TP

2.1 Compétences visées

- **Analyser** les solutions technologiques associées à un système.
- **Modéliser** les liaisons mécaniques.
- **Analyser la mobilité et l'hyperstatisme.**
- **Prévoir la Résolution d'un** problème de statique ou cinématique pour déterminer une loi entrée sortie.

2.2 Matériel utilisé

- Système MaxPID ;
- système MaxPID en pièces détachées ;
- ordinateur avec logiciel de commande et d'acquisition ;
- logiciel de Conception assisté par ordinateur (SolidWorks).
- Maquette numérique fichier d'assemblage : **maxpidstat.SLDASM**



2.3 Organisation

Les rôles définis sont:

- **Chef de projet** : doit réaliser l'analyse fonctionnel du système en lien avec les différentes modélisation (expérimentales, analytiques et numériques) et ainsi définir une problématique : guide d'avancement donné en **partie II et VIII**. Il devra également veiller à la cohésion de groupe et savoir tisser les liens entre les 3 responsables.
- **Responsable expérimentateur** : doit mettre en place une expérimentation (protocole à définir et campagne d'essai) : **partie III, IV et VI**.
- **Responsable modélisation et simulation** : doit mettre en place la modélisation du problème à l'aide des outils de la statique : **partie IV, V et VII**. et doit mettre en place un modèle de simulation numérique à l'aide du logiciel SolidWorks Meca3D : **partie IV et VI**.

Pour chaque mesure, définir l'objectif et compléter ce tableau (**qui apparaîtra dans la synthèse**) :

3 ANALYSE DU SYSTÈME

La maquette MAXPID est extraite d'un robot cueilleur de fruits. Elle reproduit la chaîne fonctionnelle de mise en mouvement d'un des bras du robot.

Le système est piloté par un ordinateur qui permet d'envoyer des consignes de déplacement au bras.



Activité 1. Réaliser la chaîne structurale ci-dessous permettant d'identifier les différents composants

4 MODÉLISATION CINÉMATIQUE

Activité 2. Après cette observation, recopier et compléter le schéma cinématique minimal du système MaxPID.

Expérimentateur	Modélisateur
Analyse des liaisons <ul style="list-style-type: none"> ✓ Observer les composants qui constituent les différentes liaisons du mécanisme. ✓ Caractériser ces solutions technologiques : contact direct/indirect, liaison permanente/démontable, élastique/rigide, assemblage par obstacle/adhérence. 	Modèle 1 <ul style="list-style-type: none"> ✓ Proposer un graphe de structure. ✓ Tracer un schéma cinématique du modèle retenu. ✓ Indiquer pourquoi la modélisation ne peut être plane

5 ANALYSE DU MÉCANISME

5.1 Modélisation du mécanisme en vue de déterminer le degré d'hyperstatisme

Activité 3. Déterminer par une approche statique et cinématique le degré d'hyperstatisme du modèle retenu

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 (à la fin du sujet).

Activité 4. Déterminer par une approche statique et cinématique le degré d'hyperstatisme du modèle retenu

- ✓ Résoudre le système d'équations proposé (les composantes des torseurs d'actions mécaniques doivent être toutes nulles puisque l'étude est faite sans effort extérieur et à l'équilibre statique).
- ✓ Déterminer les inconnues hyperstatiques pour la liaison entre le bras et le bâti afin de définir les défauts géométriques associés.

- ✓ Proposition des solutions technologiques pour limiter les contraintes internes du système.

Activité 5. Simulation

- ✓ Ouvrir le fichier Solidworks : maxpidstat.SLDASM
- ✓ Sous Méca3D, dans Analyse, déterminer l'hyperstatisme du modèle « Solidworks »
- ✓ Sélectionner hyperstaticité maximale = 0 (permet de rendre le modèle isostatique)
- ✓ 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).

Activité 6. Confronter les résultats des deux modèles.

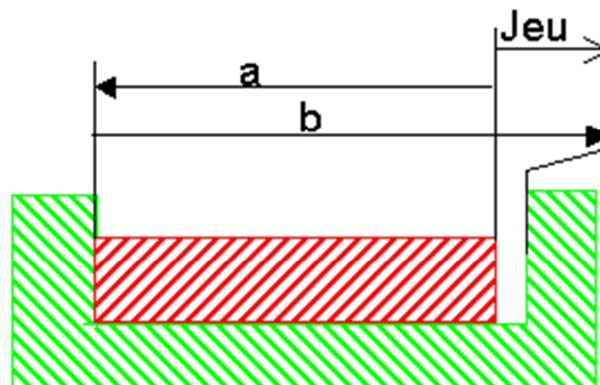
Activité 7. En vous aidant de SolidWorks, proposer deux modèles (non plan) isostatiques. Valider vos modèles par la formule des mobilités.

5.2 Analyse expérimentale des liaisons réelles

Activité 8. En utilisant le système annexe non instrumenté après avoir démonté les différents axes de la maquette, on se propose d'étudier l'assemblage des pièces les unes avec les autres pour analyser la nature réelle des liaisons.

- Réaliser à main levée une coupe longitudinale de chaque liaison en précisant les solides utilisés.
- Évaluer le jeu axial ou radial par action manuelle de la liaison entre le socle et le bras.
- Mesurer, à l'aide d'un pied à coulisse, les dimensions nécessaires au calcul de ce jeu et les indiquer sur vos tracés.
- Quelle hypothèse peut-on faire sur certaines liaisons ?

• Indications : Définition d'un jeu dimensionnel

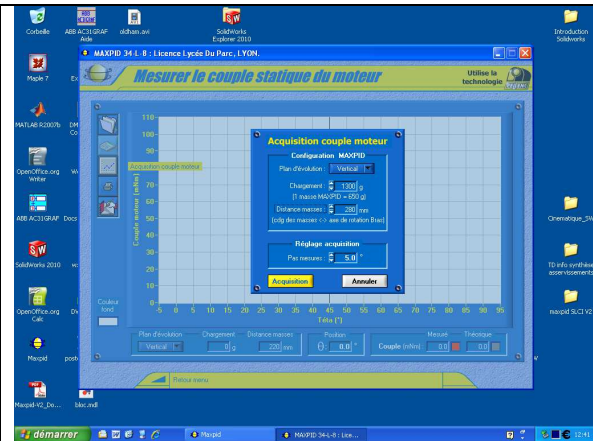



- Interprétation graphique du jeu : $\text{Jeu mesuré} = b - a$

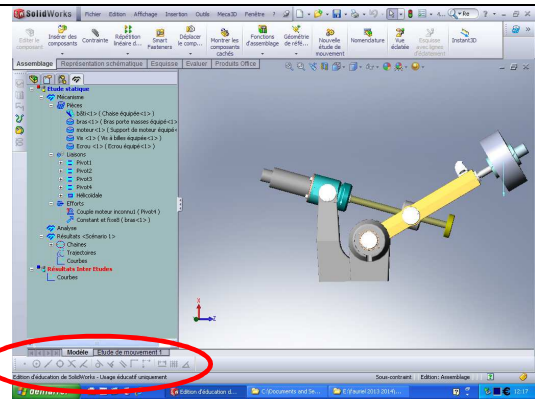
6 SIMULATION DANS SOLIDWORKS DU COMPORTEMENT EN TERME D'ACTIONS MÉCANIQUES TRANSMISSIBLES

Activité 9. Expérimentation et simulation

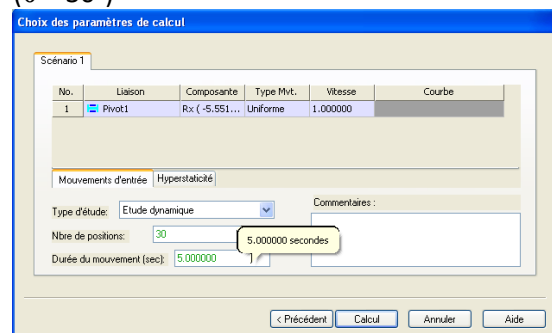
Expérimentateur	Modélisateur
<p>Lancer le logiciel MaxPID</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans le menu [travailler avec MaxPID] puis [Couple statique du moteur], sélectionner [Acquisition couple moteur] et définir les différents paramètres. 	<p>Sur le fichier maxpidstat.SLDASM, vérifier les efforts extérieurs suivants</p> <ul style="list-style-type: none"> • Couple moteur inconnu : C_m • Action de pesanteur sur les 2 disques (de 650 g chacun) situés à l'extrémité du bras



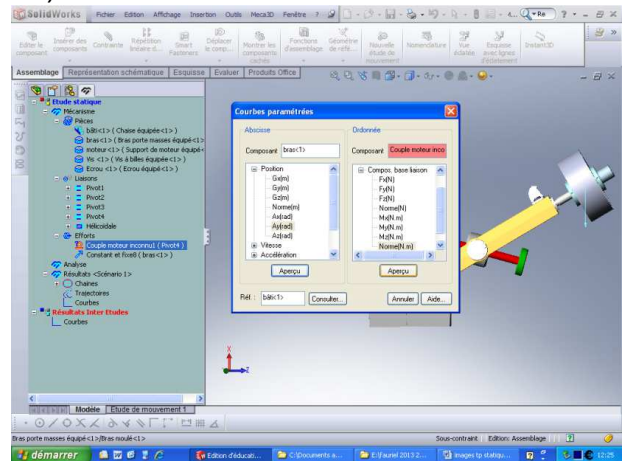
- Comment est mesuré le couple moteur C_m sur le système (cliquer sur l'icône ) ? Donner la caractéristique du moteur permettant cette mesure.
- Réaliser une mesure du couple moteur (Attention, la charge doit être identique à celle qui a été fixé pour le calcul avec le modèle)



- ✓ 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° .

Activité 10. Modélisation analytique statique

- ✓ A partir du système d'équations du modèle 1 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.
- ✓ 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)

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

7 ANALYSE DES ÉCARTS

Expérimentations	Modélisation
<ul style="list-style-type: none"> Mettre en place un (ou plusieurs) protocole expérimental afin de vérifier la cohérence des mesures effectuées. Conclure quant au niveau des écarts provenant d'erreurs de mesures. Si c'est possible, proposer une courbe de mesure corrigée sur Excel 	<ul style="list-style-type: none"> Déterminer la valeur moyenne de l'écart obtenu Modifier le modèle (par exemple en agissant sur une dimension ou une position du mécanisme) et observer l'effet sur la loi E/S.

8 ANNEXE

Étude 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). $x(t) = \overline{BC}$

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

$$T_{2 \rightarrow 3} = \begin{Bmatrix} X_{23} & 0 \\ Y_{23} & M_{23} \\ Z_{23} & N_{23} \end{Bmatrix}_{B, B_2}$$

PFS sur 5 : dans B_1

TRS :

$$X_{15} + X_{45} \cos \alpha - Y_{45} \sin \alpha = 0$$

$$Y_{15} + X_{45} \sin \alpha + Y_{45} \cos \alpha = 0$$

$$Z_{15} + Z_{45} = 0$$

TMS en A :

$$L_{15} + L_{45} \cos \alpha - M_{45} \sin \alpha + c Z_{45} \sin \theta = 0$$

$$M_{15} + M_{45} \cos \alpha + L_{45} \sin \alpha - c Z_{45} \cos \theta = 0$$

$$c(X_{45} \sin \alpha + Y_{45} \cos \alpha) \cos \theta - c(X_{45} \cos \alpha - Y_{45} \sin \alpha) \sin \theta = 0$$

PFS sur 2 : dans B_2

TRS :

$$X_{12} - X_{23} = 0$$

$$Y_{12} - Y_{23} = 0$$

$$Z_{12} - Z_{23} = 0$$

TMS en B :

$$L_{12} = 0$$

$$M_{12} - M_{23} = 0$$

$$N_{23} = 0$$

PFS sur 3 : dans B_2

TRS :

$$-X_{34} + X_{23} = 0$$

$$-Y_{34} + Y_{23} = 0$$

$$-Z_{34} + Z_{23} = 0$$

TMS en C :

$$\frac{p}{2\pi} X_{34} = 0$$

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

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

PFS sur 4 : dans B_2

TRS :

$$-X_{45} + X_{34} = 0$$

$$-Y_{45} + Y_{34} = 0$$

$$-Z_{45} + Z_{34} = 0$$

TMS en C :

$$-L_{45} - \frac{p}{2\pi} X_{34} = 0$$

$$-M_{45} + M_{34} = 0$$

$$N_{34} = 0$$

