

Travaux Pratiques - CINEMATIQUE MAXPID

RAPPELS :

- **Un compte rendu sera rendu à la fin de chaque séance.**
- Chaque compte rendu donnera lieu à une note ainsi que la présentation.
- La présentation sera faite par **l'ensemble des membres du groupe de TP (chacun doit parler !!)**

- **A la fin de la séance :**
 - **RANGEZ VOTRE MATERIEL**
 - **ETEIGNEZ LE SYSTÈME**
 - **FERMEZ VOTRE SESSION** (ne pas éteindre l'ordinateur)

Les TPs en ilots (chef de projet, équipe modélisateurs, équipe expérimentateurs) permettent de :

- Développer l'autonomie et la prise d'initiative.
- Initier à l'ingénierie simultanée et au travail collaboratif.



Questions de **REFLEXIONS GLOBALES** pour **TOUTE L'EQUIPE**



Questions pour **l'EQUIPE EXPERIMENTATEURS**



Questions pour **l'EQUIPE MODELISATEURS**

Le « **CHEF DE PROJET** » sera le principal interlocuteur avec l'enseignant durant la séance de TP lorsqu'il devra présenter l'avancée des travaux de l'équipe. Il sera également en charge de la préparation de la présentation finale et faire le lien entre les binômes pour structurer l'avancée du projet.

Travaux Pratiques - CINEMATIQUE MAXPID



Objectifs du TP

Afin de pouvoir commander le bras MaxPID pour une application donnée, il est nécessaire de disposer d'un modèle de commande. On propose donc ici de déterminer la loi entrée / sortie.

Il s'agira donc plus particulièrement de :

- Proposer un modèle cinématique du système de transformation de mouvement.
- Valider le modèle proposé par confrontation à des résultats expérimentaux et des résultats de simulation par CAO.

1 – Mise en situation

Le système étudié est un bras extrait d'un robot de cueillette de fruits. Il permet de contrôler la position du tube de cueillette pour ramasser les fruits dans les arbres.

Le mécanisme maqueté et instrumenté permet d'asservir la rotation d'un bras (auquel on peut attacher différentes masses). Ce bras est mis en mouvement par l'intermédiaire d'une vis entraînée par un moteur. Des capteurs angulaires permettent de mesurer la position angulaire de la vis par rapport au moteur et du bras par rapport au châssis. D'autres capteurs permettent de mesurer le courant dans le moteur.

L'objectif de cette partie est d'évaluer la conformité du système vis-à-vis des performances définies dans le cahier des charges.



Régler les paramètres suivants dans les commandes du MaxPID :

Gain Proportionnel (K_p) = 250

Temps mesure = 1800 ms

Gain Intégral (K_i) = 0

Erreur statique = 1.0°

Gain Dérivé (K_d) = 0

Erreur de poursuite = 10°

Vitesse = 1.0 rad/s

Accélération = 10.0 rad/s²



Placer le MaxPID à la verticale. Fixer les différentes masses fournies (1, 2 ou 3) sur le bras en mouvement.



Proposer un protocole expérimental permettant de vérifier les performances de débattement angulaire, de précision et de rapidité des exigences principales.



Réaliser le protocole expérimental et décrire les résultats principaux. S'intéresser également à l'intensité et à la tension du moteur.

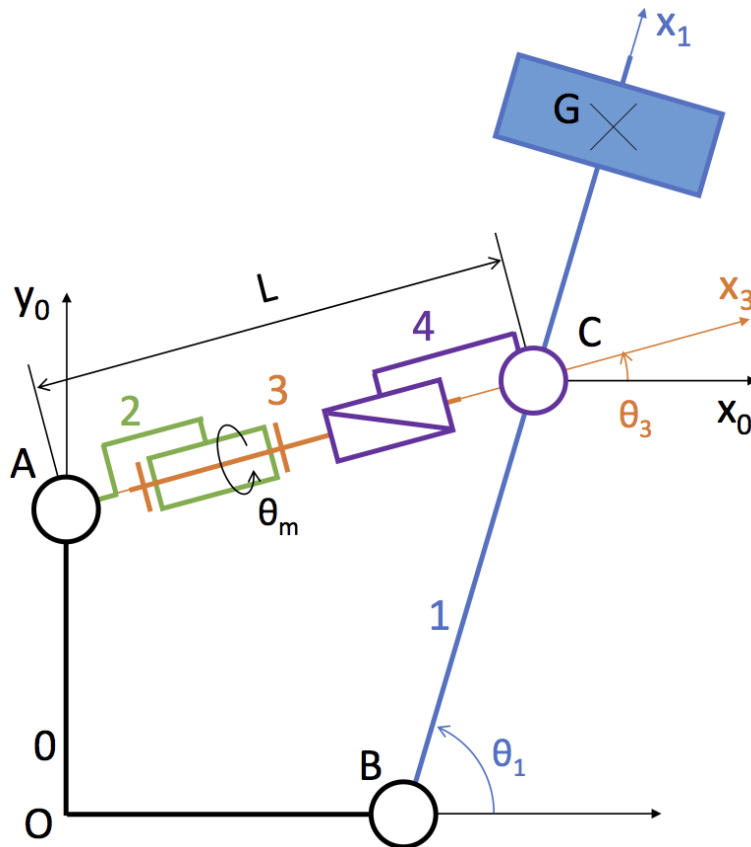


Conclure vis-à-vis du cahier des charges.

2- Modélisation d'un point de vue cinématique de la chaîne d'énergie

L'objectif de cette partie est de déterminer le modèle de connaissance d'un point de vue cinématique (loi « entrée/sortie ») de la chaîne d'énergie et d'en évaluer les performances théoriques.

Le but de la modélisation est de déterminer la vitesse de rotation du bras 1 $\dot{\theta}_1$ en fonction de celle du moteur $\dot{\theta}_m$ et des paramètres géométriques du système.



Déterminer les différentes classes d'équivalences sur le système réel.



Tracer le graphe des liaisons du système et justifier le choix des liaisons.



Déterminer les paramètres variables (dépendant du temps) et constants du système, définis sur la figure paramétrée ci-dessus.



Justifier la représentation plane du mécanisme pour l'étude du système.



En utilisant la loi de fermeture géométrique, déterminer la loi entrée-sortie géométrique littérale $L = f(\theta_1)$. La relation à obtenir est de la forme suivante :

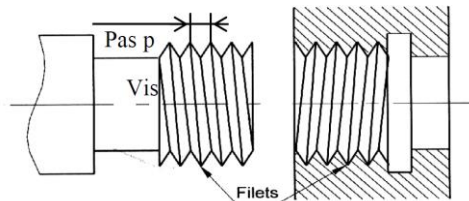
$$L = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + 2ac \cos(\theta_1) - 2bc \sin(\theta_1)}$$

Les valeurs de a , b et c seront à mesurer directement sur le système réel.



Quelle est la relation entre l'angle θ_m de la vis (ou du moteur) et le déplacement L de l'écrou ?

On notera p_{vis} , le pas de la vis (cf. figure ci-dessous ; attention au sens du pas). On donne $p_{vis} = 4 \text{ mm/tour}$.



En déduire la relation entre l'angle θ_m du moteur et l'angle θ_1 du bras.



Tracer la courbe théorique représentative de $\theta_m = f(\theta_1)$ sous Python (ou Excel) avec un pas de calcul de 1° pour θ_1 sur sa plage de variation. Exprimer ces angles en radians. Cette relation est-elle linéaire ?



Sur quel domaine (le plus large possible) serait-il réaliste de linéariser cette relation ? Proposer une approximation linéaire de la forme $\theta_m = A \cdot \theta_1 + B$

La linéarisation de $\theta_m = f(\theta_1)$ permettra d'inverser facilement la relation sur le domaine considéré.



Retrouver la formule donnée dans le TP précédent : $\theta_{bras} = \theta_1 = \frac{\theta_{mot} + 19.5}{112}$ pour $30^\circ \leq \theta_1 \leq 90^\circ$.



Déterminer la vitesse de rotation du moteur $\dot{\theta}_m$ en fonction de la vitesse de rotation du bras $\dot{\theta}_1$ et de l'angle θ_1 du bras.



En déduire la relation donnant la vitesse de rotation du bras $\dot{\theta}_1$ en fonction de la vitesse de rotation du moteur $\dot{\theta}_m$ et de l'angle θ_1 du bras.



Pour une valeur $\dot{\theta}_m = 4 \text{ rad.s}^{-1}$ et un pas de calcul de 1° pour θ_1 sur sa plage de variation, tracer la courbe représentative de $\dot{\theta}_1 = f(\dot{\theta}_m, \theta_1)$ à l'aide du logiciel Python (ou Excel). Conclure.

Le moteur sature à 21,1 V et possède une constante de vitesse de 182 tr/min/V.



À partir du modèle qui a été mis en place précédemment, déterminer le taux de rotation moyen du bras MaxPID. Le critère de rapidité de l'exigence principale est-il vérifié ?

3- Détermination de la relation entrée-sortie par mesures expérimentales



Se familiariser avec le logiciel et le pilotage du système.



En modifiant les valeurs des gains (Proportionnel et/ou Intégral et/ou Dérivé), obtenir un mouvement du bras sans oscillation une fois arrivé à la position demandée.



Effectuer la même manipulation avec 1, 2 ou 3 masses. Effectuer cela pour le MaxPID en position verticale puis horizontale.



Quelles différences peut-on observer ? Commenter.



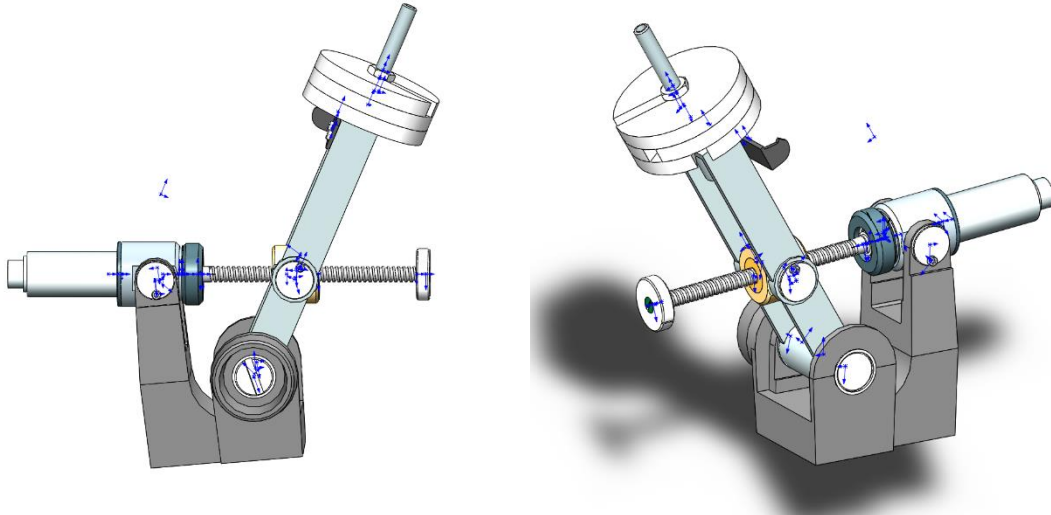
A l'aide du logiciel de pilotage et d'acquisition du logiciel MaxPID, déterminer le tracé de la position du bras en fonction du temps : $\theta_1 = f(t)$. Déterminer également le tracé de la position angulaire du bras en fonction de la rotation du moteur : $\theta_1 = f(\theta_m)$. Analyser les résultats obtenus.

Remarque pour le post-traitement des essais : Une fois l'acquisition effectuée à l'aide du logiciel, enregistrer les courbes dans votre répertoire. Puis ouvrir ce fichier avec Excel/LibreOffice. Indiquer séparateur UNIQUEMENT « ; » (**point virgule**).

4- Détermination des performances théoriques par simulation numérique



A l'aide des fichiers SolidWorks fournis dans le dossier (les pièces utiles sont précédées de « TP_ »), faire l'assemblage du bras de robot MaxPID et simuler (avec Meca3D) le mouvement du bras à partir de la rotation du moteur. Observer le résultat de la simulation. Commenter.



Tracer la courbe donnant la rotation angulaire du bras en fonction du temps puis en fonction de la rotation angulaire du moteur.



Tracer la courbe donnant la vitesse de rotation du bras en fonction du temps puis en fonction de la vitesse de rotation du moteur.



Déterminer le rapport $\frac{\theta_1}{\theta_m}$.

On rappelle que le moteur sature à 21,1 V et possède une constante de vitesse de 182 tr/min/V.



À partir du modèle qui a été mis en place précédemment, déterminer le taux de rotation moyen du bras MaxPID. Le critère de rapidité de l'exigence principale est-il vérifié ?

5 – Détermination des courbes de vitesses

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence les cycles réels en entrée et en sortie par une étude expérimentale.



Dans le menu "*Paramètres d'asservissement*" définir les paramètres suivants :

MAXPID asservi **Oui**

Gain proportionnel (K_p) = **200**

Gain intégral (K_i) = **0**

Gain dérivé (K_d) = **0**

Accélération ($\ddot{\theta}_n$) = **7.7 rad/s²**

Vitesse ($\dot{\theta}_n$) = **1.5 rad/s**



Définir également, dans le menu "*Pilotage et visualisation*" :

Temps de calcul : **1400ms**

Variables actives : **consigne, position, vitesse axe, rotation moteur.**



Piloter le bras par un trapèze de vitesse : Départ $\theta_i = 0^\circ$ Valeur finale : $\theta_f = 80^\circ$.

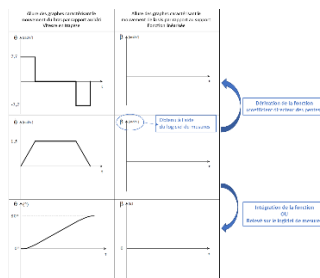


Définir avec précision sur ces courbes les trois phases du mouvement et indiquer les valeurs particulières en abscisse et en ordonnée.

Les graphes des fonctions accélération, vitesse et position angulaire qui caractérisent le mouvement du bras par rapport au bâti sont fournis sur le **DOCUMENT REPONSE**.



A l'aide des courbes précédentes, tracer sur le **DOCUMENT REPONSE**, l'allure des fonctions accélération, vitesse et position angulaire qui caractérisent le mouvement de la vis par rapport au support.



Comparer les résultats aux courbes théoriques. Commenter les écarts.

6 - Validation



L'objectif pour le groupe est de comparer les résultats des mesures avec les valeurs théoriques données par le calcul, la simulation numérique et l'expérimentation (angles et vitesses de rotation). Estimer d'où peuvent provenir les erreurs.

