



Travaux pratiques
- **Géométrie et cinématique** -
Système : bras robot maxpid



Objectifs :

- Modéliser géométriquement et cinématiquement le bras maxpid .
- Déterminer une relation simple entre les paramètres de position en vue de commander le paramètre de sortie à partir de celui d'entrée.

1^{ère} partie : modélisation cinématique

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.

A partir des plans d'ensemble des documents ressources et du mécanisme réel on peut identifier 5 classes d'équivalence cinématique qui sont :

- **Bâti** : bâti + 02B+14B+15B (02B = pièce 02 du plan d'ensemble du Bras)
- **Actionneur** : 02A+03A+04A+05A+13A
- **Vis** : 01B+06A+07A+08A+10A+11A+12A
- **Ecrou** : 15A+16A
- **Bras** : 05B+06B+07B+08B+11B+12B+13B+14B+15B+17B+18B+19B+20B+21B

Questions 1 : Donner le graphe de structure du mécanisme en précisant les axes des liaisons identifiées entre les différentes classes d'équivalence (utiliser les axes du document réponse)

Questions 2 : Compléter le schéma cinématique du document réponse en ajoutant les solides Actionneur et Ecrou et en repassant en couleur les différentes classes d'équivalence.

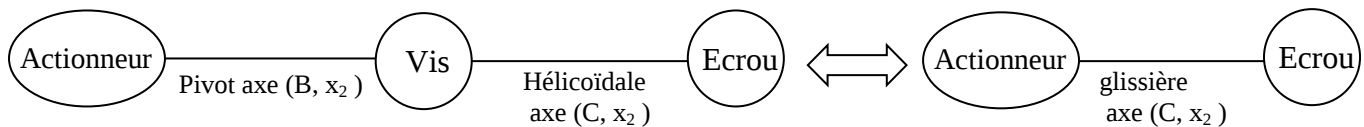


Manipulation 2 :

- Fermer le capot transparent et tirer si nécessaire sur le bouton rouge « coup de poing »
- Mettre en marche le système (bouton bistable à diode côté gauche)
- Lancer le logiciel Maxpid
- Mettre le système en fonctionnement **asservi** en choisissant [Connexion ON] puis [PID] et case [MaxPid ASSERVI] cochée.
- Cliquer sur [Travailler avec Maxpid] et choisir le menu [Schéma cinématique animé]
- Cliquer sur [Envoyer un Mouvement ] Rentrer une Position désirée et observer les évolutions des paramètres du schéma

Question 3 : Compléter le document réponses en donnant le nom des différents constituants de la partie opérative du système utilisé en TP (actionneur, capteur, etc...). Définir les grandeurs mesurées par les différents capteurs du système et expliquer en quelques mots le principe de fonctionnement de ces capteurs. Vous pouvez vous aider du menu [Documents Maxpid] du logiciel et du diagramme de bloc interne fourni en annexe.

On montrera prochainement dans le cours de cinématique que la mise en série de la liaison hélicoïdale entre Ecrou et Vis et de la liaison entre Actionneur et Vis (schéma ci-dessous), est équivalente du point de vue cinématique à une liaison glissière (virtuelle) entre Actionneur et Ecrou.



Question 4 : Retracer le nouveau schéma cinématique appelé schéma cinématique minimal sur le document réponse.

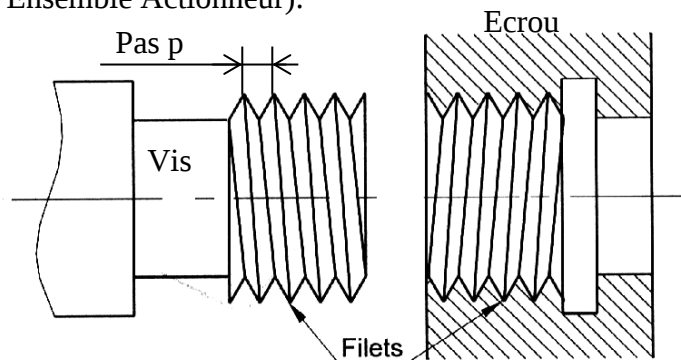
on posera $OA = a$, $OB = b$, $AC = c$ (longueurs connues).

Les paramètres géométriques dépendants du temps sont fournis avec le schéma cinématique du document réponse.

Question 5 : Effectuer la fermeture géométrique de chaîne $\vec{OO} = \vec{OA} + \vec{AC} + \vec{CB} + \vec{BO} = \vec{0}$. En déduire deux équations scalaires par projection sur $\vec{X}_1$ et $\vec{Y}_1$. Ces équations feront intervenir les variables X , α et θ .

Questions 6 : En éliminant $\alpha(t)$, donner alors la relation liant le paramètre d'entrée $X(t)$ au paramètre de sortie $\theta(t)$ et aux longueurs a , b et c .

Le pas p d'une vis est défini comme la distance parcourue par la vis dans l'écrou lorsqu'on lui fait faire un tour, ce qui correspond à la distance entre deux « sommets » sur le filet de la vis. Le système Vis/écrou à billes utilisé a un pas de 4 mm (repère 1 plan Ensemble Actionneur).



Question 7 : En déduire la relation entre ΔX , p et $\Delta\beta$. β étant l'angle de rotation du rotor moteur (lié à la vis) par rapport au stator (lié au bâti). Vous donnerez la relation avec $\Delta\beta$ en tour puis celle avec $\Delta\beta$ en radian

2^{ème} partie : approximation de la loi entrée-sortie

En vue d'une modélisation de la commande du système, il est nécessaire de définir une loi entrée-sortie simple du système, si possible linéaire ou affine. Le calcul de la question 6 montre que celle-ci n'est pas linéaire.

On va donc chercher le domaine d'utilisation du système où l'on pourra linéariser la loi, moyennant une certaine erreur à déterminer.

Le système est piloté en tension aux bornes du moteur qui est transformé en taux de rotation (en tour/min). Le paramètre d'entrée du système est donc β .

Question 8 : Sachant que $\beta(\theta = 0^\circ) = 0$ tour, montrer que

$$\beta = \frac{1}{p} \left(\sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + 2ac} - \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + 2c(a \cos \theta - b \sin \theta)} \right).$$

Dans la suite on nommera cette expression $\beta_{\text{calcul}}(\theta)$.

Question 9 : Application numérique : on donne $a = 70$; $b = 80$; $c = 80$ en mm.

Compléter le tableau du document réponse en calculant $\beta_{\text{calcul}}(\theta)$ pour les valeurs de l'angle θ de 0° à 90° avec un pas de calcul de 10° .

 Manipulation 3 :

- Ouvrir la vitre de protection du système
- Manuellement, placer le bras à $\theta = 0^\circ$ (valeur affichée à l'écran)
- Tourner la vis de 4 tours ($\beta = 4$ tours) et relever la valeur de θ affichée à l'écran
- Déterminer ainsi $\beta_{\text{mesure}}(\theta)$ pour β variant de 0 à 24 tours avec un pas de 4 tours
- Compléter le tableau du document réponse.

Question 10 : Comment le logiciel détermine-t-il les valeurs des paramètres θ , β , α et X ? Préciser si elles sont mesurées ou calculées.

Remarque : pour trois questions suivantes vous pouvez utiliser les logiciels (Excell, Regressi, Libre office) disponibles sur le PC et imprimer vos résultats.

Question 11 : Tracer la courbe représentative de β en fonction de θ sur le document réponses prévu à cet effet. Evaluer et commenter les écarts entre courbe calculée et courbe mesurée.

On peut linéariser la loi obtenue par régression linéaire. L'étude du coefficient de régression sur différents intervalles de θ permet une bonne approximation de $\beta(\theta)$ par une fonction linéaire pour θ compris entre 30° et 90° .

Question 12 : Donner la loi entrée-sortie linéarisée ($\theta = f(\beta)$) valable dans le domaine d'utilisation défini précédemment.

Question 13 : Calculer l'erreur relative en % : $e = 100 \left| \frac{\beta - \beta_{\text{linéaire}}}{\beta} \right|$ et tracer $e(\theta)$ pour θ compris entre 30° et 90° . En déduire l'erreur relative maximale faite en approximant la loi $\beta(\theta)$ par une fonction linéaire.

Annexe

