MAXPID
ETUDE CINEMATIQUE - CORRIGE

MISE EN SITUATION

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.
On se reportera à la photographie 1 pour la désignation des éléments.

BUT DU TP

- Déterminer la loi de commande qui donnera le nombre de tours à imposer à la vis pour que le bras prenne l'inclinaison demandée par rapport à l'horizontale.
- Calculer la vitesse de l'extrémité du bras.

TRAVAIL DEMANDE

1. Observation du mécanisme de mise en mouvement et modélisation

Pilotage

Sur la façade de la maquette, vérifier que l'interrupteur « mesure » de la boucle de retour est fermé et que le bouton « coup de poing » n'est pas enfoncé. Basculer le bouton de mise sous tension sur la face gauche.
Lancer le programme « Maxpid » . Cliquer sur « Continuer » puis sur « Consigne de position ». Afficher la valeur de la position angulaire désirée et cliquer sur « Echelon de position ». Observer le comportement du système. Recommencer si nécessaire. Quitter le logiciel. Éteindre la maquette.

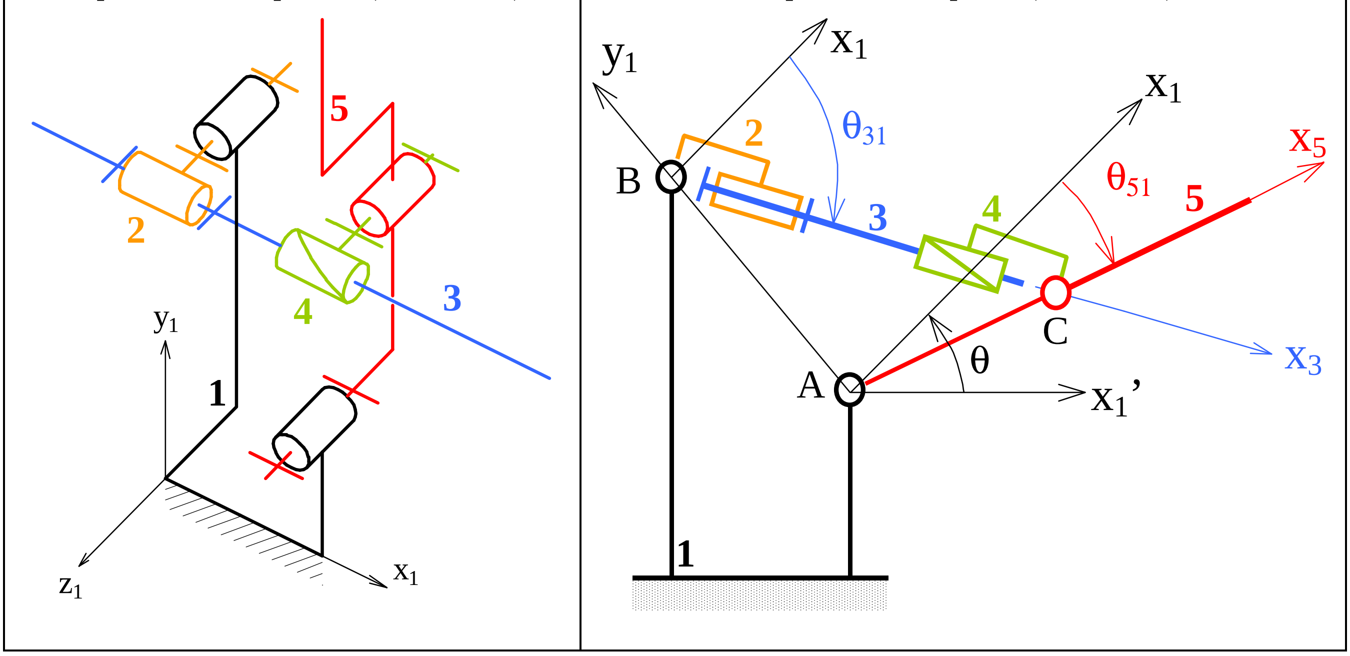
Manipulation

Ouvrir la porte en plexiglas. Déplacer le bras en le poussant puis en tournant la vis, observer.

Schéma cinématique

Le schéma ci-dessous représente le mécanisme, il ne comporte que les solides : bâti (1), palier de vis (2), vis (3), écrou (4), bras (5).

Représentation spatiale (bras à 90°) | Représentation plane (bras à 30°)



Les liaisons ont été symbolisées.

Le bras 5 est en liaison pivot d'axe $(A,\vec{z}_1)$ avec le bâti 1, il ne peut que tourner autour de cet axe. La vis 3 est en liaison pivot d'axe $(B,\vec{x}_3)$ avec le palier 2. L'écrou 4 est liaison pivot d'axe $(C,\vec{z}_1)$ avec le bras 5. Le palier 2 est en liaison pivot d'axe $(B,\vec{z}_1)$ avec le bâti 1. L'écrou 4 et la vis 3 sont en liaison hélicoïdale d'axe $(B,\vec{x}_3)$, 3 se visse dans 4. Observer les mouvements possibles en manipulant le mécanisme.

2. Loi de commande géométrique

Paramétrage

On appelle :

$\overrightarrow{AC} = a\vec{x}_5$; $\overrightarrow{AB} = b\,\vec{y}_1$; $\overrightarrow{BC} = x\,\vec{x}_3$;

$\theta_{31} = (\vec{x}_1,\vec{x}_3)$; $\theta_{51} = (\vec{x}_1,\vec{x}_5)$; $\theta = (\vec{x}_1^{'},\vec{x}_1) = cste = 40°$ $\vec{x}_1^{'}$ est une direction liée au bâti 1.

Écrire l'équation vectorielle traduisant la fermeture géométrique de la chaîne de solides.

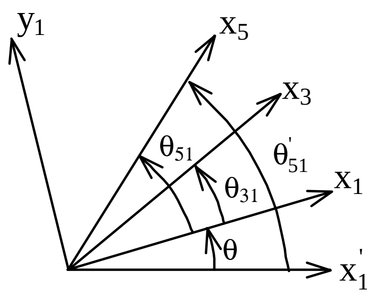
$\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CA} = b\vec{y}_1 + x\vec{x}_3 - a\vec{x}_5 = \vec{0}$

Écrire les deux équations scalaires obtenues en projetant l'équation précédente sur la base $(\vec{x}_1,\vec{y}_1)$.

$\vec{x}_3 = \cos\theta_{31}\vec{x}_1 + \sin\theta_{31}\vec{y}_1$ $\vec{x}_5 = \cos\theta_{51}\vec{x}_1 + \sin\theta_{51}\vec{y}_1$

sur $\vec{x}_1$: $x\cos\theta_{31} - a\cos\theta_{51} = 0 \Rightarrow x\cos\theta_{31} = a\cos\theta_{51}$

sur $\vec{y}_1$: $b + x\sin\theta_{31} - a\sin\theta_{51} = 0 \Rightarrow x\sin\theta_{31} = a\sin\theta_{51} - b$



En déduire l'expression de x en fonction de θ_{51} puis en fonction de $\theta_{51}^{'}$

en élevant au carré chacune des équations :

$x^2\cos^2\theta_{31} = a^2\cos^2\theta_{51}$

$x^2\sin^2\theta_{31} = a^2\sin^2\theta_{51} - 2ab\sin\theta_{51} + b^2$

et en additionnant membre à membre :

$x^2 = a^2 + b^2 - 2ab\sin\theta_{51}$ (avec $\theta_{51} < 0$) ou $\boxed{x = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\sin(\theta_{51}^{'} - \theta)}}$

Relation que l'on pouvait obtenir en utilisant le théorème d'Al Kaschi :

$x^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos(\frac{\pi}{2} + |\theta_{51}|) = a^2 + b^2 + 2ab\sin|\theta_{51}| = a^2 + b^2 - 2ab\sin\theta_{51}$

On note :

- $\theta_{34} = (\vec{z}_4,\vec{z}_3)$ l'angle de rotation de la vis par rapport à l'écrou ($\vec{z}_4 = \vec{z}_1$).
- n_{34} le nombre de tours de vis correspondant à θ_{34}.
- p le pas de la vis (lorsque la vis fait un tour l'écrou se déplace de la valeur du pas).

Pour $\theta_{51}^{'} = 0$ on prend $\theta_{34} = 0$, x vaut alors x_0.

Exprimer n_{34} puis θ_{34} en fonction de x : $\boxed{n_{34} = \frac{x_0 - x}{p}}$ et $\boxed{\theta_{34} = 2\pi\frac{x_0 - x}{p}}$

On donne les dimensions nécessaires à l'application numérique :

$a = 79\,mm$; $b = 103\,mm$; $\theta = 40°$; $p = 4\,mm$

Application numérique avec Microsoft Excel

Pour cela, lancer « Excel » et charger le fichier 1CF1MC1E situé dans « Mes documents \ TP \ 1ère année \ Cueille-fruits \ ».

Rappel : exemple de syntaxe à utiliser : =(500+2*racine(cos(radians(A1))))/2 où la fonction « radians » convertit le contenu de la cellule A1 exprimé en degrés.

Calculer x_0 et x_{90} en entrant leur « formule » dans les cellules E3 et E4

Tracer la courbe $n_{34} = f(\theta_{51})$

Entrer dans la cellule B9 l'expression de n_{34}. Recopier cette cellule dans les cellules Bi, (tirer sur la poignée de la cellule).

Imprimer.

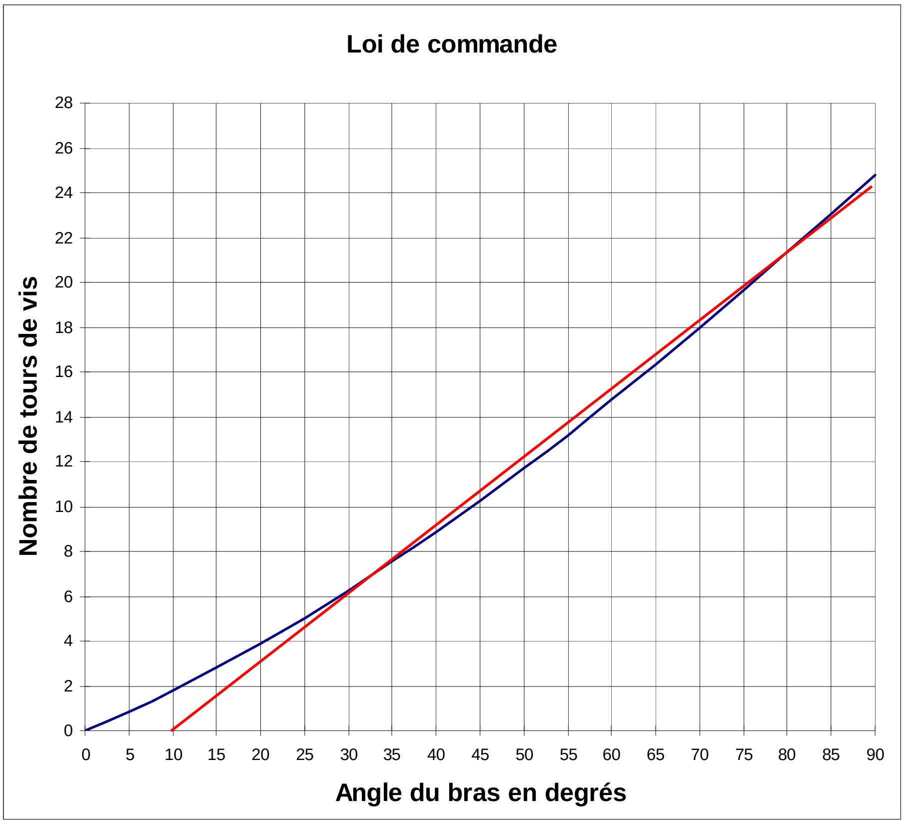
MAXPID - Etude cinématique

Valeur de x0 et x90

a =	79	x0 =	165
b =	103	x90 =	66
θ =	40		

Nombre de tours de vis nécéssaires pour obtenir l'angle d'inclinaison du bras

θ'51	n34
0	0,000
5	0,861
10	1,797
15	2,805
20	3,885
25	5,033
30	6,247
35	7,525
40	8,863
45	10,259
50	11,709
55	13,210
60	14,758
65	16,350
70	17,979
75	19,642
80	21,332
85	23,042
90	24,763



<u>Ne pas sauvegarder en quittant Excel</u>

Loi de commande linéaire

Pour que la commande de cette chaîne asservie soit plus simple, une relation linéaire entre les paramètres d'entrée et de sortie est souhaitable. En situation réelle le bras du robot évolue entre 30° et 90°. Tracer la droite qui modélise au mieux la loi de commande. Donner la fonction correspondante.

$$\begin{matrix} y_1 = ax_1 + b \\ y_2 = ax_2 + b \end{matrix} \Rightarrow a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{24{,}5 - 0}{90 - 10} = 0{,}3 \quad ; \quad b = y_1 - ax_1 = 0 - 0{,}3 \times 10 = -3$$

soit $\boxed{n_{34} = 0{,}3\theta_{51} - 3}$ avec n_{34} en tours et θ_{51} en degrés.

3. Cinématique

Déterminer $\vec{\Omega}_{5/1}$ en fonction de x et $\dot{x}$

$x^2 = a^2 + b^2 - 2ab\sin\theta_{51}$ soit $\sin\theta_{51} = \dfrac{a^2 + b^2 - x^2}{2ab}$ expression que l'on dérive

$$\dot{\theta}_{51}\cos\theta_{51} = -\frac{x\dot{x}}{ab} \quad ; \quad \dot{\theta}_{51} = -\frac{x\dot{x}}{ab\cos\theta_{51}} = -\frac{x\dot{x}}{ab\sqrt{1-\sin^2\theta_{51}}} \quad \text{soit} \quad \boxed{\dot{\theta}_{51} = -\frac{2x\dot{x}}{\sqrt{4a^2b^2 - (a^2 + b^2 - x^2)^2}}}$$

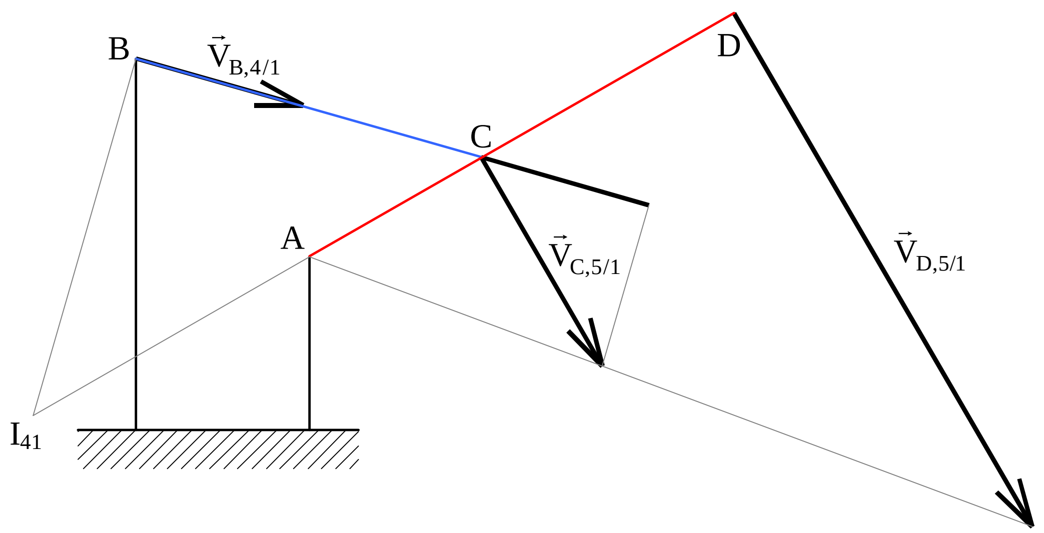
Déterminer la vitesse du point D du bras situé à une distance d de A en fonction de $\dot{\theta}_{51}$.

$$\boxed{\vec{V}_{D\in 5/1} = d\dot{\theta}_{51}\vec{y}_5}$$

Déterminer la vitesse du point B de l'écrou 4 dans son mouvement par rapport à 1.

$$\vec{V}_{B\in 4/1} = \vec{V}_{B\in 4/3} + \vec{V}_{B\in 3/2} + \vec{V}_{B\in 2/1} = \dot{x}\vec{x}_3 + \vec{0} + \vec{0} \quad ; \quad \boxed{\vec{V}_{B\in 4/1} = \dot{x}\vec{x}_3}$$

Sur la figure ci-dessous, déterminer graphiquement $\vec{V}_{D\in 5/1}$. On représentera $\dot{x}$ par 30 mm et on supposera que le bras se baisse.



Placer I_{41} CIR de 4/1

Justifier les constructions

$\vec{V}_{C\in 5/1} = \vec{V}_{C\in 4/1}$. On obtient $\vec{V}_{C\in 4/1}$ par équiprojectivité sur BC avec $\vec{V}_{B\in 4/1}$.

I_{41} est à l'intersection des normales aux vitesses.