

Tutorat d'ouverture

Formuler brièvement la problématique :

PARAGRAPHE 1 :

Vous venez d'être embauché comme ingénieur par l'entreprise CSD spécialisée dans la Commande de Systèmes Dynamiques. Vous êtes affecté à la division de robotique sous la direction de Sammy qui est spécialiste en commande de robots. La division de robotique de CSD vient de signer un contrat avec une entreprise CRM qui Construit des Robots Manipulateurs. CRM demande à CSD de lui développer un système de commande de son robot représenté à la figure 1, afin que l'extrémité A puisse effectuer des mouvements de consigne donnés. CRM est particulièrement intéressée par des mouvements de A sur des plans horizontaux et verticaux, par exemple pour peindre finement des petites surfaces planes. Comme il est occupé par d'autres tâches, Sammy vous confie le mandat de vous occuper du projet contracté avec CRM.

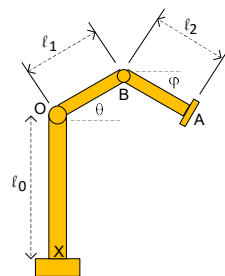


Figure 1. Pour cette configuration, $\theta > 0$ et $\varphi < 0$

Q Que faut-il faire ?

R Concevoir et évaluer le robot

PARAGRAPHE 2 :

Après une première étude du robot fourni par CRM, vous apprenez que les points X, O, B et A sont sur un même plan, qu'on peut appeler le plan du robot. Vous apprenez aussi que les mouvements du robot sont commandés à l'aide de trois moteurs. Le 1^{er} moteur M_x commande la rotation du bras vertical XO autour de l'axe XO. Le 2^{ème} moteur M_O commande la rotation du bras OB par rapport au bras XO, autour de l'axe horizontal passant par O et perpendiculaire au plan du robot. Le 3^{ème} moteur M_B commande la rotation du bras BA par rapport au bras OB, autour de l'axe horizontal passant par B et perpendiculaire au plan du robot. Avec l'accord de Samy, vous commencez par étudier les mouvements 2D du robot où seuls OB et BA bougent. Les mouvements en 3D seront étudiés dans une phase ultérieure qui n'est pas traitée ici.

Q Combien y a-t-il de moteurs dans le robot ?

R 3 moteurs

Q Quels moteurs sont utilisés ?

R 2 moteurs (O, B)

Q Sur quel espace évolue l'extrémité du robot ?

R le plan x, y

PARAGRAPHE 3 :

En révisant vos cours antérieurs de mécanique, vous comprenez que votre étude doit se faire en deux phases : étudier d'abord la cinématique et ensuite la statique et la dynamique du robot. En cinématique, vous avez à déterminer les équations analytiques reliant les mouvements angulaires de OB et BA au mouvement linéaire de A. Plus précisément, il faut : déterminer les vecteurs position, vitesse et accélération linéaires de A en fonction des longueurs l_1 et l_2 , des angles θ et φ et des vitesses et des accélérations angulaires correspondantes.

Q Quelles sont les phases d'étude ?

R Cinématique \rightarrow Statique \rightarrow dynamique

Q Que signifie la cinématique ?

R tout ce qui traite l'évolution des mouvements

Q Que signifie la statique ?

R l'étude des forces appliquées sur un objet stationnaire

Q Que signifie la dynamique ?

R même affaire statique mais en mouvement

Q Que faut-il faire ?

R Déterminer les positions, vitesses, accélérations en fonction des longueurs l_1 et l_2 des angles θ et φ et des vitesses et des accélérations angulaires correspondantes $\dot{\theta}$, $\dot{\varphi}$, $\ddot{\theta}$, $\ddot{\varphi}$

PARAGRAPHE 4 :

Comme CRM est intéressé par des mouvements de A sur des plans horizontaux et verticaux, il est naturel d'exploiter les équations de cinématique obtenues pour étudier des mouvements rectilignes horizontaux et verticaux de A. Pour simplifier, vous considérerez seulement le cas où la vitesse angulaire ω_{OB} de OB est constante et tiendrez compte du fait que $l_1 = l_2$. Il est convenu d'étudier le mouvement horizontal de A à la hauteur de O et le mouvement vertical de A à la distance l_1 du bras XO. Pour chacun de ces deux mouvements de A, il faut déterminer la relation entre θ et φ et calculer les vecteurs position et vitesse linéaires de A en fonction de l_1 , θ et ω_{OB} .

Pour le mouvement horizontal, il faut aussi déterminer l'accélération linéaire de A en fonction de l_1 , θ et ω_{OB} .

Q Quelles hypothèses sont faites ?

R $l_1 = l_2$
 $\omega_{OB} = \text{constante}$

Q Quels types de mouvement de l'extrémité A sont étudiés ?

R Horizontal à la même hauteur que O  toujours sur l'axe à hauteur de

Q Quels types de mouvement de l'extrémité A sont étudiés ?

R Vertical à la longueur l

Q Que faut-il faire pour chaque type de mouvement de A étudié ?

R mettre chaque constant pour combiner les deux et permettre de savoir tout les points

$$\begin{aligned} \vec{OA} &= \vec{OB} + \vec{BA} \\ \vec{v}_A &= \vec{v}_B + \vec{v}_{A/B} \\ \vec{a}_A &= \vec{a}_B + \vec{a}_{A/B} \end{aligned}$$

PARAGRAPHE 5 :

Comme le mouvement de A est commandé par les moteurs M_O et M_B , il faudra déterminer la relation entre les évolutions de θ et φ et les commandes en rotation de M_O et M_B .

Q Que faut-il faire ?

R trouver la relation d'angle
les moteurs sont commandés par angle

PARAGRAPHE 6 :

Vous décidez d'illustrer vos résultats des deux mouvements à l'aide d'un logiciel et il est convenu d'utiliser MATLAB. Vous produirez des courbes de l'évolution des vecteurs position, vitesse et accélération linéaires de A calculés, le tout en fonction de θ lorsque θ évolue de 0 à $\pi/3$. On a $l_0 = 50$ cm, $l_1 = l_2 = 25$ cm et on prendra $\omega_{OB} = 25$ rad/s. Pour être clair, vous dessinerez les configurations initiale et finale du robot, c'est-à-dire pour $\theta=0$ et $\theta=\pi/3$.

Q Que faut-il faire ?

R produire des courbes d'évolution

PARAGRAPHE 7 :

Après l'étude de la cinématique du robot, vous revoyez vos cours de mécanique afin de vous préparer à étudier la statique et la dynamique du robot. Il s'agit de déterminer les forces et les couples nécessaires pour maintenir le robot en équilibre ou lui donner un mouvement donné. On considère le cas où le robot porte un objet O_A à son extrémité A. Vous convenez avec Samy de faire les hypothèses suivantes : les bras OB et BA sont approximatés par des tiges minces uniformes, O_A , M_O et M_B sont approximatés par des sphères de dimensions négligeables par rapport à l_1 et l_2 . Ces hypothèses seront réduites dans une phase ultérieure qui n'est pas étudiée ici. Les masses de OB, BA, M_O , M_B et O_A sont respectivement désignées par m_{OB} , m_{BA} , m_O , m_B et m_A .

Q Que signifie la statique ?

R

Q Que signifie la dynamique ?

R

Q Que signifie l'équilibre ?

R avoir des couples qui permettent de ne pas bouger

Q Quelles hypothèses sont faites ?

R les tiges sont uniformes,

Q Quelles grandeurs physiques sont utiles pour étudier la statique et la dynamique ?

R masse, longueur, accélération, force

PARAGRAPHE 8 :

On considère la force F_B et le couple C_B exercés sur l'extrémité B de BA. F_B est appliquée par OB alors que C_B est appliqué par M_B . Vous convenez avec Samy d'étudier les cas suivants. Il faut déterminer F_B et le moment de C_B en fonction des masses, des angles et de ℓ_1 et ℓ_2 , dans le cas où le robot est immobile. Il faut aussi déterminer F_B et le moment de C_B , dans le cas où BA tourne avec une accélération angulaire constante α_{BA} pendant que OB est immobile.

Q Que faut-il faire ?

R Trouver F_B et C_B à accélération angulaire constante

PARAGRAPHE 9 :

Vous décidez de **illustrer vos résultats à l'aide de MATLAB** en produisant des courbes de l'évolution du moment de C_B dans les cas statique et dynamique, le tout en fonction de φ lorsque φ est compris entre $-\pi/3$ et $\pi/3$. On prendra $\ell_0 = 50$ cm, $\ell_1 = \ell_2 = 25$ cm, $m_A = 100$ g, $m_{BA} = 1$ kg et $\alpha_{BA} = 5$ rad/s².

Q Que faut-il faire ?

R Faire graphique du Couple

Étapes de résolution de la problématique

À partir des réponses apportées aux différentes questions, établissez les étapes de résolution de la problématique :