

Sciences de l'Ingénieur

Etude du robot Cozmo

Présentation

Cozmo est un petit robot étonnamment intelligent contrôlé via smartphone.

Il est muni d'une multitude de capteurs et d'actionneurs lui permettant d'interagir avec son environnement.



Il est fourni avec 3 Power Cubes interactifs qu'il peut soulever et déplacer grâce à sa fourche.

Cinématique

La fourche 4 est animée par l'intermédiaire de quatre bras disposés de part et d'autre du robot. Seul le bras 1 du côté droit du robot est motorisé.

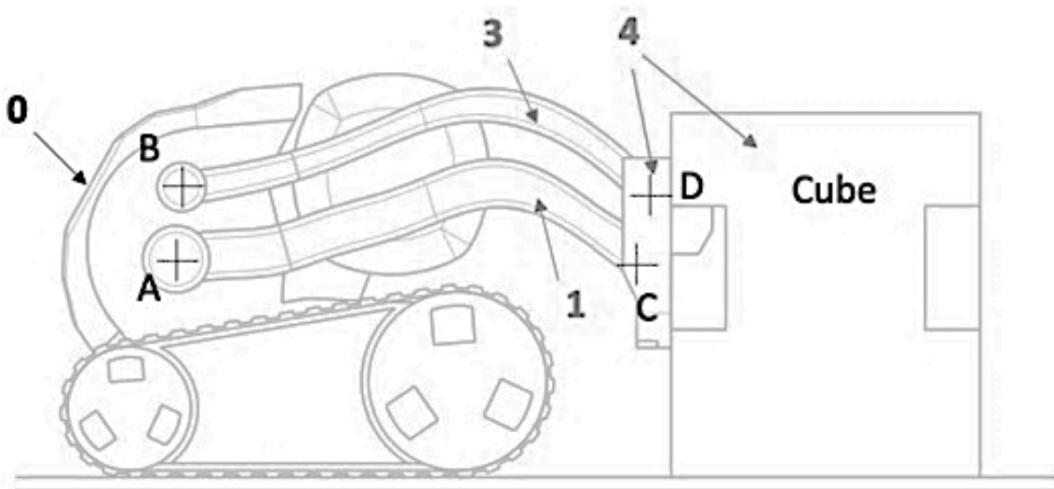


figure 1 : schéma cinématique plan du robot Cozmo

Données et Hypothèses :

- L'ensemble des quatre bras et de la fourche possèdent un plan de symétrie dans lequel on peut modéliser le mécanisme par un schéma cinématique plan.
- Durant la phase de levage d'un cube on considère que le cube est solidaire de la fourche 4.
- On remarque que les centres A, B, C et D des quatre liaisons pivots forment un parallélogramme.
- On donne la longueur des bras 1 et 3 : $AC=BD=58\text{mm}$

Q1 - **Représenter** en couleurs sur la figure 1 le schéma cinématique plan modélisant le mécanisme de levage.

Q2 - **Définir** la nature du mouvement de 1/0.

Q3 - **Décrire** la trajectoire du point C dans le mouvement de 1/0 et la **tracer** sur la figure suivante :

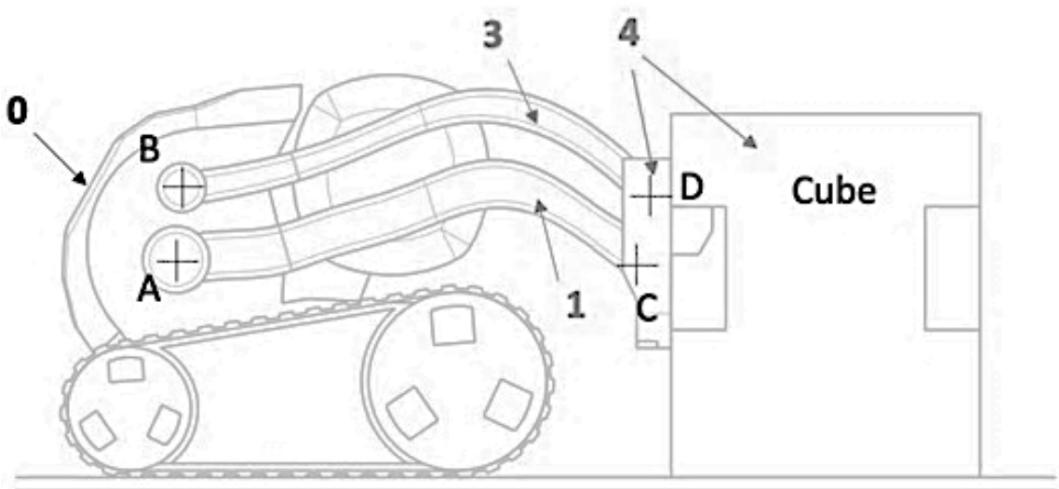


figure 2 : trajectoires et positions du bras 1 et de la fourche 4

Q4 - **Tracer** sur la figure 2 deux positions successives possibles pour les points C et D.

Q5 - **Préciser** alors la nature du mouvement de 4/0, et **conclure** quant à l'orientation des cubes ainsi soulevés.

Q6 - On cherche à déterminer l'amplitude angulaire du bras 1 permettant de soulever le cube verticalement de 50 mm.

- **Tracer** sur la figure 2 la position du point C lorsque le cube est soulevé de 50mm verticalement.
- En **déduire** la valeur de l'amplitude angulaire du bras 1 entre les deux positions basse et haute du cube.

Transmission de puissance

Le bras 1 est motorisé par l'intermédiaire d'un moteur à courant continu et d'un réducteur de vitesse.



figure 3 : chaîne de puissance du bras 1

Notations :

- La puissance mécanique à la sortie du moteur est notée P_m et la puissance mécanique à la sortie du réducteur est notée P_1 ;
- On note k_r le rapport de transmission du bloc réducteur ;
- On note η le rendement du bloc réducteur.

Q7 - Concernant le bloc réducteur, **exprimer** la relation entre la puissance mécanique d'entrée P_m , la puissance de sortie P_1 et le rendement η .

Q8 - Concernant le bloc réducteur, **exprimer** la relation entre les vitesses angulaires ω_m , ω_1 et le rapport de transmission k_r .

Q9 - **Exprimer** les puissances P_m et P_1 en fonction de C_m , C_1 , ω_m et ω_1 .

Q10 - En **déduire** l'expression du couple moteur C_m en fonction du couple C_1 de η et de k_r .

Données :

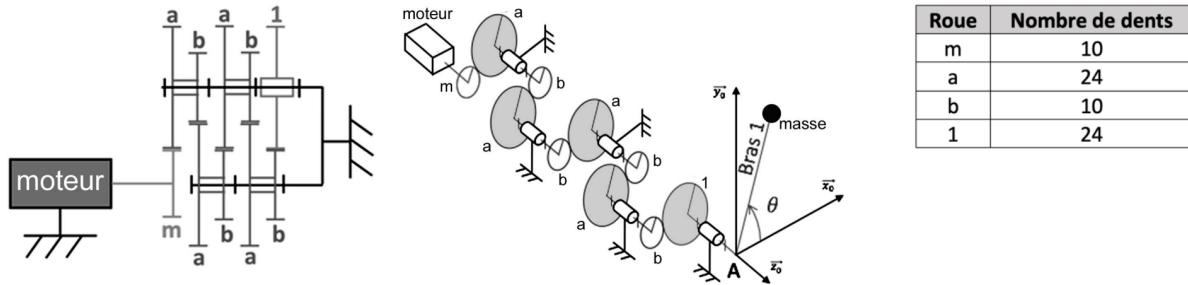


figure 4 : caractéristiques du réducteur

Q11 - **Calculer** la valeur du rapport de transmission k_r .

Q12 - Sachant que l'angle θ du bras 1 varie de 0° à 60° en 16s lors du levage d'un cube, **calculer** la vitesse angulaire ω_1 en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q13 - En **déduire** la valeur de ω_m .

Données :

Une étude des forces permet d'établir l'expression du couple moteur C_m maximal :

$$C_{m_{max}} = m \times g \times d_{AG} \times \frac{k}{\eta}$$

avec $m = 150 \text{ g}$, $d_{AG} = 8 \text{ cm}$, $\frac{k}{\eta} = \frac{1}{67}$, $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Q14 - **Faire** l'application numérique pour **déterminer** la valeur du couple moteur maximum $C_{m_{max}}$ utile en $\text{N}\cdot\text{m}$.

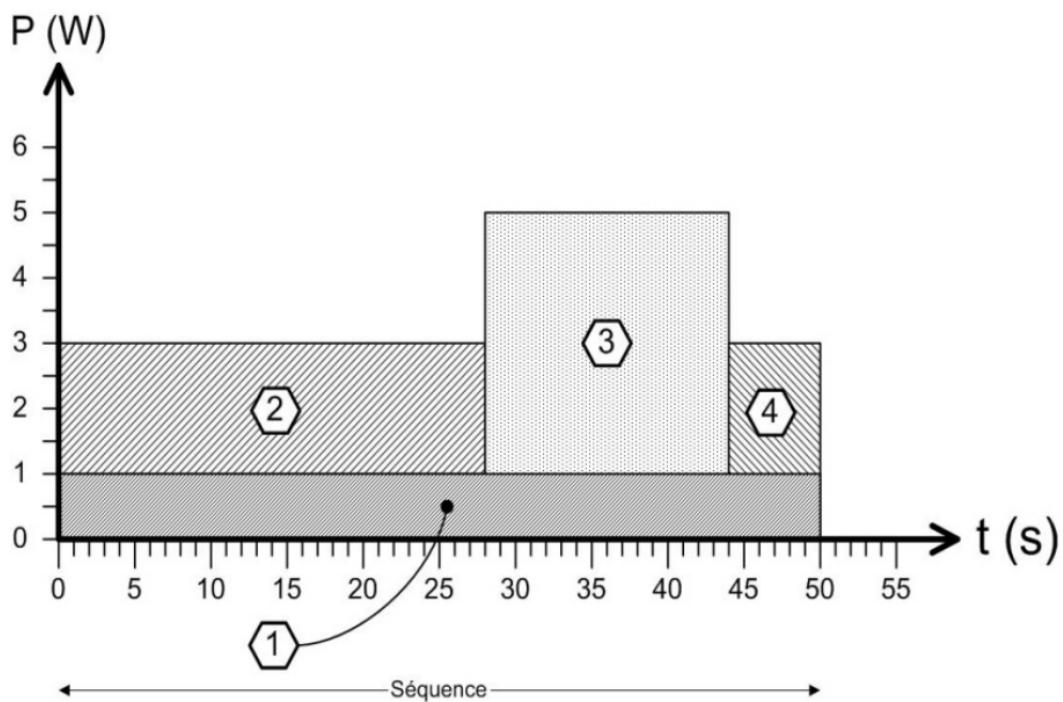
Q15 - En **déduire** la valeur de la puissance nécessaire pour le moteur afin de soulever la charge.

Energétique

Le robot Cosmo est programmé pour répéter une séquence de trois mouvements distincts.

①	carte électronique de commande	
②	1 ^{er} mouvement	avancer en ligne droite sur 1,5 m
③	2 ^{ème} mouvement	soulever un cube
④	3 ^{ème} mouvement	abaisser le cube

figure 5 : graphe des puissances d'une séquence



Pendant la durée totale d'une seule séquence, les puissances moyennes absorbées par les moteurs et la carte électronique de commande se décomposent comme le montre la figure 5.

La batterie est de type Lithium-Polymère avec une capacité Q égale à 620 mAh. On considère que la tension délivrée par la batterie est constante et égale à 4V.

Q16 - **Déterminer** l'énergie totale E_{bat} consommée par la batterie durant une seule séquence.

Q17 - **Calculer** la puissance moyenne $P_{bat,moy}$ fournie par la batterie quand le robot réalise une séquence.

Q18 - **Calculer** l'intensité moyenne du courant I_{moy} débitée par la batterie quand le robot réalise une séquence.

Q19 - **Déterminer** la charge C_{20} de la batterie quand elle représente 20 % de sa capacité.

Q20 - **Déterminer** le nombre de séquences que pourra effectuer le robot avant que la charge de la batterie soit réduite à 20 % de sa capacité.

Traitement de l'information

Les arbres de transmission des roues motrices gauche et droite du robot Cozmo sont équipés chacun d'une roue dentée de 10 dents.

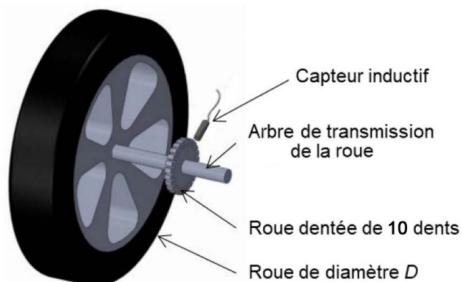


figure 6 : principe de mesure de vitesse de roues motrice

Pour chacune des 2 roues motrices, un capteur inductif, placé perpendiculairement à l'axe de la roue dentée, fournit un signal numérique rectangulaire au passage de chaque dent.

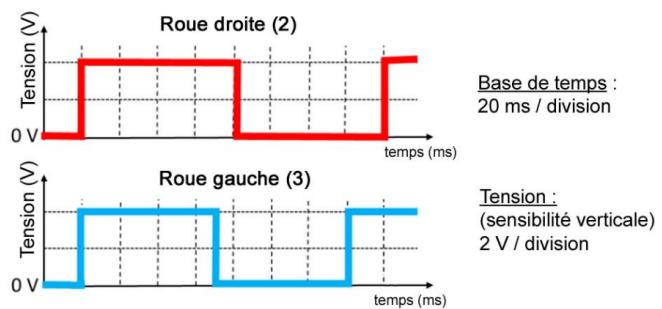


figure 7 : relevé des signaux des capteurs

Lors d'un virage une des 2 roues motrices tourne plus ou moins vite que l'autre, les 2 signaux numériques fournis par les capteurs inductifs sont différents.

Le chronogramme de la figure 7 représente un relevé des signaux issus des deux capteurs inductifs à une vitesse constante du robot lors d'un virage.

Q21 - **Mesurer** les 2 périodes des signaux puis en **déduire** les nombres d'impulsions sur une fenêtre de temps de 2 secondes.

Q22 - **Préciser** en justifiant quel est le type de déplacement (ligne droite, virage à droite, virage à gauche) du robot à l'aide du relevé de la figure 7

En sortie du capteur inductif, il est nécessaire d'adapter la tension délivrée pour être conforme aux caractéristiques des entrées numériques du microcontrôleur.

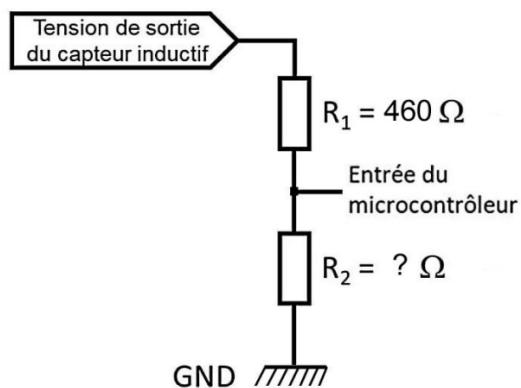


figure 8 : adaptation de la tension captée

La structure, figure 8, permet d'adapter la tension issue du capteur inductif en une tension comprise entre 0 V et 2 V en entrée du microcontrôleur.

Le courant dévié vers l'entrée du microcontrôleur est considéré comme nul.

Q23 - **Nommer** cette structure et **exprimer** la relation entre la tension de sortie du capteur $U_{capteur}$, la tension d'entrée du microcontrôleur $U_{\mu c}$ et les résistances R_1 et R_2 .

Q22 - **Mesurer** l'amplitude du signal en sortie du capteur sur la figure 7 et **déterminer** la valeur de la résistance R_2 afin que la tension du signal à l'entrée du microcontrôleur soit comprise entre 0 V et 2 V.

Q24 - A l'entrée du microcontrôleur, le signal analogique $U_{\mu c}$ est alors converti en mot numérique $N_{\mu c}$ sur 8 bits. Sachant qu'un signal d'entrée à la tension de pleine échelle du microcontrôleur qui est de 3 V correspond au mot numérique $N_{\mu c3} = 255$ en décimal, **déterminer** le mot numérique $N_{\mu c2}$ correspondant 2 V en décimal, binaire et hexadécimal.

Q25 - On définit en python les fonctions `soulever()`, `abaisser()` et `avancer(distance)` qui prend en paramètre la valeur en mm de la distance que le robot doit parcourir. Ecrire un programme qui commande à Cozmo d'effectuer 3 fois la séquence de la figure 5.

Q26 - **Imaginer** une solution pour définir la fonction `avancer(distance)` en prenant en compte les informations provenant des capteurs inductifs des roues motrices.