

Toutes les réponses seront faites sur le document réponse joint au sujet. Le barème donné par exercice est approximatif et pourra être modifié.

Exercice I : Mécanique (sur 23 points)

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. 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.

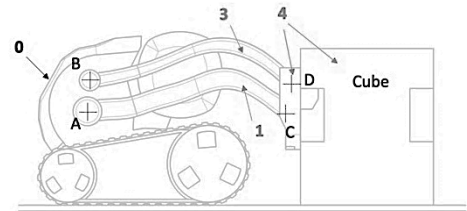


Fig.1 : robot Cozmo

Données et Hypothèses :

- L'ensemble des quatre bras et de la fourche possèdent un plan de symétrie dans lequel on peut représenter le mécanisme par le schéma cinématique plan (voir figure 3 sur le document réponse)
- 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** : $AC=BD=58\text{mm}$

I-1- Durant la phase de levage du cube donner la nature du mouvement de **1/0**

Tracer la trajectoire du point C dans le mouvement de **1/0**

I-2- Durant la phase de levage du cube donner la nature du mouvement de **4/0**

I-3- On cherche à déterminer l'amplitude angulaire du bras **1** permettant de soulever le cube verticalement de **50 mm**.

- Tracer 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.

Données et Hypothèses :

- Pour l'étude suivante on travaille avec un modèle très simplifié du mécanisme, on ne considère qu'un seul bras **1** en liaison pivot d'axe (A, \vec{z}_0) par rapport au châssis (voir figure 2).
- On considère que le cube est solidaire du bras **1** et que sa masse **m** est concentrée au point **G**
- On note **R** la distance entre les points A et G et θ l'angle que fait le bras **1** avec l'horizontale \vec{x}_0
- Le bras **1** est motorisé par l'intermédiaire d'un moteur à courant continu et d'un réducteur de vitesse (voir figure 4).

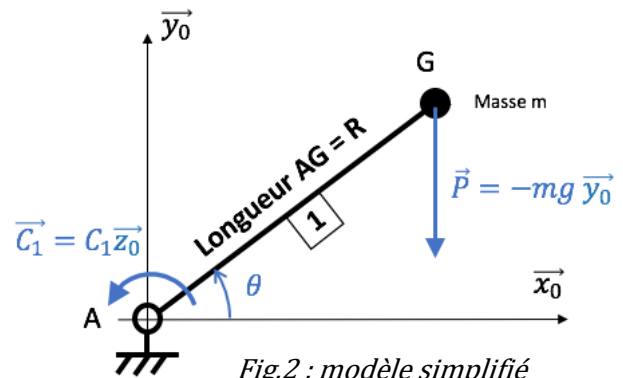


Fig.2 : modèle simplifié

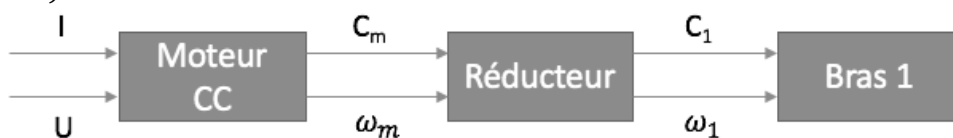


Fig.4 : chaîne d'énergie

- 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 le rapport de transmission du bloc Réducteur
- On note η le rendement du bloc Réducteur

I-4- Concernant le bloc Réducteur, exprimer la relation entre les puissances mécaniques d'entrée P_m , la puissance de sortie P_1 et le rendement η

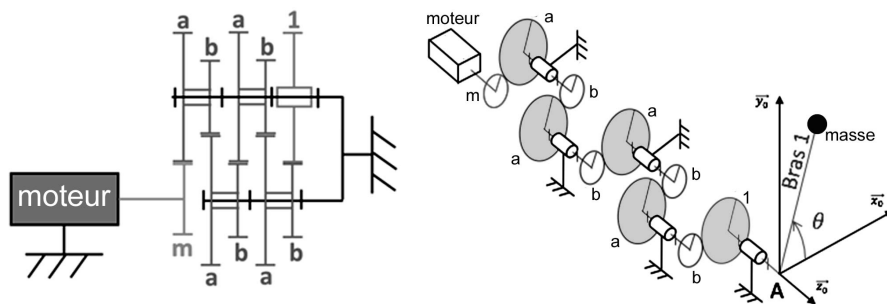
I-5- Concernant le bloc Réducteur, exprimer la relation entre les vitesses angulaires ω_m , ω_1 et le rapport de transmission k

I-6- Exprimer les puissances P_m et P_1 en fonction de C_m , C_1 , ω_m et ω_1

I-7- Exprimer le couple moteur C_m en fonction du couple C_1 de η et de k

Données :

On donne les caractéristiques du réducteur ci-dessous



| Roue | Nombre de dents |
|------|-----------------|
| m | 10 |
| a | 24 |
| b | 10 |
| 1 | 24 |

Fig.5 : caractéristiques du réducteur

I-8- Calculer la valeur du rapport de transmission k

Données :

Les actions mécaniques extérieures agissant sur le bras 1 sont : (voir figure 2)

- L'action de θ sur 1 dans la liaison pivot (A, \vec{z}_0) qui est modélisée par une force \vec{A}_{01} non représentée sur la figure 2
- L'action du motoréducteur sur 1 qui est modélisée par un couple $\vec{C}_1 = C_1 \vec{z}_0$
- L'action de la pesanteur sur 1 modélisée par une force $\vec{P} = -mg \vec{y}_0$

I-9- Déterminer le moment du poids \vec{P} par rapport au point A : $M_{(A, \vec{P})}$ en fonction de m , g , R et θ .

I-10- En considérant que le bras 1 est à l'équilibre, appliquer le PFS et écrire la relation entre le couple C_1 et le moment $M_{(A, \vec{P})}$

I-11- En considérant que l'angle θ varie entre 0° et 60° , déterminer la valeur de θ pour laquelle la valeur du couple C_1 est maximale

On obtient finalement la relation suivante du couple C_m maximal : $C_{m-max} = m \cdot g \cdot R \cdot \frac{k}{\eta}$

Données : $m = 150g$; $R = 8cm$; $\frac{k}{\eta} = \frac{1}{67}$; $g = 9,81m \cdot s^{-2}$

I-12- Faire l'application numérique pour exprimer le couple moteur C_{m-max} en $N \cdot m$

Exercice II : Energétique (sur 11 points)

Le robot cosmo est programmé pour répéter une séquence de trois mouvements distincts. 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 6.

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

| | | |
|---|--------------------------------|-----------------------------------|
| 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 |

II-1- Déterminer l'énergie E_{bat} consommée par la batterie durant une seule séquence

II-2- Déterminer et calculer la puissance moyenne $P_{bat,moy}$ fournie par la batterie quand le robot réalise une séquence

II-3- Calculer l'intensité moyenne du courant I_{moy} débitée par la batterie quand le robot réalise une séquence.

II-4- Déterminer la charge C_{20} de la batterie quand elle représente 20 % de sa capacité.

II-5- Déterminer le nombre de séquences que pourra effectuer le robot avant que la charge de la batterie soit réduite à 20 % de sa capacité.

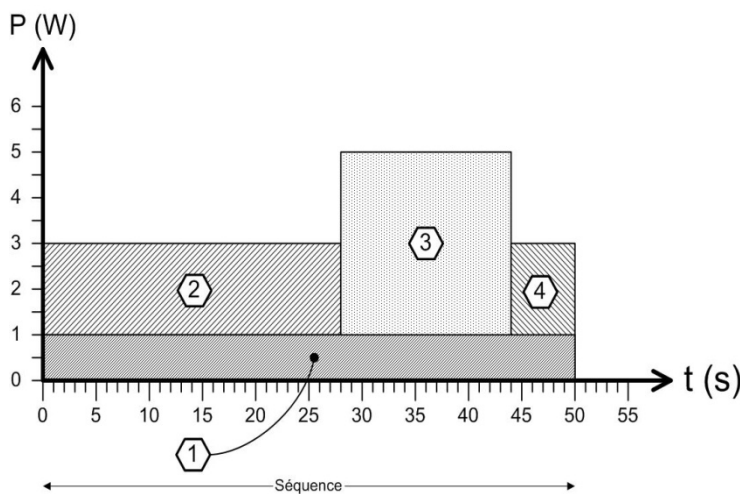


Fig. 6 : graphe des puissances

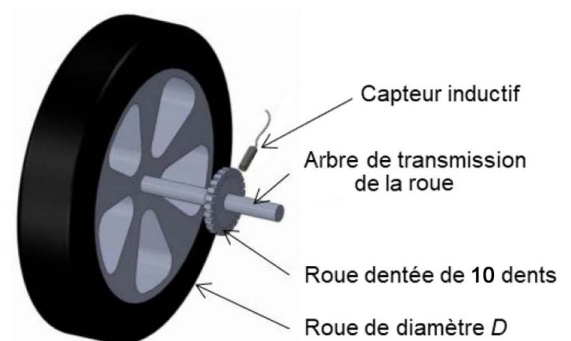


Fig. 7 : principe de mesure de vitesse de roues motrice

Exercice III : Electricité (sur 6 points)

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

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. Voir figure 7.

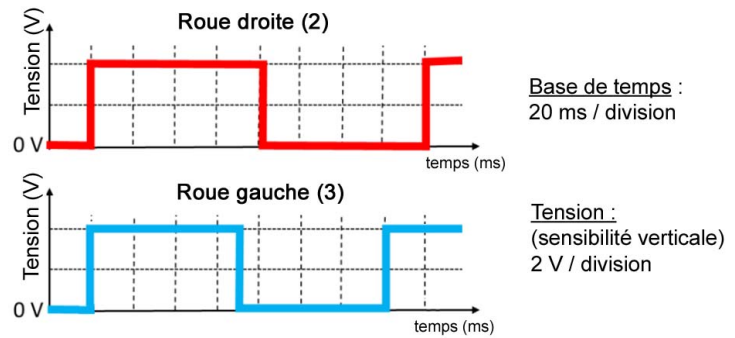


Fig. 8 : relevé des signaux des capteurs

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 8 représente un relevé des signaux issus des deux capteurs inductifs à une vitesse constante du robot lors d'un virage.

III-1- Mesurer les 2 périodes des signaux puis en déduire les nombres d'impulsions sur une fenêtre de temps de **2** secondes.

III-2- 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 8.

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

La structure, figure 9, permet d'adapter (diviser) la tension issue du capteur inductif en une tension comprise entre 0V et 2 V. en entrée du microcontrôleur.

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

III-3- Mesurer l'amplitude du signal en sortie du capteur sur la figure 8 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**.

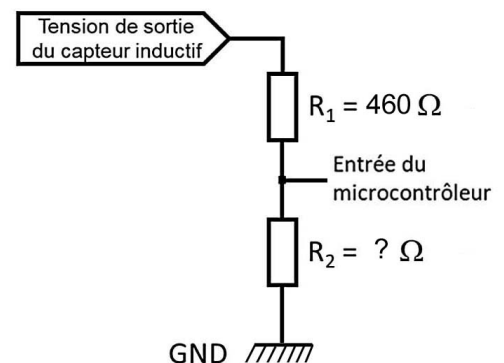


Fig. 9 : adaptation de la tension captée