

ROBOT TONDEUR VITIROVER



1. Sous-partie 1 : bilan énergétique du robot

Les objectifs de cette partie sont d'**estimer** l'autonomie du robot et de **valider** le dimensionnement des éléments fournissant l'énergie nécessaire à son fonctionnement.

Question 1.	Pour les conditions maximales d'ensoleillement, relever la puissance maximale fournie par le panneau photovoltaïque.
figure 3	En déduire la quantité d'énergie maximale utilisable par le robot chaque jour W_u pour qu'il soit autonome.

On relève sur la courbe de puissance $P_{\text{Maxi}} = 30 \text{ W} \Rightarrow W_P = P_{\text{Maxi}} \times 3 = 90 \text{ W}\cdot\text{h}$

La quantité d'énergie maximale utilisable chaque jour par le robot pour être autonome est donc : $W_u = 90 \text{ W}\cdot\text{h}$

Question 2.	À partir des valeurs des caractéristiques nominales de la batterie du robot données figure 2 (id 1.1.1), calculer la quantité d'énergie nominale W_{batt} emmagasinée dans la batterie.
figure 3	

Sur le diagramme des exigences figure 3 : $Q_{\text{batt}} = 49000 \text{ mA}\cdot\text{h}$ et $U_{\text{batt}} = 14,4 \text{ V}$

$$W_{\text{batt}} = Q_{\text{batt}} \times U_{\text{batt}} = 49 \times 14,4 = 705,60 \text{ W}\cdot\text{h}$$

Question 3.	Calculer la valeur moyenne dans ce cas typique de fonctionnement de la tension aux bornes d'un moteur de coupe U_{cmoy} si l'on suppose que la batterie est dans les conditions nominales.
figure 4	

$$U_{\text{cmoy}} = U_{\text{batt}} \times 0,5 = 14,4 \times 0,5 = 7,2 \text{ V}$$

Question 4.	Calculer la puissance moyenne P_{cmoy} consommée par l'ensemble des moteurs de coupe.
-------------	--

$$P_{\text{cmoy}} = 3 \times U_{\text{cmoy}} \times I_{\text{cmoy}} = 3 \times 7,2 \times 1,3125 = 28,35 \text{ W}$$

Question 5.	Déterminer U_{amoy} , puis calculer la puissance moyenne P_{amoy} consommée par l'ensemble des moteurs d'avance du robot si l'on suppose que la batterie est dans les conditions nominales.
-------------	---

$$U_{\text{amoy}} = U_{\text{batt}} \times 0,6 = 8,64 \text{ V}$$

$$P_{\text{amoy}} = 4 \times U_{\text{amoy}} \times I_{\text{amoy}} = 4 \times 8,64 \times 0,2 = 6,912 \text{ W}$$

Question 6.	Si l'on suppose que la puissance consommée par la carte électronique de traitement P_e est égale à 1,5 W, calculer P_{tmoy} la puissance totale moyenne consommée par le robot dans les conditions étudiées précédemment.	Si l'on suppose que la puissance consommée par la carte électronique de traitement P_e est égale à 1,5 W, calculer P_{tmoy} la puissance totale moyenne consommée par le robot dans les conditions étudiées précédemment.
-------------	--	--

$$P_{\text{tmoy}} = P_e + P_{\text{amoy}} + P_{\text{cmoy}} = 1,5 + 6,912 + 28,35 = 36,762 \text{ W}$$

Question 7.	Calculer l'énergie consommée W_c par le robot sur un temps d'utilisation de 24 heures.
-------------	--

$$W_c = P_{\text{tmoy}} \times 24 = 882,288 \text{ W}\cdot\text{h}$$

Question 8.	Au regard des apports énergétiques quotidiens fournis par le panneau photovoltaïque et l'énergie disponible dans la batterie, le robot est-il autonome énergétiquement ? L'hypothèse d'une moyenne d'ensoleillement de 3 h à $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ par jour est-elle judicieuse compte tenu de la période d'utilisation du robot ?
-------------	---

Non, le robot n'est pas autonome car la consommation s'élève à $882 \text{ W}\cdot\text{h}$ alors que le panneau apporte $90 \text{ W}\cdot\text{h}$ et que la capacité de la batterie est de $705 \text{ W}\cdot\text{h}$. Toute cette énergie disponible serait consommée en une journée de fonctionnement.

Le robot est utilisé au printemps et été ; il est généralement soumis à un meilleur ensoleillement que celui proposé de 3h par jour à $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, moyenne effectuée sur une année entière.

Question 9.	Déduire de la question précédente l'intérêt de l'intervention du berger pendant la période de tonte..
figure 5	

Le berger intervient pour définir la limitation de la parcelle et la gestion des aléas de fonctionnement comme par exemple changer les batteries.

2. Sous-partie 2 : étude de l'avancement du robot

L'objectif de cette partie est de **valider** la transmission de puissance pour l'avancement du robot au regard des exigences attendues.

Question 10.	La valeur imposée par le diagramme des exigences (id 1.2.5) satisfait-elle à la capacité de tonte moyenne nécessaire ?
figure 1	

Capacité de tonte minimale relevée dans le diagramme des exigences : $300 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$

La capacité minimale imposée dans le diagramme des exigences est supérieure à la valeur théorique estimée ($200 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$) elle permet donc dans des conditions optimales de tondre une superficie de 20 hectares en douze jours.

la vitesse moyenne constante de déplacement du robot est fixée à :

$$\|\vec{V}_{\text{Robot/sol}}\| = 500 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$$

Question 11.	À partir des données sur la transmission de puissance, déterminer :
	- la vitesse angulaire $\omega_{\text{roue/châssis}}$ (en $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$) de chaque roue ; - la fréquence de rotation N_{mot} (en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$) du moteur.

$$V_{\text{robot}} = 500 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1} \Rightarrow V_{\text{robot}} = 500 / 3600 = 0,14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\omega_{\text{roue}} = V_{\text{robot}} / R_{\text{roue}} \Rightarrow \omega_{\text{roue}} = 0,14 / 0,09 \Rightarrow \omega_{\text{roue}} = 1,56 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \text{Rapport de réduction} &= \omega_{\text{moteur}} / \omega_{\text{roue}} \Rightarrow \omega_{\text{moteur}} = 186 \times \omega_{\text{roue}} = 186 \times 1,56 \\ &\Rightarrow \omega_{\text{moteur}} = 290 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\omega_{\text{moteur}} = \pi \times N_{\text{moteur}} / 30 \Rightarrow N_{\text{moteur}} = 30 \times 290 / \pi \Rightarrow N_{\text{moteur}} = 2769 \text{ tr} \cdot \text{mn}^{-1}$$

Pour ce qui suit, la fréquence de rotation du moteur est fixée à : $N_{\text{mot}} = 2800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

Paramétrage du modèle :

Question 12.	Préciser quel type de grandeur physique est appliqué sur l'entrée nommée « perturbation ramenée à l'arbre » du modèle partiel. Déterminer les valeurs à affecter aux paramètres K_e et K_i pour le moteur choisi de tension nominale 18 V.
figure 8,9 et 10	

La grandeur physique appliquée sur l'entrée nommée perturbation est un couple (ou moment).

Il faut :

$$K_e = 1 / (2 \cdot \pi \cdot 320) = 0,0298$$

$$K_i = 29,9 \cdot 10^{-3}$$

Question 13.	Au regard du critère de précision défini figure 2 (id 1.2.5) attendu sur la vitesse de déplacement du robot, indiquer si la fréquence de rotation du moteur mesurée en régime permanent est satisfaisante. Justifier la réponse.

Dans le diagramme des exigences, il est précisé pour la capacité de tonte de $300 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ à plus ou moins 3 %.

$$\Rightarrow 2716 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} \leq N_{\text{moteur}} \leq 2884 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

On peut considérer que la réponse convient et est suffisamment précise car la fréquence de rotation du moteur converge rapidement (moins de deux secondes) vers la valeur de consigne.

Vérification du couple moteur

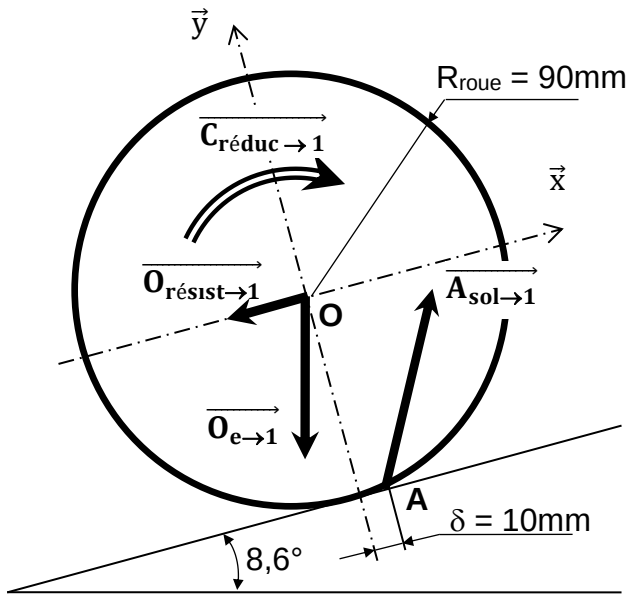


figure 14 : roue 1 isolée,
représentation des actions mécaniques

- $\overrightarrow{C_{reduc \rightarrow 1}}$, couple appliqué sur l'axe de la roue

$$\{\tau_{reduc \rightarrow 1}\} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -C_{roue} \end{array} \right\}_{(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

- $\overrightarrow{O_{e \rightarrow 1}}$, action de l'essieu sur la roue 1 au point O, résultant du poids du robot (en N)

$$\{\tau_{e \rightarrow 1}\} = \left\{ \begin{array}{c|c} -15 & 0 \\ -98 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

- $\overrightarrow{O_{resist \rightarrow 1}}$, résistance à l'avancement due aux frottements du robot ramenée au point O ; intensité mesurée 8 N

$$\{\tau_{resist \rightarrow 1}\} = \left\{ \begin{array}{c|c} -8 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

- $\overrightarrow{A_{sol \rightarrow 1}}$, action du sol sur la roue 1. L'écrasement du pneu sur le sol décale le point A vers l'avant de $\delta = 10$ mm

$$\{\tau_{sol \rightarrow 1}\} = \left\{ \begin{array}{c|c} X_A & 0 \\ Y_A & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

Question 14.	À partir des relations issues de l'application du principe fondamental de la dynamique, déterminer la valeur de X_A , Y_A et du couple minimal C_{roue} à appliquer à la roue pour gravir la pente de 15 %.
figure 12	

théorème 1, résultante dynamique : $\overrightarrow{O_{resist \rightarrow 1}} + \overrightarrow{O_{e \rightarrow 1}} + \overrightarrow{A_{sol \rightarrow 1}} = \vec{0}$

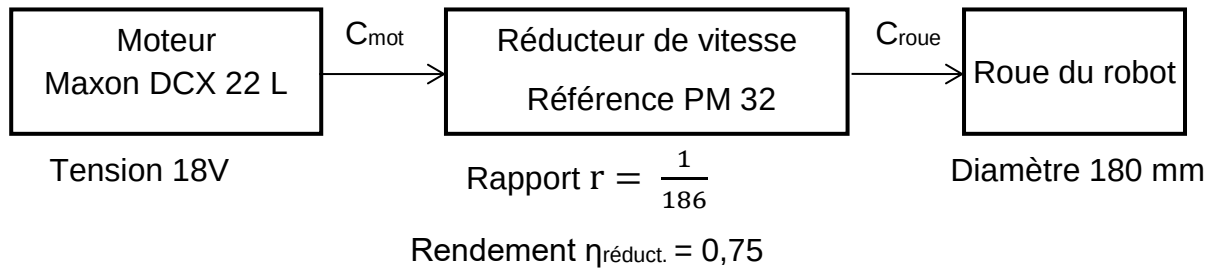
Projection sur l'axe $\vec{x}$: $-8 -15 + X_A = 0 \Rightarrow X_A = 23$ N

Projection sur l'axe $\vec{y}$: $-98 + Y_A = 0 \Rightarrow Y_A = 98$ N

théorème 2, moment dynamique au point O en projection sur $\vec{z}$:

$$-C_{roue} + (R_{roue} \times X_A) + (\delta \times Y_A) = 0$$

$$-C_{roue} + (0,09 \times 23) + (0,01 \times 98) = 0 \Rightarrow C_{roue} = 3,05 \text{ N}\cdot\text{m}$$



Question 15.	À partir des caractéristiques du réducteur de vitesse, calculer le couple moteur minimum C_{mot} nécessaire sur chaque roue.
figure 10	Conclure sur la faculté du robot de gravir la pente annoncée.

$$C_{\text{roue}} = \text{Rapport} \times C_{\text{mot-mini}} \times \eta_{\text{réduct}} \quad \Rightarrow \quad C_{\text{mot-mini}} = C_{\text{roue}} / (\text{Rapport} \times \eta_{\text{réduct}})$$

$$\Rightarrow C_{\text{mot-mini}} = 3,05 / (186 \times 0,75) \Rightarrow C_{\text{mot-mini}} = 0,022 \text{ N}\cdot\text{m} \Rightarrow C_{\text{mot-mini}} = 22 \text{ mN}\cdot\text{m}$$

Le couple moteur nominal disponible sur le moteur DCX 22 L est de 29,8 mN·m ; cette valeur étant supérieure à celle calculée dans les conditions les plus défavorables, les moteurs choisis permettent bien au robot de gravir une pente de 15%

3. Sous-partie 3 : décodage des informations issues de la carte GPS en vue de leur exploitation

L'objectif de cette partie est de **proposer** une solution au décodage de la trame au format texte du GPS pour en extraire la position géographique du robot.

Question 16.	Déduire de la trame du script Python du document réponse DR1, la latitude et la longitude (en degrés minutes), ainsi que l'altitude du lieu identifié par cette trame. Calculer les coordonnées en degrés minutes secondes..
figure 14, DR1	

```
# trame reçue:
trame_recue="$GPGGA,080623.971,4412.471,N,00036.336,E,1,12,1.0,52.25,M,0.0,M,,*48"
```

Pont canal (Agen) :
Altitude : 52,25 m

Coordonnées en degrés/minutes :
44° 12,471' N 0° 36,336' E en degrés minutes

Coordonnées en degrés/minutes/secondes :
44° 12' 28,26" N 0° 36' 20,16" E en degrés minutes secondes

Question 17.	Commenter, sur le document réponse DR1, les trois lignes du programme permettant de récupérer les informations de l'heure d'émission de la trame.
DR1	

[Voir document réponse DR1](#)

Question 18.	Compléter, sur le document réponse DR1, la partie du code de la fonction <code>conversion_long</code> qui permet de convertir la longitude contenue dans la trame en une valeur décimale exploitable par le microcontrôleur.
DR1	

[Voir document réponse DR1](#)

éléments de correction

Document réponse DR1

Questions 17 et 18

Programme Python du décodage d'une trame :

```
# trame reçue :
trame_recue="$GPGLGA,080623.971,4412.471,N,00036.336,E,1,12,1.0,52.25,M,0.0,M,,*48"
# obtention d'une liste d'éléments obtenus par la découpe de la trame
# en identifiant les éléments séparés par le caractère ','
trame=trame_recue.split(",")

def lecture_heure(liste):
# récupération de l'heure à partir d'une chaîne de caractères du type 'HHMMSS'
    heure = (liste[1]) #deuxième terme de la liste, donc d'indice 1

    h=heure[:2]      #l'heure correspond aux 2 premiers caractères
    min=heure[2:4]   #les minutes correspondent aux 2 caractères suivants
    sec=heure[4:]    #les secondes correspondent aux derniers caractères de la liste
    return h,min,sec

def conversion_lat(liste):
# conversion de la latitude en coordonnées décimales
    valeur = float(liste[2]) # troisième terme de la liste, donc d'indice 2
    degre = int(valeur/100)
    minutes = valeur%100      # conserve les chiffres à partir des dizaines vers la droite
    if liste[3]=='N':
        return degre + minutes/60    # latitude Nord, donc positive
    else :
        return -degre - minutes/60   # latitude negative (Sud)

def conversion_long(liste):
# conversion de la longitude en coordonnées décimales
    valeur = float(liste[4]) #cinquième terme de la liste, donc d'indice 4
    degre = int(valeur/100)
    minutes = valeur%100      #conserve les chiffres à partir des dizaines vers la droite
    if liste[5]=='E':
        return degre + minutes/60    #longitude Est, donc positive
    else :
        return -degre - minutes/60   #longitude negative (Ouest)

# extraction de l'heure
heure=lecture_heure(trame)          # heure est une liste de 3 valeurs (h m s)
# extraction et conversion de la latitude
latitude = conversion_lat(trame)    # latitude est un nombre de type float
# extraction et conversion de la longitude
longitude = conversion_long(trame)  # longitude est un nombre de type float
```