

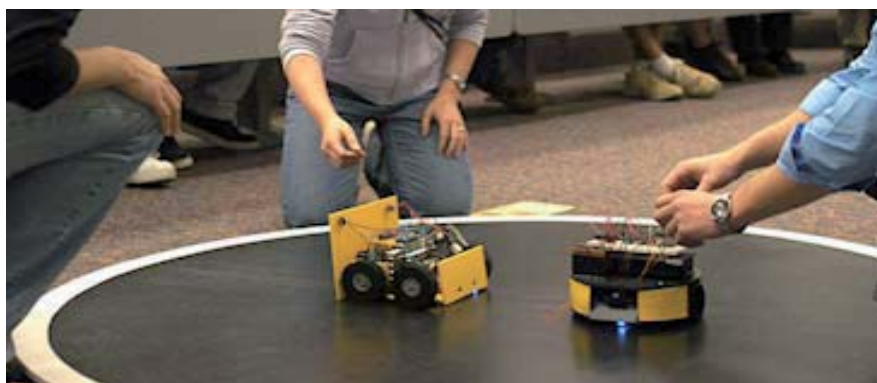
BACCALAUREAT GENERAL
Session 2009
Série S SI

ETUDE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE
Durée de l'épreuve : 4 heures
Coefficient : 4

Aucun document n'est autorisé.

Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante, conformément à la circulaire n° 99-181 du 16 novembre 1999.

Les réponses seront faites sur documents réponses et feuilles de copie fournis aux candidats. Il est conseillé de traiter les différentes parties dans l'ordre.



Composition du sujet :

Un dossier « LE TRAVAIL DEMANDE » :

page 1 à 15

durée conseillée

1 – Présentation de l'étude et du système	20 min
2 – Etude de la détection du robot adverse	30 min
3 – Validation du choix de la motorisation	60 min
4 – Validation des choix stratégiques	60 min
5 – Optimisation de la phase de poussée	40 min
6 – Vérification des capacités de l'énergie embarquée	20 min
7 – Amélioration des performances du robot	10 min

Un dossier « LES DOCUMENTS TECHNIQUES » :

DT0 à DT3

Un dossier « LES DOCUMENTS REPONSES » :

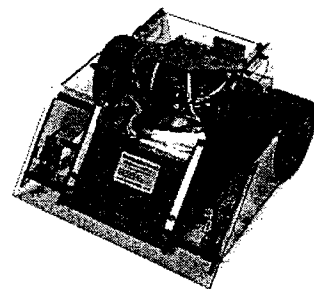
DR1 à DR4

ROBOT SUMO

1 – PRESENTATION DE L'ETUDE ET DU SYSTEME

✍ □ **1.4.1** - Citer quelles sont les solutions technologiques permettant : FT13, FT14 et FT15.

✍ □ **1.4.2** - Citer quelles sont les solutions technologiques permettant : FT22 et FT32

**FP1 : Permettre à votre robot de pousser le robot adverse hors du dohyo****FT 1 :**

SE DEPLACER SUR LE DOHYO

FT 11 :

Stocker l'énergie électrique

Accumulateurs

FT 12 :

Gérer le système

Carte électronique

1 pt

FT 13 :

Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation

Moteur électrique à courant continu 12 V

1 pt

FT 14 :

Adapter l'énergie mécanique de rotation :

- diminuer la vitesse angulaire de rotation
- augmenter le couple

Réducteur

1 pt

FT 15 :

Transformer l'énergie mécanique de rotation en énergie mécanique de translation

Roues motrices

FT 2 :

S'ORIENTER SUR LE DOHYO

FT 21 :

Elaborer une stratégie de déplacement

Programmation

1 pt

FT 22 :

Détecter le bord du dohyo

Capteur à réflexion

FT 3 :

DETECTER LE ROBOT ADVERSE

FT 31 :

Elaborer une stratégie de déplacement

Programmation

1 pt

FT 32 :

Détecter à distance

DELs InfraRouge

2 - DETECTION DU ROBOT ADVERSE SUR LE DOHYO

✍ □ **2.1** - A l'aide des chronogrammes, donner le niveau logique envoyé au microcontrôleur dans le cas ou le robot adverse est détecté.

1 pt

Niveau logique égal à 0.

✍ ☐ **2.2** - En déduire le type de logique adopté.

1 pt

Logique négative. Le niveau haut du signal traduit que le robot adverse n'est pas détecté (état logique 0). Le niveau bas du signal traduit que le robot adverse est détecté (état logique 1).

✍ ☐ **2.3** - A l'aide de la documentation technique DT2, relever la longueur d'onde pour laquelle l'intensité lumineuse des diodes infrarouges est la meilleure. A quelle couleur correspond-elle ?

1 pt

La plage est comprise entre 920 nm et 1000 nm.
La longueur d'onde infrarouge est comprise entre 800 et 1100 nm.
Elle correspond à la couleur infrarouge.

✍ ☐ **2.4** - Déterminer le nombre de périodes par salve que doit générer le microcontrôleur.

2 pts

Fréquence des salves 38kHz. Durée des salves 600 μ s.
Période salves = $1/f = 26\mu$ s.
Nombres de périodes = Période salves/Durée des salves = $26/600 = 22,8$.
Le microcontrôleur doit générer 23 périodes par salves.

✍ ☐ **2.5** - Démontrer que quelque soit le rapport cyclique adopté, la durée d'activation d'une diode infrarouge sera toujours inférieur à $2,6 \cdot 10^{-5}$ s.

1 pt

Quelque soit le rapport cyclique adopté la durée d'activation d'une diode infrarouge sera inférieur à $2,6 \cdot 10^{-5}$ s puisque une période de salve n'excède pas 26 μ s.

1 pt

Si le rapport cyclique est égal à 0,2 alors $I_{\max} = 0,4A$
Si le rapport cyclique est égal à 0,5 alors $I_{\max} = 0,2A$
On adoptera un rapport cyclique de 0,2 pour avoir la plus forte intensité lumineuse et donc obtenir la distance maximale de détection.

✍ ☐ **2.6** - En vous aidant de la documentation technique DT2, déterminer la fréquence centrale f_0 du filtre du récepteur pour avoir la meilleure sensibilité.

1 pt

Fréquence centrale $f_0 = 38$ kHz pour avoir la meilleure sensibilité de 100%.

✍ ☐ **2.7** - Conclure aux regards de la contrainte de détection.

2 pts

La solution technologique pour s'assurer la détection du robot adverse est valide. Il faudra programmer des salves ayant un rapport cyclique de 0,2 à la fréquence $f_0 = 38$ kHz dans la partie du programme gérant la création et l'envoi de salves au module de détection. Dans ces conditions, la distance de détection du robot adverse sera de 20 cm. La contrainte de détection sera donc respectée.

Remarque : l'information sur l'entrée REC du système sera prise en compte dans la partie du programme « détection du robot adverse ».

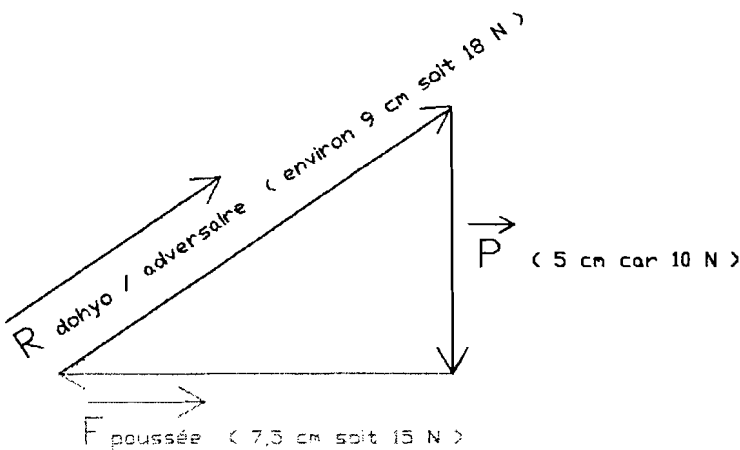
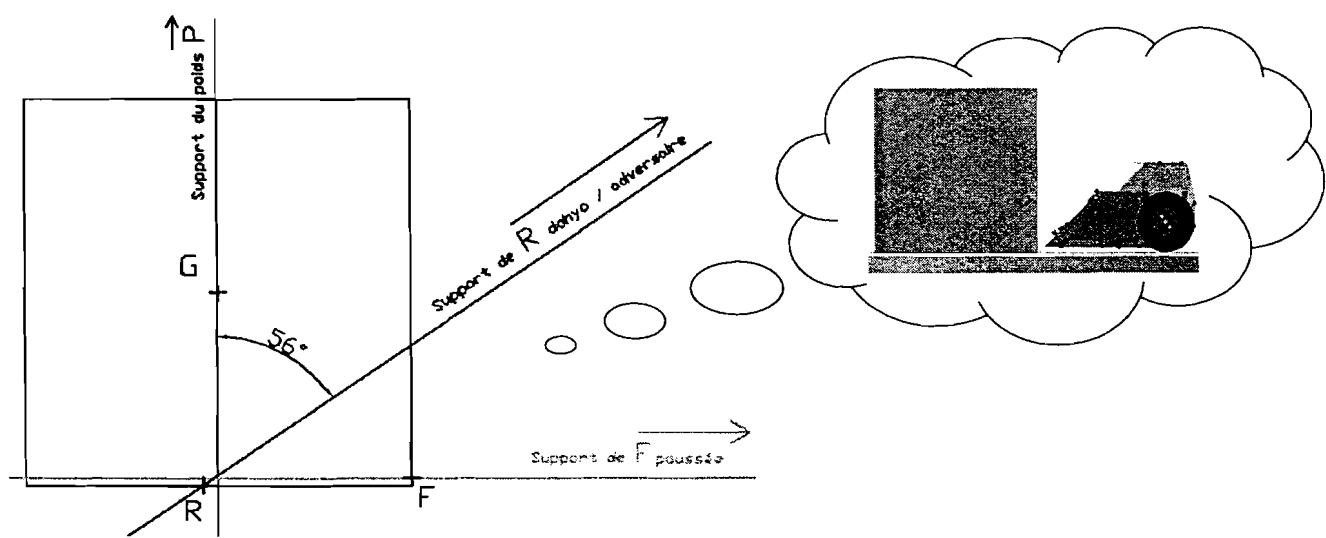
3 – VALIDATION DU CHOIX DE LA MOTORISATION

3.1 – Etude préliminaire : détermination de l'effort de poussée : $\overrightarrow{F_{poussée}}$

✍ 3.1.1 - Sur feuille de copie, isoler l'adversaire S et faire le bilan des actions mécaniques extérieures à S, en vue d'une résolution graphique.

	Point	Direction	Sens	Norme
$\overrightarrow{F_{poussée}}$	F	Horizontale	Vers la gauche
\vec{P}	G	Verticale	Vers le bas	10 Newton
$R_{dohyo / adversaire}$	R	56° vers la droite	Du dohyo vers l'adversaire

✍ 3.1.2 - Sur **DR1**, déterminer la valeur numérique de toutes les actions mécaniques extérieures à S en appliquant le **Principe Fondamental de Statique**.



3.2 – Détermination du couple moteur : C_{moteur}

✍ 3.2.1 - Calculer la puissance de poussée $\mathcal{P}_{poussée}$ nécessaire pendant la phase de poussée du robot adverse.

$\mathcal{P}_{poussée} = F_{poussée} \times V_{poussée} = 15 \times 0,33 \approx 4,95 \text{ W}$

✍ □ **3.2.2** - Calculer alors la puissance \mathcal{P} à fournir à l'ensemble des 2 roues motrices et en déduire la puissance $\mathcal{P}_{\text{réd}}$ fournie par un seul réducteur.

1 pt

$$\mathcal{P} = \frac{\mathcal{P}_{\text{poussée}}}{\eta_{\text{Transformer}}} = \frac{4,95}{0,8} = 6,2 \text{ W}$$

$$\text{On en déduit : } \mathcal{P}_{\text{réd}} = \frac{\mathcal{P}}{2} = \frac{6,2}{2} = 3,1 \text{ W}$$

✍ □ **3.2.3** - Calculer la vitesse angulaire $\omega_{\text{roue}} = \omega_{\text{réd}}$ d'une roue motrice.

1 pt

$$\text{On a la relation : } V_{\text{poussée}} = R \times \omega_{\text{roue}}$$

$$\text{On en déduit : } \omega_{\text{roue}} = \omega_{\text{réd}} = \frac{V_{\text{poussée}}}{R} = \frac{0,33}{0,0365} \approx 9,04 \text{ rad/s}$$

✍ □ **3.2.4** - En déduire le couple $\mathcal{C}_{\text{réd}}$ fourni par un seul réducteur.

1 pt

$$\text{On a la relation : } \mathcal{P}_{\text{réd}} = \mathcal{C}_{\text{réd}} \times \omega_{\text{réd}}$$

$$\text{On en déduit : } \mathcal{C}_{\text{réd}} = \frac{\mathcal{P}_{\text{réd}}}{\omega_{\text{réd}}} = \frac{3,1}{9,04} = 0,343 \text{ Nxm}$$

✍ □ **3.2.5** - En utilisant la documentation technique DT3 sur le réducteur, calculer le rapport de réducteur $r = \frac{\omega_{\text{réd}}}{\omega_{\text{mot}}}$ de ce réducteur.

1 pt

$$r = \frac{\omega_{\text{réd}}}{\omega_{\text{mot}}} = \frac{Z_1 Z_3 Z_5 Z_7}{Z_2 Z_4 Z_6 Z_8} = \frac{10 \times 10 \times 15 \times 10}{25 \times 30 \times 25 \times 40} = \frac{15000}{75000} = \frac{1}{50} = 0,02$$

✍ □ **3.2.6** - En déduire le rendement $\eta_{\text{réducteur}}$ du réducteur.

1 pt

$$\eta_{\text{réducteur}} = (\eta_{\text{étage}})^4 = 0,9^4 \approx 0,65 \text{ soit } 65\%$$

✍ □ **3.2.7** - En déduire le couple moteur \mathcal{C}_{mot} fourni par chaque moteur.

1 pt

$$\mathcal{C}_{\text{mot}} = r \frac{\mathcal{C}_{\text{réd}}}{\eta_{\text{réd}}} = 0,02 \times \frac{0,343}{0,65} = 1,06 \times 10^{-2} \text{ Nxm soit } \mathcal{C}_{\text{mot}} \approx 10,6 \text{ mNxm}$$

✍ □ **3.2.8** - Tracer « EN BLEU » sur les quatre courbes du document réponses **DR2**, le point de fonctionnement des moteurs en phase de poussée.

D'après DR2 pour $\mathcal{C}_{\text{mot}} \approx 10,6 \text{ mNxm}$, on se trouve au point tel que :

3 pts

Fréquence de rotation du moteur $N_{\text{mot}} \approx 4300 \text{ tours/min}$

Intensité absorbée $I = 1,9 \text{ A}$

- Rendement moteur de l'ordre de 35%

- Puissance moteur $\mathcal{P}_{\text{mot}} \approx 4,85 \text{ W}$ valeur très proche de la valeur maxi

✍ □ **3.2.9** - Conclure aux regards de la Contrainte de Fonctionnement 1.

1 pt

La Contrainte de Fonctionnement 1 est donc respectée.

4 – VALIDATION DES CHOIX STRATEGIQUES.

4.1 - Détermination de la vitesse angulaire du moteur

✍ □ **4.1.1** - En respectant la durée Δt indiqué par le cahier des charges pour effectuer un demi-tour, calculer la vitesse angulaire de rotation ω_{robot} du robot.

1 pt

$$\omega_{\text{robot}} = \frac{\Delta \theta_{\text{robot}}}{\Delta t} = \frac{\pi}{0,5} = 6,28 \text{ rad/s}$$

✍ □ **4.1.2** - En déduire la vitesse $\|V_{N_0 \in \text{robot} / R_0}\|$ du point N_0 appartenant au robot par rapport au repère R_0 .

1 pt

On utilise la relation : $\|V_{N_0 \in \text{robot} / R_0}\| = L \times \omega_{\text{robot}}$ avec $L = [O_0 M] = 85 \text{ mm}$
Soit numériquement : $\|V_{N_0 \in \text{robot} / R_0}\| = 0,085 \times 6,28 \approx 0,534 \text{ m/s}$

✍ □ **4.1.3** - En déduire la vitesse angulaire de rotation ω_{roue} des roues motrices.

1 pt

On a : $\|V_{N_0 \in \text{robot} / R_0}\| = R \times \omega_{\text{roue}}$ avec $R = 36,5 \text{ mm}$
Donc $\omega_{\text{roue}} = \frac{\|V_{N_0 \in \text{robot} / R_0}\|}{R} = \frac{0,534}{0,0365} \approx 14,63 \text{ rad/s}$

✍ □ **4.1.4** - Calculer la vitesse angulaire de rotation ω_{mot} des moteurs, puis en déduire la fréquence de rotation N_{mot} des moteurs.

2 pts

On a : $r = \frac{\omega_{\text{réd}}}{\omega_{\text{mot}}} = 0,02$
Donc $\omega_{\text{mot}} = \frac{\omega_{\text{réd}}}{r} = \frac{14,63}{0,02} \approx 731,5 \text{ rad/s}$
Soit $N_{\text{mot}} = \frac{60 \omega_{\text{mot}}}{2\pi} = \frac{60 \times 731,5}{2\pi} \approx 6985,3 \text{ tours/min}$

✍ □ **4.1.5** - Tracer « EN VERT » sur les quatre courbes du document réponses **DR3**, le point de fonctionnement des moteurs en phase de recherche.

3 pts

D'après DR3 pour $N_{\text{mot}} \approx 7000 \text{ tours/min}$, on se trouve au point tel que :

- Couple moteur $C_{\text{mot}} \approx 3 \text{ mN}\cdot\text{m}$
- Intensité absorbée $I \approx 0,65 \text{ A}$
- Puissance moteur $P_{\text{mot}} \approx 2,2 \text{ W}$
- Rendement moteur de l'ordre de 55% valeur très proche de la valeur maxi

✍ □ **4.1.6** - En déduire le rendement des moteurs correspondant et conclure aux regards de la contrainte de fonctionnement 2.

1 pt Les moteurs fonctionnent au alentour de leur rendement maxi, soit environ 55%. la Contrainte de Fonctionnement 2 est donc respectée.

4.2 - Détermination de la tension moyenne aux bornes du moteur et du rapport cyclique de la MLI

✍ □ **4.2.1** - A partir du document réponses DR3, donnant les caractéristiques du moteur électrique à courant continu, déterminer la valeur du courant absorbé I par le moteur en phase de recherche lorsque sa fréquence de rotation est de $N_{\text{mot}} \cong 7000$ tours/min. Vous réaliserez vos tracés sur le document réponse DR3.

1 pt Sur les courbes, on obtient : $I \cong 0,65$ A

✍ □ **4.2.2** - Etablir la relation de la tension moyenne aux bornes du moteur U_{moy} en fonction de E , R et I .

1 pt En utilisant la loi des mailles : $U_{\text{moy}} = E + RI$

✍ □ **4.2.3** - En déduire la relation de la tension moyenne aux bornes du moteur U_{moy} en fonction de ω_{mot} , R , K et I puis calculer numériquement U_{moy}

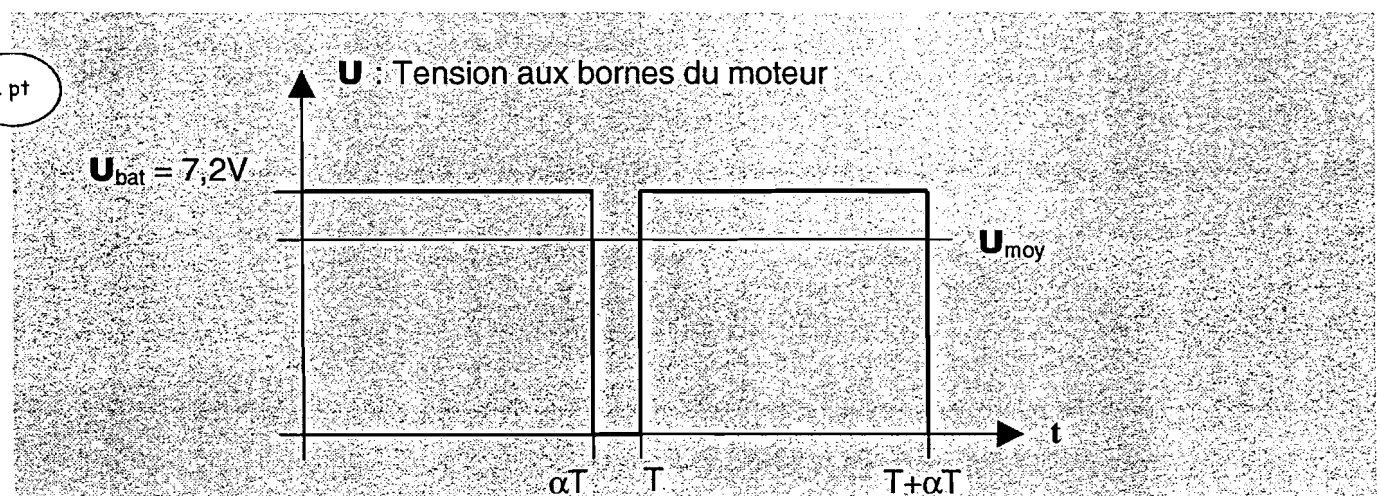
On a la relation : $E = K \omega_{\text{mot}}$

2 pts Donc $U_{\text{moy}} = K \omega_{\text{mot}} + RI$

Soit numériquement : $U_{\text{moy}} = 0,00621 \times 731,5 + 2,3 \times 0,65 \cong 6$ V

✍ □ **4.2.4** - Tracer le graphe de la tension U aux bornes du moteur sur une période sur le document réponse DR3.

1 pt



✍ □ **4.2.5** - À partir de votre graphe de la question précédente, établir la relation entre la valeur de la tension moyenne U_{moy} aux bornes du moteur et le rapport cyclique α .

1 pt

$$U_{\text{moy}} = \alpha U_{\text{bat}}$$

✍ □ **4.2.6** - Calculer la valeur du rapport cyclique α en sachant que le moteur est alimenté sous une tension $U_{bat} = 7,2$ Volts.

1 pt

Soit numériquement $\alpha = \frac{U_{moy}}{U_{bat}} = \frac{6}{7,2} \approx 0,83$ soit $\alpha \approx 83\%$

4.3 - Programmation de la MLI du microcontrôleur PIC

✍ □ **4.3.1** - La fréquence de travail du double pont H est prise égale à 19,53 kHz. À partir du tableau ci-dessous, déterminer le code hexadécimal du registre PR2 et compléter le document réponse DR3 « initialisation MLI ».

1 pt

Le code hexadécimal du registre PR2 pour la fréquence de 19,53 kHz est : FFh.
Soit PR2 = 0xFFh ;

✍ □ **4.3.2** - À partir du tableau ci-dessous, déterminer le code hexadécimal du registre CCP1CON codé sur 8 bits et compléter le document réponse DR3 « initialisation MLI ».

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	0	0	1	1	0	0

1 pt

Soit OC donc CCP1CON = 0x0Ch ;

✍ □ **4.3.3** - À partir du tableau ci-dessous, déterminer le code hexadécimal du registre T2CON codé sur 8 bits et compléter le document réponse DR3 « initialisation MLI ».

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	0	0	0	1	0	1

1 pt

Soit 04 donc T2CON = 0x05h

Paramétrage « registre sortie MLI »

✍ □ **4.3.4** - En déduire la valeur décimale à écrire dans le registre CCPR1L et compléter le document réponse DR4.

1 pt

$0,83 \times 255 = 211$

/*Sortie MLI*/


CCPR1L = 211 ;

En résumé :

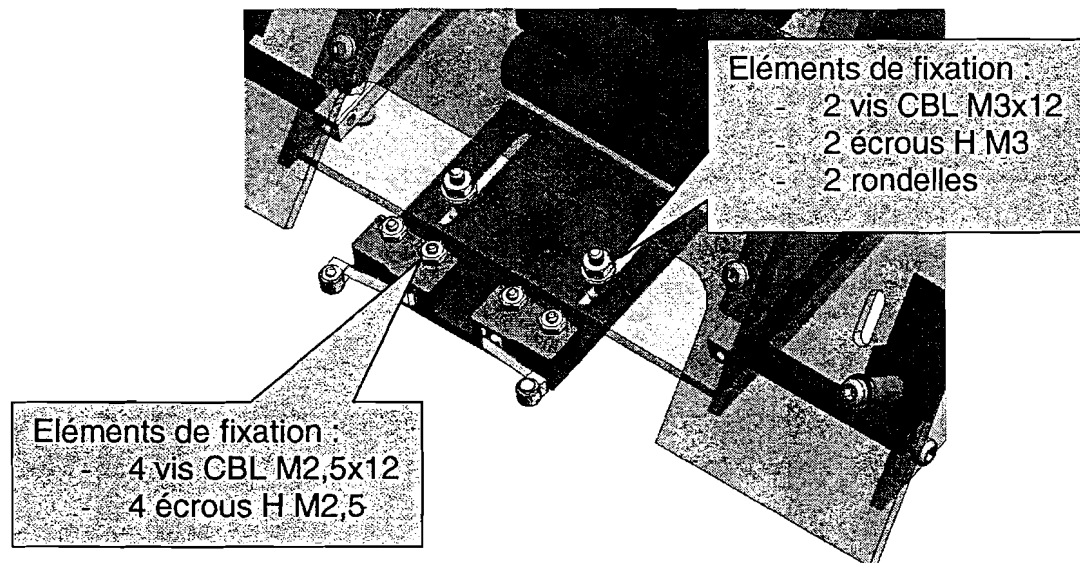
/*Initialisation MLI*/


PR2 =	0xFFh	:
CCP1CON =	0x0Ch	:
TRISB =	0x00	:
T2CON =	0x05h	:
CCPR1L =	211	:

5 - OPTIMISATION DE LA PHASE DE POUSSEE

 **5.1** - On demande de réaliser un croquis à main levée de la solution que vous envisager.
Vous indiquerez les dimensions des éléments de fixation utilisés.

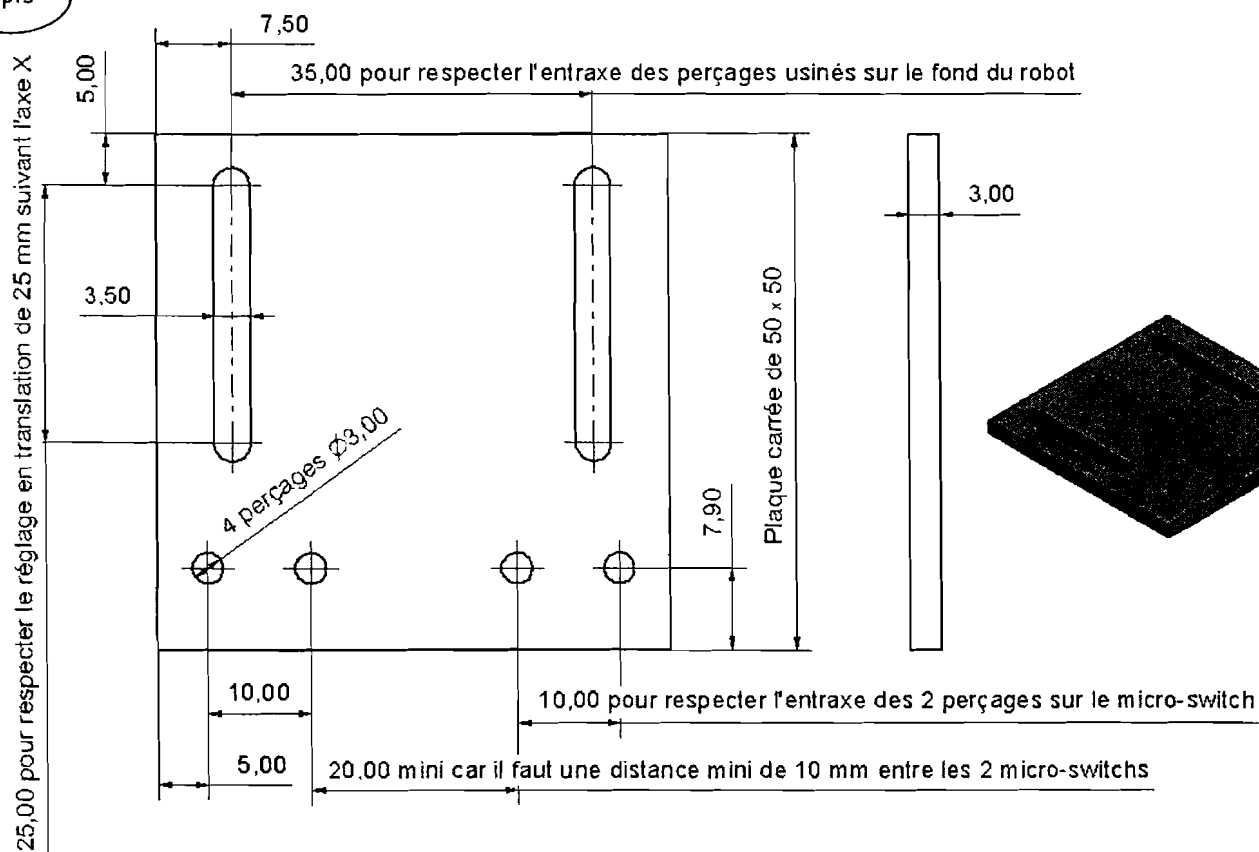
5 pts



 **5.2** - Réaliser un dessin de définition de votre « plaque intermédiaire ».

- Vous jugerez du nombre de vues nécessaires à la compréhension de votre pièce.
- vous indiquerez les principales cotes fonctionnelles.

6 pts



6 – VERIFICATION DES CAPACITES DE L'ENERGIE EMBARQUEE

✍ ☐ 6.1 - En déduire le nombre d'éléments associés en série sachant que le robot est alimenté sous une tension de 7,2 Volts.

1 pt

Il faut donc **6** éléments en série pour alimenter le robot sous une tension de **7,2 V**.

✍ ☐ 6.2 - Les accumulateurs sont associés en série, déterminer la capacité totale des accumulateurs Q_{Totale} et la tension maximale disponible.

1 pt

On a : $Q_{\text{Totale}} = Q_{\text{élément}} = 1600 \text{ mAh}$ soit **1,6 Ah**

Tension maximale disponible : $V_{\text{MAX disponible}} = 6 \times 1,2 = 7,2 \text{ V}$

Déterminer pour les 2 moteurs :

✍ ☐ 6.3 - La capacité Q_1 en Ah nécessaire lors de la phase de recherche.

1 pt

Pendant les phases de recherche : $Q_1 = 2,065 \times \frac{55}{3600} \approx 0,0198 \text{ Ah}$

✍ ☐ 6.4 - La capacité Q_2 en Ah nécessaire lors de la phase de poussée du robot adverse.

1 pt

Pendant les phases de poussée : $Q_2 = 2,19 \times \frac{60}{3600} \approx 0,0633 \text{ Ah}$

✍ ☐ 6.5 - La capacité Q_3 en Ah nécessaire lors de la phase où le robot est poussé par le robot adverse.

1 pt

Pendant les phases où le robot est poussé : $Q_3 = Q_2$

✍ ☐ 6.6 - Déterminer la capacité Q_4 en Ah nécessaire pour le fonctionnement de l'électronique embarquée.

1 pt

D'après l'énoncé : $Q_4 = 5\% Q_{\text{Totale}} = 0,05 \times 1,6 = 0,08 \text{ Ah}$

✍ ☐ 6.7 - En déduire la capacité $Q_{\text{Rencontre}}$ en Ah nécessaire pour une rencontre de 3 minutes.

1 pt

Donc $Q_{\text{Rencontre}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \approx 0,0198 + 0,0633 + 0,0633 + 0,08 \approx 0,2264 \text{ Ah}$

✍ ☐ 6.8 - Déterminer pour les 2 moteurs, la capacité nécessaire Q_{Combat} pour un combat.

1 pt

$Q_{\text{Combat}} = 3Q_{\text{Rencontre}} \approx 0,6792 \text{ Ah}$ soit **679,2 mAh**

✍ ☐ 6.9 - Conclure aux regards de la contrainte technologique 1.

1 pt

Il sera donc possible de faire : $\frac{1600}{679,2} \approx 2,35$ combats soit **1 combat complet**.

La contrainte technologique 1 est respectée.

7 – AMELIORATION DES PERFORMANCES DU ROBOT

✎ □ 7. - Citer, en justifiant brièvement votre réponse, sur quels éléments du Robot Sumo, il serait possible d'agir, pour le rendre encore plus performant sur le plan :

- de l'effort de poussée, de la vitesse de poussée et de la puissance de poussée.

Pour augmenter l'effort de poussée (en considérant l'hypothèse de roulement sans glissement au niveau des 2 roues motrices) :

5 pts

- Actuellement, la partie avant du robot glisse sur le dohyo, on peut imaginer augmenter le rendement du bloc « Transformer », donc augmenter l'effort de poussée en conservant la même motorisation
- Diminuer le rapport de réduction du réducteur, donc augmenter le couple en sortie de réducteur

Pour augmenter la vitesse de poussée (toujours en considérant l'hypothèse de roulement sans glissement au niveau des 2 roues motrices) :

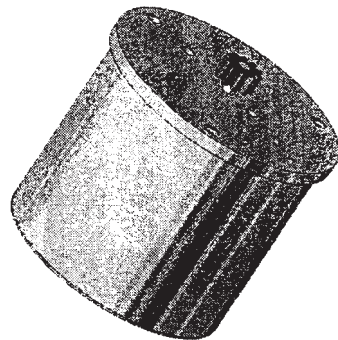
- Agir sur le réglage de la MLI en augmentant le rapport cyclique
- Augmenter la tension d'alimentation du moteur pour augmenter la fréquence de rotation des roues motrices.
- Augmenter le diamètre des roues motrices.

Pour augmenter la puissance de poussée :

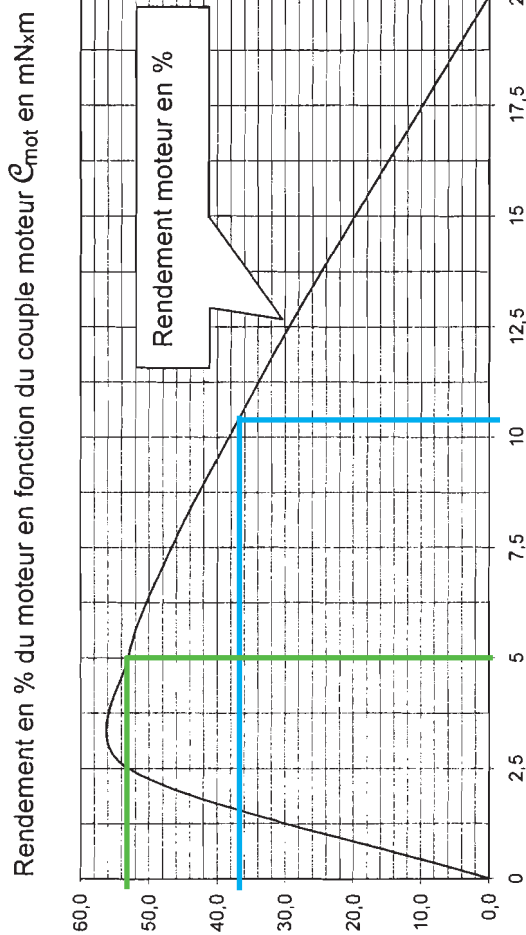
- Changement du bloc motoréducteur pour un motoréducteur plus puissant.

TOTAL sur 80 points

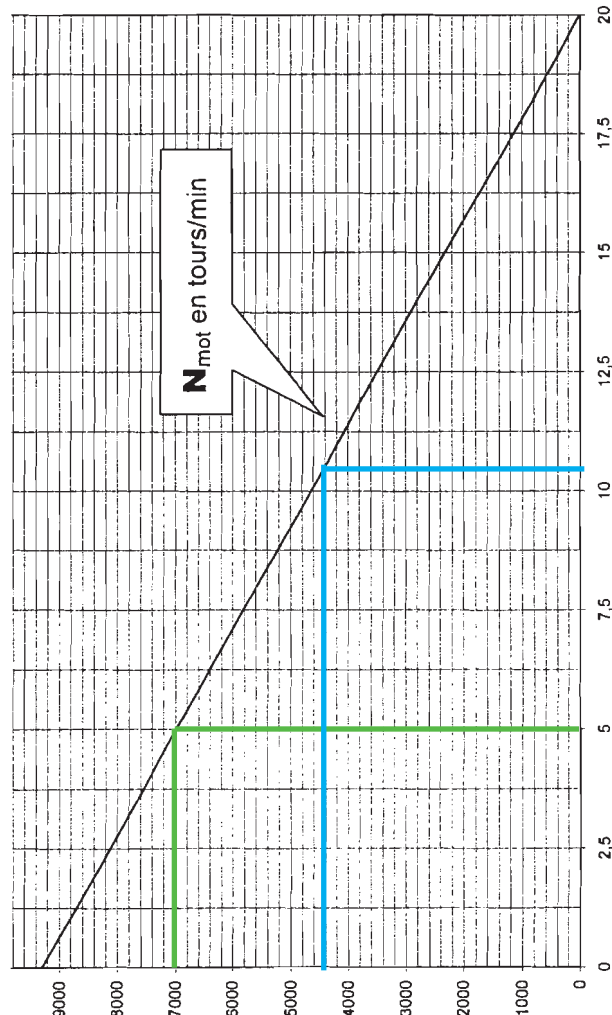
CARACTERISTIQUES DU MOTEUR ELECTRIQUE A COURANT CONTINU (ALIMENTE EN 7,2 V)



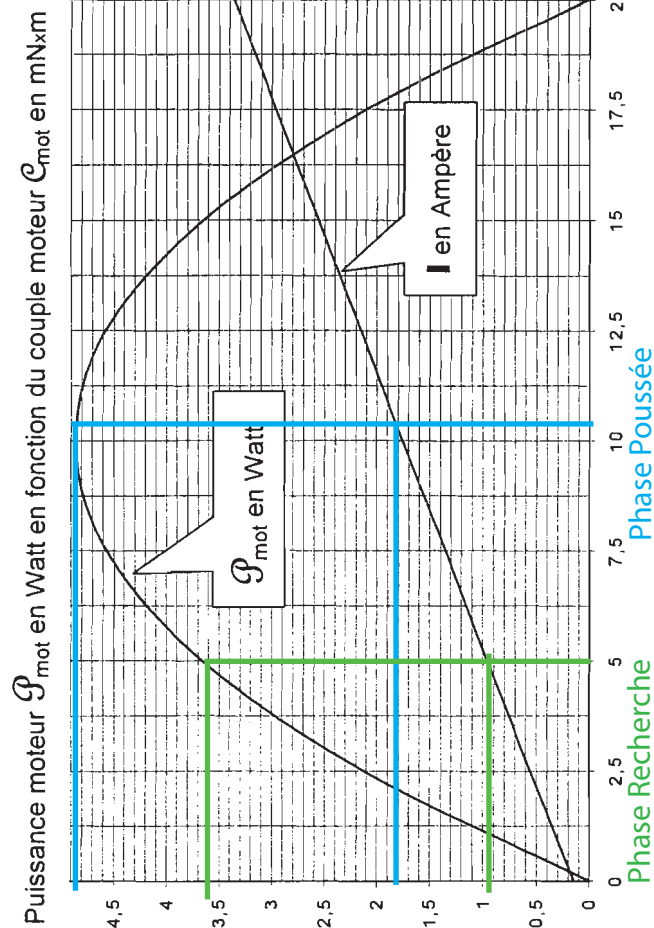
Tension d'alimentation		7,2 V
Caractéristiques à vide		
Fréquence de rotation (tours/min)		9300
Intensité absorbée (A)		0,15
Caractéristiques moteur bloqué		
Intensité absorbée (A)		3,36
Couple moteur (mNxm)		20
Caractéristiques générales		
Résistance interne (Ω)		2,3
Constante de couple (Nxm/A)		0,00621
Rendement maxi en %		Environ 55%

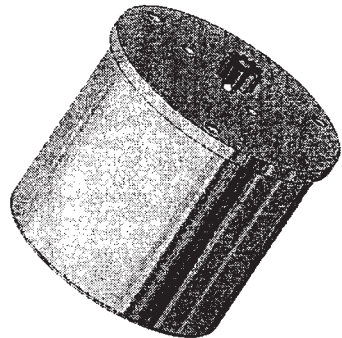


Fréquence de rotation N_{mot} en tours/min en fonction du couple moteur C_{mot} en mNxm

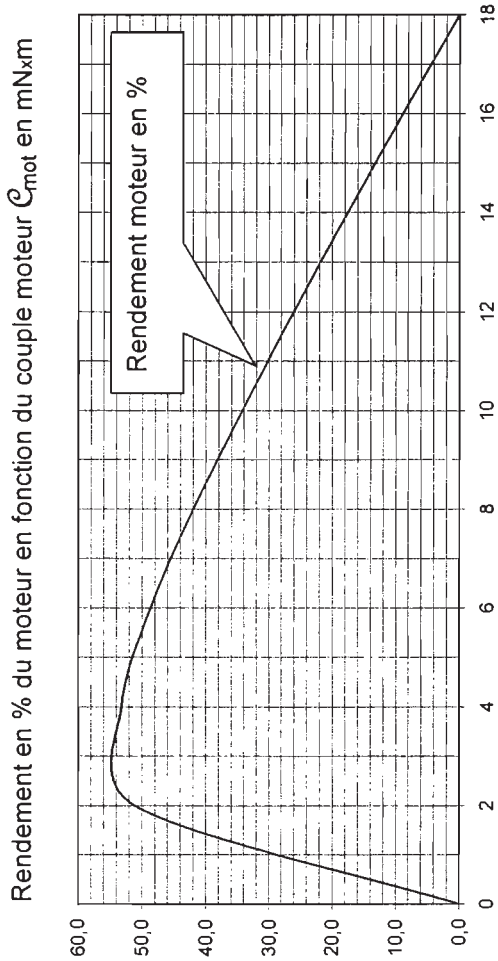


Intensité absorbée I en Ampère en fonction du couple moteur C_{mot} en mNxm





Tension d'alimentation	U_{moy}
Caractéristiques à vide	
Fréquence de rotation (tours/min)	8396
Intensité absorbée (A)	0,15
Caractéristiques moteur bloqué	
Intensité absorbée (A)	3,03
Couple moteur bloqué (mNm)	18
Caractéristiques générales	
Résistance interne (Ω)	2,3
Constante de couple (Nm/A)	0,00621
Rendement maxi en %	Env. 55%



Intensité absorbée I en Ampère en fonction du couple moteur C_{mot} en mNm
Puissance moteur P_{mot} en Watt en fonction du couple moteur C_{mot} en mNm

