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 calculettes 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	

BACCALAUREAT GENERAL
Session 2009
Série S SI

LE TRAVAIL DEMANDE

1 – PRESENTATION DE L'ETUDE ET DU SYSTEME

- 1.1 – Introduction
- 1.2 – Extrait du règlement du concours
- 1.3 – Présentation du Robot Sumo : FAST du Robot
- 1.4 – Identification des choix technologiques

2 - ETUDE DE LA DETECTION DU ROBOT ADVERSE

3 – VALIDATION DU CHOIX DE LA MOTORISATION

- 3.1 – Etude préliminaire : détermination de l'effort de poussée : $\overrightarrow{F_{poussée}}$
- 3.2 – Détermination du couple moteur : C_{moteur}

4 – VALIDATION DES CHOIX STRATEGIQUES

- 4.1 – Détermination de la vitesse angulaire du moteur
- 4.2 - Détermination de la tension moyenne aux bornes du moteur et du rapport cyclique de la MLI
- 4.3 - Programmation de la MLI du microcontrôleur PIC

5 – OPTIMISATION DE LA PHASE DE POUSSEE

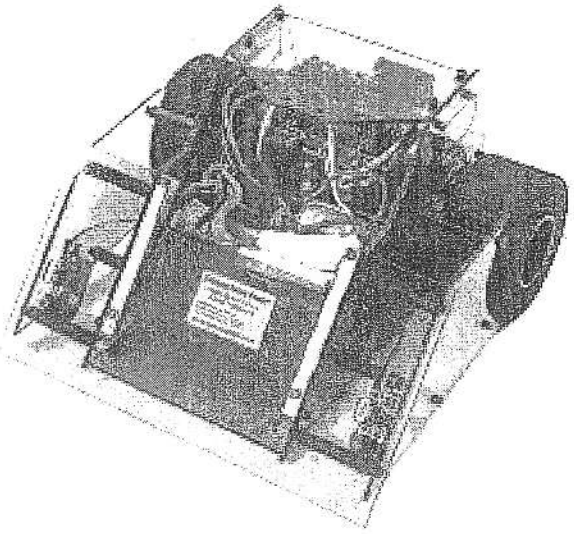
6 – VERIFICATION DES CAPACITES DE L'ENERGIE EMBARQUEE

7 – AMELIORATION DES PERFORMANCES DU ROBOT

1 – PRESENTATION DE L'ETUDE ET DU SYSTEME

1.1 – Introduction

La robotique – science et technique de la conception et de la construction des robots – a aujourd'hui investi de nombreux domaines tels que le domaine industriel, aérospatial, grand public sous forme d'aspirateurs ou de tondeuses autonomes et tout dernièrement, le milieu du jouet.



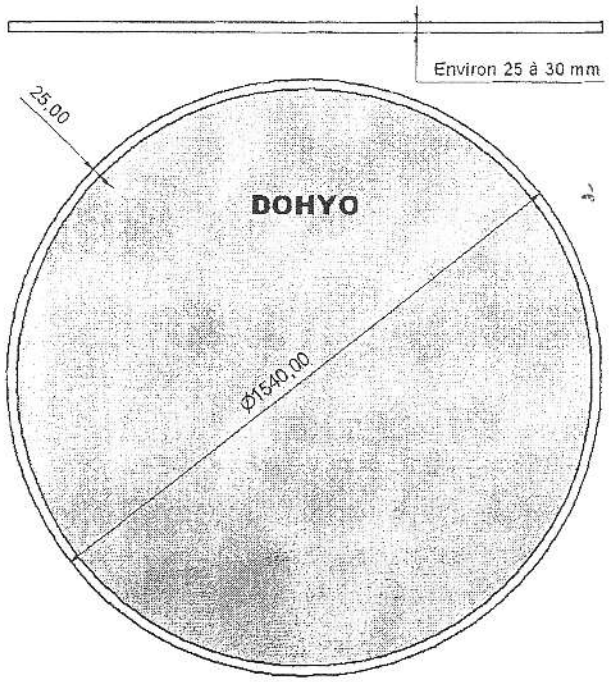
Le robot qui fait l'objet de notre étude, permet de participer à des concours de robotique très appréciés outre atlantique, ainsi qu'au Japon. Ces concours se développent actuellement sur le vieux continent.

Ces robots sont appelés : *« Robot Sumo » ou « Robot Mini Sumo ».*

Les Sumos, ce sont ces énormes japonais qui se servent de leur corpulence pour pousser leur adversaire au-delà d'un cercle. Certains sont même considérés comme des demi-dieux au pays du soleil levant. Aujourd'hui, nul besoin d'avoir le régime alimentaire d'un Sumotori pour assouvir votre passion pour ce sport, il vous suffit de posséder un Robot Sumo et en jouant sur *la masse, la puissance et la programmation* de votre robot, vous pourrez peut-être dominer votre adversaire.

1.2 – Extrait du règlement du concours

En dehors des limitations physiques des robots liées aux différentes catégories, les règles sont directement issues des combats de Sumos. Il faut tout simplement, pousser son adversaire en dehors d'un disque, appelé « DOHYO ». Ce disque est peint en noir mat et bordé par une ligne blanche brillante (voir figure ci-dessous).



- Un combat oppose deux Robots Sumos sur le « Dohyo ».
- Chaque Robot Sumo est mis en route par une personne.
- Le Dohyo a un diamètre de 1540 mm.
- Les dimensions initiales du Robot Sumo sont au maximum de 20cm x 20cm de coté pour une hauteur sans limite.
  - Cette classe de robots correspond à celle des moins de 1000g.
  - Les robots sont autonomes et doivent démarrer au bout de 5 secondes.
  - La source d'énergie est impérativement électrique de type piles ou accumulateurs.
- Un combat consiste en 3 rencontres de 3 minutes chacune.

Consulter la documentation technique DT0 et DT1.

Le Robot Sumo est autonome et programmable, il est muni de 2 roues indépendantes motrices. Chacune des roues est actionnée par un motoréducteur à courant continu 12 V.

La détection du bord du dohyo, qui est une ligne blanche brillante, est réalisée par deux capteurs de type reflex direct placés à l'avant droit et gauche.

La détection du robot adverse est confiée à deux émetteurs infrarouges et à un récepteur de lumière infrarouge.

Le traitement des données est confié à un microcontrôleur PIC cadencé à 20 MHz.

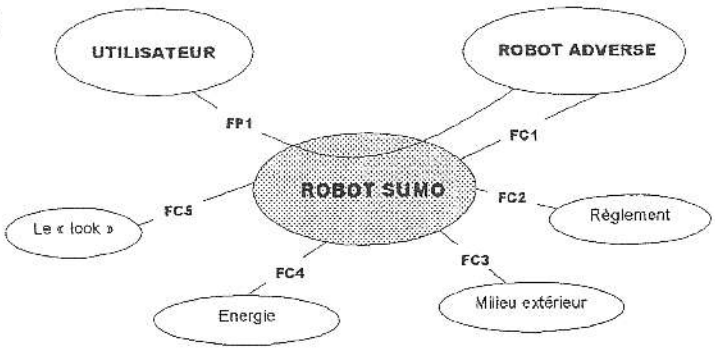
1.3 – Présentation du Robot Sumo : FAST du Robot

FONCTION PRINCIPALE 1 : POUSSER LE ROBOT ADVERSE HORS DU DOHYO

FONCTION TECHNIQUE 1 : SE DEPLACER SUR LE DOHYO	**FT 11 :** Stocker l'énergie électrique	Accumulateurs
	FT 12 : Gérer l'énergie du système	Carte électronique
	FT 13 : Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation	
	FT 14 : Adapter l'énergie mécanique de rotation	
	FT 15 : Transformer l'énergie mécanique de rotation en énergie mécanique de translation	
FONCTION TECHNIQUE 2 : S'ORIENTER SUR LE DOHYO	**FT 21 :** Elaborer une stratégie de déplacement	Programmation
	FT 22 : Détecter le bord du dohyo	
FONCTION TECHNIQUE 3 : DETECTER LE ROBOT ADVERSE	**FT 31 :** Elaborer une stratégie de déplacement	Programmation
	FT 32 : Détecter à distance	

On peut également citer les **F**onctions **C**ontraintes suivantes :

FC1 : Résister aux agressions du robot adverse
FC2 : Respecter le règlement.
FC3 : Résister au milieu extérieur.
FC4 : Etre autonome en énergie électrique.
FC5 : Etre esthétique.



1.4 – Identification de choix technologiques

L'objectif de cette étude est d'IDENTIFIER certaines solutions technologiques de la chaîne d'énergie et de la chaîne d'information.

Pour permettre la Fonction Technique FT1 (se déplacer sur le dohyo) un certain nombre de solutions technologiques simples ont été envisagées. Ainsi FT1 peut notamment se diviser en 3 sous fonctions :

- FT13 : *convertir* l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation.
- FT14 : *adapter* l'énergie mécanique de rotation.
- FT15 : *transformer* l'énergie mécanique de rotation en énergie mécanique de translation.

Consulter les chaînes d'information et d'énergie du système en documentation technique DT0 et la présentation du Robot Sumo en DT1. Répondre à ces questions sur feuille de copie.

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

Pour permettre la Fonction Technique FT2 (s'orienter sur le dohyo) et la Fonction Technique FT3 (détecter le robot adverse) le robot est équipé de capteurs.

✎☐ **1.4.2** - Citer quelles sont les solutions technologiques permettant : FT22 et FT32

2 - DETECTION DU ROBOT ADVERSE SUR LE DOHYO

Voir Fonction Technique FT3 (détecter le robot adverse) du diagramme FAST.

Le but étant de pousser son adversaire hors du dohyo, il est nécessaire de le détecter sur le dohyo.

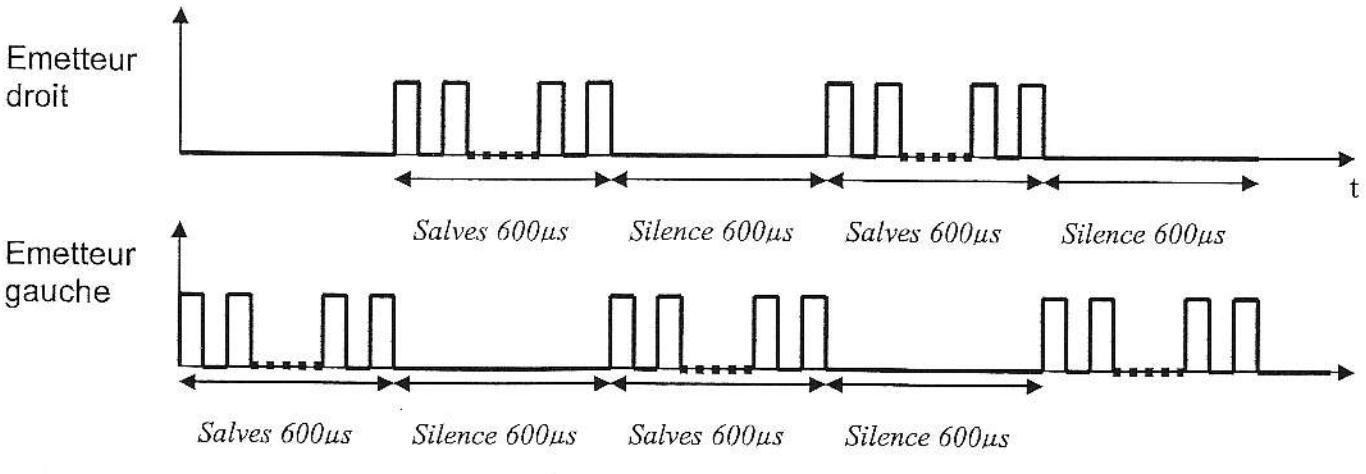
L'objectif de cette étude est de VALIDER la solution technologique permettant la détection du robot adverse.

CONTRAINTE DE DETECTION :

On souhaite pouvoir détecter le robot adverse à une distance de 18 cm mini.

Le principe de détection d'un adversaire consiste à émettre de la lumière et à vérifier si elle est renvoyée. Cette lumière périodique est envoyée par salves suivant les chronogrammes ci- dessous.

Ordres de commandes des émetteurs infrarouges droits et gauches



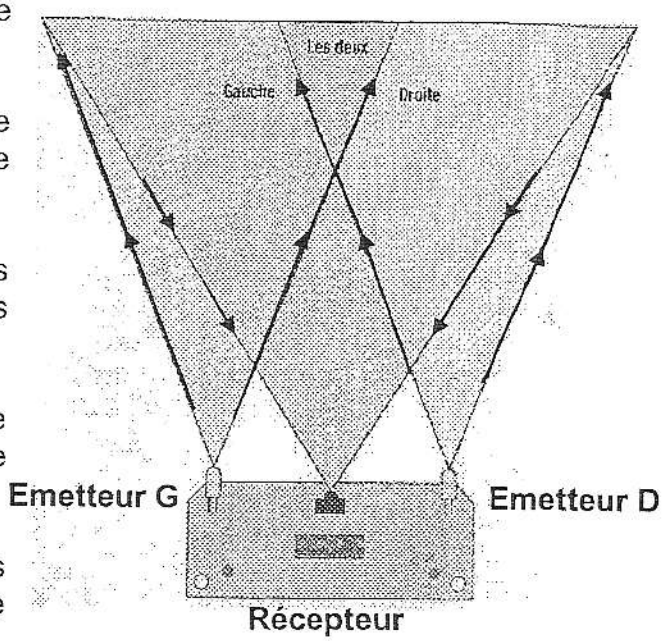
Les émetteurs de lumière infrarouge sont constitués de diodes infrarouges.
Lorsque l'ordre de commande est au niveau logique « 0 », la diode infrarouge est inactive.

Lorsque l'ordre de commande est au niveau logique « 1 », la diode est active et émet de la lumière infrarouge.

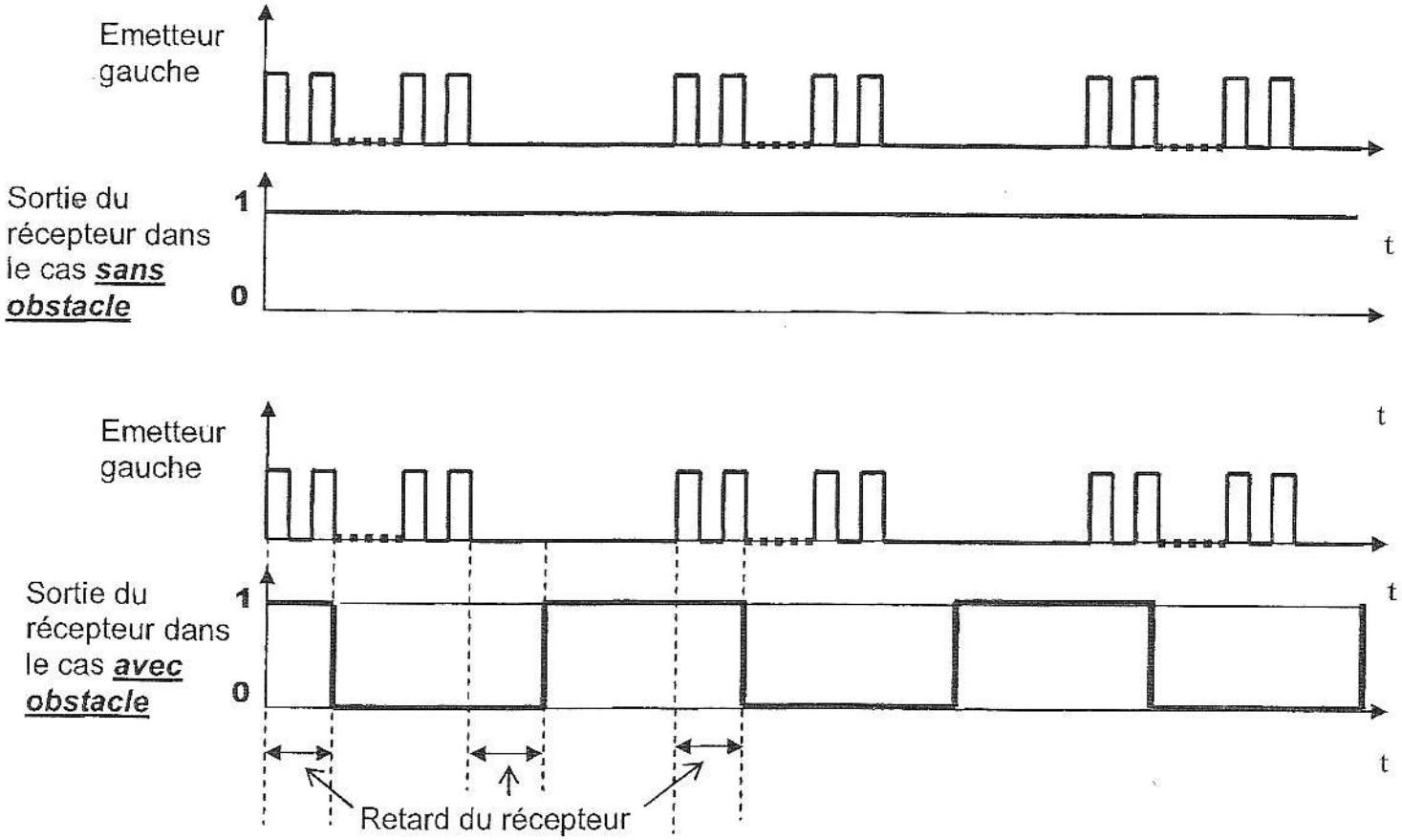
Les salves de commande sont envoyées alternativement par le microprocesseur sur les émetteurs gauche et droite.

Chaque salve, d'une fréquence approximative de 38 kHz, est constituée de plusieurs périodes d'une durée totale de 600 µs.

Si un obstacle est présent, la lumière est renvoyée vers le récepteur associé à un filtre dont la fréquence centrale est de 38 kHz.



Exemple de fonctionnement sur l'émetteur gauche.



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

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

✎☐ **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 ?

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

Afin d'avoir une forte intensité lumineuse il est nécessaire de faire passer un maximum de courant dans les diodes. Le signal de sortie du récepteur infrarouge dépend de la quantité de lumière reçue, c'est-à-dire de la qualité et de la distance de réflexion.

✎☐ **2.5** – Démontrer que, quel que soit le rapport cyclique adopté, la durée d'activation d'une diode infrarouge sera toujours inférieur à $2{,}6.10^{-5}$ s.

En vous aidant de la documentation technique DT2, déterminer le courant maximal accepté par ce type de diodes infrarouges si le rapport cyclique des différentes périodes des salves est égal à 0,2 puis à 0,5. Conclure sur le rapport cyclique à adopter en fonction de la distance 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.

✎☐ **2.7** - Conclure au regard de la **CONTRAINTE DE DETECTION.**

3 – VALIDATION DU CHOIX DE LA MOTORISATION

Le Robot Sumo est équipé de deux motoréducteurs à courant continu identiques et pouvant fonctionner de manière indépendante, lui permettant de se déplacer sur le dohyo et de pousser le robot adverse en dehors du dohyo lors d'un contact avec celui-ci.

L'objectif de cette étude est de VALIDER le choix des motoréducteurs.

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

Hypothèses et données (Se reporter au document réponse DR1)

- Masse de l'adversaire : m = 1000 g.
- On prendra l'accélération de la pesanteur : $g \cong 10$ m/s^2.
- Le robot adverse sera modélisé par un cube de 20 cm de côté.
- Le problème sera considéré comme plan.
- L'action mécanique exercée par votre Robot Sumo sur l'adversaire sera modélisée par une force horizontale notée : $\overrightarrow{F_{poussée}}$.
- Dans le but d'envisager de rudes combats avec des adversaires tenaces, nous estimerons le facteur de frottement f au niveau du contact dohyo / adversaire S à une valeur particulièrement élevée : $f = \tan\varphi = 1{,}5$ soit $\varphi \cong 56°$.
- Dans ces conditions, l'action mécanique de contact entre le dohyo et l'adversaire S sera modélisée par une force notée : $\overrightarrow{R_{dohyo \to adversaire}}$ portée par le vecteur $\vec{U}$ (voir DR1).

✎☐ **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*.

✎☐ **3.1.2** - Sur **DR1**, déterminer la valeur numérique de toutes les actions mécaniques extérieures à S en appliquant le **P**rincipe **F**ondamental de **S**tatique.

3.2 – Détermination du couple moteur : $\mathcal{C}_{moteur}$

Quels que soient les résultats trouvés en **3.1.2**, on prendra : $\|\overrightarrow{F_{poussée}}\|$ = 15Newton .

CONTRAINTE DE FONCTIONNEMENT 1 :

En phase de poussée, dans des conditions idéales de fonctionnement, on souhaite que les moteurs fonctionnent aux environs de leur puissance utile maximale.

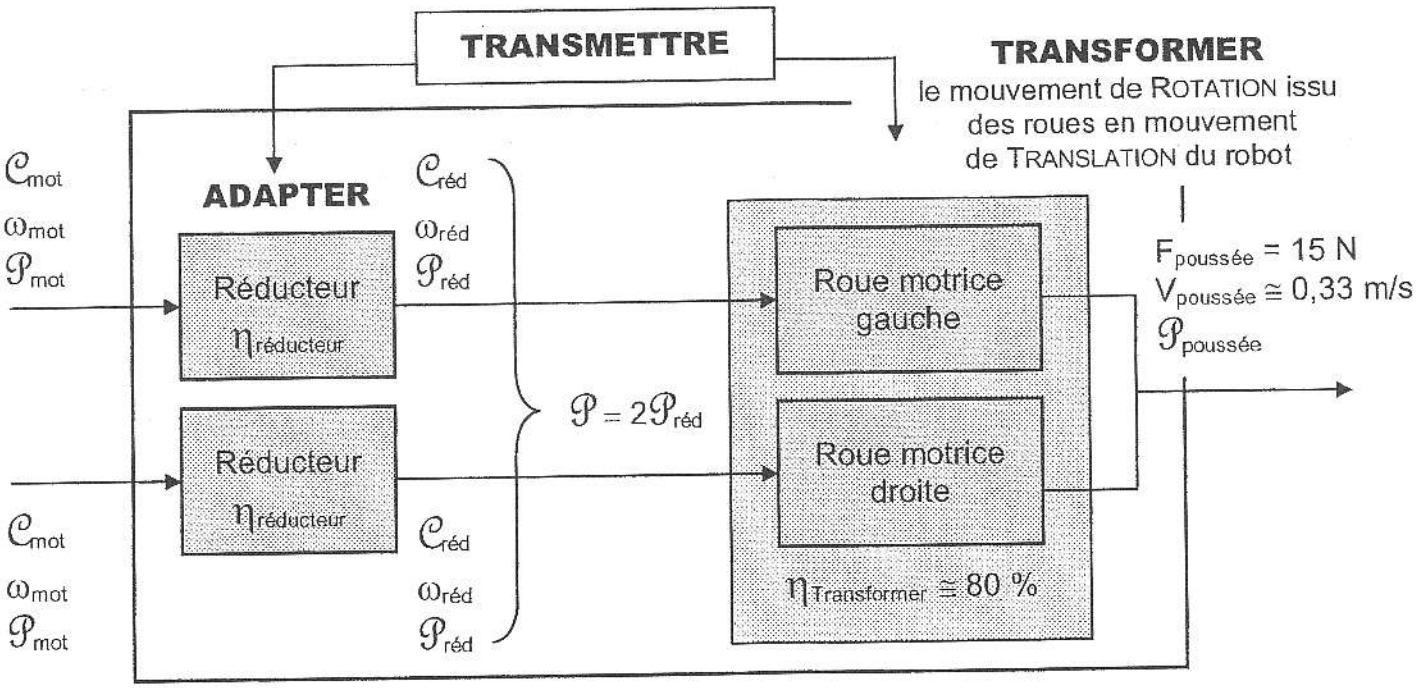
Hypothèses et données supplémentaires

- On supposera le mouvement rectiligne uniforme pendant toute la phase de poussée.
- Une étude préliminaire a permis de déterminer la vitesse du robot par rapport au dohyo pendant la phase de poussée, on notera : $\|\overrightarrow{V_{robot/dohyo}}\| = V_{poussée} \cong 0{,}33$ m/s.
- On donne le diamètre des roues motrices : D = 73 mm.
- On suppose qu'il y a roulement sans glissement au contact roues motrices / dohyo.

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

La fonction « TRANSMETTRE » peut-être divisée en deux sous-fonctions :
- ADAPTER l'énergie mécanique de rotation : c'est le rôle des 2 réducteurs ;
- TRANSFORMER l'énergie mécanique de rotation en énergie mécanique de translation : c'est le rôle des 2 roues motrices.

La sous-fonction « TRANSFORMER » a un rendement $\eta_{Transformer}$ de l'ordre de 80 % en raison du frottement de l'avant du robot avec le dohyo et de la résistance au roulement des roues motrices.



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

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

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

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

Chaque étage de réduction du réducteur a un rendement $\eta_{étage} = 0,9$.

✎☐ **3.2.6** - En déduire le rendement $\eta_{réducteur}$ du réducteur.

✎☐ **3.2.7** - En déduire le couple moteur $\mathcal{C}_{mot}$ fourni par chaque moteur.

✎☐ **3.2.8** - Tracer *« EN BLEU »* sur les quatre courbes du document réponses **DR2** (appelé « phase de poussée ») le point de fonctionnement des moteurs en phase de poussée.

✎☐ **3.2.9** - Conclure au regard de la **CONTRAINTE DE FONCTIONNEMENT 1.**

4 – VALIDATION DES CHOIX STRATEGIQUES

Lors d'un combat, il faut s'assurer que le Robot Sumo ne sorte pas du dohyo soit par une poussée du robot adverse, soit de lui-même lorsqu'il rencontre le bord du dohyo.

L'objectif de cette étude est de DETERMINER les caractéristiques électromécaniques ** permettant la réalisation du demi-tour lors de la détection du bord du dohyo.

** = Les caractéristiques électromécaniques à déterminer sont :
- vitesse angulaire des moteurs ;
- tension moyenne aux bornes des moteurs et rapport cyclique de la MLI ;
- paramètres de programmation.

4.1 - Détermination de la vitesse angulaire des moteurs

En phase de recherche du robot adversaire, le robot se déplace aléatoirement sur le dohyo. Si l'un ou les deux capteurs de lignes blanches placés à l'avant droit et gauche détectent le bord du dohyo, le robot doit reculer puis faire un demi-tour en une durée Δt.

CONTRAINTE DE FONCTIONNEMENT 2 :

En phase de recherche, pour des raisons d'économie d'énergie, on souhaite faire fonctionner les 2 moteurs aux environs de leur rendement maximal.

Hypothèses et données

- Le cahier des charges impose au robot de faire un demi-tour en une durée : $\Delta t \cong 0,5$ s.
- $R_0 = (O_0 \vec{X_0} \vec{Y_0} \vec{Z_0})$ est un repère fixe lié au dohyo.
- $R_1 = (O_0 \vec{X_1} \vec{Y_1} \vec{Z_1})$ est un repère lié au robot.
- O_0, M et N alignés dans le plan du dohyo.
- On donne : distance $[O_0M]$ = distance $[O_0N]$ = L = 85 mm.

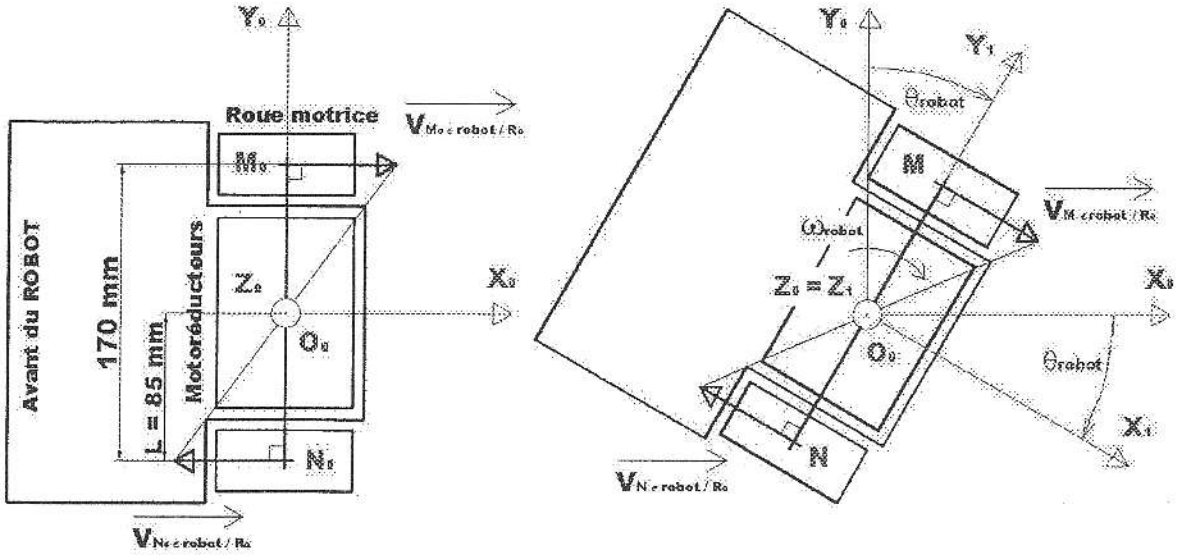
Conditions de fonctionnement pendant la phase de demi-tour :

- Les deux motoréducteurs tournent à la même vitesse angulaire, mais en sens inverse.
- Le robot a un mouvement circulaire uniforme à la vitesse angulaire ω_{robot} constante.

- On suppose que les 2 roues motrices roulent sans glisser en M et N.
- Dans ces conditions de fonctionnement, le robot est donc en mouvement de rotation autour de l'axe O_0Z_0.

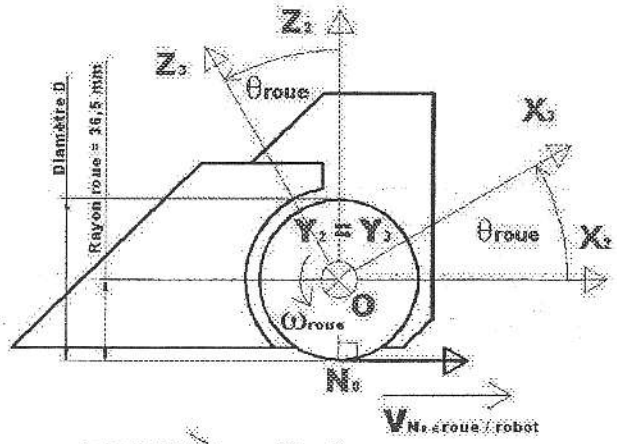
Pour un mouvement circulaire uniforme : $\omega_{robot} = \dfrac{\Delta\theta_{robot}}{\Delta t}$.

Robot en position initiale : $\theta_{robot} = 0°$ *Robot en position intermédiaire :* $\theta_{robot} \in [0°,180°]$



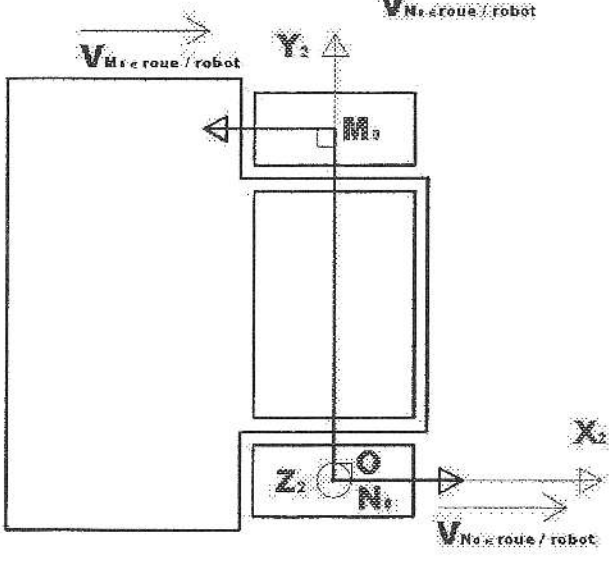
4.1.1 - En respectant la durée Δt indiquée par le cahier des charges pour effectuer un demi-tour, calculer la vitesse angulaire de rotation ω_{robot} du robot.

4.1.2 - En déduire la vitesse $\left\|\overrightarrow{V_{N_0 \in robot/R_0}}\right\|$ du point N_0 appartenant au robot par rapport au repère R_0.



Hypothèses et données supplémentaires

- On donne le diamètre des roues motrices : D = 73 mm tel que D = 2 x Rayon roue = 2 x distance [ON_0]
- On donne le rapport de réduction des réducteurs r = 1/50.
- $R_2 = (O\,X_2\,Y_2\,Z_2)$ un repère lié au robot.
- $R_3 = (O\,X_3\,Y_3\,Z_3)$ un repère lié à la roue motrice.
- Chaque roue motrice effectue un mouvement circulaire uniforme autour de l'axe OY_3 pendant toute la phase du demi-tour.



En considérant l'hypothèse de roulement sans glissement aux points de contact M_0 et N_0 entre les roues motrices et le dohyo, on montre :

$$\left\|\overrightarrow{V_{N_0 \in roue/robot}}\right\| = \left\|\overrightarrow{V_{N_0 \in robot/R_0}}\right\|$$

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

✎☐ **4.1.4** - Calculer la vitesse angulaire de rotation ω_{mot} des moteurs, puis en déduire la fréquence de rotation $\mathbf{N}_{mot}$ des moteurs.

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

✎☐ **4.1.6** - En déduire le rendement des moteurs correspondant et conclure au regard de la **CONTRAINTE DE FONCTIONNEMENT 2.**

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

La commande des moteurs nécessite quatre signaux de la part du microcontrôleur. L'interface de puissance (modulation d'énergie) est réalisée par un double pont en H. Chaque moteur est commandé en sens et en vitesse. En vitesse, par un signal MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion) de fréquence f fixe et de rapport cyclique α variable, généré par le microcontrôleur.

Ainsi la vitesse d'un moteur varie en fonction de la valeur moyenne de la tension **U** - notée $\mathbf{U}_{moy}$ - qui lui est appliquée.

Notations utilisées au niveau du moteur :

$\mathbf{U}_{moy}$: tension qui alimente l'induit (V)
I : courant dans l'induit (A)
R : résistance de l'induit (Ω)
$\mathbf{N}_{mot}$: fréquence de rotation du moteur (tours/min)
ω_{mot} : vitesse angulaire de rotation du moteur (rad/s)
$\mathcal{C}_{mot}$: couple moteur (N×m)
K : constante du moteur (en Vxs/rad) ou (en N×m/A)

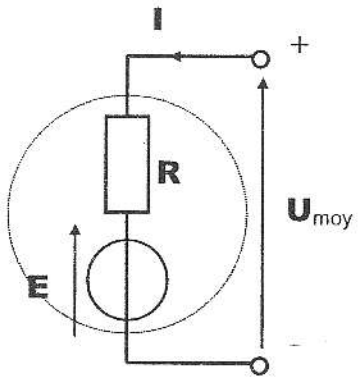


Schéma équivalent de l'induit

On rappelle les relations électromécaniques de base :

$\mathbf{E} = \mathbf{K}\ \omega_{mot}$
$\mathcal{C}_{mot} = \mathbf{K}\ (\mathbf{I} - \mathbf{I_0})$ avec $\mathbf{I_0}$ = 0,15 A.

Données numériques :

Résistance d'induit : **R** = 2,3 Ω
Constante de couple : **K** = $6{,}21 \times 10^{-3}$ N×m/A
Quel que soit le résultat de la question **4.1.4**, vous prendrez : $\mathbf{N}_{mot} \cong 7000$ tours/min.

✎☐ **4.2.1** - A partir du document réponse **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 $\mathbf{N}_{mot} \cong 7000$ tours/min. Réaliser vos tracés sur le document réponse **DR3**.

✎☐ **4.2.2** – A l'aide du schéma équivalent de l'induit, établir la relation donnant la tension moyenne aux bornes du moteur $\mathbf{U}_{moy}$ en fonction de **E**, **R** et **I**.

✎☐ **4.2.3** - En déduire la relation de la tension moyenne aux bornes du moteur $\mathbf{U}_{moy}$ en fonction de ω_{mot}, **R**, **K** et **I**, puis calculer numériquement $\mathbf{U}_{moy}$.

✎☐ **4.2.4** - Tracer le graphe de la tension **U** aux bornes du moteur sur une période sur le document réponse **DR4**.

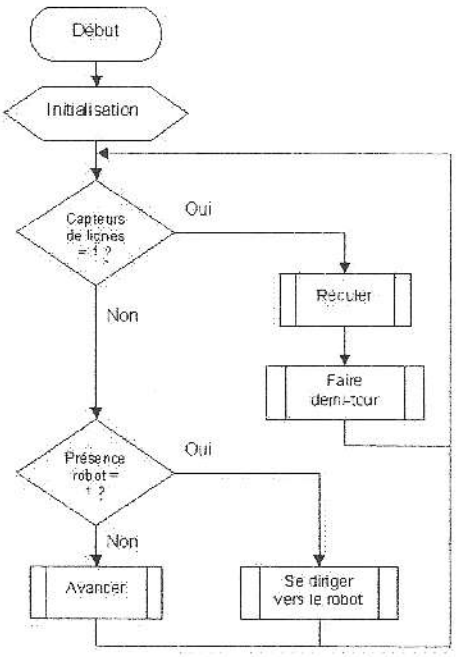
On rappelle la relation : $\mathbf{U}_{moy} = \alpha . \mathbf{U}_{bat}$
Avec $\mathbf{U}_{bat}$: tension d'alimentation du moteur en provenance de la batterie

✎☐ **4.2.5** - À partir du graphe tracé à la question précédente, établir la relation entre la valeur de la tension moyenne $\mathbf{U}_{moy}$ aux bornes du moteur et le rapport cyclique α.

✎☐ **4.2.6** - Calculer la valeur du rapport cyclique α en sachant que le moteur est alimenté sous une tension $\mathbf{U}_{bat} = 7{,}2$ Volts.

4.3 - Programmation de la MLI du microcontrôleur PIC

La figure ci-dessous montre l'organigramme de principe du programme. Après les initialisations nécessaires, le programme rentre dans une boucle de tests des différents états des capteurs pour choisir l'action la plus prioritaire à faire.



Dans la macro « Faire demi-tour » de l'organigramme du programme principal, on trouve une macro « MLI » qui permet d'obtenir la vitesse moyenne appliquée sur l'induit du moteur gauche ou droit. On obtient ainsi la réalisation du demi-tour dans le temps voulu.

Il est nécessaire de configurer certains registres du microcontrôleur pour configurer les deux sorties MLI de celui-ci, qui se trouvent sur les bits 1 et 2 du port C de celui-ci.

Les registres à configurer sont les suivants :

PR2 : détermine la fréquence de la MLI.
T2CON : TIMER CONTROL REGISTER : permet la validation du timer 2 MLI (le timer est un élément nécessaire à la génération du signal MLI).

CCP1CON : CAPTURE/ COMPARE /PWM CONTROLE REGISTER1 : permet de valider le mode MLI.

Initialisation de la MLI

✎□ **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 **DR4** « initialisation MLI ».

Registre PR2

Fréquences MLI avec un microprocesseur cadencé à 20MHz.

Fréquence MLI	1,22kHz	4,88kHz	19,53kHz	78,12kHz	156,3kHz	208kHz
Valeur PR2	FFh	FFh	FFh	3Fh	1Fh	17h
Résolution maximale (bits)	10	10	10	8	7	5.5

Remarque : des notations sont utilisées, notamment dans les langages informatiques, pour différencier sans ambigüité les chiffres hexadécimaux des autres notations.
On acceptera les notations suivantes :

- *$3F ou 0x3F ou 3Fh*

✎□ **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 **DR4** « initialisation MLI ».

Registre CCP1CON

----------	----------	CCPxX	CCPxY	CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0

Bit 7-6 : Bits mis à zéro.
Bit 5-4 : Mode MLI : ces bits sont les 2 bits de poids faible du cycle MLI. Ces deux bits seront mis à zéro.
Bit 3-0 : bits de sélection :

- 0000 : Arrêt MLI
- 1100 : Mode MLI

✎□ **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 **DR4** « initialisation MLI ».

Registre T2CON

----------	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMRCON	T2CKPS1	T2CKPS0
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0

Les bits 7, 6, 5, 4 et 3 seront mis à zéro.
Bit 2 : 1 = timer en marche.
0 = timer à l'arrêt.
Le bit 1 sera mis à zéro et le bit 0 à 1.

Paramétrage « registre sortie MLI »

Le registre CCPR1L écrit en décimal permet de déterminer la durée du temps haut du signal MLI (valeur maximale 255). Le rapport cyclique α est égal à 0,83 pour réaliser le demi-tour dans le temps voulu.

Si le registre CCPR1L = 255, le rapport cyclique sera de 1 et si le registre CCPR1L = 0, le rapport cyclique sera de 0.

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

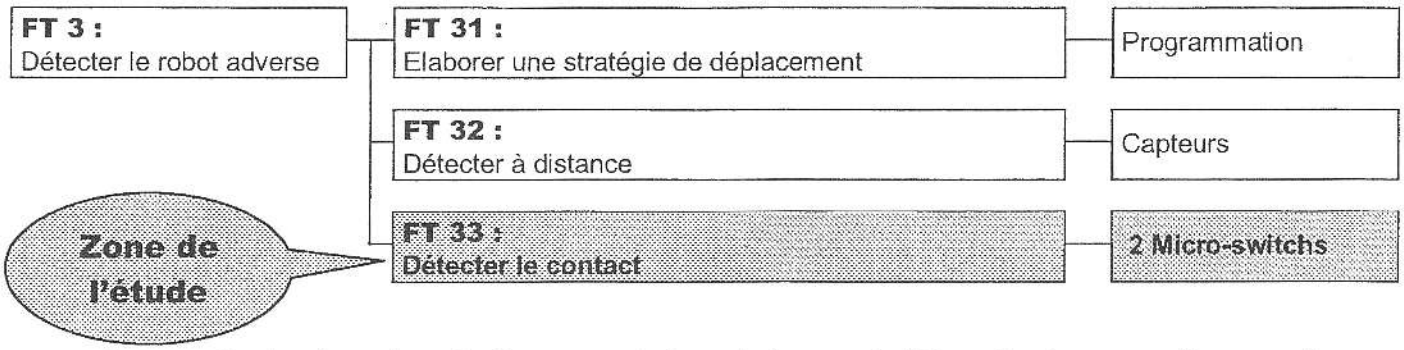
5 - OPTIMISATION DE LA PHASE DE POUSSEE

Lorsque le robot a détecté son adversaire, il se dirige vers lui. Dans le but d'augmenter la capacité de poussée du robot, on souhaite implanter deux micro-switchs (capteurs de type tout ou rien) à l'avant de celui-ci. Ainsi quand le robot sera au contact du robot adverse, l'un de ces deux capteurs ou les deux seront actionnés. Cette information logique sera traitée par le microcontrôleur qui passera la MLI à une valeur permettant aux motoréducteurs de fonctionner à la puissance maximum.

L'objectif de cette d'étude est d'IMPLANTER deux capteurs sur la face avant du robot.

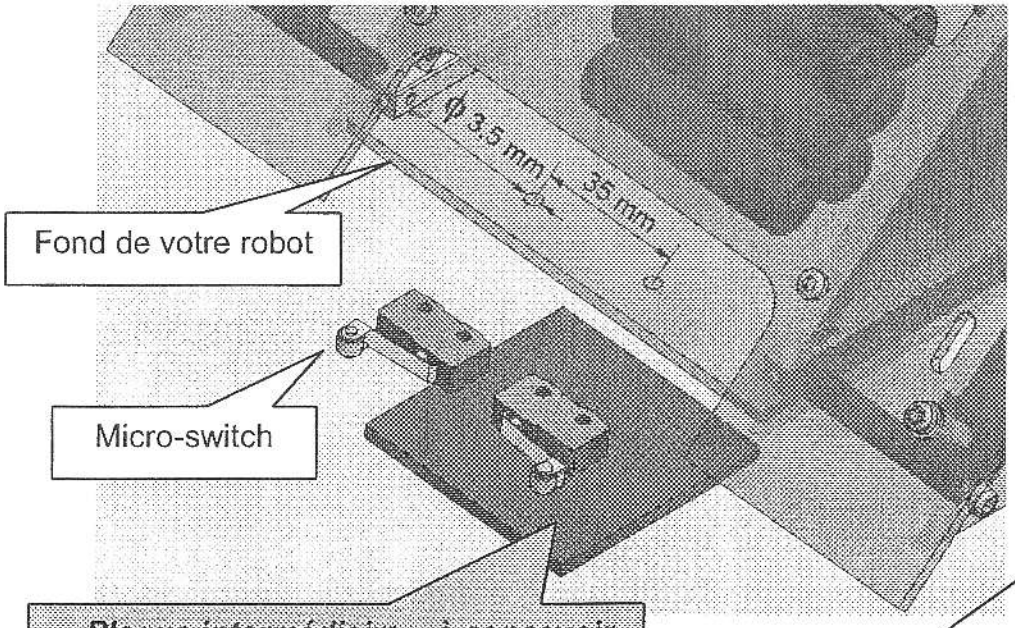
Cette implantation revient à ajouter la sous Fonction Technique FT33 (détecter le contact) à la Fonction Technique FT3 (détecter le robot adverse).

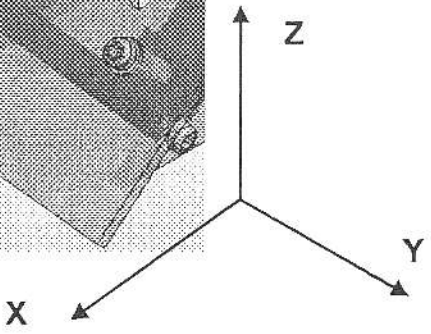
La nouvelle Fonction Technique FT3 sera alors divisée de la façon suivante.



Pour cette implantation, la face avant du robot sera évidée afin de permettre aux deux micro-switchs de dépasser.

Une « plaque intermédiaire » entre le fond du robot et les micro-switchs sera crée afin de permettre à ceux-ci de sortir suffisamment sur l'avant du robot.





« Plaque intermédiaire » à concevoir

- **dimension : 50 mm x 50 mm**
- **épaisseur : 3 mm**

Cahier des Charges Fonctionnel :

Il faut donc concevoir :

- d'une part, la liaison encastrement démontable entre les deux micro-switchs et la « plaque intermédiaire » ;
- d'autre part, la liaison encastrement démontable entre la « plaque intermédiaire » et le fond de votre robot.

Ce projet doit respecter les contraintes suivantes :

CONTRAINTES DE POSITIONNEMENT :

Mettre en position les 2 micro-switchs sur « plaque intermédiaire » .
Maintenir en position les 2 micro-switchs sur « plaque intermédiaire » .
Mettre en position la « plaque intermédiaire » sur le fond de votre robot .
Maintenir en position la « plaque intermédiaire » sur le fond de votre robot.

CONTRAINTE DE REGLAGE :

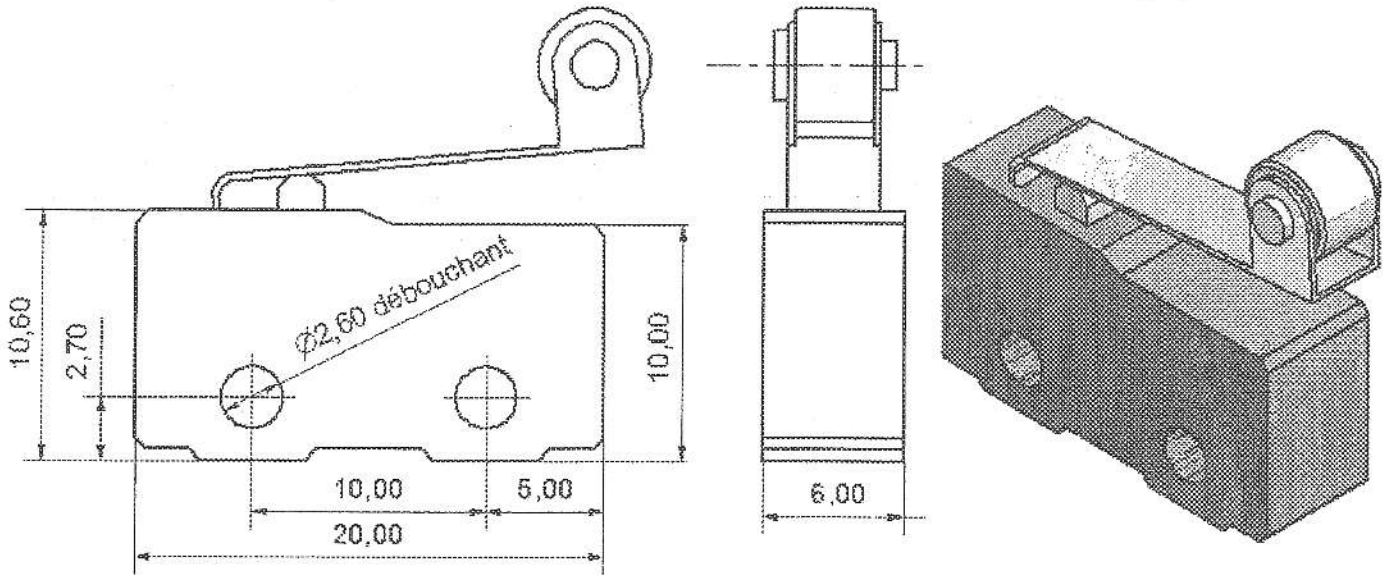
La « plaque intermédiaire » doit permettre un réglage en translation de 25 mm suivant l'axe X pour ajuster la position des 2 micro-switchs sur l'avant du robot.

CONTRAINTE D'ESPACEMENT :

Les 2 micro-switchs seront au moins distants de 10 mm suivant l'axe Y.

Pour maintenir la « plaque intermédiaire » sur le fond du robot deux perçages Φ3,5 mm distants de 35 mm ont été usinés.

Les caractéristiques dimensionnelles des micro-switchs sont données ci-après.



✎□ **5.1** - Réaliser un croquis à main levée de la solution envisagée. Indiquer le nom et les dimensions des éléments de fixation utilisés.

✎□ **5.2** - Réaliser un dessin de définition de la « plaque intermédiaire ».
- Vous jugerez du nombre de vues nécessaires à la compréhension de votre pièce.
- Indiquer les principales cotes fonctionnelles.

6 – VERIFICATION DES CAPACITES DE L'ENERGIE EMBARQUEE

La source d'énergie est impérativement électrique de type piles ou accumulateurs. *Un combat se déroule en 3 rencontres de 3 minutes*, il faut donc avoir une autonomie minimale de 9 minutes pour participer à un combat dans des conditions optimales.

L'objectif de cette étude est de VERIFIER l'autonomie des accumulateurs et d'OPTIMISER votre Robot Sumo.

Hypothèses et données

Six accumulateurs sont utilisés pour l'alimentation du robot. De manière générale lors d'une rencontre, leur utilisation est la suivante durant ces 3 minutes :

- Le robot est à l'arrêt durant 5 secondes avant le démarrage.
  Il ne consomme rien.
- Le robot est en phase de recherche durant 55 secondes.
  Chaque moteur absorbe alors une intensité moyenne de 0,65 A.
- Le robot est en phase de poussée de l'adversaire durant 1 minute.
  Chaque moteur absorbe alors une intensité moyenne de 1,9 A.
- Le robot est poussé par le robot adverse durant 1 minute.
  Chaque moteur absorbe alors une intensité moyenne de 1,9 A.

L'électronique embarquée sur le robot consomme 5% de la capacité totale Q_{Totale} des accumulateurs

CONTRAINTE TECHNOLOGIQUE 1 :

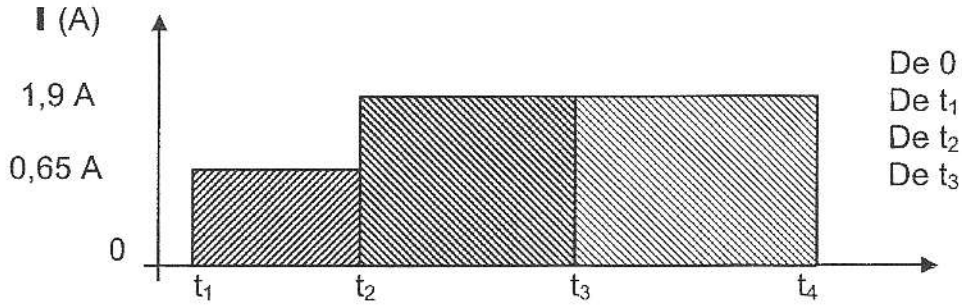
Les accumulateurs choisis devront avoir une capacité suffisante pour soutenir un combat complet.

Capacité des accumulateurs

La quantité d'électricité que l'on peut stocker dans un accumulateur est exprimée en Ah ou mAh. Un accumulateur de 1000 mAh permet de fournir un courant constant de 1 Ampère pendant une durée de 1 heure ou de 0,1 Ampère pendant 10 heures.

La quantité d'électricité **Q** correspond à l'aire hachurée soit le produit **Q = Ixt**. Pour un courant variable selon la phase dans laquelle se trouve le robot, on déterminera cette quantité **Q** à partir d'un calcul d'aire élémentaire et du schéma ci-dessous :

Intensité moyenne absorbée I
par UN MOTEUR durant une rencontre de 3 minutes



De 0 à t_1 : 5 secondes
De t_1 à t_2 : 55 secondes
De t_2 à t_3 : 60 secondes
De t_3 à t_4 : 60 secondes

Les accumulateurs utilisés ont les caractéristiques suivantes :

- la tension nominale d'un élément : $\mathbf{V}_{élément}$ = 1,2V;
- la capacité d'un élément : $\mathbf{Q}_{élément}$ = 1600 mAh.

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

✎☐ **6.2** - Les accumulateurs sont associés en série, déterminer la capacité totale des accumulateurs $\mathbf{Q}_{Totale}$ et la tension maximale disponible.

Détermination de la capacité nécessaire pour une rencontre de 3 minutes

Déterminer pour les 2 moteurs :

✎☐ **6.3** - La capacité $\mathbf{Q}_1$ en Ah nécessaire lors de la phase de recherche.

✎☐ **6.4** - La capacité $\mathbf{Q}_2$ en Ah nécessaire lors de la phase de poussée du robot adverse.

✎☐ **6.5** - La capacité $\mathbf{Q}_3$ en Ah nécessaire lors de la phase où le robot est poussé par le robot adverse.

✎☐ **6.6** - Déterminer la capacité $\mathbf{Q}_4$ en Ah nécessaire pour alimenter la chaîne d'information.

✎☐ **6.7** - En déduire la capacité $\mathbf{Q}_{Rencontre}$ en Ah nécessaire pour une rencontre de 3 minutes.

Détermination de la capacité nécessaire pour un combat

REMARQUE IMPORTANTE : On rappelle que 1 Combat = 3 Rencontres de 3 minutes

✎☐ **6.8** - Déterminer pour les 2 moteurs, la capacité nécessaire $\mathbf{Q}_{Combat}$ pour un combat.

✎☐ **6.9** - Conclure au regard de la **CONTRAINTE TECHNOLOGIQUE 1.**

7 - AMELIORATION DES PERFORMANCES DU ROBOT

D'après les études menées précédemment, il apparaît clairement que de nombreuses modifications sont possibles, aussi bien au niveau de la chaîne d'information que de la chaîne d'énergie, pour changer le comportement du Robot Sumo.

✎☐ **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 :

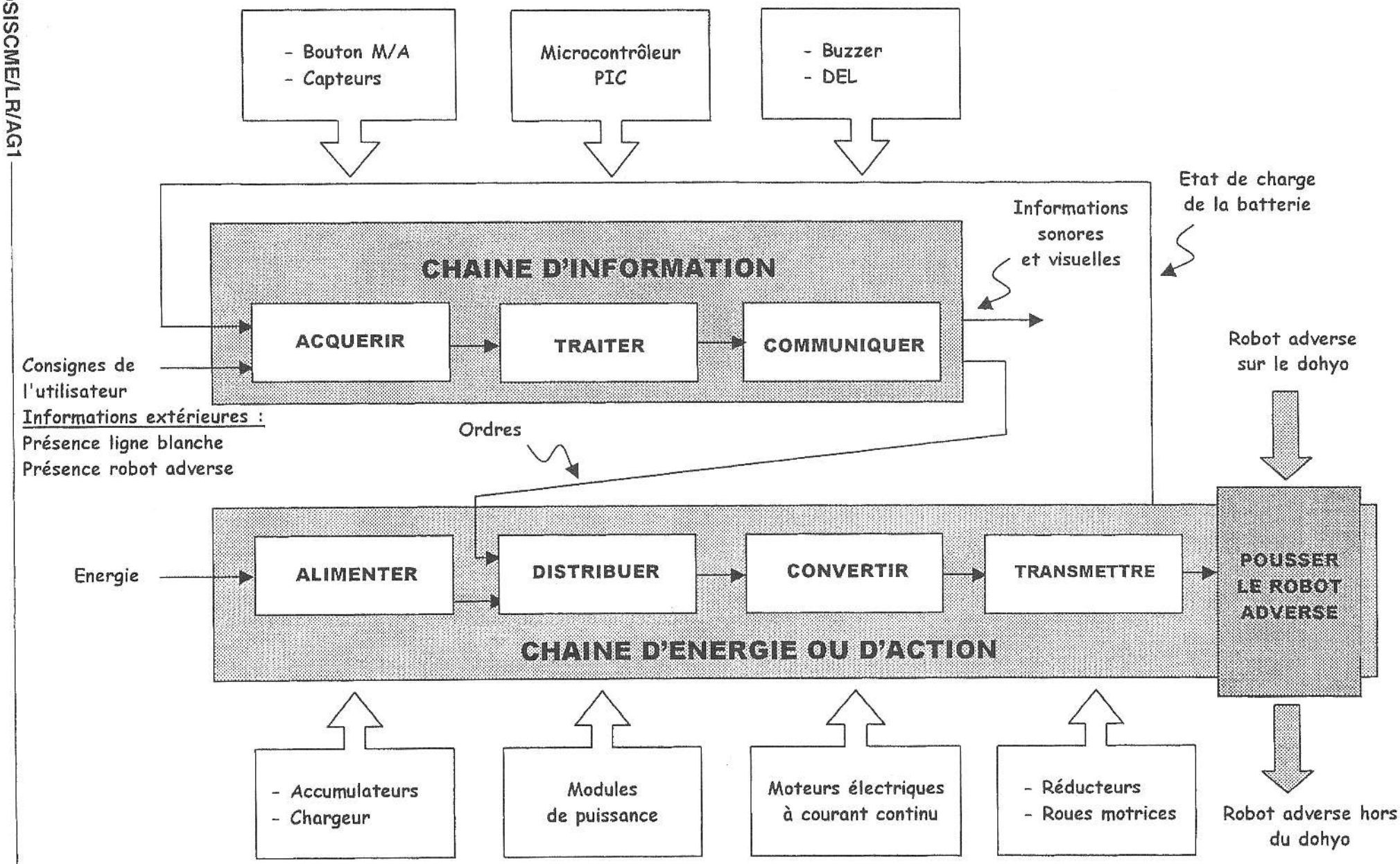
- de l'effort de poussée ;
- de la vitesse de poussée ;
- de la puissance de poussée.

BACCALAUREAT GENERAL
Session 2009
Série S SI

LES DOCUMENTS TECHNIQUES

DT0 : CHAINE D'INFORMATION ET D'ENERGIE DU ROBOT
DT1 : PRÉSENTATION ROBOT SUMO
DT2 : DETECTION ROBOT ADVERSE
DT3 : CARACTERISTIQUES DU MOTOREDUCTEUR

CHAINES D'INFORMATION ET D'ENERGIE DU ROBOT SUMO



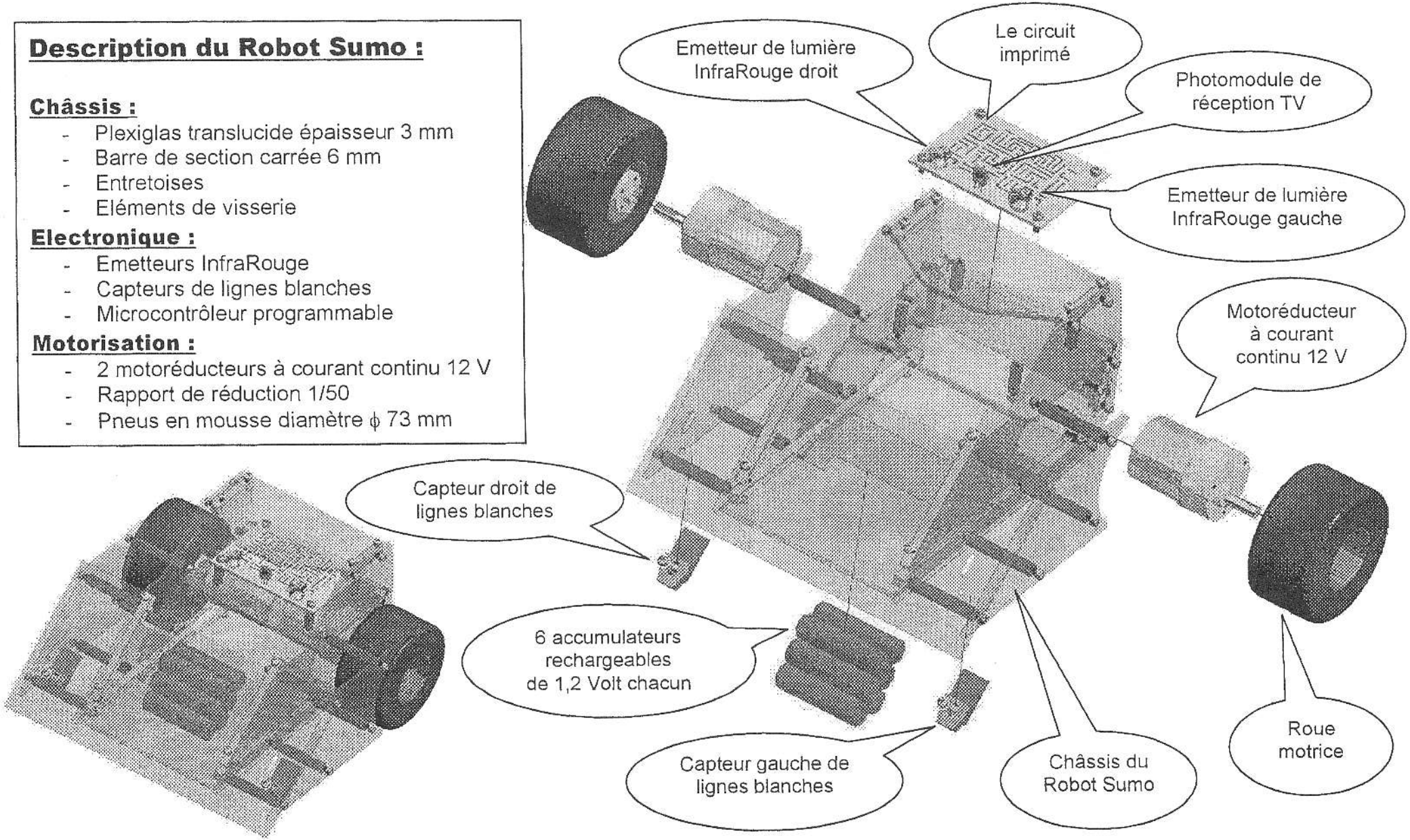
PRESENTATION ROBOT SUMO

Description du Robot Sumo :

Châssis :
- Plexiglas translucide épaisseur 3 mm
- Barre de section carrée 6 mm
- Entretoises
- Eléments de visserie

Electronique :
- Emetteurs InfraRouge
- Capteurs de lignes blanches
- Microcontrôleur programmable

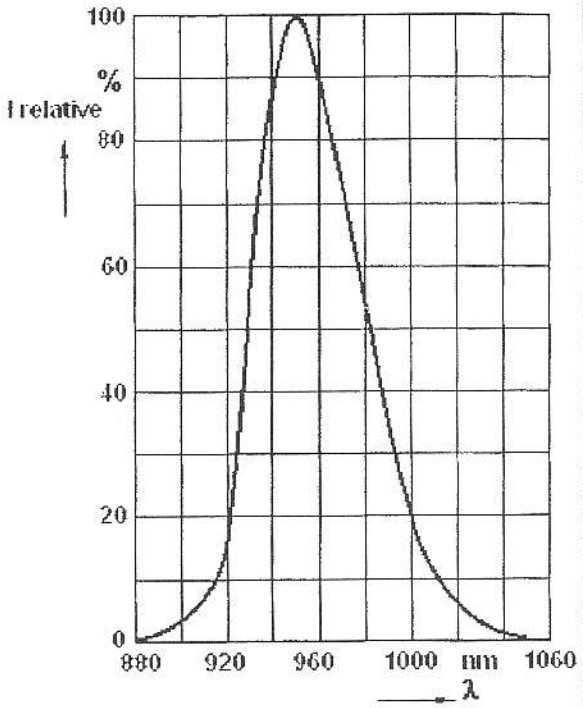
Motorisation :
- 2 motoréducteurs à courant continu 12 V
- Rapport de réduction 1/50
- Pneus en mousse diamètre ϕ 73 mm



2.3

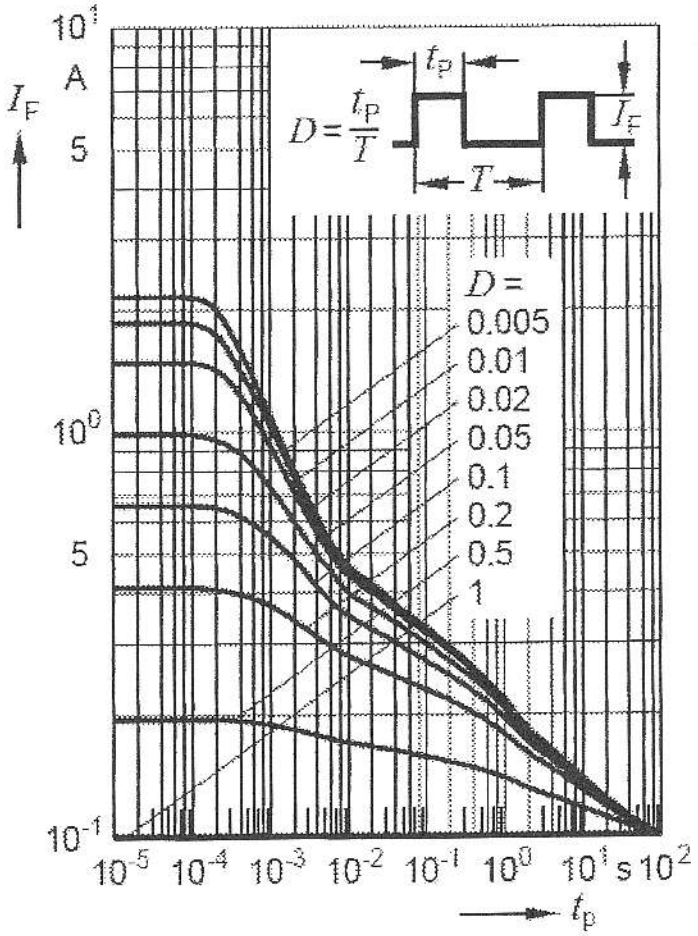
Caractéristique exprimant l'intensité relative de lumière d'une diode en fonction de la longueur d'onde

Couleur	λ(nm)
Ultraviolet	13 à 390
Violet	410
Bleu	470
Vert	520
Jaune	580
Orange	600
Rouge	650
Infrarouge	800 à 1100



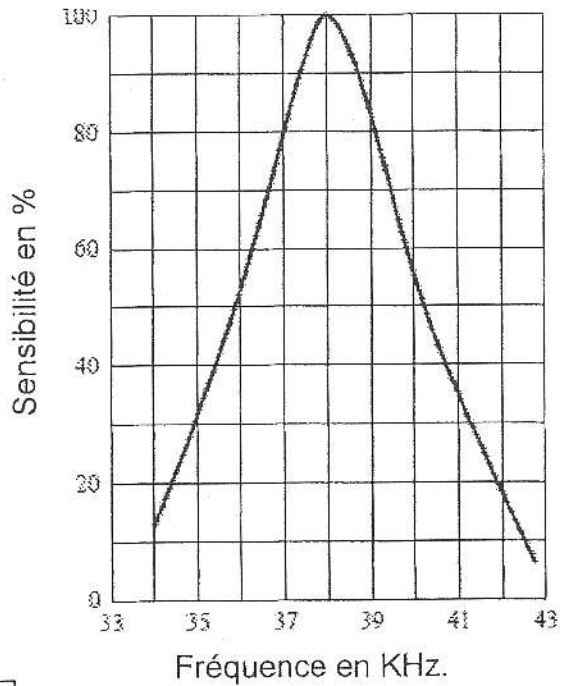
2.5

Caractéristique exprimant l'intensité du courant traversant la diode en fonction du temps à l'état 1



2.6

Sensibilité du récepteur en fonction de la fréquence du signal reçu.



Fréquence en KHz.

Relevés expérimentaux	
Valeur rapport cyclique	Distance de détection
1	10 cm
0.5	15 cm
0.2	20 cm (distance maximale)

CARACTERISTIQUES DU MOTOREDUCTEUR

1. Schéma cinématique minimal du réducteur

Entrée réducteur :

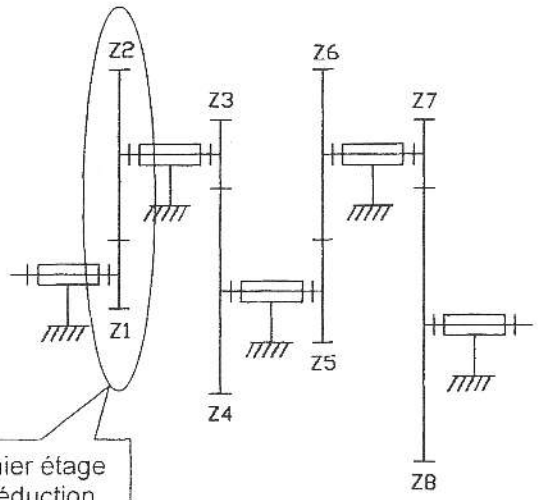
Couple moteur : $\mathcal{C}_{mot}$

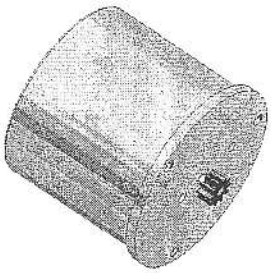
Vitesse angulaire moteur : ω_{mot}

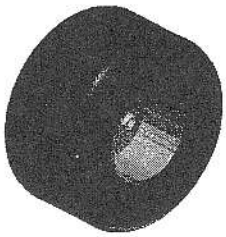
Sortie réducteur :

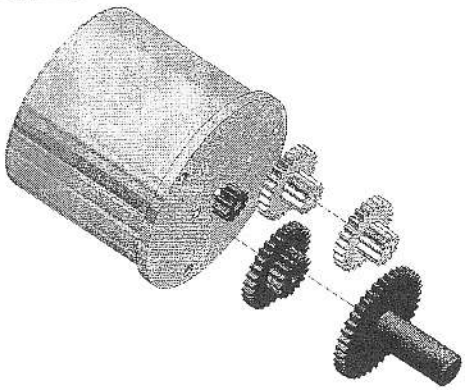
Couple réducteur : $\mathcal{C}_{réd}$

Vitesse angulaire réducteur : $\omega_{réd} = \omega_{roue}$









Moteur électrique à courant continu	Réducteur à 4 étages de réduction	Roue motrice Diamètre 73 mm

2. Caractéristiques géométriques des éléments constitutifs du réducteur

	Nombre de dents Z	Module m en mm	Diamètre primitif d en mm
Pignon moteur 1	$Z_1 = 10$	0,5	5
Roue 2	$Z_2 = 25$	0,5	12,5
Pignon 3	$Z_3 = 10$	0,5	5
Roue 4	$Z_4 = 30$	0,5	15
Pignon 5	$Z_5 = 15$	0,5	7,5
Roue 6	$Z_6 = 25$	0,5	12,5
Pignon 7	$Z_7 = 10$	0,5	5
Roue 8	$Z_8 = 40$	0,5	20

3. Rappel

Rapport de réduction $r = \dfrac{\omega_{réd}}{\omega_{mot}}$

BACCALAUREAT GENERAL
Session 2009
Série S SI

LES DOCUMENTS REPONSES

DR1 : STATIQUE GRAPHIQUE

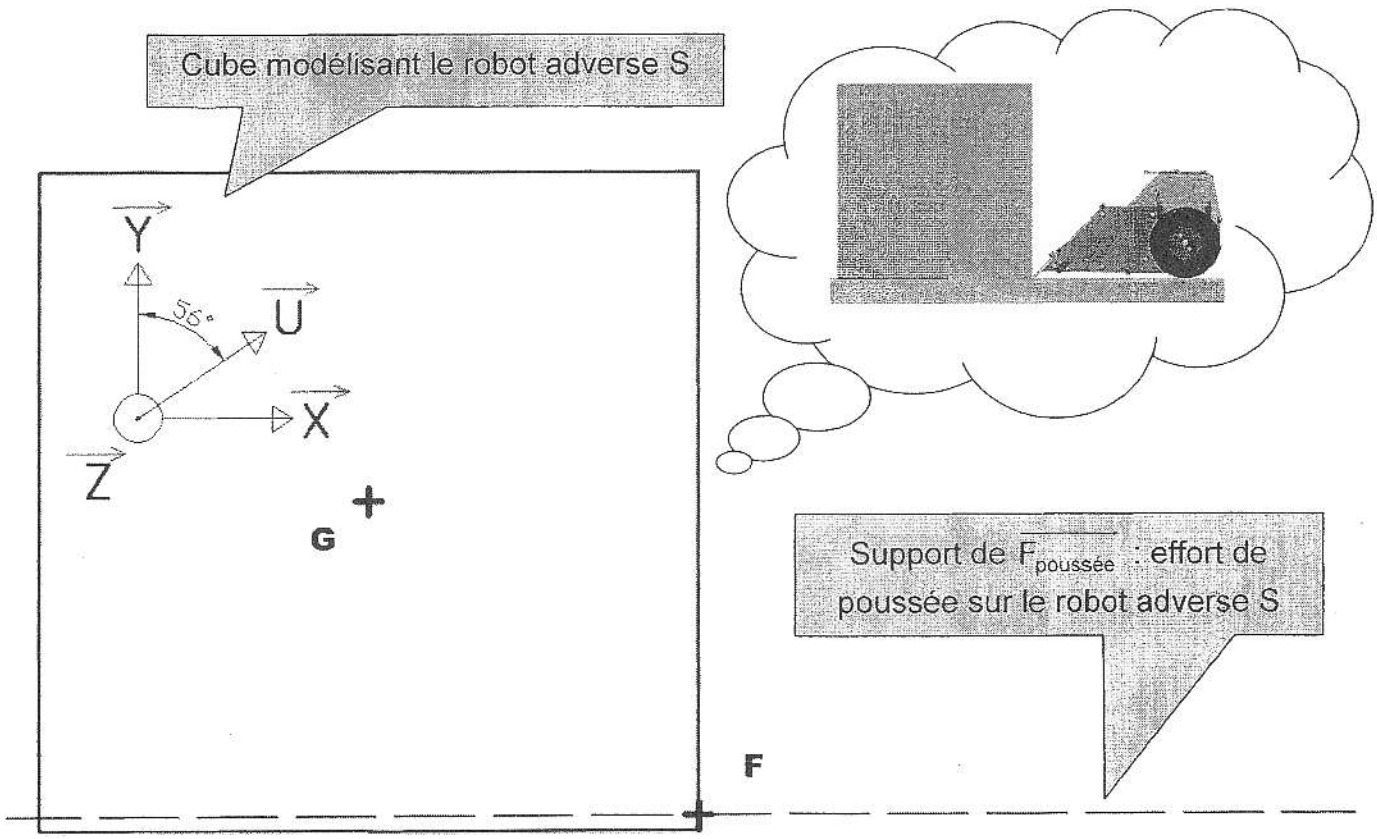
DR2 : MOTEUR CC : PHASE DE POUSSEE

DR3 : MOTEUR CC : PHASE DE RECHERCHE

DR4 : REPRESENTATION MLI ET PARAMETRAGE MLI

STATIQUE GRAPHIQUE

□ 312 Support des 3 Actions Mécaniques Extérieures à S



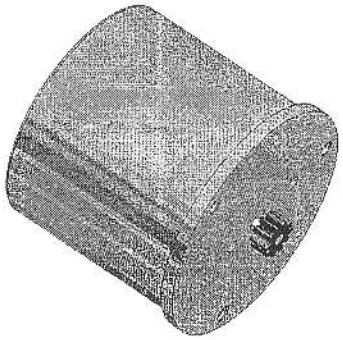
Echelle préconisée : 0,5 cm pour 1 N

$\left\| \overrightarrow{F_{poussée}} \right\| =$

$\left\| \overrightarrow{R_{dohyo \rightarrow adversaire}} \right\| =$

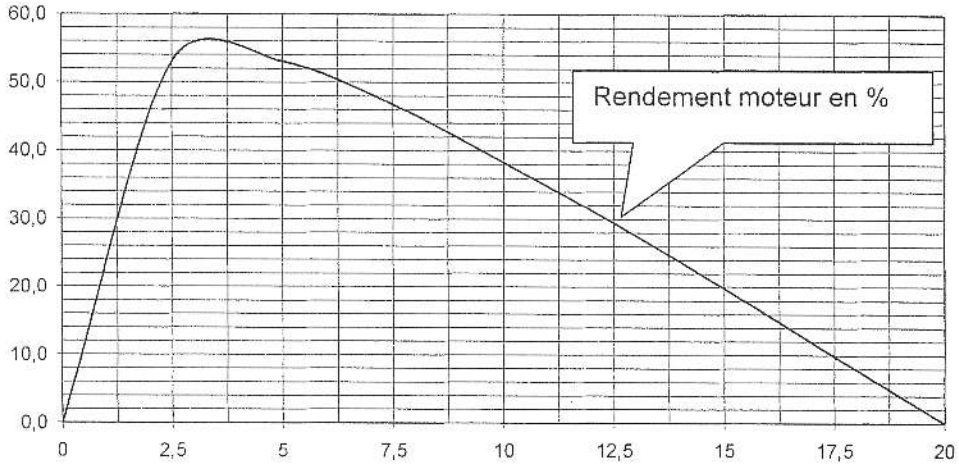
DR2 DOSSIER REPONSE : PHASE DE POUSSEE DR2

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

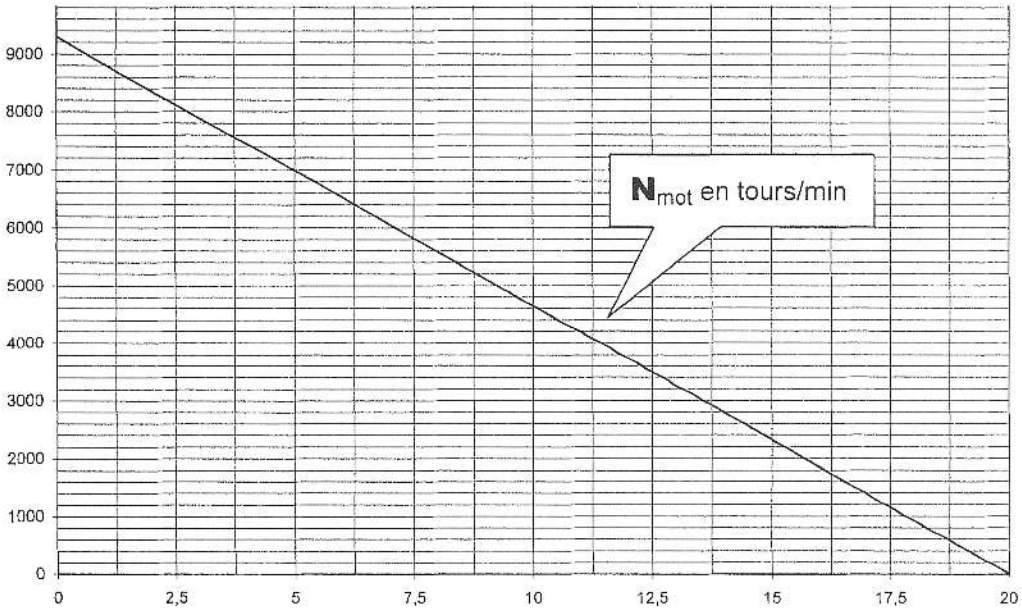


Tension d'alimentation	7,2 V
Caractéristiques à vide	
Fréquence de rotation (tours/min)	9300
Intensité absorbée (A)	0,15
Caractéristiques moteur bloqué	
Intensité absorbée (A)	3,36
Couple moteur (mNxm)	20
Caractéristiques générales	
Résistance interne (Ω)	2,3
Constante de couple (Nxm/A)	0,00621
Rendement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

Rendement en % du moteur en fonction du couple moteur $\mathcal{C}_{mot}$ en mNxm

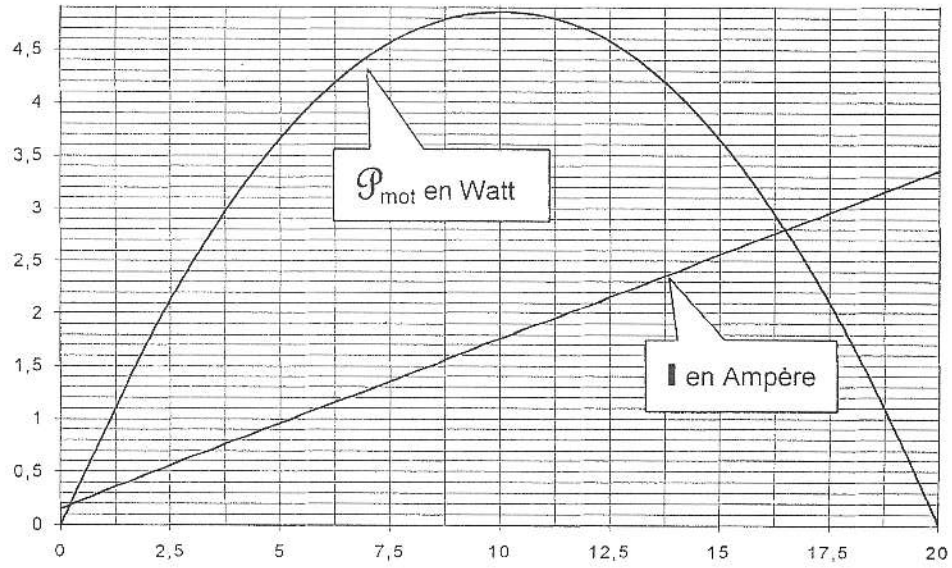


Fréquence de rotation $\mathbf{N}_{mot}$ en tours/min en fonction du couple moteur $\mathcal{C}_{mot}$ en mNxm



Intensité absorbée **I** en Ampère en fonction du couple moteur $\mathcal{C}_{mot}$ en mNxm

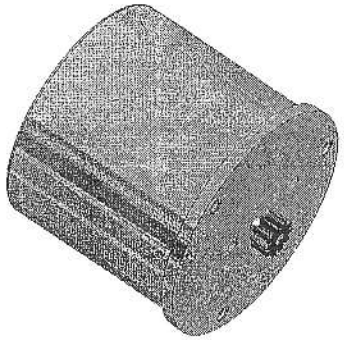
Puissance moteur $\mathcal{P}_{mot}$ en Watt en fonction du couple moteur $\mathcal{C}_{mot}$ en mNxm



DOSSIER REPONSE : PHASE DE RECHERCHE

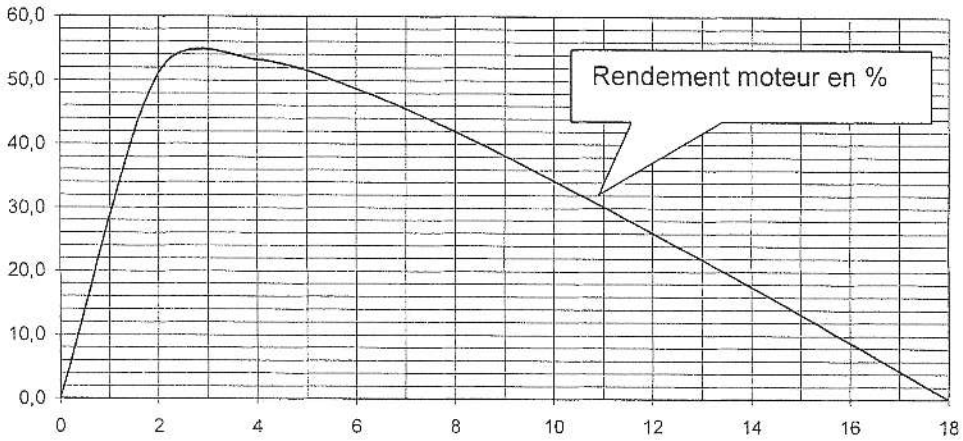
DR3

CARACTERISTIQUES DU MOTEUR ELECTRIQUE A COURANT CONTINU *(ALIMENTE EN U_{MOY})*

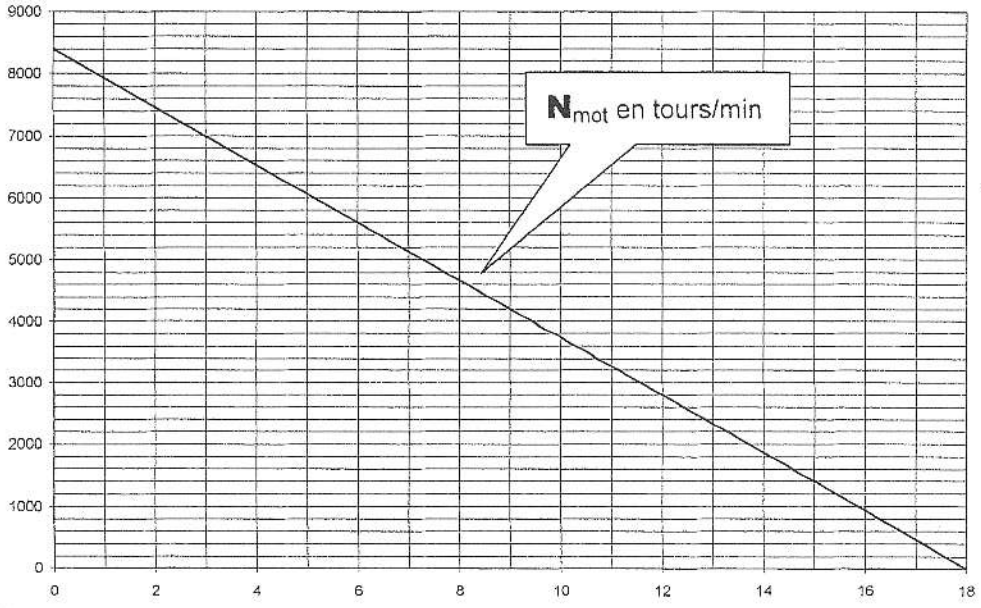


Tension d'alimentation	U_{moy}
Caractéristiques à vide	
Fréquence de rotation (tours/min)	8396
Intensité absorbée (A)	0,15
Caractéristiques moteur bloqué	
Intensité absorbée (A)	3,03
Couple moteur bloqué (mNxm)	18
Caractéristiques générales	
Résistance interne (Ω)	2,3
Constante de couple (Nxm/A)	0,00621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

Rendement en % du moteur en fonction du couple moteur $\mathcal{C}_{mot}$ en mNxm

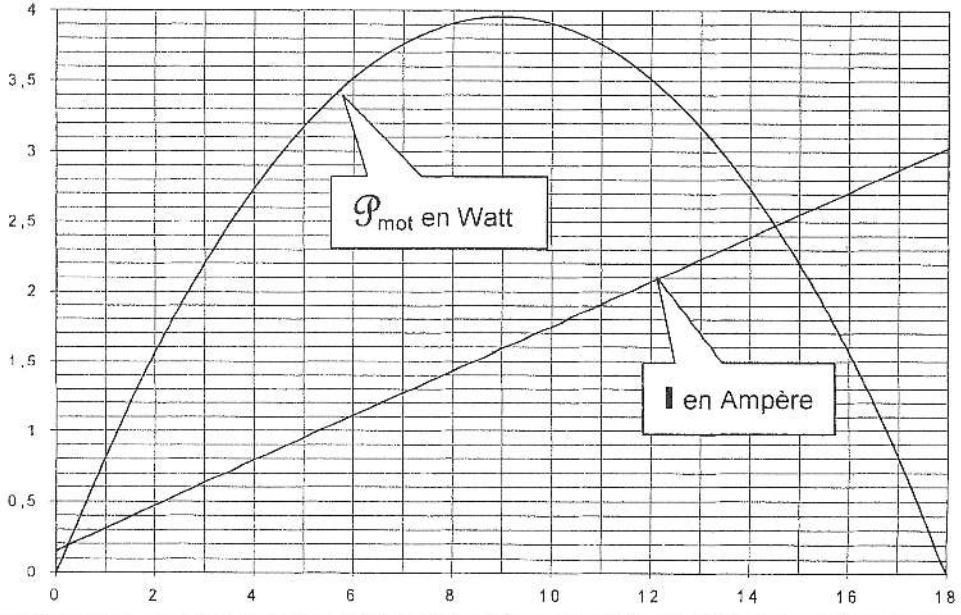


Fréquence de rotation **N**$_{mot}$ en tours/min en fonction du couple moteur $\mathcal{C}_{mot}$ en mNxm



Intensité absorbée **I** en Ampère en fonction du couple moteur $\mathcal{C}_{mot}$ en mNxm

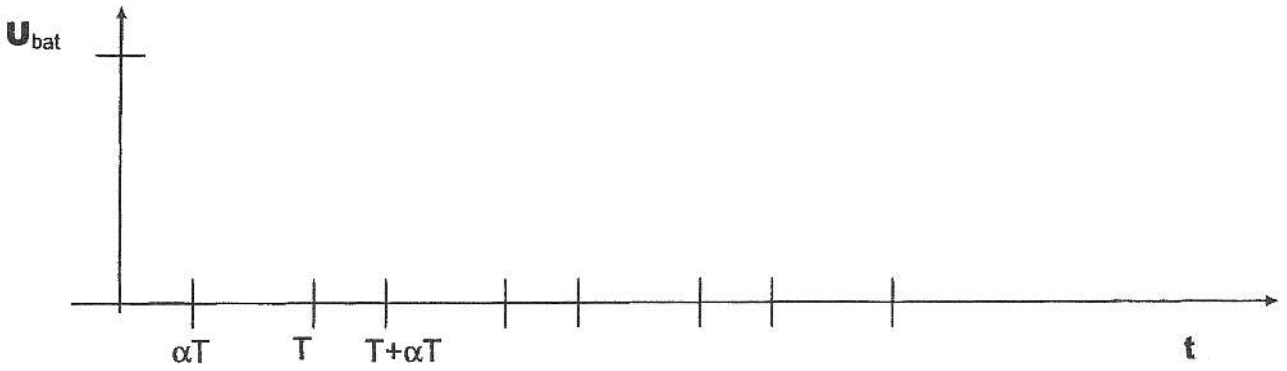
Puissance moteur $\mathcal{P}_{mot}$ en Watt en fonction du couple moteur $\mathcal{C}_{mot}$ en mNxm



REPRESENTATION MLI ET PARAMETRAGE MLI

✎□ 424

U : Tension aux bornes du moteur



✎□ 431 à ✎□ 434

```
/*Initialisation MLI*/

PR2      =
CCP1CON  =
T2CON    =
CCPR1L   =
```