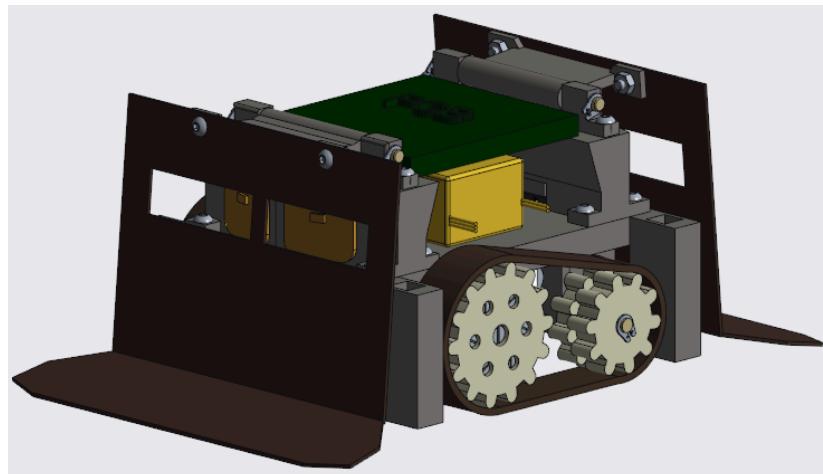

MIQ2 Projet S4

Robot Sumo :

Conception d'ensemble



I. Etude électronique.....	1
Batterie (référence Batterie LiPo 2S 800 / 500 mAh 8,4V).....	1
Capteur IR (référence Gravity SEN0245).....	2
Capteur IR bord (référence CNY70).....	2
Servomoteurs (référence FS5103R).....	2
Carte arduino.....	3
II. Etude mécanique.....	3
Système de déplacement.....	4
Bâti.....	4
Rampes.....	5
Agencement des capteurs.....	5

I. Etude électronique

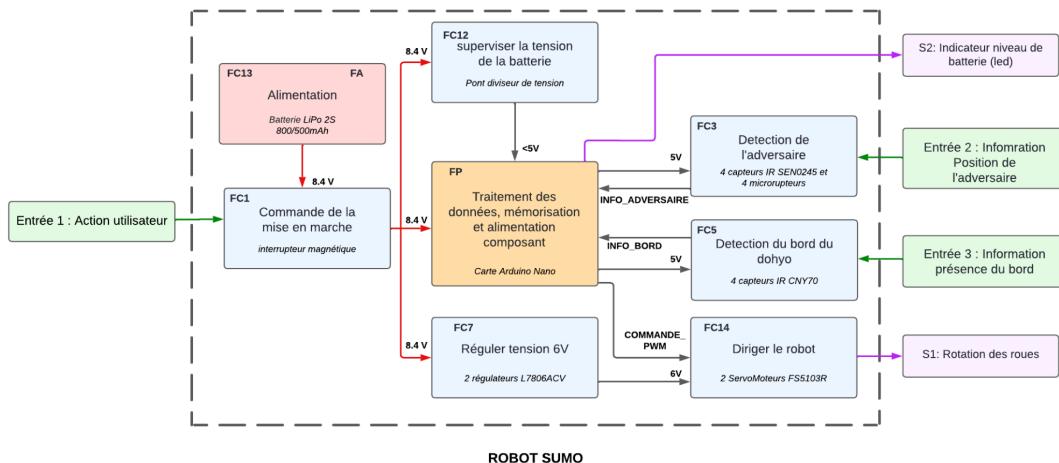


Schéma fonctionnel de degré 1

Rappelons la fonction principale : Permettre à l'utilisateur de gagner en éjectant l'adversaire hors du dohyo.

Les fonctions contraintes définies dans le cahier des charges et étant liées à l'électronique sont les suivantes :

- FC1 : Démarrer par appui sur bouton poussoir au-dessus du robot, avec temporisation selon règlement.
- FC3: Déetecter le robot adverse.
- FC5: Rester à l'intérieur de la surface autorisée.
- FC7 : Utiliser les moteurs et la batterie fournis
- FC12 : superviser la tension de la batterie
- FC13 : Autonomie de la batterie
- FC14 : diriger le robot

Batterie (référence Batterie LiPo 2S 800 / 500 mAh 8,4V)

La fonction contrainte 13 qui porte sur l'autonomie de la batterie stipule que notre robot doit combattre 3 combats sans recharge. D'après nos calculs le robot devrait tenir environ 37min ce qui est amplement suffisant:

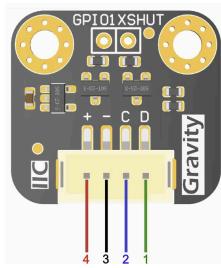
$$I_{arduino} + 2I_{moteur} + 2I_{régulateur} = 160 + 2 * 5 + 2 * 400 = 800 \text{ mA. } \frac{500}{800} = 37 \text{ min}$$

De plus, la fonction contrainte 12, nous impose une supervision de la tension de la batterie. Nous allons ainsi effectuer un pont diviseur de tension afin que sa valeur maximale théorique (8,4V) soit environ équivalente, à la sortie du pont, à la valeur maximale que l'on peut mesurer avec notre carte arduino soit 5V. Nous avons choisi R1= 8k ohm R2=12k ohm.

Notre pont diviseur de tension n'est en revanche valable que si l'impédance d'entrée vue depuis la carte arduino est négligeable par rapport à 100k ohm (datasheet). Avec un circuit équivalent de Thévenin nous calculons que notre impédance équivalente est de 4.8 k ohm et elle respecte donc bien la contrainte.

Capteur IR (référence Gravity SEN0245)

Pour respecter la fonction contrainte 3 (détecter le robot adverse), nous utilisons 4 capteurs IR SEN0245. C'est un capteur de distance haute précision basé sur le principe du Time-of-Flight (ToF). Contrairement aux technologies traditionnelles, il fournit des mesures de distance précises.



Ce capteur utilise une technologie I2C, seulement l'arduino nano ne dispose que d'un seul canal I2C ce qui rend impossible une connexion directe de plusieurs SEN0245 en même temps.

De plus, tous les SEN0245 possèdent la même adresse sans possibilité de la modifier de manière pérenne. Il ne peut donc pas être directement connecté avec d'autres capteurs identiques sur un bus commun.

L'utilisation d'un multiplexeur I2C est donc nécessaire (nous avons choisi le DFR0576). Les 4 capteurs IR seront donc connectés aux entrées du multiplexeur.

Celui-ci sera quant à lui connecté aux broches SDA et SCL (broches adaptées au protocole I2C) de la carte Arduino. Il sera ainsi possible de se connecter individuellement aux différents capteurs de bord en choisissant quel port du multiplexeur l'on veut utiliser.

D'après la datasheet le multiplexeur peut être alimenté en 3,3V ou 5V, nous avons choisi de l'alimenter en 5V à partir de la carte arduino nano. De plus, il consomme environ 3mA en fonctionnement (par comparaison avec d'autres multiplexeurs similaires).

Capteur IR bord (référence CNY70)



Pour respecter la fonction contrainte 5: Rester à l'intérieur de la surface autorisée nous utilisons 4 capteurs bords CNY70. Ils sont composés d'une LED qui émet un faisceau IR et d'un phototransistor qui capte la lumière lorsque celle-ci est réfléchie par le sol. Plus l'objet est proche ou réfléchissant, plus l'intensité du signal reçu est élevée. La tension aux bornes de la diode doit être, d'après la datasheet, de 1,25V. De plus, 20mA est le courant nominal recommandé pour un fonctionnement standard et une longue durée de vie.

La carte arduino délivrera une tension de 5V, notre résistance branchée en série sera donc de $R_{diode} = \frac{1.25}{0.020} = 187 \Omega$, nous prendrons ainsi une résistance de 220 ohm car nous avons accès à la série normalisée E12.

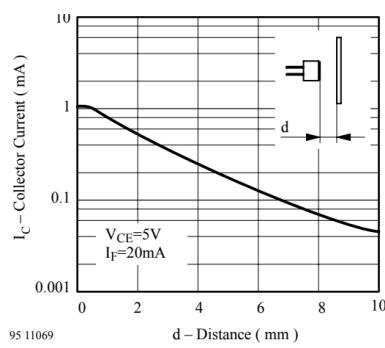
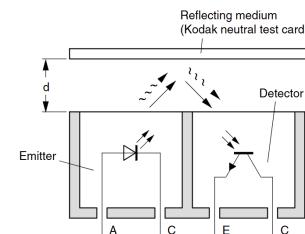


Figure 9. Collector Current vs. Distance

En sortie, ce capteur est branché à une entrée numérique qui n'accepte qu'une tension comprise entre 0 et 5V. Il faut donc protéger la carte arduino et régler la tension d'entrée de telle sorte que lorsque la surface réfléchit beaucoup (surface blanche) la tension émise soit comprise entre 2,5V et 5V et que lorsque la surface est peu réfléchissante (surface noire) la tension émise soit inférieure à 2,5V. D'après notre CAO mécanique, notre capteur se situe à 0.3 mm de la surface réfléchissante. Ainsi, d'après le graphe, $I_c = 1\text{mA}$. $R_{sortie} = \frac{V_{CE}}{I_c} = \frac{5}{1 \cdot 10^{-3}} = 5k\Omega$

Nous allons ainsi brancher en série une résistance de $3,9k\Omega$ et un potentiomètre de $10k\Omega$ afin de pouvoir réduire l'incertitude due au placement du capteur lors du montage.

Servomoteurs (référence FS5103R)

Les servomoteurs seront alimentés à la batterie via deux régulateurs de tension 6V. D'après nos tests sur plaquette, notre servomoteur consomme entre 240mA à vide et 400mA lorsque la résistance d'un affrontement avec un autre robot est simulée. Un régulateur de tension linéaire prend une tension d'entrée plus élevée que celle désirée en sortie.

La puissance dissipée est donnée par la formule : $P = (V_{in} - V_{out})I$

De plus, $T_{composant} = T_{ambient} + \Delta T$ Avec ΔT l'élévation de la température (°C) tel que :

$\Delta T = R_{th} * P$ avec R_{th} la résistance thermique du régulateur (°C/W).

$$\text{Ainsi, } I_{max \text{ régulateur}} = \frac{T_{composant} - T_{ambient}}{R_{thJA} * (V_{in} - V_{out})}$$

Nous utiliserons le régulateur L7806CV qui présente une résistance thermique $R_{thJA} = 60^{\circ}\text{C}/\text{W}$.

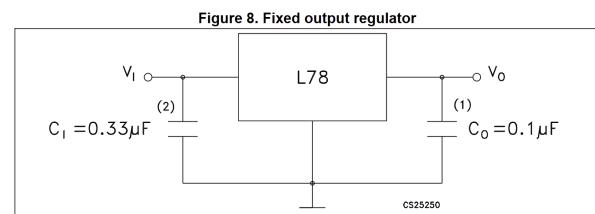
Symbol	Parameter	D ² PAK	DPAK	TO-220	TO-220FP	Unit
R_{thJC}	Thermal resistance junction-case	3	8	5	5	°C/W
R_{thJA}	Thermal resistance junction-ambient	62.5	100	50	60	°C/W
T_{OP}	Operating junction temperature range		for L78xxC, L78xxAC	0 to 125	°C	
	for L78xxAB		-40 to 125			

Nous admettrons un $T_{ambient} = 25^{\circ}\text{C}$. Pour garantir le bon fonctionnement de nos régulateurs nous admettrons un $T_{composant} = 90^{\circ}\text{C}$

$$\text{Ainsi : } I_{max \text{ régulateur}} = \frac{90-25}{60(8.4-6)} = 451mA \text{ Ainsi, } I_{max \text{ Servomoteur}} < I_{max \text{ régulateur}} .$$

Ces régulateurs sont donc adaptés à notre utilisation.

La datasheet recommande, afin d'éviter le bruit, d'ajouter des condensateurs aux bornes du régulateur:



Carte arduino

Nous alimenterons notre carte arduino nano sur la broche Vin de celle-ci. Cette broche nécessite une alimentation comprise entre 7 et 12V. Elle sera directement alimentée par la batterie (tension 8,4V).

Capteur IR (SEN0245) et multiplexeur	Capteur IR bord (CNY70)	Microrupteur	Total arduino
4*19+3 mA	4*20 mA	O au repos, en action : négligeable	159 mA

Le total arduino est de 159 mA et la carte arduino nano peut délivrer jusqu'à 200 mA environ. Tous les composants listés dans ce tableau pourront donc être alimenté directement via celle-ci. Les

capteurs IR SEN0245 seront connectés aux broches du multiplexeur, lui-même connecté au bus I2C de la carte. Les capteurs CNY70 et les microrupteurs seront eux branchés sur des entrées numériques pour détecter leur état (HIGH ou LOW).

II. Etude mécanique

L'étude d'avant projet ayant conduit à la conclusion que la performance de notre robot viendrait de l'optimisation de fonctionnalités de défense et d'attaque simples, nous avons conservé cet objectif de conception, duquel découle les choix présentés ci-dessous.

À la suite d'une étude approfondie des combats et des caractéristiques du matériel proposé, un objectif de conception s'est naturellement imposé : optimiser le couple transmissible plutôt que la vitesse linéaire de notre robot. Cette orientation découle du constat suivant : sans système de réduction, nos servomoteurs ne nous permettent pas d'atteindre des vitesses assez élevées pour créer un choc qui expulserait l'adversaire. Or, pour des raisons de compacité et afin d'éviter les pertes de puissance potentielles liées à une transmission mal réalisée, nous avons choisi de renoncer à l'intégration d'un réducteur. Dans ce contexte, la grandeur physique la plus déterminante n'est donc pas la vitesse, mais le couple transmissible, qui dépend à la fois du couple fourni par les moteurs et de l'adhérence du robot au sol. Nous avons en plus de cela cherché à nous démarquer par notre capacité à attaquer le robot adverse dans deux directions principales.

Système de déplacement

Afin de maximiser l'adhérence au sol, paramètre déterminant dans l'issue du combat, nous avons opté pour un système de déplacement à chenilles. Ce choix technique permet non seulement une transmission efficace de la puissance délivrée, mais offre également une résistance considérable aux déportations latérales, réduisant ainsi ce qui nous semble être un point faible majeur des robots sumos.

Nous avons opté pour les chenilles 22T de Pololu. Leurs dimensions conviennent pour respecter notre objectif de compacité, et leur largeur (15 mm) permet de profiter d'une surface au sol suffisante et d'une certaine liberté dans le dimensionnement de la roue qui l'entraîne.

Dans notre configuration, le couple et la vitesse linéaire dépendent directement du rayon de la roue motrice, il nous faut donc dimensionner les roues motrices de sorte à ce qu'elles soient adaptées à nos objectifs de performance. Les servomoteurs FS5103R, utilisés pour l'entraînement des chenilles, offrent une vitesse de rotation nominale de 64 tours par minute (à vide), conformément aux spécifications du fabricant. Nous en avons déduit un rayon de roue motrice conforme à nos besoins. À défaut de pouvoir se déplacer vite, il est nécessaire que notre robot puisse se retourner sans trop de délai après un choc l'ayant fait dévier de sa trajectoire. Nous avons estimé que ce temps devait être inférieur à deux secondes.

Lors d'un retournement, chaque chenille parcourt une demi-circonférence de la trajectoire de rotation. La distance parcourue par chaque chenille lors d'un demi-tour est donc : $D_{eq} = \pi \cdot L$, avec L la distance entre les deux roues motrices. Ainsi on a $R_{min} = \frac{D_{eq}}{2 * \pi * T * t}$ avec T la vitesse de rotation des moteurs en tours/sec et t le temps souhaité. On obtient $R_{min} = 21,5$ mm.

Nous avons donc choisi un rayon d'environ 21 mm. Ce choix d'un rayon relativement faible permet alors d'avoir une force de poussée théorique maximale de 32 Newtons : $F = 2 \times 10 \times \frac{C}{R}$ avec C en kg.cm .

Bâti

La forme du bâti a été pensée pour obtenir un ensemble compact et proche du sol, rampes abaissées la hauteur de l'assemblage est estimée à 7,6 cm. Pour procéder à sa fabrication nous avons choisi l'impression 3D, tout d'abord parce qu'elle constitue, selon nous, la solution la plus adaptée parmi celles proposées pour garantir une maîtrise précise des jeux fonctionnels et des tolérances dimensionnelles, et d'autre part parce que nous avons pu nous familiariser avec cette technologie au cours du semestre. Dans cette optique, il nous a fallu intégrer à sa conception une logique de facilitation de l'impression, en minimisant les supports nécessaires pour garantir un bon état de surface. Le bâti a donc été décomposé en trois pièces, un corps supérieur et un corps inférieur, le second utilisé deux fois, de part et d'autre du premier. Nous avons choisi d'ajouter aux fixations par vissage des inserts filetés dits "press-fit", de sorte à assurer un filetage précis, à limiter la dégradation du plastique, et à mieux répartir les efforts tranchants exercés sur les vis.

Afin de garantir un accès rapide à la batterie tout en minimisant la hauteur du robot, nous avons choisi de l'attacher au moyen de velcro sur le plateau central du bâti, et de dégager le haut des faces latérales du robot. Nous envisageons d'ajouter une armature en tôle sur les faces latérales inférieures qui serait fixée au-dessus des roues.

Rampes

Les deux rampes situées de part et d'autre du robot étant nos seuls modules d'attaques, l'étude de leur forme a été primordiale. Il fallait préférablement que nos rampes puissent passer sous n'importe quelle partie du robot, c'est pourquoi il nous semblait important d'affiner le bout de la rampe et de donner à celle-ci un profil ne limitant pas sa course sous le robot adverse. Il a fallu être particulièrement vigilant à ne pas abîmer le dohyo, et à ne pas que notre rampe ne se casse lors des contacts. Le modèle retenu sera donc fait en assemblage de deux plaques de métal, une plus épaisse en forme coudée qui soutient l'autre, plus fine et adoptant idéalement une forme de quart de cylindre.

Enfin, nous deux rampes sont équipées d'un système de bascule permettant de les déployer au début du combat et ainsi de respecter la taille maximale imposée par le règlement. Ce système intègre une simple liaison pivot installée au-dessus des supports de capteurs de détection adverse.

Agencement des capteurs

L'agencement des capteurs s'est fait dans le but d'exploiter au mieux leurs capacités. Quatre capteurs de ligne blanche sont disposés aux quatre coins du robot, logés dans quatre colonnes permettant également une stabilisation du robot en cas de déséquilibre. Celles-ci sont aussi excentrées que possible afin de détecter le bord du dohyo le plus tôt possible et de pouvoir réagir en conséquence.

Les capteurs servant à détecter l'ennemi sont placés derrière les rampes, des ouvertures rectangulaires sont découpées dans ces dernières de sorte à ne pas interférer avec les rayons infrarouges émis. Nous avons choisi d'incliner les pièces du bâti soutenant les capteurs infrarouge de sorte à maximiser le champ de détection du système. Ce choix conduit à la création d'un angle mort en face du robot. L'angle d'inclinaison a été choisi de sorte à ce que cet angle mort ne soit pas handicapant. Considérant θ l'angle entre le support du capteur, α l'angle de détection du capteur et β l'angle mort, on a : $\beta = 2 * (90 - \theta - (\alpha/2))$. Dans notre cas $\theta = 75^\circ$ et $\alpha = 25^\circ$ selon les spécifications du fabricant. Ainsi $\beta = 5^\circ$. Cet angle a été jugé négligeable par rapport au gain de vision de 15° qui est fait de chaque côté. À une distance de 70 cm, cet angle ne représente qu'un arc d'environ 4,4 cm, face à un adversaire dont la largeur avoisine les 8 cm.

Enfin, un microrupteur est placé derrière chaque rampe, leur intérêt est, dans un premier temps, d'informer que la rampe est bien tombée au début du combat, et dans un second temps de détecter un contact de l'adversaire avec la rampe.