

BACCALAUREAT STI Génie Electronique
SESSION 2006

Dossier de présentation
du
thème inter-académique

ROBOT DE TRANSPORT OPTOGUIDE

EPREUVE DE CONSTRUCTION
ELECTRONIQUE

DOSSIER ELEVE

Sommaire

I. MISE EN SITUATION DU SYSTEME.....	3
II. ANALYSE FONCTIONNELLE DU ROBOT DE TRANSPORT OPTOGUIDE.....	5
1. MISE EN SITUATION.....	5
2. FONCTION D'USAGE DE L'OBJET TECHNIQUE.....	5
3. CAHIER DES CHARGES.....	5
4. SCHEMA FONCTIONNEL DE NIVEAU 2.....	5
5. MILIEUX ASSOCIES.....	5
6. DIAGRAMME SAGITTAL.....	6
7. ANALYSE FONCTIONNELLE DE 1 ^{er} DEGRE DU ROBOT OPTOGUIDE.....	7
7.1 Schéma fonctionnel de 1 ^{er} degré du robot.....	7
7.2 Description des fonctions principales du robot.....	8
8. ANALYSE FONCTIONNELLE DE SECOND DEGRE du robot optoguidé.....	10
8.1 Analyse fonctionnelle de FP1: « Traitement microprogrammé ».....	10
8.1.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FP1.....	11
8.1.2: « Gestion de la collision ».....	12
8.1.3 FSI-1: « Demande mesure sonar ».....	12
8.1.4 FSI-2: « Acquérir la durée du créneau via TMR0 et fronts RB7 ».....	12
8.1.5 FSI-3: « Calculer la distance en cm ».....	13
8.1.6 FSI-4 : « Gestion de la collision ».....	13
8.1.7: « Acquérir l'image de la vitesse des moteurs ».....	13
8.1.8 FSI-5: « Acquérir l'image de la vitesse du moteur gauche ».....	13
8.1.9 FSI-6: « Acquérir l'image de la vitesse du moteur droit ».....	14
8.1.10: « Transformer la position du robot VS la ligne en consigne de direction ».....	14
8.1.11 FSI-7 : « Acquérir la position du robot VS ligne ».....	14
8.1.12 FSI-8 : « Transformer la position relative à la ligne en consignes vitesse pour chaque moteur ».....	14
8.1.13: « Réguler séparément la vitesse de chaque moteur de manière à contrôler la direction et la vitesse du robot ».....	15
8.1.14 FSI-9 : « Organiser la régulation de vitesse relative de chaque moteur ».....	15
8.1.15 FSI-10 : « Fournir une image de la vitesse de rotation d'un moteur ».....	16
8.1.16 FSI-11 : « Réguler la consigne commande PWM d'un moteur ».....	16
8.1.17 FSI-12 : « Générer les commandes moteurs ».....	16
8.1.18 FSI-13 : « Gérer une horloge min.sec et divers compteurs ».....	17
8.1.19 FSI-14 : « Initialiser PIC, variables, diriger vers boucle de fond ».....	17
8.2 Analyse fonctionnelle de FP2: "Détection d'obstacles".....	18
8.2.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FP2.....	18
8.2.2 Fonction Fs2.1 : « Elaboration salve de 8 périodes à une fréquence de 40KHz ».....	19
8.2.3 Fonction Fs2.2 : « Augmentation de la valeur crête à crête ».....	19
8.2.4 Fonction Fs2.3: « Transformation signal électrique en onde sonore ».....	19
8.2.5 Fonction Fs2.4: « Elaboration tension de comparaison ».....	19
8.2.6 Fonction Fs2.5 : « Transmission onde ultrasonore émise ».....	19
8.2.7 Fonction Fs2.6: « Réflexion onde ultrasonore ».....	20
8.2.8 Fonction Fs2.7 : « Transmission onde ultrasonore ».....	20
8.2.9 Fonction Fs2.8: « Transformation onde ultrasonore en signal électrique ».....	20
8.2.10 Fonction Fs2.9: « Amplification ».....	20
8.2.11 Fonction Fs2.10: « Comparaison de tension ».....	20
8.2.12 Fonction Fs2.11: « Elaboration Ton ».....	21
8.2.13 Fonction Fs2.12: « Elaboration tensions continues d'alimentation ».....	21
8.3 Analyse fonctionnelle de FP3: "Suivi de ligne".....	22
8.3.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FP3.....	22
8.3.2 Fonction Fs3.1 : "Détection de ligne".....	22
8.3.3 Fonction Fs3.2 : "Mise en forme et visualisation".....	22
8.4 Analyse fonctionnelle de FP4: "propulsion".....	23
8.4.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FP4.....	23
8.4.2 Fonction Fs41 : "Commande des moteurs".....	23
8.4.3 Fonction Fs42 : "Conversion électromagnétique".....	23
8.4.4 Fonction Fs43 : "Conversion courant/tension".....	23
8.5 Analyse fonctionnelle de FP5: "acquisition de la vitesse moteur".....	24
8.5.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FP5.....	24
8.5.2 Fonction Fs5.1 : "Transformation vitesse de rotation/fréquence".....	24
8.5.3 Fonction Fs5.2 : "Mise en forme".....	24
8.6 Analyse fonctionnelle de FA : "alimentation".....	25
8.6.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FA : « Alimentation ».....	25
8.6.2 Fonction FsA.1 : « Protection ».....	25
8.6.3 Fonction FsA.2 : « Production du +5V ».....	25
8.6.4 Fonction FsA.3 : « Production du +8V ».....	25
III. SCHEMAS DE CONNEXION ELECTRIQUE.....	26
1. Schéma d'interconnexion électrique.....	26
2. Schéma du câblage à réaliser entre la carte mère et les éléments fixés sur le robot.....	27

I. MISE EN SITUATION DU SYSTEME :

Le robot de transport optoguidé :



L'objet technique, robot de transport optoguidé¹ est utilisé par la société ST Microelectronics, fabricant de circuits intégrés.

Cette première partie présente le contexte dans lequel est utilisé le robot.

L'atelier de fabrication de Wafer² (disque support des puces de CI) de la société ST Microelectronics.

La société ST Microelectronics, (regroupement en 1987 de Thomson Semiconducteurs, France et SGS-Microelectronics, Italie) est spécialisée dans la conception et la fabrication de circuits intégrés. Elle dispose d'un centre de développement à Crolles, dans la région de Grenoble. De nouveaux produits y sont conçus et mis au point avant d'être fabriqués en grande série dans d'autres unités.

L'unité de Crolles est équipée d'un laboratoire de recherche et d'un atelier de fabrication.

Configuration de l'installation :

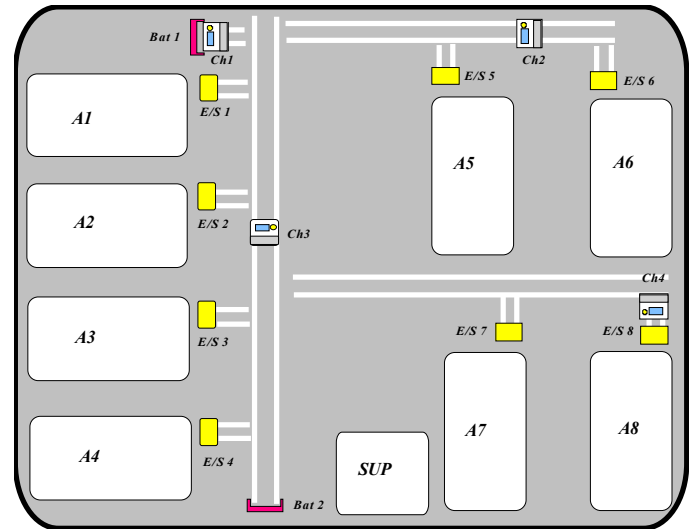
Les contraintes de fabrications sont très sévères et le milieu doit être sans poussière, la production est faite en 'salle blanche' dans un environnement de classe 1 (moins d'une particule de $0,25\mu\text{m}$ par pied cube, soit environ 34 cm^3). Un procédé d'aspiration vers le sol permet de récupérer les quelques 'poussières' en suspension, le sol est constitué de grilles démontables en aluminium.

¹ Optoguidé : guidage par un procédé optique

² wafer : 'gaufrette': disque de silicium de diamètre 4 ou 8 pouces sur lequel sont fabriqués plusieurs milliers de 'puces'

On y trouve :

- Les différents ateliers ou salles de fabrication (du découpage en tranches jusqu'à l'encapsulage), (A_i)
- Le superviseur d'atelier qui gère l'ensemble de la production, (Sup)
- 12 robots de transport optoguidés qui assurent le transfert des caisses de Wafer entre les différents ateliers. (Ch_i)
- Les postes de (dé)chargement (dépose ou prise des caisses), appelés ports d'entrée / sortie (E / S)
- Les postes de charge batterie des robots autonomes. (Bat_i)



Transfert des wafers entre les ateliers :

Les wafers passent successivement d'un atelier à un autre pour subir les différentes opérations de fabrication. Le transfert entre les ateliers est automatisé par un ensemble de 12 robots de transport optoguidés.

Lorsqu'une opération est achevée,

- les wafers sont stockés dans des caisses (de 15 à 25 wafers par caisse). Celles-ci sont déposées manuellement par l'opérateur sur les ports d'entrées / sorties.
- l'opérateur informe le superviseur d'atelier par l'intermédiaire d'une console informatique.
- le superviseur envoie un ordre, par liaison radio, à un des robots en lui précisant les points de départ et de destination. (un robot peut transporter 2 caisses).
- Le robot se déplace de façon autonome, d'un poste à l'autre en suivant un parcours prédéfini et matérialisé par une bande blanche tracée au sol. Il détecte les éventuels obstacles, optimise sa vitesse de déplacement et informe régulièrement le superviseur de sa position.

[Sommaire](#)

II. ANALYSE FONCTIONNELLE DU ROBOT DE TRANSPORT OPTOGUIDÉ

1. MISE EN SITUATION

L'objet technique étudié est un robot de transport, suiveur de ligne, en taille réduite.

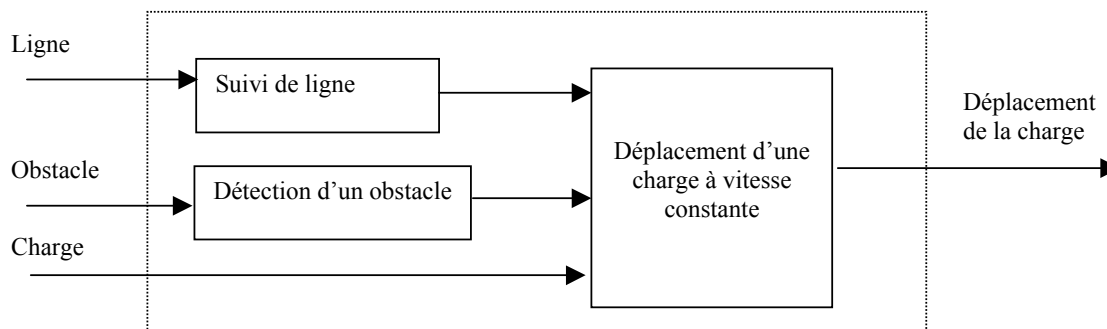
2. FONCTION D'USAGE

Transporter une charge en suivant une trajectoire matérialisée par une ligne, à vitesse régulée, et éviter les collisions en s'arrêtant.

3. CAHIER DES CHARGES

- ✓ Rapport [poids robot/ poids transporté] homothétique.
- ✓ Suivi de ligne.
- ✓ Détection d'obstacles.
- ✓ Rampe de vitesse dans les phases de démarrage et de freinage, puis vitesse constante et régulée.

4. SCHEMA FONCTIONNEL DE NIVEAU II



5. MILIEUX ASSOCIES :

Physique :

Sol plat sans aspérité avec un revêtement plastifié de couleur claire.
Température ambiante
Ligne noire de 12 à 19 mm

Humain :

Détecter et éviter les collisions, limitation de vitesse à une valeur normalisée.
Ergonomique : pas de parties contondantes.
Normes de sûreté (sécurité et modalités d'exploitation).

Technique :

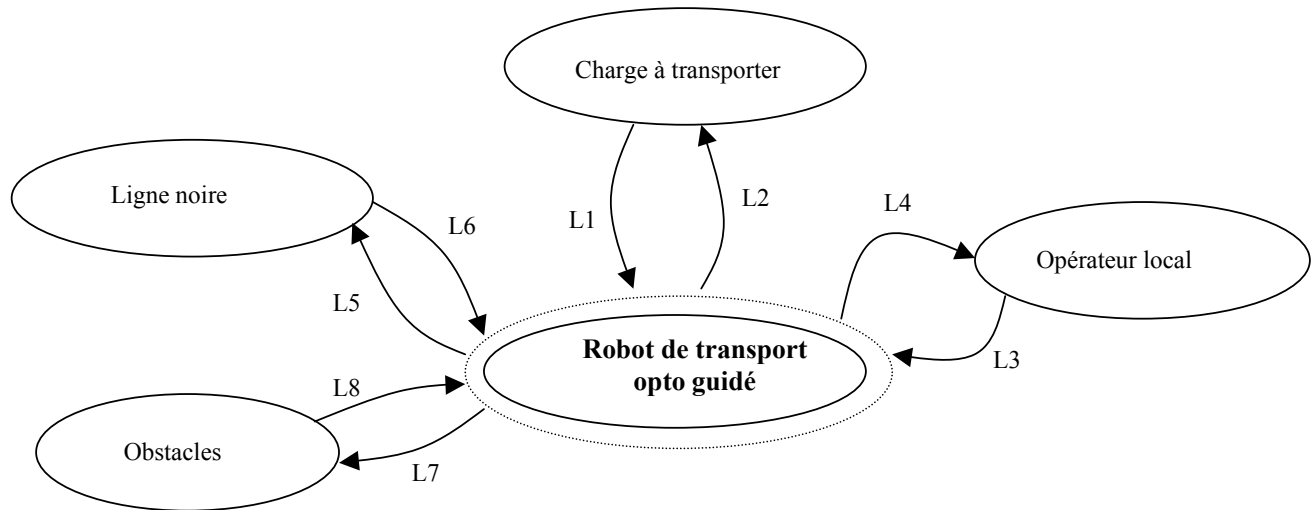
Alimentation autonome (Batterie rechargeable avec une alimentation de laboratoire limitée à un courant de 120mA).
Charge maximale transportable : 5Kg max.
Déplacement 'souple' (vitesse contrôlée sans à-coup).

Economique :

Fabrication en petite série.
Robot de transport multi usage.

[Sommaire](#)

6. DIAGRAMME SAGITTAL



Description des liaisons

- L1 : Chargement sur le robot de la charge à transporter.
- L2 : Déchargement de la charge transportée.
- L3 : Opérations de maintenance (re-programmation, réglage, recharge de la batterie,...).
- L4 : Informations visuelles de fonctionnement.
- L5 : Emission d'un faisceau infra rouge.
- L6 : Réception d'un faisceau infra rouge.
- L7 : Emission de salves ultra son.
- L8 : Réception de salves ultra son.

Éléments du diagramme sagittal

Robot de transport opto guidé : Objet technique au centre du système technique, capable de transporter une charge à vitesse régulée, en suivant une ligne et en évitant les collisions.

Charge à transporter : ensemble d'éléments à transporter.

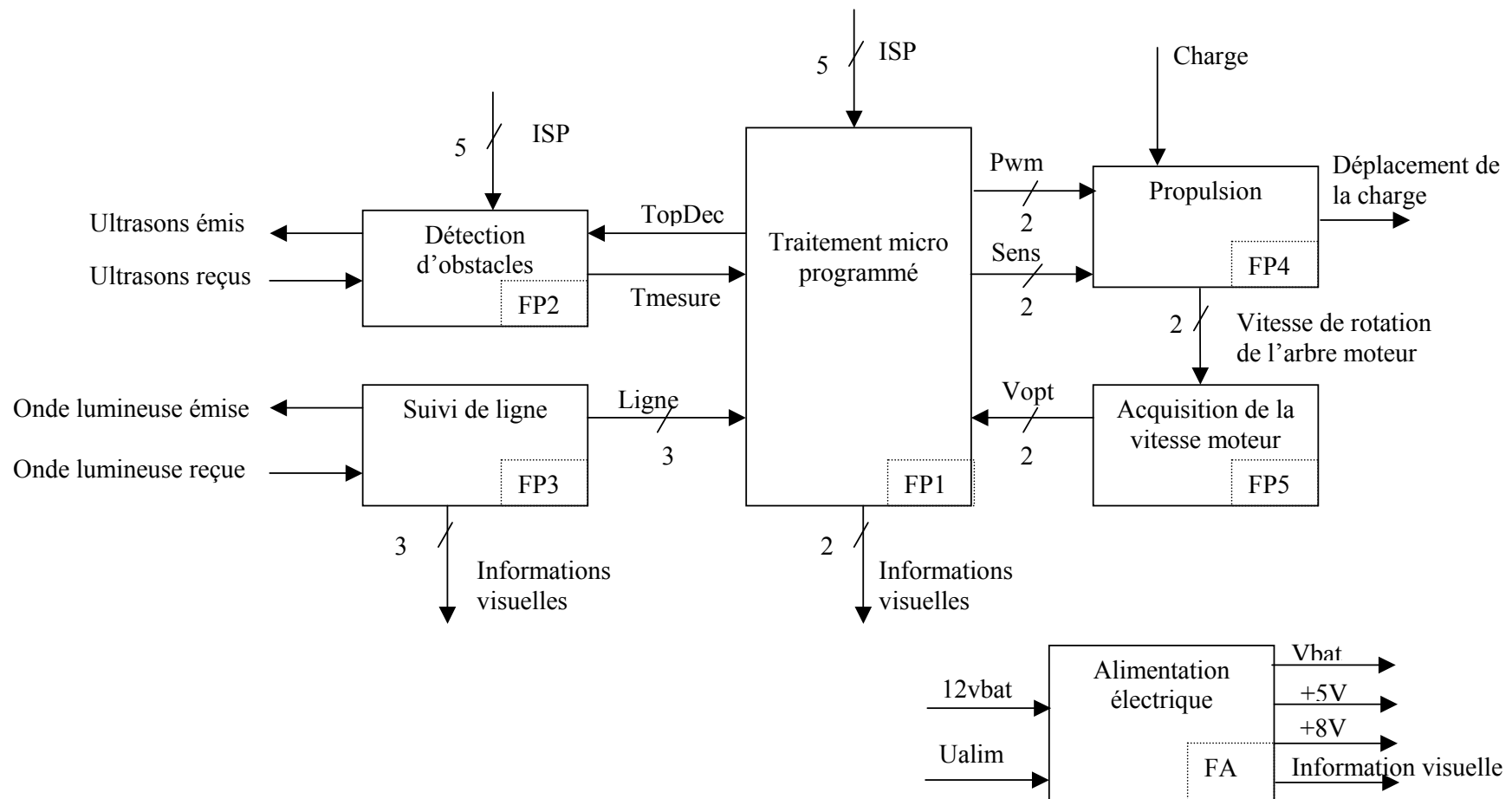
Opérateur local : personne dont la mission est le bon fonctionnement du robot : reprogrammation, réglage, recharge de la batterie...

Ligne noire : marque de couleur contrastée par rapport au sol, permettant le guidage du robot.

Obstacles : Eléments se trouvant sur la trajectoire du robot et susceptibles de causer une collision.

7 ANALYSE FONCTIONNELLE DE 1^{ER} DEGRE DU ROBOT

7.1 Schéma fonctionnel de 1er degré du robot


[Sommaire](#)

7.2 Description des fonctions principales

FP1 : Traitement micro programmé

Entrées

- Tmesure : Tension au niveau bas au repos, et dont la durée au niveau haut est proportionnelle à la distance de l'obstacle.
- Ligne : Mot binaire composé de 3 bits (LigneG, LigneC, et LigneD) dont le niveau logique est représentatif de la ligne, vue respectivement par l'opto coupleur de gauche, du centre et de droite. Un niveau logique bas signifie la présence de la ligne.
- VoptG, VoptD : Signaux logiques associés à la détection de vitesse. La fréquence de ces signaux est proportionnelle à la vitesse de rotation des moteurs gauche et droite.

Remarque : Liaison ISP : destinée à la programmation in situ des microcontrôleurs.

Sorties

- TopDec : Signal de déclenchement de l'émission d'ultrasons.
- SensG, SensD : Ordre de sens de rotation des moteurs gauche et droite. Un niveau haut implique un déplacement du robot vers l'arrière.
- PwmG, PwmD : Signaux à modulation de largeur d'impulsion pour la commande des moteurs gauche et droite.
- Informations visuelles : 2 informations lumineuses (1 en réserve)
 - Led_distance : si 2 flashes/sec signale un obstacle à proximité, si allumée signale arrêt en prévention d'une collision, si éteinte pas d'obstacle en vue. Les distances de danger et d'arrêt sont réglables.

FP2 : Détection d'obstacles

Entrées

- TopDec : issue de FP1.
- Ultrasons reçus : onde réfléchi par un obstacle.

Remarque : Liaison ISP : destinée à la programmation in situ des microcontrôleurs.

Sorties

- Tmesure : Tension au niveau bas au repos, et dont la durée au niveau haut est proportionnelle à la distance de l'obstacle.
- Ultrasons émis : onde émise, de fréquence 40 kHz.

FP3 : Suivi de ligne

Entrée

- Onde lumineuse reçue : Onde lumineuse réfléchi par le sol.

Sorties

- Onde lumineuse émise : Onde lumineuse émise.
- Ligne : Mot binaire composé de 3 bits (LigneG, LigneC, et LigneD) dont le niveau logique est représentatif de la ligne, vue respectivement par l'opto coupleur de gauche, du centre et de droite. Un niveau logique bas signifie la présence de la ligne.
- Informations visuelles : 3 informations lumineuses significatives de la présence de la ligne (une information par capteur).

FP4 : Propulsion

Entrées

- SensG, SensD : Ordre de sens de rotation des moteurs gauche et droite. Un niveau haut implique un déplacement du robot vers l'arrière.
- PwmG, PwmD : Signaux à modulation de largeur d'impulsion pour la commande des moteurs gauche et droite.
- Charge : Masse transportée inférieure à 5Kg.

Sorties

- VitesseG, VitesseD : Vitesses de rotation de l'arbre moteur gauche, droit.
- Déplacement de la charge.

FP5 : Acquisition de la vitesse moteur

Entrée

- VitesseG, VitesseD : Vitesses de rotation de l'arbre moteur gauche, droit.

Sortie

- VoptG, VoptD : Signaux logiques associés à la détection de vitesse. La fréquence de ces signaux est proportionnelle à la vitesse de rotation des moteurs gauche et droite.

FA : Alimentation électrique

Entrées

- 12vbat : tension continue +12V issue de la batterie.
- Ualim : tension continue permettant la charge de la batterie.

Sorties

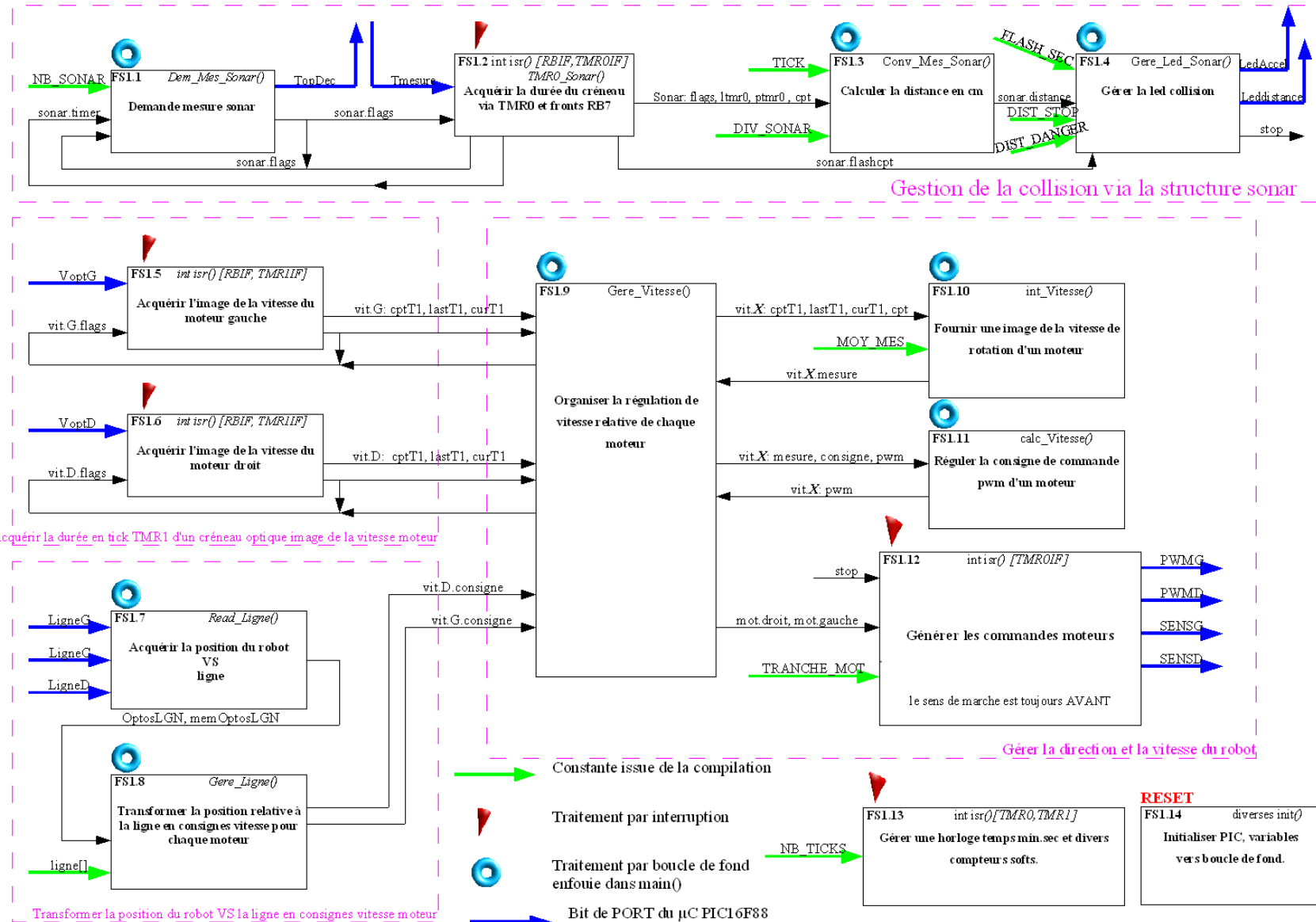
- +5V : tension continue de +5V régulée.
- +8V : tension continue de +8V régulée.
- Vbat : tension continue +12V protégée
- Information visuelle : Information lumineuse indiquant la présence du +5V

8 ANALYSE FONCTIONNELLE DE SECOND DEGRE DU ROBOT

8.1 Analyse fonctionnelle de FP1 : « Traitement microprogrammé »

La fonction FP1 étant une fonction à structure « logicielle », les descriptions des variables sont données dans les différents programmes.

8.1.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FP1



8.1.2 Gestion de la collision*structure données de base sonar{} dans sonar.h**FS1-1, FS1-2, FS1-3 et FS1-4***Principe:**

- Plusieurs fois par seconde l'on demande la mesure par l'envoi d'une pulse *TopDec*.
- La réponse, sous forme de la largeur d'un créneau *Tmesure* comptée en incréments (10 TICK) du timer 8 bits interne *TMR0* en free-running, est détectée par ses fronts amenant une interruption.
- Le premier front mémorise la valeur actuelle de *TMR0* et se prépare à compter le nombre d'over-flow du timer.
- Le deuxième front mémorise la valeur atteinte et signale la fin de l'acquisition.
- La largeur en incréments de *TMR0* est calculée puis transformée en μsec , puis en cm .
- Il ne reste plus qu'à gérer la collision et sa led associée.
- Une poignée de drapeaux bits (flags) permet de gérer le séquençement des opérations.

8.1.3 Fonction FS1-1 : « Demande mesure sonar »

Entrée : <i>NB_SONAR</i>	=NB_TICKS/SONAR_SEC, Constante image du nombre de mesures prévues par seconde. Voir source <i>gen.h</i> .
Entrée : <i>sonar.timer</i>	int, compteur logiciel incrémenté par <i>TMR0IF</i> , dont la comparaison égalité avec <i>NB_SONAR</i> entraîne la demande de mesure.
Entrée/Sortie : <i>sonar.flags</i>	bits, voir principes.
Sortie : <i>TopDec</i>	Impulsion positive de tension 5V et de durée minimum de 10 μs (Durée minimum entre deux fronts descendants : 20 ms)(Tension entre impulsions : 0 V), pin-port RB3 .

8.1.4 Fonction FS1-2 : « Acquérir la durée du créneau via TMR0 et fronts RB7 »

Entrée : <i>Tmesure</i>	Voir FS2-11.
Entrée : <i>sonar.timer</i>	Voir FS1-1.
Entrée/Sortie : <i>sonar.flags</i>	Voir FS1-1.
Sortie : <i>sonar.ptmr0</i>	octet, valeur au début du créneau de <i>TMR0</i> .
Sortie : <i>sonar.ltmr0</i>	octet, valeur à la fin du créneau de <i>TMR0</i> .
Sortie : <i>sonar.cpt</i>	octet, nombre de roll-over pendant la mesure de <i>TMR0</i> .
Sortie : <i>sonar.flashcpt</i>	octet, Compteur logiciel incrémenté par <i>TMR0IF</i> .

8.1.5 Fonction FS1-3 : « Calculer la distance en cm »

Entrée : <i>TICK</i>	constante, durée en 1/10 de μ s d'un incrément de TMR0.
Entrée : <i>DIV_SONAR</i>	constante, permettant la conversion d'1 μ s en cm.
Entrée : <i>sonar.ptmr0</i>	Voir FS1-2.
Entrée : <i>sonar.ltmr0</i>	Voir FS1-2.
Entrée : <i>sonar.cpt</i>	Voir FS1-2.
Sortie : <i>sonar.distance</i>	long int, traduction de Tmesure en distance en cm à l'obstacle.

8.1.6 Fonction FS1-4 : « Gérer la led collision»

Entrée : <i>DIST_STOP</i>	constante, distance demande d'arrêt cause collision probable.
Entrée : <i>DIST_DANGER</i>	constante, distance de signalement d'une collision probable.
Entrée : <i>FLASH_SEC</i>	constante, fréquence de Led_Distance.
Entrée : <i>sonar.distance</i>	Voir FS1-3.
Sortie : <i>stop</i>	bit, 1 si danger collision..
Sortie : <i>Led_Distance</i>	pin-port RB0, éteinte si pas d'obstacle, flash 2 Hz si proximité, allumé si danger.
Sortie : <i>Led_Accel</i>	pin-port RB1, led de réserve.

8.1.7 Acquérir l'image de la vitesse des moteurs *structure données de base vit{} dans vitesse.h*
*FS1-5 et FS1-6***Principe:**

- *La durée entre deux fronts de RB4 est mesurée. Le principe est le même que pour Tmesure, mais cette fois ci c'est TMR1 (16 bits) qui sert à mesurer les Ton et Toff de VoptG.*
- *Le même principe est appliqué pour RB5 et VoptD..*
- *Une poignée de drapeaux bits (flags) permet de gérer le séquençement des opérations.*
- *Attention: si la fréquence des signaux est trop faible, pour ne pas attendre trop longtemps (ex: robot à l'arrêt lors du départ) on force une mesure fictive. Si la fréquence est trop rapide, le μ C n'a pas le temps de la traiter entre deux acquisitions!*

8.1.8 Fonction FS1-5 : « Acquérir l'image de la vitesse du moteur gauche»

Entrée : <i>VoptG</i>	pin-port RB4, voir FS4-2.
Entrée/Sortie : <i>vit.G.flags</i>	bits, voir principes.
Sortie : <i>vit.G.lastTI</i>	int, valeur de TMR1 lors d'un front <i>n</i> .
Sortie : <i>vit.G.curTI</i>	int, valeur de TMR1 lors d'un front <i>n</i> + 1.
Sortie : <i>vit.G.cptTI</i>	octet, nombre de roll-over entre les fronts <i>n</i> et <i>n+1</i> de TMR1.

8.1.9 Fonction FS1-6 : « Acquérir l'image de la vitesse du moteur droit »

Entrée : <i>VoptD</i>	pin-port RB6, voir FS4-2.
Entrée/Sortie : <i>vit.D.flags</i>	bits, voir principes.
Sortie : <i>vit.D.lastTI</i>	octet, valeur de TMR1 lors d'un front n .
Sortie : <i>vit.D.curTI</i>	octet, valeur de TMR1 lors d'un front $n + 1$.
Sortie : <i>vit.D.cptTI</i>	nombre de roll-over entre les fronts n et $n + 1$ de TMR1.

8.1.10 Transformer la position du robot VS la ligne en consigne de direction

structure données de base vit{} dans vitesse.h et tableau ligne[] dans gen.h.

FS1-7 et FS1-8

Principe:

- *La lecture des bits issus de la carte détection de ligne, engendre 9 positions relatives du robot VS ligne, dont 2 softs par mémorisation de la dernière position valide différente.*
- *Ces 9 cas permettent de fournir des rayons de courbure pour la trajectoire via des périodes de consigne pré-calculées pour chaque moteur, celles-ci devant, par ailleurs, assurer le déplacement à vitesse constante du robot!*
- *Les calculs étant conséquents, ils ne peuvent être assurés dans la boucle de fond. En effet la puissance de calcul du coeur RISC du PIC16F88 est faible et donc le risque de « rater » les mesures certain. Le compilateur s'en charge donc et remplit un tableau de valeurs ... il ne reste plus qu'à accéder aux bonnes!*

8.1.11 Fonction FS1-7 : « Acquérir la position du robot VS ligne »

Entrée : <i>LigneG</i>	voir FS3-2.
Entrée : <i>LigneC</i>	voir FS3-2.
Entrée : <i>LigneD</i>	voir FS3-2.
Sortie : <i>OptosLGN</i>	octet de 0 à 9, représentatif d'une position du robot VS ligne, voir source <i>R2006.h</i> .
Sortie : <i>memOptosLGN</i>	octet, mémorisation de OptosLGN.

8.1.12 Fonction FS1-8 : « Transformer la position relative à la ligne en consignes vitesse pour chaque moteur »

Entrée : <i>ligne[]</i>	long unsigned int, tableau de valeurs constantes consigne vitesse moteur, images de la vitesse de rotation moteur voulue, voir fichier source <i>gen.h</i>
Entrée : <i>OptosLGN</i>	voir FS1-7.
Entrée : <i>memOptosLGN</i>	voir FS1-7.
Sortie : <i>vit.G.consigne</i>	long unsigned int, consigne vitesse moteur gauche issue de <i>ligne[]</i> .
Sortie : <i>vit.D.consigne</i>	long unsigned int, consigne vitesse moteur droit issue de <i>ligne[]</i> .

8.1.13 Réguler séparément la vitesse de chaque moteur de manière à contrôler la direction et la vitesse du robot

structure données de base vit{} dans vitesse.h et tmot{} dans R2006.h.

FS1-9, FS1-10, FS1-11 et FS1-12

Principe:

- *Les Ton et Toff des VoptX sont assemblés pour générer des images mesures de la période, en moyennant les mesures ou non.*
- *Ces mesures sont comparées aux consignes issues de la lecture de la position du robot, de manière par incréments/décroissements successifs à adapter la consigne pwm de chaque moteur à la vitesse de rotation voulue.*
- *Une poignée de drapeaux bits (flags) permet de gérer le séquençage des opérations.*
- *Beaucoup de fonctions C travaillent en appel par pointeurs de structure pour l'économie de code: le principe de traitement de chaque moteur étant le même!*

8.1.14 Fonction FS1-9: « Organiser la régulation de vitesse relative de chaque moteur »

Entrée/Sortie : vit.D.flags	bits, voir principes.
Entrée/Sortie : vit.G.flags	bits, voir principes.
Entrée: vit.D.lastT1	voir FS1-6
Entrée: vit.D.curT1	voir FS1-6.
Entrée: vit.D.cptT1	voir FS1-6.
Entrée: vit.G.lastT1	voir FS1-5
Entrée: vit.G.curT1	voir FS1-5.
Entrée: vit.G.ptT1	voir FS1-5.
Entrée: vit.D.consigne	voir FS1-8.
Entrée: vit.G.consigne	voir FS1-8.
Entrée: vit.X.consigne	image en incréments de TMR1 de la consigne vitesse de rotation d'un moteur. X pour G ou D.
Entrée/Sortie: vit.X.mesure	voir FS1-10.
Entrée/Sortie: vit.X.pwm	voir FS1-11.
Sortie : vit.X.flags	bits, voir principes, X pour G ou D.
Sortie : vit.X.lastT1	octet, valeur de TMR1 lors d'un front n , X pour G ou D.
Sortie : vit.X.curT1	octet, valeur de TMR1 lors d'un front $n + 1$, X pour G ou D.
Sortie : vit.X.ptT1	nombre de roll-over entre les fronts n et $n + 1$ de TMR1 , X pour G ou D.
Sortie : mot.droit	voir FS1-12
Sortie : mot.gauche	voir FS1-12

8.1.15 Fonction FS1-10 : « Fournir une image de la vitesse de rotation d'un moteur »

Entrée : <i>MOY_MES</i>	constante, nombre de mesures élémentaires entrant dans la moyenne.
Entrée : <i>vit.X.flags</i>	voir FS1-9
Entrée : <i>vit.X.lastT1</i>	voir FS1-9.
Entrée : <i>vit.X.curT1</i>	voir FS1-9.
Entrée : <i>vit.X.ptT1</i>	voir FS1-9
Sortie : <i>vit.X.mesure</i>	mesure en incréments de TMR1 de la période image de la vitesse de rotation pour un moteur. X pour G ou D..

8.1.16 Fonction FS1-11 : « Réguler la consigne commande pwm d'un moteur »

Entrée : <i>vit.X.pwm</i>	commande pwm moteur actuelle.
Entrée : <i>vit.X.mesure</i>	voir FS1-10.
Entrée : <i>vit.X.consigne</i>	voir FS1-9.
Sortie : <i>vit.X.pwm</i>	commande pwm moteur recalculée en ± 1 unité.

8.1.17 Fonction FS1-12 : « Générer les commandes moteurs »

*La période T des pwms est constituée de x tranches. Un x est toujours une puissance de 2 pour simplifier la tenue d'un pointeur sur la tranche en cours.
Une tranche est la durée d'un tour complet du timer TMR0.*

Entrée : <i>mot.droit</i>	commande pwm Ton du moteur droit en nombre de tranches.
Entrée : <i>mot.gauche</i>	commande pwm Ton du moteur gauche en nombre de tranches.
Entrée : <i>mot.sensdroit</i>	commande sens de rotation du moteur droit, avant=0, arrière=1.
Entrée : <i>mot.sensgauche</i>	commande sens de rotation du moteur gauche, avant=0, arrière=1.
Entrée : <i>stop</i>	voir FS1-4.
Entrée : <i>TRANCHE_MOT</i>	nombre de tranches d'une période.
Sortie : <i>MOTDroit</i>	variable bit pin_port de PWMD, voir FP4.
Sortie : <i>MOTGauche</i>	variable bit pin_port de PWMG, voir FP4.
Sortie : <i>sensMOTDroit</i>	variable bit pin_port de SENSD, voir FP4.
Sortie : <i>sensMOTGauche</i>	variable bit pin_port de SENSG, voir FP4.

[Sommaire](#)

8.1.18 Fonction FS1-13 : « Gérer une horloge min.sec et divers compteurs»

*Une horloge minutes.secondes permet de gérer du temps. Elle est basée sur TMR0.
Divers timers softs sont aussi gérés à partir de TMR0*

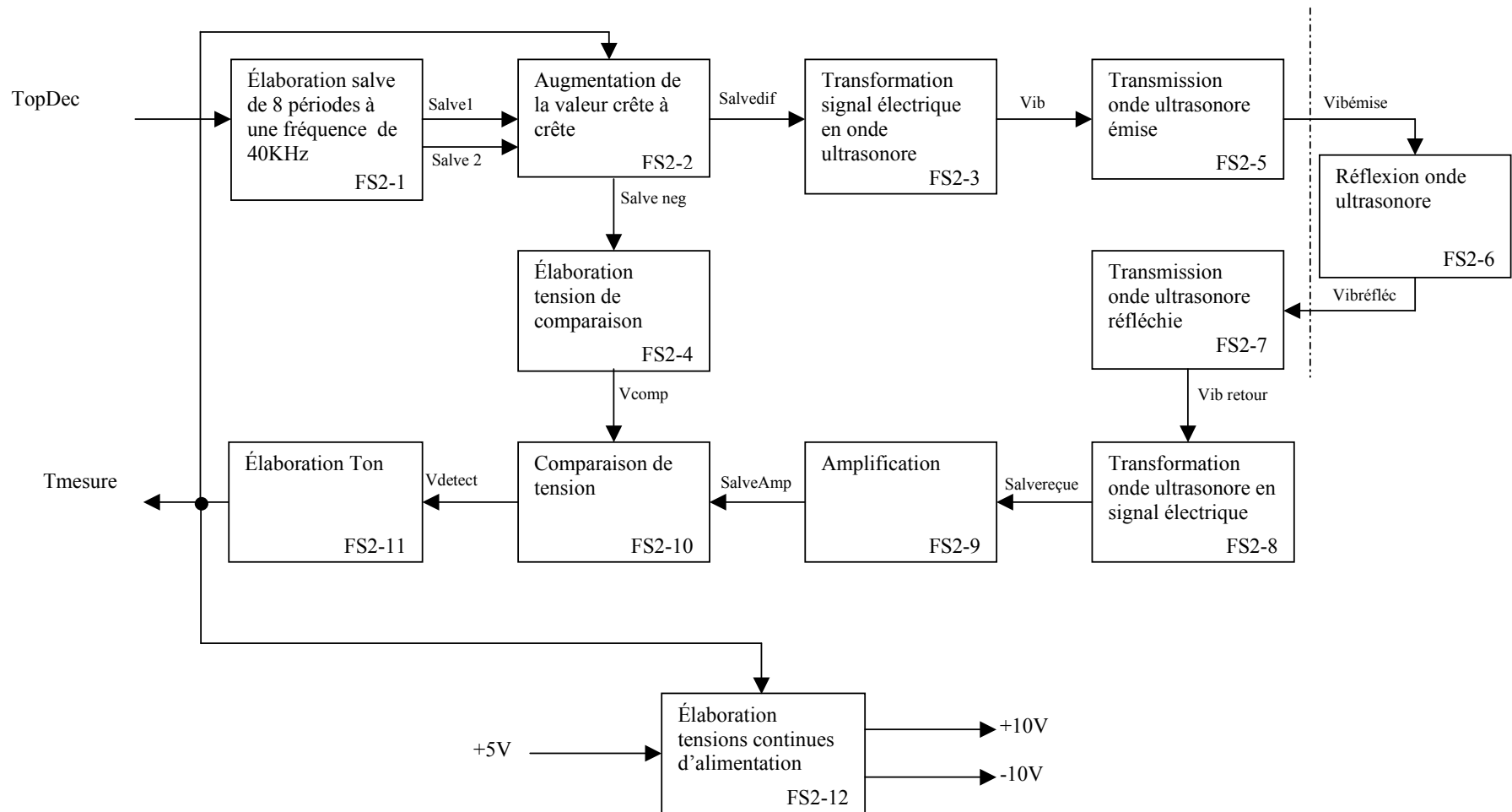
Entrée : *NB_TICKS* nombres d'incréments de TMR0 dans une seconde..

8.1.19 Fonction FS1-14 : « Initialiser PIC, variables, diriger vers la boucle de fond»

Il faut lors d'un reset initialiser les variables et le PIC.

8.2 Analyse fonctionnelle de FP2 : « Détection d'obstacles »

8.2.1 Schéma fonctionnel de second degré de FP2 :



8.2.2 Fonction FS2-1 : « Élaboration salve de 8 périodes à une fréquence de 40KHz »

Entrée : <i>TopDec</i>	Impulsion positive de tension 5V et de durée minimum de 10 μ s (Durée minimum entre deux fronts descendants : 20 ms) (Tension entre impulsions : 0 V).
Sortie : <i>Salve1</i>	Salve de 8 périodes (durée de 25 μ s , tension initiale de 0V, tension d'impulsion de 5V) 10 μ s après le front descendant de <i>TopDec</i> (Tension entre salves : 0 V).
Sortie : <i>Salve2</i>	Salve de 8 périodes (durée de 25 μ s , tension initiale de 5V, tension d'impulsion de 0V) 22 μ s après le front descendant de <i>TopDec</i> (Tension entre salves : 0 V).

8.2.3 Fonction FS2-2 : « Augmentation de la valeur crête à crête »

Entrée : <i>Salve1</i>	Voir sortie de FS2-1
Entrée : <i>Salve2</i>	Voir sortie de FS2-1
Sortie : <i>Salveneg</i>	Salve de 8 périodes en concordance de temps avec <i>Salve2</i> : 0V de <i>Salve 2</i> donne +10V pour <i>Salve neg</i> ; 5V de <i>Salve2</i> donne -10V pour <i>Salveneg</i> .
Sortie : <i>SalveDif</i>	Signal rectangulaire alternatif : <i>Salve pos</i> – <i>Salve neg</i> <i>Salvepos</i> : Salve de 8 périodes en concordance de temps avec <i>Salve1</i> : 0V de <i>Salve 1</i> donne +10V pour <i>Salvepos</i> ; 5V de <i>Salve1</i> donne -10V pour <i>Salvepos</i> .

8.2.4 Fonction FS2-3 : « Transformation signal électrique en onde ultrasonore »

Entrée : <i>SalveDif</i>	Voir sortie de FS2-2
Sortie : <i>Vib</i>	Vibration mécanique de la membrane du transducteur à la fréquence de 40 KHz

8.2.5 Fonction FS2-4 : « Élaboration tension de comparaison »

Entrée : <i>Salveneg</i>	Voir sortie de FS2-2
Sortie : <i>Vcomp</i>	Tension négative variable : sa valeur de tension diminue pendant la salve (tend vers -10V, constante de temps : $\approx 0,7\mu$ s) et augmente pendant le reste du temps (tend vers 0 V, constante de temps : $\approx 1,8$ ms).

8.2.6 Fonction FS2-5 : « Transmission de l'onde ultrasonique émise »

Entrée : <i>Vib</i>	Voir sortie de FS2-3.
Sortie : <i>Vibemise</i>	Vibration mécanique de l'air s'éloignant du transducteur (fréquence de 40 KHz) à la vitesse de 346 m/s à 24°C.

[Sommaire](#)

8.2.7 Fonction FS2-6 : « Réflexion de l'onde ultrasonique »

Entrée : <i>Vibemise</i>	Voir sortie de FS2-5.
Sortie : <i>Vibreflec</i>	Vibration mécanique de l'air se réfléchissant sur la surface de l'objet présent en face des transducteurs.

8.2.8 Fonction FS2-7 : « Transmission de l'onde ultrasonique réfléchie »

Entrée : <i>Vibreflec</i>	Voir sortie de FS2-6.
Sortie : <i>Vibretour</i>	Vibration mécanique de l'air se rapprochant du transducteur (fréquence de 40 KHz) à la vitesse de 346 m/s à 24°C.

8.2.9 Fonction FS2-8 : « Transformation onde ultrasonore en signal électrique »

Entrée : <i>Vibretour</i>	Vibration mécanique de la membrane du transducteur ultrasonique par vibration de l'air + vibration mécanique du transducteur provenant directement de l'émetteur par couplage mécanique
Sortie : <i>Salverecue</i>	Signal alternatif dont l'amplitude et la fréquence dépendent de la vibration de la membrane.

8.2.10 Fonction FS2-9 : « Amplification »

Entrée : <i>Salverecue</i>	Voir sortie de FS2-8.
Sortie : <i>SalveAmp</i>	Signal alternatif dont l'amplitude est égale à l'amplitude d'entrée * 268 (limitée à 5v pour la valeur positive et -10V pour la négative).

8.2.11 Fonction FS2-10 : « Comparaison de tension »

Entrée : <i>SalveAmp</i>	Voir sortie de FS2-9.
Entrée : <i>Vcomp</i>	Voir sortie de FS2-4 permettant d'inhiber la tension obtenue par le couplage direct de l'émetteur et du récepteur ultrasonique (transmission par le circuit imprimé).
Sortie : <i>Vdetect</i>	DDP de tension égale à 5 V passant à 0 V chaque fois que la tension <i>SalveAmp</i> est plus petite que <i>Vcomp</i> (pendant la réception de la salve) et pendant le niveau bas de <i>TopDec</i> .

8.2.12 Fonction FS2-11 : « Élaboration Ton »Entrée : *Vdetect*

Voir sortie de FS2-10

Sortie : *Tmesure*

DDP de tension égale à 0 V passant à 5 V pendant la durée comprise entre la fin du dernier front descendant de *Salve2* et le premier front descendant de *Vdetect*, c'est à dire entre la salve émise et la salve reçue (si pas de front descendant de *Vdetect* alors la durée est de 18ms). Cette durée est donc fonction de la distance que l'onde ultrasonore a effectuée entre l'émetteur et le récepteur (2 fois la distance les séparant des transducteurs ultrasonique).

8.2.13 Fonction FS2-12 : Élaboration tensions continues d'alimentationEntrée : *Tmesure*

Voir sortie de FS2-11

Inhibe les tensions +10 V et -10 V pendant la phase de réception et de détection de l'onde ultrasonore (*Tmesure* niveau haut) .

Entrée : *5V*

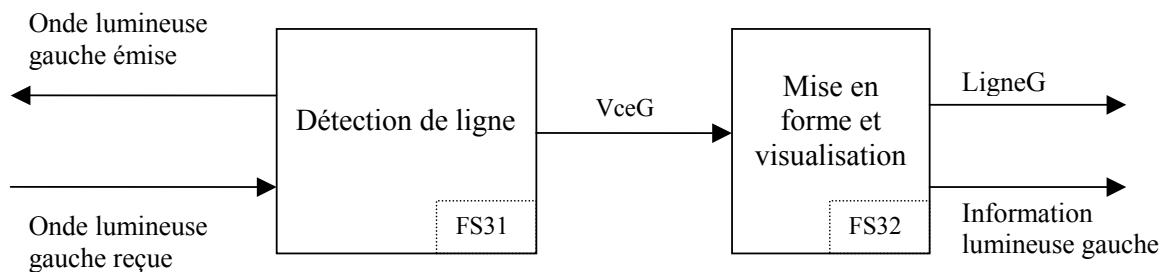
Tension continue de +5V régulée.

Sorties : *+10 V et -10 V*

Conversions continus-continus (+5 V en +10 V et -10 V) : signaux parasites nécessitant l'inhibition de leurs générations pendant la phase de mesure pour ne pas la perturber. La tension de - 10V est maintenue à l'aide d'une réserve d'énergie.

8.3 Analyse fonctionnelle de FP3 : « Suivi de ligne »

8.3.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FP3



La fonction FP3 est identique pour la partie gauche, centre et droite.

8.3.2 Fonction FS31 : « Détection de ligne »

Cette fonction regroupe 3 capteurs (opto coupleurs) et permet la détection d'une ligne noire posée sur un sol de couleur claire.

Entrées :

Onde lumineuse gauche, centre ou droite reçue respectivement par les opto coupleurs.

Sorties :

Onde lumineuse gauche, centre ou droite émise respectivement par les opto coupleurs.

VceG, VceC, VceD

Tensions analogiques représentatives de la présence de la ligne (tensions collecteur/émetteur des opto coupleurs de gauche, du centre ou de droite).

8.3.3 Fonction FS32 : « Mise en forme et visualisation »

Cette fonction permet de transformer les signaux Vcex analogiques en signaux logiques interprétables par le microcontrôleur, ainsi que la visualisation de la détection de ligne.

La présence de la ligne noire entraîne l'allumage de la del associée.

Entrées :

VceG, VceC, VceD

Tensions analogiques représentatives de la présence de la ligne (tensions collecteur/émetteur des opto coupleurs de gauche, du centre ou de droite).

Sorties :

Ligne

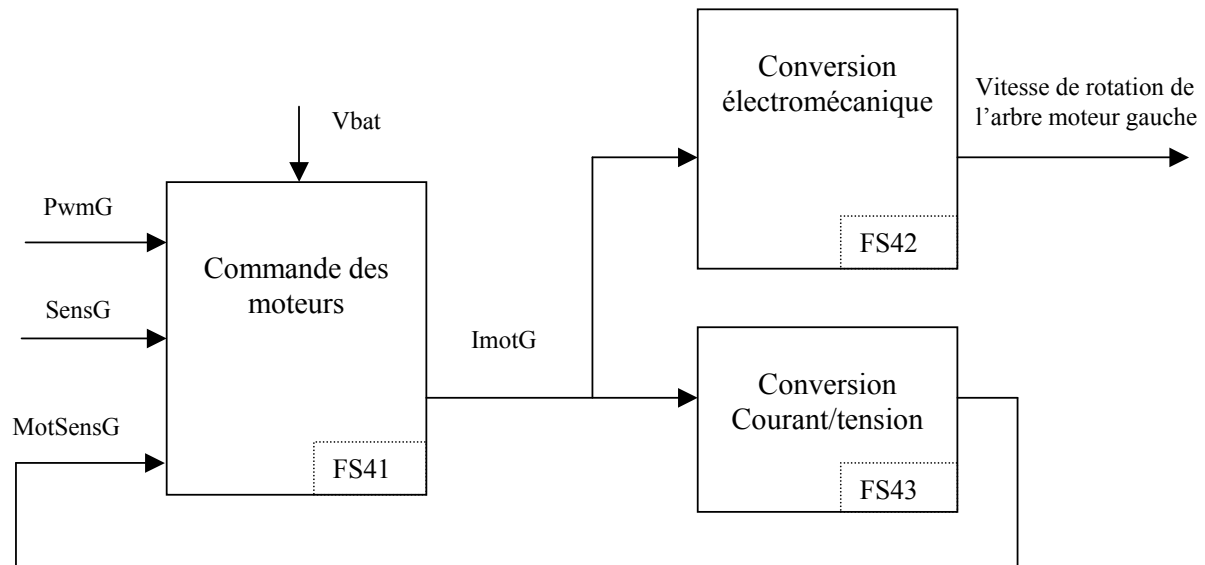
Mot binaire composé de 3 bits (LigneG, LigneC, et LigneD) dont le niveau logique est représentatif de la ligne, vue respectivement par l'opto coupleur de gauche, du centre et de droite. Un niveau logique bas signifie la présence de la ligne.

Information lumineuse

Informations visuelles : 3 informations lumineuses significatives de la présence de la ligne (une information par capteur).

8.4 Analyse fonctionnelle de FP4 : « Propulsion »

8.4.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FP4 (partie électronique)



La fonction FP4 est identique pour la partie gauche et droite.

8.4.2 Fonction FS41 : « Commande des moteurs »

Entrées : SensG, SensD	Niveaux logiques déterminant le sens de rotation des moteurs gauche et droit. (sens = 0 : marche avant, sens = 1 : marche arrière)
Entrées : PwmG, PwmD	Signaux à modulation de largeur d'impulsion pour la commande des moteurs gauche et droite.
Entrées : MotSensG, MotSensD	Tensions proportionnelles aux courants moteurs ImotG et ImotD.
Entrée : Vbat	Tension continue +12V protégée.
Sorties : ImotG, ImotD	Courants qui parcourent le moteur gauche, droit.

8.4.3 Fonction FS42 : « Conversion électromécanique »

Entrées : ImotG, ImotD	Courants qui parcourent le moteur gauche, droit.
Sorties : VitesseG, VitesseD	Vitesses de rotation de l'arbre moteur gauche, droit.

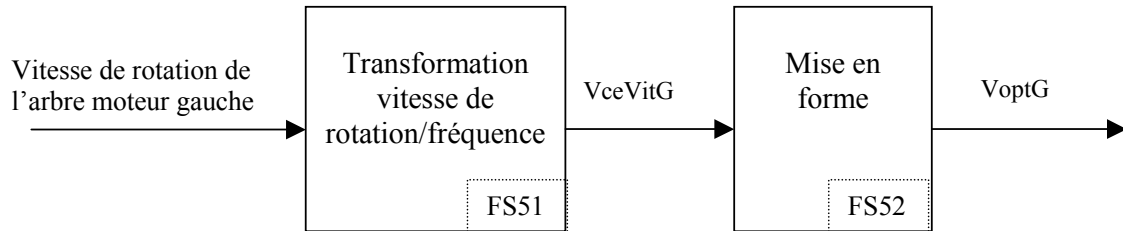
8.4.4 Fonction FS43 : « Conversion courant/tension »

Cette fonction a pour but de fournir une tension proportionnelle à chaque courant moteur.

Entrées : ImotG, ImotD	Courants qui parcourent le moteur gauche, droit.
Sorties : MotSensG, MotSensD	Tensions proportionnelles aux courants moteurs ImotG et ImotD.

8.5 Analyse fonctionnelle de FP5 : « Acquisition de la vitesse moteur »

8.5.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FP5



La fonction FP5 est identique pour la partie gauche et droite.

8.5.2 Fonction FS51 : « Transformation vitesse de rotation/fréquence »

Cette fonction permet la détection des secteurs opaques et transparents du disque positionné sur l'arbre moteur de chaque moteur.

Entrées : ***VitesseG, VitesseD***

Vitesses de rotation de l'arbre moteur gauche, droit.

Sorties : ***VceVitG, VceVitD***

Signaux analogiques dont la fréquence est représentative de la vitesse de rotation de l'arbre moteur gauche et droit.
(Tensions collecteur/émetteur des opto coupleurs de gauche et de droite.)

8.5.3 Fonction FS52 : « Mise en forme »

Cette fonction transforme les signaux analogiques VceVit en signaux logiques Vopt interprétables par le microcontrôleur.

Entrées : ***VceVitG, VceVitD***

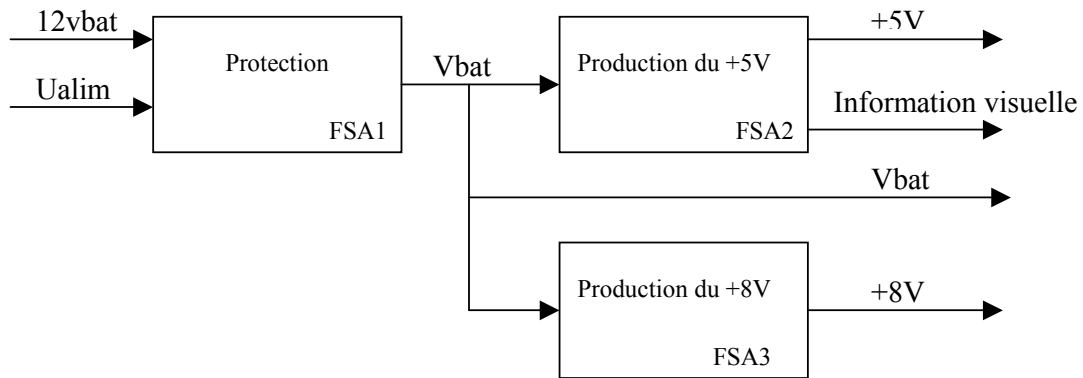
Signaux analogiques dont la fréquence est représentative de la vitesse de rotation de l'arbre moteur gauche et droit.
(Tensions collecteur/émetteur des opto coupleurs de gauche et de droite.)

Sorties : ***VoptG, VoptD***

Signaux logiques dont la fréquence est représentative de la vitesse de rotation de l'arbre moteur gauche et droit.

8.6 Analyse fonctionnelle de FA : « Alimentation électrique »

8.6.1 Schéma fonctionnel de degré 2 de FA



8.6.2 Fonction FSA1 : « Protection »

Entrée : <i>12vbat</i>	Tension continue +12V issue de la batterie
Entrée : <i>Ualim</i>	Tension continue permettant la charge de la batterie
Sortie : <i>Vbat</i>	Tension continue +12V protégée

8.6.3 Fonction FSA2 : « Production du +5V »

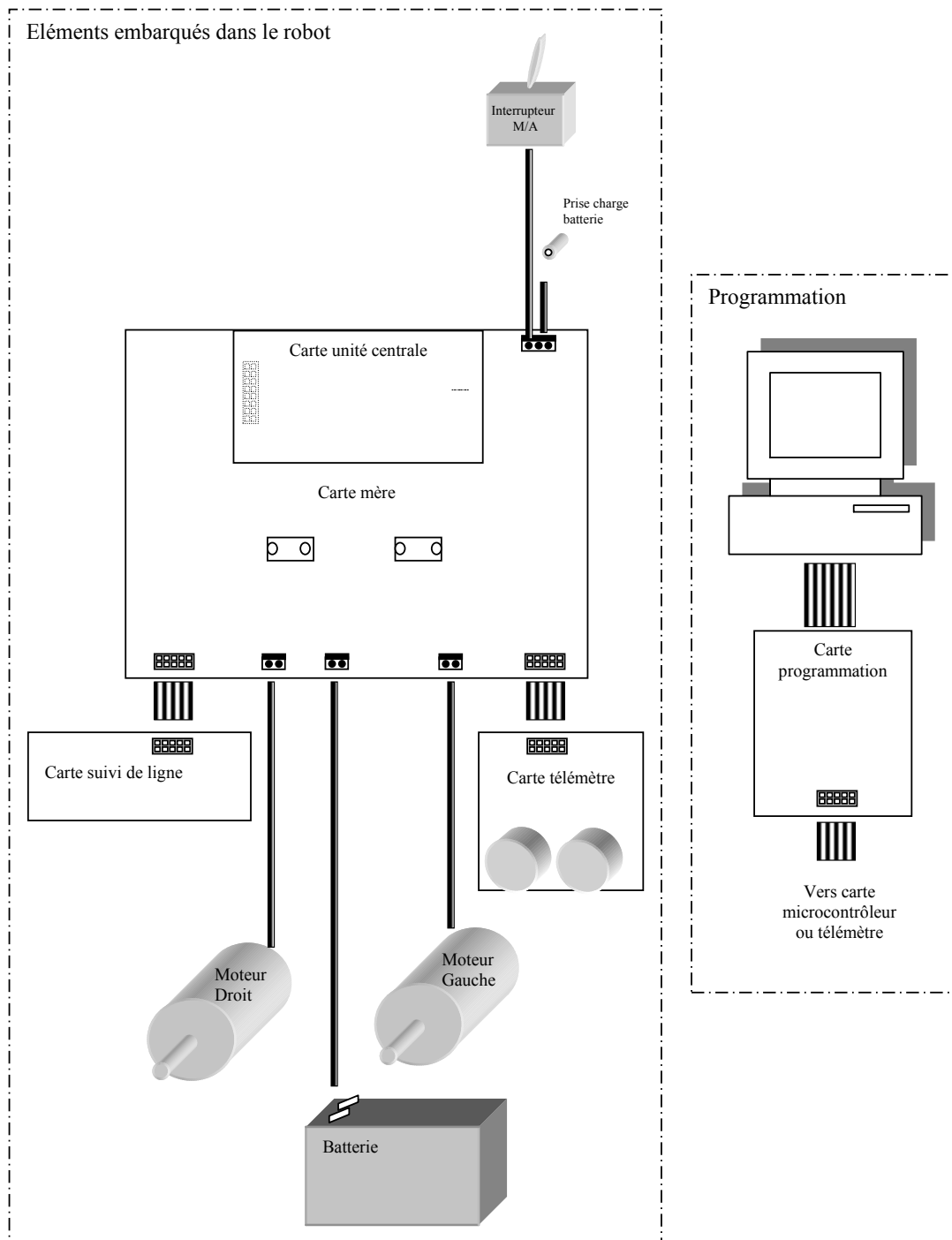
Entrée : <i>Vbat</i>	Tension continue +12V protégée
Sortie : <i>+5V</i>	Tension continue de +5V régulée
Sortie : <i>Information visuelle</i>	Information lumineuse indiquant la présence du +5V

8.6.4 Fonction FSA3 : « Production du +8V »

Entrée : <i>Vbat</i>	Tension continue +12V protégée
Sortie : <i>+8V</i>	Tension continue de +8V régulée

III SCHEMAS DE CONNEXION ELECTRIQUE :

1 SCHEMA D'INTERCONNEXION ELECTRIQUE :



9 SCHEMA DU CABLAGE A REALISER ENTRE LA CARTE MERE ET LES ELEMENTS FIXES SUR LE ROBOT :