

# Dossier de présentation de l'électronique et de l'informatique

Par Robotic System

Basé sur l'électronique 2014-2015  
Pour la participation à Eurobot

# Contexte

---

- Robotic System est une association familiale, ayant pour objectif de participer aux compétitions de robotique
  - L'équipe a participé aux coupes de France, de Belgique, Suisse et d'île de France de Robotique de 2012 à 2015
    - 2013: 9<sup>ème</sup> place en coupe de France et Meilleure équipe étrangère lors de la Coupe de Belgique
    - 2014: Vice champions de France, vice champions d'île de France
    - 2015: Vice champions de Belgique, vice champions de Suisse, vice champions d'île de France
- Chaque année, nous mettons en priorité les déplacements des robots par la réutilisation d'une base roulante et de l'électronique.

Puis nous venions ajouter les actionneurs pour interagir avec les éléments de jeux.

Généralement le robot était capable de marquer des points à la période de Noël.

Le reste de l'année était consacré à l'amélioration de la stratégie, au découpage des actions et au debuggage

Ce document a pour but de présenter la majorité des travaux qui ont été réalisés dans ce cadre

- Présentation de l'architecture électronique
- Présentation détaillée des cartes électroniques
- Introduction à l'application Temps réel multi-tâches





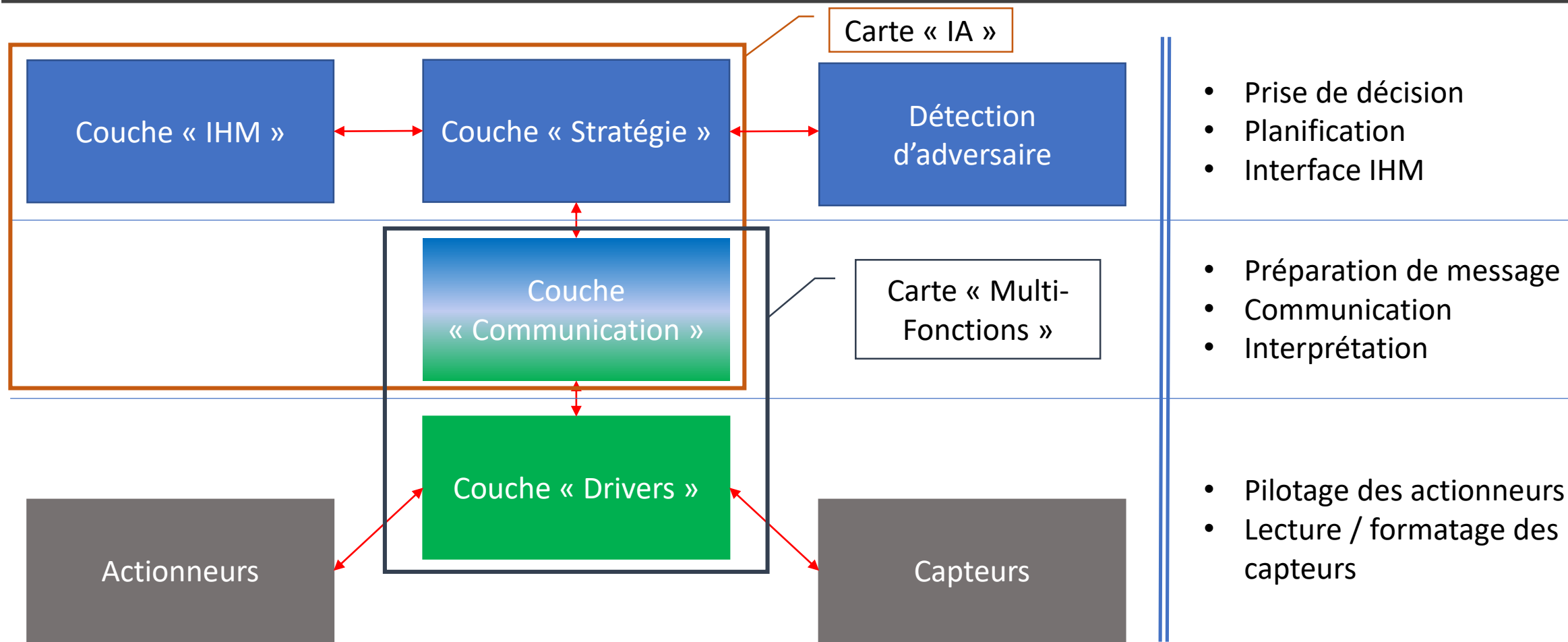
# Idée générale

---

- L'électronique est conçue de façon à répartir les tâches entre différentes cartes
  - La partie prise de décision est portée par une carte dite « IA »
  - La gestion des actionneurs est déplacée sur une/des carte(s) dites « Multi-fonctions »
- Critères de choix de cette organisation
  - Ce choix a été fait pour limiter le nombre de cartes différentes à réaliser
  - Pouvoir les réutiliser d'une année à l'autre sans avoir une électronique spécifique à une édition
  - Etre le plus modulaire possible
  - Pouvoir servir dans le petit et le gros robot
  - Peu encombrante pour être positionnable au souhait dans les volumes autorisés
  - Utiliser le moins de code spécifique possible (le même programme pour toutes les cartes)
  - Une architecture similaire entre les deux robots

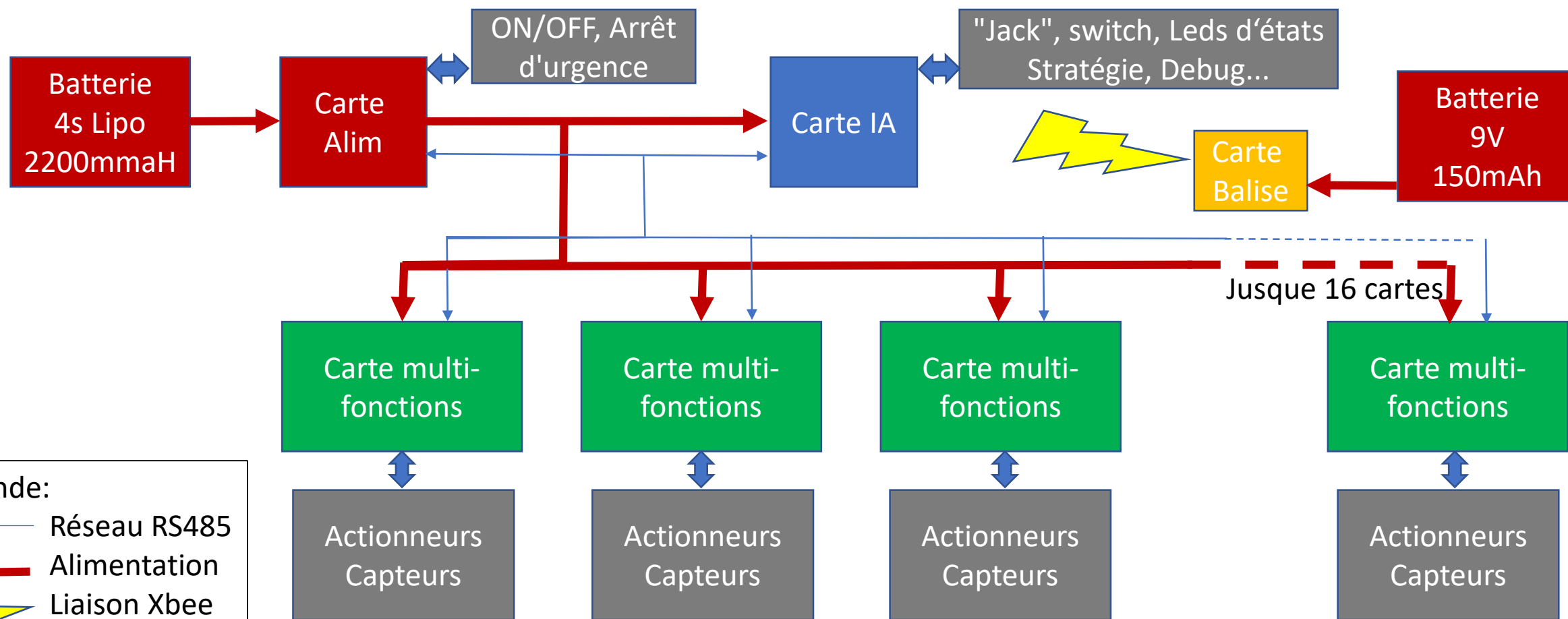
# Présentation de l'architecture électronique

- Architecture générale



# Présentation de l'architecture électronique

- Architecture générale





# Présentation de l'architecture électronique

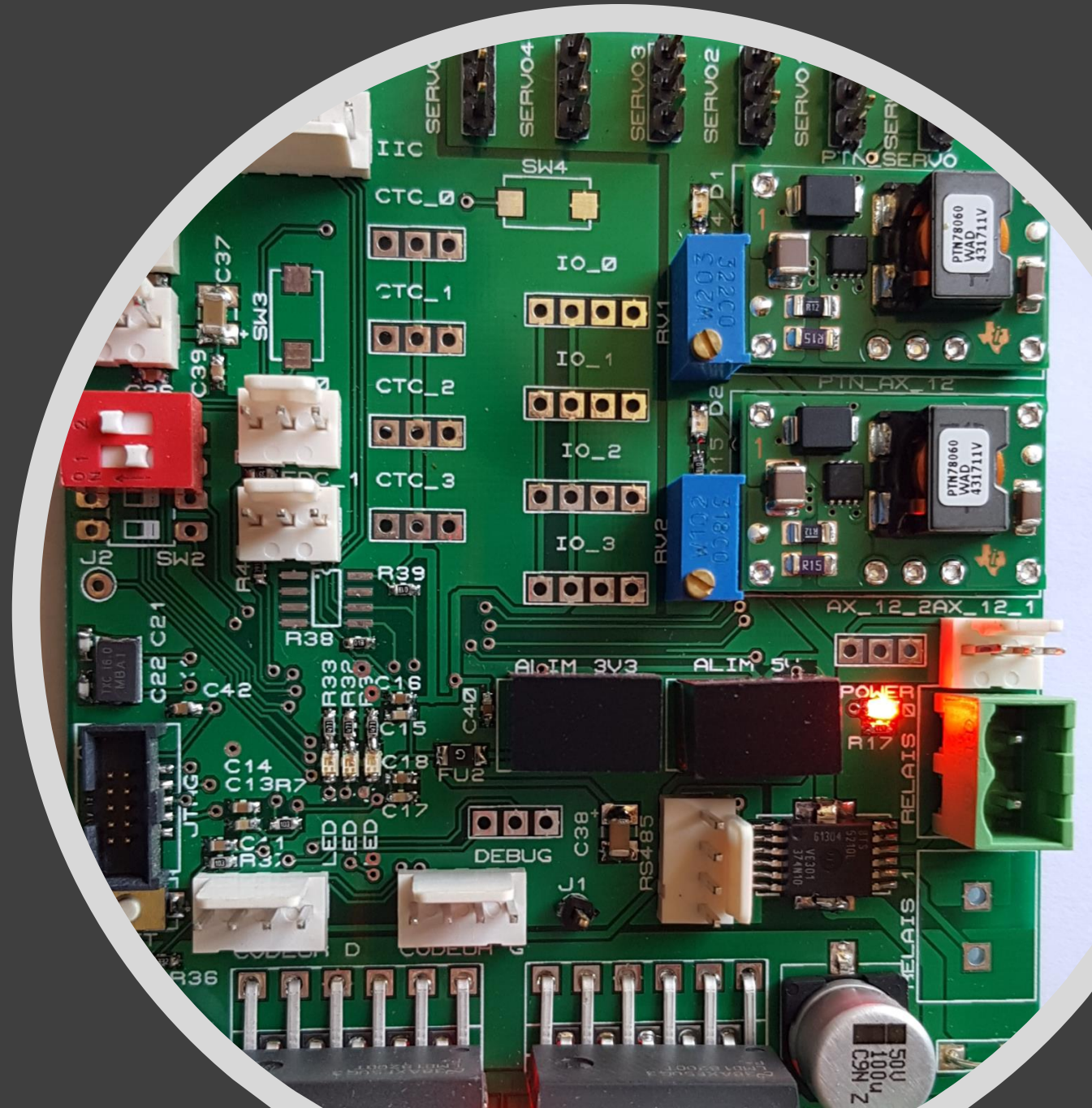
---

- Question time



Détails des cartes

# Présentation de l'architecture électronique





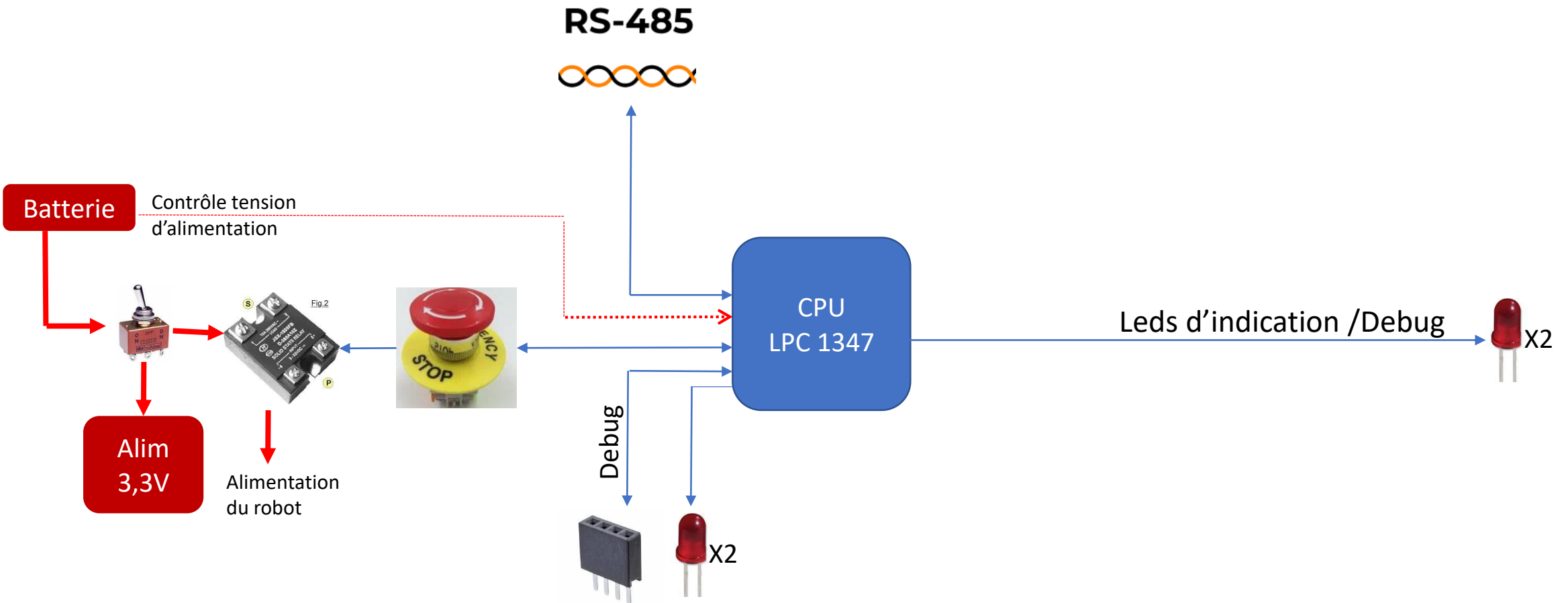
# Détail des cartes

## Cartes Alim

- Alimentation: 14 à 20 V
    - Avec fusible et protection contre les inversion de polarité
  - Création de 3.3V (1A)
  - 2 plans de masses pour l'isolation
  - Interrupteur ON/OFF principal
  - 4 sorties pour alimenter le robot
  - 1 micro contrôleur LPC 1347
    - Cortex-M3, 72MHz
    - 64KB de Flash, 12KB de RAM
  - 1 entrée analogiques
    - Mesure de tension de batterie
  - 1 arrêt d'urgence
  - Environnement de programmation gratuit (jusque 256KB)
  - Compatible FreeRTOS
- MOSFET (30A) ON/OFF piloté
  - 1 port RS485
  - 1 pin de debug
  - 2 leds déportées libre
  - 2 leds libres d'usage sur la carte
  - 2 leds libres d'usage déportées
  - Leds d'indication
    - Présence 3.3V
  - Un connecteur de programmation JTAG
  - Format 5\*7cm
  - 4 trous de fixation

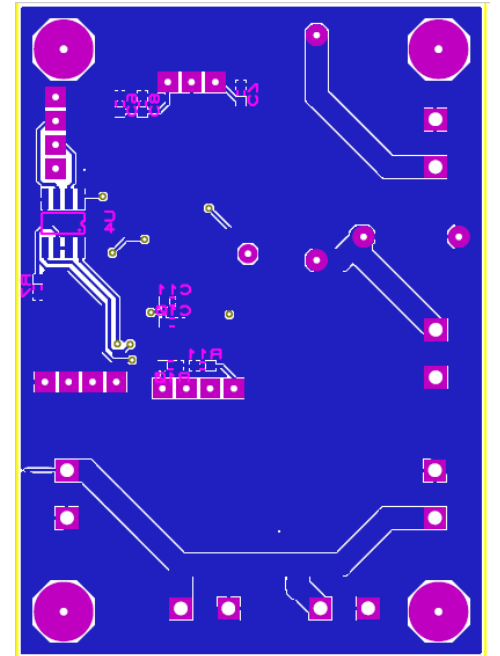
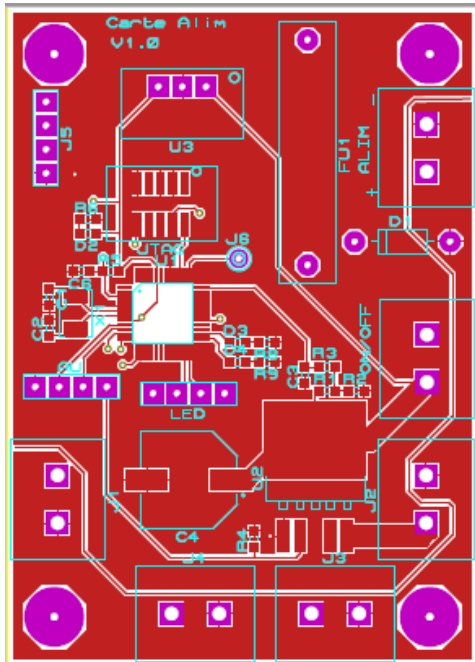
# Détail des cartes

- Cartes Alim, blocks fonctionnels



# Cartes Alim

- Gros plan sur les deux faces





# Résumé

---

- Cartes Alim

- Les cartes IA présentes dans les deux robots en 2015 nous ont donné entière satisfaction
  - Programmation facile
  - Protection du robot et des batteries
  - Fiabilité et encombrement réduit

- Aucun défaut relevé

# Détail des cartes

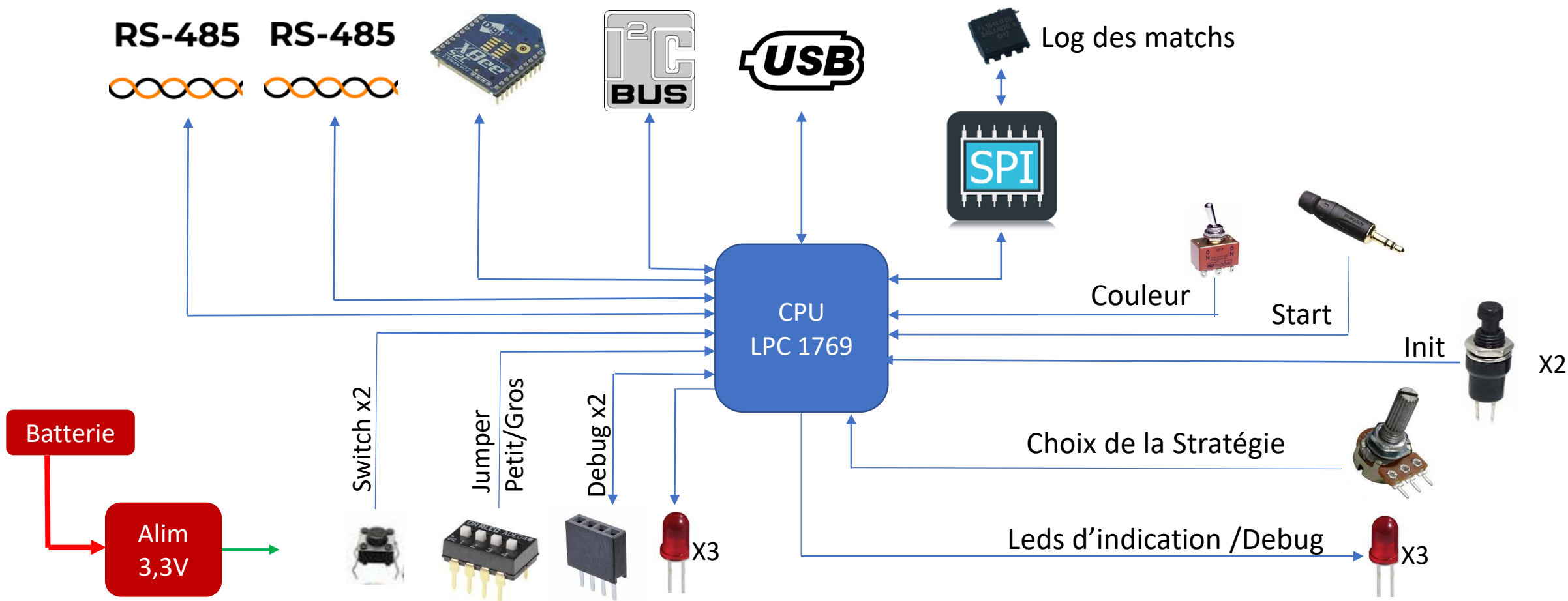
## Cartes IA



- Alimentation: 14 à 20 V
  - Création de 3.3V (1A)
  - 2 plans de masses pour l'isolation
  - 1 micro contrôleur LPC 1769
    - Cortex-M3, 128MHz
    - 512KB de Flash, 64KB de RAM
  - 1 entrée analogiques
    - Potentiometre exterieur pour choix de stratégie
  - 4 entrées TOR
    - Jack
    - Couleur de jeu
    - Bouton poussoir
    - Autre
  - 2 boutons libres d'usage
  - 1 switch de reset
  - 1 jumper (Petit/Gros Robot)
  - Environnement de programmation gratuit (jusque 256KB)
  - Compatible FreeRTOS
- 2 port RS485
  - 1 port I2C
  - 1 port UART vers module Xbee
  - 1 port USB de debug
  - Une mémoire flash SPI (log des matchs)
  - 2 pins de debug
  - 3 leds libres d'usage sur la carte
  - 3 leds libres d'usage déportées
  - Leds d'indication
    - Présence 3.3V
    - Association du Xbee
  - Un connecteur de programmation JTAG
  - Format 5\*7cm
  - 4 trous de fixation

# Détail des cartes

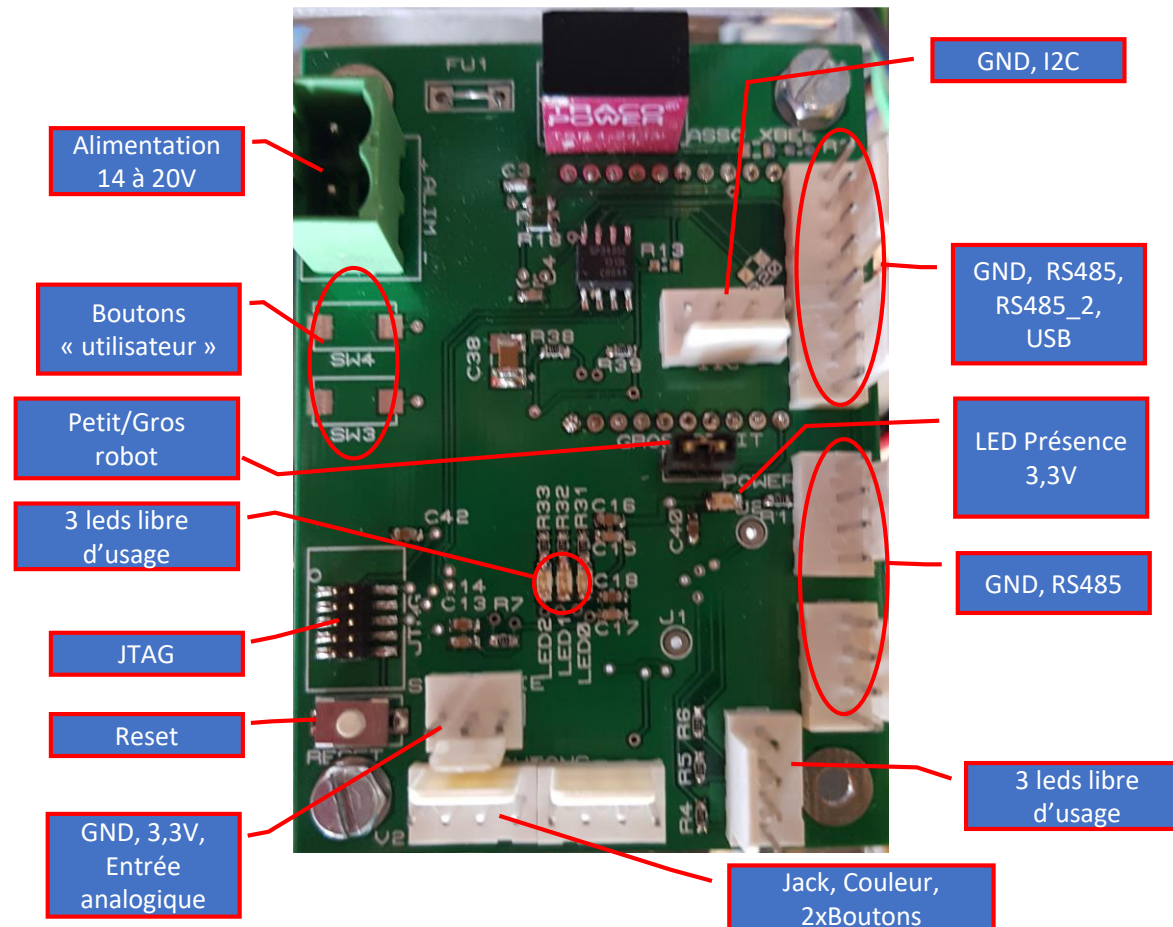
- Cartes IA, blocks fonctionnels





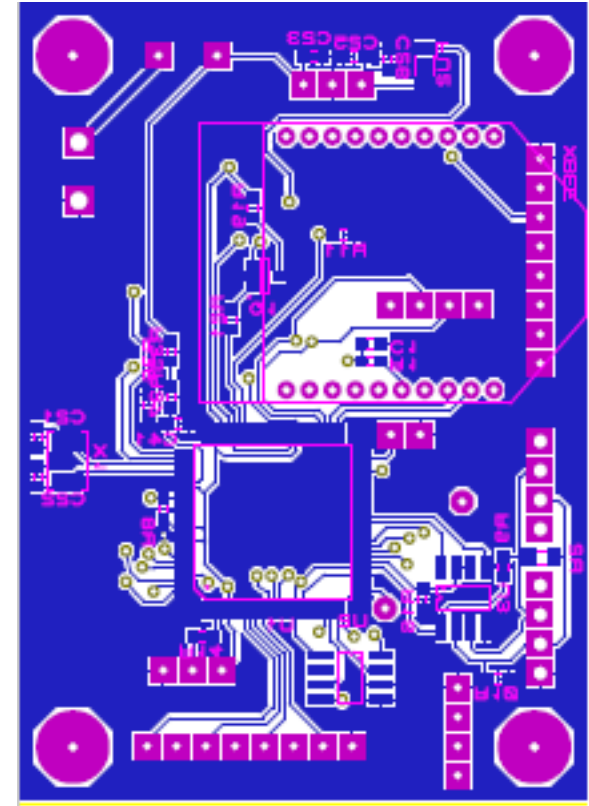
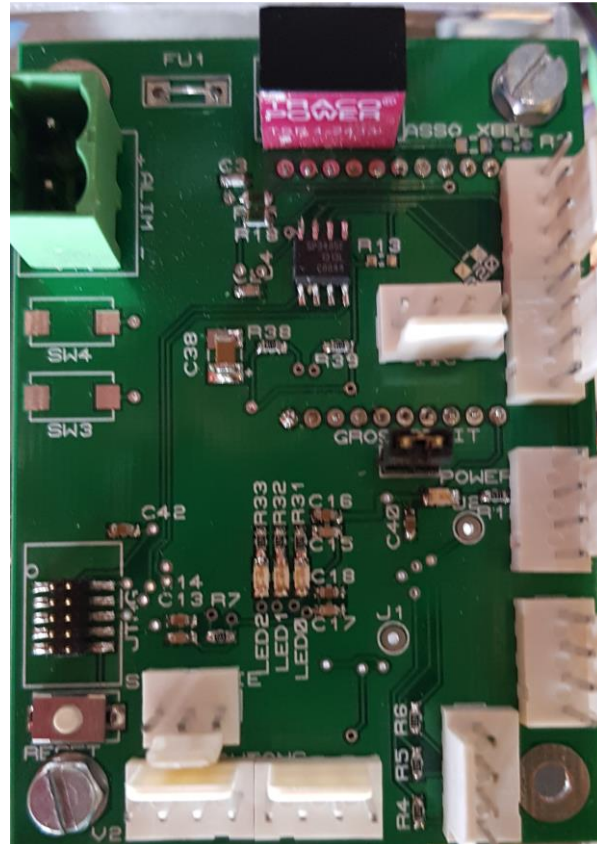
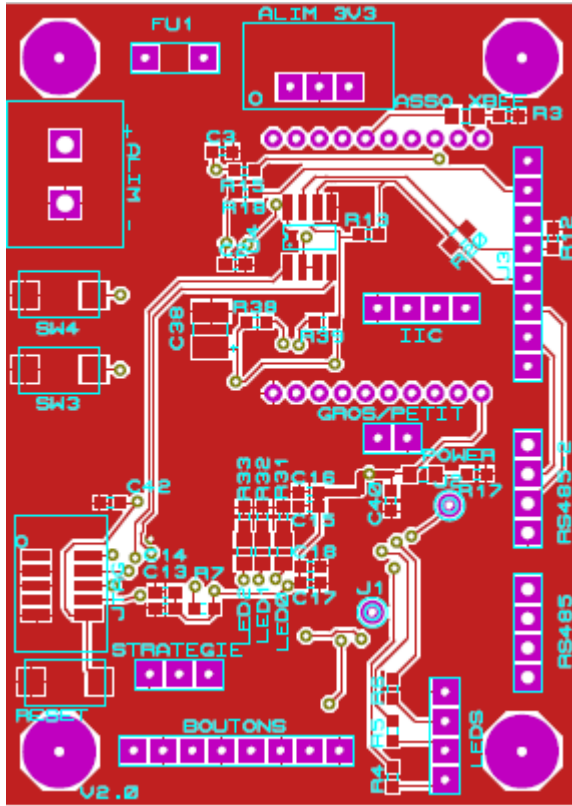
# Détail des cartes

- Cartes IA



# Cartes IA


- Gros plan sur les deux faces



# Résumé

---

- Cartes IA

- 
- Les cartes IA présentes dans les deux robots en 2015 nous ont donné entière satisfaction
    - Puissance de calcul sans faille (Pathfinding, gestion de la stratégie, IHM, communication Inter-Robot + balises)
    - Format compact
    - Nombreux moyens de communication
    - Enregistrement des matchs en interne (jusque 3 matchs sauvegardés en flash) avec possibilité de relecture sur l'IHM
    - Une seule programmation pour les deux Robots (le jumper sur la carte permettant de faire la différence)
    - Un choix facile de stratégie (en quantité « illimitée »), pas besoin de reprogrammer au dernier moment

- 
- Aucun défaut relevé



# Carte IA

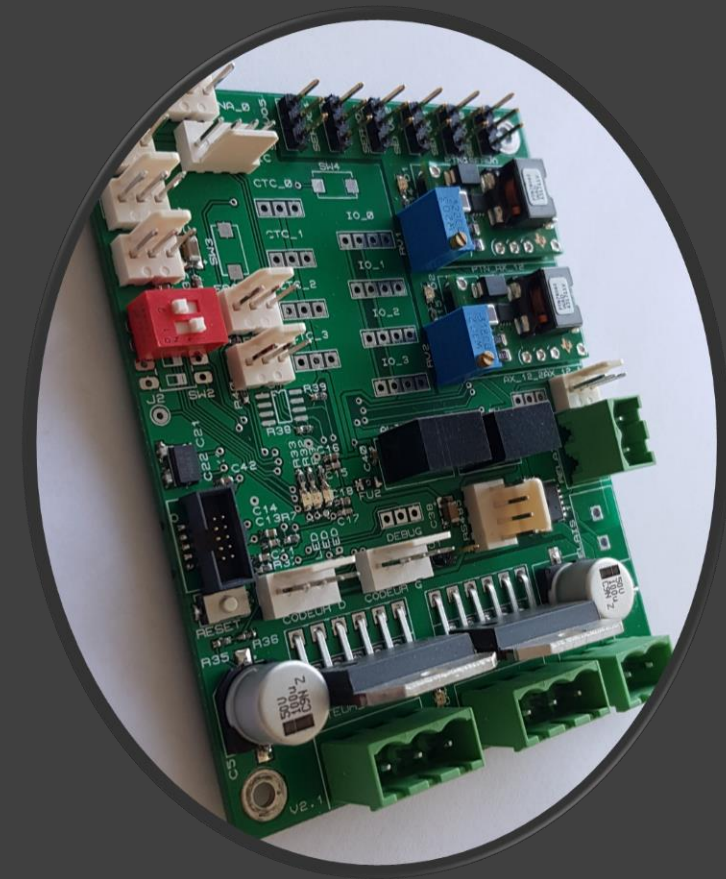
---

- Question time



# Détail des cartes

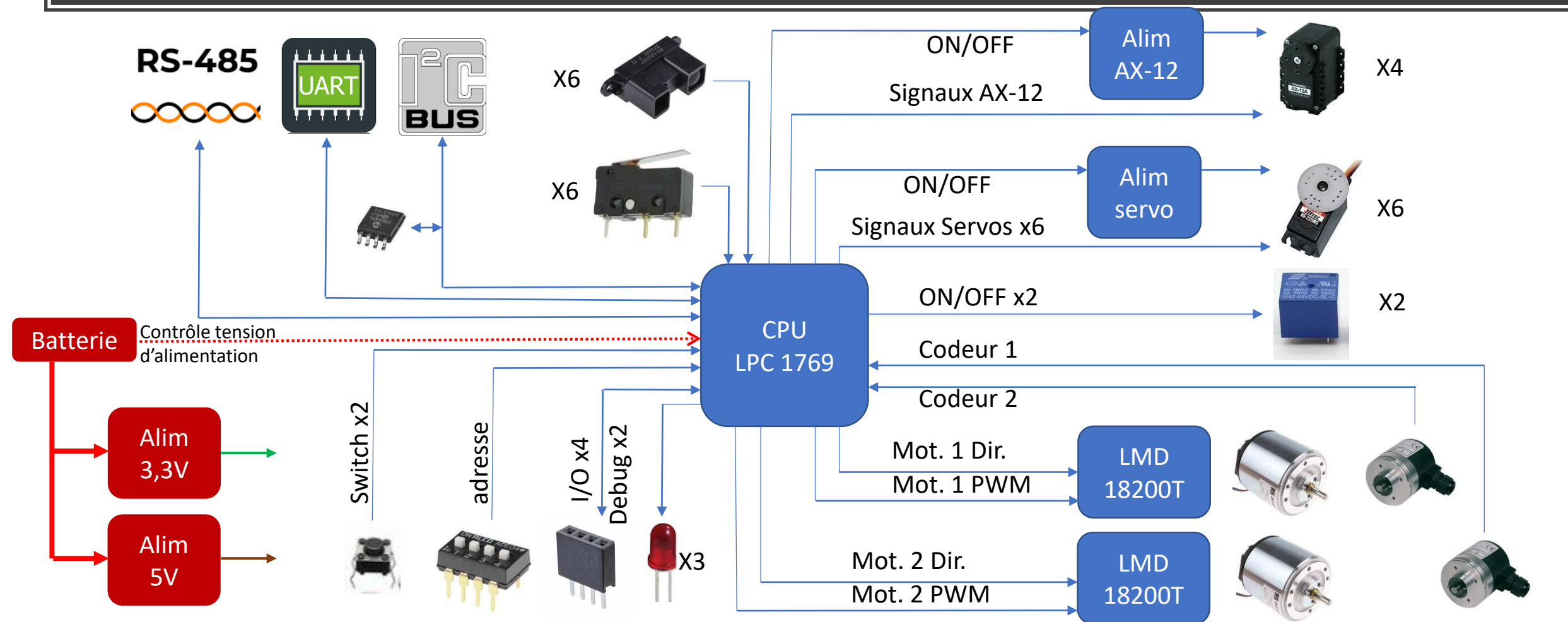
## Cartes multi-fonctions



- Alimentation: 14 à 20 V, avec mesure de tension d'alimentation
  - Création de 3.3V et 5V (1A chacun)
  - 2\*4 plans de masses pour l'isolation
  - 1 micro contrôleur LPC 1769
    - Cortex-M3, 128MHz
    - 512KB de Flash, 64KB de RAM
  - 2 contrôleurs de moteurs
  - 2 entrées de codeurs en quadrature avec alimentation 5V
  - 2 sorties TOR: 16V, 1.8A
  - 4 entrée analogiques avec alim 5V, diviseur de tension et filtrage PB
  - Alimentation (réglable et débrayable) et pilotage de 6 servos
  - Alimentation (réglable et débrayable) et pilotage de 4 servos type AX-12
  - 6 entrées TOR (contacteurs) avec alim 3.3V
  - 4 entrées/ sorties TOR avec alimentations 3.3V et 18V
  - Environnement de programmation gratuit (jusque 256KB)
  - Compatible FreeRTOS
  - Potentiellement autonome
- 2 boutons libres d'usage
  - 1 switch de reset
  - 4 switchs d'adresse
  - 1 port RS485
  - 1 port I2C avec alimentation 5V
  - 1 port UART
  - Une eeprom I2C
  - 2 pins de debug
  - 3 leds libres d'usage
  - Leds d'indication
    - Présence alim de puissance
    - Présence 5V et 3.3V
    - Alim des servos
    - Alim des AX12
  - Un connecteur de programmation JTAG
  - Format 7\*10cm
  - 4 trous de fixation

# Détail des cartes

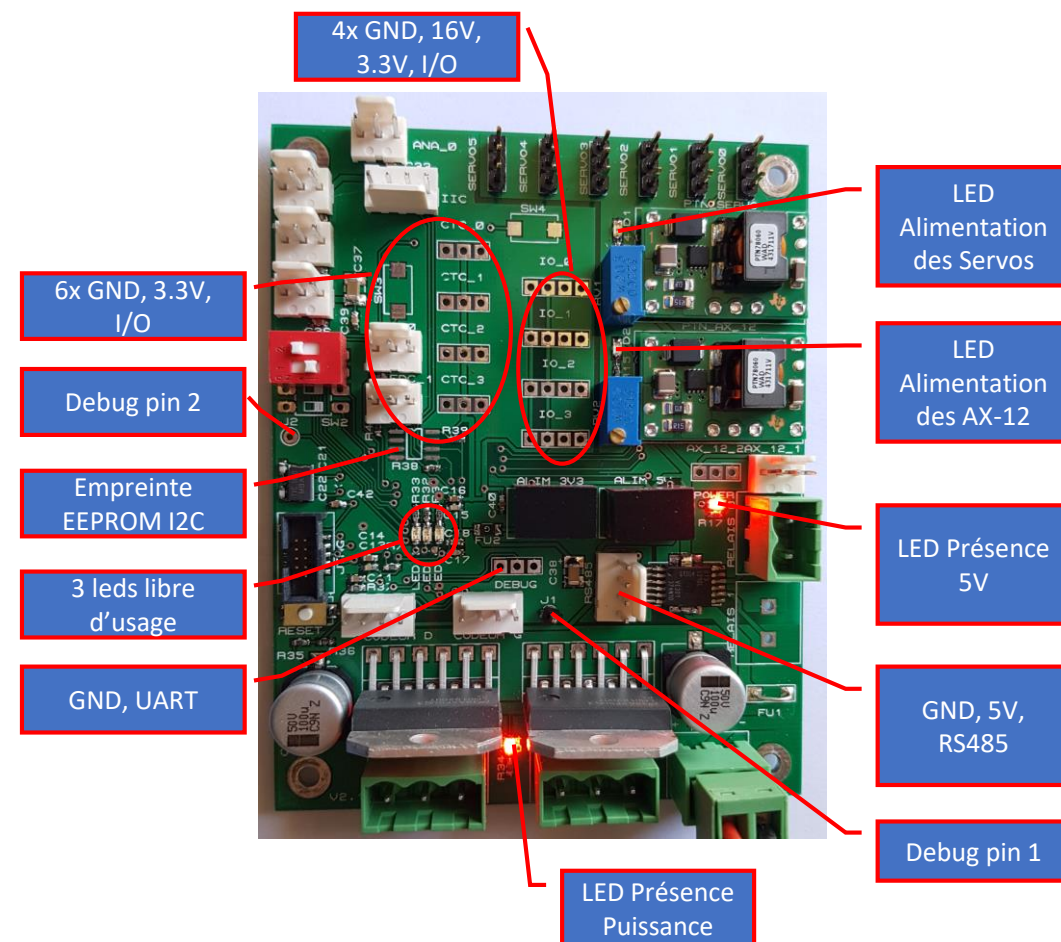
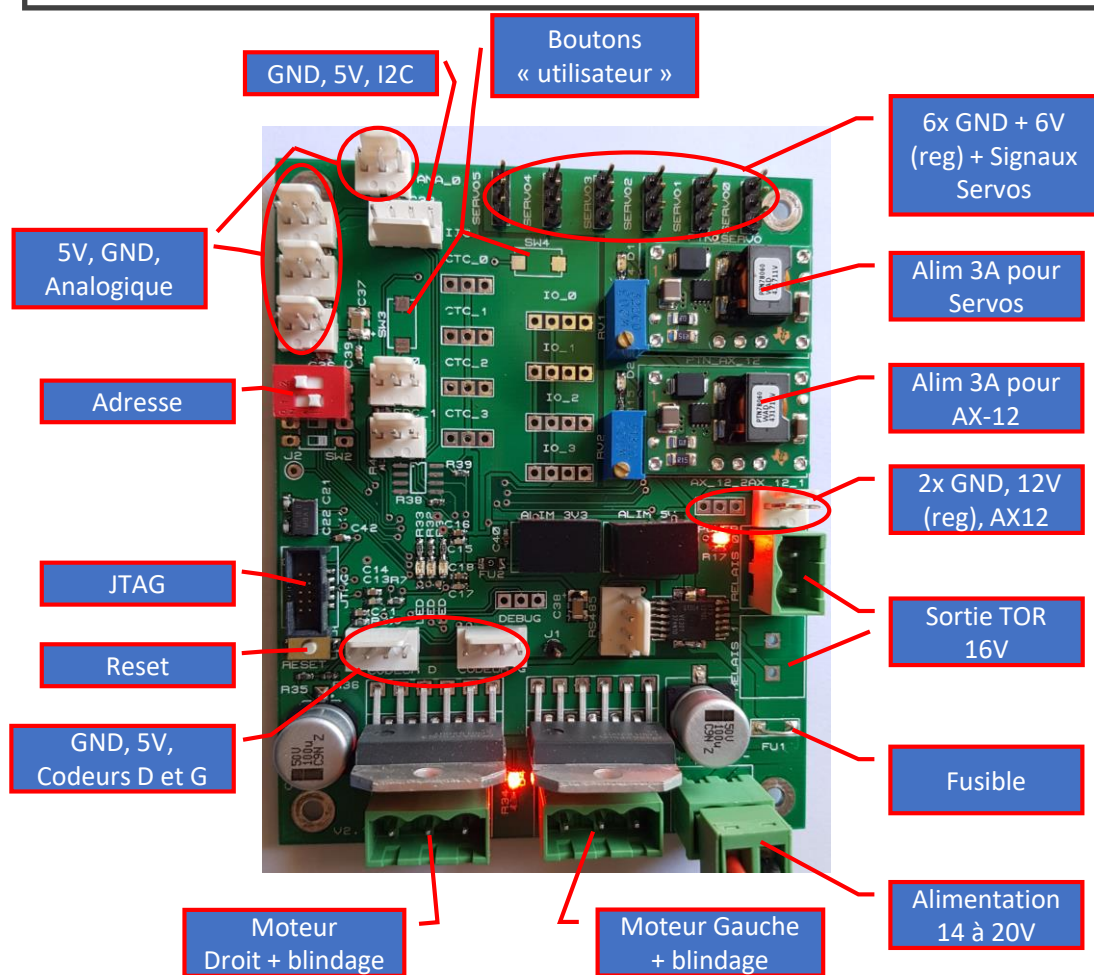
- Cartes multi-fonctions, blocks fonctionnels





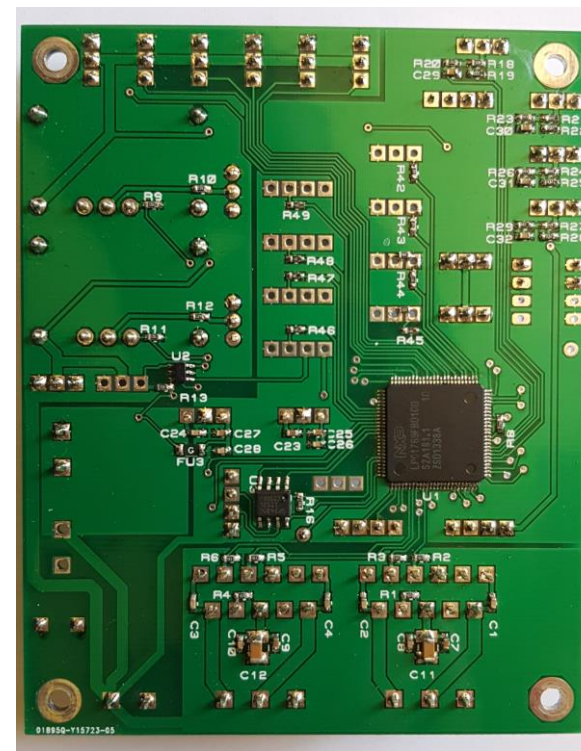
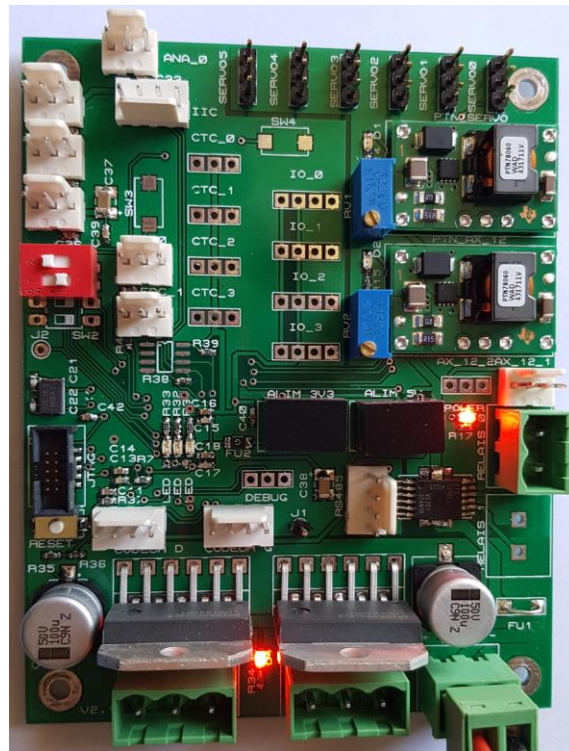
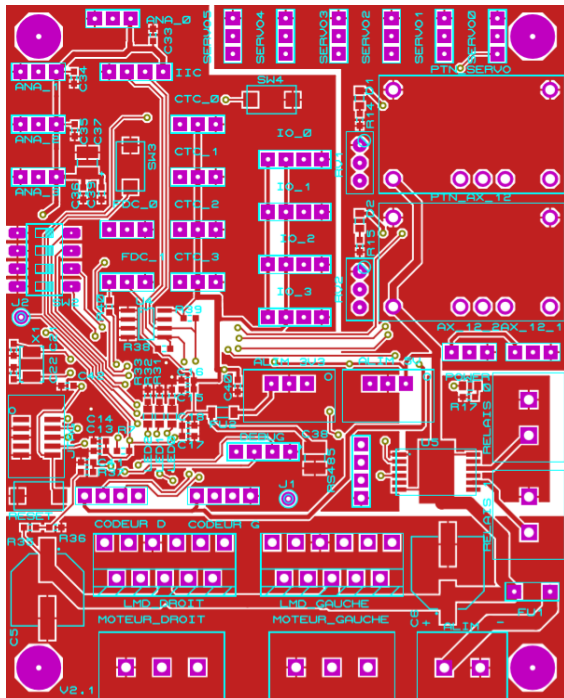
# Détail des cartes

- Cartes multi-fonctions



# Cartes multi-fonctions

- Gros plan sur les deux faces



# Résumé

---

- Cartes multi-fonctions

- Ces cartes multi-fonctions se sont révélées performantes et fiables, voici les points forts et faibles rencontrés:
  - La puissance de calcul est au rendez-vous, l'asservissement et le pilotage des servos est amplement assuré
  - Le format compact permet de les positionner facilement dans les deux robots
  - Le design commun permet de n'avoir qu'un seul et même code pour chacune des cartes
  - La possibilité d'étendre le bus permet de passer de 1 carte sur le petit robot à 2 cartes sur le gros pour couvrir les besoin sans rien avoir à développer d'autre
  - Possibilité de n'utiliser qu'une seule carte pour faire fonctionner un robot
- A l'issue de la V2.1 (ici présentée en photo), quelques erreurs ont été constatées:
  - Il manquait 2 résistances de pull-up sur les bit d'adresse des cartes (les deux autres sont équipée en pull-up internes)
  - Les sorties « Timers » utilisées pour piloter les moteurs ne sont pas le meilleur choix pour générer des PWM avec ces micro-contrôleurs, une optimisation du code/hard est à revoir.

# Carte Multi-Fonctions

---

- Question time






# Firmware Multi-tâches Temps réel préemptif

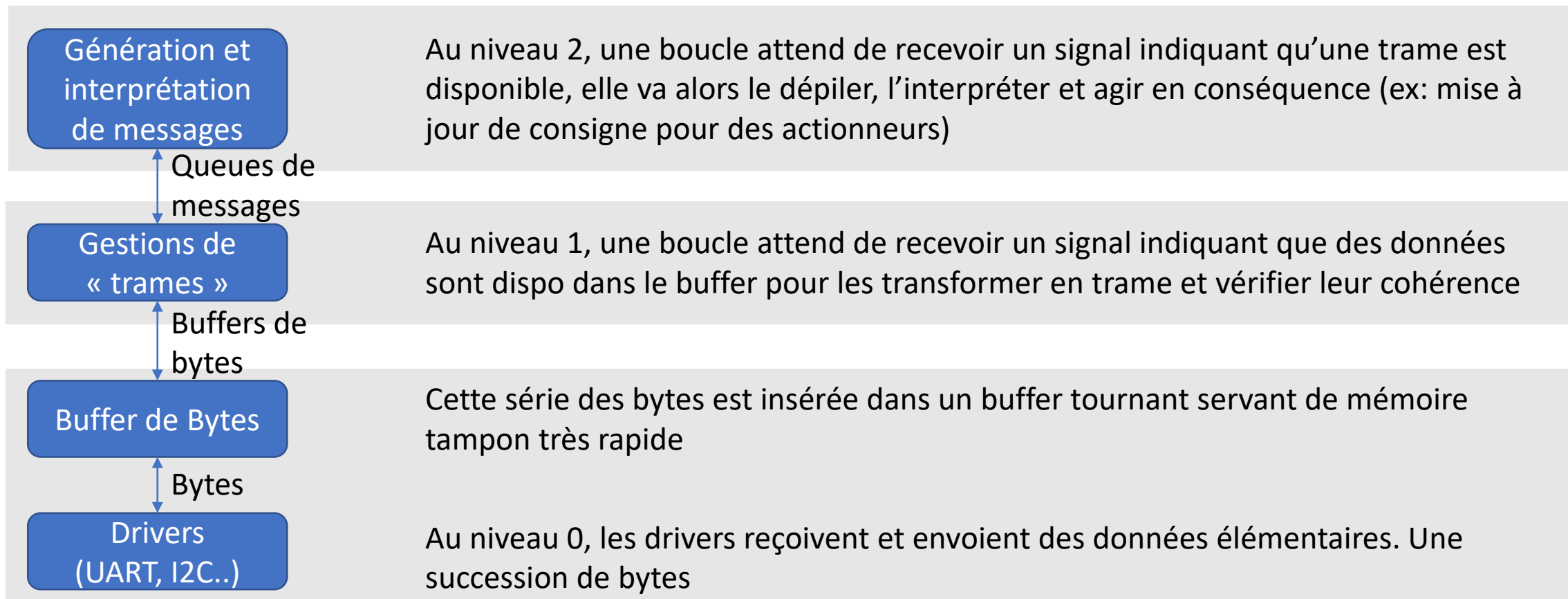
---

- Généralités

- L'informatique des robots est répartie sur plusieurs cartes.  
Chacune de ces cartes fait tourner un micrologiciel qui a pour but, suivant la carte, soit de s'occuper de la stratégie du robot, soit de piloter les actionneurs et lire les capteurs, ou encore de surveiller l'alimentation électrique.
- Les différentes cartes communiquent ensemble à l'aide d'un bus RS485 (un bus I2C est aussi à disposition)
- Afin de synchroniser toutes les actions un OS temps réel a été choisi, il s'agit de FreeRTOS 
  - Il permet de réaliser plusieurs boucles d'opérations (tasks) en parallèle et de passer rapidement de l'une à l'autre. Avec en plus la mise à disposition de différents moyens de communication entre ces tâches (Piles de messages, sémaphores....)
  - De cette façon, les différentes opérations ont été réparties sur plusieurs « niveaux » logiciels. En partant des pilotes de drivers (PWM, ADC, Timers, GPIO...) pour aller vers des couches de plus en plus abstraites
  - L'architecture électronique des cartes IA et multi-fonctions étant très similaires (même CPU, même I/O), une bonne partie du code est commune, accélérant ainsi le développement.

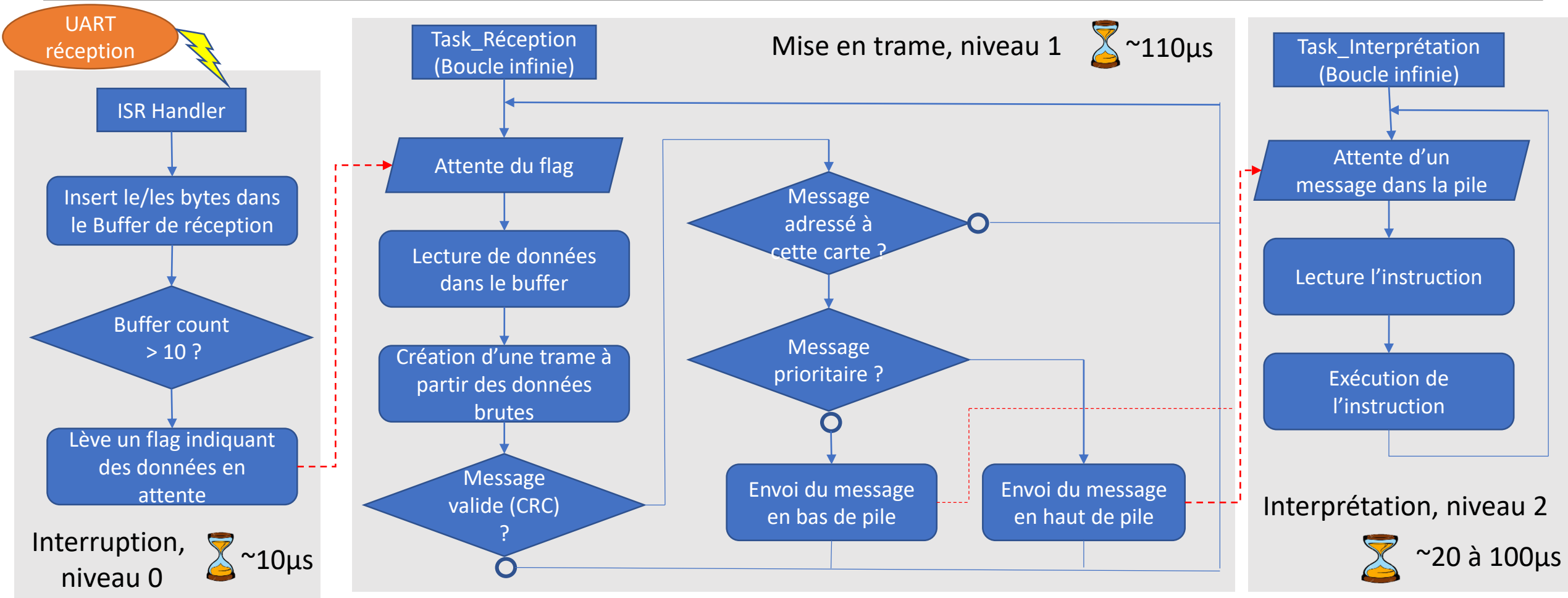
# Firmware Multi-tâches Temps réel préemptif

- Une communication répartie en couches....



# Firmware Multi-tâches Temps réel préemptif

- ...et des tâches en parallèle



# Timing

## Question-réponse

Séquence schématique illustrant le comportement lors de la réception d'un message (question) jusqu'à l'envoi de la réponse

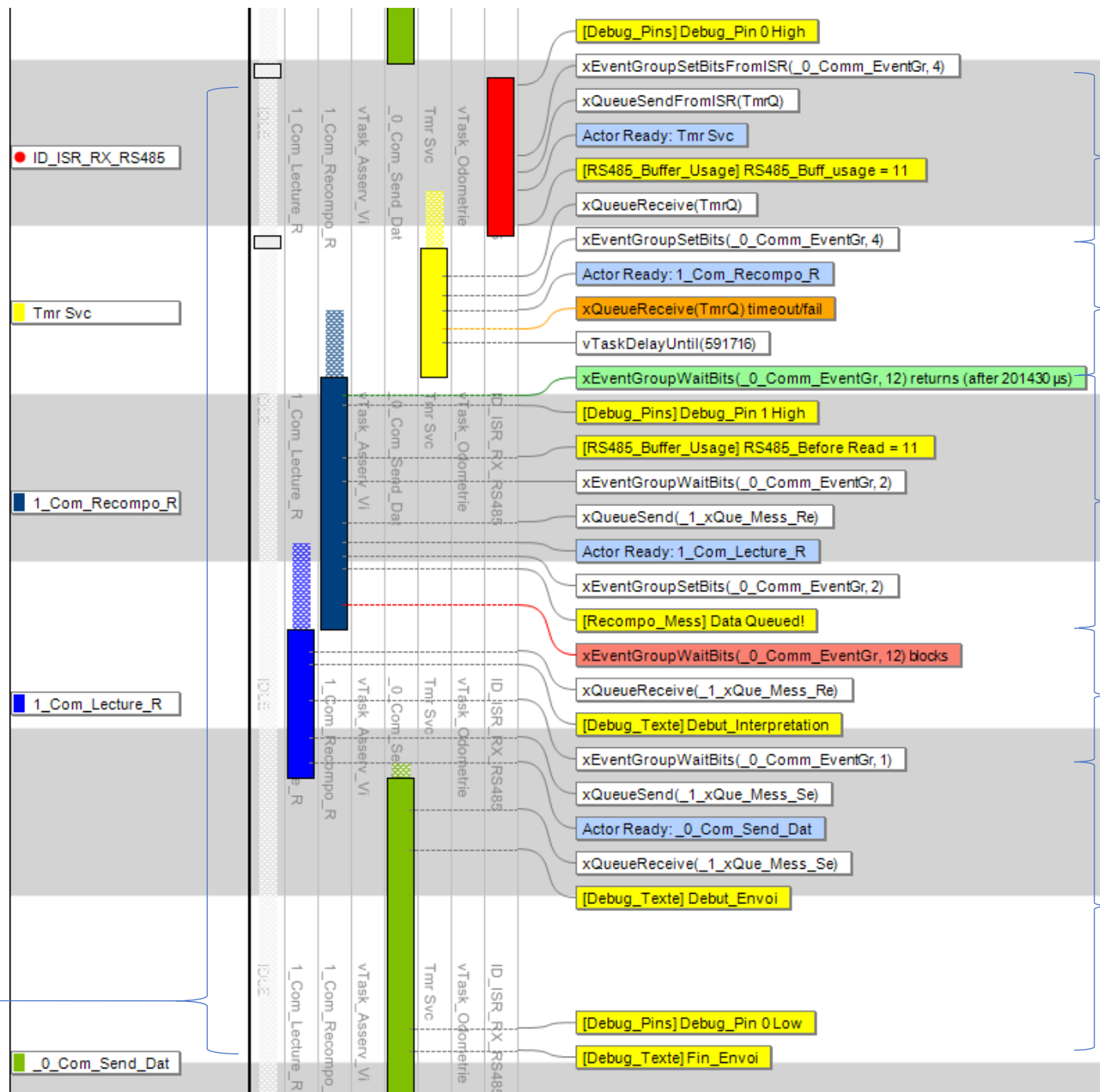


# Timing

## Question-réponse

Afin d'illustrer la séquence précédente dans le temps, voici un extrait issu de Tracalys<sup>®</sup> (outil d'analyse pour FreeRTOS) d'un échange question-réponse entre deux cartes. A lire de haut en bas.

Relevé de temps pris à l'analyseur logique  
~200 à 300µs



Réception de la question en ISR

Levée du Flag

Formatage des données brutes en message à valeur ajoutée

Interprétation du message et préparation de la réponse

Envoi de la réponse



# Le chef d'orchestre

---

- Généralités

- Le bus RS485 n'ayant pas de master/esclaves comme peut l'avoir un bus I2C, chaque carte est libre d'envoyer un message sur le bus au risque de le faire en même temps qu'une autre et ainsi de compromettre les deux messages.
- Pour palier à cette situation, il a été décidé que seule la carte IA pouvait décider d'envoyer des messages de son propre chef.
- Les autres ne feront que répondre à une/des question(s) ou pourront vider leur pile de messages à envoyer lorsque la carte IA leur permettra.
- L'IA interroge les autres cartes à tour de rôle puis leur laisse le temps de répondre, suivi d'un silence sur le bus, servant à l'ensemble des cartes à garder du temps de calcul pour exécuter les autres actions.

# Firmware

---

- Question time

