

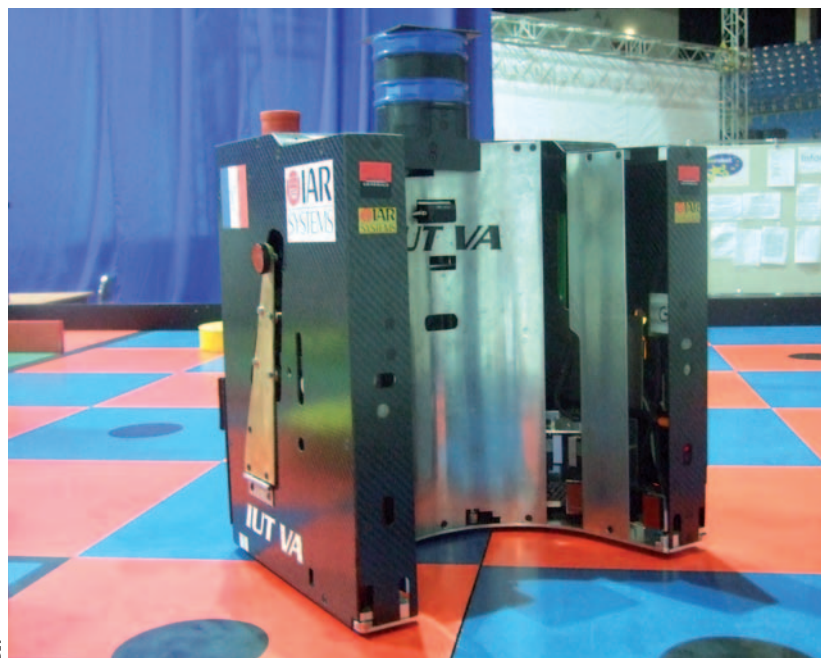
## SYSTÈMES EMBARQUÉS

# Des robots s'affrontent... et c'est l'électronique qui fait la différence

Les deux finalistes 2011 de la Coupe de France de robotique, organisée chaque année par l'association Planète Sciences avec la ville de la Ferté-Bernard (72), ont opté pour des architectures radicalement différentes. A base uniquement de microcontrôleurs pour le vainqueur, l'IUT de Ville-d'Avray (92), à base d'un processeur Arm combiné à des microcontrôleurs pour l'association BH Team, l'autre finaliste.

Quatre-vingt-dix secondes : c'est le temps imparti aux robots participants à la coupe de France de robotique pour réaliser de manière autonome, sans lien quelconque avec leurs pygmaliens respectifs, une tâche précise. Et, cette année, les échecs étaient à l'honneur : les robots devaient, sur un échiquier de 3 mètres sur 2,1, empiler des pièces les unes sur les autres, avec un certain nombre de points attribués selon les cases, le type d'empilement, etc. Avec, à chaque fois, pour les phases finales, un affrontement entre deux robots, développés et peaufinés durant plusieurs mois par des étudiants en électronique et mécatronique issus d'IUT ou d'écoles d'ingénieurs.

Un défi passionnant pour ces équipes qui se préparent pendant un an afin de définir la meilleure



← Le robot de l'IUT de Ville-d'Avray, vainqueur de la coupe de France de robotique 2011, a eu l'honneur de participer à la compétition européenne Eurobot, organisée en Russie dans la ville d'Astrakhan, au cours de laquelle il a atteint les quarts de finale.

robots de l'IUT de Ville-d'Avray<sup>(1)</sup> et celui de la BH Team<sup>(2)</sup>, composée d'anciens étudiants de l'UTBM, université de technologie de Belfort Montbéliard (90). Pour ces robots, au-delà de la mécanique qui revêt bien entendu une importance cruciale, c'est leur électronique embarquée, de plus en plus sophistiquée qui, in fine, fait la différence. Avec pour chaque équipe des options techniques et des architectures très différentes pour gérer l'intelligence embarquée dans ces machines autonomes.

stratégie à adopter vis-à-vis du défi lancé par l'association Planète Sciences. Pour l'année 2011,

les finalistes, qui ont donc remporté avant de s'affronter une dizaine de rencontres, étaient les

## UN RÈGLEMENT TRÈS ATTENDU

→ La Coupe de France de robotique est co-organisée par la ville de La Ferté-Bernard qui accueille tous les ans la manifestation dans le cadre du festival ARTEC (arts et technologies) et l'association Planète Sciences<sup>(\*)</sup> qui gère la compétition, notamment sous ses aspects réglementaires et techniques.

→ Cette aventure scientifique et technique, mais aussi ludique, s'adresse à des équipes d'étudiants qui portent collectivement le projet d'un robot autonome, capable de répondre au défi lancé par Planète Sciences.

→ Et, chaque année à la fin du mois de septembre, l'effervescence gagne chez les équipes habituées

à participer à la Coupe de France de robotique. C'est en effet à cette date que Planète Sciences publie le règlement officiel de la compétition pour l'année qui vient.

→ En 2011, après avoir au cours des années précédentes joué au rugby, au bowling, trié des déchets, collecté des échantillons sur Mars, construit des temples antiques et nourri la planète, les robots devaient jouer aux échecs. En fait, ils devaient empiler des pièces, le but du jeu étant d'avoir le plus de points possible sur les cases de sa couleur. Les rencontres durent 90 secondes, et chaque robot part d'un des coins arrière de la table. Il doit alors détecter les pions présents

sur la table ; les rassembler sur les bonnes cases, éventuellement les empiler. Tout en gardant en permanence la connaissance de sa position et celle de son adversaire.

→ Les deux premières équipes françaises, et une équipe ayant reçu un prix spécial, parmi les 180 équipes de différentes grandes écoles, universités ou clubs présentes lors de la coupe de France de robotique, rencontrent ensuite leurs homologues internationaux au cours de la finale d'Eurobot Open.

(\*) <http://www.planete-sciences.org/robot/index.php>

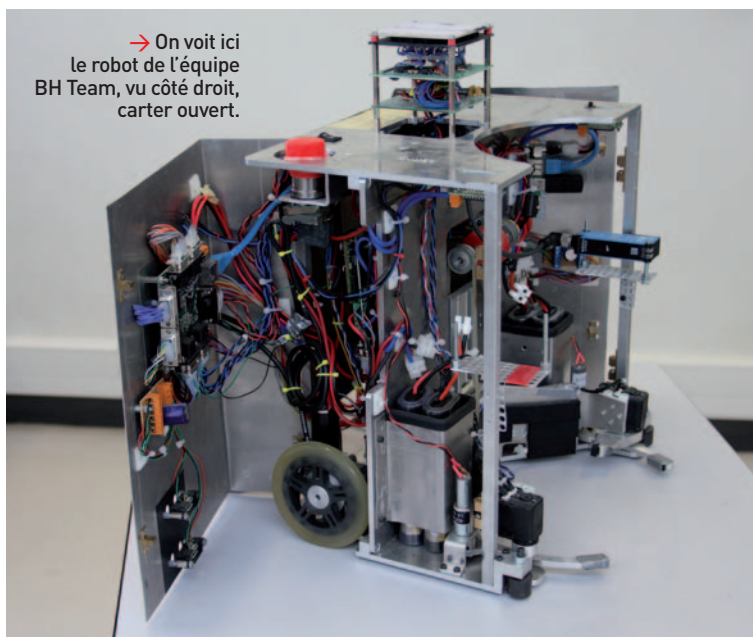
## RS COMPONENTS, PARTENAIRE DE LA COUPE DE FRANCE DE ROBOTIQUE

→ RS France, la filiale française du distributeur RS Components, est un des fidèles partenaires officiels de la coupe de robotique, depuis 2001. La société apporte notamment son savoir-faire dans la mise à disposition des équipes des gammes étendues de produits électroniques et mécaniques, et des outils d'aide à la conception accessible en ligne. Pour Stéphane Maffli, directeur général de RS France, « *un des objectifs de ce partenariat est de renforcer nos liens avec les élèves ingénieurs en électronique, en leur apportant moyens et outils adaptés aux contraintes de leurs projets, en termes techniques et budgétaires* ».

Pour l'IUT de Ville-d'Avray, cette architecture est basée sur un ensemble de six microcontrôleurs de chez Atmel, reliés entre eux par un bus série SPI (Serial Peripheral Interface) dans une topologie maître-esclave. D'ailleurs, « *la mise en œuvre de ce bus série synchrone a été la grande nouveauté en 2011 dans notre robot*, explique Jacques Coulon professeur à l'IUT de Ville-d'Avray, et véritable inspirateur de l'équipe de robotique, *alors qu'auparavant on utilisait des liaisons parallèles sur 8 bits, moins souples d'utilisation* ».

Le maître, un Atmega128, microcontrôleur 8 bits basse tension (2,7V-5,5V) cadencé à 16MHz et basé sur l'architecture RISC AVR d'Atmel, est relié à cinq microcontrôleurs 8 bits AT89C51RD2 (cœur 8051 d'Intel) de la même société, dotés d'une fréquence de fonctionnement maximale de 60MHz. Ces microcontrôleurs sont affectés chacun à une tâche pré-

cise : un pour l'analyse de la position du robot via le traitement de données issues de codeurs incrémentaux, dissociés des roues motrices du robot ; deux pour la gestion des trente capteurs optiques et ultrasoniques qui assurent la détection et le repérage des divers éléments présents sur le plateau de jeu ; un pour administrer les douze commandes de servomoteurs qui assurent le déplacement du robot ainsi que l'ascenseur et l'action des pinces de préhension, à travers des signaux en PWM (Pulse Width Modulation ou modulation de largeur d'impulsions) ; et enfin un pour la gestion de la tourelle, dont un des objectifs est de repérer l'adversaire sur le plateau. L'ensemble des données transite sur un bus SPI, échantillonnées tous les 10 ms, et le micro central en fonction des informations reçues, envoie ses ordres aux cinq microcontrôleurs esclaves. Ces micro-



→ On voit ici le robot de l'équipe BH Team, vu côté droit, carter ouvert.

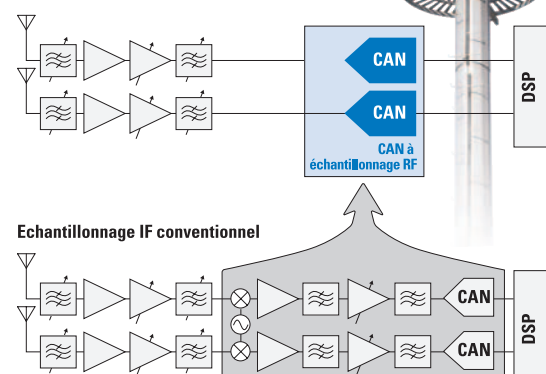


## CAN à échantillonnage RF direct. Repensez la RF.

Les CAN à échantillonnage RF direct, révolutionnent les architectures radio

Les CAN 12 bits à échantillonnage RF direct National Semiconductor sont capables d'échantillonner des fréquences d'entrée jusqu'à 2.7 GHz, à des taux jusqu'à 3.6 Géch/s. Cette famille de CAN à échantillonnage RF direct, permet de remplacer plusieurs composants analogiques par une seule puce, et réduit ainsi le coût, l'encombrement, le poids et la consommation, ainsi que le temps de conception. Un large éventail d'applications, comme les stations de base sans-fil 3G ou 4G sans fil, le réseau de transport hertzien, certaines applications militaires ou SDR (Software Defined Radio, ou radio logicielle), peuvent désormais profiter des avantages qu'apporte l'échantillonnage RF.

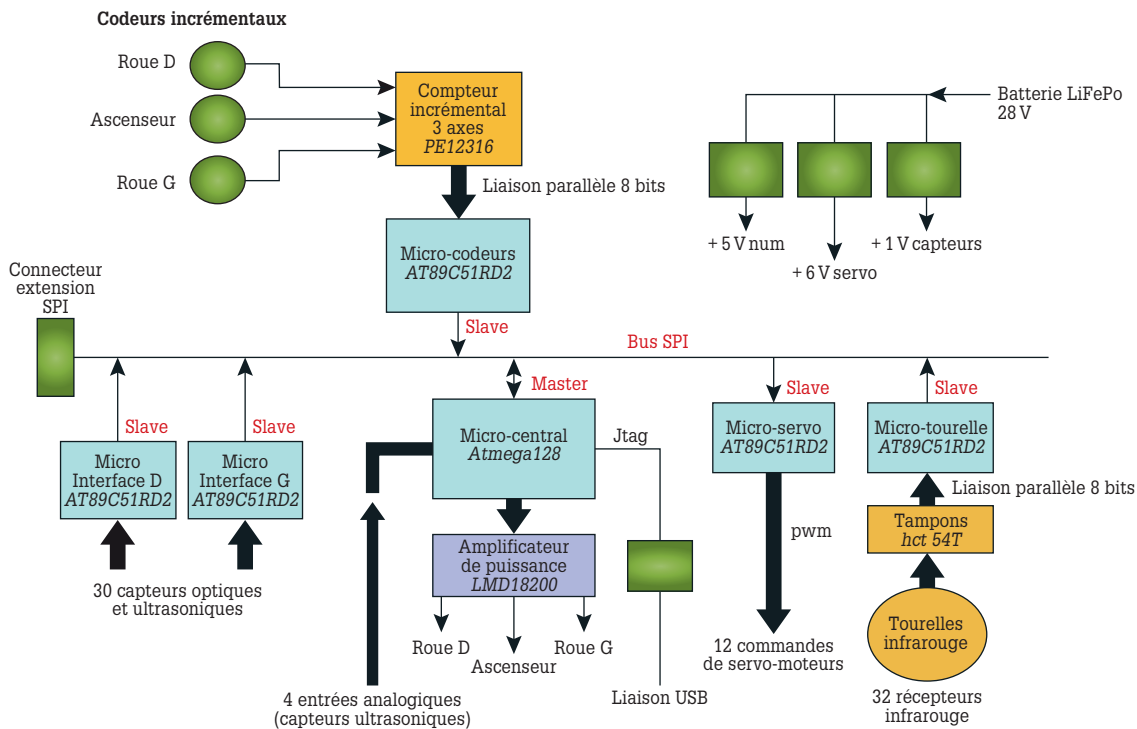
- ✓ Echantillonner des entrées au-delà de 2.7 GHz
- ✓ Echantillonner jusqu'à 3.6 Géch/s
- ✓ Remplacer tout un sous-système d'échantillonnage IF ou ZIF



**National**  
Semiconductor

[national.com/rfadc](http://national.com/rfadc)

**Figure 1.- Schéma fonctionnel du robot RCVA (IUT de Ville-d'Avray) 2011**



Cette architecture distribuée à base de microcontrôleurs de chez Atmel est basée sur des relations maîtres-esclaves à travers un bus série SPI.

un environnement de développement de chez Keil.

Quant à la programmation du processeur central, c'est la partie la plus ardue du projet. Pour ce faire, l'IUT s'appuie sur l'environnement de développement, de compilation et de débogage (via un lien Jtag) IAR Embedded Workbench de la société suédoise IAR, qui est un des sponsors de l'équipe de l'IUT de Ville-d'Avray. « Au cours de ces dernières années, c'est cette partie programmation qui a le plus évolué, note Jacques Coulon. Car l'algorithme, écrit en langage C, puis compilé sur le micro, doit traduire la bonne stratégie à adopter, quel que soit le cas de figure rencontré lors des matches. En 2006, il y avait environ 2 Ko de code embarqué sur le micro central, aujourd'hui nous en sommes à plus de 64 Ko ».

Pour la partie capteurs, le robot RCVA s'appuie notamment sur des capteurs optiques (analyse réflexe) et ultrasoniques (Tout Ou Rien) pour la simple détection des pions sur le plateau, et sur quatre capteurs ultrasoniques analogiques, de chez Baumer, qui déli-

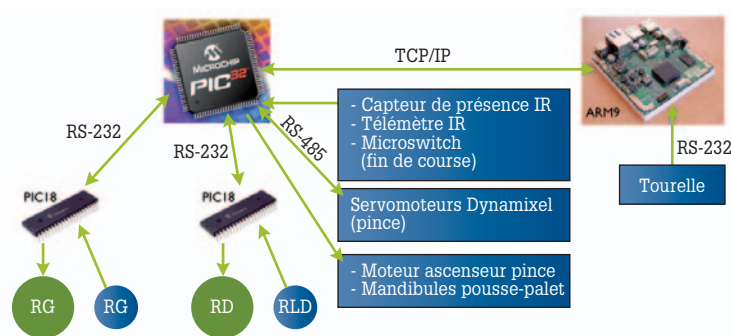
vrent des données proportionnelles à distance réelle entre le robot et les différents éléments présents sur le plateau.

### L'intelligence du robot embarqué dans un processeur Arm 9

Bien différente est l'approche choisie par l'équipe BH Team, finaliste de cette édition 2011. En effet, celle-ci s'appuie sur un processeur basé sur l'architecture

Arm 9 (en fait un Marvel Kirkwood 88F6281 cadencé à 1,2 GHz) « récupéré » dans une carte initialement dédiée au stockage de données en réseaux (un serveur NAS de Seagate). C'est cette CPU qui porte l'intelligence artificielle du robot. Elle communique via un lien Ethernet avec un microcontrôleur maître, un PIC32 de chez Microchip. Ce dernier envoie et reçoit des données de et vers deux microcontrôleurs esclaves

**Figure 2.- Schéma fonctionnel du robot de l'équipe BH Team**



Dans cette architecture en cascade, le processeur Arm 9 détient la stratégie du robot et la communique à un microcontrôleur maître de chez Microchip via un lien Ethernet.

PIC 18 à travers des liens séries RS-232. La tâche de ces deux microcontrôleurs est dévolue aux fonctions d'asservissement de vitesse et de puissance du robot. Dans cette approche, le « cerveau » du robot n'a pas de contacts directs avec l'extérieur. Il est renseigné sur le comportement du robot, notamment sa position, via le microcontrôleur PIC 32, toutes les 300 ms. Et il lui renvoie ses ordres sous forme de paquets de données de haut niveau. Dans cette application, l'équipe BH Team a décidé de programmer le processeur Arm en Python, un langage interprété. « Certes, nous perdons un peu en rapidité d'exécution, explique Yannick Jost, un des leaders de l'équipe BH Team. Mais, ce n'est pas pénalisant dans ce cadre, et surtout, nous gagnons en souplesse d'utilisation puisque nous pouvons aisément modifier et ajuster la stratégie, sans avoir à passer par la case compilation ».

Cet algorithme en Python tourne sur une distribution Linux « amargie » installée sur le processeur Arm. Côté capteurs, le robot est équipé de quatre détecteurs infrarouges Sharp et d'un détecteur de présence à infrarouges pulsé de chez Sick.

Au-delà, pour la partie mécanique, l'équipe BH Team bénéficie de l'appui de sponsor, comme les sociétés Igus (pour la fabrication des pièces plastiques) ou Sermat (pour l'usinage de certaines pièces mécaniques) et recherche, comme d'ailleurs l'équipe de l'IUT de Ville-d'Avray, de nouveaux sponsors.

Car l'analyse de ces deux approches, montre que le niveau technique des équipes qui parviennent à atteindre les 8<sup>e</sup> de final de la compétition (c'est-à-dire les seize meilleurs robots) ne cesse de progresser. Une évolution en partie liée à l'esprit de la coupe de France de robotique, dans lequel le partage des connaissances entre équipes, qui fait avancer tout le monde, est un point important. Une idée ardemment défendue par Jacques Coulon.

**FRANÇOIS GAUTHIER**

(1) <http://www.rcva.fr>

(2) <http://www.bhteam.org/>