par J.-C. Canonne,
L. Vermeiren, B. Alexandre

Valenciennes

Une plateforme technologique client-serveur pluridisciplinaire

Le programme pédagogique national [1] du diplôme universitaire de technologie en Génie Electrique et Informatique Industrielle (GEII) prévoit au sein de la matière Automatismes Industriels et Réseaux **un module intitulé « Ethernet industriel et télé contrôle par Internet »**, *le module ARS22. Ce module* **a pour objectif d'apporter à l'étudiant la capacité d'utilisation d'Ethernet comme solution de communication industrielle**, *en local ou à distance. Nos étudiants seront appelés dans le cadre de leur futur métier à effectuer de la maintenance à distance d'installations industrielles (machines d'emballage, chaudières collectives, stations d'épurations…* **Il s'agira pour eux d'intervenir sur les Automates Programmables Industriels** *de ces installations via Internet pour modifier leurs programmes.*

L'enseignement dispensé vise à rendre l'étudiant capable de configurer et d'exploiter un équipement informatique industriel ou de bureau en réseau utilisant les protocoles d'interconnexion UDP/IP et TCP/IP. Dans le langage des réseaux informatiques, le terme protocole désigne un ensemble de règles de communications [2]. Le protocole TCP/IP est un protocole fondamental pour les réseaux. Les lettres IP (abréviation pour Internet Protocol) indiquent que le protocole TCP/IP obéit aux règles de communication de l'Internet (Inter-networks), règles qui organisent l'interconnexion des différents réseaux de la planète. Ces règles de communication de l'Internet (le protocole IP) permettent à des ordinateurs reliés à différents réseaux interconnectés de communiquer entre eux.

Un identifiant par ordinateur

Le protocole IP comprend dans ses règles l'attribution à chaque ordinateur d'un identifiant, appelé l'adresse IP. Grâce à cette adresse, un message (un paquet de données) peut être envoyé à un ordinateur précis. Une adresse IP se présente le plus souvent sous forme de 4 nombres entre 0 et 255, séparés par des points. Grâce au routage IP un ordinateur A peut envoyer des données à un ordinateur B. Il faut ajouter d'autres règles pour permettre à une application x fonctionnant sur l'ordinateur A d'envoyer des informations à une application y fonctionnant sur l'ordinateur B. Plus précisément, chaque application va elle-même être identifiée grâce à un numéro, que l'on appelle le port de communication de l'application. L'ensemble IP et port est appelé un socket. Le protocole UDP « User Datagram Protocol » est le protocole qui organise le routage au niveau des applications. Le protocole UDP/IP permet l'envoie de données de l'application x de l'ordinateur A vers l'application y de l'ordinateur B. Le protocole TCP/IP, TCP pour Transfert Control Protocol, est un ensemble de règles supplémentaires qui permettent que les paquets de données circulent dans les réseaux par morceaux, et qui organisent la fiabilité de la transmission.

Un robot utilisé comme plateforme

Une architecture importante de communication industrielle est celle que l'on désigne par le terme d'environnement client-serveur. Dans cette architecture il y a communication entre une application située sur un ordinateur A, appelé client, et une application située sur un ordinateur B appelé serveur. L'ordinateur qualifié de client envoie des requêtes, des ordres à l'ordinateur qualifié de serveur. Les serveurs sont souvent des ordinateurs prévus pour un logiciel spécifique, dotés de capacités supérieures à celle d'un ordinateur personnel par exemple en termes de puissance de calcul ou d'entrées-sorties.
Le robot Spykee de ®Meccano [3] est utilisé à l'IUT de Valenciennes comme plateforme technologique client-serveur pluridisciplinaire. Pluridisciplinaire, car grâce à lui des matières comme l'informatique industrielle, le traitement d'image et de son, les mathématiques, l'automatisme et l'asservissement, mais aussi la mécanique peuvent être abordée sur un seul et même support pédagogique : le jeu de ®Meccano et plus particulièrement le Spykee.

D'autres acteurs du monde éducatif utilisent également ce support. Afin de favoriser une orientation positive vers les formations scientifiques et technologiques, Spykee est au cœur du challenge ®Meccano ouvert aux collégiens de l'Académie de Lille, organisé depuis 2010 par l'UIMM (Union des Industries et des Métiers de la Métallurgie) dans le cadre du pôle régional d'excellence Mécanique MECANOV. En effet, la filière de la mécanique représente 45 000 salariés dans la Région Nord-Pas de Calais, et il est important pour la pérennité des entreprises de pouvoir recruter des jeunes formés à leurs métiers. Du BEP au Bac +5, une multitude d'opportunités s'offrent aux jeunes dans la filière.



Le robot Spykee.

Le meccano des années 1960.

La console Spykee.

Mode débutant.

Semaine internationale.

Les éléments du Spykee.

Un jouet de Calais…

Spykee est originellement un jouet proposé par la firme ®Meccano. Le jeu de ®Meccano, un jeu de construction avec des pièces métalliques percées de trous et assemblées avec des boulons a été inventé en 1898 par l'anglais Frank Hornby à Liverpool. ®Meccano est implanté dans le Nord-Pas-de-Calais depuis 1959 : le siège social de l'entreprise se situe maintenant à Calais. Le renouveau de l'entreprise date de 2000 avec l'arrivée aux commandes de la famille Ingberg. La gamme de produit est alors étendue et apparaissent au catalogue des jouets en plastique doté de fonctions électriques ou électroniques, comme le robot à construire Spykee en 2008. La présence d'une carte wifi, d'une webcam, d'un lecteur mp3, d'un micro et d'un haut-parleur font de Spykee un jouet un peu singulier… Spykee est un système embarqué sous Linux avec un processeur CPU ARM9 à 200 MHz avec 32 Mo en SDRAM et 4 Mo en NOR Flash. Il est doté d'une liaison WIFI 802.11 b/g, d'une caméra QVGA CMOS (320x480), et intègre une application serveur communiquant par socket. Grâce à cet équipement, Spykee est pilotable avec un ordinateur depuis n'importe quel endroit du monde, se déplace, voit, entend, parle, prend des photos, réalise des vidéos. Spykee autorise l'utilisation de la technique VoIP (Voice over IP) qui permet de communiquer par la voix ou via des flux multimédia (audio et/ou vidéo) sur des réseaux compatibles IP : en d'autres termes il peut servir de téléphone. Son système de détection de présence et sa faculté d'aller se positionner de lui-même sur un socle de rechargement de ses batteries lui permettent même de jouer le rôle de caméra de surveillance.

Utilisation à différents niveaux

Le logiciel fourni par ®Meccano, la « console Spykee », installé sur un ordinateur, qui joue le rôle de client, permet de compléter la plateforme client-serveur. Trois modes de fonctionnement sont proposés : débutant, initié, expert.

En mode débutant, le pilotage du robot s'effectue grâce à une connexion wifi directe entre l'ordinateur portable et le Spykee. En mode initié, la commande du robot se fait par l'intermédiaire d'un routeur : ce mode de connexion permet au robot de se connecter tout seul et automatiquement à votre point d'accès wifi dès qu'il est allumé. Enfin, en mode expert, le robot est piloté à partir d'un ordinateur connecté à Internet depuis n'importe quel point du monde. La connexion est initiée par le client vers le serveur dont l'adresse IP et le port de communication sont connus. La combinaison « adresse IP : numéro de port » constitue ce que l'on appelle « socket ». Les échanges de paquets de données entre client et serveur respectent le modèle TCP/IP et OSI. Le modèle OSI, Open System Interconnexion, créé en 1984, et qui comporte sept couches est un modèle plus détaillé que le modèle TCP/IP, qui date de 1976.

Le travail des étudiants est organisé sous forme de projets [4]. Ces projets prennent place dans le Programme Pédagogique National dans l'intitulé Bureau d'Etudes et Travaux de Réalisations (BETR) ou dans l'intitulé Projets Tuteurés. Les Projets Tuteurés, d'une durée totale de 300 heures sur les 4 semestres, ont pour objectif de placer les étudiants en situation d'autonomie.

par J.-C. Canonne,
L. Vermeiren, B. Alexandre

Six équipes d'étudiants

Ce travail doit permettre l'apprentissage de la méthodologie de conduite de projet (travail en groupe, gestion du temps de travail, respect des délais, réalisation d'un cahier des charges), la mise en pratique des savoirs et savoir-faire (recherche documentaire, proposition de solutions, réalisation d'un rapport), l'apprentissage de l'autonomie, le décloisonnement des disciplines. En 2009, dans le cadre des Projets Tuteurés, une semaine internationale de robotique a été organisée avec des étudiants français, irlandais et néerlandais : le thème de cette semaine était le pilotage du robot Spykee dans un labyrinthe. Ce labyrinthe, d'une dimension de 4 mètres sur 4 mètres est divisé en cellules de 40 cm sur 40 cm. Le labyrinthe est quadrillé de plus par un réseau de bandes blanches. Il peut être organisé selon des parcours différents grâce à une architecture modulable de cloisons amovibles. La caméra des Spykee est utilisée en temps réel pour le suivi des bandes blanches, la détection de leurs intersections et pour la détection des obstacles, murs ou autres Spykee.
Six équipes multinationales de cinq étudiants, dont deux apprentis de l'Institut de Valenciennes, ont été composées grâce à nos partenaires universitaires étrangers, le Dublin Institute of Technology (DIT) de Dublin (Irlande du Sud) et la Hogeschool Zeeland de Vlissingen (Pays Bas). Le concours a offert aux professeurs d'anglais du département Génie Electrique et Informatique Industrielle de Valenciennes un support supplémentaire pour leur activité.
Les projets ont été gérés par les enseignants en appliquant la méthode « DARE » [5], acronyme pour Discover, Apply, Resolve. Cette méthode pédagogique, développée par quelques enseignants du département GEII, se structure en trois parties.

Une méthode qui a fait ses preuves

La première partie du projet est une phase de Découverte : cette phase de « reverse engineering » consiste à étudier la circulation de l'information entre client et serveur lors de l'utilisation de la « console Spykee ». Un langage de commandes au format ASCII permet au client de piloter les moteurs. Le serveur renvoie des acquittements et des images au format JPEG. L'application cliente décode les données afin de reconstituer l'image transmise. Le travail effectué renvoie à la discipline réseaux (protocoles, multiplexage…).

La deuxième partie du projet est une phase d'Application : les étudiants doivent développer leur propre application pour utiliser comme client un smartphone ou une tablette. Le logiciel de développement utilisé est le logiciel WinDev® de PCSoft. WinDev® est conçu pour développer des applications principalement orientées données. Il utilise son propre langage, le WLangage ressemblant beaucoup à du pseudo-langage. WinDev® gère de nombreux systèmes de gestion de bases de données. Une attention particulière est apportée à la gestion des sockets au travers des instructions SocketConnecte, SocketEcrit, SocketLit, SocketFerme. Il s'agit alors d'un travail d'informatique, de programmation.

La troisième partie du projet est une phase de Résolution de problème. Le problème étudié peut par exemple être celui du suivi de ligne par le robot. Il s'agit de mettre en œuvre les connaissances d'automatique (utilisation de contrôleurs Proportionnel-Intégral-Dérivée) et de mathématiques (traitement d'images) pour concevoir une application cliente qui donne les consignes adéquates au robot après analyse des images reçues.
La méthode « DARE » retrouve le rythme qui était classiquement utilisé pour l'enseignement du latin, avec la traditionnelle épreuve « Thème, Version, Dissertation ». Les auteurs ont eu l'occasion d'utiliser cette méthode dans d'autres domaines que la robotique, comme par exemple l'apprentissage du langage formel Maple® en mathématiques. Le démarrage en douceur des projets permet de ne laisser personne de côté tandis que les défis lancés en troisième partie motivent les plus performants.

D'autres plates-formes technologiques sont venues s'ajouter aux robots Spykee utilisés dans le département. Nos étudiants travaillent au développement d'applications pour mobile destinées à piloter le robot humanoïde NAO de la société Aldébaran Robotics, ou le drone Parrot. Cette démarche s'inscrit dans les axes de développement du département GEII de Valenciennes. En effet, notre département travaille à l'ouverture d'une licence professionnelle, intitulée Ingénierie pour l'Autonomie de la Personne. Il s'agit d'utiliser les avancées technologiques actuelles pour mettre en place une domotique au service de la personne handicapée ainsi que pour favoriser sa mobilité.

Bibliographie :

1] Programme Pédagogique National du Génie Electrique et Informatique Industrielle publié par arrêté du 24 juillet 2008
2] Comprendre l'ordinateur, site internet personnel de Sébastien Sauvage, http://sebsauvage.net/comprendre/tcpip
3] Spykee Robot, the Spy Robot, Manuel d'instructions ®Meccano, version 1.6, http://www.spykeeworld.com/spykee/FR/index.html
4] Expériences d'initiation à la robotique en IUT GEII, J.-C. CANONNE, L. VERMEIREN, E. CARTIGNIES, F. ROBERT, Jean-Paul BECAR, exposé à l'Université du Québec à Trois-Rivières, Colloque CETSIS 2011
5] §New method to link maths and technology : an application to automation, J.-P. BÉCAR, J.-C. CANONNE, L. VERMEIREN, proceedings in IADAT06, Barcelone, Spain, 12 au 14 juillet 2006.

Les Auteurs



Eric Cartignies,
Génie Informatique, Maître de Conférences, UVHC-IUT de Valenciennes, Directeur de l'IUT de Valenciennes
Jean-Charles Canonne,
Mathématiques, Maître de Conférences, UVHC-IUT de Valenciennes,
Laurent Vermeiren,
Automatique, Maître de Conférences (HDR), UVHC-IUT de Valenciennes
Bernard Alexandre,
Responsable de Projet, UIMM Nord-Pas-de-Calais
Jean-Charles Canonne



et **Laurent Vermeiren** sont les porteurs du projet de licence Ingénierie Pour l'AUtonomie de la Personne pour le département GEII de l'IUT de Valenciennes.
Jean-Charles.Canonne@univ-valenciennes.fr

Remerciements :

Les auteurs remercient l'IUT de Valenciennes de les avoir accompagnés dans leur démarche d'initiation à la robotique depuis de nombreuses années. Les auteurs remercient leurs partenaires professionnels : UIMM Nord-Pas-de-Calais, ®Meccano, PCSoft. Ce travail n'aurait pas pu être fait sans l'aide de nos partenaires étrangers : DIT de Dublin, Hogeschool Zeeland de Vlissingen, SAMK de Pori, Politechnica Bialostocka de Bialystok, et sans l'aide du programme Européen Erasmus.