UN PROJET ORIGINAL EN COMMANDE ET SUPERVISION DES SYSTEMES AUTOMATISES :

DES ENFANTS DE 5 ANS AU SECOURS DES ANIMAUX MALADES !

Bernard RIERA¹, François GELLOT¹, Pascale MARANGE¹, Jean-Paul CHEMLA², Moamar-Sayed MOUCHAWEH¹

¹ IUT Reims-Châlons-Charleville, UFR Sciences Exactes et Naturelles,
CReSTIC EA 3804, Université de Reims Champagne Ardenne, Moulin de la Housse, BP 1039 – 51687 Reims,
bernard.riera@univ-reims.fr, francois.gellot@univ-reims.fr, pascale.marange@univ-reims.fr, moamar.sayed-mouchaweh@univ-reims.fr

² Université François Rabelais de Tours, LUSI FRE 2448,
Polytech'Tours, Département Productique, 7 av Marcel Dassault, 37000 Tours,
jean-paul.chemla@univ-tours.fr,

RESUME : Un projet original en commande et supervision des systèmes automatisés a été mis en place à l'Université de Reims Champagne-Ardenne. Les étudiants de la licence professionnelle « Supervision et Traçabilité » et de l'IUP GEII ont réalisé la commande et la supervision d'un système intégré de conditionnement de comprimés pour permettre son pilotage par des élèves de grande section de maternelle. Le projet a été réalisé initialement dans le cadre de la fête de la science. Devant la demande d'autres écoles et le succès rencontré, deux autres classes d'écoles maternelles de Reims sont venues piloter la « machine ». Dans les 3 cas, le cahier des charges a été défini en étroite collaboration avec les institutrices et cela dans le cadre d'un projet pédagogique clairement défini. Environ 80 enfants de 5 ans sont donc venus préparer des médicaments pour soigner des vaches, des crocodiles et des ours malades ! Cette expérience a été enrichissante tant pour les étudiants que pour les enfants qui ont pu découvrir ainsi l'intérêt voire la magie de l'automatique. Cet article présente cette expérience originale qui sera reconduite et étendue à d'autres parties opératives.

Mots clés : Automatisme, Commande, Supervision, Systèmes Automatisés de Production

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de l'enseignement des automatismes, il est nécessaire de former les étudiants entre autres à la commande des Systèmes à Événements Discrets (GRAFCET, Réseaux de Petri, ...), l'utilisation des API (Automates Programmables Industriels), la supervision industrielle et la communication industrielle. Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont maintenant présentes dans les automatismes (Ethernet, serveur WEB, OPC, ...) et permettent de faire communiquer des éléments hétérogènes d'automatismes industriels, de récupérer des données du procédé, ou encore d'accéder à des bases de données (My-SQL, SQL Server, Oracle)... Nous avons d'ailleurs lors du précédent CETIS en 2003 présenté une plate-forme utilisée pour le télé-TP [1] et montré comment celle-ci pouvait servir de support et d'outil à l'enseignement des TIC dans les architectures d'automatisme. L'intérêt majeur de ces technologies est la relative facilité d'exploitation et par là même des temps de développement considérablement réduits. Il devient donc possible de réaliser avec des étudiants dans le cadre de TP et/ou de projets de durée raisonnable

la commande et la supervision de plates-formes pédagogiques comprenant plusieurs dizaines d'entrées-sorties et fonctionnant avec plusieurs API en réseau. A l'Université de Reims, nous disposons de la machine PRODUCTIS [2] de chez Schneider qui permet d'exploiter, gérer, maintenir, régler et piloter un système intégré de conditionnement de comprimés. Il permet aussi la mise en oeuvre d'une gestion de production multi-produits et d'étudier les méthodes d'organisation d'un atelier. Cet ensemble, construit autour d'une transique libre, est géré par deux automates SCHNEIDER : un TSX Premium et un TSX Micro.

Le succès de ces TP/projets (demandant un investissement important de la part des enseignants) repose en grande partie sur la motivation des étudiants. La solution que nous avons retenue pour impliquer les étudiants a consisté à les responsabiliser. Pour cela, nous avons proposé à des élèves de grande section de maternelle de venir piloter la machine PRODUCTIS au moyen d'une commande et d'une supervision développées par les étudiants. Le projet a été réalisé initialement pour une classe dans le cadre de la fête de la science par des étudiants de la licence professionnelle « Supervision et Traçabilité ». Devant la demande

d'autres écoles et le succès rencontré, 2 autres classes d'écoles maternelles de Reims sont venues piloter la « machine » dont la programmation a aussi été assurée par des étudiants d'IUP GEIL. Dans les 3 cas, le cahier des charges a été écrit en étroite collaboration avec les institutrices et cela dans le cadre d'un projet pédagogique clairement défini. Environ 80 enfants de 5 ans sont donc venus préparer des médicaments pour soigner des vaches, des crocodiles et des ours virtuels malades ! Cette expérience a été enrichissante tant pour les étudiants que pour les enfants qui ont pu découvrir ainsi l'intérêt voire la magie de l'automatique. La première partie de l'article présente la machine Productis et le cahier des charges proposé aux étudiants. La deuxième partie de l'article aborde la démarche méthodologique et les solutions développées. Enfin, la dernière partie de l'article développe les résultats obtenus tant pour les enfants que pour les étudiants et conclue sur cette expérience originale.

2 PRESENTATION DE LA PARTIE OPERATIVE

2.1 La machine « PRODUCTIS »

PRODUCTIS [2] (cf. figure 1) permet d'exploiter, gérer, maintenir, régler et piloter un système intégré de conditionnement de comprimés. Il permet aussi la mise en oeuvre d'une gestion de production multi-produits et d'étudier les méthodes d'organisation d'un atelier. Cet ensemble, construit autour d'une transique libre, est géré par deux automates SCHNEIDER : un TSX Premium et un TSX Micro.

fig. 1 : la machine « PRODUCTIS »

Les flacons et les bouchons sont positionnés sur des palettes. L'équipement dispose de deux types de flacons (deux diamètres) et deux diamètres de bouchons

(petit et gros). La partie opérative de l'équipement est constituée de 5 postes :

- Poste 1 : distribution de comprimés par comptage. Il est constitué entre autres d'une trémie transparente pour le stockage des comprimés, avec deux disques séparateurs pour leur distribution, un détecteur photoélectrique pour contrôler le niveau de comprimés dans la trémie, deux vérins double-effet pour positionner les disques et assurer la distribution des comprimés et d'un doigt d'arrêt pour stopper la palette sur le convoyeur.

fig. 2 : Poste 1 de remplissage billes blanches

- Poste 2 : fermeture des gros flacons par bouchonnage. Il comprend : un doigt d'arrêt pour stopper la palette sur la boucle, pour le bouchonnage des tubes, un manipulateur pneumatique en portique sur deux axes, horizontal et vertical, avec quatre capteurs de contrôle de position, sur le manipulateur, et une ventouse équipée d'un Venturi.

fig. 3 : Poste 2 de gros bouchonnage

- Poste 3 : distribution de comprimés par comptage (identique au poste 1).

fig. 4 : Poste 3 de remplissage billes vertes

- Poste 4 : fermeture des petits flacons par bouchonnage (identique au poste 2), et évacuation possible des produits dans un bac par une pince pilotée par un vérin simple effet, un bac pour la récupération des produits mauvais,

fig. 5 : Poste 4 de petit bouchonnage et éjection

- Poste 5 : chargement manuel. Il permet de positionner sur les palettes un flacon vide et un bouchon et également le déchargement des produits finis.

Ce système simplifié est intéressant à commander et à superviser compte tenu du nombre d'entrées-sorties, de la gestion possible simultanée de plusieurs palettes et de la présence de 2 API en réseau unitelway. Un coupleur ethernet a été rajouté sur le TSX PREMIUM. Les données en provenance des 2 APIs sont ainsi récupérées au moyen d'un serveur OPC au travers du protocole XIP (Xway sur IP) (cf. figure 6).

fig. 6 : Architecture matérielle

2.2 Cahier des charges

Le cahier des charges tel qu'il a été présenté initialement aux étudiants était volontairement très réduit et reprenait les points suivants :

- choix du degré d'automatisation [3][4][5] de l'installation en accord avec les objectifs pédagogiques de l'institutrice,
- sécuriser l'accès à la machine « Productis » (faire attention par exemple au carter de protection de chaque côté et placer des estrades afin de mettre les enfants au niveau de la machine) et restreindre le champ d'action des enfants sur la supervision en les dirigeant au maximum. Concernant les aspects « sécurité », le service technique de l'établissement a été impliqué dans le projet,
- supervision à réaliser avec des logiciels de supervision du marché (Intouch de Wonderware, Panorama de CODRA, ...),
- choix du nombre de postes de supervision afin de gérer le temps de passage sur le système automatisé. En effet, il y a en moyenne 26 en-

fants à prendre en charge en 1 demi-journée. Il a été décidé d'avoir 2 postes de supervision indépendants gérant respectivement les postes 1 et 2 et les postes 3 et 4. Cela permet d'avoir plusieurs enfants pilotant simultanément la ligne,

- obligation de finir le projet pour une date fixée et non modifiable (date à laquelle les enfants viennent utiliser la machine). Cela est très important. Les étudiants sont obligés de s'impliquer dans le projet car ils sont responsabilisés. Si le projet n'est pas bien conçu et réalisé, il sera difficile pour eux le jour *j* de gérer 26 enfants de 5 ans !

La partie suivante présente en détail la démarche méthodologique et les solutions développées.

3 DEMARCHE METHODOLOGIQUE ET SOLUTIONS DEVELOPPEES

3.1 Démarche méthodologique

La durée des projets et l'encadrement dépendaient de la formation des étudiants. Pour la licence professionnelle « supervision et traçabilité », il s'agissait d'un cours-TD-TP-projet avec les 12 étudiants de la promotion 2004/2005 d'une durée de deux semaines en tout début d'année scolaire en vue d'aborder la programmation des API, la communication industrielle, le standard OPC, la supervision industrielle et la gestion de projet. En revanche, en IUP GEII, les étudiants en dernière année ont réalisé leur projet de façon plus autonome en 3 semaines (bloquées dans le cadre de leur projet de fin d'études). Dans tous les cas, la gestion du projet a été similaire et s'est déroulée de la façon suivante :

- Etape 1) Prise de contact avec l'institutrice, présentation de la machine « PRODUCTIS » et rédaction du cahier des charges complet compte tenu des objectifs pédagogiques de l'institutrice. Ce travail a consisté à proposer un scénario pour le déroulement de la journée, à définir le degré d'automatisation du système et à faire valider l'ensemble par l'institutrice,
- Etape 2) Conception et réalisation de la commande et de la supervision,
- Etape 3) Phase de test,
- Etape 4) Déroulement de la journée.

3.2 Le scénario

Toutes les institutrices ont insisté sur la nécessité de scénariser l'activité pour des enfants de 5 ans. Les étudiants au départ du projet, en s'intéressant principalement à la technologie à utiliser, ne prenaient pas suffisamment en compte les caractéristiques et donc les be-

soins de ce « client final » très particulier... Il n'était pas concevable que les enfants viennent utiliser la « machine » sans objectifs clairs. De plus, plusieurs contraintes devaient être prises en compte :

- pour des raisons de sécurité, il n'est pas possible d'accueillir plus de 12 enfants dans la salle où se trouve la machine « PRODUCTIS »,
- toute l'activité doit se dérouler en 2 heures 30 minutes (½ journée).

les objectifs pédagogiques étaient globalement les mêmes pour les 3 enseignantes et peuvent être résumés de la façon suivante :

- faire découvrir aux enfants un objet technique complexe, son usage et son utilisation,
- préciser les parties, les gestes, l'organisation, les enchaînements de l'objet technique,
- explorer des objets graphiques « programmés »,
- faire prendre conscience aux enfants que derrière l'IHM (Interface Homme-Machine) peut se trouver le monde réel,
- distinguer des formes, des couleurs et des nombres.

Très rapidement, un scénario de base a été conçu pour répondre à la fois aux contraintes et aux objectifs pédagogiques. Les enfants sont séparés dès le départ en 2 groupes distincts. Un groupe réalisera un conditionnement de médicaments sur la machine tandis que l'autre étudiera la constitution du médicament dans une autre salle. Puis les groupes sont intervertis. Le choix des médicaments a été préféré au conditionnement de bonbons en vue d'insister sur l'importance du respect de la posologie et d'éviter des problèmes d'ingestion par les enfants des billes de couleur. Pour illustrer le propos, le déroulement de l'activité de chaque groupe d'enfant dans le cas du scénario relatif aux « crocodiles malades » est maintenant décrit.

Le groupe 1 commence par l'activité en salle de TD alors que le groupe 2 pilote la ligne de conditionnement. Les enfants du groupe 1 se voient remettre une planche animée (système de coulisse, cf. figure 7) d'une image d'un crocodile malade. Deux symptômes apparaissent sur l'image :

- dépigmentation de la peau verte,
- dents noires.

fig. 7 : Système de Coulisse

Les enfants doivent comptabiliser le nombre de comprimés (billes) verts à donner au crocodile pour soi-

gner sa peau et le nombre de comprimés blancs pour soigner ses dents. Puis après avoir actionné la « tirette », les élèves colorient les emplacements blancs de la peau du crocodile en vert et les dents en blanc et déterminent ainsi la composition du médicament à fabriquer. De plus, une fiche d'informations sur le crocodile est à compléter (coller les informations dans les bons cadres, sachant qu'il y a autant de formats de rectangles d'informations que de cadres à remplir, cf. figure 8). Dans chaque groupe, les planches animées (toutes différentes) ont été distribuées en double. Lors de l'expérimentation sur la ligne automatisée, les enfants sont regroupés par 2 par remède identique. Lors du passage du groupe 2 en salle de TD, les enfants ayant déjà réalisé le médicament, ils doivent retrouver la planche animée de crocodile correspondante.

fig. 8 : Fiche d'informations sur le crocodile

Les enfants du groupe 2 commencent donc par le pilotage de la machine PRODUCTIS en mode manuel asservi au moyen d'une Interface Homme-Machine (IHM) ergonomique et ludique. On donne aux enfants un schéma de flacon (petit ou gros) de médicament (n billes blanches et m billes vertes) à réaliser (cf. figure 9).

fig. 9 : Exemples de flacon à réaliser

Chaque binôme a un médicament particulier à réaliser. Lors du passage du groupe 1, les enfants savent déjà quoi mettre dans leur flacon (travail du jeu du crocodile déjà réalisé), on ne leur distribue donc pas de schéma de flacon. La supervision est organisée autour de 2 postes permettant de piloter respectivement les postes 1 et 2 (remplissage billes vertes et gros bouchonnage) et les postes 3 et 4 (remplissage billes blanches, petit bouchonnage et éjection). Ainsi chaque enfant pourra chacun son tour utiliser l'interface et regarder sur la « machine » les effets des actions de son camarade. Il est à noter que les écrans de supervision sont situés près de la ligne pour que l'enfant qui manipule sur l'ordinateur puisse « voir » les effets de ses

actions sur la partie opérative. Comme convenu, des estrades ont été installées en vue de permettre aux enfants d'observer les mouvements de la partie opérative. Le choix du degré d'automatisation était variable en fonction de l'institutrice. En fait, si les enfants découvraient intégralement la machine et n'avaient pas travaillé en amont de la « visite » sur l'automatisation des tâches, certaines phases comme « l'aspiration » et « l'expiration » étaient automatisées. Dans le cas des « crocodiles », l'institutrice avait fait fabriquer aux enfants un objet pour découvrir le monde technique et organiser l'atelier de fabrication. Les enfants devaient se partager les tâches, se placer en « chaîne de fabrication » et comprendre l'intérêt de cette organisation (rapidité, efficacité des gestes, économie de matériel, ...). Les enfants ont réalisé ainsi un jeu de poissons aimantés (cf. figure 10).

fig. 10 : Jeu de poissons aimantés

Les enfants dans ce cas étaient suffisamment préparés pour piloter la machine en manuel. Toutefois, dans les 3 cas, les institutrices ont voulu que l'évacuation du flacon dans le bac (poste 4) soit automatisée, cette tâche étant considérée comme trop complexe pour des enfants de 5 ans. La définition du scénario a demandé un travail considérable aux étudiants. Il a été en grande partie à l'origine du succès de l'opération.

3.3 Solutions développées

La commande a été réalisée selon le degré d'automatisation défini par l'enseignante. Dans tous les cas, les 4 postes étaient indépendants. Il n'y avait pas de difficultés majeures. Il convenait toutefois de prendre en compte toutes les erreurs possibles de commande des enfants, la gestion des palettes, la possibilité pour un gros tube de devoir effectuer 2 tours car le poste de gros bouchonnage est le deuxième poste, ...

La supervision a été réalisée sous Intouch ou sous Panorama. En vue d'aboutir à des interfaces ludiques, conviviales, ergonomiques et adaptées à des enfants de 5 ans, les étudiants sont allés dans les salles multimédia des écoles étudier les logiciels éducatifs utilisés par les enfants. Ils ont constaté que les représentations graphiques les plus utilisées dans les logiciels pédagogiques pour enfants sont les suivantes :

- Les erreurs sont signalées par une croix rouge et/ou symbolisées au moyen d'une tête orange ou rouge ☹,
- Une tête jaune souriante symbolise la réussite 😊,
- Une flèche clignotante pour indiquer l'action à effectuer,
- Les icônes sont des dessins réalistes et permettent de lancer une seule séquence,
- Utilisation de la souris : clic droit pour prendre un objet et clic gauche pour le déposer,
- ...

Un exemple d'exercice transposable à la machine PRODUCTIS a été trouvé dans les logiciels utilisés par les enfants : un nombre de billes est apparent sur l'interface et l'enfant clique sur le nombre correspondant aux billes sur des cases numérotées. Si le chiffre est bon, BRAVO apparaît sinon c'est une Croix rouge. Une charte graphique a ainsi été définie. La figure 11 présente quelques IHM réalisées par les étudiants :

- (a) IHM de gros bouchonnage (postes 1 et 2) pour les crocodiles malades,
- (b) IHM de petit bouchonnage et d'éjection (poste 3 et 4) pour les vaches malades,

fig. 11 : Exemples d'écrans de supervision

- (c) et (d) respectivement IHM de gros bouchonnage et IHM de petit bouchonnage pour guérir les ours. On notera que dans ce cas, le remplissage de billes vertes et de billes blanches (poste 1 et 3) se fait automatiquement car les enfants n'ont seulement qu'à indiquer le nombre de billes qu'ils souhaitent avoir dans leur flacon. (touches numérotées de 1 à 6 en bas à droite de la fenêtre de supervision). Au niveau du bouchonnage des gros ou des petits flacons (poste 2 et 4), les enfants doivent diriger le bras (ventouse) avec les flèches droite, gauche, haut, bas situées en bas à gauche sur la supervision. Par contre, l'aspiration ainsi que l'expiration du bouchon se font automatiquement comme l'a souhaitée l'institutrice. Le paragraphe développe les résultats obtenus et le point de vue des différents acteurs du projet.

4 EXPERIMENTATIONS ET RESULTATS

4.1 Contexte

Chacune des 3 classes est donc venue passer une demi-journée dans les locaux de l'Université de Reims. L'expérience a été très riche tant pour les enfants que pour les étudiants.

4.2 Du point de vue des « maternelles »

Les enfants (et les adultes accompagnants) ont été particulièrement séduits par l'expérience. Il est à noter qu'à cet âge, les enfants (filles et garçons) ont été complètement émerveillés par la machine et par son pilotage au moyen de l'ordinateur. Les enfants ont dans l'ensemble eu peu de difficultés à s'approprier l'IHM et ont parfaitement compris les effets de causalité entre l'appui sur un « objet » de l'IHM et ses conséquences sur la partie opérative. Les institutrices ont trouvé l'expérience pédagogiquement très riche. Le fait de se déplacer dans les laboratoires de « l'Université » a été très apprécié. Les enfants ont été très impressionnés par la machine et les étudiants en blouse blanche ! Enfin, les enfants se voyaient remettre un « brevet de pilote de ligne (automatisée) », qui était en fait un origami permettant d'obtenir une boîte. En effet, La machine « PRODUCTIS » se trouve dans les locaux du département « Génie du Conditionnement et de l'Emballage » de l'IUT Reims-Châlons-Charleville.

4.3 Point de vue des « universitaires »

Les étudiants ont été très actifs dans la réalisation de ce projet et ils ont pris leur rôle très au sérieux avec les enfants. Clairement, ils ont été responsabilisés par le fait d'accueillir des enfants. Trop souvent dans les études universitaires, les projets n'ont pas de finalité autre que pédagogique et les étudiants sont alors « motivés » ou « contraints » surtout par la note. De plus, les aspects « sécuritaire » et « produit fini », rarement présents dans les TP, ont dû être pris en compte par les étudiants. Enfin, ce type d'approche pédagogique permet aux étudiants d'avoir un comportement de pédagogue et plus simplement de citoyen en initiant une nouvelle forme de service public pour l'Université. La difficulté majeure de ce type de projet est de parvenir à répartir convenablement les tâches entre les étudiants. Il est toutefois nécessaire de travailler avec des groupes d'une dizaine d'étudiants au maximum. D'un point de vue technique, ces projets sont bien entendu fédérateurs car de nombreux domaines de l'automatisme sont abordés.

5 CONCLUSION

Cette expérience a été enrichissante tant pour les étudiants que pour les enfants. Cette approche est complémentaire à « la main à la pâte ». En faisant venir les enfants dans nos salles de TP pour leur faire découvrir les sciences et la technique, on démystifie le monde de l'EEA et qui sait, on suscite peut-être des vocations. De façon plus pragmatique, l'événement a été suivi par la presse locale et plusieurs articles élogieux ont été publiés (cf. figure 12), donnant ainsi une image originale et positive de nos formations. Cette opération sera reconduite dans les années à venir et étendue à d'autres établissements d'enseignement supérieur comme Polytech'Tours par exemple, et en visant un public plus large comme celui des écoles primaires.

6 REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement les 3 institutrices et en particulier Véronique PERIANO pour nous avoir autorisé à utiliser une partie de ses fiches de préparation, la région Champagne-Ardenne pour le financement des APIs dans le cadre d'un projet TICE et les enfants.

fig. 12 : Article de presse et photos

7 BIBLIOGRAPHIE

1. Riera, B., Gellot, F., Dubois, O., Chemla, J-P., Triki, S. *L'utilisation pédagogique et l'enseignement des TIC dans les automatismes*. CETISIS-EEA 2003, 13 et 14/11/03, Université Paul Sabatier, Toulouse III.
2. Schneider Electric. *PRODUCTIS, Notice technique*. II-S-F, MD1AD901, 06-2001.
3. Parasuraman, R., Sheridan, T.B., Wickens, C.D. *Model for types and levels of human interaction with automation*, IEEE Transactions on SMC Part A: Systems and Humans., 30-3, pp 286-297, 2000.
4. Sheridan, T.B. *Supervisory Control*, Handbook of Human Factors and Ergonomics (second edition), édité par Gavriel Salvendy, Chapter 58, pp.1295-1327.
5. Riera, B. *Contribution à la conception d'outils de supervision adaptés à l'homme*. Habilitation à Diriger des Recherches, décembre 2001, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis.