

# Une expérimentation de virtuelles en 2<sup>de</sup> ISI

BENOÎT ROHÉE <sup>[1]</sup>

**Dans notre dernier numéro, nous vous présentions un logiciel de simulation de parties opératives, ITS PLC Professional Edition. En voici un TP d'application mené avec des élèves de seconde ISI du lycée Roosevelt de Reims pour expérimenter son apport dans l'apprentissage de l'automatisme.**

La simulation a fait son entrée ces dernières années dans les classes d'initiation aux sciences industrielles. Certaines critiques ressortent des retours d'expérience : le manque d'aspects concrets au cours de l'activité de TP génère une certaine frustration de l'élève, et son attention n'est pas simple à obtenir ; la simulation a souvent tendance à simplifier la problématique par des hypothèses fortes vis-à-vis du comportement réel, qui ne sont pas toujours assimilées par l'élève ; enfin, l'enseignant doit se former et s'habituer à des technologies nouvelles, impliquant une pédagogie qui ne s'appuie plus sur l'analyse de l'existant sur un système réel. Toutes ces difficultés ont engendré des a-priori quant à l'exploitation de la simulation dans l'apprentissage.

ITS PLC Professional Edition <sup>1</sup> devrait permettre de les lever.

Ce logiciel simulant le comportement de cinq systèmes automatisés, essentiellement du domaine de l'emballage et du conditionnement <sup>2</sup>, est principalement utilisé dans les formations supérieures universitaires généralistes ou spécialisées en automatisme : DUT, licence et master pro, écoles d'ingénieurs. Mais son côté ludique de *serious game* rend son utilisation possible dans les formations prébac : les élèves sont accrochés par le graphisme en 3D, très élaboré dans les formes et les textures, les ombres et l'éclairage, par l'ambiance sonore, par les commandes de déplacement de la caméra..., similaires à ceux des jeux vidéo de dernière génération.

Mais ITS PLC PE n'en simplifie pas pour autant le comportement des systèmes réels : les déplacements de pièces, collisions, mouvements des actionneurs, etc., sont réalistes. En fin de compte, les parties opératives mises en œuvre sont beaucoup plus représentatives des systèmes industriels réels que la plupart des maquettes pédagogiques des établissements scolaires. Elles sont aussi moins coûteuses, en termes d'achat comme de maintenance.

[1] Professeur au lycée Franklin-Roosevelt de Reims (51).

## mots-clés

automate programmable, automatismes, équipement didactique, partie opérative, simulation

Dernier point, le logiciel, très ergonomique, ne demande aucune compétence particulière à l'enseignant : il ne comporte qu'un menu très simple pour configurer les paramètres graphiques du PC.

Chaque partie opérative simulée est pilotée par un programme – développé par l'élève – grâce à un boîtier USB, comportant 10 commandes d'actionneurs et 16 informations issues de capteurs « tout ou rien » (TOR), connecté à un automate programmable industriel (API) <sup>3</sup> – dans le cadre du TP, un Schneider TSX37 équipé d'un coupleur d'entrées/sorties TSX DMZ28DR possédant 16 entrées et 10 sorties TOR. Le logiciel de programmation de l'automate choisi est Automgen version 8, car l'établissement en dispose, et qu'il fait partie des outils conseillés par le guide d'équipement des classes de 2<sup>de</sup> ISI.

## Le TP

Une expérimentation a donc été mise en œuvre l'année scolaire passée au lycée Roosevelt de Reims avec une classe de 2<sup>de</sup> ISI, expérimentation que j'ai menée avec l'enseignant habituel de la classe, M. Gérard. Un projet tuteuré a tout d'abord été proposé à un binôme, qui devait effectuer l'installation du logiciel sur un



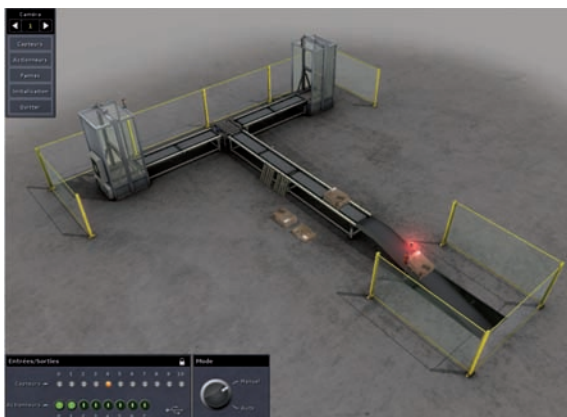
<sup>1</sup> La mise en œuvre d'ITS PLC Professional Edition

# parties opératives

poste informatique et tester le sujet de TP. Ce projet devait également permettre aux enseignants d'analyser le comportement des élèves face à ce nouvel outil de simulation et de démystifier son utilisation.

### ● L'objectif

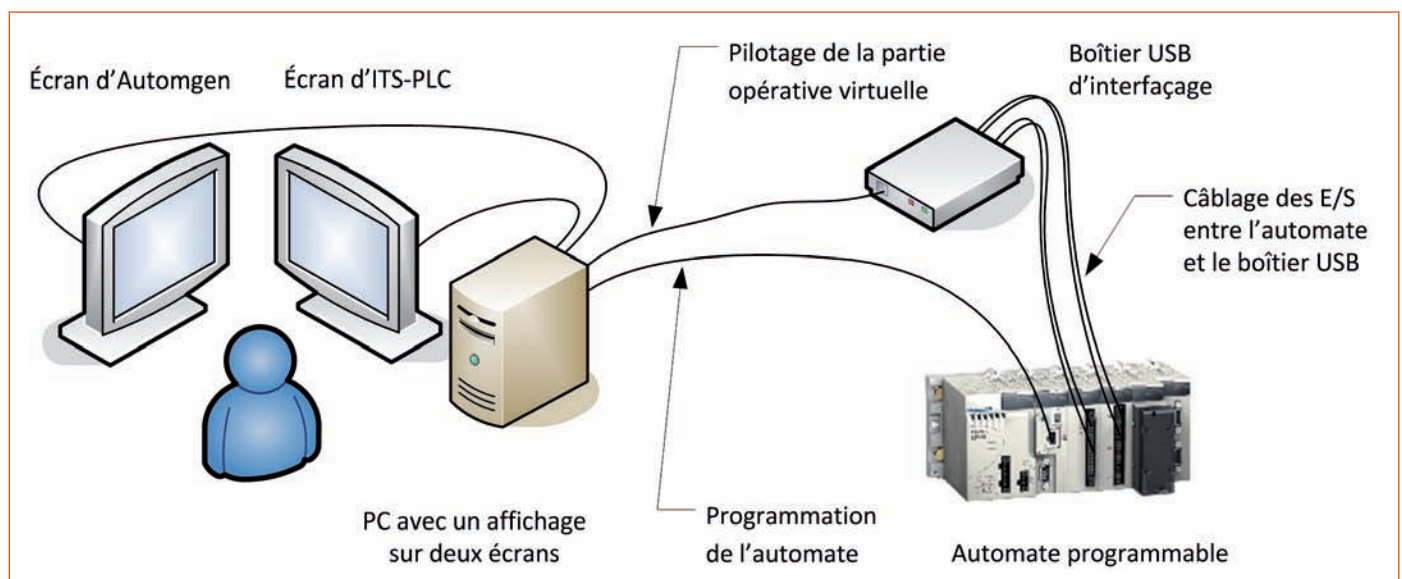
L'objectif du TP est de mettre en application une partie du chapitre du référentiel pédagogique 3.3 consacré aux chaînes d'information 4, en plaçant l'élève dans un contexte réaliste d'utilisation d'un système automatisé – ici de tri de caisses. Un descriptif de l'exploitation



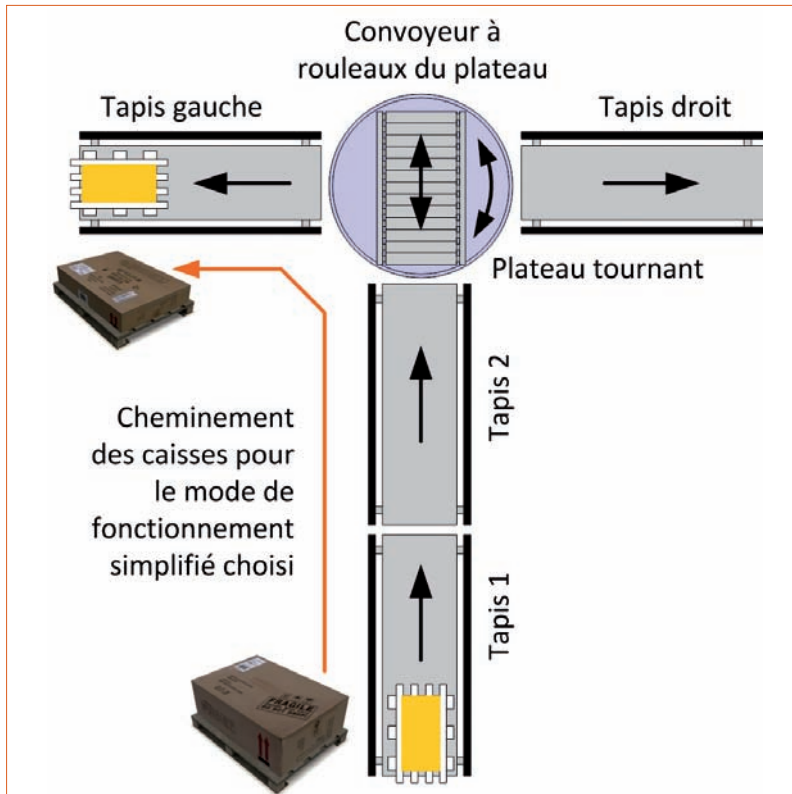
2 Le tri de caisses

Compétences attendues	Savoirs et savoir-faire associés	Niveau d'acquisition			
		1	2	3	4
Vérifier la conformité du fonctionnement d'un système réel au regard d'une description temporelle (grafcet ou autre)  Implanter ou modifier un programme dans le constituant programmable et vérifier le fonctionnement du système	<b>3.3. La chaîne d'information</b>				
	Structure de la chaîne d'information		×		
	Les schémas de commande		×		
	Description des systèmes logiques : • les propositions logiques (si... alors... sinon..., tant que... faire...) • les opérations logiques (ET, OUI, OU, NON)		×		
	Description temporelle (durée, séquence) : chronogramme		×		
	Description des systèmes séquentiels : Grafcet, description de type algorithmique		×		
	Utilisation de progiciels d'assistance à la programmation		×		

4 Un extrait du référentiel de 2<sup>de</sup> ISI



3 L'architecture physique



5 Le fonctionnement général de la maquette du tri de caisses

réelle de la machine considérée vient valoriser le travail que l'élève doit fournir.

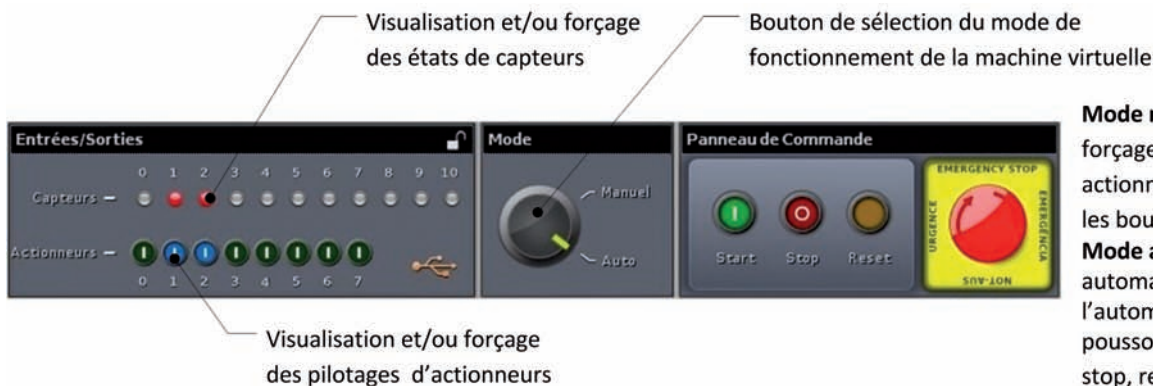
● Le contexte

Le contexte, s'il n'est pas directement en prise avec la vie quotidienne des élèves, a été choisi dans un domaine susceptible de leur « parler » : le conditionnement en colis de vêtements de sport commandés sur internet.

Le nombre de vêtements présents dans chaque colis implique deux tailles de paquets, que la machine doit être capable de trier. Les notions de coût et de rentabilité, toujours présentes dans les processus industriels, sont abordées à travers l'évocation des cadences de travail et des modes de livraison, différents selon la taille des colis (courrier classique pour les petits, transporteur pour les gros).

● Le système

Le système comporte des actionneurs et des capteurs pour réaliser la fonction de tri. Il est composé de tapis sur lesquels sont acheminés les colis posés sur des palettes 5. Le tapis 1 permet d'alimenter en colis le système de triage. Le colis, après avoir transité sur le tapis 1, est acheminé sur le tapis 2 où le système identifie sa taille par des capteurs en mesurant la hauteur. Cette information est mémori-



**Mode manuel** : possibilité de forçage des capteurs et des actionneurs en cliquant sur les boutons

**Mode auto** : fonctionnement automatique commandé par l'automate avec les boutons poussoir du pupitre (start, stop, reset, AU)

Extrait du document de TP à compléter par l'élève pour le repérage des associations, informations-capteurs et actions-actionneurs

Faire avancer le tapis gauche	x	x	Actionneur 0	Colis à l'extrémité du tapis 1	x	x	Capteur 0
Faire avancer le tapis 1	x	x	Actionneur 1	Colis au début du tapis 2	x	x	Capteur 1
Faire tourner les rouleaux « sens avant »	x	x	Actionneur 2	Grand colis au début du tapis 2	x	x	Capteur 2
Faire tourner le tapis 2	x	x	Actionneur 3	Plateau tournant pivoté de 90°	x	x	Capteur 3
Faire tourner les rouleaux « sens arrière »	x	x	Actionneur 4	Colis sur le tapis droit	x	x	Capteur 4
Faire pivoter le plateau tournant	x	x	Actionneur 5	Colis à la fin du tapis gauche	x	x	Capteur 5
Faire avancer le tapis droit	x	x	Actionneur 6	Colis à la fin du tapis 2	x	x	Capteur 6
				Colis sur le tapis gauche	x	x	Capteur 7
				Colis à la fin du tapis droit	x	x	Capteur 8
				Plateau tournant pivoté de 0°	x	x	Capteur 9
				Colis sur le plateau tournant	x	x	Capteur 10

6 Le repérage des actionneurs et des capteurs

sée. Lorsque le colis arrive au bout du tapis 2, il est chargé sur le plateau tournant à rouleaux. Le plateau effectue une rotation de 90° et évacue le colis sur un des tapis gauche ou droite, selon le sens de rotation des rouleaux, déterminé par l'information mémorisée. Le colis est alors transféré jusqu'à l'ascenseur situé à l'extrémité du tapis, pour être ensuite pris en charge par l'entreprise de distribution.

Toutefois, les compétences à faire acquérir ne justifiant pas de faire fonctionner la machine dans ce contexte complet, le travail de l'élève, dans la seconde partie du TP, se limitera à la mise en place de modes de fonctionnement simplifiés pour une solution unique d'expédition des colis. Le TP pourra être

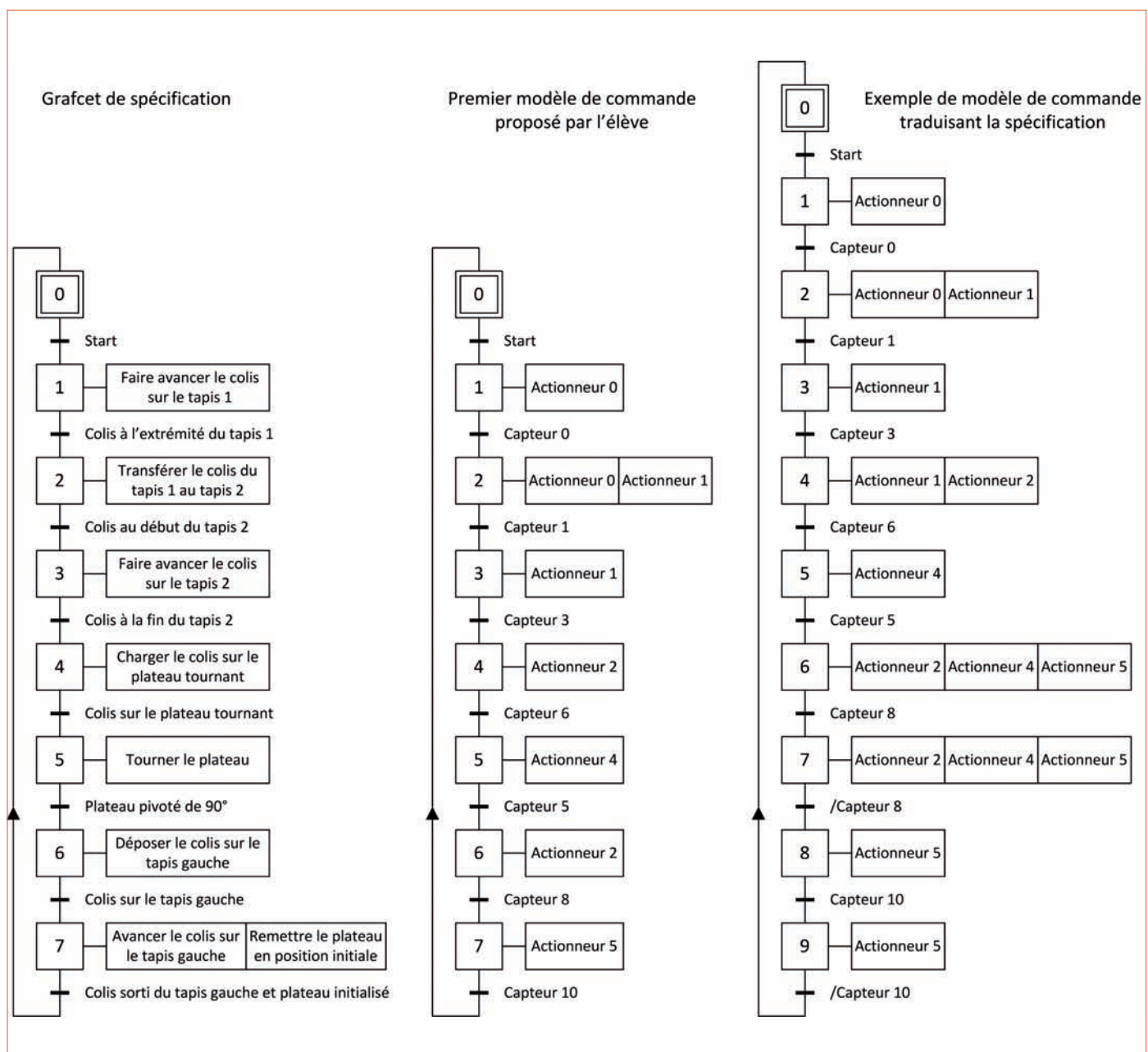
repris en classe de 1<sup>re</sup> S SI ou 1<sup>re</sup> STI avec un cahier des charges plus étoffé.

**La prise en main**

Le premier travail de l'élève consiste à appréhender le comportement des actionneurs et des capteurs. Pour cela, le premier exercice consiste à identifier les actionneurs et les capteurs en fonction des actions et à visualiser l'évolution des états des capteurs. Les associations sont matérialisées sur le document de TP par des traits (en rouge sur la figure 6).

Les élèves ont été observés durant cet exercice.

L'étude des actionneurs, grâce aux mouvements et aux sons, est rapide ; elle permet aux élèves de prendre en main le logiciel.



7 Le grafctet de spécification et les modèles d'implémentation

LE MOT DE L'INSPECTEUR

## Un outil pédagogique du XXI<sup>e</sup> siècle

On entend souvent dire, dans les salles des professeurs, qu'à force d'utiliser le virtuel au détriment du matériel les élèves et les étudiants ne sauront plus faire la différence entre les deux. Ils en perdraient certains sens, le toucher (ressentir dans le volant de la machine-outil l'enlèvement de la matière), l'odorat (sentir l'huile de coupe pendant l'usinage) ou l'ouïe (entendre le bruit lors du contact entre l'outil et la pièce usinée).

Mais les outils d'enseignement adaptés aux modèles pédagogiques du XX<sup>e</sup> siècle ne le sont plus au monde d'aujourd'hui, qui vit une véritable révolution culturelle. Si le contact avec la réalité ne doit pas être évacué, bien évidemment, et il ne le sera pas, comme le montrent les tendances actuelles (voir par exemple les *fab labs* initiés au MIT), les logiciels, tels que celui présenté ici, ont parfaitement leur place dans les classes de lycée, car ils permettent véritablement de relier le réel et le virtuel. De plus, le niveau de qualité graphique et sonore, comparable à celui des jeux vidéo actuels, place les élèves dans des situations qu'ils connaissent bien et avec lesquelles les apprentissages sont efficaces, comme l'a montré l'expérimentation au lycée Roosevelt.

Dans un avenir, pas si lointain sans doute, la réalité virtuelle permettra d'associer encore plus étroitement les sens humains avec les mondes virtuels dans lesquels nous baignerons de plus en plus. Adoptons donc les outils et les méthodes pédagogiques adaptés au monde de cette seconde décennie du XXI<sup>e</sup> siècle qui débute. ITS PLC est de ceux-là ; nul doute qu'il évoluera pour prendre en compte les particularités des enseignements que le nouveau lycée mettra en œuvre.

Philippe FICHOU

IA-IPR STI à l'académie de Rennes (de Reims jusqu'en 2009)

Les préactionneurs pilotant la partie opérative sont de type monostable. S'ils donnent la bonne réponse, les élèves n'ont, à ce stade, pas encore perçu les conséquences de ce choix sur le comportement du système.

L'étude des capteurs se révèle plus difficile, car, pour les voir, il est nécessaire de déplacer les colis sur les différents éléments de la partie opérative – c'est possible avec la souris, comme le découvrent les élèves. Parmi les subtilités observées, un des capteurs du plateau tournant est au niveau haut dans la situation initiale de la partie opérative. Les élèves ont été particulièrement interpellés par ce comportement, classique dans les systèmes industriels réels. Les explications de l'enseignant leur ont permis d'en comprendre la raison.

Une fois cet exercice terminé, les élèves peuvent passer au second, consacré au modèle Grafcet et à l'implémentation.

### L'étude et la mise en œuvre d'un modèle de commande

Un grafcet de spécification décrivant le fonctionnement attendu du système est fourni à l'élève **7**. Il est de type linéaire, car les divergences ET/OU ne font pas partie du référentiel. Le cahier des charges fourni ne décrit donc qu'une opération de convoyage simplifiée (sans tri, pas de détection du type de paquets) pour répondre aux objectifs pédagogiques.

Les premières questions sont consacrées à la terminologie utilisée pour décrire un grafcet et à l'analyse du comportement des actions sous la forme de chronogrammes.

L'élève doit ensuite transcrire le grafcet de spécification proposé dans un modèle de commande spécifique au logiciel Automgen avant de l'implémenter dans l'automate **7**. Pour des raisons d'ergonomie, le logiciel Automgen et le logiciel ITS PLC ont été configurés pour être visualisés sur des écrans séparés sur un même poste informatique **8**. Un modèle de fichier Automgen est utilisé pour s'affranchir de la phase de configuration des pilotes pour l'automate utilisé. Le modèle de commande peut ensuite être interprété par la compilation et téléchargé dans l'API.

Dans cette phase, les élèves se contentent de transcrire le grafcet de spécification proposé sans étudier son comportement et donc sans associer les fonctions du grafcet de spécification aux capteurs ou actionneurs. Le modèle obtenu par ce raccourci génère cependant de nombreuses erreurs d'interprétation, qui les interpellent sur les notions de spécification et d'implémentation.

Pour faire fonctionner convenablement le système, il est en effet nécessaire de s'intéresser à la réalisation de chacune des fonctions.

Premier problème, le passage des colis d'un tapis à un autre : pour qu'il se déroule sans heurt, les deux actionneurs doivent être en action. Le passage du tapis 1 au tapis 2 servant d'exemple, l'élève doit résoudre le même problème au niveau du chargement du colis sur le plateau tournant.

Deuxièmement, le comportement monostable du préactionneur associé à la rotation du plateau tournant s'est révélé particulièrement déroutant pour les élèves : il est nécessaire de maintenir une action (sans qu'il y ait mouvement) pour que le plateau conserve sa position de déchargement. Les élèves ont tenté de raisonner par tâtonnements pour résoudre ce problème. L'enseignant leur a alors fourni le questionnement par lequel il fallait nécessairement passer pour trouver la solution, et ils sont revenus au mode manuel pour analyser en détail la commande de cet actionneur.

Dernier problème, la gestion du colis au niveau du convoyeur gauche. En effet, son arrivée est détectée par un front descendant sur le capteur de début du convoyeur. Les fronts n'ayant pas été expliqués en cours, les élèves ont dû trouver une solution de contournement. Elle a consisté à ajouter une étape de détection de l'arrivée du colis en fin de convoyeur par le passage au niveau haut, puis de son départ par le niveau bas. La solution est la même pour la dépose finale du colis dans l'ascenseur.

### Le bilan

Les concepts de base du Grafcet sont étudiés de manière assez complète pour permettre une pré-

mière synthèse et une application au cours du TP. La différence entre spécification et implémentation d'un modèle est particulièrement mise en avant, même si les élèves ne comprennent pas encore l'utilité de la première, leur objectif restant la mise en fonctionnement du système.

La notion de chaîne d'action et de détection est bien perçue, mais celle d'entrées/sorties de l'API totalement occultée, car les élèves ne s'intéressent qu'au modèle de commande qu'ils implémentent sans chercher à savoir comment fonctionnent les équipements mis en œuvre. La programmation du fonctionnement du plateau tournant piloté en monostable, notamment, les a particulièrement déroutés, malgré l'étude préalable des actionneurs effectuée dans la première partie du TP.

L'utilisation d'un automate réel est shuntée, puisque les élèves ne regardent que les conséquences du modèle de commande établi sur la simulation de la partie opérative, aidés en cela par l'affichage sur des écrans différents du modèle et de la simulation, qui

leur a permis de tester les modifications apportées au cours du TP.

Pour une initiation à la commande Grafset, la possibilité d'exploiter un simulateur d'API tel que celui d'Automgen en lieu et place de l'API réel serait la bienvenue : elle permettrait de se passer de tout un matériel onéreux et fastidieux à mettre en place (API et câblage du boîtier USB). Une évolution du produit dans ce sens est actuellement en cours d'expérimentation. ■

#### ► Pour en savoir plus

La documentation d'ITS PLC Professional Edition et une version de démonstration sont disponibles sur le site de l'éditeur du logiciel, Real Games :

[www.realgames.pt](http://www.realgames.pt)

#### Contact en France

Bernard Riera, professeur des universités, conseiller scientifique de Real Games : [bernard.riera@univ-reims.fr](mailto:bernard.riera@univ-reims.fr)

## PUBLI REPORTAGE

### Optimisez votre enseignement et vos connaissances avec le SCÉRÉN



#### Rénovation de la voie professionnelle

Collection « Textes de référence »

Cet ouvrage présente :

- les principaux textes réglementaires relatifs à la rénovation de la voie professionnelle assortis de commentaires,
- les références de l'ensemble des textes réglementaires,
- une version consolidée des articles modifiés du Code de l'éducation,
- 4 arrêtés pris pour la mise en œuvre de cette réforme,
- les dispositions de l'arrêté du 20/07/2009 relatif au CAP et BEP.

CNDP, 2009

Voie professionnelle

Livre 60 p.

Réf. 755A3387 – 9,90 €

Pour en savoir plus, consultez le site [www.cndp.fr](http://www.cndp.fr)

- l'accès aux référentiels des diplômes dans la base des diplômes de l'enseignement professionnel,
- les sujets d'examens téléchargeables dans la base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel.

#### Points de vente



#### 130 librairies :

- Les librairies des CRDP et CDDP (adresse sur [www.sceren.fr](http://www.sceren.fr) - rubrique Le réseau)
- La Librairie de l'éducation  
13 rue du Four 75006 Paris  
(Métro Mabillon) Tél. 01 46 34 54 80

#### La librairie de l'éducation en ligne :

 [www.sceren.com](http://www.sceren.com)  
PLUS DE RESSOURCES POUR ENSEIGNER