

SIMULATION DE PARTIE OPERATIVE TEMPS REEL POUR L'ENSEIGNEMENT DES AUTOMATISMES

Jean-Paul CHEMLA¹, Bernard RIERA², François GELLOT², Denis KOUAME¹

¹ Université François Rabelais de Tours, LUSSE FRE 2448,
Polytech'Tours, Département Productique, 7 av Marcel Dassault, 37000 Tours,
jean-paul.chemla@univ-tours.fr, denis.kouame@univ-tours.fr,

² Département GCE, IUT Reims-Châlon-Charleville, UFR Sciences Exactes et Naturelles,
CReSTIC EA, Université de Reims Champagne Ardenne, Moulin de la Housse, BP 1039 – 51687 Reims,
bernard.riera@univ-reims.fr, francois.gellot@univ-reims.fr.

RESUME Les maquettes virtuelles en automatique présentées dans les précédents CETIS [1][2], sont une représentation fidèle, tant au niveau fonctionnel que comportemental des systèmes habituellement utilisés en Travaux Pratiques. Ces maquettes virtuelles, initialement développées pour des recherches dans le domaine de la conception et l'évaluation d'outils de supervision adaptés à l'homme [3], reposaient sur un simulateur auteur [4] qui devait dialoguer avec la partie commande que devait programmer l'étudiant. Cette approche a deux inconvénients majeurs : la portabilité et le temps de réponse. Nous proposons une autre approche pour la réalisation de ces maquettes virtuelles basée sur la communication entre automates en réseau. Elle palie naturellement aux précédents inconvénients puisque qu'elle ne nécessite aucun logiciel spécifique et cette communication est à temps déterministe. Ces nouvelles maquettes virtuelles se prêtent parfaitement à un enseignement à distance depuis des postes quelconques. Nous avons mené une expérience de Télé-TP dont le bilan est présenté dans cet article.

Mots clés : Simulation de partie opératives, Maquettes Virtuelles, Télé-TP, automatisme, réseau, expérimentation.

1 INTRODUCTION

Lors du CETIS en 2001 [1], nous avons présenté le principe des maquettes virtuelles : une partie opérative simulée est liée à une commande que doit réaliser un étudiant. Une visualisation du fonctionnement de cette partie opérative doit aider l'étudiant à concevoir une commande en adoptant le cycle classique essais erreurs corrections. Ces maquettes virtuelles n'ont pas pour objectif de remplacer la séance de TP traditionnelle en présence des maquettes, mais permettent de remplacer 'les boîtes à boutons' mises en œuvre lors de l'apprentissage de la programmation des automates par exemple.

Les précédentes maquettes virtuelles étaient basées sur un logiciel auteur de simulation de la partie opérative (PO) [4]. Ce que nous proposons aujourd'hui est une autre façon de concevoir la maquette virtuelle pour en assurer son fonctionnement temps réel, dans le contexte de l'automatisme. Notre approche est basée sur l'implantation de la simulation de partie opérative dans un automate programmable industriel. Ce dernier dialogue avec l'automate programmé par l'étudiant via un réseau de terrain.

Lors du CETIS en 2003 [2], nous avons montré que les maquettes virtuelles permettaient un apprentissage à distance ou télé-TP. Nous verrons pourquoi cette nouvelle approche simplifie sa mise en œuvre et le bilan d'une expérience menée avec des étudiants hors des locaux de l'université sera présentée. Un ascenseur virtuel servira d'exemple d'illustration de la démarche.

2 CONTEXTE ET OBJECTIFS

2.1 Contexte

Au département Productique de Polytech'Tours, les étudiants étudient en Travaux Dirigés le grafset de commande d'un ascenseur. Le sujet du TD est directement inspiré d'une maquette présente dans la salle de Travaux Pratiques. Certains d'entre eux se laissent prendre au jeu et s'investissent beaucoup pour élaborer cette commande. Ils aimeraient pouvoir vérifier la validité de leur solution sans pour autant attendre les séances de TP qui s'étalent sur une longue période. L'idée de la maquette virtuelle est à ce titre séduisante car sans avoir à faire le TP qui peut leur sembler plus complexe, ils peuvent programmer et tester leur grafset de chez eux, à n'importe quelle heure.

De telles plateformes existent déjà dans le domaine de l'automatique continue ou de l'électronique, utilisant la simulation [5] et leur utilisation distante [6]. Ce que nous proposons est une extension de ce principe à l'automatique des systèmes à événements discrets.

2.2 Principe de la maquette virtuelle

Les maquettes virtuelles sont constituées de 3 modules devant s'échanger de l'information :

- une partie commande
- un simulateur de partie opérative
- une interface homme-machine pour interagir avec la partie commande (PC) et avoir une visualisation de l'état de la partie opérative.

Nous utilisons un premier automate pour la commande et un deuxième pour simuler la PO. C'est l'automate de commande que doit programmer l'étudiant. Nous avons choisi de réaliser l'interface de visualisation et d'interaction avec un logiciel de supervision industrielle. La figure 1 montre les échanges nécessaires entre ces 3 modules.

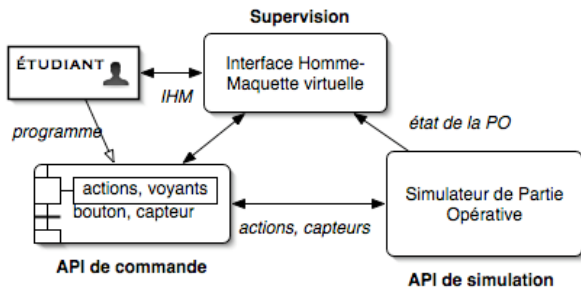


fig 1 : principe de la maquette virtuelle

L'automate de commande et l'automate de simulation de PO mettent en œuvre une communication classique d'échange entre une PO et une PC à savoir envoi des ordres de la PC vers la PO et envoi des capteurs simulés de la PO vers la PC. PO et PC échangent des informations avec la supervision pour rafraîchir le synoptique et pour le pilotage par l'interface homme machine.

2.3 Evolution par rapport aux choix techniques précédents

Si le principe des maquettes virtuelles et de leur utilisation distante a déjà été présentée lors des précédents Cetsis, leur mise en œuvre posait parfois des problèmes de portabilité et de communication. En effet, pour fonctionner, ces maquettes virtuelles nécessitaient l'installation du logiciel Winsim [4] et la configuration de la communication avec le synoptique de la partie opérative d'une part et de la communication avec la partie commande, un automate dans notre cas, d'autre part. La communication avec l'automate souffrait d'une certaine lenteur intrinsèque aux outils utilisés.

Ce défaut peut devenir rédhibitoire pour une maquette comme l'ascenseur dont l'information de certains capteurs est fugitive. Nous avons en effet pu observer, avec la maquette virtuelle d'ascenseur développée avec Winsim que la cabine s'arrêtait après avoir dépassé le capteur de présence à l'étage demandé à cause du peu de réactivité. L'appel suivant n'était alors plus pris en compte.

Le programme de simulation de partie opérative étant relativement simple, nous l'avons implanté sur un automate de la salle de TP. La communication entre l'automate réalisant la commande et celui qui simule la partie opérative, reliés à un même réseau de terrain, est à temps déterministe et le volume des informations à échanger n'est pas important (capteurs et actionneurs).

L'autre avantage de cette méthode est que le poste étudiant devient plus léger car il n'a plus à supporter la simulation de la partie opérative et sa communication avec l'automate de commande.

La partie suivante présente en détail les techniques mises en œuvre.

3 ENVIRONNEMENT TECHNIQUE

L'objectif étant pour l'étudiant de pouvoir faire son TP à distance depuis un poste 'banalisé', nous l'avons installé dans une salle informatique en libre service, dans les locaux de l'école. Il va se connecter à un serveur de bureau à distance qui est un poste informatique avec les logiciels nécessaires installés. Une salle de TP contient des automates programmables en réseau. L'un d'entre eux est également connecté au réseau ethernet de l'établissement et sert de passerelle aux autres. Enfin, l'enseignant est dans son bureau avec un poste informatique quelconque. La figure 2 résume les communications entre les différents postes que nous détaillons ci-dessous.

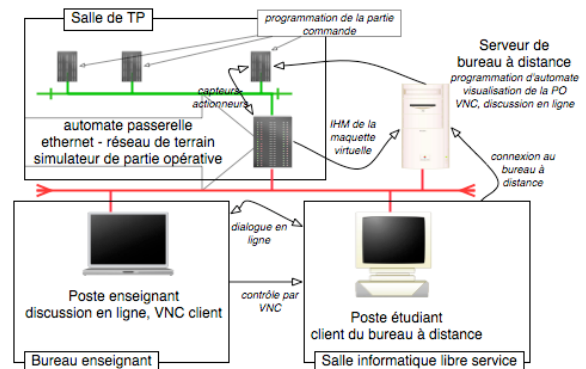


fig 2 : environnement technique

3.1 La salle de TP automatés

Cette salle héberge différents automates tous reliés à un réseau de terrain (FIPWAY à Tours). Un des automates est aussi relié au réseau ethernet de l'école.

3.1.1 L'automate simulateur et passerelle

C'est un API (TSX 57 de Schneider) muni d'un coupleur ethernet et d'un coupleur réseau de terrain (FIPWAY). Cet automate est toujours en exécution et n'est pas accessible à la programmation par les étudiants distants. Il héberge les simulations des parties opératives sous forme de sous programmes. Ces derniers peuvent être dans un des langages de programmation de l'automate respectant la norme IEC 61131.3. Dans le cas de l'ascenseur virtuel, cette programmation a été l'objet d'un projet d'étudiants. Ces derniers ont choisi d'utiliser le langage LADDER qu'ils connaissaient. La fonction passerelle, tout à fait transparente, permet la programmation des autres automates depuis un poste informatique sur le réseau ethernet.

3.1.2 Les autres automates

Ce sont des API qui peuvent n'être équipés que d'un coupleur réseau de terrain. Nous avons 3 TSX 37 de Schneider que les étudiants distants pourront programmer pour tester la validité de leur commande. Les objets entrées comme sorties sont utilisés avec des mnémoniques et ne font appels qu'à la mémoire de l'automate. Il faut un automate par étudiant distant. L'étudiant peut choisir n'importe quel de ces automates hormis l'automate passerelle.

3.1.3 La communication par le réseau de terrain

Il s'agit d'une communication de plus bas niveau que le réseau ethernet car il véhicule peu d'informations mais à temps de réponse garanti. Nous avons configuré la communication entre les automates de commande et l'automate simulateur en utilisant une table partagée. Le principe est de déclarer dans tous les automates un ensemble de mots communs puis de définir pour chacun d'entre eux les autorisations d'écriture dans des mots différents. Cela assure qu'un étudiant ne puisse, par une commande erronée, changer l'état d'un capteur.

3.2 Le(s) serveur(s) de bureau à distance

C'est un ordinateur du réseau de l'école avec plusieurs licences de bureau à distance (terminal services de Windows). Une variante serait d'utiliser les ordinateurs inutilisés de la salle de TP, chacun pouvant fournir un bureau distant lorsque personne n'est connecté physiquement dessus. Nous avons aménagé des sessions spéciales 'maquettes virtuelles' pour que l'étudiant puisse facilement avoir accès aux outils dont il a besoin :

- Le logiciel pour programmer l'automate de commande.
- Le pilote de communication permettant de se connecter aux les automates commande et simulateur.
- Un accès à un synoptique de la maquette virtuelle.
- Un serveur VNC est lancé pour prévoir l'éventuelle aide à distance de l'enseignant.
- Une session de discussion en ligne est aussi ouverte avec un nom d'utilisateur identifiant le type de maquette à programmer. L'enseignant peut donc savoir qu'un étudiant est connecté.

3.2.1 Programmation de l'automate

Dans notre cas, nous utilisons le logiciel adapté aux automates à programmer à savoir PL7 Pro. Un fichier de départ contenant la configuration matérielle et les mnémoniques est fourni à l'étudiant. La communication avec les automates se fait via XIP (Xway sur IP) un pilote de communication de Schneider.

3.2.2 Interface Homme-Maquette virtuelle

Nous avons choisi de réaliser cette interface avec un logiciel de supervision industrielle, Panorama de la so-

ciété Codra. Il eut été possible de générer cette interface avec le logiciel de programmation des automates, PL7 Pro. En effet ce logiciel propose des écrans d'exploitation tout à fait aptes à remplir cette tâche. Notre choix est motivé par la volonté de développer une interface conviviale et une animation plus complète.

Contrairement aux maquette virtuelles précédentes, la communication avec les automates ne sert qu'à l'interface et si cette communication se perd momentanément, il n'y a que la visualisation qui en pâtira, pas le fonctionnement de la maquette virtuelle.

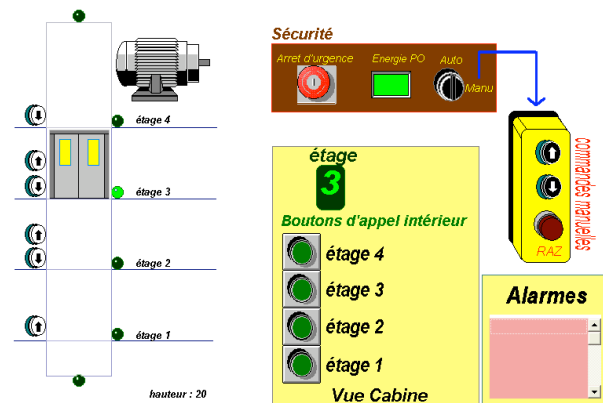


fig3 : vue de la maquette virtuelle de l'ascenseur

La face avant de cette supervision pour la maquette virtuelle d'ascenseur est présentée en figure 3. Par rapport à la maquette physique présente en TP, nous avons pu ajouter des accessoires comme des voyants sur tous les boutons, une gestion de l'énergie de la partie opérative, un mode manuel et des alarmes pour informer l'étudiant de problèmes comme :

- Une commande moteur incohérente (monter et descendre en même temps),
- les butées sont touchées,
- la montée ou la descente est maintenue quand une butée est atteinte.

3.2.3 L'aide à distance

Cette aide est fournie par un outil de discussion en ligne d'une part et par la prise de contrôle de la session distance par un logiciel tel que VNC. L'outil de discussion se connecte automatiquement au réseau avec un login spécifique à la maquette virtuelle et non à l'étudiant. De cette façon, l'enseignant est informé de la connexion d'un étudiant au système par le biais de sa liste de contacts et il sait quelle maquette virtuelle est en cours d'utilisation. De plus, l'étudiant a dans sa liste de contacts le ou les enseignants capables de l'aider.

Lors de l'ouverture de la session à distance, un serveur VNC est lancé pour que l'enseignant puisse surveiller et / ou aider l'étudiant en guidant sa souris et son clavier. Cette dernière fonctionnalité ne fonctionne que

sur un poste serveur et non sur un poste classique de la salle de TP.

3.3 Les postes étudiants et enseignants

L'étudiant et l'enseignant peuvent avoir des postes informatiques quelconques sans aucune obligation sur le système d'exploitation et les logiciels à avoir. Et pour peu que le serveur de bureau à distance ait une adresse IP publique, ils peuvent être en dehors de l'établissement.

4 EXPERIMENTATION

4.1 Contexte

Nous avons mené une expérimentation au département Productique de Polytech'Tours avec des étudiants de première année de l'école d'ingénieurs. Le protocole était différent de celui présenté au début de ce papier : les étudiants pouvaient choisir de faire la commande de la maquette virtuelle de l'ascenseur pendant une séance de TP traditionnelle, en salle, en présence de l'enseignant. Ce dernier pouvait leur montrer comment se servir de la maquette virtuelle et leur présenter les outils mis à leur disposition. Mais la séance est surtout consacrée à la conception du grafset papier. Ils ont tous les outils pour continuer leur travail en non présentiel depuis une salle informatique en libre service de l'école.

Pour cette expérimentation, nous avons choisi d'héberger la simulation de l'ascenseur au sein de l'automate que les étudiants ont à programmer. Nous n'avions qu'une seule maquette virtuelle à tester et un seul automate libre pendant les séances de TP.

4.2 Du point de vue étudiant

Ils ont vu un grand intérêt à l'utilisation de salles en libre service pour programmer leurs grafsets sur le logiciel PL7 Pro. En effet, la salle de TP est souvent occupée par des étudiants finissant leur travail ou est fermée, en dehors des heures de TP. La plupart des étudiants ont demandé à l'enseignant s'ils pouvaient continuer depuis chez eux. Malheureusement, au moment de l'expérimentation, le serveur n'avait pas d'adresse publique, ce qui restreignait son utilisation à l'école d'ingénieurs.

La programmation sur PL7 pro leur semblait naturelle car pour les autres TP, ils avaient déjà l'habitude d'utiliser les mnémoniques au lieu des adresses d'entrée et de sortie. Certains m'ont demandé une démonstration du fonctionnement, en liaison avec un grafset. Il a suffi de faire une commande très simple pour leur montrer que la cage de l'ascenseur bougeait conformément au cahier des charges. Rassurés, ils se

sentaient parfaitement capables d'être assez autonomes pour continuer à distance.

4.3 Point de vue enseignant

Les maquettes virtuelles ne remplaceront jamais une vraie maquette de TP, comme ces dernières ne remplaceront jamais un vrai processus industriel. Leur utilisation permet une appréhension progressive des problèmes posés. En s'affranchissant d'abord des problèmes matériels pour élaborer une bonne commande a priori, l'étudiant peut l'affiner en rencontrant les difficultés inhérentes au matériel lors du TP sur maquette réelle.

Les étudiants ont l'habitude de juger leur commande en fonction du comportement de la maquette. « Quelque chose qui fonctionne est quelque chose qui est bien programmé ». Or, la présence de sécurité câblée leur cache parfois des défauts de commande. Dans notre exemple, si la double commande monter et descendre est envoyée à l'ascenseur, celui-ci monte sans montrer qu'il y a une incohérence. Un autre type d'erreur revient souvent sur une maquette de porte de garage : la commande ouvrir pendant 20 secondes a le même comportement que ouvrir jusqu'à porte ouverte, puis pause de 10 secondes car le moteur s'arrête quand la porte est ouverte. Dans ce cas, l'usage d'une maquette virtuelle leur aurait montré que leur commande n'est pas bonne par un avertissement sonore ou une alarme à l'écran.

5 CONCLUSION

L'utilisation de la maquette virtuelle dans le cadre présenté dans cet article ouvre de réelles perspectives d'offre de formation en ligne en automatisme, collaborative, appliquée et concrète.

Les maquettes virtuelles développées dans un langage conforme à la norme IEC 61131.3 sont portables d'un type d'automate à un autre. Le même exercice d'ascenseur virtuel peut se faire sur un automate Siemens, Schneider ou toute autre marque respectant la norme de programmation.

Contrairement aux formations en ligne très jolies mais trop guidées, le principe des maquettes virtuelles programmées à distance permet d'avoir les vrais outils de programmation d'automate et d'être confronté à leur utilisation concrète. La validation se fait par un test sur la maquette, l'objectif à atteindre étant : tout le monde sait tester si un ascenseur fonctionne ou pas, sans connaître sa programmation.

Ce que nous proposons, permet la mise à disposition des automates des centres de formation, non utilisés pendant les périodes où les TP n'ont pas lieu. Un pool d'enseignants compétents par type de maquette et de matériel pourrait être constitué sans forcément être lo-

calisé dans le même centre de formation. Un peu comme ce qui est proposé dans le domaine de l'automatique des systèmes continus dans [7] et [8], nous allons mettre à disposition ces maquettes virtuelles sur internet dans les Universités de Reims Champagne Ardennes et François Rabelais de Tours. Chacune de ces universités va mettre à disposition un automate et plusieurs maquettes virtuelles seront accessibles à la programmation. Les modes d'emploi et les formalités d'accès auront un portail [9].

Il est à noter que les logiciels de programmation d'API intègrent maintenant des émulateurs d'automates. On pourrait donc a priori se passer de la partie hardware de la partie commande, entraînant ainsi une réduction des coûts et permettant d'avoir un plus grand nombre d'étudiants connectés simultanément sur le serveur.

Il est important d'évaluer l'impact et l'intérêt pour les étudiants de ces nouveaux outils pédagogiques. Pour cela, nous comptons mettre en place des questionnaires pour étudier l'utilité et l'utilisabilité des maquettes virtuelles. Toutefois, il est un indicateur simple sur internet pour évaluer un site, c'est le nombre et la durée des connexions. Les résultats que nous avons obtenus à ce jour sont encourageants.

6 BIBLIOGRAPHIE

1. Riera B., Conreur G., Chemla JP, *Une salle de TP d'API adaptée aux NTE*, CETIS-EEA'01, ISBN 295175806, pp 305-308, Université de Clermont Ferrand.
2. Riera B., Gellot F., Dubois O., Chemla JP, Triki S., *L'utilisation pédagogique et l'enseignement des TIC dans les automatismes*, CETIS-EEA'03, pp 345-348, Université de Toulouse.
3. Riera B., *Contribution à la conception d'outils de supervision adaptés à l'homme*, HDR 14 décembre 2001, Université de Valenciennes.
4. Riera B., Martel G., Lambert M., Cherifi E., *Experimental platform for supervision of complex automated systems*, Proceedings of the seventh IFAC/IFIP/IFORS/IEA symposium on analysis, design and evaluation of man-machine systems, pp 305-310, Kyoto, Japon, septembre 1998.
5. Hermitant V., *Utilisation du simulateur en sciences de l'ingénieur pour les travaux pratiques et travaux dirigés*. CETIS-EEA'03, pp 211-212, Université de Toulouse.
6. Theilliol D., Ponsart JC., *TD/TP d'automatique à distance : comment conserver une interactivité avec l'enseignant ?* CETIS-EEA'03, pp 401-404, Université de Toulouse.
7. Zimmer T., Geoffroy D., Billaud M., Danto Y., *Un centre de ressources virtuel partagé*, CETIS-EEA'03, pp 443-446, Université de Toulouse.
8. Gillet D., *Web based experimentation, the will and the way*, IFAC workshop IBCE'04, Grenoble, septembre 2004.
9. <http://auto.polytech.univ-tours.fr/mv/>