

Pilotage à distance de systèmes industriels didactisés et évaluation de la pratique des étudiants

Mias Serge, Maussion Pascal
IUFM Midi-Pyrénées, Domaine universitaire, 57 avenue d 'Azereix 65016 Tarbes
serge.mias@toulouse.iufm.fr, pascal.maussion@toulouse.iufm.fr

RESUME L'objectif de cet article est de rendre compte d'une expérimentation de pilotage à distance d'un système industriel didactique, homothétique d'un système industriel réel. L'expérimentation et l'évaluation du dispositif ont été réalisées par des élèves de niveaux IV (bac pro ELEEC), de niveau III (BTS Electrotechnique), et par des étudiants préparant le concours de recrutement PLP Electrotechnique à l'IUFM Midi-Pyrénées.

Mots clés : pilotage à distance, apprentissage à distance, système industriel, coupleur web, évaluation, formation des maîtres

1 INTRODUCTION

Le pilotage de système à distance fait partie des possibilités de nouvelles modalités d'enseignement offertes par le développement des outils informatiques, matériels et logiciels. Notre démarche se place dans le cadre de l'étude des potentialités de la mise en réseau de systèmes didactiques existants dans les lycées. En autorisant un accès distant, plusieurs groupes d'étudiants peuvent ainsi partager la même partie opérative, issue d'un système industriel réel.

De nombreuses publications traitent de l'instrumentation virtuelle permettant des mesures à distance, acquisition de température, mesures de résistance ou de caractéristiques fréquentielles [1-4] par exemple. Des maquettes de TP « classiques » sont également « mises à distance » grâce à un ordinateur, servant auparavant à la commande et aux mesures sur site et désormais dédié à l'interface web [5-6]. Comme d'autres [6-7], notre maquette intègre une boucle d'action sur le procédé et pas seulement sur l'instrumentation qui l'entoure et permet également les mesures. Par ailleurs, le feedback du système vers l'étudiant est également présent en image et son, via une caméra et un micro qui mettent en scène, qui concrétisent, qui rendent plus « réels », les mouvements du système trans-stockeur de caisses. Enfin, notre démarche explore la voie des systèmes industriels commandés à distance comme outil de formation [8]. Nous nous intéresserons également à l'évaluation de l'impact de ce TP sur les apprentissages des étudiants au travers de questionnaires à questions ouvertes et fermées.

Lié au contrat d'établissement de l'IUFM Midi-Pyrénées, ce projet innovant, relevant de la didactique des sciences et de la technologie, avait pour objectifs :

- d'initier l'utilisation de systèmes pilotés à distance dans les dispositifs de formation des

enseignants et en définir les modalités d'utilisation,

- de faire bénéficier les professeurs stagiaires en génie électrique de systèmes industriels pilotables à distance présents à l'IUFM Midi-Pyrénées, et leur permettre de les utiliser depuis l'établissement scolaire dans lequel ils intervenaient en stage,
- de permettre aux enseignants de l'IUFM Midi-Pyrénées de suivre les évolutions technologiques en matière de systèmes techniques, d'accompagner ou d'anticiper les modifications des référentiels dans les lycées techniques et professionnels.

Ces objectifs ont conduit à la mise en place, par des professeurs stagiaires, de travaux pratiques, au cours desquels des élèves, depuis leur lycée, ont réalisé des travaux pratiques utilisant à distance du matériel disponible à l'IUFM de Tarbes. L'expérimentation a également permis d'identifier les contraintes sécuritaires liées à l'interconnexion des réseaux et à l'accès au matériel distant, du point de vue de l'IUFM et du point de vue de l'établissement scolaire.

De plus, l'expérimentation mis en lumière tout l'intérêt de disposer d'une zone sécurisée (DMZ) ou d'une ligne spécialisée dans les établissements (IUFM et Lycées).

2 DESCRIPTION

Il s'agissait de mettre en œuvre puis d'exploiter pédagogiquement des communications IUFM (site de Tarbes)- établissements scolaires ou IUFM (site de Tarbes) – IUFM (site de Toulouse Rangueil). Deux établissements scolaires de Midi-Pyrénées étaient concernés : le lycée technologique Jean Dupuy de Tarbes (section de BTS Electrotechnique) et le lycée professionnel d'Artagnan de Nogaro (section de baccalauréat professionnel ELEEC). Vingt-quatre élèves ou étudiants, organisés en binômes, ont participé à l'expérimentation à distance, lors de séances de

travaux pratiques, d'une durée de quatre heures en 2006.

L'objectif visé par le TP était de rendre les étudiants capables de « réaliser des essais de mise en service d'un système piloté à distance, au moyen de connexions Ethernet utilisant le protocole TCP/IP ».

2.1 Description matérielle

Le système industriel didactisé et pilotable à distance est le magasin automatisé (transgerbeur) installé dans les locaux du site IUFM de Tarbes.



fig 1 : vue du système, de son armoire de commande, de l'oscilloscope numérique

Ce magasin automatisé permet le stockage ou le déstockage de 35 caisses, de dimensions 30 x 20 x 15 cm, d'une masse maximale de 10 kg, L'accès à distance a nécessité l'adjonction à la version standard du système, équipée d'un API TSX 3720, d'une interface liaison série/ liaison Ethernet ETZ 510 (Schneider Electric) jouant le rôle de serveur web.

Visualisation de l'état des emplacements du transgerbeur

Libre							Occupé
29	30	31	32	33	34	35	
22	23	24	25	26	27	28	
15	16	17	18	19	20	21	
8	9	10	11	12	13	14	
1	2	3	4	5	6	7	

fig 2 : exemple de page html disponible par connexion au serveur ETZ 510

L'expérimentation nécessite trois connexions distantes, correspondant à trois adresses IP :

- serveur embarqué,
- oscilloscope numérique,
- liaison voix- image;

ainsi que l'utilisation de plusieurs logiciels :

- Navigateur (Explorer) pour l'accès au serveur embarqué ETZ 510, au paramétrage de la caméra distante, au paramétrage et visualisation des données de l'oscilloscope numérique distant,
- PL7 pro, (configuration des drivers et paramétrage de l'automate programmable industriel),
- Visionneuse de diapositives pour l'accès à une aide multimédia intégrée,
- Vcon Vpoint (liaison voix-image, pour la communication en temps réel entre les étudiants et le formateur chargé sur site de la surveillance du système et du maintien des liaisons, et des commandes d'exploitation locales).

La figure 3 met en évidence la caméra placée sur le système pour permettre son observation à distance ainsi que le moniteur de retour image et son de de l'élève vers le professeur.



fig 3 : caméra pilotable à distance d'observation du système, et retour sur le système pour supervision prof de l' image/son (téléviseur) de l'élève



fig 4 : étudiant en situation d'apprentissage à distance La figure 4 montre un étudiant en situation d'apprentissage sur son poste de travail distant du système piloté. Le micro-

casque lui sert à communiquer avec le professeur resté à coté du système.

2.2 Difficultés de mise au point des liaisons

La mise au point des liaisons distantes a nécessité la mise en place sur le site IUFM de Tarbes, par le service chargé de la gestion du réseau, de plusieurs adresses IP publiques pour un accès direct au réseau RENATER. Les services TICE du Rectorat de l'Académie de Toulouse, ont quant à eux autorisé

l'utilisation d'une adresse IP publique par l'établissement scolaire concerné, imposé l'utilisation d'un pare-feu autorisant la connexion aux adresses IP de la caméra et du coupleur Ethernet, et refusant toute autre connexion.

La figure 5 montre la configuration finalement opérationnelle, utilisée à l'occasion des travaux pratiques.



Fig. 5 : configuration opérationnelle

3 LES ACTIVITES DES ELEVES OU ETUDIANTS

Les activités proposées tenaient compte du niveau d'enseignement (pré- ou post baccalauréat) et des pré-acquis des élèves, mais comportaient une phase commune, guidée par une aide multimédia intégrée :

- découverte du système (approches fonctionnelle et matérielle),
- configuration du driver permettant de communiquer avec l'automate programmable industriel,
- mise en service et observation du fonctionnement du système, initialement paramétré par défaut,

- réglage à distance de l'oscilloscope, dont les entrées de mesure étaient déjà raccordées sur site,
- paramétrage du programme automate, observation puis interprétation du comportement du système.

4 OBSERVATION ET ANALYSE DES ACTIVITES DES ELEVES OU ETUDIANTS

Afin d'éviter le plus possible l'influence des pré-acquis des élèves ou des étudiants, deux questionnaires individuels leur ont été soumis, en début puis en fin d'activité. Il s'agit là de mesurer les variations de leurs avis, de leurs performances dues à la pratique de ce TP et non pas des avis, des opinions, des compétences ou des savoirs acquis avant le début de l'expérimentation. La plupart des questions du pré- et du post-test étaient les mêmes afin de mesurer les changements d'avis, de comportement...

4.1 Questionnaire de « pré-test »

Bien que différents, les questionnaires pour les deux catégories de public (étudiants BTS ou étudiants IUFM) comportaient en pré-test une partie relative au « profil informatique » des testés. Les questions étaient relatives :

- à la connaissance préalable de l'outil informatique,
- à leurs compétences initiales en informatique (connaissances, manipulation préalable ou non de webcams...),
- à leur taux de pratique (nombre d'heures quotidiennes) ou à leurs usages (recherche documentaire, mel, jeux...).
- à l'utilisation d'un logiciel de présentation assistée par ordinateur,
- aux compétences acquises dans l'utilisation du logiciel de gestion de l'automatisme industriel,
- à l'utilisation antérieure du système didactisé, en mode local,
- et aux avis a priori sur l'apprentissage à distance.

Ces questions et leur analyse devaient permettre de mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre leur « profil informatique » et les réponses aux autres questions, par exemple : la compétence initiale en informatique a-t-elle une influence sur l'avis initial d'un sujet sur la formation « pilotage à distance » ?

4.2 Questionnaire de « post-test »

En fin d'activité, les étudiants ont été amenés à reformuler l'objectif du TP, à faire état des difficultés rencontrées, notamment dans l'utilisation simultanée de différents outils informatiques et le pilotage de la caméra distante. Leurs avis ont été également recueillis sur l'utilité, l'aspect attrayant, l'efficacité de l'apprentissage à distance, par référence à l'apprentissage « traditionnel », en mode local, à proximité du système didactique.

Les questionnaires pour les étudiants IUFM incluaient des questions fermées, les mêmes en pré- et post-test, cotées par échelles de Lickert. Ces questions permettent d'évaluer la représentation avant et après le test, qu'ont les étudiants de l'utilité, de la difficulté du TP et de leur motivation. Il s'agissait là encore d'étudier les éventuelles corrélations entre le « profil informatique », les représentations sur la difficulté, l'utilité, la déclaration de motivation et les réponses aux questions ouvertes.

4.3 Analyse des réponses aux questionnaires

Les étudiants IUFM sont tous « plutôt des pratiquants informatiques ». Ils ne sont pas « super-spécialistes », ni « accro » des jeux, du chat... Il est probable que leurs réponses à la question de l'usage quotidien de l'ordinateur inclut pour certains l'usage « professionnel » en tant qu'étudiant préparant le concours de PLP.

Sur la difficulté, des avis partagés et stables.

Les étudiants IUFM se divisent quand on leur demande comment ils appréhendent le pilotage à distance d'un système avant la réalisation du TP. Six d'entre eux disent que cela semble assez difficile, et cinq assez facile. Les réponses données sont identiques lors que post-test sauf pour Etudiant 1 (qui passe d'assez difficile à assez facile). Il faut également noter que ces réponses ne semblent pas directement liées à une plus ou moins grande pratique ou maîtrise des outils informatiques. Par ailleurs, on constate que les étudiants IUFM qui jugent difficile la réalisation d'un pilotage à distance, attribuent pourtant un caractère motivant à l'usage de l'ordinateur en formation.

Une difficulté à identifier clairement l'objectif du TP.

A la question « *quel était l'objectif de ce TP* », la plupart des réponses croisent le contenu disciplinaire (le fonctionnement du transgerbeur) avec le mode de pilotage proposé (à distance) sans que les deux termes soient hiérarchisés. C'est le cas dans les réponses données par Etudiant 1 (« *découverte et utilisation du Transgerbeur à distance* »), Etudiant 2 (« *pilotage à distance du transgerbeur, mesure à distance via un oscilloscope, pilotage et visu d'une caméra* »), Etudiant 3 (« *réaliser des phases de stockage et de déstockage d'un transgerbeur à distance et relevé oscilloscope* »), Etudiant 4 (« *piloter à distance le système* ») et

Etudiant 5 (« *pilotage à distance d'un système transgerbeur* »).

Les réponses données par les autres étudiants IUFM ont ceci de particulier qu'elles identifient l'objectif du TP comme étant davantage orienté vers l'apprentissage du mode à distance en tant que tel que vers l'apprentissage du fonctionnement du transgerbeur. C'est le cas dans les réponses de Etudiant 6 (« *piloter un système via internet et visualiser le déplacement de la charge via internet* »), Etudiant 7 (« *visualisation d'une commande à distance* »), Etudiant 8 (« *piloter un système depuis un ordinateur, pour la télésurveillance et la maintenance* ») et Etudiant 9 (« *avoir des notions sur la commande à distance et sur ses limitations* »). L'on peut aussi constater que le transgerbeur est perçu comme un objet secondaire, un peu comme s'il était un système parmi d'autres, seulement prétexte à ce qui serait le principal objet du TP, l'apprentissage du pilotage à distance.

Les étudiants pensent avoir acquis des compétences en pilotage de systèmes à distance.

Cette tendance semble se confirmer dans les réponses données aux deux questions ouvertes qui suivent dans le questionnaire : on constate une prédominance de l'outil informatique permettant de commander et de contrôler le système à distance sur le contenu disciplinaire, le fonctionnement du transgerbeur. Ainsi, à la question « *que pensez-vous avoir appris* », les réponses mettent davantage l'accent sur les outils et opérations associés au pilotage et au contrôle d'un système à distance (Etudiant 1, Etudiant 6, Etudiant 7, Etudiant 2, Etudiant 4) que sur le fonctionnement du transgerbeur pour réaliser des opérations de stockage et de déstockage (seul Etudiant 5 met explicitement en avant cet apprentissage).

Les étudiants préfèrent un mode mixte présentiel-distanciel.

Nous retrouvons le même phénomène à la question « *auriez-vous préféré réaliser le TP en mode local, à proximité d'un système* » : 6 étudiants IUFM répondent négativement pour des motifs divers (Etudiant 1, Etudiant 6, Etudiant 7, Etudiant 8, Etudiant 9, Etudiant 2, Etudiant 3), un seul ne se prononce pas (Etudiant 10), et 2 répondent positivement (Etudiant 4, Etudiant 5) avec des motifs qui n'opposent d'ailleurs pas le mode à distance au mode local. La réponse de l'un marque une curiosité de voir fonctionner le système en direct, la réponse de l'autre indique la volonté de comparer les deux modes pour mieux apprécier l'apport du pilotage à distance.

Comment analyser cette tendance dans les réponses des étudiants préparant le concours PLP électrotechnique ?

On peut relever que Etudiant 1, Etudiant 6, Etudiant 7 et Etudiant 9 ont en commun de mettre l'accent, dans ce qu'ils pensent avoir appris à l'issue du TP, sur le pilotage à distance, alors même qu'ils n'ont jamais travaillé sur le transgerbeur en mode local. Doit-on y

voir l'effet de la nouveauté par rapport à des situations de formation plus familières ? L'effet « motivant » de l'utilisation d'un ordinateur ? (ils s'accordent tous pour juger cet usage assez utile ou très utile).

Le sentiment d'une plus grande utilité (pour eux et pour les élèves) du pilotage à distance (plus proche des situations réelles en entreprise ?) n'aurait-il pas effacé les enjeux d'apprentissage spécifiques au fonctionnement du transgerbeur ? Pour pouvoir répondre à ces questions, il faudrait observer le niveau de compréhension et de maîtrise du système étudié pour vérifier si les opérations et les contraintes propres au mode de pilotage à distance n'ont pas masqué les acquisitions nécessaires à la maîtrise du système, indépendamment du mode de pilotage choisi. Si tel était le cas, on serait en présence d'un phénomène connu : les moyens utilisés dans l'apprentissage (ici les opérations qui permettent le pilotage à distance) deviennent un objet d'apprentissage à part entière en raison de leur caractère attractif.

4.4 Les tendances mises en évidence par l'analyse des questionnaires

L'exploitation des questionnaires de pré- et de post-test met en évidence un certain nombre de tendances, qui confirment ou infirment des résultats issus d'études précédentes :

- une certaine stabilité des avis entre les résultats du pré et du post test,
- une certaine homogénéité des avis des étudiants de BTS et des étudiants IUFM, il n'y a entre eux qu'un écart de 1 ou 2 ans !
- une stabilité d'évaluation de la difficulté ou une légère régression (« *finalement c'était plus facile que je ne le croyais* »), alors que les étudiants sous estiment généralement la difficulté d'une telle activité, la confondant avec l'usage de l'ordinateur
- l'utilité pour la préparation du concours ou pour la formation à plus long terme sont stables sinon en légère régression (« *finalement, c'est moins utile que je ne le pensais* »). A noter que ce point pourrait être fortement nuancé par le passage des épreuves orales du PLP Electrotechnique, où il semble que les compétences en paramétrage de systèmes à distance soient de plus en plus demandées,
- la relative insuffisance du pilotage à distance qui ne semble pas suffire pour les apprentissages, les étudiants choisissant majoritairement et sans bien la connaître, une formule mixte (distanciel et présentiel). L'évolution avant/après se fait plutôt dans le sens distanciel vers mixte, ce qui est de nature une fois de plus à redonner toute sa place à l'enseignant,
- la nécessité d'une clarification des objectifs de l'activité proposée aux élèves ou étudiants,

leur permettra de mieux identifier la part d'apprentissage des outils de gestion et d'observation à distance du système didactisé . Une fois ces outils devenus « transparents », la part d'apprentissage « classique » porte ici sur le réglage de trajectoire de trois axes numériques fonctionnant simultanément.

CONCLUSION

La mise en oeuvre du TP « transgerbeur à distance » est similaire à celle d'un TP « présentiel », mais elle nécessite à l'évidence une implication supplémentaire très importante de l'enseignant pour la mise au point de l'interface informatique :

- le paramétrage du réseau (ouverture de ports, protections),
- les tests de connexion à distance,
- la résolution de dysfonctionnements inattendus, inhérents à la nature même du réseau internet.

De fortes compétences dans le domaine des Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement sont indispensables pour ce genre de projet. La mise en place du Certificat Informatique et Internet Niveau 2 Enseignant (C2i2e), devenue obligatoire en formation initiale des enseignants, constitue un début de solution. Il semble toutefois primordial qu'au niveau d'un établissement scolaire, le responsable de projet puisse être également administrateur du réseau du lycée. A défaut, un contact privilégié avec cette personne doit être établi par l'enseignant.

La taille réduite de la population rend les interprétations des résultats assez difficilement généralisables. Néanmoins, la réaffirmation indéniable de la place de l'enseignant dans les séquences d'enseignement, le fait que les étudiants privilégient dans leur quasi unanimité les formules mixtes plutôt que le « tout ordinateur » est de nature à rassurer, reconforter, conforter... les enseignants que nous sommes, sur leur place, leur utilité et ...leur avenir.

BIBLIOGRAPHIE

[1] « Conception d'une chaîne d'acquisition virtuelle à but didactique », F. Robert et C Boey, p357, CETSIS 2003, Toulouse

[2] « Développement d'une chaîne d'acquisition virtuelle suivant un formalisme à trois niveaux », Alexis Vander Biest, Cédric Boey, Antoine Nonclercq, Frédéric Robert, CETSIS 2005, Nancy

[3] « L'Instrumentation Virtuelle comme outil pédagogique », Philippe BAUCOUR, CETSIS 2005, Nancy

[4] « Mesures automatiques en électrotechnique », E. David, A. Dworak, F. Louboutin et G. Stevenard, p115, CETSIS 2003, Toulouse

[5] « Régulation de vitesse pour MCC : choix d'un contrôle à distance », TAUVEL A., FLETY E., CETSIS 2005, Nancy

[6] « TD/TP d'automatique à distance : comment assurer une interactivité avec l'enseignant ? », D. Theilliol et J.C. Ponsart, p401, CETSIS 2003, Toulouse

[7] « Un centre de ressources virtuel partagé », T. Zimmer, D. Geoffroy, M. Billaud et Y. Danto, , p443, CETSIS 2003, Toulouse

[8] « Contrôle et Supervision à Distance : Réseaux Industriels, Internet et Sécurité », BAJIC E., BELLOT O., DOUCHIN O., SAUNAL Ch., CETSIS 2005, Nancy