



Quatrième École Thématique du CNRS sur les EIAH

**Simulation, réalités virtuelles et augmentées pour les apprentissages professionnels**

Du dimanche 2 au vendredi 7 juillet 2006 à La Grande Motte

## **Atelier 1**

*Simulation dans les Travaux Pratiques à distance*

Arnaud Lelevé, Pascal Leroux

# Quatrième École Thématique du CNRS sur les EIAH

## Atelier **Simulation dans les Travaux Pratiques à distance**

**Arnaud LELEVE  
Pascal LEROUX**

# Au menu



- ▶ **Introduction sur les téléTPs**
- ▶ Travail de conception d'un téléTP virtuel
- ▶ Synthèse des travaux
- ▶ Discussion et perspectives

# Introduction

- ▶ Modes d'enseignement à distance
  - ▶ téléCours,
  - ▶ téléTD,
  - ▶ TéléProjet, jeu d'entreprise, téléTP  
(en autoformation ou tutorée)

théorique



pratique



# Introduction



- ▶ TéléTPs = Travaux Pratiques à distance
- ▶ Télé-TPs  $\Leftrightarrow$  Electronic laboratories
  - ▶ système réel  $\Leftrightarrow$  Remote laboratories
  - ▶ **système virtuel  $\Leftrightarrow$  Virtual laboratories**
- ▶ Logiquement, *pratique*  $\Leftrightarrow$  système réel
- ▶ Historiquement, téléTPs basés sur simulation = **abus de langage ?**

# Introduction

- ▶ Ce qui motive à faire du téléTP réel
  - ▶ besoin d'**activité pratique** dans toute formation scientifico-technique
  - ▶ **partage** de ressources lourdes et onéreuses
  - ▶ le recours à une “*télé-IHM*” permet:
    - ▶ d'ajouter des informations complémentaires sur le processus
    - ▶ d'offrir une aide automatique contextualisée



# Introduction



- ▶ Ce qui pousse à faire du virtuel
  - ▶ systèmes physiques
    - ▶ trop grands  
(astronomie, tests de soufflerie sur le TGV)
    - ▶ trop petits  
(microrobotique, biochimie)
    - ▶ trop rapides  
(balistique, électromagnétisme),
    - ▶ trop lents  
(systèmes thermiques, à grande constante de temps)
    - ▶ inaccessibles visuellement  
(l'intérieur d'un système complexe et fermé, ex: vérin hydraulique)
  - ▶ pour des questions de sécurité  
(chaîne de production)

# Introduction



## ▶ Les limites du télé-TP

### ▶ simulation forcément d'après un **modèle**

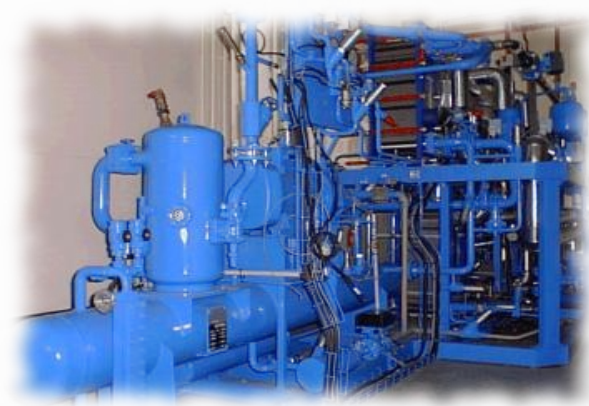
- ▶ qq équations suffisent pour l'illustration d'une théorie
- ▶ mais plus difficile pour représenter un phénomène naturel ou complexe

### ▶ le modèle

- ▶ + il est complexe  
(prise en compte de l'environnement et de nombreux aléas)
- ▶ + il doit faire appel à des **techniques** différentes  
(système linéaire + discret + logique floue + réseaux de neurones, ...)



# Introduction



- ▶ Modèle difficile à faire évoluer pour prendre en compte de nouvelles situations  
⇒ usine à gaz
- ▶ **Perte de sensations** (tactiles, kinesthésiques, ...)
  - ▶ ôte du sens à l'observation et à la manipulation
  - ▶ peut empêcher l'utilisateur de comprendre ce qu'il fait malgré des artefacts technologiques (représentations 2D, 3D, ...).

# Introduction architecture



## ▶ Positionnement du simulateur

▶ **Distribué** : chaque poste apprenant fait tourner sa simulation

### ▶ **Intérêts**

- ▶ disponibilité
  - ▶ simulation accessible hors connexion internet
- ▶ distribution des ressources informatiques
  - ▶ pas besoin d'un gros serveur

### ▶ **Inconvénients:**

- ▶ valable quand le simulateur n'est pas trop gourmand (typiquement une applet JAVA)
- ▶ pas de communication synchrone de la simulation avec les autres postes apprenants et tuteur

# Introduction architecture



## ▶ Positionnement du simulateur

### ▶ Centralisé : 1 programme sur 1 serveur

- ▶ mono/multi utilisateur simultanés

#### ▶ Intérêts

- ▶ coopération synchrone de la simulation entre les postes apprenants
- ▶ **supervision synchrone par le tuteur**
- ▶ commutation possible entre système réel / virtuel si mêmes interfaces de commande

#### ▶ inconvénients

- ▶ centralisation sur 1 machine
  - ▶ pb de robustesse
- ▶ nécessite une connexion réseau

# Au menu



- ▶ Introduction sur les téléTPs
- ▶ **Travail de conception d'un téléTP virtuel**
- ▶ Synthèse des travaux
- ▶ Discussion et perspectives

# Travail de conception d'un téléTP virtuel



- ▶ Concevoir un téléTP virtuel
- ▶ destiné à un public de lycéens
- ▶ illustrant le fonctionnement de la régulation de la température d'une pièce d'habitation.
- ▶ Cette pièce comporte
  - ▶ une fenêtre équipée de volets roulants électriques
  - ▶ un éclairage halogène
  - ▶ un ordinateur de bureau
  - ▶ une à plusieurs personnes

# Travail de conception d'un téléTP virtuel



- ▶ Préciser les **objectifs** pédagogiques
- ▶ Définir un **scénario** pédagogique
- ▶ En déduire les **besoins** en terme de simulation

# Au menu



- ▶ Introduction sur les téléTPs
- ▶ Travail de conception d'un téléTP virtuel
- ▶ **Synthèse des travaux & démo**
- ▶ Discussion et perspectives



# Démo...

- ▶ **objectifs** pédagogiques

- ▶ Comprendre le modèle thermique d'une pièce
- ▶ Comprendre la régulation thermique par thermostat





# Démo...

## ▶ scénario pédagogique

- ▶ Présentation du contexte et des objectifs
- ▶ Questions de culture générale sur la température
- ▶ Apprentissage usage du simulateur
- ▶ Usage du simulateur pour mettre en évidence:
  - Dépendance à la température ext, volume, isolation, sources de chaleur
- ▶ Questions de validation de compréhension
- ▶ Usage du simulateur pour comprendre le fonctionnement du radiateur
  - En faisant varier la température désirée, la puissance du radiateur

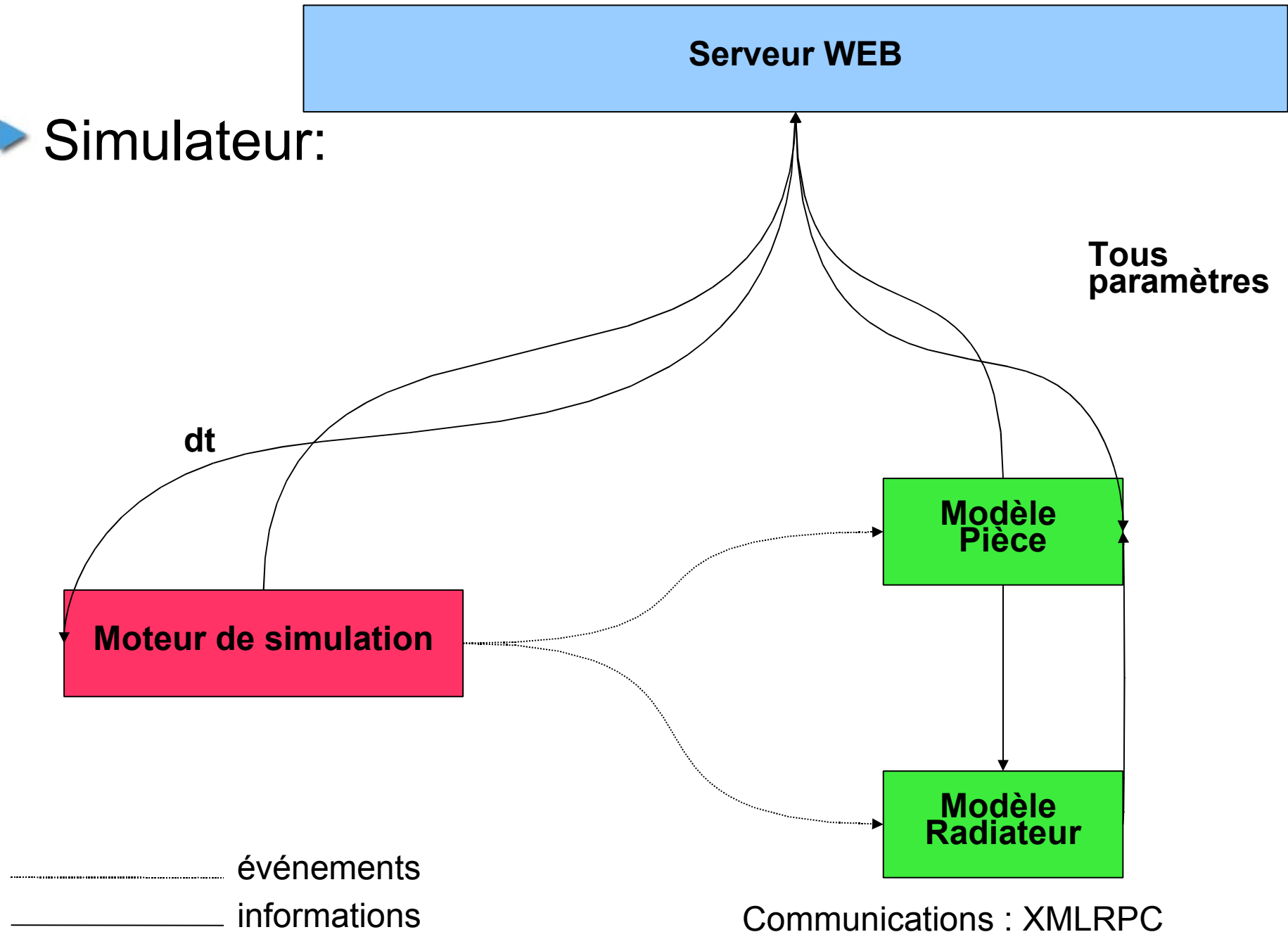


# Démo...

- ▶ **besoins** en terme de simulation
  - ▶ Simulateur avec base de temps réglable
  - ▶ Modèle thermique de la pièce
  - ▶ Modèle fonctionnel du radiateur
  - ▶ Serveur web pour y accéder

# Démo...

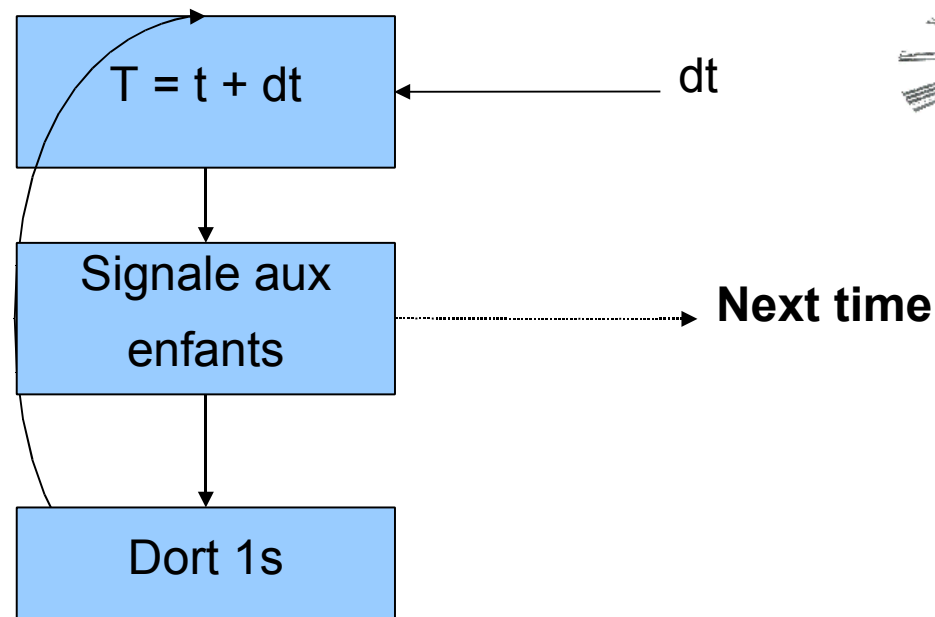
## ► Simulateur:



# Démo...

## ► Simulateur:

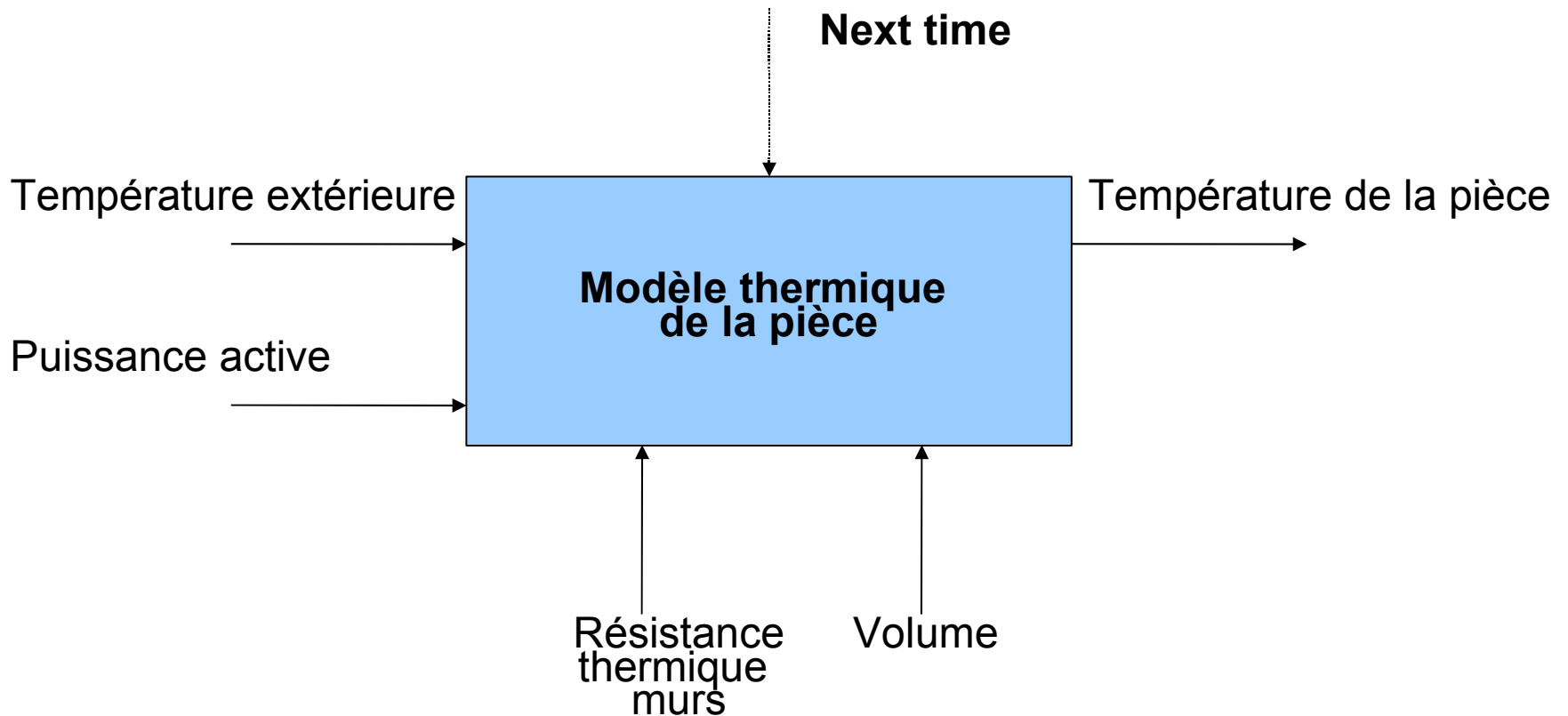
<http://www.icct.insa-lyon.fr:8008/generic/simBoard.html>



# Démo...

## ► Modèle de la pièce:

<http://www.icct.insa-lyon.fr:8008/generic/houseBoard2.html>



# Démo...

- ▶ Modèle thermique de la pièce:
- ▶ Expression temporelle :

$$J * \frac{dT(t)}{dt} = P(t) - \frac{T(t) - T_{ext}(t)}{R_t}$$

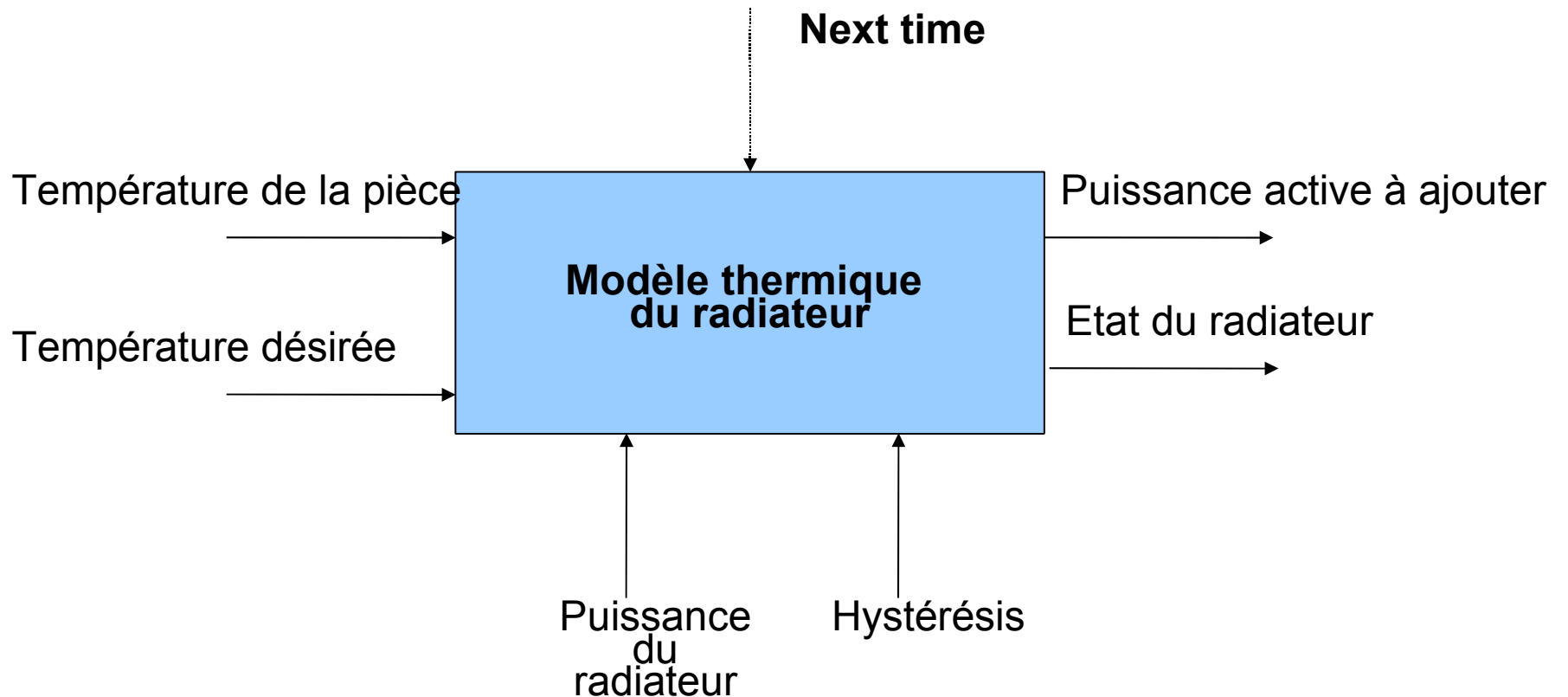
- ▶ Expression discrète:

$$T[k+1] = a.T[k] + b.T_{ext}[k] + c.P[k]$$

# Démo...

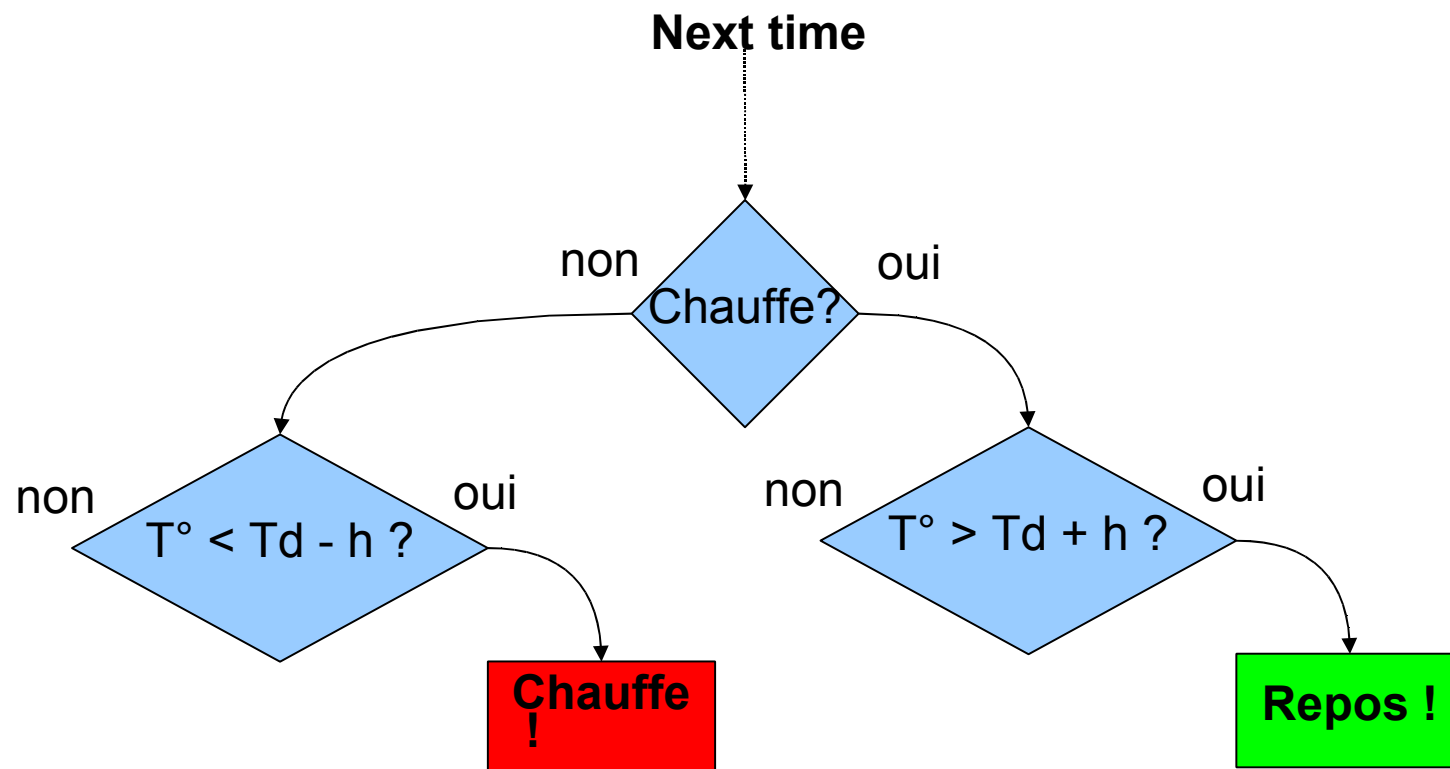
## ► Modèle du radiateur:

<http://www.icct.insa-lyon.fr:8008/generic/radiatorBoard2.html>



# Démo...

- ▶ Fonctionnement du radiateur:







# Démo...

- ▶ Aspects techniques:

- ▶ Moteur IMS LD: **LAMS**

- ▶ Adresse: <http://icct-srv2.insa-lyon.fr:8080/lams>

- ▶ Login : demoX / demoX, X = 1...9

- ▶ Simulateur:

- ▶ 10 instances en // (serveur web redirige selon @ IP)

# Au menu



- ▶ Introduction sur les téléTPs
- ▶ Travail de conception d'un téléTP virtuel
- ▶ Synthèse des travaux
- ▶ **Discussion et perspectives**

# Discussion



- ▶ Intérêts pédagogiques de l'usage de la simulation à distance ?
  - ▶ aspect collaboratif
    - ▶ apprenants agissent conjointement sur le système simulé
  - ▶ tuteur surveille la simulation et peut ajouter des perturbations
- ▶ Quel type de téléTP utiliser dans quelles conditions ?

# Discussion



- ▶ La place du simulateur dans l'environnement pédagogique (LMS) ?
  - ▶ Réutilisation des ressources du LMS (gestion pédagogique générique)
    - ▶ conditions d'accès, outils de communication, évaluation,
  - ▶ Utilisation en tant que ressource
    - ▶ pour n'importe quel scénario pédagogique
    - ▶ En tant que illustration/démonstration
  - ▶ Interactions
    - ▶ env->sim: paramétrage en fonction des objectifs pédagogiques
    - ▶ sim->env: transmettre les perfs de l'apprenant pour l'évaluation

# Discussion



## ▶ A quoi bon normaliser et quoi ?

### ▶ Scénarisation

#### ▶ indépendance scénario / simulateur

- ▶ plusieurs scénarios possibles pour un même simulateur
- ▶ encore + fort
  - ▶ plusieurs scénarios pour une classe de simulateurs équivalents (même système représenté, mêmes fonctionnalités de simulation)

### ▶ Simulateur

#### ▶ utiliser le même langage dédié à cet usage

- ▶ mais c'est la nature des modèles qui impose le type de moteur de simulation (temps réel/différé, discret, linéaire, NL, logique floue, ...)



## **Teleassistance of Trainees in an SME A Case Study**

VIVET Martial<sup>1</sup>, LEROUX Pascal<sup>2</sup>  
HUBERT Olivier<sup>3</sup>, MORANDEAU Josette<sup>4</sup>

### **ABSTRACT**

PLUME is a project which includes experimental training and research about the use of pedagogical micro-robotics in a computer resource centre in a small business. The training takes place in a small business in the town of SAUMUR for low-skilled manual workers. It is conducted by two training centres and a computer science laboratory.

The experimental training consists of a local training process which is realized in the small business and teleassistance of the trainees with teachers who are in the towns of LE MANS and NANTES (90 km from SAUMUR). Teleassistance is a form of distance help including telephone help and computer-based distance assistance. It is this teleteaching aspect that we develop in this paper.

We describe the training organisation and the articulation between the local and distance training activities. The case study is of a micro-robotics task using a distance approach. We have developed a distance teaching system based on telephone lines and teleassistance software.

We have defined a scenario of the intervention between a group of trainees and teachers and defined a typology of telephone calls. We make many observations about the influence of this distance training on the attitudes of the trainees and on their progress.

A few questions remain unanswered but we find that this kind of teaching provide a good solution for small businesses in the areas of new skills and training inside the factory.

---

<sup>1</sup> LIUM, Université du Maine, Avenue Olivier Messiaen, BP 535, F 72017 LE MANS cedex

<sup>2</sup> LIUM, Université du Maine, Avenue Olivier Messiaen, BP 535, F 72017 LE MANS cedex

<sup>3</sup> AFP, Services Centraux, Avenue Olivier Messiaen, BP 282, F72006 LE MANS cedex

<sup>4</sup> FORMATIQUE MULTIMEDIA, 6 boulevard Le Lasseur, F44000 NANTES

## **1. Introduction**

The project PLUME has been designed to study the use of pedagogical micro-robotics in experimental training within a computer resource centre. The project links several very different partners such as the computer science laboratory of the University of LE MANS (LIUM), two training centres (AFP, FORMATIQUE MULTIMEDIA), a small business in the town of SAUMUR (MARTINEAU S.A.) and other organisations (Regional Chamber of Commerce and Industry of the Pays de la Loire, Ministry of Research). You will find more information about the project PLUME and about the regional approach to promote Distance Learning for SMEs in [PARMENTIER 1993].

The goal of this paper is to describe the training context and to develop the teleteaching aspect of the experimental training particularly in the case of the micro-robotics task.

## **2. Description of the training context**

### **2.1. Description of the industrial context**

#### **2.1.1. The business**

MARTINEAU is a small family business specialising in the production of religious medallions, pins and key rings. The production process is traditional with only one fully automated machine. Eighty-three employees work in this company. Most are low-skilled manual workers.

#### **2.1.2. The training problem**

The business will have to adapt its production process to keep its markets. The improvement of the process will be realized by the introduction of new technology such as more fully automated machinery and computers. Therefore the training has been designed to prepare the workers for the future by helping them to use these new technologies.

#### **People to be trained**

Among the low-skilled manual workers fifteen are volontiers taking part in the training. Their education has only been to a basic secondary level.



## Content

The training is mainly based on the acquisition of basic competence in reading (studies of text), writing (vocabulary, grammar), arithmetic and problem solving. The technical content is oriented towards Computer Integrated Manufacturing (CIM). Another part of the training is the development of communication skills.

## Constraints

The training should be adapted to the trainees. It is for this reason that each trainee has defined with the teachers an individual training plan taking into account his/her school level and his/her personal goals. This personal training is realized through the use of Computer Based Training (CBT) or Computer Assisted Learning (CAL) software.

The training must not disturb the production too much. Also SAUMUR is 90 km from LE MANS and NANTES where the teachers are based. For these reasons teleassistance of the trainees is used here.

## **2.2. Description of the training organisation**

### **2.2.1. Management of time/Management of groups**

The training is a combination of distance and local training sessions. During the local training sessions all the teachers and trainees are present in the firm's premises. The trainees are separated into five groups of three people. Each activity is conducted by one or two teachers with one, two or three groups. The local sessions take place every fortnight.

Each week the trainees have two hours to work their individual training plan or to continue their activities in a group. The decision as to who does what is taken by the teacher. They work in the factory and they can ask teachers in LE MANS or NANTES for help in relation to their tasks.

### **2.2.2. Composition of groups**

The groups are arranged by taking into account the level of the trainees and their activity in the firm too. For the local training session all the trainees are present. So the production process is slowed down. But the distance training session must allow continuity in the production process so few people can be

absent. Usually the trainees in a group do not have the same activity unless their absence would not disturb the production process rate.

In the case of distance teaching the rhythm of training activities is linked to the rhythm of production needs. Therefore only one group is in a distance session at a time. The days and the schedules of the distance sessions are arranged by taking production into account.

### **2.3. Description of the learning context**

#### **2.3.1. Internal centre of resources**

The resource centre is an isolated room in the factory where the learning documents and computers are. The computers are used either for CBT and CAL software or to activate micro-robots. The computer and the micro-robots are useful for the new technology aspects of the training.

The trainee also has here the means to communicate with the teachers during a distance session (e.g. telephone, minitel).

#### **2.3.2. Human resources**

The teachers from LE MANS (AFP and LIUM) are responsible for the technological approach through the use of micro-robots. The teachers of FORMATIQUE MULTIMEDIA manage the basic competence training, the communication activities, the individual training plans and the use of CBT and CAL software.

Nevertheless all the teachers often work together in order to find links between the different activities. With respect to the kind of work being carried out, the trainees know the kind of teacher that they must telephone to get help: a general teacher or a technical teacher.

## **3. Case Study**

### **3.1. Description of the tasks**

The training activities are composed of tasks: one is to teach the use of logic problem solving, another uses a lot of CBT and CAL software so that the trainees acquire knowledge individually in relation to their needs. There is also

a communication task to teach both oral and written skills (e.g. production of documents by the trainees about their work).

The last task is on pedagogical micro-robotics. The micro-robots are built from FISCHER-TECHNIK bricks and activated with LOGO primitives from a computer. The activities realized here with the trainees are: activating of micro-robots, building of micro-robots from diagrams and conception from a specification of the robot made by the teacher for the trainees [VIVET 1992]. A lot of work [VIVET & al 1990, VIVET & al 1991] has been done on the use we have made of such tools to retrain low-skilled workers learning CIM.

For all these different tasks distance work has taken place. But we focus here only on the micro-robotics task using a distance approach.

### **3.2. Distance teaching organisation**

#### Hardware & software tools

Two telephone lines are used for the physical organisation of the distance teaching : one for the communication between the teacher and the trainee and a second for the connection between computers. An automatic answerphone is connected to the teacher's telephone in LE MANS.

The link between the computers (PC 386) is realized through minitel 1B, with software called SAGA© developed by OUTLAND<sup>5</sup>. The communication speed is 1200 bps.

In a first mode, SAGA© allows you to take control of a remote system, to give control to a remote system or to put your computer at the remote correspondent's disposal. Thus remote correspondents can take control of your computer when you are absent. For these different modes one computer is the master and the other is the slave. The slave keyboard is inactive while the master computer has control of the slave computer.

The last mode of SAGA© is when a remote learner has some problems during his/her work and wants help. It is possible to intervene with SAGA© directly during the execution of the program without jamming the slave keyboard. Thus the master and the slave see the same screens and can work on the same software. Nevertheless they must manage their interaction to avoid

---

<sup>5</sup>OUTLAND, 2 Bis rue Robert le Ricollais, Cap Ouest, Immeuble C, F44304 Nantes cedex 03 FRANCE

access conflicts which occur when they work at the same time. This access management can be realized with a second telephone line or with communication windows which can be opened from the SAGA© software.

We use this last mode to help the trainees in SAUMUR. We help them to use the programming language LOGO, to correct their running programs and to drive their micro-robots. Activating a micro-robot which is in SAUMUR from a LE MANS computer is very easy.

### Human organization

For the distance training session in micro-robotics, the trainees work in groups: only one group of three trainees for each distance session. One teacher is available (immediately or at a later time) remotely every week on Monday and Thursday.

### 3.3. Scenario

When a group of trainees asks for distance help, the scenario is always the same. The group encounters problems with their micro-robot or the computer. They call the teacher. The teacher does not answer even if he/she is present. This is so that the trainees consider the messages they leave for the teacher, give a good diagnosis and a correct formulation of their problem. The teacher studies the received messages and gives some feedback.

At this point, two situations can arise: either the help given by telephone is sufficient or not. If it is sufficient then the teleassistance is finished. Otherwise the teacher intervenes on the computer of the trainees thanks to the second telephone line and the SAGA© software after a simple manipulation made by the trainee (calling the teacher and typing two keys). Thus the teacher can activate the trainees' micro-robot or modify driving primitives. The teacher can also ask the trainees to type commands in order to help directly.

### 3.4. Typology of telephone calls

A lot of telephone calls have been studied and we have defined a typology of telephone calls.

#### **Technical telephone calls**

- mechanics help
- programming help
- diagnosis help

### **Psychological/Sociological telephone calls**

putting the trainee's mind at ease

confirming orders

feedback from the trainees saying that everything is all right

arbitration among the group (problem of communication in the group,

arbitration in the choice of a solution)

### **Pedagogical telephone calls**

what to do now ?

organisation of activities

This typology of telephone calls will help us defining the kind of help that the teacher can provide to the learners, and possibly allow us to direct calls to the most appropriate teacher if many are available.

## **4. Results**

### **4.1. Observations**

The organisation of the distance intervention is simple, efficient and runs without major problems. One of the advantages of this organisation is that the tools are the same in the firm and the teacher's office and they are cheap. Enabling direct intervention on the trainee's micro-robot and computer is very easy and avoids many difficult telephone conversations.

The teleassistance software runs without problems with text screens. With the graphical screens it is not so simple. Fortunately the LOGO programming language used for the micro-robotics activity shows only text screens.

We have assessed the progress of trainees through the content/frequency/length/quality of their messages. At the beginning the communications were very long (from fifteen to forty-five minutes) to solve a problem and the trainees were having many difficulties in diagnosing their problems. For the later teleassistance the diagnosis messages were clearer and the communication shorter (maximum fifteen minutes).

Working by distance the diagnosis of problems is very efficient. The trainees cannot use diagrams or show objects to the teacher. They describe the situation and problem orally. When they have described their problems, they often understand the problem better and can accept the solution provided by the

teacher more easily. In this case the acquisition of new ideas is also facilitated because the trainees know why they are useful.

A second advantage in carrying out the remediation by telephone is the work of oral communication. Coordination with the communication task is very easy and the progress quickly realized.

#### **4.2. Questions**

The cost of all the communication must be calculated to know if the intervention of the teachers is cheaper in a distance training session than a local training session. Already we can say that distance training is a time saving for the teacher who need not go to the factory.

When should the teacher intervene? Must he/she always be in his/her office? The positive result we got with deferred intervention via automatic answerphone seems to contradict the need for real time intervention. In a first telephone call the group describes the problem. After ten minutes the group has left another message in which they have explained that the problem has been solved. Describing their problem has allowed them to understand the problem better and helped to solve it.

What knowledge about the situation must the teacher have to give good distance assistance? In this experiment the technical teachers know the micro-robots, the groups and the working context before any distance intervention. What would the results be if the teacher had only knowledge about the activities without information about the trainees and the training context?

## **5. Perspectives**

More specialised forms of assistance could be possible. For example, the kind of help coming from a training centre could be different from the help coming from the University. A technical teacher would give the help for technical telephone calls. Another teacher specialised in organisation would intervene for the pedagogical and psychological/sociological telephone calls. The typology of telephone calls will help us to define the specialised forms of assistance.

Cooperation between experiments becomes possible with different groups of trainees who are not in the same place. Different training centres could share the results of their activities. Thus the different groups of trainees could share their driving primitives, their experiment and help each other by teleassistance tools, as used in the PLUME experiment. An example of a network of elementary schools which already share driving primitive files is given in [BRES 1992].

## **6. Conclusion**

We have carried out a training experiment in a small business where the teleteaching approach runs efficiently. The teleassistance of the trainee is easy, cheap and is a real support for the trainees to train them in oral communication and problem diagnosis. At the same time they acquire new knowledge.

There are a lot of Martineau-like businesses in Europe and across the World. This kind of distance training reduces the costs of increasing urbanisation and rural depopulation, by keeping economic activity in rural areas. Such a training scenario inside small businesses which are far from cities and training centres is one way to achieve this aim. This new kind of training which combines local and distance training activities also enables small businesses to acquire new skills and to retrain their workers without disturbing the production process. All economic and social influences must be studied.

We must analyse all the observations and data of this experimental training in order to understand how to combine local and distance training activities better, to understand the attitudes of the trainees and to define more precisely the technical problems with distance tools. Thus we will be able to define more clearly what distance training should be like taking into account the problems of the businesses and the needs of the trainees without forgetting the problem of teacher intervention (time, trips, costs).

## **7. Acknowledgements**

Thanks are due to the French Ministry of Research and Space, MARTINEAU company, the training centres AFP and FORMATIQUE MULTIMEDIA, the Regional Chamber of Commerce and Industry for the Pays de la Loire, the Chamber of Commerce and Industry for the town of SAUMUR, the Interformation Pays de la Loire and The Délégation Régionale à la Formation Professionnelle who jointly supported this research.

## **8. References**

**[BRES 1992]** Bres, J.C.: Robotics and telecommunications within the framework of computerized educational environment (experience of the Ecole active active of Malagnou in Genève). NATO Advanced Research Workshop, Control technology in elementary education, LIEGE, Belgium, 17-21 November 1992

**[DELTA ETEE 1991]** DELTA ETEE N°7122-D1018 Phase one final report, part one and part two (volume one and volume two). This report is available in EEC commission

**[PARMENTIER 1993]** Parmentier, C: A Regional approach to promote Distance Learning fo SMEs. Submitted to TeleTeaching 93, Trondheim, Norway, August 20-25, 1993

**[VIVET & al 1990]** Vivet, M., Bruneau, J., Parmentier, C.: Learning with micro-robotics activities. NATO, Advanced Research Workshop, Eindoven, October 9/12 1990, in "Integrating Advanced Technology into Technology Education", NATO ASI series, Vol. F 78, pp.139-148: Springer

**[VIVET & al 1990]** Vivet, M., Claudon ,A.C., Navas, C.: Open and Distance Learning - A Description in order to Pin Point. The Quality. SATURN, Quality Working Group

**[VIVET & al 1991]** Vivet, M., Parmentier, C.: Low qualified adults in computer integrated enterprise: an example of in service training. IFIP TC3/WG3.4, Alesund, Norway, 1-5 July 1991, in "TRAINING: from Computer Aided Design to Computer Integrated Enterprise", B.Z. Barta and H. Haugen eds, North-Holland 91, pp. 261-272



**[VIVET 1992]** Vivet, M.: Educational Uses of Control Technology. NATO Advanced Research Workshop, Control technology in elementary education, LIEGE, Belgium, 17-21 November 1992

# A GENERIC, DISTANT AND COLLABORATIVE EXECUTIVE SYSTEM IN EXTENDED ENTERPRISES

Christophe Gravier\* Jacques Fayolle\*\*

\* 23, rue du docteur Paul Michelon, Saint Etienne, France

\*\* 23, rue du docteur Paul Michelon, Saint Etienne, France

Abstract: In this paper, we are aiming at providing a complete, platform independent, framework, for the remote control of high technological instruments in extended enterprises. There is no denying that the future of executive systems is made of security, scalability, authentication, "real time" accesses, multi-platform and multi-users. Of course, this implies to deal with the needs of the architecture being able to supply the corresponding system. Meanwhile, such architecture could provide new possibility for remote manufacturing such as partial device loan (if the human computer interaction could fit into a given context). Finally, we will expose Human Computer Interactions challenges for our collaborative and clearance-based executive systems. Copyright ©2006 IFAC

Keywords: executive systems, collaborative systems, human computer interaction, extended enterprise, middleware, remote laboratory.

## 1. INTRODUCTION

There is no denying that extended enterprise has the challenge to overcome global economy issues (Browne *et al.*, 1995). That is to say that high technological (expensive) instruments, cannot always be controlled *in situ* and/or cannot always be satisfied by an investment each time. There are not so many companies which are able to (and willing to) afford all the amount of instruments they need. Moreover, it may occur a punctual need to access to a given resource (once for all) that would not justify an investment. This is even more relevant in the formation point of view, where the devices used are usually the ones that were once in production context and are mostly not in this context any more (most probably because it would imply to double each investment, in order to have a *replica* for each platform devices in production). Moreover, still in the pedagogical field (for workers in enterprises), ideally the user would not be a single person but

a group of learners. What is proposed here is a collaborative platform, *above* any kind of device it has to access, in order to be able to supply an executive system as well as a pedagogical platform. Accessing an instrument from a distant computer will allow enterprises to save money by :

- *execute* and *control* distant industrial processes,
- *teach* its employees through a real-time collaborative and progressive learning and/or real production platform,
- make a *return on investment* by a loan of device to another enterprise or a public laboratory who paid for it

Our platform tries to achieve what we called "eInstrumentation". That is to say a remote control of devices over the Internet, providing computer supported collaborative work and HCI adaptation regarding the context of use. This paper will deal with the need of executive systems in extended

enterprises (regarding requirements). Next, the architecture of a the solution proposed will be presented. In the end, Human Computer Interaction issues will be discussed, as this is a crucial and innovative response to the issues listed above.

## 2. EXECUTIVE SYSTEMS IN EXTENDED ENTERPRISE

### 2.1 *Group awareness for collaboration accesses*

Specifications and objectives of our platform ("eInstrumentation") are going to be explained. The stress will be put on the explanation of the functionalities requested. This is mandatory for illustrating how the architecture is designed. The first application-level objective is to provide a "Group Awareness" application (Lukosch and Roth, 2001). Researchers in Computer-Human Interactions, and more especially in Computer-Supported Collaborative Work (CSCW), studied "how distributed developers maintain group awareness" (Gutwin *et al.*, 2004). Not only those works aim at managing multiple accesses to distributed applications (mainly those with potentially more than two users at one time) but are also providing to the user informations on what is being made by a "co-user". Both users are thus being able to clearly see and understand what the other(s) is(are) doing. This is typically what eInstrumentation achieves: all users are be able to see how one of them is manipulating a device, as well as being able to manipulate it themselves, which is very valuable in a pedagogical aspect.

### 2.2 *Platform requirements*

Nevertheless, all users may not be allowed to have the same clearance of access to an instrument. This lead the second objective: security must be guaranteed (think about the price of such instruments, the key role they play and the value of the potential loss of production). EInstrumentation offers the opportunity to think of access rights as roles (near group notion) instead of as individuals. EInstrumentation really focus on three fields of security: integrity, authorization and authentication. Indeed, the architecture is scalable (it must support several users accessing severals instruments at the same time), multi-platform, reliable, and adapt its behavior to user context (some users should not be granted the same view, the same amount of information and the same representation of the instrument depending on the role they play in the extended enterprise and/or the price they have chosen to pay for a given clearance, in case of other enterprise/public laboratory accessing the device).

From those needs can be deduced that some distributed mechanisms had to be provided in order to keep the business logic that access the instrument server-side, and manage the authentication and authorization on the instrument client-side. The aim is to find a middleware that would be as transparent as possible for both users and developers. The definition of middleware (Bernstein, 1996) used in eInstrumentation settles that a middleware is a link between the application server and the operating system.

## 3. EINSTRUMENTATION ARCHITECTURE

### 3.1 *eInstrumentation's Middleware*

This reflexion lead us to try some different middleware, that is to say:

- the well known Remote Procedure Call (*RPC*) abstraction, in its classical form (RMI in java-world),
- *CORBA*<sup>1</sup>, an Object Oriented Middleware, with "publish-register-notify" mechanism,
- *JORAM*<sup>2</sup>, a Message Oriented Middleware, with "publish-subscribe" mechanism

It is obvious that classical RMI mechanism allow a client to access the remote service (a command client-side is computed by an object server-side). Nevertheless, RMI reaches some limitations (Tannenbaum, 1988) in the field of our eInstrumentation objectives: its Application Program Interface (API) block the application when waiting for a result. This means that the client is expecting an immediate response when it performs a "send" instruction in order to call for a command. In other words, the "receive" instruction prevents the execution of the application as long as the result is not received. The point to stress out in the field of eInstrumentation is that the computing of the requested operation can last long: operations launched are not especially expected to be short-time living. If the client application is blocked at the "receive line", the client will not be able to zoom the actual chart displayed or use peripherals controls, review pedagogic materials, for example. Moreover, *RPC* was originally build for point to point communication and may not be very suited for a context of utilization with more than two users: there is no possibility to join two calls in a single unit. In addition, if the client crashes, since the response is delivered in a single packet and only at one time, there is no way of knowing what happened during the "crash-period" and no mechanism allow to recovery in case of such failures. The fact that a "receive" command in *RPC* API

---

<sup>1</sup> Common Object Request Broker Architecture

<sup>2</sup> Java Open Reliable Asynchronous Middleware

prevents the execution of the application until the response from the server is received is the definition of a Synchronous Middleware (Group, n.d.).

Those RPC limitations lead eInstrumentation to take into account recent industry middleware such as the CORBA with its "publish-register-notify" mechanism (Mao and J.Bacon, 1998). There is also the possibility to use Java Messaging Service (JMS(Microsystems, n.d.)) that provides Asynchronous Middleware which is already used in several independent fields such as games (A. R. Bharambe, 2002), Internet Applications (G. R. Malan, 1997) and mobile (Yoneki, 2003) technologies (just to quote a few). The JMS normalization introduced a new way of communication between clients and servers which is message-based. This is called Message Oriented Middleware(B. *et al.*, 1993) (MOM (S., 1997)). MOM's features best fit eInstrumentation needs, mainly with the publish/subscribe model ((P.T. Eugster, 2001) and (P. T. Eugster, 2000)) with topic structure. Figure 1 illustrates how eInstrumentation uses Publish/Subscribe paradigm to relay messages of commands issued by a single client, computing it server-side, and sending back the results to all clients having subscribed to the topic of the manipulation.

### 3.2 A Message Oriented Middleware

Unlike Synchronous Middleware, the Asynchronous Middleware uses messages for data propagation: it is the fundamental that explains that the "receive" instruction is *non-blocking* in Asynchronous Middleware.

Moreover, MOM properties (Belissard *et al.*, 1999) really pursue what has to be achieved in eInstrumentation:

- *Asynchrony* for differed delivery (thus providing loose-coupling),
- *Reliability* for the large-scale application that is eInstrumentation.
- *Casual Ordering* that guarantees the ordering of the messages for delivery (Babaoglu *et al.*, 1995)

As for the choice between possible architectures in our eInstrumentation framework, depending on its needs, even if CORBA (OMG, n.d.) versions tend to offer a more and more asynchronous approach (Siegel, 1999), a pure Asynchronous Middleware, which is JMS<sup>3</sup>, has been selected. The fact is that tries given into CORBA and JMS clients prototypes illustrates that writing a JMS client was far simpler for us, because we have capacities for Java for developments, than

CORBA clients (also, we encountered problems with objects serialization on Event Channels of CORBA).

The JMS implementation chosen is Java Open Reliable Asynchronous Messaging (JORAM) from ObjectWeb<sup>4</sup> consortium since the solution relies on Open Source softwares, and it is something that does matter to us and to the final clients (data security, ...)

### 3.3 An Application Server on top of the middleware

At the question "Does a single distributed programming model fit all applications" (Geihs, 2001), there is no denying that we can hardly be affirmative for such a challenge. As for eInstrumentation, publish/subscribe mechanism is not enough to solve every single of its need. On top of JMS, some applications logic must be settled. For example, the platform should log all the accesses. That is to say that before messages are relied on the middleware, some business logic algorithms should be run. The more suitable software framework providing those additional functionalities are the Application Servers. In "Java world" (J2EE), using a simple Application Server would correspond in using Enterprise Java Beans (EJBs). This help in saving a lot of time in developing specific software bricks, and provides a really homogeneous architecture. That is the reason why eInstrumentation also use an application server on top of JMS. This helps providing to the architecture complex integrated mechanisms such as:

- *Managing users' session,*
- *Managing the load* (clustering, load balancing, Failover, High availability),
- *Fault tolerance,*
- *Managing the opening on the external data connectivity* (e.g. Database connections pool),
- *Competing accesses,*
- *Object's persistence,*
- *Transaction management,*
- *Scalability,*
- *Localization transparency*

eInstrumentation relies once again on an ObjectWeb brick for its application server: JOnAS<sup>5</sup> is held responsible for all the mechanisms above.

---

<sup>3</sup> Java Messaging Service

<sup>4</sup> <http://www.objectweb.org/>

<sup>5</sup> Java Open Application Server

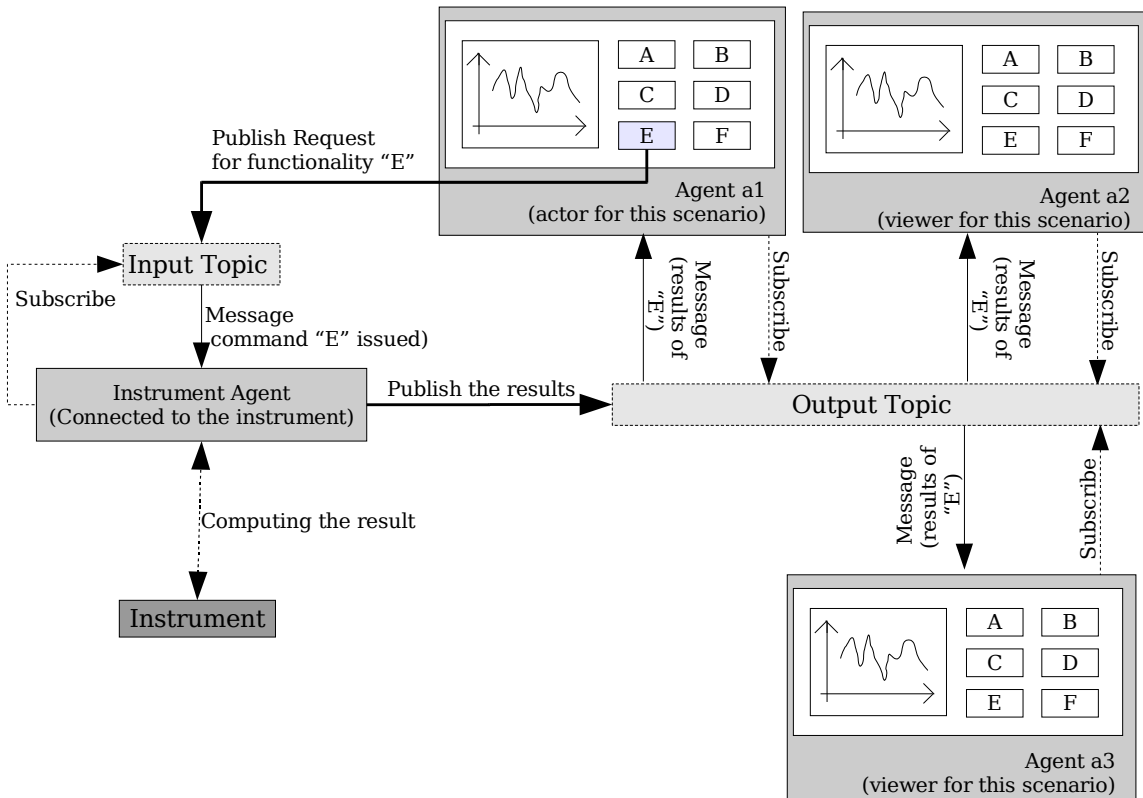


Fig. 1. Use of a Message Oriented Middleware in eInstrumentation

#### 4. HUMAN COMPUTER INTERACTION ISSUES

##### 4.1 Represent the remote device in a stand alone Java application

A crucial point in the execution of remote processes is to provide interactions sufficiently clear for the user to understand/view what exactly is happening (and thus what is going to happen). This is precisely an issue of Human Computer Interaction (HCI). Basically speaking, since the client application operating a distant device is remote, the Graphic User Interface (GUI) must be as representative as possible. Indeed, it is not as easy as it seems to, to transpose interactions between human and device in the application's GUI. Most of the time, some accommodations must be settled in order to reach a proper functional level for the application. Moreover, as the executive system must be accessed and managed in a collaborative way, some computer human interaction extensions have to be implemented. Moreover, in case of collaborative access, one cannot be fully satisfied by simply installing a webcam to be able to view the consequences of others actions. And neither a "window-sharing" program (as VNC<sup>6</sup> for example) could fit the requirements: it would

lead to "scroll-wars" and may not supply role-base security policy. Regarding our platform, collaborative access is supply by proprietary java components. They inherit Swing components, but are being granted collaborative behavior: when one is used, it fires the corresponding event on the MOM and thus allow the corresponding remote component(s) to react (inform other users that that control have been used by one user in the group). Security is supply through J2EE JAAS (Java Authentication and Authorization Service) mechanism matching against an identification token stored wether within a LDAP directory or a RDMB.

##### 4.2 Assisting the creation of the device's GUI

Having a full library of components, being able to supply collaborative work, is the first step to genericity of the platform. Indeed, each instrument being different from another, it is hard to draw a single, virtual, representation of an abstract device fitting all devices. That is to say one should create a custom GUI client for each instrument. Nevertheless, in such context, some mechanisms could be provided in order to avoid special developments each instrument. What is suggested here is an assistant for the creation of the GUI representing the instrument in a stand

<sup>6</sup> Virtual Network Computing

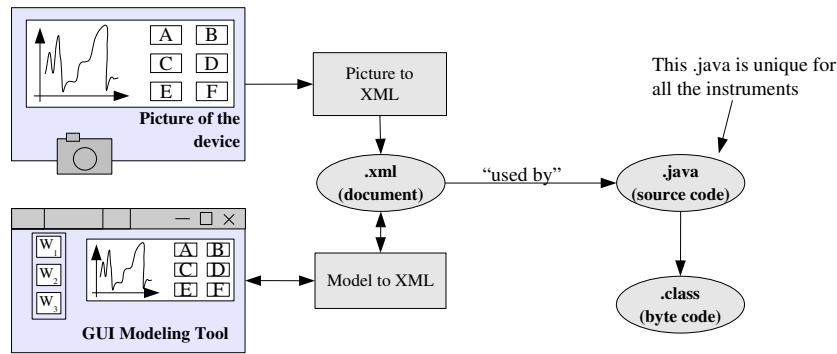


Fig. 2. Image processing and GUI Modeling Tool for the wizard creation of devices' representation

alone application. For example, eInstrumentation relies on a GUI wizard (using the collaborative components mentioned above). Basically, the user can draw the instrument representation by click and drop collaborative components from a toolbar. Further, the representation is saved in XML format (widgets list with width, height, function associated ...). Another kind of wizard have been set up: one can take a picture of a device and create color areas on device's components in the image that he/she wants to translate into a widget in the application (one color equals one level of clearance). This way a XML is automatically produced and loaded within the GUI wizard program mentioned above (because the image processing algorithm could not always perfectly guess the widget to associate). In the end, the XML document is used by a single generic stand alone client (the same each time) in order to dress the client application GUI. This is addressed in figure 2.

#### 4.3 Consequently adapt GUI behavior regarding the context

Finally, it is true that instruments' controls have different level of complexity. Some controls are mandatory for any use of the device and some others are for advanced features. The key controls, needed nearly every time, should be accessible by everyone authenticate. Nevertheless, the advanced feature could be accessible for users who:

- *paid* the price for it in a system of loaning,
- *reached* the corresponding level of utilization in case of formation.

In fact, that the representation of the device would not be the same regarding the user who is connected. For executive systems, this help in avoiding human error manipulation in production environment since one need a degree of clearance to use certain functions (underlying: you made a formation for it). In formation, this help in discovering the uses of a device step by step.

This feature in eInstrumentation is supplied by an attribute within the XML document (see above figure 2). In this document, not only are stored widgets with their visual characteristic, but also the degree of clearance needed to use it. This way, when a user connect, he first authenticate against LDAP directory. With his identification, his clearance can be retrieved and then parsing the XML file (to dynamically build the representation of the device) can filter widgets he is not supposed to access to.

## 5. CONCLUSION

Our "eInstrumentation" is an extended enterprises executive system platform. A MOM helps us in providing loose-coupling, reliability in a large scale context and the insurance of a casual ordering for the delivery of command in the field of remote execution. Because the access is collaborative, it never locks access to users. This leads to develop "group aware" representation of the instrument: when a user actuate a widget in the client GUI, an event is fire through the platform in order to inform the other users that one used the corresponding widget. This was the reason of implementing collaborative widgets (widgets that are "aware" that they are evolving in a group of instances of the same application, accessing the same instrument). Meanwhile, those specific components require to get a specific client application. To avoid to develop one application per device, a single java application loads a XML file containing widgets characteristics as well as the degree of clearance needed to display them. Even if the system is now running, there are still benchmark to perform under heavy loads.

#### Acknowledgment

This work is granted by the General Council of Loire departement, France.

## REFERENCES

- A. R. Bharambe, S. Rao, S. Sesham (2002). Mercury: A scalable publish-subscribe system for internet games. In: *Proc. of the 1st Workshop on Network and Systems support for games*. pp. 3–9.
- B., Oki, Pflueg M., Siegel A. and Skeen D (1993). The information bus : An architecture for extensible distributed systems. *Operating Systems review* **27**, 58–68.
- Babaoglu, O., R. Davoli, L.-A. Giachini and M. Gray Baker (1995). Relacs: A communications infrastructure for constructing reliable applications in large-scale distributed systems. In: *28th Hawaii International Conference on System Science*. Hawaii.
- Belissard, L., N. Palma, A. Freyssinet, M. Herrmann and S. Lacourte (1999). Technical report 14: Agent infrastructure: The agent anytime anywhere platform. Technical report. Control and Coordination of Complex Distributed Services C3DS.
- Bernstein, Philip A. (1996). Middleware: A model for distributed system services. *Communications of the ACM* **39**, 86–98.
- Browne, J. Sackett and P. Wortmann (1995). Future manufacturing systems: Towards the extended enterprise. *Computer in Industry, Special Issue on CIM in the Extended Enterprise* **25**(3), 235–254.
- G. R. Malan, F. Jahamia, S. Subramanian (1997). alamander: A push-based distributed substrate for internet applications. In: *Proc. of USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems*. pp. 171–182.
- Geihs, K. (2001). Middleware challenges ahead. *IEEE Computer* **34**(6), 24–31.
- Group, Network Working (n.d.). Rfc 1050, rpc: Remote procedure call protocol specification.
- Gutwin, C., R. Penner and K. Schneider (2004). Group awareness in distributed software development. In: *Proc. of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work*. p. 72.
- Lukosch, Stephan and Jrg Roth (2001). Reusing single-user applications to create multi-user internet applications. In: *Innovative Internet Computing Systems (I2CS)*.
- Mao, C. and J.Bacon (1998). Cobea: A corba-based event architecture. In: *Proc. of 4th USENIX Conference on Object Oriented Technologies and Systems (COOTS)*.
- Microsystems, Sun (n.d.). Java messaging service, <http://java.sun.com/products/jms/>.
- OMG (n.d.). Corba, <http://www.corba.org/>.
- P. T. Eugster, R. Guerraoui, J. Sventek (2000). Distributed asynchronous collections: Abstractions for publish/subscribe interactions. *Lectures notes in Computer Science* **1850**, 252–276.
- P.T. Eugster, P. Felber, R. Guerraoui (2001). The many faces of publish/subscribe. Technical report. EPFL, Lausanne.
- S., Maffeis (1997). ibus : The java intranet software bus. Technical report. TR, Softwired A.G.
- Siegel, J. (1999). An overview of corba 3. In: *Proc. 2nd IFIP Int'l Working Conf. Distributed Application and Interoperable Systems IDAIS 1999*. pp. 119–132.
- Tannenbaum, A.S. (1988). A critique of the remote procedure call paradigm. In: *EUTECO '88*. pp. 775–783.
- Yoneki, E. (2003). Mobile applications with a middleware system in publish subscribe paradigm. In: *3rd Workshop on Applications and Services in Wireless Networks*.

# TéléTPs : évolution d'une plate-forme générique

Hcene BENMOHAMED, Arnaud LELEVE, Patrick PREVOT  
Laboratoire ICTT (Interaction Collaborative, Téléformation, Téléactivités), INSA de Lyon  
Bat Léonard de Vinci - 21, rue Jean Capelle  
69621 Villeurbanne Cedex, France

[hcene.benmohamed@insa-lyon.fr](mailto:hcene.benmohamed@insa-lyon.fr), [arnaud.leleve@insa-lyon.fr](mailto:arnaud.leleve@insa-lyon.fr), [patrick.prevot@insa-lyon.fr](mailto:patrick.prevot@insa-lyon.fr)

## Résumé

*Les travaux pratiques à distance (téléTPs) sont un vecteur pédagogique indispensable aux environnements de téléformation et plus particulièrement dans les disciplines scientifiques et techniques. Il y a quatre ans, au colloque TICE 2002 nous avons présenté nos premiers pas pour la modélisation de ces téléTPs. Cette modélisation s'est concrétisée depuis par la réalisation d'une plate-forme de téléTPs nommée TIPY. Un retour d'usage sur cette première réalisation nous permet de proposer une plate-forme améliorée, notamment par la réutilisation des contenus pédagogiques à l'instar des contenus classiques de type téléCours. C'est cette évolution qui fait l'objet de cet article.*

**Mots clés :** *téléTPs, laboratoires distants, laboratoires virtuels, e-formation, téléformation.*

## Abstract

*The remote practical works (remote laboratories) are an educational vector indispensable to e-learning environments and more particularly in scientific and technical disciplines. Four years ago, in the symposium TICE 2002 we presented our first steps for these remote laboratories modelling. This modelling became a reality since by the realization of a platform named TIPY. A feedback on this first realization allows us to propose an improved platform, especially by educational contents reuse as similar as in the classic contents for online courses. This evolution is the object of this paper.*

**Key words:** *remote laboratories, virtual laboratories, e-learning.*

## 1. Introduction

Depuis quelques années, l'observation des usages et appropriations des environnements a donné une place mieux identifiée aux TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) dans le marché mondial de la FOAD (Formation Ouverte et A Distance). L'utilisation des TIC a fait émerger de nouveaux outils et de nouveaux repères, provoquant un changement non seulement dans les pratiques pédagogiques mais aussi dans l'organisation même des connaissances qui les habitent.

Dans un premier temps, la téléformation reposait surtout

sur des enseignements conceptuels ou des études de cas, sous la forme de téléCours (souvent), de téléTD ou téléProjets (parfois), la part "activité" de l'apprenant étant réduite à sa plus simple expression. Dans un deuxième temps, l'émergence d'une véritable pédagogie de « e-formation », fondée sur une réelle scénarisation, a favorisé l'apparition de produits pédagogiques performants : résolutions de cas, jeux d'entreprise, simulateurs pédagogiques, etc. Chacun de ces environnements relève cependant de la virtualisation (simulation) de situations réelles. Ce panel se devait d'être complété par des environnements où l'apprenant est confronté au pilotage de systèmes en vraie grandeur via des dispositifs informatisés multimédia et pédagogiquement intelligents. C'est le rôle des téléTPs. Le développement d'une véritable recherche sur les téléTPs répond donc à un besoin reconnu d'activités pratiques dans les disciplines scientifiques et techniques.

En référence à la téléformation, nous utilisons, dans cet article, le terme téléTPs pour désigner des Travaux Pratiques à Distance. La distance implique la dispersion géographique et/ou temporelle des acteurs humains et matériels (auteur, apprenant, tuteur, dispositif pédagogique "technique") impliqués dans un système de téléTP. Pour cette raison le terme « e-TP » n'a pas été retenu. En effet, il n'implique pas forcément la distance de la même manière que la e-formation, où le « e » désigne la formation par la voix « électronique », c'est-à-dire médiatisée par l'informatique.

Il est coutumier de distinguer deux catégories de téléTPs :

- La première est fondée sur la manipulation de dispositifs pédagogiques, tel que nous l'entendons dans cet article. Le terme « *laboratoire distant* » (Berntzen et al. 2001) (Saad et al. 2001), traduit littéralement de l'anglais « *remote laboratory* » reflète bien cette réalité.
- La deuxième catégorie, fondée sur des systèmes virtuels (systèmes simulés informatiquement), est souvent désignée en tant que « *laboratoire virtuel* », une traduction du concept anglophone « *virtual laboratory* » (Beier 2000) (Chang 2000). Il existe, cependant, dans la littérature scientifique des utilisations du terme « *laboratoire virtuel* » pour désigner la première catégorie (cf. (Bühler et al. 2002) (Hoyer et al. 2003)), d'où le risque de confusion.



Historiquement, les téléTPs sont passés par trois étapes d'évolution qui se sont en partie chevauchées dans le temps. Sont apparues en premier lieu des solutions spécifiques limitées à un besoin académique précis (régulation de niveau, de mélange, de température, simulation du fonctionnement d'un microprocesseur, ...). Face à la profusion de solutions spécifiques, une recherche de plates-formes accueillant de manière homogène différents systèmes ont été développées (par ex, (Yu 2001) pour la robotique, (Girault 2003) pour la chimie ou (Saad et al. 2001) pour l'automatique). Cela permettait d'une part, d'éviter de réinventer la roue systématiquement et, d'autre part, de proposer un environnement homogène aux différents utilisateurs. Depuis 2003, nous proposons de pousser ce concept de plate-forme générique plus loin en jouant sur l'intégration dans une plate-forme d'enseignement à distance plus globale. En effet, toute institution utilise désormais un LMS (Learning Management System) pour gérer l'ensemble des informations pédagogiques et administratives de son portail d'enseignement à distance. Les téléTPs gagneront en utilisabilité, et donc en intérêt, à partir du moment où ils pourront être gérés comme un moyen pédagogique aussi facile à manipuler que les autres (téléCours, téléTD, téléProjets, ...).

Cet article témoigne de l'évolution de nos travaux de recherche entre 2002 et 2006. Après un panorama de la situation initiale de nos recherches (Lelevé, Meyer et Prévot 2002), nous présentons les pistes de recherche suivies depuis et les résultats obtenus actuellement. Nous présenterons également une expérimentation menée pour valider de nouvelles réalisations.

## 2. Situation initiale

### 2.1 Contexte et objectif initial

Les premiers téléTP de l'INSA de Lyon sont apparus en 2002. Le département Génie Mécanique et Construction réalisait un téléTP sur la régulation de niveau (articulé autour du logiciel Labview de National Instruments.), le département Génie Electrique, un téléTP sur la commande d'un système automatisé de traitement de surface (centré autour du logiciel PL7-Pro de Schneider) et le département Génie Productique (actuellement Génie Industriel) cherchait à s'en doter dans une perspective d'exploration de nouveaux outils pédagogiques. L'étude de l'existant avait montré que les deux premiers téléTPs étaient centrés sur les moyens de télémanipulation mais qu'ils n'intégraient pas la partie pédagogique. Or, étant donné le ratio actuel tuteur – apprenant en présentiel dans les universités françaises, il est fort probable que dans une situation d'apprentissage à distance, un tuteur aura à superviser plusieurs téléTPs simultanément. La distance l'empêchant d'avoir une vision globale directe de l'avancement des apprenants, il revient à l'interface informatique de combler cette lacune. Les objectifs étaient de construire un système évolutif qui pourrait accueillir

d'autres dispositifs pédagogiques et aider le tuteur dans sa tâche. Cette aide passait par l'intégration de la gestion du déroulement du téléTP. Le laboratoire ICTT a donc travaillé avec le département Génie Productique à l'élaboration d'une telle plate-forme générique associée à une méthodologie de mise à distance de travaux pratiques.

### 2.2 Modélisation

A partir de l'expression des besoins fonctionnels et de la formulation des objectifs nous avons spécifié un noyau informatique générique permettant l'édition et l'exécution (par les apprenants et les enseignants) de scénarios de téléTP pour des systèmes a priori quelconques dans n'importe quelle discipline.

Les acteurs du système (le dispositif pédagogique à télémanipuler et les acteurs humains), les rôles de chacun, les interactions, ... ont été intégrés au sein d'une architecture : TIPY.

Les besoins et contraintes recensés nous ont amenés aux concepts suivants :

- Les différents services offerts par un système à manipuler (envoi de paramètres, programmes, consignes et réception d'informations sous forme numérique, vidéo, ...) sont accessibles via une URL. Ainsi, la mise à distance d'un nouveau dispositif consiste à connecter sa partie commande à un simple serveur Web utilisé comme interface générique. L'installation d'un nouveau dispositif sur la plate-forme consiste alors simplement à déclarer les URLs de ses composants fonctionnels.
- Il est possible de créer  $n$  scénarios pour un même dispositif. En effet, il existe généralement plusieurs utilisations possibles d'un dispositif de TP et plusieurs publics. Par contre, un seul n'est utilisable à la fois.
- Pour un TP classique, il est courant que l'enseignant adapte en temps réel les questions posées aux apprenants en fonction de leur degré de compréhension et d'avancement dans le sujet (en retard ou en avance). Le tuteur qui suit plusieurs téléTPs simultanément n'ayant certainement pas, à distance, une vision précise de l'avancement de tous ses apprenants, nous avons intégré un mécanisme dynamique permettant à un auteur de scénario de spécifier plusieurs chemins possibles que peuvent emprunter les apprenants en fonction de leurs performances.
- L'évaluation des apprenants a été réalisée sur deux critères : temps passé sur temps requis et pourcentage de bonnes réponses à des QCMs. C'était une première approche qui permettait déjà une évaluation basique mais automatique.
- Parmi les ressources accessibles et associables à un scénario, pouvaient figurer les fonctionnalités de télémanipulation ainsi que des outils de télécommunication entre apprenants et tuteur sous la forme d'un « chat », de forum, de visioconférence, ...

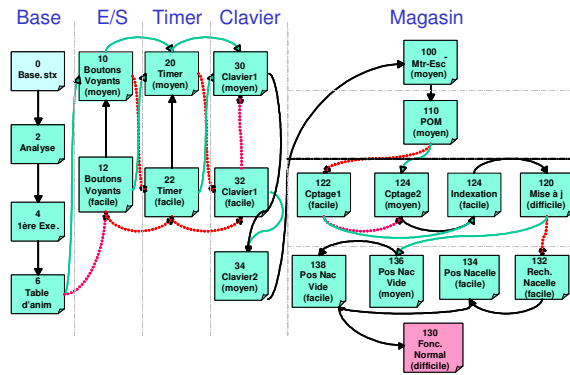


Fig. 1. : Exemple de scénario évolutif implémenté dans TIPY

### 2.3 Réalisation

Ce modèle a été instancié dans une plate-forme (située au département Génie industriel de l'INSA de Lyon), sur laquelle a été greffé un dispositif pédagogique : un magasin vertical. Ce dispositif est relié à un Automate Programmable Industriel et à une station de travail munie du logiciel PL7-Pro utilisé pour programmer cet automate. Pour une utilisation à distance, quelques modifications ont été nécessaires, comme l'ajout d'un translateur rotatif motorisé (cf. dispositif sur la gauche dans la figure 2) pour introduire et retirer les pièces via la porte du magasin vertical.

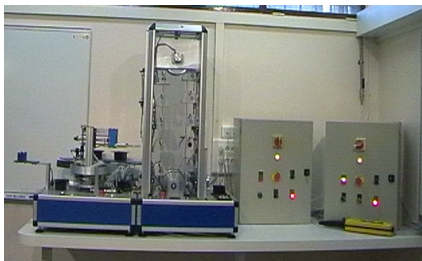


Fig. 2 : Le magasin vertical implémenté dans TIPY

TIPY, été réalisée en PHP-MySQL, fournissait les services suivants :

- Un outil auteur intégré au site génère les pages associées à chaque étape des scénarios pédagogiques.
- Le tuteur, via son interface graphique, peut suivre l'état d'avancement de ses apprenants et communiquer avec eux, via l'outil de chat intégré.
- En plus du contenu de l'étape en cours, les apprenants disposent de différentes ressources : documents d'aide (rappels de cours, par exemple), une reconstitution en 3D VRML manipulable du magasin et une vue vidéo affichant l'état du système en temps réel (cf. figure 3).

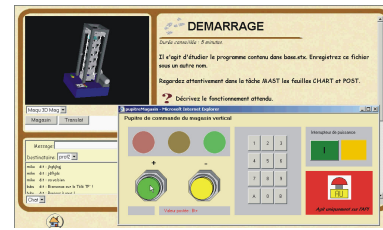


Fig. 3. : Interface apprenant de TIPY pour le magasin vertical

### 2.4 Conclusions tirées de l'expérimentation

La réalisation de TIPY a dévoilé des difficultés :

- techniques (conception, réalisation d'un dispositif à télémanipuler),
- fonctionnelles (outils et fonctionnalités indispensables),
- ergonomiques (utilisation par les tuteurs et les apprenants) et
- pédagogiques (scénarisation, évaluation).

Les conclusions de cette expérimentation ont été que :

- Le recours à un codage spécifique (dans des tables MySQL) des scénarios pédagogiques prive leurs auteurs d'une réutilisation sur d'autres plates-formes de téléTPs pour des dispositifs semblables. Il n'existerait alors aucun moyen automatique pour détecter si un scénario est adapté à un dispositif donné.
- Les plates-formes modernes de téléformation intègrent désormais un « *moteur pédagogique* » offrant la possibilité de dérouler des scénarios pédagogiques quelconques. Il devient donc inutile de développer en parallèle notre propre moteur. L'utilisation d'un tel service ouvre de nouveaux horizons aux scénarios de téléTPs puisque de nombreux outils auteur et d'indexation existent déjà et sont amenés à se développer autour de tels standards.
- Ces mêmes plates-formes proposent également d'emblée des panels d'outils (de communication, d'authentification, de gestion, d'agenda partagé, ...) à réutiliser dans les ressources pédagogiques qu'elles exploitent. Il est donc inutile de recréer de tels outils qui ne sont pas spécifiques aux téléTPs et qui requièrent un développement souvent pointu.
- Les ressources définies précédemment sont associées à des scénarios. Cette granularité est trop faible. A l'usage, nous nous sommes aperçus qu'il est intéressant de pouvoir proposer des ressources à certaines étapes et pas à d'autres.

### 3. Orientation des recherches

La réalisation et les retours d'usage de cette plate-forme ont orienté nos recherches pour aboutir à une nouvelle plate-forme plus en adéquation avec les outils environnants (LMS, LCMS) et comblant les lacunes constatées.

### 3.1 Besoins réidentifiés

En réponse aux limites et lacunes présentées précédemment, nous avons identifié deux principaux besoins :

#### 1. L'intégration dans un LMS :

Afin de profiter des outils pédagogiques et administratifs désormais classiques dans les plates-formes d'enseignement à distance, ainsi que d'un moteur pédagogique capable de dérouler les scénarios de téléTP comme n'importe quel scénario de téléCours, nous avons décidé d'intégrer notre plate-forme de téléTP dans un LMS standard. Nous héritons ainsi d'un maximum de fonctionnalités. Il fallait donc définir en premier lieu quel standard. Les fonctionnalités propres aux téléTPs sont regroupées au sein d'une plate-forme (que nous avons nommée *ELaMS* : « *Electronic Laboratory Management System* »).

#### 2. La description des dispositifs pédagogiques en vue de la génération de scénarios :

Lorsqu'un objet pédagogique est correctement construit, on est capable de l'indexer dans un entrepôt de données pédagogiques (LCMS), de le retoucher (grâce à un outil auteur) et de le proposer à des apprenants tant que le LMS est compatible avec le format dudit objet. Pour que les auteurs et les tuteurs trouvent la même flexibilité pour leurs scénarios de téléTP, il est nécessaire que ces scénarios soient écrits dans un standard reconnu et, également, qu'ils soient associés à un type de dispositif pédagogique (un pendule inversé, un spectromètre, un banc optique, ...). Ainsi un tuteur, possédant un dispositif donné, sera capable de rechercher les scénarios compatibles, de les télécharger, les reconfigurer à sa convenance et les proposer à ses apprenants, comme toute ressource pédagogique classique. Cette association requiert la définition d'un langage de description et de classification des dispositifs pédagogiques. Ce langage doit être compréhensible par un ordinateur afin d'automatiser les opérations de comparaison lors des recherches de compatibilité scénario *s* - dispositif *d*.

### 3.2 Nouveaux objectifs

Nos objectifs à long terme n'ont pas évolué. Par contre, à court terme, nous nous sommes orientés vers la définition d'une chaîne d'édition complète (de l'outil auteur au moteur d'exécution) de scénarios pédagogiques génériques pour téléTPs. Cette chaîne devra tirer partie des outils standards du e-formation et être complétée, quand cela s'avère nécessaire par des outils spécifiques aux téléTPs.

### 3.3 Standard de scénario et intégration

Une étude des standards de e-formation nous orientés vers EML puis IMS-LD comme standard de contenu pédagogique adapté à nos besoins et à nos contraintes. En effet, les concepts sous-jacents de ce standard (dont la

définition de rôles, d'activités et d'environnements) offrent une flexibilité propice à la fois :

- pour concevoir des scénarios incluant des ressources liées à certaines étapes (qui peuvent, du coup, être des liens vers des dispositifs pédagogiques)
- pour obtenir des scénarios dynamiques à l'aide de règles de passage d'une activité à une autre.

Étant donné que les ressources au sens IMS-LD sont en fait des appels à des URLs, le modèle initié avec TIPY reste d'actualité.

Le recours à ce standard ouvre les portes de moteurs pédagogiques déjà intégrés dans des LMS et va donc dans le sens d'une telle intégration. La figure 4 illustre cette intégration : les outils standards (LMS, LCMS, outil auteur) sont directement en interface avec les acteurs humains et le *ELaMS* joue le rôle d'intermédiaire entre les dispositifs pédagogiques et la plate-forme d'enseignement à distance.

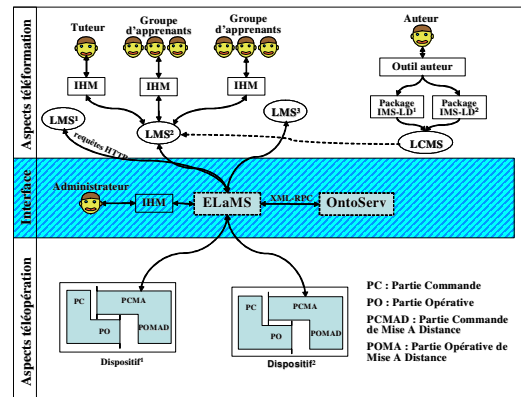


Fig. 4 : Vision globale de la séparation des différentes fonctionnalités nécessaires aux téléTPs

### 3.3 Généricité des scénarios

Un scénario de téléTP ne peut être générique que pour une classe de dispositifs. En outre, les utilisateurs accèdent, à certains moments d'un scénario, à des fonctions précises du dispositif (envoi d'une consigne, de paramètres, affichage vidéo, ...). Ces fonctions sont identiques pour tout dispositif d'une même classe. Cependant, il se peut que certaines fonctions secondaires ne soient pas systématiquement disponibles (accès à certains réglages par exemple). Il a donc été nécessaire de définir un vocabulaire et une grammaire (compréhensibles par un ordinateur pour pouvoir effectuer des tests automatiques) définissant ces classes de dispositifs et leurs fonctionnalités respectives. Nous nous sommes orientés vers le concept d'ontologie et vers le standard OWL. Nous avons donc défini des classes de dispositifs pédagogiques et leurs fonctionnalités respectives, à l'aide d'une ontologie par classe. Une ontologie mère est utilisée pour définir un vocabulaire et une grammaire communs.

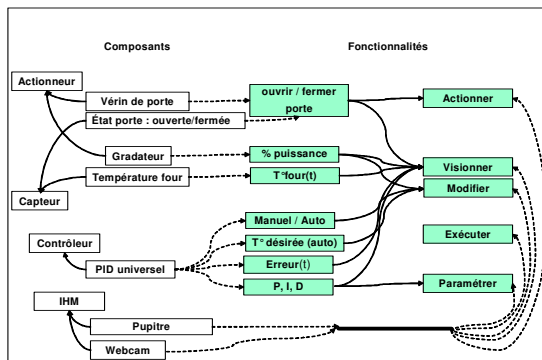


Fig. 5. : Extrait d'une ontologie pour un régulation de température d'un four industriel

Ces ontologies doivent être uniques et accessibles à tout le monde. Elles sont donc logées sur un site web et accessibles par une URL. Chaque scénario contient ainsi une URL vers l'ontologie correspondant à sa classe de dispositif. Lorsque un auteur conçoit et produit des scénarios de téléTP, les ressources, correspondant à des fonctionnalités des dispositifs ciblés, sont des URLs pointant vers l'ontologie de la classe correspondante avec des paramètres permettant de préciser quelle fonctionnalité de cette classe est visée. Les scénarios sont ainsi génériques : ils ne possèdent aucun lien vers un dispositif physique mais uniquement des liens vers des fonctionnalités virtuelles. Un outil auteur classique suffit pour coder un tel scénario, mais la manipulation des URLs peut se révéler fastidieuse. La solution qui nous semble la plus ergonomique consiste à proposer un plug-in à un outil auteur IMS-LD pour aider l'auteur à gérer ces manipulations spécifiques aux scénarios de téléTP au moment même de l'édition.

### 3.4 Chaîne d'édition

Dorénavant, un tuteur en quête de scénario peut faire une recherche en utilisant soit un LCMS adapté capable de gérer ces classes de dispositifs, soit un LCMS classique en précisant comme clef de recherche, l'URL de la classe recherchée. Une fois un scénario téléchargé, la plate-forme de gestion de téléTPs teste la compatibilité entre le scénario (en fait, les fonctionnalités demandées par le scénario) et un dispositif installé localement. Si toutes les fonctionnalités requises sont présentes, alors une conversion automatique des URL de fonctionnalités virtuelles du scénario en URL de fonctionnalités réelles du dispositif transforme ce scénario générique en scénario spécifique utilisable par le LMS local. La figure 5 retrace le cheminement du scénario tout au long de cette chaîne d'édition.

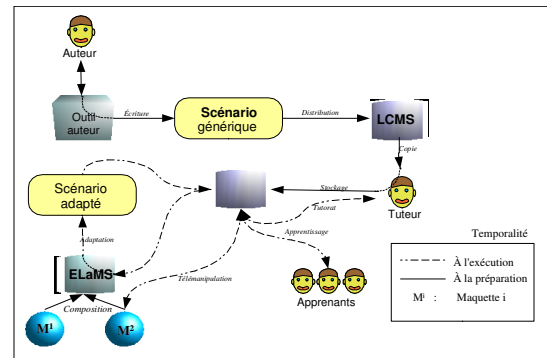


Fig. 6. : La chaîne d'édition des scénarios pédagogiques

## 4. Nouvelle plate-forme expérimentale

Afin de valider ces orientations, nous avons réalisé une nouvelle plate-forme expérimentale dont les choix architecturaux sont les suivants :

- Les ontologies sont des fichiers au format XML stockés sur un site web public.
- Afin de centraliser les fonctions de décodage et d'analyse, nous avons pris le parti de fournir les fonctions sous la forme d'un serveur d'ontologies (nommé OntoServ).
- Le serveur d'ontologies est actuellement interrogé par l'ELaMS et pourra également l'être par le plug-in téléTP de l'outil auteur.
- Basé sur la bibliothèque « Jena OWL API », ce serveur d'ontologies est capable de répondre à un certain nombre de requêtes, telles que :
  - quelles sont les fonctionnalités offertes par un dispositif pédagogique ?
  - quelles sont les fonctionnalités d'un composant d'un dispositif ?
  - un tel dispositif est-il compatible avec mes fonctionnalités ?
- Moodle est utilisé comme LMS. Comme ses versions antérieures ne disposaient pas d'un moteur IMS-LD, nous avons fait appel à Coppercore. L'interface apprenant (cf. figure 7), proposée en standard est finalement assez proche de celle de TIPY avec ses ressources en bas à gauche et le texte de l'étape à droite.

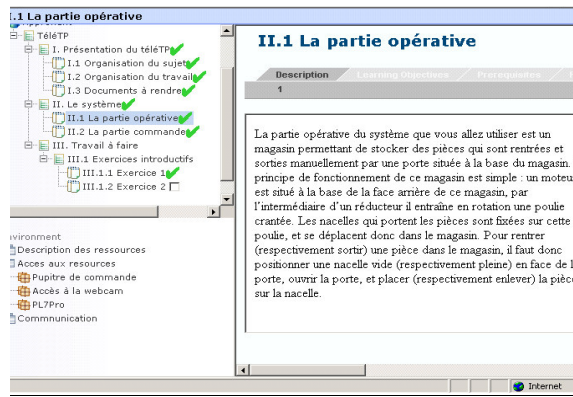


Fig. 7. : L'interface apprenant

L'ELaMS regroupe les fonctionnalités propres aux téléTPs : installer de nouveaux dispositifs, répertoire de dispositifs existants et leurs fonctionnalités associés, tester la compatibilité de scénarios avec ces dispositifs et les convertir le cas échéant.

Il sert également d'intermédiaire entre les acteurs qui génèrent des requêtes HTTP (appels d'URLs), et les dispositifs qui possèdent leur propre interface avec leur Partie Commande. Au delà de cet usage basique, il peut être utilisé pour gérer des droits d'accès aux dispositifs en fonction d'un planning, ou pour orienter les appels vers un dispositif particulier quand il en existe plusieurs appartenant à la même classe (une fois pour toute ou à chaque manipulation). Pour cela il fait appel à des algorithmes d'ordonnancement tels que décrits dans (Lelevé, Benmohamed et Prévot 2004).

## 5. Expérimentations

Deux expérimentations ont été réalisées, à intervalle de dix jours afin de tester l'ergonomie de la solution vis à vis du tuteur et des apprenants. Elle reprend le magasin vertical utilisé pour TIPY mais installé cette fois-ci dans ELAMS. Lors de chaque expérimentation, il y avait un tuteur, un groupe d'apprenants et un observateur passif. La figure 8 illustre cette organisation matérielle et humaine.

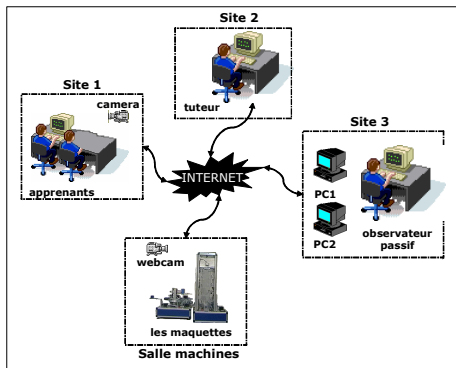


Fig. 8 : Organisation de l'expérimentation

Voici les premières conclusions tirées de ces expérimentations :

- Pour les tuteurs et les apprenants
  - la communication humaine, particulièrement par canal audio, doit être de bonne qualité,
  - l'ouverture de nombreuses fenêtres en même temps est un élément perturbateur. Il est possible d'utiliser un deuxième écran pour suivre la dynamique ou le fonctionnement du dispositif technique par exemple,
  - la restitution (audio et vidéo) de l'environnement du dispositif technique avec une webcam (notamment avec la possibilité du zoom) n'est pas un gadget
  - la sécurité des dispositifs techniques est un aspect important à ne pas négliger,
- Pour les tuteurs
  - le contrôle à distance de la machine des apprenants aide efficacement les apprenants,
  - travailler avec plusieurs groupes et dispositifs techniques en même temps suppose l'utilisation d'un environnement d'aide spécifique,
- Pour les apprenants
  - le temps de réponse des dispositifs techniques, l'aide du tuteur et le travail en groupe des apprenants sont les meilleurs moyens de motivation,
  - la reconstruction VRML en 3D est une idée intéressante pour l'interaction avec le dispositif technique,
  - la collaboration en groupe permet aux apprenants d'avancer rapidement, même s'il y a souvent un apprenant dominant pendant les manipulations.

## 6. Conclusion

Au-delà des problèmes habituellement rencontrés dans la e-formation, la mise en place de téléTPs se heurte, à une multitude de problèmes organisationnels, humains et techniques. Depuis 2002, nous travaillons sur des solutions visant à intégrer les téléTPs au sein des environnements d'apprentissage en ligne (LMS, LCMS) et à favoriser l'échange de scénarios entre dispositifs pédagogiques équivalents. La dynamique de ces recherches sur les téléTPs contribue à améliorer ce vecteur pédagogique nécessaire à de nombreuses e-formations scientifiques et techniques. Néanmoins, il reste encore de nombreuses difficultés à surmonter comme le partage de dispositifs entre les apprenants pendant une même session, la gestion des accès concurrents, et l'amélioration des ontologies.

## Références

Beier K.P., 2000. Web-Based Virtual Reality in Design and Manufacturing Applications. In Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Euro Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries COMPIT. Potsdam, Allemagne.

Berntzen R., Strandman J.O., Fjeldly T.A. et Shur M. S., 2001. Advanced solutions for performing real experiments over the Internet. In Proceedings of the International Conference on Engineering Education, 6B1-21. Oslo, Norvège.

Buhler D., Kuchlin W., Gruhler G., Nusser G., 2000. The Virtual Automation Lab - Web Based Teaching of Automation Engineering Concepts. In Proceedings of the 7<sup>th</sup> IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer Based Systems, 156-164.

Chang C. C., 2000. A Web-Based Interactive Environment Based on Virtual Reality Simulation for Constructive Learning. In Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (ED-MEDIA), 191-194. Montreal, Canada.

Girault I., D'Ham C., Caix-Cecillon C., Bettega H., 2003. Apprentissages en chimie par des expérimentations pilotées à distance. Actes de la conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2003). Strasbourg, France.

Hoyer H., Gerke M., Masar I., Ivanov I., Röhrig C., et Bischoff A., 2003. Virtual laboratory for real-time control of inverted pendulum/gantry crane. In Proceedings of the 11<sup>th</sup> Mediterranean Conference on Control and Automation MED'03. Rhodos, Griechenland.

Lelevé, A., Meyer, C., Prévot, P., 2002. Télé-TP : Premiers pas vers une modélisation. In Proceedings of the Symposium Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie TICE, 203-211. Lyon, France.

Lelevé, A., Benmohamed, H., Prévot, P., 2004. Sharing a System between Simultaneous Learners in Remote Laboratories. In proceedings of the 2nd IFAC Workshop on Internet Based Control Education 2004. Grenoble, France.

Saad M., Saliha-Hassane H., Hassan H., El-Guetioui Z., Cheriet M., 2001. A Synchronous Remote Accessing Control Laboratory on the Internet. In Proceedings of the International Conference on Engineering Education. Oslo, Norvège.

Yu L., Tsui P.W., Zhou Q. and Hu H., 2001. A Web-based Telerobotic System for Research and Education at Essex. In Proceedings of IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics Proceedings, Como, Italie.