



**HAL**  
open science

## Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies

Bruno Warin, Christophe Kolski, Mouldi Sagar

### ► To cite this version:

Bruno Warin, Christophe Kolski, Mouldi Sagar. Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies. *Computers and Education*, 2011, 57 (2), pp.1595-1614. 10.1016/j.compedu.2011.02.013 . hal-03285438

**HAL Id: hal-03285438**

**<https://uphf.hal.science/hal-03285438v1>**

Submitted on 21 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

The final version of this paper has been published in:

**Computers & Education, 57 (2), pp. 1595-1614, 2011.**

The final version is available in ScienceDirect.

*Please note that the french version is available after the english one /Merci de noter que la version française est disponible après la version anglaise*

## **Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: principles and case studies**

**Bruno Warin**<sup>a,b</sup>, **Christophe Kolski**<sup>a,c,d</sup>, **Mouldi Sagar**<sup>a,c,d,e</sup>

<sup>a</sup> Univ Lille Nord de France, 1bis rue Georges Lefèvre, F-59000 Lille, France

<sup>b</sup> Univ Littoral Côte d'Opale, LISIC, 50 rue Ferdinand Buisson, F-62100 Calais, France

<sup>c</sup> UVHC, LAMIH, Le Mont-Houy, F-59313 Valenciennes, France

<sup>d</sup> CNRS, FRE 3304, F-59313 Valenciennes, France

<sup>e</sup> Laboratoire DeVisU, Le Mont-Houy, F-59313 Valenciennes, France

### **ABSTRACT**

The changing profile of students, the expectations of business and the capabilities offered by Information and Communication Technologies (ICT) makes it necessary to change teaching practices, particularly in higher education. This paper proposes a methodological framework destined to force disciplinary course modules to evolve in order to integrate high-level cognitive skills and professional competencies. In this paper, we examine this framework in terms of the primary currents in educational psychology: behaviourism, cognitivism, constructivism and social constructivism. We present and analyse three case studies showing the evolution of three disciplinary course modules. We show that the lessons taught in these three modules are more motivating and more efficient, producing results that are closer to what employers are asking of their employees.

### **Keywords**

Improving classroom teaching, Teaching strategies, Learning strategies, Collaborative learning, Pedagogical issues

## **1. Introduction**

### *1.1. Diverse teaching difficulties*

During our many years of university teaching in the three-year undergraduate program and the two-year Master's program in science and technology, we have noted that certain educational goals have been hard to reach, especially since the students' involvement in the traditional types of courses (e.g., lectures and seminars) has declined over the last several years (Eastman & Reisenwitz, 2006; Cole, 2009). For example, educational goals are hard to attain when teaching students about conceptual knowledge, which includes a lot of theoretical definitions and models. Many students refuse to learn this theoretical knowledge. In fact, this kind of knowledge makes it difficult to set up technical learning activities, and it often does not have any immediate practical applications

Finally, based on our university teaching experience, another difficulty, especially in technology, is the underestimation of the importance of acquiring and practising interpersonal

skills and teamwork, which are nonetheless required by companies (Gunasekaran, McNeil & Shaul, 2002). This is particularly detrimental in software development, in which teams are the foundation of the organization due to the increasing complexity of software development projects, which makes these projects unachievable for a single individual (Sancho-Thomas, Fuentes-Fernández & Fernández-Manjón, 2009). Companies prefer engineers with acceptable technical skills, who know how to "connect" with the activities, processes and people in the company, rather than technical specialists with no people skills, who are often isolated and out of touch with the reality and the objectives of the company. Students rarely practice and acquire such high-level competencies, especially in the numerous computer training programs, in which both the teachers and students feel the priority should be technical skills. Abet (Abet, 2000) lists these competencies as the fourth out of eleven outcome criteria for engineering: "*An ability to function on multi-disciplinary teams*"; he divides these criteria into four behavioural dimensions: *collaboration, communication, conflict management* and *self-management* (Besterfield-Sacre, Shuman, Wolfe & Atman, 2000a; 2000b).

### 1.2. *Discipline versus competencies*

The above phenomena have intensified recently. In fact, until the 1980s, companies specified their recruiting needs in terms of functions to perform, which they then divided into tasks and skills (Raynal & Rieunier, 2001, p110). This corresponded to the definitions of university programs, structured according to discipline. However, this structured system found itself at odds with reality because the work in companies has become more open (Curricula-Vitae, http) and is now expressed in terms of complex requirements (Pisa, 2005). Thus, individuals have had to cope with the need to better manage their interdependences, to have a greater responsiveness to the company's needs, and to manage a variety of missions (Pisa, 2005).

Nowadays, many companies think in terms of competencies, which have generated a proliferation of heterogeneous definitions (Mc Clelland, 1973; Katz, 1974; Pisa, 2005; Le Boterf, 2006). We will retain the one formulated by Perrenoud (Perrenoud, 1999): "*the ability to act efficiently when confronted with a family of situations that are controllable because people have the knowledge, know-how and social skills and the ability to use them effectively, in time to identify and resolve genuine problems*", particularly in a job or profession. The lack of involvement of our students in our course modules can be explained by the gap between the education supplied, expressed in terms of *discipline*, and the expectations of students and professionals, expressed in terms of *competencies*.

To meet these new challenges, we propose in this paper a framework that will allow us to make our knowledge acquisition modules evolve, by adding disciplinary competencies in order to provide the most appropriate modules to students, companies and educational policy. These additions integrate professional, methodological and meta-cognitive competencies and can be an opportunity for teachers to lead students to think about their relationship with their courses. Although the curricula are accurate in terms of the knowledge that has to be acquired, they are less forthcoming about the competencies and attitudes to be acquired, about the nature and techniques of learning, and about the value and use of the acquired knowledge. Integrating these competencies will allow us to develop our courses to meet the challenge of changing profiles of students who are less and less traditional (Miller & Miller, 1999; Cole, 2009).

This paper is organized as follows. In Section 2, we position our approach in terms of the primary currents in educational psychology. In Section 3, we describe our practical framework, which should allow teachers to make their courses evolve according to 7 principles. In Section 4, we introduce three case studies for course modules in which our framework was implemented, and we show the main changes brought about on the modules compared to the way that they were originally taught. In Section 5, we examine how the 7

principles influenced the case studies presented, and we report the educational benefits. In Section 6, we offer our conclusions and perspectives for future research.

## 2. Our approach in relation to the primary currents in educational psychology

In this section, we briefly review the four main currents of educational theory and situate their principles in relation to our approach.

### 2.1. Behaviourism

In French universities, pedagogy is historically based on a behaviourist approach. (Thorndike, 1911) introduced this approach in the early twentieth century.

Watson (Watson, 1913) also encouraged the use of this approach; he was inspired by the 1904 Nobel Prize winner Ivan Pavlov's work on respondent conditioning (Pavlov, 1927). Between 1930 and 1950, Skinner continued on with this behaviourist approach, introducing operant conditioning (Skinner, 1935) and programmed instruction (Skinner, 1968). This approach is still dominant in the field of education, thus insuring knowledge of behaviorism and its founding documents are well known (Green, 2009; Raynal & Rieunier, 2001; SEP, 2006).

From the teacher's operational perspective, it is possible to reduce this approach to a few principles:

- 1) Knowledge is an objective reality and the teacher determines it completely.
- 2) This knowledge is divided into elementary knowledge units, which are expressed in content to be known and ability to solve problems directly related to that content.
- 3) Learning is done by learning the elementary knowledge, thus insuring the educational objectives are achieved.
- 4) Assessment is done according to the teacher's model, and therefore is objective. It is quantifiable, individual and most often written.
- 5) Learning is conducted by the presentation of the teacher's knowledge.
- 6) The learner learns by listening and reading, then trial and error followed by reinforcement.

This form of pedagogy is teacher-centered and necessitates individual work from the learner. It is appropriate for mass education, although it inherently does not provide any response to the question of high-level competencies. Although this pedagogy still remains valuable, even essential, for many situations, we want to propose a conceptual framework that allows it to evolve.

### 2.2. Cognitivism

While the subject of behaviourism is behaviour, that of cognitivism is to be able to model and explain the mental activities that generate a behaviour. Part of cognitive science, cognitivism postulates that the human mind is like a machine for processing information. One stream of knowledge, called *computo-symbolic*, is based on the sequential operation of computers and distinguishes short-term memory from transient memory and from long-term memory. Appearing at the same time as the first but acknowledged later, another stream, called *connectionism*, likens the brain to a neural network with the possibility of parallel computation.

From the pedagogical standpoint, cognitivism assumes that the learner interprets the environment according to its mental schemes to internalize new knowledge. Gagne's nine events of instructions can serve as a guideline to a constructivist pedagogy (Gagne, 1965): 1) gain the learner's attention, 2) inform learners of the objectives, 3) stimulate recall of previous learning, 4) present the content, 5) provide for learning guidance, 6) elicit performance, 7) provide feedback, 8) assess performance, and 9) enhance retention and transfer to the job. From a practical standpoint (Kruse, 2009), this approach suggests that the teacher begin

lessons with a provocative question or an original fact, present first the objectives and the lesson content, connect the new knowledge to previous knowledge, encourage learners to organize the knowledge, and present the content in different forms and different paths, for example. Even though our approach can follow in the same path as cognitivism, it also privileges action and constructivism.

### 2.3. *Constructivism*

In our approach, we enriched the cognitivist approach by using constructivism, established on a theoretical level since the 1930s, in particular by Bruner (Bruner, 1960), Piaget (Piaget, 1970) and Vygotsky (Vygotsky, 1978). The constructivist approach considers that learning results from the interaction between learners and their environment and thus is not only a result of the influence of the environment. It gives priority to the knowledge that depends on the person, to the knowledge that is codified and fixed by a social group.

In our framework, we consider students as active organisms that seek meaning and significance. This active knowledge processing system interprets information and the outside world based on its personal representation. The students learn best when they can contextualize what they learn for immediate application, which allows them to acquire personal meaning. Thus, we promote active non-directive learning, recommending giving priority to a real learning context and a *supportive* teaching style rather than an *interventionist* teaching style. We give priority to guided discovery, to collaborative learning and to a project approach. The teacher's task is to offer students a rich and stimulating learning environment. The teacher becomes a facilitator and a mediator more than a knowledge supplier, and the competencies are addressed holistically rather than by cutting them into smaller goals.

### 2.4. *Socio-constructivism*

Our framework also incorporates some of the principles of socio-constructivism (Vygotsky, 1978). We recommend using social interaction to help construct knowledge and mediation tools, particularly Information Processing and Communication (ICT) tools (e.g., wikis, blogs, forums), to mediate the learning processes. Thus, in our classes, we encourage the collaborative learning skills that are the key to finding future jobs (Looi, Cheng & Ng, 2010). The success of such an ambition does not come all by itself (Cole, 2009).

Obviously, a pedagogy that is totally active and non-directive, or conversely totally passive and directive, is an illusion. First, there is evidence that progress only occurs by integrating different currents within a single pedagogical style: behaviourism, cognitivism, constructivism (Hoic-Bozic, Mornar & Boticki, 2009) and socio-constructivism. Second, it is necessary to deal with applying these diverse currents in an ecological situation, or, in other words, in a real situation. In the next section, we propose our framework for developing learning modules that can meet those two conditions.

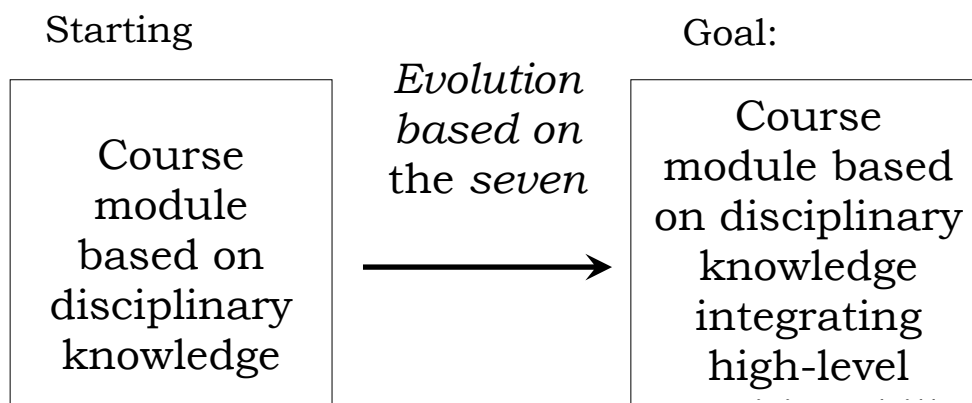
## **3. Our framework for the evolution of course modules**

The problem of educational change is twofold. It is necessary to improve the quality of student learning. It is also necessary to consider the realities and offer teachers an approach that allows them to take into account the learning situations they encounter. The purpose of the proposed approach is to offer, for an university context, a response to the crisis in education, providing a framework for the evolution of existing courses. This framework is based on seven basic principles, as shown in Figure 1. In this section, we explain in detail the seven founding principles this framework is based on.

1. Redefine the roles of teachers and students
2. Introduce pedagogical mini-projects guided by cooperative learning
3. Alternate individual work and group work
4. Foster a shared understanding of the activities proposed to students
5. Use ICT to support teaching
6. Evaluate the knowledge acquired by students regularly
7. Analyze the teaching process

**Fig. 1 – Seven basic principles**

Starting from a "traditional" course module, the seven basic principles are used to make the traditional module evolve towards a final module. In addition to acquiring the disciplinary knowledge referred initially, this final module will also help the students to acquire high-level cognitive skills and professional competences (Figure 2).



**Fig. 2 – Context of instructional evolution**

Another of our objectives is to improve student motivation, learning quality and the teacher's role diversity. Changes may take into account all these principles or only some of them. Similarly, depending on the context, the degree of influence of a principle can vary. Our approach allows an implementation that is simpler, more gradual and more adaptable to the context.

In the rest of this section, we summarize and explain the seven principles presented in Figure 1. Each of the seven principles is applied to a traditional module to make it evolve.

### **Principle 1: Redefine the roles of teachers and students**

Although the two main roles — teacher and student — are still recognizable, they have evolved. Teachers still have the traditional roles of evaluator and knowledge provider, but now they must be completed by other roles. Now, teachers must also assume the role of project conductor (Dillenbourg & Tchounikine, 2007). Teachers should establish structured scenarios that will facilitate group organization and allow them to satisfy the objectives of one or more mini-projects (see principle 2) incorporated into a given module. For this reason, teachers must play many roles: (1) *facilitator*, who helps the students make choices; (2) *manager*, who encourages the group to be productive; and (3) *organizer*, who helps the students break down the tasks. In turn, the teacher's responsibility as a knowledge provider evolves. Although teachers remain the guarantor that the knowledge is relevant, students can intervene before or during project to bring new pieces of knowledge. Teachers may thus feel undermined by the student productions or, on the contrary, may feel their authority has been

consolidated via their explanations of any gaps in any knowledge that the students have brought. These changing roles make it necessary for teachers to have a more sophisticated pedagogical process, while at the same time maintaining their role as academic referee.

Meanwhile, students must be aware of their place and their active and cooperative role in this new teaching style. Although collective learning allows the development of ideas that are difficult to attain through individual thought, collective learning does not happen on its own. It may be necessary to present a certain number of proven principles to students, such as the necessity of positive interdependence and the recognition that collective success depends on individual achievements (Johnson & Johnson, 1980; Gillies, 2004). The students may learn their new role separately, as part of another lesson, or during the first sessions. This new student awareness helps the students to situate themselves in the new system, to align their future efforts, and to coordinate themselves with the rest of the group, team or class.

### **Principle 2: Introduce pedagogical mini-projects guided by cooperative learning**

Our framework is structured in a context of active learning supported by a mini-project. It is, of course, a special kind of project in which the main objective is knowledge acquisition; content production is also often directly related to this objective. The nature of the production can be varied: produce a slide show that will then be presented to an audience, develop a thematic report, make a mock-up, and so on.

Specifically, the project aspects considered are:

- 1) joint production of an object,
- 2) sharing tasks and responsibilities,
- 3) respecting deadlines, the teaching sessions are quite limited in terms of time, and
- 4) analysing the activities carried out and the knowledge acquired, both as a group and as an individual.

The project objective is knowledge acquisition. We recommend a collaborative learning process, in which the students are responsible for their learning, as well as the learning of others (Gokhale, 1995). One of the techniques used is to ask students producing games for the other students, using such software as found on the *Hot Potatoes* site (Hot Potatoes, [http](http://www.hotpotatoes.com/)) to create multiple-choice questions or fill-in-the-blank texts, to name but a few of the possibilities. The goal of the games is that the other class members learn course content. There is a double learning effect. First, the students learn a first time when designing the game; then, when playing games designed by their classmates, students learn a second time. If circumstances permit it, especially if there is enough classtime spread out over time (e.g., thirty hours spread over several months), it may be interesting for students to complete a project, including all the project life cycle phases (i.e., initiation, planning, control, construction and closing) (PMBOK, 2008), resulting in traditional deliverables: project demand, framework memorandum, reports and balance sheets. Inspired by *team-based learning*, this principle requires classtime spread out over several months (Michaelsen, Fink & Knight, 2002; Gomez, Wu & Passerini 2010).

### **Principle 3: Alternate individual work and group work**

Inherited from the Greek civilization, the pedagogy used in our universities is historically based on a behaviorist approach, which inherently results in individual work (Dumont, 1992). We recommend introducing group work as part of an alternating pattern: individual work – group work. This alternating pattern is found in many cooperative learning methods, including JigSaw (Aronson, Blaney, Stephan, Sikes & Snapp, 1978), JigSaw II (Slavin, 1980) or Team Accelerated Instruction (Slavin, Leavey & Madden, 1986).

This alternation allows different roles to be assigned to group members and empower them with respect to themselves and with respect to the group (Martinez, Herrero & Santiago de Pablo, 2010). It also provides an opportunity for the teacher to establish interdependence between students (Aronson et al. 1978) as a support for cooperative learning (Johnson et

Johnson, 1980). The sessions devoted to individual work can provide opportunities to develop a differentiated pedagogy or to upgrade individual skills (Slavin et al. 1986). This alternation seems effective at increasing motivation (Gomez et al. 2010) and promote interaction between students, the teacher and the knowledge targeted (Martinez et al. 2010). In addition, if the alternation is connected to production of individual and collective texts, the contributions of each group member can then be discussed and thus be a factor in the individual evaluations, which are known to have an impact on the success of collective work (Davis, 1993). In general, the alternation can also offset the disadvantages of collective work, including its slowness (Cooper, Prescott, Cook, Smith, Mueck & Cuseo 1990; Eastman & Reisenwitz, 2006) or the fatigue it generates. Students may need the calm of the individual work to better focus. This alternation may lead to inter-group competition, with all its expected risks (Slavin, 1977).

#### **Principle 4: Foster a shared understanding of the activities proposed to students**

Collective work gives rise to contradictions and tensions between the different stakeholders. These tensions and contradictions can interfere with work because they can cause the worsening of the activity dynamics: coordination, cooperation and co-construction (Bardam, 1998). We recommend that part of the class be devoted to ensuring that students understand the requested individual and collective learning activities. Introducing and understanding the rules of the game helps to create a need and motivates students to perform the activities proposed (Kruse, 2009) according to Gagne's pedagogical practices (Gagne, 1965). For example, if a teaching method is proposed to students, the teachers must insure that it is understood, at least its broad outlines, before being put into practice. Sometimes, it is necessary to provide a preliminary educational activity to explain a new teaching method.

This shared understanding should focus on both goals and the means used and can be developed in various ways. It can be developed through individual work on the procedures to carry out or through constructing a collective representation of the teaching method. A key element of success seems to be providing students with examples similar to deliverables required by the second principle (e.g., framework memorandum, meeting minutes, reference slide shows).

#### **Principle 5: Use ICT to support teaching**

Through its capacities for storing, disseminating and processing information, ICT allows educational attractive activities to be implemented. These activities can be done inside the classroom or, using the Internet, outside the classroom: at home, at a company... in fact, anywhere. They also help establish new partnerships and roles (e.g., the group, the outsider, the community) and provide these new roles with the means to communicate. Different types of communication become possible: teacher-student, student-student, student-community, student-content, and so on. Many benefits (Wagner, 1997) can be expected concerning participation, feedback, knowledge retention and development, student evaluation support, student self-regulation, motivation, negotiated understanding and team building. Through its application storage capacity, ICT allow the reuse of student products.

There are different levels of technology available. For example, basic **and** easy-to-implement tools, such as the existing commercial websites on which analysis can be conducted; tools for prototyping human-machine interfaces; and/or tools for editing text and layouts can sometimes be preferable to technologically advanced e-learning tools. These advanced tools are known to be cumbersome to implement and require good level of coordination of responsibilities (Wagner, Hassanein & Head, 2008) and are sometimes little used (Holbert & Karady, 2008).

Nevertheless, it remains true that the e-learning wave (CCCEP, 2001), as well as the various programs designed to provide all educational communities concerned by Learning Management Systems (LMS) and open source applications, leave no doubt about the



availability and importance of ICT and e-learning in courses and university life in general. Let us mention the three best-known systems: *Sakai* (Sakai, [http](http://sakai-project.org/)) (created by four American universities: MIT, Indiana University, University of Michigan, Stanford University), *Moodle* (Moodle, [http](http://moodle.org/)) and *Claroline* (Claroline, [http](http://claroline.net/)) (used at the Open University of Louvain-la-Neuve in Belgium).

### **Principle 6: Evaluate the knowledge acquired by students regularly**

In addition to its strategic nature (Gravestock & Mason, 2004), evaluating learning is an important, even essential, part of the educational process (Sander-Regier, Mehry & McColl, 2007). Evaluation should be a focal point in all teaching methods, but unfortunately, there is not enough knowledge about it (Shepard, 2000). Many questions arise: Is it a way to evaluate learning or a way to control the number of students? How to integrate acquisitions with natures as different as knowledge, skills and attitude? What should be evaluated? When should these things be evaluated? This sixth principle requires a more regular work by the teacher, who must promptly correct the evaluations. It also requires increased quantities of correction and good organization but provides a feeling of professionalism.

Our regular interaction with students and their replies to educational questionnaires at the end of end of modules show that students ask for regular evaluations on limited subjects. They support formative assessment prior to summative assessment. These evaluations provide regular feedback to students to allow them to better situate themselves in relation to what they are learning in the module. In addition, the results of these evaluations are also an opportunity for dialogue between students and the teacher, leading to mutual understanding of the difficulties. The fact that the subjects are limited permits students to gradually understand their learning strengths and weaknesses. Remedial measures can be undertaken easily and quickly and thus efficiently. Clearly, this is what is recommended by *Mastery Learning* (Carroll, 1963; Bloom, 1971; Carroll, Bloom & Hunter 1987). This remediation may even be undertaken as part of a specific external remedial program, thus allowing a real differentiated instruction.

The clear announcement — if possible, in writing — of the things that students are expected to learn and how they will be evaluated (including a range of marks) has many advantages. In addition, if the content is discussed with the students, this will lead to a better understanding and mutual trust. Such a system allows clear, enforceable and negotiable rules to be set with other stakeholders (e.g., university, employers, ministries). The system then provides a way to avoid the "*constante macabre*" (Antibi, 2003), which underlines that, in order to remain credible, any evaluation has its share of bad marks.

We recommend a student evaluation that addresses the three types of learning identified by Prime (Prime, 1998) and integrates them into a single evaluation. In this context, we recommend that one part of the evaluation take into account the student's use of the proposed teaching method. Evaluations should be multifaceted. They can be individual or collective, written or oral, and/or concern product behavior or product quality. For group activities, the evaluation should not only be collective but also individual, evaluating the attitude during the mini-projects, the quality of individual written texts required, and the behavior of everyone in public presentation of the work, for example.

### **Principle 7: Analyze the teaching process**

The previous principles provide a framework for creating learning scenarios. However, the teacher still assesses whether or not the educational goals have been attained. Feed-back from the other stakeholders is necessary, especially with the students, for example, using questionnaires and semi-structured interviews. These techniques allow the teacher to introduce the concept of participatory educational design and its process.

There are protocols designed to insure that these techniques are effective (Sander-Regier et al. 2007). For example, these techniques have to follow well-tested rules. It is not a

question of allowing students to freely criticize the teachers or lessons. In addition, if they are announced early to the students in the course module, these feedback techniques strengthen the feeling among students that the teacher is particularly interested in what they say. Such practices are known to improve the student performance (Mayo, 1945; Olson, Verley & Santos, 2004). Then a feed-back is also necessary with the other stakeholders (i.e., the university management, the business world, future employers).

In the next section, we present the tests of our framework. We provide three case studies that are representative of university teaching modules and are significantly different in terms of their initial objectives. We show how they evolve after applying the seven basic principles.

## 4. Case Studies

In this section, we describe three case studies in which we implemented our framework, according to the mindset shown in Figure 3. For each case study, we begin by describing the context of the specific module and then specify how we used the seven principles explained above in the module. Finally, we provide details about how we constructed the final teaching scenario.

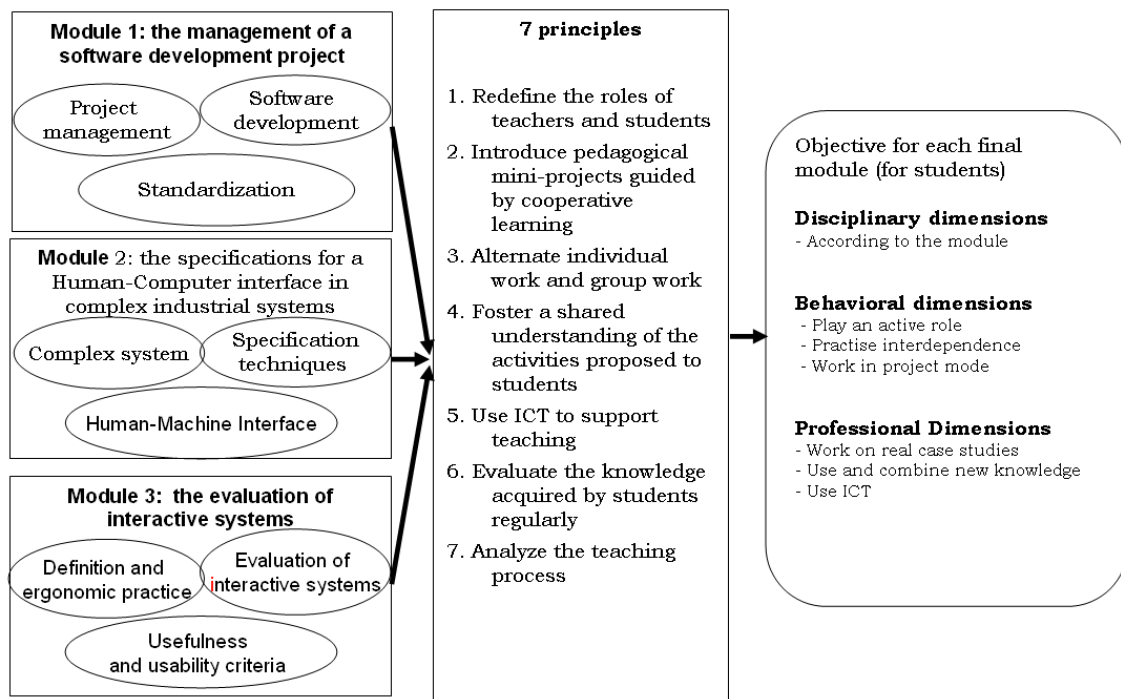


Fig. 3 – Case studies

### 4.1. Module 1: the management of a software development project

#### 4.1.1. Context

The first case study concerns a project management module intended for students in the final year of the Bachelor's degree course. One objective of this module is to make them learn about a number of conceptual models, such as a software quality model (ISO/IEC 25000, 2005), a software engineering model (SWEBOK, 2004) or project management model (PMBOK, 2008). They have to assimilate the state of the art of some conceptual schemes established by the international engineering community.

This module was made necessary by the complexity of network development projects, the rapid evolution in this domain and the interconnection of the fundamental problems in computer science and project management. These "high-level" models allow students to better understand the issues of network projects. This knowledge makes students more independent and more able to fit into a team; these are essential qualities often required by companies (Gunasekaran, McNeil & Shaul, 2002). The sessions, which are held in a computer room, include twenty students. Each student has a recent computer with Internet access.

#### 4.1.2. Module specifications based on the 7 basic principles

We immediately rejected an approach that would make the students study these standards directly. We made this choice not only for cost reasons — most standards have considerable financial costs — but also for obvious pedagogical reasons. We also rejected the behaviourist approach that we had chosen for another degree a few years previous. For this degree, we had used lectures. Although we and our colleagues had tried to make our slide shows attractive, this attempt was disappointing both in terms of examination results and student attention in the small group sessions. In addition, teachers felt devalued and discouraged by this situation. In order not to reproduce this situation, we decided to implement a new teaching style. The seven principles described in section 3 were set up and applied to the module. The module's specifications are shown in Table 1.

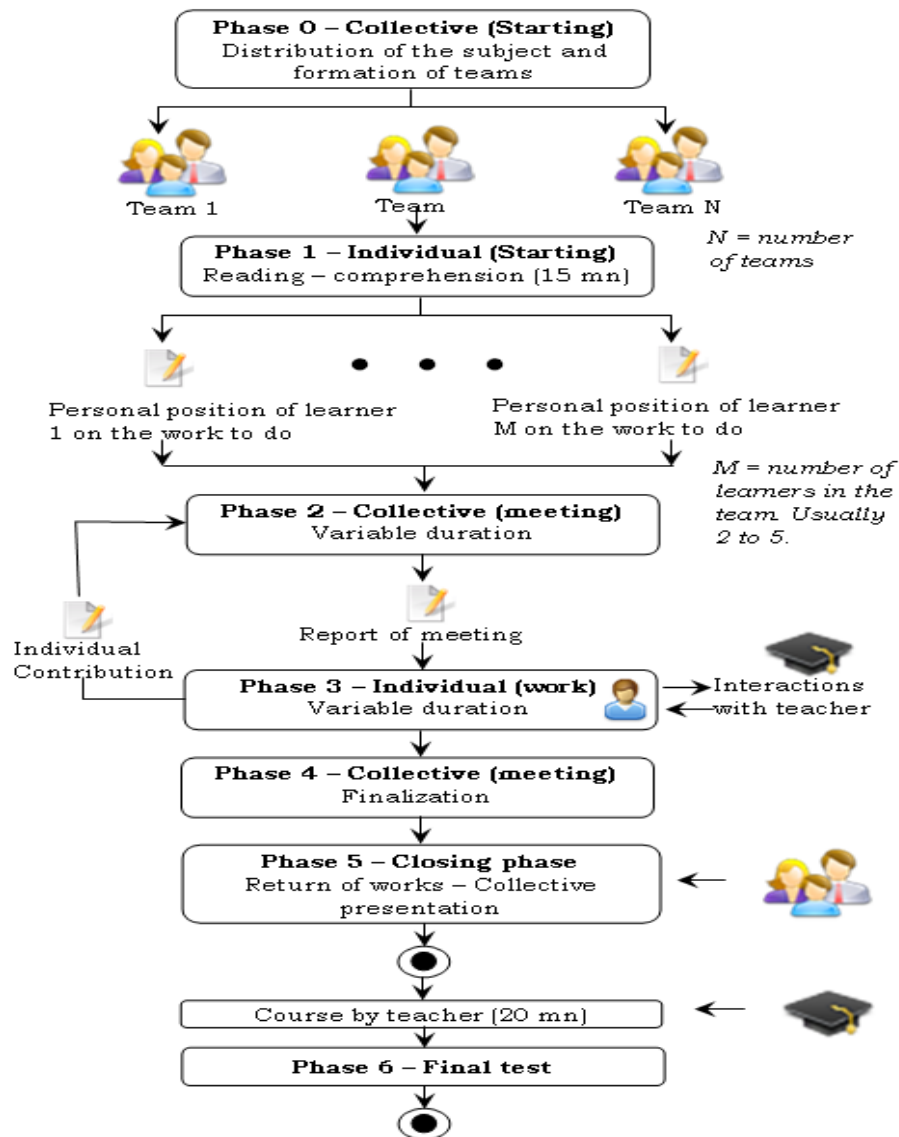
Table 1 – Specifications for the module, "Software development project management"

<b>Principle</b>	<b>Set up for module 1</b>
Principle 1: Redefine the roles of teachers and students	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The teacher proposes a pedagogy based on a group project. Each concept to be explored (e.g., software quality) is the subject of a mini-project. The teacher's role is to supervise, motivate and assist students in completing their mini-projects. These mini-projects take 75% of the face-to-face time. In the last quarter of the time, the teacher resumes the traditional role of knowledge provider and evaluator and gives a traditional lecture of thirty minutes.</li> <li>- Students must find, criticize and present the knowledge required by the teacher. They have to organize themselves in teams, respecting the teaching style dictated by the pedagogical strategy (see Figure 4). The students can participate in defining the evaluation criteria for some work, and, in an advisory capacity, evaluate some of the work of other teams.</li> </ul>
Principle 2: Introduce pedagogical mini-projects guided by cooperative learning	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Completing the mini-projects is part of the knowledge acquisition process. To complete them, a basic project management method is proposed. These mini-projects are worked on during the group sessions (groups of two to five students) and, if needed, completed at home. At the end of the project, one or two teams show their project results to the rest of the group.</li> <li>- The pedagogical rules set by the teacher explicitly mention cooperative learning. Although this learning style did not count towards the final mark, the students are regularly encouraged to put it into practice.</li> </ul>
Principle 3: Alternate individual work and group work	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Every phase of collective work is preceded by a phase of individual work (see Figure 4). Students must submit their individual work on an e-learning platform (i.e., Moodle).</li> <li>- For these group projects, the individual marks are composed of a mark assigned to the group and a mark based on the attitude of the individual student and his/her personal work. These marks are subsequently incorporated into each student's individual mark.</li> </ul>
Principle 4: Foster a shared understanding of the activities proposed to students	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In a document of several pages, the teacher proposes the rules of the new pedagogy. The beginning of the course module is devoted to studying this new pedagogy. Each student has to reformulate the explanation of the pedagogy given in the form of a graphic model of his/her choice using his/her choice of tool (e.g., Freemind).</li> <li>- The models thus made are put on the e-learning platform. Students are then asked to assess strengths and weaknesses of models of their colleagues.</li> <li>- The students are regularly asked about how the meetings were conducted and the appropriateness of the controls and evaluations.</li> </ul>
Principle 5: Use ICT to support teaching	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The Internet is used to conduct the research for the mini-projects. The students regularly propose new knowledge, which is validated by the teacher or not.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Some of the mini-projects result in deliverables (e.g., slideshows, posters, electronic quizzes, reports), produced using ICT, (e.g., such tools as PowerPoint, Word, Hot Potatoes and/or FreeMind).</li> <li>- The group sessions, the mini-project products, and the use of the teaching resources are monitored using the Internet. At any time, anyone can file or access a report, for example, on the e-learning platform Moodle (Moodle, http), which is especially rich in tools (e.g., filing documents, handing in assignments, wikis, blogs, databases, glossaries).</li> </ul>
Principle 6: Evaluate the knowledge acquired by students regularly	<ul style="list-style-type: none"> <li>- At the end of the mini-project, students are required to present their work publicly. These presentations are evaluated both individually and collectively.</li> <li>- Each mini-project ends with a written exam. On average, four hours of face-to-face time resulted in a 30-mn exam.</li> <li>- The students' attitude during the sessions is evaluated. It should be noted that, in practice, this evaluation is not included in the final mark.</li> <li>- In each session, students are asked to submit their work and their reflections on their behaviour. This work can serve as the basis for an evaluation discussion between the student and the teacher.</li> </ul>
Principle 7: Analyze the teaching process	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Students are regularly asked how the meetings were conducted and the appropriateness of the controls and evaluations.</li> <li>- At the end of the module, the students complete a questionnaire on how the meetings were conducted and pedagogical style.</li> <li>- The students' feelings about their learning and the pedagogical style are gathered through informal discussions.</li> </ul>

#### 4.1.3. Final teaching scenario for module 1

By applying the basic principles, we were able to propose a scenario based on mini-projects completed by teams of two to five students. There were 6 main learning phases: a) distribution of the subject and a 3-page document explaining the pedagogy to be followed; b) group analysis of the pedagogy; c) completion of a mini-project by team of two to five students, using information on the Internet and/or any books available; d) public group presentation of a slideshow summarizing the group's research; e) a traditional 30-minute lecture by the teacher that serves as a reference for the exam; and f) written exam as a test of the individual's knowledge. In addition, each team member had to produce a number of texts on the work he had done individually, which was included in the final mark.



**Fig. 4 – Scenario for module 1 based on the basic principles**

Figure 4 shows the broad outlines of this scenario. Students were graded on the individual written tests (50%) and on their interactions and their individual and collective production during the sessions (50%).

#### 4.2. Module 2: Human-Computer Interfaces for Supervision

##### 4.2.1 Context

This second case study concerns a module about the specification of Human-Computer Interfaces for industrial system supervision. This module is intended for post-graduate students in the field of Automation. The Human-Computer Interfaces must be used in specialized control rooms by human operators, who have to monitor, diagnose and intervene in industrial systems. The interface design must integrate the state of the art in information presentation modes and the ergonomic knowledge from the field of Human-Computer Interface (HCI) design for industrial systems (Rasmussen 1986; Kolski, 1997).

This module is necessary for students because the needs in this area are very important since most industrial systems are equipped with control rooms. The projects dedicated to designing human-computer interfaces for supervision are most often done by a team, who

should consider various ergonomic, safety and productivity criteria. In this module, the sessions take place in groups of about twenty students, who meet face to face.

#### 4.2.2. Module specifications based on the 7 basic principles

We rejected the traditional approach that focuses primarily on acquiring knowledge about this vast and complex domain. It would have been possible to start with a theoretical description of current knowledge and offer students a set of exercises to permit them to explore this knowledge in more depth. This approach was judged insufficiently effective on our first attempts. We therefore decided to establish a pedagogy that was more attractive for both teachers and students. The seven principles described in section 3 were thus established and applied to the module. The module's specifications are shown in Table 2.

Table 2 – Specifications for the module, "Human-Computer Interfaces for Supervision"

<b>Principle</b>	<b>Set up for module 2</b>
Principle 1: Redefine the roles of teachers and students	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The teacher proposes an educational project integrating a simulation with role-playing. During the first sessions, the teacher has the traditional role of knowledge provider, explaining the knowledge essential to the field of HCI design. Then, the students are asked to meet in groups of 3 to 5 students to work on a real complex case study. Following a simulated call for tenders, these groups compete with one another to win the tender. During these sessions, the teacher plays the role of a human operator available to answer the groups' questions as to the needs the human operator with regard to the human-computer interfaces in the control room of a plant. The teacher also plays the role of the evaluator during the final session.</li> <li>- Students must exploit the knowledge available to produce the HCI design specifications. They also have to organize themselves in order to analyze the complex case, produce the HCI design specifications, and present them orally to the teacher and the other groups. Consequently, each group member also plays the role of evaluator during the final session.</li> </ul>
Principle 2: Introduce pedagogical mini-projects guided by cooperative learning	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The focal point of the module is a mini-project that is part of the knowledge acquisition process. This mini-project has to be conducted over three sessions and completed outside the session by the groups of 3 to 5 students. At the end of the mini-project, each group presents the HCI design specifications in front of the teacher and the other groups.</li> <li>- The teacher establishes the pedagogical rules, explicitly mentioning cooperative learning.</li> </ul>
Principle 3: Alternate individual work and group work	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Each student must first focus individually on the domain knowledge.</li> <li>- During the mini-project, even though the teacher primarily plays the role of the human operator available to the groups, he nonetheless also insures that each student participates actively in the group's work.</li> <li>- During the group's oral presentation of the specifications, each group member must play an active role in the presentation. During the evaluation phase, each student is asked to speak individually.</li> <li>- Each group is marked as a group, with a ranking among the groups, in order to focus on the group's shared responsibility.</li> </ul>
Principle 4: Foster a shared understanding of the activities proposed to students	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The rules are explained orally at the beginning of the module to all students.</li> <li>- Early in the mini-project, each student is given a detailed description of the industrial process for which each group is asked to provide a HCI design.</li> <li>- Then, at each mini-project session, the teacher insures that the work is going in the right direction through a rapid but regular examination of the progress made on the HCI design specifications. The teacher also insures that the students understand all the objectives and the oral and written output expected.</li> </ul>
Principle 5: Use ICT to support teaching	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Students are asked to use their choice of an HCI generator, whether or not it is specific to the field of industrial supervision. In fact, the goal is to produce a professional quality report, written with a professional text editor, containing representative snapshot screens of the HCI graphics.</li> <li>- All the oral presentations are supposed to be made using a professional presentation editor (e.g., PowerPoint, OpenOffice editor).</li> </ul>

Principle 6: Evaluate the knowledge acquired by students regularly	<ul style="list-style-type: none"> <li>- During the mini-project, the group's progress is regularly evaluated by the teacher, which leads essentially to oral recommendations.</li> <li>- At the end of the mini-project, students are required to present their HCI design specifications in public.</li> <li>- The students are marked on both the HCI design specifications and the oral presentation.</li> <li>- At the end of the module, there is also an exam. The mini-project counts for 20% of the final mark.</li> </ul>
Principle 7: Analyze the teaching process	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interviews are used to gather the students' feelings.</li> </ul> <p>Observations:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The students were unanimous in their assertion of the effectiveness and interest of such a learning process.</li> <li>- The absentee rate was almost equal to zero during the nine years during which the module was taught, which was not the case for the other modules taught in this degree program.</li> <li>- An in-depth analysis of 64 reports produced over these nine years was conducted, which overall demonstrated the very satisfactory quality of the reports from the students (Kolski, Sagar &amp; Loslever, 2004a; 2004b; Kolski, Loslever &amp; Sagar, to appear).</li> </ul>

#### 4.2.3. Final teaching scenario for module 2

By applying the basic principles, we were able to propose a scenario based on mini-projects completed by groups of 3 to 5 students. Each group was competing to respond to a simulated call for tenders issued by a fictitious company. There were 5 main learning phases: a) description of the module and the pedagogy used and lecture presenting the domain knowledge, b) mini-project, including role-playing, with the objective of generating HCI specifications; c) group presentation of the specifications themselves, with a collective evaluation; d) results presentation, with an examination of the strengths and weaknesses of each group, and ranking of the groups, and e) final examination on the information presented in the module. Figure 5 represents a flow chart of this scenario. The mini-project counted for 20% of the final mark.

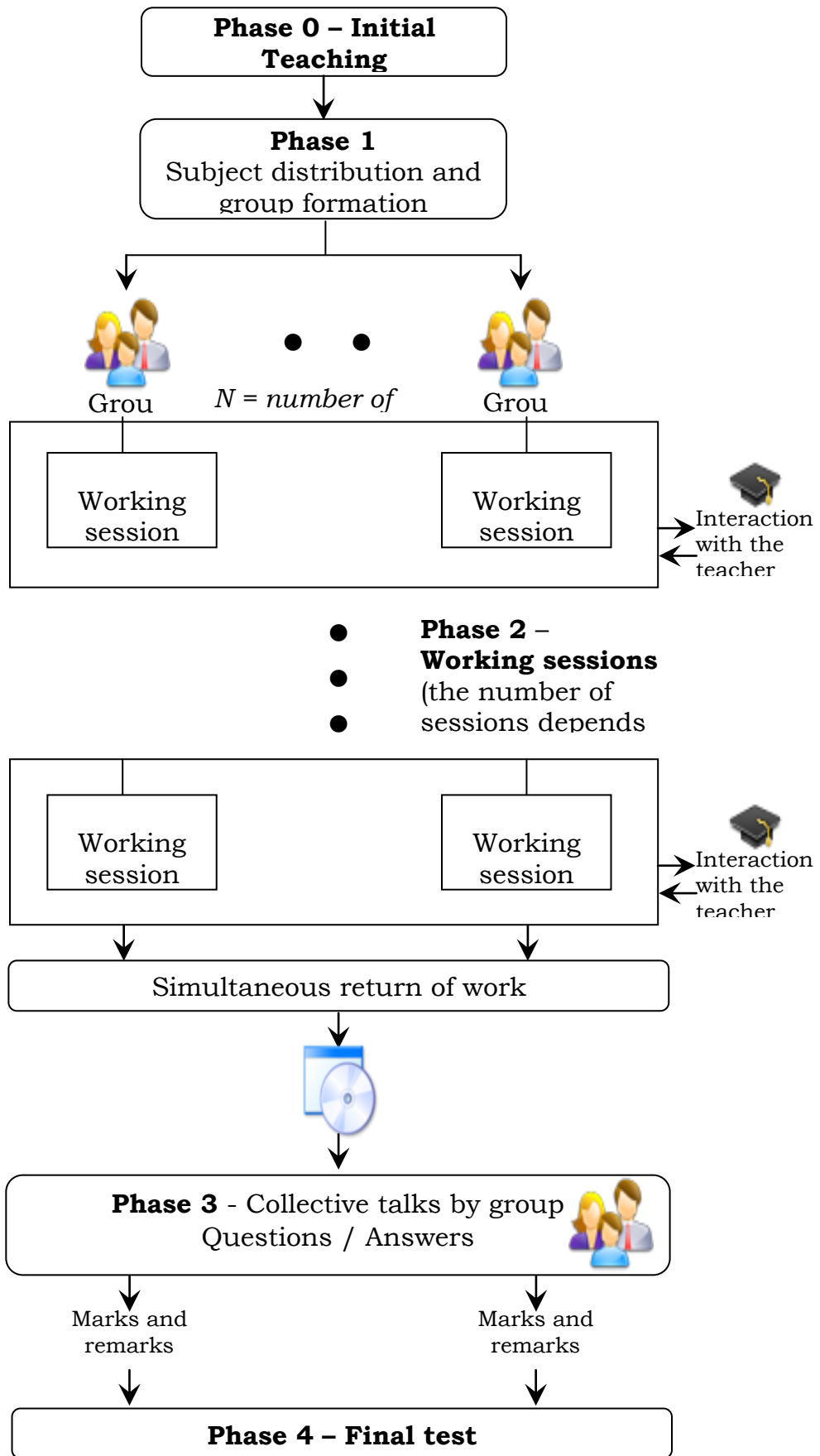


Fig. 5 – Scenario for module 2 based on the basic principles



### 4.3. Module 3: the evaluation of interactive systems

#### 4.3.1. Context

This third case study concerns a module for evaluating interactive systems intended for students of Master level in Communication Sciences & Multimedia domain. The educational objective is to teach future engineers to evaluate websites and multimedia products and to suggest possible ergonomic adjustments to improve them. Ergonomics for human-computer interfaces (HCI) uses different evaluation methods to highlight the specificities of HCI as well as the prospects for ergonomically transforming HCI.

Among these methods, Cognitive Walkthrough (CW) evaluates the ease with which a user who has a minimum knowledge of the system performs a task (Polson & Lewis, 1992). This evaluation method uses the learning-by-exploring model (Polson & Lewis, 1990), which was inspired by Norman's theory of action (Norman, 1986). CW is a widely recognized method in both the industrial and academic worlds (Huart, Kolski & Sagar, 2004; Mahatody, Sagar & Kolski, 2007; 2010). It explores the HCI to see how easy it is to learn to use it. Students are asked to criticize the CW method in order to propose improvements to make it more effective at ergonomic evaluation. In this module, sessions take place both in the classroom and in the practical work room.

#### 4.3.2. Module specifications based on the 7 basic principles

Knowing that design is an interaction between understanding and creation, and that it is a very complex activity, for this "Design and evaluation of interactive systems" module, we ruled out the traditional approach that focuses primarily on teaching the standards. In fact, we have observed that students have difficulties when facing problems that are both "simple and complex" or both "specific and general". Ergonomic standards and guides often focus on user characteristics and limitations. Certainly, these standards and guides only deal with targeted areas: workspace, dimensions, controls, and the physical environment. So, they are just interested in limits, and are not interested in everything that is complex or specific (e.g., cognitive activity and reasoning of users).

The knowledge in this field is vast and complex, and acquiring this knowledge cannot be limited to theory. Tutorials focusing on questionnaires and checklists have many limitations and thus prevent students from examining this knowledge in depth. Therefore, we decided to implement a more active pedagogy, showing first the limitations of the questionnaires and checklists, and then placing students directly into a role-playing game that focuses on their future job as an evaluator and a supervisor. Thus, the seven principles described in section 3 were applied to the module. The module's specifications are shown in Table 3.

Table 3 – Specifications for the module, "Specifications of man-machine interface in complex systems"

Principle	Set up for module 3
Principle 1: Redefine the roles of teachers and students	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The teacher proposes a pedagogy based initially on the use of ergonomic questionnaires and checklists to show their limitations and their subjectivity in terms of ergonomic recommendations. Then, the teacher proposes a role-playing game using the more objective Cognitive Walkthrough method for a more reliable ergonomic evaluation.</li> <li>- The teacher has a traditional role of knowledge provider. He explains the essential knowledge for the first phase, as well as for the second. In the first phase, he intervenes rarely, to surmount a critical situation, for example. Similarly, during the second phase, he lets the students play their roles as supervisor and evaluator fully, and only intervenes when problems arose.</li> <li>- Student 1, who plays the designer "supervisor" role, first breaks down the task in order to accomplish the goal he/she has set. This goal is supposed to be representative of website use. Student 1 then fills out the first card, "Preparing the</li> </ul>

	<p>Evaluation" (Figure 7), including the sequence of actions, which he/she submits, action by action, to the evaluator. Student 1 oversees the work of the evaluator. If necessary, the teacher answers questions and potentially intervenes in cases of deadlock.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Student 2 plays the role of the user and thus assumes the evaluation task. He/she applies the sequence of actions sent by the supervisor, filling out the second card, "Evaluation" for each action (Figure 7). Once the first action has been evaluated, the evaluator moves on to the second and so on. For each action requested by the supervisor, student 2 must note the requested task (e.g., "book a train ticket"). He/she must also note the action (e.g., action 1: "key in voyage-sncf.com") and then evaluate it, using the following three obligatory steps: (1) before the action, the student must imagine his/her goal and note it on the second card; (2) during the action, the student consults the website page and replies to questions on the card; (3) after the action, the student answers the last questions on the evaluation card. Thus, student 2 fills out as many cards as actions proposed by the supervisor. For every action, he/she answers questions proposed by the CW method on the evaluation card. When he/she encounters a problem, the student must fill out a third card, "Problem description", which is supposed to provide the solution in terms of ergonomic design.</li> <li>- The pair of students writes the report, offering their perspective on the use of the CW method. The teacher reads the report and critiques the use of the method.</li> </ul>
<p>Principle 2: Introduce pedagogical mini-projects guided by cooperative learning</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The focal point of the module is a mini-project that is part of the knowledge acquisition process and is supposed to simulate the stakeholder roles within the design process. This mini-project should be run by a pair of students in two 4-hour sessions. Next, each pair spends the following week working to prepare the ergonomic evaluation report and critique the methodology used.</li> <li>- The teacher establishes the pedagogical rules at the beginning of the module, explicitly mentioning cooperative learning.</li> </ul>
<p>Principle 3: Alternate individual work and group work</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Each student must first focus individually on the domain knowledge.</li> <li>- Then, in a four-hour session, each student has to evaluate an interface using standard ergonomic checklists and questionnaires and provide an evaluation report to the teacher. The objective of this session is to identify the limitations of these checklists and questionnaires, which are primarily interested in implementing the norms and standards.</li> <li>- Finally, each student in turn has to play the role of supervisor and evaluator, using the CW method and performing the same task on two different websites. The students must work cooperatively.</li> <li>- Each pair is marked as a group in order to focus on the group's shared responsibility in using these methods.</li> </ul>
<p>Principle 4: Foster a shared understanding of the activities proposed to students</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The handouts giving a detailed description of the methods used and the procedure to follow are provided to each member of the group early in the mini-project. Similarly, all the evaluation forms and problems are made available to all group members.</li> <li>- The rules are explained to all students orally at the beginning of the module.</li> <li>- The teacher insures that the work is going in the right direction and that the students understand all the objectives and the production expected.</li> </ul>
<p>Principle 5: Use ICT to support teaching</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The Internet serves as a support to complete the work. Other tools are used for written reports, proposal presentations and ergonomic adjustments (e.g., drawings, screen shots, pictures).</li> <li>- To monitor student progress, the University's Digital Work Space (DWS) is used for communication between the students and the teacher and to hand in reports.</li> </ul>
<p>Principle 6: Evaluate the knowledge acquired by students regularly</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- During the mini-project, student progress is regularly evaluated by the teacher, which leads essentially to oral recommendations.</li> <li>- One week after each session, students are asked to hand in a report. This report is evaluated by the teacher.</li> <li>- At the end of the module, there is also an exam. The mini-project counts for 30% of the final mark.</li> </ul>
<p>Principle 7: Analyze the teaching process</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In the report, the students are asked to criticize the teaching approach used (i.e., the pros and cons) in order to improve this approach</li> </ul>

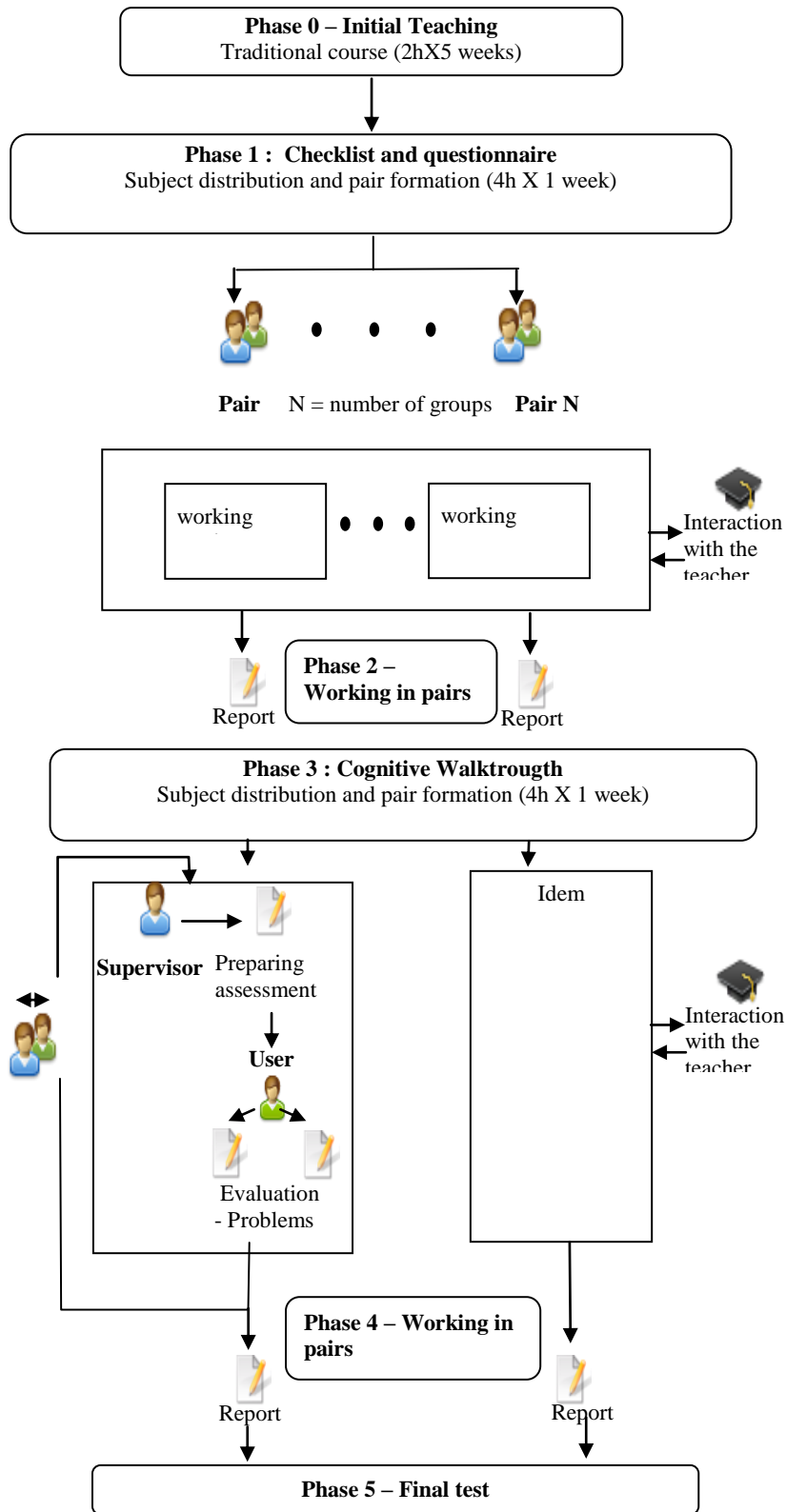
	- At the end of module, the students are asked to provide feedback about their experience.
--	--

#### 4.3.3. Final teaching scenario for module 3

By applying the basic principles, we were able to propose a scenario based on mini-projects for the module, "Design and evaluation of interactive systems". Figure 6 gives the broad outlines of this scenario. This module was completed by student pairs using two complementary methods: 1) questionnaires and checklists and 2) Cognitive Walkthrough (CW) method. For the latter, the students employed a role-playing game to simulate the roles used in the CW method (i.e., supervisor & evaluator). There were 4 main learning phases: a) description of the module and the pedagogy used; b) theoretical lesson presenting the domain knowledge; c) mini-project that used both methods to conduct an ergonomic evaluation, with the objective of producing a HCI specification report and critique of each method; and d) final exam on the module.

The CW method was designed to simulate the user's cognitive path during interaction with a web interface. This method involves two phases. During the preparation phase, for each task, the evaluator describes the initial state of the interface, the sequence of actions used to perform the task, and the original goals of the user. During the evaluation phase, the evaluator performs an in-depth analysis of the user-interface interaction. The questions on the form completed by the evaluator should allow any potential errors in the exploration operating model to be identified.

Even though this simulation approach has some problems (e.g., task breakdown, putting oneself in a representative user's shoes, evaluation time variability, bias due to the evaluator being monitored by the supervisor), it allows students to realize (1) the importance of evaluating and improving interactive systems available to users in work situations, (2) the difficulty of implementing evaluation methods to obtain results that are both meaningful and useful, and (3) the value of exercising and thereby developing knowledge and skills inherent to an evaluation activity and thus step away from the methods that only apply the standards.



**Fig. 6 - Scenario for module 3 based on the basic principles**

Figure 7 shows the three forms used for evaluation. Please note that the mini-project counts for 30% of the final mark.

Card 1: Preparing the evaluation	Card 2: Evaluation	Card 3: Problem description
<b>Product:</b> <b>Task:</b>  <b>Evaluator:</b>  <b>Data:</b>  <b>Product description:</b>  <b>Sequence of actions:</b> <b>1. Click on ...</b> <b>2. Give the value of ...</b> <b>etc.</b>	<b>Task:</b> <b>Action:</b>  <b>1. Before the action (goal to reach)</b> 1.1 What action has to be done? (What is the appropriate goal?). <b>2. During the action</b> 2.1 Is the action to be done obvious? 2.2 Are there visible propositions that, in your opinion, allow and/or suggest this action? 2.3. Are the labels or descriptions associated to the action explicit? <b>3. After the action</b> 3.1. Considering that the correct action has been done, what is the system's response? 3.2. Do you notice a progression towards the asked-for action? What indicates this progression? 3.3. If the action does not appear to be accomplished, what are the signals that indicate this state of affairs? 3.4. Does the system response contain a word or an indication that suggests that new actions are beginning? If so, describe these actions.	<b>Problem:</b> <b>Kind of problem:</b>  1. Brief description of the problem 2. How did you find this problem? 3. Have users encountered this problem? Rarely, Often, Very often, Always. 4. How do you evaluate gravity of the problem? Bearable, Moderate, Serious, Critical. 5. How have you evaluated the seriousness of the problem? 6. Make propositions for solving problem. (You can also write comments or suggestions).

Figure 7 – Evaluation cards

## 5. Assessment of the framework

In this section, we first present the research objectives. Next we look at how the seven principles have intersected the three case studies. Finally we show our findings in terms of improvements on student professional practices, needs for ICT and impact on student and teacher relations. We conclude by offering avenues for improvement. The definition of our framework has been gradual over ten years of practical lessons. For this assessment, we rely on the most successful results, those of the academic year 2009-2010. The first case study involved 17 students for a module of 25 hours of lessons, the second 21 students for a module of 18 hours of lessons and the last 13 students for a module of 18 hours of lessons. These observations were established empirically during meetings, informal student interviews and questionnaires, as well as examination results and realization work done by students. For ethical reasons we could not use a control group. Nearly ten years of study had shown the relevance of the proposed framework intuitively. Students who were taught without the application of the framework would have been at a disadvantage. When we draw comparisons with the teaching, it is therefore done with estimates based on other courses taught by the same teachers.

### 5.1. Research objectives

In the previous section we presented the application of our framework in three case studies. In this section we focus on evaluation. The first question concerns its consistency. Is it a set of independent recommendations or can it be applied as a whole, albeit at different levels, but in totality? The second issue concerns the achievement of the original objectives. Is it that the implementation of the framework promotes the professionalism of students? This applies especially in comparison of the courses without evolution of teaching. The third

question concerns the impact of ICT. Is it that the implementation of the framework promotes the use of ICT? The use of ICT among students? The fourth question concerns the impact in comparison in teaching. The fifth question allows us to know whether the application of the framework has improved student interaction and learning outcomes.

### *5.2. Introduction of principles in the three case studies*

The first principle (Redefine the roles) was strictly applied in the three case studies. In the three modules, 6 roles were implemented: the team, the student, the teacher-facilitator, the teacher-lecturer, the teacher-evaluator and the Internet community (primarily in case 1). The teacher-lecturer role evolved over the three modules. In the first module, the teacher took on this role at the end of module, representing 10% of the time. In the second and third modules, the teacher took on this role early in the module to initiate the process, representing 50% and 45% of the time respectively. One difficulty in the teacher's overall role is thus to be able to recognize what role they are playing in order to remain the knowledge provider and knowledge evaluator, while helping students to satisfy their roles, thus being the knowledge facilitator. Students played two roles: one individual, as a student; the other collective, as a member of a team. In modules 2 and 3, the individual role was not as explicit as it was in module 1. Thus, it was up to the teacher-facilitator to insure this role's existence.

The second principle (Introduce mini-projects with cooperative learning) was the basis of all 3 modules. It took many different forms depending on the module. Module 1 established a real project management for the mini-project. Module 2 was based on teamwork with a real individual component, whose intensity was fostered the teacher-facilitator in this person's interactions with students. Module 3 had the students working in pairs. This second principle was not easy to manage. Most teams recognized that the allocated time was insufficient. In fact, though teamwork makes learning accessible to a single individual, especially in terms of high-level skills, learning takes more time. Even in module 1, the strict "project" techniques were, in the end, little applied by some teams. These teams produced a collective work, but did not make it a priority to apply project techniques, such as verification, validation and planning. We think that this situation was brought about by the pedagogical choices made in implementing the principles. In other courses, we have implemented real project management with its traditional deliverables.

The third principle (Alternate individual work and group work) was properly applied. In the three modules, this alternation was done very differently. In module 1, it was explicitly programmed (see Figure 4). In module 2, the teacher guaranteed the alternation through his frequent interactions in the work sessions (Figure 5) and obviously in the final evaluation. In module 3, the alternation was directly related to technology implemented in Phase 2 (working in pairs) (Figure 6). In addition, between sessions, teachers encouraged working as a team (modules 1 and 2) or working individually (module 3). Students found this alternating pattern relevant. It gave them time to better understand both what was expected of them and the knowledge they were expected to acquire. In addition, it was, for them, a new learning mode.

The fourth principle (Foster shared understanding of activities) was applied in three complementary ways in the three modules. First, the exchanges between students in group work sessions promoted shared understanding of the domain knowledge (modules 1 and 2). Second, the distribution and study of handouts explaining the ins and outs of the teaching strategy fostered a better understanding of what they were trying to accomplish (modules 1 and 3). Third, the sustained interactions with the teacher supported a common understanding of what the teacher expected (modules 2 and 3). This principle is essential to avoid misunderstandings and pedagogical failure.

The fifth principle (Use ICT to support teaching) was naturally and thoroughly applied in the 3 modules (e.g., PowerPoint presentation editor, websites, educational games and professional tools for editing HCI). Since the three modules were in the domain of technological education, the application of this principle was facilitated, but it is not essential

to be in this domain. The technological tools provided a common production framework and promoted team building (modules 1 and 2) and participation. They provided more opportunities for further exchanges between students and between students and teachers. Most often graphic, these tools helped by making certain aspects of knowledge to be acquired more concrete, thus making them more accessible. They also made possible the professional quality of the student productions. It should be noted that module 1 exploited a widely used e-learning platform (*Moodle*), whereas simple-to-implement tools (modules 2 and 3) would have been sufficient to support effective teaching.

The sixth principle (Evaluate knowledge regularly) was applied in all three modules through regular evaluation of student production, oral work presentations and the final exam as well as in a more informal manner through interactions between students and the teacher-facilitator (module 2). The limited disciplinary content in modules 1 and 3 allowed several mini-projects to be connected, each with a final evaluation. Thus, all modules were regularly evaluated.

The seventh principle (Analyse the teaching process) was encouraged by frequent interaction between the teacher and the students. In addition, informal interviews and/or questionnaires (modules 1 and 3) were used. This regular analysis of the teaching process seemed important to the teachers. Certainly, it introduces a bias in the evaluation of the proposed framework because of the well-known fact that students become more efficient if more attention is paid to them. But this analysis is difficult to avoid if our pedagogy is to be validated and our improvements, directed.

The above analysis shows that in the three case studies, the 7 principles were implemented. The proposed framework is complete. It allows us to take all facets of the 3 case studies into account and help to guide the development of scenarios.

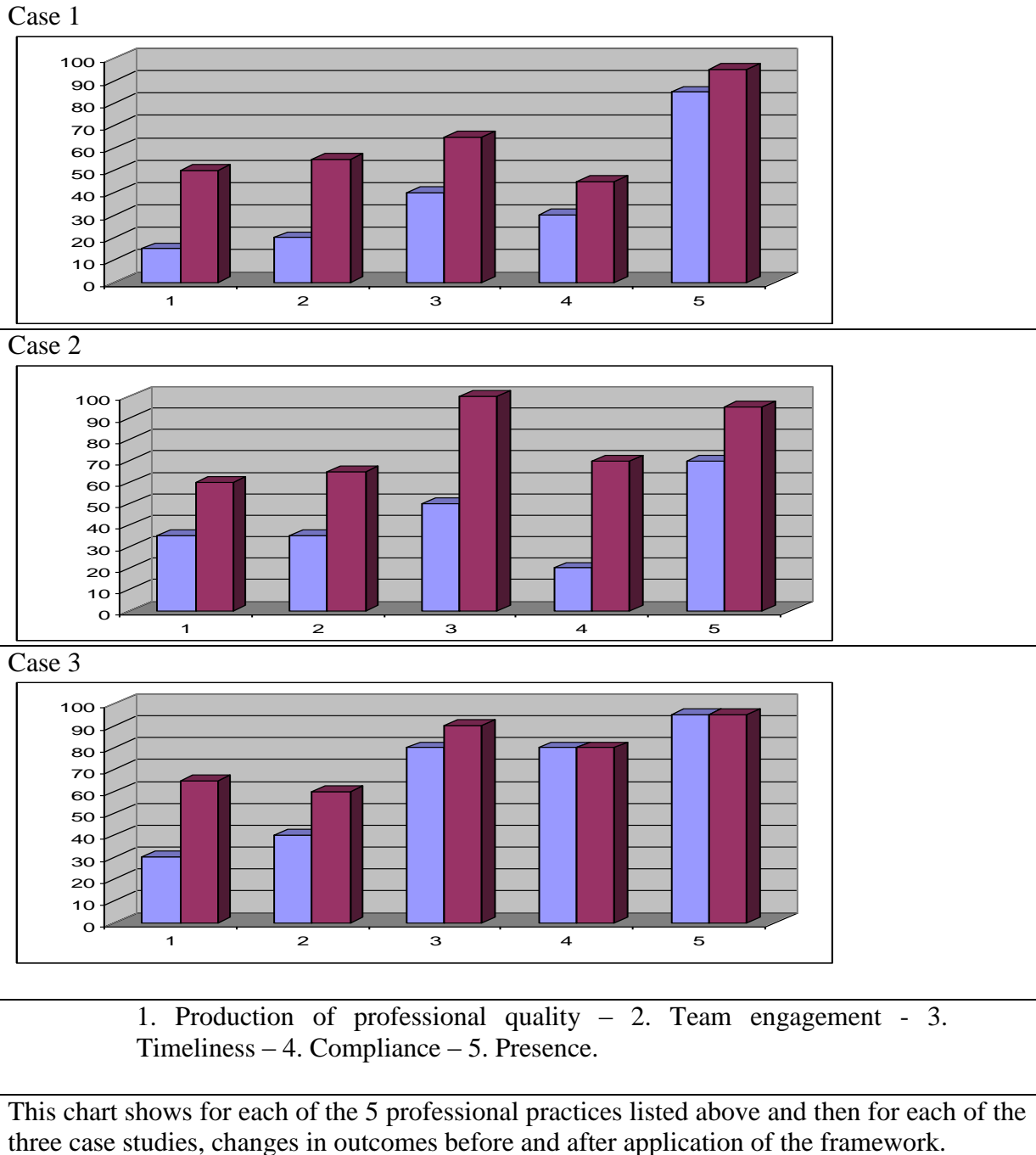
### 5.3. Improvement of professional practices among students

We selected five professional practices. We noted their appearances during lessons. It is reasonable to think that they will tend to be replicated in the same way when working in a company:

1. *Will the students produce more professional productions?* For each production requirement, a number of criteria were involved. These criteria could depend on the nature of production. If this were a study report, the criteria could include adherence to a professional documentary standard. If it was an exercise in reformulating concepts by producing a poster, criteria could include the legibility, aesthetics (color, shape: text-pattern-design-picture coherence), the visual efficiency, educational effectiveness of the poster. The scores are given out of 100.
2. *Will the students be more involved in teamwork?* This is the percentage of time spent in actual practice, sessions, group work.
3. *Will the students respect deadlines in their production of work?* Figures are expressed as a percentage of work submitted on time.
4. *Will the students respect the fixed rules and procedures (except non-timeliness)?* For example, do they prepare the seminar sessions when requested to do so? The scores are given out of 100.
5. *Will the students be more present (excluding excused absences such as illness)?* This is the attendance rate as a percentage.

The results are shown in Table 4.

**Table 4**  
Improvement of professional practices among students



The three case studies show the positive impact of the implementation of the framework for each of the 5 practices observed. In particular, a net growth was observed in 3 case studies for the first 2 practices. The rendering professional production was increased from 15 to 50 points for case 1, 35 to 50 points for case 2 and 30 to 65 points for case 3. Involvement in teamwork was increased from 20 to 55 points for case 1, 35 to 65 points for case 2 and 40 to 60 points for case 3. Regarding the third criterion, there was a significant increase for the first two case studies which went from 40 to 65 and 50 to 100 and a moderate increase in case 3, which increased from only 80 to 90. Except the criterion 4 in case 2 which increased from 20 to 70, the last two criteria underwent less notable improvements. Case 3 even shows stability. This reflects the fact that the scores on these criteria were already high before the application of the framework. Finally, this study shows that the framework enabled



a significant improvement of professional practices among students especially for the production of quality products and professional involvement in collective work.

#### 5.4. Needs for ICT

In this section we focus on the impact of ICT in the framework application. ICT literacy is a prerequisite for employability. We try to evaluate the use of ICT and the dependence of the framework application in relation to ICT. Table 5 shows tools used and their evolution through the application of the framework. Moreover, these tools have been classified into two categories:

- *The optional tools.* For example, the dissemination of the teacher's instructions done by an electronic filing of documents can be also done by the distribution of course handouts on paper, certainly more expensive and less convenient, but fulfilling the intended function.
- *The mandatory tools in relation to educational activities,* whether individual or collective. For example, it is difficult to replace a professional design tool GUI or a database for sharing documents for collaborative work by a manual tool. The figures were calculated according to the scenarios developed.

The results are summarized in table 5.

**Table 5**

Evolution of the ICT use (in underlined the mandatory tools)

	Case study 1	Case study 2	Case study 3
ICT used before framework application	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Word processor</u></li> <li>2. A Web navigator</li> <li>3. Moodle platform</li> </ol> Three Moodle resources (Moodle, http): <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Web link,</li> <li>5. Web page and</li> <li>6. Resource file.</li> <li>7. <u>A management project tool</u></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Word processor</u></li> <li>2. Presentation program</li> <li>3. <u>Email</u></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Word processor</u></li> <li>2. <u>Spreadsheet application</u></li> <li>3. Graphics painting program</li> <li>4. <u>Professional software of ergonomics</u></li> </ol>
The application of the framework required some additional ICT tools	The three <u>Moodle</u> activities (Moodle, http): <ol style="list-style-type: none"> <li>8. <u>Assignments,</u></li> <li>9. <u>Databases</u> and</li> <li>10. <u>Wiki</u></li> <li>11. <u>Presentation program</u></li> <li>12. <u>The construction game program</u> (Hot Potatoes, http)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Spreadsheet application</li> <li>5. <u>Graphics painting program</u></li> <li>6. Image management program</li> <li>7. A web navigator</li> <li>8. The specific platform of the university</li> <li>9. <u>A professional supervision tool</u></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. <u>A web navigator.</u></li> <li>6. <u>The specific platform of the university</u></li> <li>7. Image management program</li> <li>8. Email</li> </ol>

Table 5 shows that using the framework led to an increase in the number of ICT tools used. The number of used tools is increased respectively for the three case studies from 7 to 12, from 3 to 9 and from 4 to 8 tools. However, the use of the framework has made teaching more dependent on technology. This finding can be made for the 3 cases. Certainly without the application of the framework, the three modules required ICT tools but in smaller numbers and only for the practical sessions, which represent about 30% of the course time. The use of the framework increased the needs of ICT for most face-to-face sessions and the mandatory tools increased respectively by 5, 6 and 4 tools for the 3 cases. Teachers noted that this

increase was induced by the richness of scenarios and activities offered and not the result of a willingness to use ICT at all costs. This means that the tools are at the service of our pedagogy and not the opposite. In the 3 cases, all the students used every ICT tool available: about 75% of students did so as from the very first session, the others began no later than the third session. So the framework induced the use and mastery of ICT tools. The students and teachers explain this by the introduction of the pedagogical project guided by cooperative learning (principle 2) and by the regular assessment of knowledge (Principle 6).

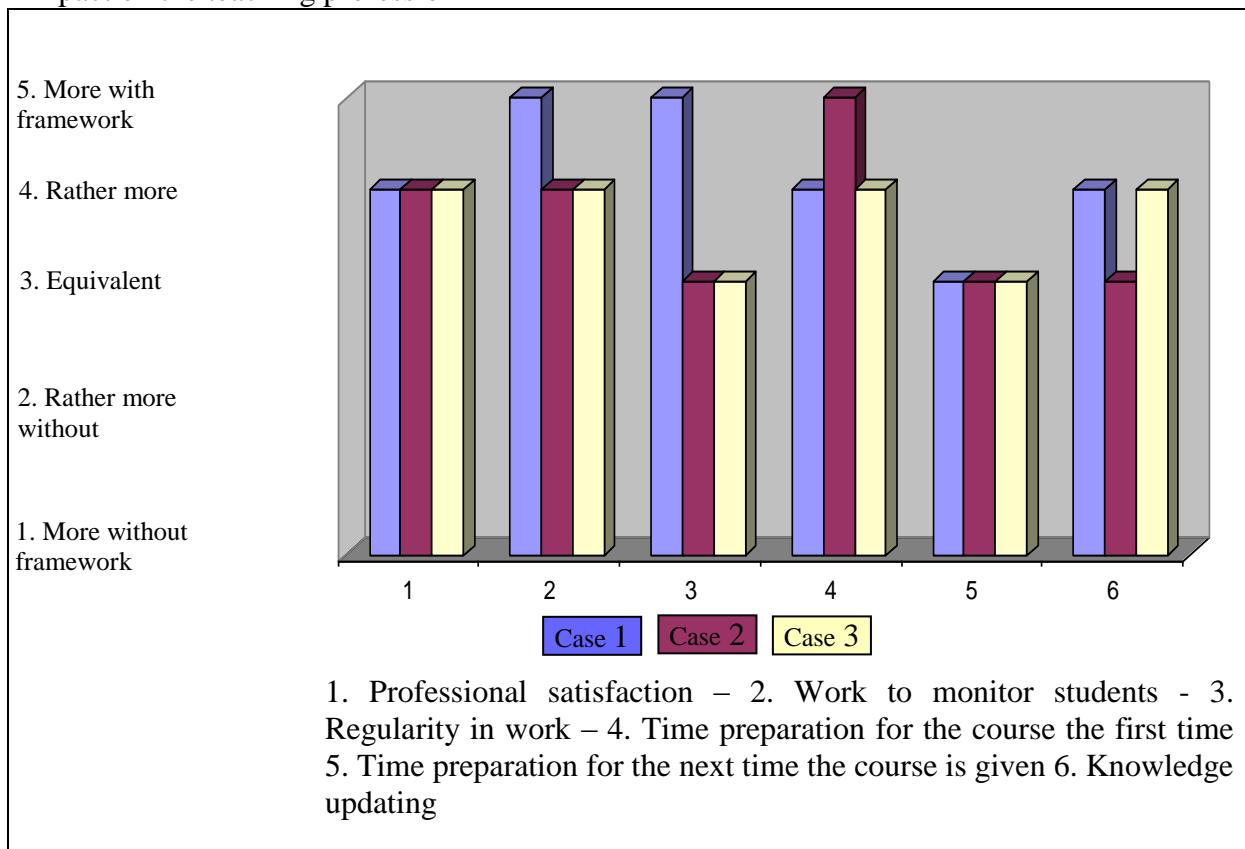
### 5.5. Impact on the teaching profession

In this section we study the impact of the implementation of the framework on the work of the teacher. Each of the six questions asked of teachers was answered using a Likert scale: 1. More with method 2. Rather more with method 3. Equivalent 4. Rather more without method 5. More without method. The questionnaire included the following six questions:

1. *Satisfaction from professional point of view.*
2. *Amount of work required to track students.*
3. *Need for greater regularity in the work.*
4. *Need for greater preparation work the first time.*
5. *Need for greater preparation work in subsequent years.*
6. *Opportunity for teachers to increase their knowledge.*

The results are summarized in the graph in table 6.

**Table 6**  
Impact on the teaching profession



This chart shows for each of the six questions posed to teachers and then for each of the 3 case studies: the evolution of teacher's work in terms of the Likert scale indicated on the left of the graph.

The three case studies show that implementation of the framework led to a significant change in the art of teaching. The teachers concerned agree in showing an increase in their

satisfaction in professional terms. This positive development has a counterpart in the time spent tutoring students, regularity and preparation time at least when the course is taught for the first time. It should be noted that the use of the framework has also involved providing more opportunities for teachers to update their knowledge. Our analysis is that changes in the number of interactions between student and teacher and the results of student research are rewarding not only for students but also teachers.

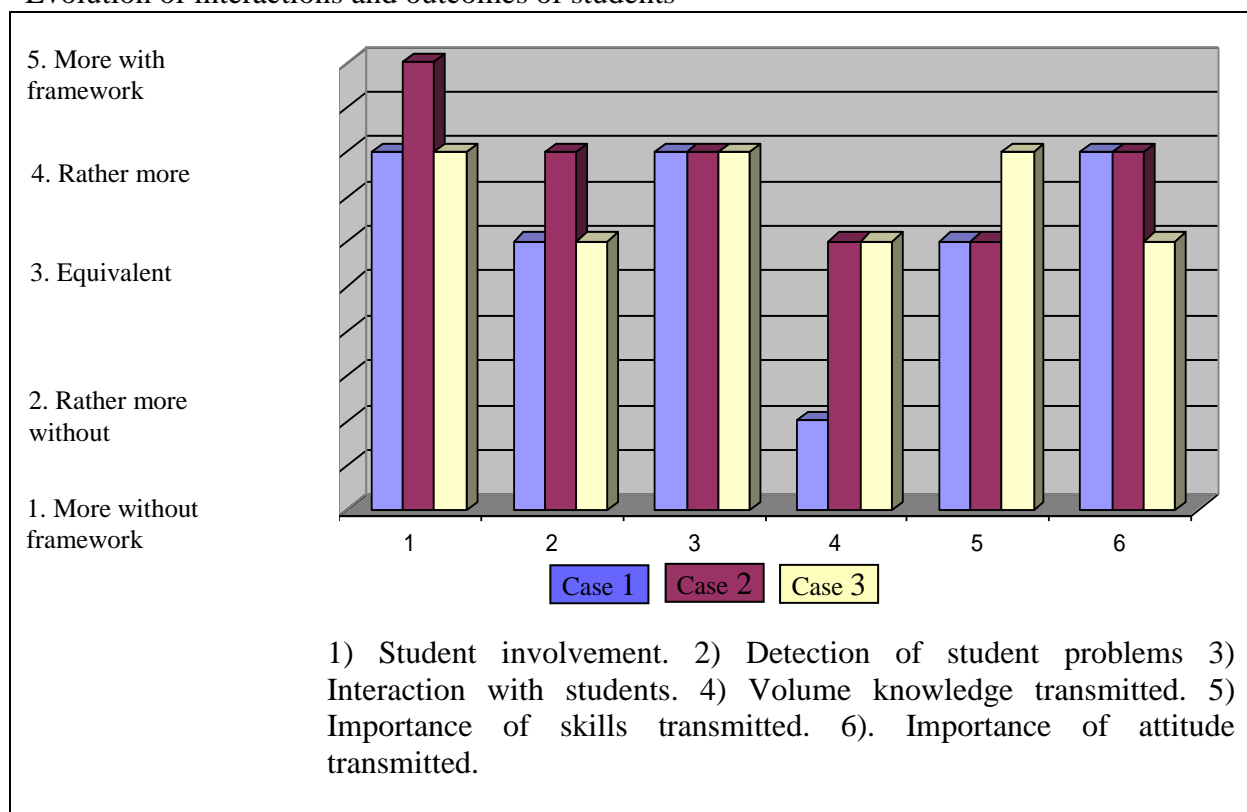
### 5.6. Study of student interactions and learning outcomes

In this section we study the impact of the framework on interactions in class and on outcomes of students. The teachers were asked six questions using the same Likert scale as previously: 1. More with method 2. Rather more with method 3. Equivalent 4. Rather more without method 5. More without method. The questionnaire included the following six questions:

1. *Student involvement*
2. *Detection of student problems*
3. *Interaction with students*
4. *Volume of knowledge transmitted*
5. *Importance of skills transmitted*
6. *Importance of attitude transmitted*

The results are summarized in the graph in table 7.

**Table 7**  
Evolution of interactions and outcomes of students



This chart shows for each of 6 questions and then for each of the 3 case studies: evolution of teacher's work in terms of the Likert scale indicated on the left of the graph

The use of the framework has shown improvements in student interactions, involvement and teacher / student relationship. We think that these improvements explain the better detection of pedagogical problems. Overall there is a stability in acquired knowledge and skills. There is an increase of acquired attitude. The lower level of acquired knowledge for case 1 is

circumstantial; it was analyzed as a difficulty for the teacher to master some new specific content introduced into the course.

## **6. Discussion**

Based on our study and our practices, there are several interesting points which can on the one hand encourage the application of our framework and on the other hand improve its educational efficiency. In this section, we consider how to help other teachers in higher education to improve their courses and also promote the effectiveness of their teaching. Then, we summarize the main educational benefits observed. This finding is based on the feelings of learners and teachers. It was established empirically, based on observations during meetings, informal interviews with students, examination results and various questionnaires completed by learners and teachers. We conclude with possible ideas of improvements.

### *6.1. Application of the evolutionary framework*

The first reflection concerns the role played by ICT tools. Their introduction helps the realization of the first principle: "Redefine the roles of teachers and students". Through the opportunities they offer, the ICT can help to define new actors with their roles and tools for promoting the respect of defined rules for actors. They encourage the support of the project activities and may also improve the application of the other principles, through the possibility of communication that they offer.

The second reflection concerns the technical implementation of ICT tools. These tools do not need to be innovative: word processor, email, spreadsheet application, presentation program, blogs, etc. This makes the use of the framework available to many teacher profiles. More and more students have laptops and almost all universities offer wireless access to the Internet. It is increasingly possible and indeed required to develop new pedagogies. Our proposal, providing a flexible but comprehensive framework, will be a unifying aid in helping teachers to modify their teaching progressively. Of course the use of an e-learning platform such as Moodle, Blackboard, Claroline, etc., even if it requires a significant investment at the outset for the teachers, allows the use of richer scenarios and the teacher is discharged from the tedious tasks of student monitoring. Again all universities offer, or will offer, and provide training for their teachers for e-learning platforms.

The third reflection concerns the mini-projects. We found that when projects are too small, they can have a negative effect. On the one hand, students do not consider them as projects but more as exercises, and secondly they do not have time to deploy all scenarios and pedagogical outcomes are sometimes insufficient.

The fourth reflection concerns the mastery of knowledge by the teacher. It remains central. In case studies 2 and 3, where such knowledge was well mastered by teachers, there was equivalence (fig. 4) between teaching without or with use of the framework. In the case of Study 1, where an amount of new knowledge for teachers was introduced, there was less knowledge acquisition. Our analysis is that the teacher should have high level of knowledge control in order to guide students, this control cannot be left solely to activities or ICT resources made available.

### *6.2. Educational benefit*

The analysis of these three case studies shows that applying seven principles provides a good model to explain the teaching scenarios produced. The application of these powerful scenarios was systematically evaluated by students. There was almost no absenteeism and involvement was strong over the years (table 4). The students acquired high-level skills (i.e.,

analysis, synthesis and argumentation) effectively (table 7). Students had to learn to work as a team and therefore communicate, negotiate and discuss their views. Students felt more responsible for their work, especially with respect to the team, and received reciprocal recognition from the team, which fostered their continued involvement and motivation.

Mutual aid between students was frequently observed, which allowed better learning. For example, some students had a comprehension block about an abstract problem. The team's help allowed these students to overcome the block, which in turn enabled them to participate more actively in the concrete aspects of the problem and has a positive effect on the learning of other students in this domain. The work produced was often quite professional (table 4).

The benefit of performing professional activities, such as writing reports, was found during the internships at the end of the degree program. Many former students, now in professional situations, have stressed the importance of supporting disciplinary knowledge by learning skills. In fact, disciplinary knowledge is often less important in a professional situation than at the university.

The evaluation method was almost universally appreciated for its form, its relevance to promoting learning, and its ability to reflect the students' knowledge acquisition level. Furthermore, the ongoing dialogue and the introduction of a part the work session allowed the students to better accept the marks on their exams. However, although it was widely appreciated, some of the students and teachers recognized that this evaluation method can become cumbersome. Even though it demanded a significant amount of work and availability, the teacher's role was more varied and more challenging. Teachers were able to use a personalized pedagogy that was flexible and tailored to the different student profiles.

We used Bloom's taxonomy (Bloom, Englehart, Furst, Hill & Krathwohl, 1956; Anderson & Krathwohl 2001) to analyze the contribution of our evolutionary framework. Indeed, table 7 shows that the use of the framework clearly preserves the first two levels of this taxonomy: *learning* and *understanding* (criterion 4). It strengthens the third level – *implementation* (criterion 5) – and improves knowledge acquisition on the fourth and fifth: *analysis*, *synthesis*. The feelings of teachers and especially their findings on the achievements produced by the students (table 7), show that increasing the acquisitions of the last level, creation, is sensitive. It thus leads us to think that our evolutionary framework supports skill acquisition, as defined in detail in introduction, and responds to the fundamental problems of companies and learning professional skills. This is confirmed by feedback from our students, either during their internships or during future professional interaction.

### 6.3. Suggestions for improvement

Two suggestions for improvement were picked from among all those are planned. The proposed framework has been applied individually to several modules with different students. This teaching style was new to students. Thus, the learning of skills necessitated the simultaneous learning of the new pedagogy. This led to a lack of pedagogical perspective as well as reducing even more the time really devoted to learning skills. We propose to generalize our framework. In other words, we propose to apply our evolutionary teaching framework in several distinct course modules at the same time. To do this, it will be necessary to provide teaching support for teachers and strengthen the robustness of our model based on seven principles.

The second improvement concerns ICT assistance. Technology is essential because of its capacities for dissemination, communication, and sharing. In the end, it is everywhere. It extends learning beyond the walls of the university and encourages the learning of high-level skills. We want to take a closer look at possible extensions of the use of ICT in learning scenarios and also highlight its limitations and risks.

## 7. Conclusion

This article has proposed a framework that allows disciplinary modules to evolve in order to enrich the learning of high-level cognitive skills. This framework is based on seven principles. We have shown its connections with the primary currents of educational psychology: behaviorism, cognitivism, constructivism and social constructivism. We applied our framework to examine various cases, including the three modules described in this article. These modules were run for nearly 10 years in two French universities. The first module is in an undergraduate degree program for students studying computer networks. The second and third modules are in graduate degree programs for students studying, respectively, automated industrial systems and image and sound engineering.

We showed that, despite the diversity of teaching methods in place, our framework allows the teaching scenarios to be implemented and could serve as an evolutionary framework for improving disciplinary modules. We showed that the course modules developed with our framework helped to reduce absenteeism and increased student participation as well as the assistance from other students. We found that the acquisition of disciplinary knowledge and professional skills were effective. On the whole, the new teaching style, including the evaluation, was appreciated by all stakeholders.

In their future, we intend to apply our framework to less technical disciplines, study the impact of its propagation to all course modules in a degree program, and further analyze the impact of introducing ICT.

## References

- Abet, (2000). *Engineering Criteria 2000 Third Edition: Criteria for Accrediting Programs in Engineering in the United States*. Published by the Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), Baltimore, Maryland.
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (eds.) (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Antibi, A. (2003). *La constante macabre ou comment a-t-on découragé des générations d'élèves*. Math'Adore, France, 25 septembre 2003, 160 pages.
- Aronson, E., Blaney, N., Stephan, C., Sikes, J., & Snapp, M. (1978). *The jigsaw classroom*. Beverly hills, Calif. Sage publications.
- Bardam, J. E. (1998). Designing for the dynamics of cooperative work activities. In Proceedings of The 1998 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, Seattle, Washington, USA. ACM Press.
- Besterfield-Sacre, M.; Shuman, L. J.; Wolfe, H.; Atman, C. J.; McGourty, J.; Miller, R. L.; Olds, B. M., & Rogers, G. M. (2000a). Defining the outcomes: a framework for EC 2000. *IEEE Transactions on Engineering Education, Volume 43, Number 2*, 100-110.
- Besterfield-Sacre, M.; Shuman, L. J.; Wolfe, H.; Atman, C. J.; McGourty, J.; Miller, R. L.; Olds, B. M., & Rogers, G. M. (2000b). Assessment methodologies and curricula innovations, Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at [http://www.engrng.pitt.edu/~ec2000/ec2000\\_downloads.html](http://www.engrng.pitt.edu/~ec2000/ec2000_downloads.html).
- Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York, Toronto: Longmans, Green.
- Bloom, B. S. (1971). *Mastery Learning*. Editor J.H. Blode, Hoet, Rinehart and Winston, New York.
- Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

- Carrol, J. B. (1963). *A model of school learning*. Teachers college record, 64, 723-733.
- Carroll, J. B., Bloom, B., & Hunter, M. (1987). Notes from Benjamin Bloom lecture, ACSA. Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at <http://faculty.mdc.edu/jmcnair/EDG3410%20Topic%20Outline/Mastery%20Learning1.htm>.
- CCCEP (2001). Communication from the Commission to the Council and the European Parliament: The e-Learning Action Plan, European Commission, (Mar. 2001), Nov. 2007. Retrieved th 10<sup>th</sup> August 2010 at [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2001/com2001\\_0172en01.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2001/com2001_0172en01.pdf).
- Claroline (http). Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at <http://www.claroline.net/index.php?lang=en>.
- Cole, M. (2009). Using Wiki technology to support student engagement: Lessons from the trenches. *Computers & education* 52, 141-146.
- Cooper, J. L., Prescott, S., Cook, L., Smith, L., Mueck, R., & Cuseo, J. (1990). *Cooperative learning and college instruction: Effective use of student learning teams*. Long Beach: Institute for Teaching and Learning. California State University.
- Curricula-Vitae (http). Curriculae-vitae. Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at [fr.curricula-vitae.com/competences.html](http://fr.curricula-vitae.com/competences.html).
- Davis, B. G. (1993). *Tools for teaching*. Jossey-Bass Publishers: San Francisco, 1993.
- Dillenbourg, P., & Tchounikine, P. (2007). Flexibility in macro-scripts for computersupported collaborative learning. *Journal of Computer Assisted Learning* 23, 1–13.
- Dumont, B. (1992). [The influence of organizational characteristics on education and learning](#). *Education and Computing*, Volume 8, Issues 1-2, 41-45.
- Eastman, J. K., & Reisenwitz, T. H. (2006). Dealing with student group project traumas: teaching students recognition responsibility, and resolution of group project problems. *Marketing education review, summer 2006 (16)*, 9-21.
- Gagne, R. M. (1965). *The Conditions of Learning*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Gillies, R. M. 2004. The effects of cooperative learning on junior high school students during small group learning. *Learning and Instruction* 14, 197–213.
- Gokhale, A. (1995). Collaborative learning enhances critical thinking. *Journal of Technology Education*, 7(1), 22-30.
- Gomez, E. A., Wu, D., & Passerini, K. (2010). Computer-supported team-based learning: The impact of motivation, enjoyment and team contributions on learning outcomes. *Computers & Education*, 55, 378–390.
- Gravestock, P., & Mason O'Connor, K. (2004). *Learning and teaching in higher education. issue 1, 2004-2005*, University of Gloucestershire, retrieved the 16<sup>th</sup> April 2010 at <http://www2.glos.ac.uk/offload/tli/lets/lathe/issue1/issue1.pdf#page=124>.
- Green, C. D. (2009). Classic in history of psychology. Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at <http://psychclassics.yor.ku.ca>.
- Gunasekaran, A., McNeil, R. D. & Shaul, D. (2002). E-learning: research and applications. *Industrial and Commercial Training*, 34 (2), 44-53.
- Hoic-Bozic, N., Mornar, V., & Boticki, I. (2009). A Blended Learning Approach to Course Design and Implementation. *IEEE Transaction on education*, Vol. 52, No. 1, 19-30.

- Holbert, K. E., & Karady, G. G. (2009). Strategies, challenges and prospects for active learning in the computer-based classroom. *IEEE transactions on education*, vol. 52(1), 31-38.
- Hot Potatoes (http). Free software, Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at <http://hotpot.uvic.ca>.
- Huart J., Kolski C., Sagar M. (2004). Evaluation of multimedia applications using inspection methods: the Cognitive Walkthrough case. *Interacting with Computers*, 16(2), 183-215.
- ISO/IEC 25000 (2005). *Software Engineering - Software Product Quality Requirement and Evaluation (SQUARE)*. International Standard Organization.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1980). Integrating handicapped students into mainstream. *Exceptional children*, 47, 90-98.
- Katz, R. L. (1974). Skills of an effective administrator. *Harvard Business Review*, Vol. 51, 1974.
- Kolski, C. (1997). *Interfaces homme-machine, application aux systèmes industriels complexes (2<sup>nd</sup> edition)*. Editions Hermès, Paris, 1997.
- Kolski, C., Sagar, M., & Loslever, P. (2004a). Spécification d'IHM dans les systèmes critiques : retour d'expérience sur une pratique en enseignement de l'IHM. Proceedings of IHM 2004, International Conference Proceedings Series, ACM Press, Namur, 157-164.
- Kolski, C., Sagar, M., & Loslever, P. (2004b). Experiment based on participative ergonomics and performed as part of a supervision engineers' training course. E.F. Fallon, W. Karwowski (Ed.), Proceedings HAAMAHA'2004 "Human and Organisational Issues in the Digital Enterprise" (25-27 August), 1, National University of Ireland, Galway, 336-346, ISBN 0-9538974-2-7.
- Kolski, C., Loslever, P., & Sagar, M. (to appear). The performance of future designers on the specification of supervisory HCI: case study of a simulated work situation. *Cognition, Technology & Work*, DOI: 10.1007/s10111-010-0169-9.
- Kruse, K. (2009). Gagne's nine events of instruction: an introduction. Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at [http://www.e-learningguru.com/articles/art3\\_3.htm](http://www.e-learningguru.com/articles/art3_3.htm).
- Le Boterf, G. (2006). *Ingénierie et évaluation des compétences*. Paris, Éditions d'organisation.
- Looi, C. K., Chen, W. & Ng, F. K. (2010), Collaborative activities enabled by GroupScribbles (GS): An exploratory study of learning effectiveness. *Computers & Education* 54, 14-26.
- Mahatody, T., Sagar, M., & Kolski, C. (2007). Cognitive Walkthrough for HCI evaluation: basic concepts, evolutions and variants, research issues. Proceedings EAM'07 European Annual Conference on Human-Decision Making and Manual Control, Technical University Of Denmark, Lyngby.
- Mahatody, T., Sagar, M., & Kolski, C. (2010). State of the Art on the Cognitive Walkthrough method, its variants and evolutions. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 26 (8), 741-785.
- Martínez, F., Herrero, L. C. & Santiago de Pablo (2010). Project-Based Learning and Rubrics in the Teaching of Power Supplies and Photovoltaic Electricity. *IEEE Transactions on education*, in press.
- Mayo, E. (1945). *The social problems of industrial civilization*. Boston: Harvard University, Graduate School of Business Administration.
- McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than intelligence. *American Psychologist*. 28, 1-14.



- Michaelsen, L., Fink, D., & Knight, A. (2002). Team-based learning: A transformative use of small groups in college teaching. Sterling, VA: Stylus Publishing. Quoted by (Gomez, Wu & Passerini, 2010).
- Miller, S. M. & Miller, K. L. (1999). Using Instructional Theory to Facilitate Communication in Web-based Courses. *Journal of Educational Technology and Society* 2(3), 106-114.
- Moodle ([http](http://moodle.org)). Retrieved the 12th October 2009 at <http://moodle.org>.
- Norman, D. A. (1986). Cognitive engineering. In D.A. Norman & S.W. Draper (Eds.), User centered systems design: New perspectives in human-computer interaction, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 31-61, 1986.
- Olson, R., Verley, J., Santos, L., & Salas, C. (2004). What We Teach Students About the Hawthorne Studies: A Review of Content Within a Sample of Introductory I-O and OB Textbooks. *The industrial-organizational psychologist*, 41(3), 23-39.
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflexes: an investigation of the physiological activity of the cerebral cortex*. Retrieved the 26th October 2009 at <http://psychclassics.yorku.ca/Pavlov/>.
- Perrenoud, P. (1999). Faire acquérir des compétences à l'école. In Vie pédagogique, n° 112, septembre-octobre 1999, pp. 16-20. Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at [http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php\\_main/php\\_1999/1999\\_14.html#Heading1](http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1999/1999_14.html#Heading1).
- Piaget, J. (1970). *The science of education and the psychology of the child*. NY: Grossman.
- Pisa (2005). The definition and selection of key competencies (DeSeCo). Organization for economic co-operation and development. Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at <http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf>.
- PMBOK (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute, ISBN13:9781933890517. Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at <http://www.pmi.org>.
- Polson, P. G., & Lewis, C. H. (1990). Theory-based design for easily learned interfaces. *Human-Computer Interaction*, 5 (5), 191-220.
- Polson, P., Lewis, C., Rieman, J., & Wharton, C. (1992). Cognitive Walkthrough: a method for theory-based evaluation of user interface. *International Journal of Man-Machine Studies*, 36, 741-773.
- Prime, G. (1998). Tailoring assessment of technological literacy learning. *Journal of technology studies*, 24(2), 18-23.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction, an approach to cognitive engineering*. Elsevier Science Publishing.
- Raynal, F., & Rieuner, A. (2001). *Pédagogie : dictionnaire des concepts clés*. ESF edition.
- Sakai ([http](http://sakaiproject.org/portal)). Collaboration for educators, by educators, free and open source. Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at <http://sakaiproject.org/portal>.
- Sancho-Thomas, P., Fuentes-Fernández, R. & Fernández-Manjón, B. (2009). Learning teamwork skills in university programming courses. *Computers & Education* 53, 517-531.
- Sander-Regier, R., Merhy, B., A., & McColl, T. (2007). Teaching at the University of Ottawa. A handbook for professors and Tas, 2007. Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at [http://www.saea.uottawa.ca/index.php?Itemid=920&id=872&option=com\\_content&task=view](http://www.saea.uottawa.ca/index.php?Itemid=920&id=872&option=com_content&task=view).

- SEP (2006). Stanford Encyclopedia of Philosophy, Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at <http://plato.stanford.edu/entries/behaviorism/>.
- Shepard, L. A. (2000). The role of assessment in a learning culture. *Educational Researcher*, vol. 29, n° 7, 4-14
- Skinner, B. F. (1935). Two types of conditioned reflex and a pseudo type. *Journal of General Psychology*, 12, 66-77.
- Skinner, B. F. (1968). *The Technology of Teaching*. Prentice Hall College Div, 208 pages.
- Slavin, R. E. (1977). Classroom reward structure: an analytic and practical review. *Review of educational research*, 47, 633-650.
- Slavin, R. E. (1980). Cooperative learning. *Review of Educational research*, 50, 315-342.
- Slavin, R. E., Leavey M. B., & Madden, N. A. (1986). *Team Accelerated Instruction: Mathematics* Watertown : MA, Charlesbridge.
- SweBok (2004). "Guide to Software Engineering Body of knowledge, 2004", IEEE Computer Society.
- Thorndike, E. L. (1911). Animal intelligence. Retrieved the 26<sup>th</sup> 2009 at <http://psychclassics.yorku.ca/Thorndike/Animal/>.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, 1978.
- Wagner, E. D. (1997). *Interactivity: From agents to Outcomes*. In T. E. Cyr (Ed.), *Teaching and Learning at a Distance: What it Takes to Effectively Design, Deliver and Evaluate Programs: No. 71. New Directions for Teaching and Learning*, San Francisco: Jossey-Bass, 19-26.
- Wagner, N., Hassanein, K., & Head, M. (2008). Who is responsible for E-Learning Success in Higher Education? A Stakeholders' Analysis. *Educational Technology & Society*, 11 (3), 26-36.
- Watson, J. (1913). Psychology as a Behaviorist Views It. *Psychological Review*, 20, 158-77. Retrieved the 10<sup>th</sup> August 2010 at <http://psychclassics.yorku.ca/Watson/views.htm>.

Version française de l'article/French version of the paper: "**Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: principles and case studies**"

publié dans cette revue/published in this journal :

**Computers & Education, 57 (2), pp. 1595-1614, 2011.**

*Please note that the french version is available after the english one /Merci de noter que la version française est disponible après la version anglaise*

## **Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: principles and case studies**

*(traduction/translation : Cadre d'évolution de modules d'acquisition de connaissances disciplinaires en vue d'intégrer l'acquisition de compétences cognitives professionnelles et de haut niveau : principes et études de cas)*

**Bruno Warin**<sup>a,b</sup>, **Christophe Kolski**<sup>a,c,d</sup>, **Mouldi Sagar**<sup>a,c,d,e</sup>

<sup>a</sup> Univ Lille Nord de France, 1bis rue Georges Lefèvre, F-59000 Lille, France

<sup>b</sup> Univ Littoral Côte d'Opale, LISIC, 50 rue Ferdinand Buisson, F-62100 Calais, France

<sup>c</sup> UVHC, LAMIH, Le Mont-Houy, F-59313 Valenciennes, France

<sup>d</sup> CNRS, FRE 3304, F-59313 Valenciennes, France

<sup>e</sup> Laboratoire DeVisU, Le Mont-Houy, F-59313 Valenciennes, France

### **Résumé**

L'évolution du profil des apprenants, des attentes des entreprises et des capacités offertes par les Technologies de l'Information et de la Communication nécessitent de faire évoluer les pratiques pédagogiques, particulièrement dans l'éducation supérieure. Cet article propose un cadre méthodologique pour faire évoluer les modules actuels d'acquisition de connaissances disciplinaires vers des enseignements qui intègrent l'acquisition de compétences cognitives professionnelles et de haut niveau. Une analyse de ce cadre en termes des principaux courants psycho-pédagogiques : behaviorisme, cognitivisme, constructivisme et socio-constructivisme est faite. Trois cas d'étude correspondant à trois évolutions de modules d'acquisition de connaissances disciplinaires sont détaillés et analysés. Nous montrons que les enseignements dispensés dans le cadre de ces trois modules ayant fait l'objet d'évolutions sont plus motivants, plus efficaces et plus proches des demandes des entreprises.

### **Mots-clés**

Improving classroom teaching, Teaching strategies, Learning strategies, Collaborative learning, Pedagogical issues.

## Introduction

### Quelques difficultés pédagogiques

Au cours de leurs nombreuses années d'enseignements universitaires à vocation scientifique et technologique (relativement aux trois années de Licence et aux deux de Master), les auteurs ont constaté combien certains objectifs pédagogiques étaient difficiles à atteindre. Ce d'autant que l'engagement étudiant pour les enseignements traditionnels à base de cours et de séminaires a diminué ces dernières années [Eastman and Reisenwitz, 2006], [Cole, 2009]. Cette situation se rencontre par exemple lorsqu'il s'agit d'inculquer aux étudiants certaines connaissances conceptuelles où la part de définitions et de modélisations abstraites est importante. Leurs acquisitions rebutent un grand nombre d'étudiants. En effet, elles se prêtent peu facilement à la mise en place d'activités d'apprentissages riches en aspects techniques. De plus, elles n'ont pas souvent d'applications pratiques immédiates.

Enfin une autre difficulté pédagogique de nos enseignements universitaires, notamment technologiques, est de minimiser l'acquisition et la pratique de savoir-être, de savoir-faire et de travail collectif pourtant plébiscités par les entreprises [Gunasekaran, McNeil, & Shaul, 2002]. Ceci est particulièrement dommageable dans l'apprentissage des développements informatiques où les équipes sont la base de l'organisation ; la complexité croissante des projets rendant les développements inaccessibles à un seul individu [Sancho-Thomas et al., 2009], Les entreprises préfèrent un ingénieur aux compétences techniques correctes mais surtout sachant "s'articuler" avec les activités, processus et hommes de l'entreprise plutôt qu'un spécialiste hyper-technicien. Celui-ci est alors souvent isolé et à contretemps de la réalité et des objectifs de l'entreprise. Ainsi la pratique et l'acquisition de telles compétences de haut niveau sont peu acquises par les étudiants. C'est le cas particulièrement dans de nombreuses formations en informatique, dans lesquelles la priorité est portée naturellement, aussi bien par l'équipe d'enseignement que par les étudiants, sur les compétences métier. [Abet, 2000] reprend ces compétences comme quatrième outcome, parmi onze, for Engineering criteria: "*An ability to function on multi-disciplinary teams*" qu'il décompose en four behavioral dimensions : *collaboration, communication, conflict management and self-management* [Besterfield-Sacre et al., 2000a, 2000b].

### Discipline versus compétence

Ces phénomènes se sont accentués récemment. En effet, jusqu'aux années 1980 les entreprises spécifiaient leurs besoins de recrutement en termes de fonctions à accomplir, qu'elles déclinaient ensuite en tâches puis en habiletés [Raynal & Rieunier, 2001, p110] ce qui correspondait bien aux définitions des curricula universitaires structurées par champ disciplinaire. Cependant ce système structuré s'est trouvé en porte à faux avec la réalité où le travail en entreprise est devenu moins prescrit [Curricula-Vitae, http] et s'exprime en exigences complexes [Pisa, 2005]. Cela a induit pour les individus de faire face à la nécessité de mieux gérer l'interdépendance entre eux, d'avoir une plus grande réactivité face aux besoins et de gérer une diversification des missions [Pisa, 2005].

Aujourd'hui de nombreuses entreprises raisonnent en termes de compétences. Cette problématique a suscité une multiplication et une hétérogénéité de définitions [Mc Clelland, 1973], [Katz, 1974], [Pisa, 2005], [Le Boterf, 2006]. Nous retenons celle formulée par [Perrenoud, 1999] "*capacité d'action efficace face à une famille de situations, qu'on arrive à maîtriser parce qu'on dispose à la fois de connaissances, savoir-faire et savoir-être et de la capacité de les mobiliser à bon escient, en temps opportun pour identifier et résoudre de vrais problèmes*" particulièrement dans l'exercice d'un emploi ou d'un métier. Le désengagement des étudiants face à nos modules peut s'expliquer par cet écart entre une offre enseignante

exprimée en termes de *discipline* et une attente étudiante et professionnelle exprimée en termes de *compétences*.

Afin de répondre à cette nouvelle donne, nous proposons dans cet article un cadre d'évolution qui permet de faire évoluer nos modules d'acquisition disciplinaires en y ajoutant l'acquisition de compétences pour dispenser des modules plus adaptés aux étudiants, entreprises et politique éducative. Cette intégration de compétences inclue l'intégration de compétences professionnelles, méthodologiques et métacognitives et peut être l'occasion pour les enseignants d'amener les étudiants à réfléchir à leurs relations avec l'enseignement. Si les curricula sont précis sur les connaissances à acquérir, ils sont moins diserts sur les savoir-être ou attitudes à acquérir, la nature et les techniques d'apprentissages ainsi que la valeur et l'utilisation des connaissances apprises. Elle permettra de faire évoluer nos enseignements pour répondre aux nouveaux profils des apprenants qui sont de moins en moins traditionnels [Miller, Miller, 1999], [Cole, 2009].

Cet article est organisé comme suit. Dans la section 2, nous situons les principaux courants psycho-pédagogiques par rapport à notre approche. En section 3, nous détaillons notre proposition sous forme d'un cadre pratique qui permet aux enseignants de faire évoluer leurs enseignements selon 7 principes. En section 4, nous décrivons trois études de cas relatives à la mise en œuvre de notre proposition. Nous montrons les principales évolutions qu'elle apporte par rapport aux modules tels qu'ils étaient enseignés initialement. En section 5, nous étudions comment les 7 principes ont influé sur les études de cas présentés et reportons les apports pédagogiques. En section 6, nous concluons et terminons par des perspectives de recherche.

## **Positionnement par rapport aux principaux courants psycho-pédagogiques**

Dans cette partie, nous rappelons brièvement les quatre principaux courants psycho-pédagogiques et situons leurs principes par rapport à notre approche.

### **Approche behavioriste**

Dans nos établissements universitaires la pédagogie est historiquement basée sur une approche behavioriste. Cette approche a été introduite au début du XX<sup>ème</sup> siècle par [Thorndike, 1911], et par Watson [Watson, 1913] qui s'inspiraient des travaux du prix Nobel 1904, Yvan Pavlov sur le comportement répondant [Pavlov, 1927]. Elle fut poursuivie par Skinner dans les années 1930-1950 avec le conditionnement opérant [Skinner, 1935] et l'enseignement programmé [Skinner, 1968]. Cette pédagogie est encore dominante dans le champ de l'éducation. Ces connaissances, ainsi que leurs textes fondateurs, sont bien connus [Green, 2009], [Raynal & Rieunier, 2001], [SEP, 2006]. Du point de vue opérationnel de l'enseignant, il est possible de formuler cette pédagogie en peu de principes :

- a) Il existe une réalité objective des savoirs et c'est l'enseignant qui la détermine complètement.
- b) Ce savoir est découpé en savoirs élémentaires. Il est exprimé en contenu à connaître et en capacité à résoudre des problèmes en relation directe avec ce contenu.
- c) L'apprentissage se fait par celui des savoirs élémentaires et leurs acquisitions garantit l'atteinte des objectifs pédagogiques.
- d) Les contrôles sont évalués par rapport au modèle de l'enseignant, donc objectifs. Ils sont quantifiables, individuels et le plus souvent écrits.
- e) L'apprentissage est mené par exposé des connaissances de l'enseignant.
- f) L'apprenant procède par écoute, lecture, essai et erreur suivis de renforcements.

Cette pédagogie est centrée enseignant et induit un travail individuel de l'apprenant. Elle se prête bien à l'enseignement de masse, mais ne répond aucunement, par nature, au travail sur les compétences de haut niveau. Si cette pédagogie demeure, encore actuellement, incontournable dans beaucoup de situations, notre volonté est de proposer un cadre conceptuel qui permette de la faire évoluer.

### **Approche cognitiviste**

Alors que l'objet d'étude du béhaviorisme est le comportement, celui du cognitivisme est de modéliser et d'expliquer les activités mentales qui génèrent ce comportement. Il fait partie des sciences cognitives et postule que l'esprit humain peut être comparé à une machine de traitement de l'information. Un courant *computo-symbolique*, s'appuyant sur le fonctionnement séquentiel des ordinateurs, distingue la mémoire dite à court terme, la mémoire transitoire et la mémoire à long terme. Un second courant, le *connexionisme*, co-committant au premier mais reconnu plus tardivement, assimile le fonctionnement du cerveau à un réseau de neurones avec possibilité de calculs parallèles. Du point de vue de la pédagogie, le cognitivisme postule que l'apprenant interprète l'environnement selon ses schémas mentaux pour intérioriser les nouvelles connaissances. The Gagne's nine events of instructions can serve as a guideline to a constructivism instruction [Gagne, 1965]. So they propose 1) gain attention. 2) inform learners of objectives. 3) Stimulate recal of prior learning. 4) Present the content. 5) Provide learning guidance. 6) Elicit performance. 7) Provide feedback. 8) Assess performance. 9) Enhance retention and transfer to the job. Ainsi d'un point de vue pratique [Kruse, 2009], cette approche propose à l'enseignant de commencer les leçons par une question provocante ou un fait original, de présenter au préalable les objectifs et le contenu des leçons, de lier les nouvelles connaissances aux anciennes, de favoriser chez l'apprenant son organisation de connaissances, de présenter les contenus sous différentes formes et différents cheminements, etc. Même si notre approche peut aller dans le sens du cognitivisme, elle s'inscrit aussi dans l'action et dans le constructivisme.

### **Approche constructiviste**

Nous enrichissons l'approche cognitiviste par l'approche constructiviste établie au plan théorique dès les années 1930-1940 notamment par Bruner [Bruner, 1960], Piaget [Piaget, 1970] et Vygotsky [Vygotsky, 1998]. Cette approche considère que l'apprentissage résulte d'une interaction entre l'apprenant et son environnement et n'est pas un résultat modelé uniquement par l'environnement. Elle donne priorité à la connaissance qui relève de la personne sur les savoirs qui sont codifiés et fixés par un groupe social. Nous considérons les apprenants comme des organismes actifs cherchant du sens et des significations. Ce système actif de traitement de la connaissance interprète l'information et le monde extérieur selon sa représentation personnelle. L'apprenant assimile mieux lorsqu'il peut contextualiser ce qu'il apprend pour une application immédiate, ce qui lui permet d'acquérir une signification personnelle. Nous favoriserons donc une pédagogie active et non directive, en préconisant de donner priorité à un contexte réel d'apprentissage, à un enseignement *soutien* plutôt qu'un enseignement *intervention*. Nous donnons priorité à la découverte guidée, à l'apprentissage collaboratif et à une approche par projet. La tâche de l'enseignant sera d'offrir aux étudiants un environnement d'apprentissage riche et stimulant. L'enseignant devient un facilitateur, un médiateur plus qu'un dispensateur de savoir et les compétences seront alors abordées d'une manière plus globale plutôt que par un découpage en petits objectifs.

### **Approche socio-constructiviste**

Nos principes intègrent également certains des principes du socio-constructivisme [Vygotsky, 1998] en préconisant d'utiliser l'interaction sociale pour aider la construction des connaissances et également d'utiliser la médiation des outils, particulièrement ceux du Traitement de l'Information et de la Communication (TIC) tels les wikis, blogs, forums pour médiatiser les processus d'apprentissages. Dans ce cadre, nous favorisons les compétences d'apprentissage collaboratives qui sont une des clés pour les emplois futurs [Looi et al., 2010]. La mise en place d'une telle ambition ne va pas de soi [Cole, 2009]. D'une part il est établi que les avancées ne se font qu'en intégrant au sein d'une même pédagogie les différents courants : behavioriste, cognitiviste, constructiviste [Hoic-Bozic, Mornar & Boticki, 2009] et

socio-constructiviste. Et d'autre part, il faut traiter le problème de leur application en situation écologique, donc en situation réelle. Dans la partie suivante, nous présentons un cadre d'évolution de modules d'acquisition de connaissances qui permet de répondre à ces deux contraintes.

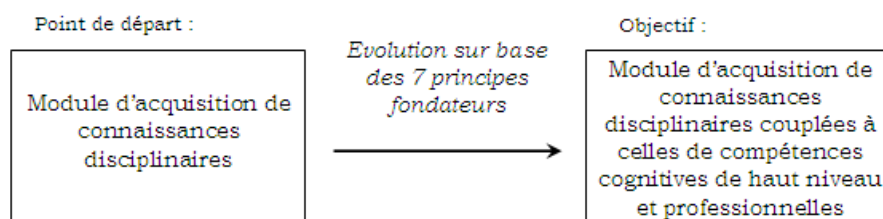
### **Proposition d'un cadre d'évolution de modules d'acquisition de compétences**

La problématique de l'évolution pédagogique est double. Il faut améliorer la qualité des apprentissages des étudiants. Il faut aussi tenir compte des réalités et proposer aux enseignants une approche qui leur permet, en tenant compte des situations d'apprentissage qu'ils rencontrent, d'appliquer effectivement cette volonté d'évolution pédagogique. Dans cette partie, nous introduisons les sept principes (figure 1) qui forment l'ossature de notre cadre d'évolution. Ensuite nous détaillons un à un ces sept principes.

1. Redéfinir les rôles des acteurs : enseignants et apprenants.
2. Introduire des mini-projets pédagogiques guidés par un apprentissage coopératif.
3. Alternier le travail individuel et le travail collectif.
4. Favoriser la compréhension partagée des activités proposées aux apprenants.
5. Soutenir la pédagogie par l'utilisation des TIC.
6. Evaluer régulièrement les connaissances acquises par les apprenants.
7. Analyser le processus d'enseignement.

**Fig. 1 – Sept principes fondateurs**

Il s'agit de partir d'un module d'enseignement « classique », et de le faire évoluer en s'appuyant sur les sept principes fondateurs, pour en définitive proposer un module, qui outre l'acquisition des connaissances disciplinaires visées au départ, permettra aussi l'acquisition de compétences cognitives de haut niveau et professionnelles (figure 2).



**Fig. 2 – Diagramme de contexte de l'évolution pédagogique**

Un autre objectif est d'améliorer la motivation des apprenants, la qualité des apprentissages et la diversité du rôle de l'enseignant. Les évolutions peuvent s'attacher à prendre en compte tous ces principes ou seulement une partie d'entre eux. De même, selon le contexte, le degré d'implication d'un principe peut être variable. Cette approche méthode permet ainsi une mise en œuvre plus simple, plus progressive et plus adaptable au contexte : apprenant, enseignant, situation, ...

### **1.1 Description des sept principes fondateurs**

Dans cette partie, nous reprenons et détaillons les sept principes de la figure 1. Rappelons que chacun d'eux vise à être appliqué à un module traditionnel afin de le faire évoluer.

**Principe 1 : redéfinir les rôles des acteurs : enseignants et apprenants.** Si deux rôles principaux, l'apprenant et l'enseignant, sont toujours reconnus, ceux-ci ont évolué. L'enseignant a toujours les responsabilités traditionnelles d'évaluateur et de dispensateur de savoir mais celles-ci doivent être complétées. Il doit jouer aussi le rôle de chef d'orchestre de projet [Dillenbourg and Tchounikine, 2007]. Il doit mettre en place des scénarios structurés qui faciliteront l'organisation du groupe et lui permettront d'atteindre les objectifs du/des mini-projet(s) intégré(s) au module concerné. À ce titre, il doit jouer à la fois le rôle : (1) de facilitateur : aider à faire des choix ; (2) de gestionnaire : inciter le groupe à être productif ; (3) d'organisateur : assister à la décomposition des tâches. L'enseignant voit sa responsabilité



de dispensateur de connaissances évoluer. Certes il reste garant de la pertinence des connaissances mais les apprenants peuvent intervenir avant ou en cours des projets pour en apporter de nouvelles. Il peut alors être déstabilisé par les productions des apprenants ou au contraire conforté dans son autorité en expliquant les éventuelles lacunes des connaissances apportées. Ces évolutions de rôles l'obligent à avoir un processus pédagogique plus élaboré tout en gardant son rôle de référent académique.

L'apprenant, quant à lui, doit avoir conscience de sa place et de son rôle actif et collectif dans cette nouvelle pédagogie. Si le fait d'apprendre à plusieurs autorise une élaboration des idées difficilement accessibles à une pensée individuelle l'apprentissage collectif ne va pas de soi. Il peut être nécessaire de présenter un certain nombre de principes éprouvés comme la nécessité de l'interdépendance positive ou la conscience que la réussite collective est dépendante des réussites individuelles [Johnson & Johnson, 1980], [Gillies, 2004].

L'apprentissage du nouveau rôle de l'apprenant peut être fait à part, dans le cadre d'un autre enseignement ou lors des premières séances. Cette conscience de la part de l'apprenant l'aide à se situer dans ce nouveau dispositif, à cadrer ses futurs efforts et à s'articuler avec le reste de l'équipe ou de la classe.

**Principe 2 : introduire des mini-projets pédagogiques guidés par un apprentissage coopératif.** Notre proposition s'articule dans une optique de pédagogie active soutenue par la réalisation de mini-projets. C'est bien entendu une forme particulière de projet où l'objet principal est l'acquisition de connaissances, le contenu de la production du projet étant d'ailleurs souvent directement lié à cet objectif. La nature de la production peut être variée : il peut s'agir de produire un diaporama qui sera ensuite présenté en public, concevoir un rapport thématique, réaliser une maquette d'interface Homme-Machine (IHM), etc. Les aspects projets particulièrement retenus sont :

- 1) la production commune d'un objet ;
- 2) le partage des tâches et des responsabilités ;
- 3) la tenue des délais, les séances d'enseignement étant fortement limitées dans le temps ;
- 4) une analyse collective mais aussi individuelle des activités réalisées et des connaissances acquises.

L'objectif du projet est l'acquisition de connaissances ; nous préconisons l'apprentissage coopératif dans lequel les apprenants sont responsables de leur apprentissage, ainsi que de celui des autres [Gokhale, 1995]. Une technique que nous utilisons est de faire produire des jeux par les apprenants (QCM, textes à trous, etc., par exemple à l'aide de logiciels comme *Hot potatoes* [Hot Potatoes, [http](http://hotpotatoes.com)]). Le but des jeux à produire est l'apprentissage du contenu du cours par les autres apprenants de la classe. Il y a là un double effet d'apprentissage. D'abord lors de la conception du jeu, l'apprenant apprend une première fois; ensuite lorsqu'il exécute les jeux conçus par ses collègues, il apprend une seconde fois. De plus si les circonstances le permettent, notamment si le volume horaire de l'enseignement est important et s'étale suffisamment dans le temps, disons une trentaine d'heures répartie sur plusieurs mois, il peut être intéressant de faire appliquer aux apprenants un cycle de vie de type projet avec les processus de démarrage, planification, maîtrise, réalisation et clôture de projet [PMBOOK, 2008] conduisant à la production des livrables traditionnels : demande de projet, note de cadrage, rapports de suivi et bilan. Ce principe s'inspire alors du Team-based learning et nécessite un travail pédagogique de préférence sur plusieurs mois [Michaelsen et al., 2002], [Gomez, Wu & Passerini, 2010].

**Principe 3 : alterner le travail individuel et le travail collectif.** Héritée de la civilisation grecque, la pédagogie de nos établissements universitaires est historiquement basée sur une approche behavioriste qui par nature induit un travail individuel [Dumont, 1992]. Nous préconisons l'introduction du travail collectif dans le cadre d'une alternance : travail

individuel – travail collectif. Cette alternance se retrouve dans de nombreuses méthodes d'apprentissage coopérative, citons JigSaw [Aronson et al., 1978], JigSaw II [Slavin, 1980] ou encore Team Accelerated Instruction [Slavin et al., 1986].

Cette alternance permet d'allouer différents rôles aux membres du groupe et de les responsabiliser vis-à-vis d'eux-mêmes et vis-à-vis du groupe [Martinez et al., 2010]. Elle donne aussi l'occasion pour l'enseignant de mettre en place une interdépendance entre les apprenants [Aronson et al., 1978] favorable à l'apprentissage coopératif [Johnson & Johnson, 1980]. Les séances de travail individuel peuvent donner l'occasion de mettre en place une pédagogie différenciée ou une mise à niveau individuel [Slavin et al., 1986]. Cette alternance semble efficace pour augmenter la motivation [Gomez, Wu, Passerini, 2010] et favoriser les interactions entre les apprenants, l'enseignant [Martinez et al., 2010] et les connaissances visées. De plus si elle est mise en relation avec des écrits personnels et de groupes, les apports de chacun peuvent être alors discutés et participer ainsi à l'évaluation individuelle dont on sait l'impact sur la réussite du travail collectif [Davis, 1993]. D'une manière générale, l'alternance permet aussi de contrebalancer les inconvénients du travail collectif notamment sa lenteur [Cooper et al, 1990], [Eastman and Reisenwitz, 2006], ou la fatigue qu'il génère, les apprenants ont besoin de se concentrer dans le calme du travail individuel. Cette alternance peut donner lieu à une compétition inter-groupale avec les risques qu'elle amène [Slavin, 1977].

**Principe 4 : favoriser la compréhension partagée des activités proposées aux apprenants.**

Le travail collectif est une activité humaine qui fait naître des contradictions et des tensions entre les différents intervenants. Ces tensions et contradictions nuisent au travail car elles peuvent induire une dégradation de la dynamique de l'activité : coordination, coopération et co-construction [Bardam, 1998].

Nous préconisons qu'une partie de l'apprentissage soit consacrée à s'assurer que les apprenants comprennent individuellement et collectivement les activités pédagogiques demandées. Présenter et faire comprendre les règles du jeu concourt à initier un besoin et motive les apprenants à accomplir les activités proposées [Kruse, 2009] dans le sens des pratiques pédagogiques de [Gagne, 1965]. Par exemple si une méthode pédagogique est proposée aux apprenants, l'enseignant doit s'assurer que celle-ci soit comprise, au moins dans ses grandes lignes, avant sa mise en pratique. Le cas échéant, il aura à prévoir une activité pédagogique préliminaire pour expliquer cette méthode pédagogique. Cette compréhension doit aussi bien porter sur les buts que sur les moyens mis en œuvre. La manière de mettre en place cette compréhension partagée peut être variée. Elle peut passer par un travail individuel sur les modes opératoires de réalisation ou au contraire par la construction d'une représentation collective de la méthode pédagogique. Un élément de réussite semble être la mise à disposition aux apprenants d'exemples similaires aux artefacts demandés par le deuxième principe : note de cadrage, compte-rendu de réunions, diaporama de référence, etc.

**Principe 5 : soutenir la pédagogie par l'utilisation des TIC.** À travers ses capacités de mémorisation, diffusion et traitement de l'information en évolution constante et exponentielle, les TIC permettent la mise en place d'activités pédagogiques attractives. Ces activités peuvent se faire en salle de classe et être prolongées, notamment grâce à l'Internet, à l'extérieur : à la maison, en entreprise et en tout lieu. Elles permettent aussi de constituer de nouveaux partenaires et rôles : le groupe, l'intervenant extérieur, la communauté, etc. Elles donnent les moyens à ces nouveaux rôles de communiquer. On a ainsi communication entre enseignant et apprenant, apprenant et apprenant, apprenant et communauté, apprenant et contenu, etc. De nombreux bénéfices [Wagner, 1997] peuvent être attendus concernant : la participation, le feedback, la rétention et élaboration des connaissances, le support à l'évaluation des apprenants, l'auto-régulation des apprenants, la motivation, la négociation de la compréhension et la construction d'équipe. Par ses capacités de mémorisation des réalisations,

elles permettent aussi la réutilisation des produits des apprenants. Il est à noter qu'il existe différents niveaux technologiques possibles.

Des outils de base et faciles à mettre en place, comme des sites web commerciaux, professionnels existants (sur lesquels des analyses peuvent être menés), des outils de maquettage d'interface homme-machine, des outils d'édition de texte ou de présentation, etc., peuvent parfois être préférables à des dispositifs d'un niveau technologiquement avancé à base de e-learning dont on sait qu'ils sont lourds à mettre en œuvre et nécessitent une bonne coordination des responsabilités [Wagner, Hassanein, & Head, 2008] et sont parfois peu utilisés [Holbert, Karady, 2008].

Néanmoins, il ne reste pas moins vrai que la vague de e-learning, au sens de [CCCEP, 2001], et les différents programmes comme ceux visant à fournir à toutes les communautés éducatives des Learning Management System (LMS) libres et aux codes sources ouverts ne laissent plus de doute sur la disponibilité et l'importance des ICT et du e-learning au sein des cours et de la vie universitaire en général. Citons les trois plus connues : Sakai [Sakai, <http>] des quatre universités américaines : MIT, Indiana, Michigan, Stanford ; Moodle [Moodle, <http>] autour de l'universitaire Dougiamas et Claroline [Claroline, <http>] développée par l'Université libre de Louvain-la-Neuve (Belgique).

**Principe 6 : évaluer régulièrement les connaissances acquises par les apprenants.** En plus de son caractère stratégique [Gravestock, Mason, 2004], l'évaluation des acquis des apprenants est une tâche importante et essentielle du processus pédagogique [Sander-Regier et al., chapitre 9, 2007]. Elle devrait être un point central dans les méthodes pédagogiques mais les connaissances à son sujet sont insuffisantes [Shepard, 2000]. De nombreuses questions se posent. Est-ce un moyen de reconnaissance des apprentissages ou de régulation des effectifs ? Comment comptabiliser et intégrer des acquis de natures aussi différentes que ceux du savoir, du savoir-faire et du savoir-être ? Que faut-il évaluer ? Quand évaluer ?

Nos interactions régulières avec les étudiants et les réponses aux questionnaires pédagogiques que les étudiants remplissent en fin de module montrent que les étudiants sont demandeurs d'évaluations régulières sur des thèmes limités. Ils sont favorables aux évaluations formatives au préalable des évaluations sommatives. Ces évaluations régulières fournissent un feed back aux étudiants qui leur permettent de mieux se situer par rapport aux apprentissages du module. De plus le résultat de ces évaluations donne aussi l'occasion d'un dialogue entre étudiants et l'enseignant propice à une compréhension mutuelle des difficultés. Le fait que les sujets soient limités dans leur contenu permet aux étudiants de comprendre progressivement leurs points forts et faibles d'apprentissage. Des mesures de remédiations peuvent être entreprises facilement, rapidement et par là efficacement. Il est clair que nous nous trouvons dans une mesure préconisée par la pédagogie de la maîtrise (mastery learning) [Carroll, 1963], [Bloom, 1971], [Carroll et al., 1987].

Ce sixième principe demande un travail plus régulier de l'enseignant qui doit notamment corriger rapidement les évaluations. Il demande un surcroît de travail en correction et une bonne organisation mais lui fournit un sentiment de professionnalisme.

L'annonce claire, si possible écrite, des apprentissages attendus et de la manière de les évaluer, y compris leurs notations, a de nombreux avantages. De plus si le contenu est discuté avec les étudiants, cela est propice à une meilleure compréhension et à une confiance mutuelle. Ensuite une telle pratique permet de fixer des règles claires, opposables et négociables avec les autres parties prenantes : université, employeurs, ministères, etc. Elle fournit alors une base pour éviter la 'constante macabre' [Antibi, 2003] qui prévoit que dans toute évaluation, il faut pour rester crédible, une part de mauvaises notes.

Dans le cadre de module d'acquisition de compétences professionnelles, nous préconisons une évaluation des étudiants qui porte sur les trois types d'apprentissages [Prime, 1998] et les intègre, selon une proportion qui réserve une part effective à chacun d'eux, en une

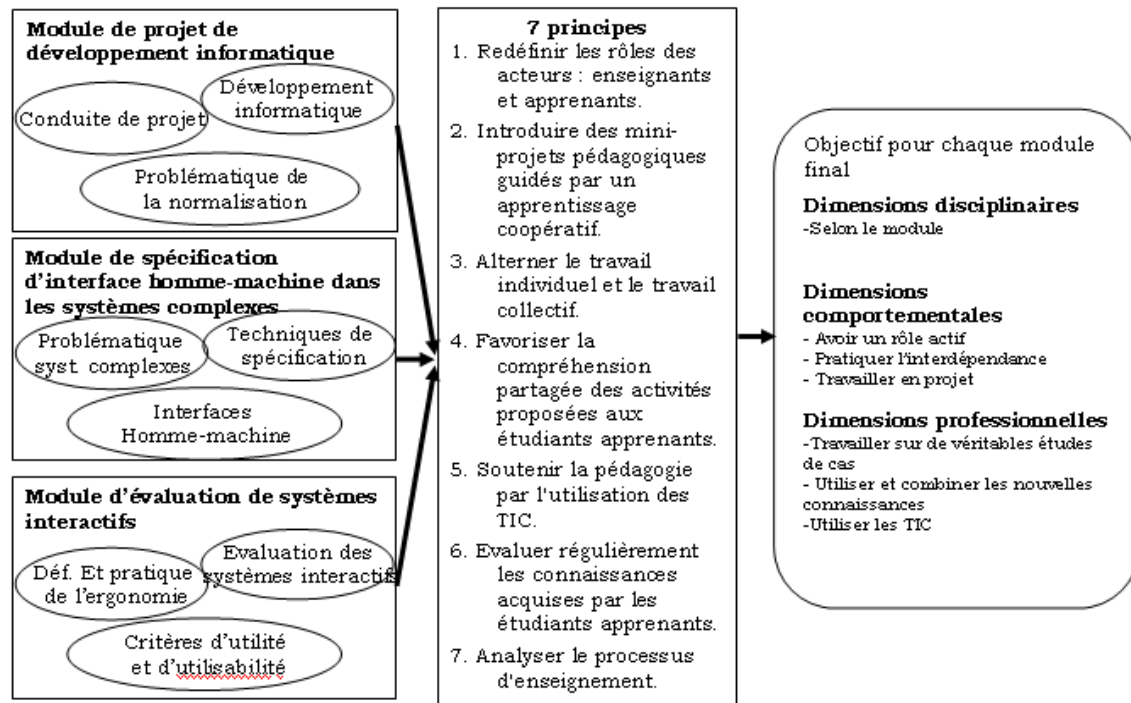
seule évaluation. Dans ce cadre, nous préconisons que l'évaluation tienne compte du respect de la méthode pédagogique proposée. Les évaluations doivent être protéiformes. Elles peuvent être individuelles ou collectives, être écrites ou orales, portées sur le comportement ou la qualité des produits. Dans les activités collectives, l'évaluation doit non seulement être collective mais aussi individualisée : par l'attitude au cours des mini-projets, par des traces écrites individuelles demandées tout au long des travaux, par la prestation de chacun lors de présentation publique du travail, etc.

**Principe 7 : analyser le processus d'enseignement.** Les précédents principes s'attachaient à fournir un cadre pour scénariser l'apprentissage lors de la réalisation du module lui-même. Cependant dans ce système, l'estimation de l'atteinte des objectifs pédagogiques est faite en grande partie par l'enseignant. Un feed-back avec les autres acteurs est nécessaire. D'abord avec les apprenants. Par exemple à l'aide de questionnaires, d'entretiens semi-directifs, etc. Ces techniques permettent d'introduire la notion de conception participative de l'enseignement et de son processus. Cependant elles doivent suivre des règles éprouvées. Il existe des protocoles pour que ces techniques soient efficaces [Sander-Regier et al., chapter 9, 2007]. Il ne s'agit pas de permettre aux apprenants de critiquer librement les enseignants ou les enseignements. De plus, ces procédures de feed-back, si elles sont annoncées assez tôt aux apprenants dans le déroulement de l'enseignement, renforcent chez les apprenants le sentiment que l'on s'intéresse particulièrement à eux. On sait que de telles pratiques améliorent les performances des apprenants [Mayo, 1945], [Olson, Verley & Santos, 2004]. Ensuite avec le monde extérieur, c'est-à-dire avec la direction de l'université et le monde économique, futur employeur.

Dans la partie suivante, nous mettons à l'épreuve notre proposition. Nous fournissons trois exemples concrets et représentatifs de modules universitaires, sensiblement différents dans leurs objectifs de départ. Nous montrons leur évolution à travers la mise en application de ces sept principes de base.

## **Etudes de cas**

Dans cette partie, nous décrivons trois études de cas relatives à la mise en œuvre de la proposition, selon le modèle visible en figure 3. Pour chacune d'entre elles, nous commençons par une description du contexte du module concerné, ensuite nous spécifions la mise en œuvre des 7 principes fondateurs dans le module, finalement nous détaillons la réalisation de la situation pédagogie réalisée. Nous reportons dans la partie 5 les analyses, les comparaisons entre cas d'étude, les apports pédagogiques et les pistes d'améliorations notamment vis-à-vis de l'application des principes fondateurs.



**Fig. 3 – Etudes de cas**

## 1.2 Cas relatif à un module de projet de développement informatique

### 1.2.1 Contexte

Ce premier cas d'étude concerne un module de gestion de projets dispensés à des étudiants en dernière année de licence réseau et système de communication. Un des objectifs de ce module est de leur faire assimiler un certain nombre de modèles conceptuels tels la qualité du logiciel [ISO/IEC 25000, 2005] ou les concepts du génie logiciel [SWEBOK, 2004] ou de la gestion de projets [PMBOOK, 2008]. Ils doivent intégrer l'état de l'art de schémas conceptuels établis par la communauté internationale. Cet enseignement a été rendu nécessaire par la complexification des projets de développement réseaux, la rapidité des évolutions dans ce domaine et l'interconnexion des problématiques de l'informatique et de la gestion de projets. Ces modèles que l'on peut qualifier de "haut niveau" permettent de mieux comprendre la problématique des projets réseaux et leurs connaissances rend les étudiants à la fois plus autonomes et plus aptes à s'intégrer dans un travail d'équipe ; ce sont des qualités essentielles souvent exigées par les entreprises [Gunasekaran et al., 2002]. Les séances se déroulent en salle informatique. Chaque étudiant dispose d'un poste informatique récent avec accès Internet. Les séances regroupent une vingtaine d'étudiants.

### 1.2.2 Spécification du module selon les 7 principes fondateurs

Nous avons écarté de suite l'approche qui consisterait à leur faire étudier directement le texte de ces normes. Non seulement pour des raisons de coûts, la plupart des textes normatifs ont des droits financiers importants, mais également pour des raisons évidentes de pédagogie. Nous avons également écarté l'approche behavioriste magistrale que nous avons pratiquée dans un autre diplôme quelques années auparavant. Pour ce diplôme, nous avons fait un cours magistral de type exposition de savoir. Malgré le soin mis, avec nos collègues, pour rendre attractif l'usage de nos diaporamas, cet essai fut décevant. Tant du point de vue des résultats aux examens que du point de vue de l'attention des étudiants lors des séances d'enseignements pourtant en petits groupes. En outre, les enseignants se sentaient parfois dévalorisés et découragés par cette situation. Pour ne pas reproduire cette situation, nous avons décidé de mettre en place une nouvelle pédagogie. Les sept principes fondateurs ont été

mis en œuvre. La spécification du module selon les 7 principes fondateurs est visible en tableau 1.

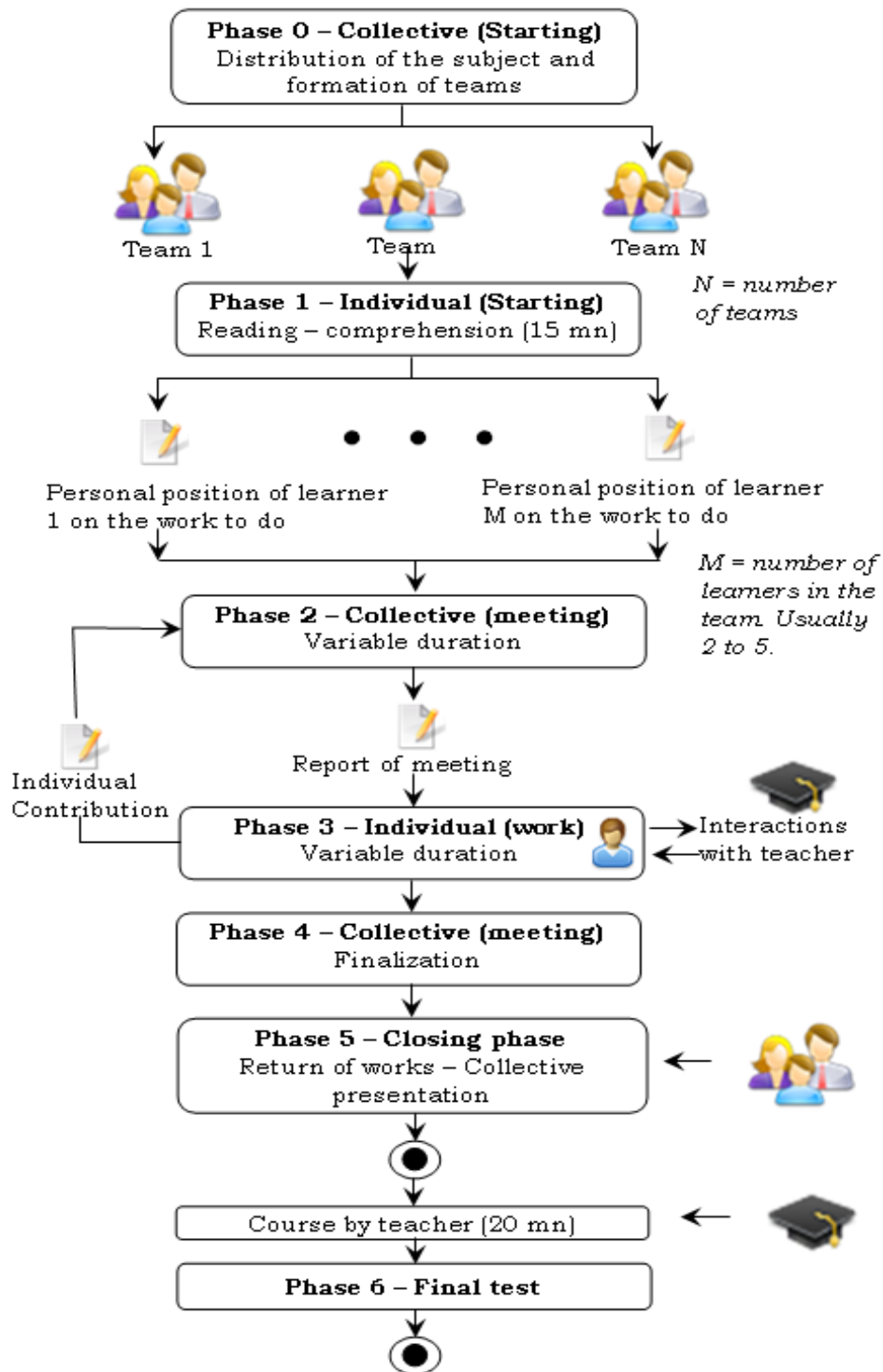
Tableau 1. Spécifications du module « gestion de projet informatique »

<b>Principe</b>	<b>Mise en œuvre dans le module 1</b>
Principe 1 : Redéfinir les rôles des acteurs : enseignants et apprenants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'enseignant a proposé une pédagogie par projet collectif. Chaque notion à étudier, par exemple la qualité du logiciel, faisait l'objet d'un mini-projet. Ces mini-projets prenaient 75% du temps de face à face. L'enseignant avait alors un rôle qui consistait à encadrer, motiver et aider les étudiants dans la réalisation de leurs mini-projets. Dans le dernier quart du temps, il reprenait son rôle traditionnel de dispensateur de savoir et d'évaluateur et donnait un cours traditionnel d'une trentaine de minutes.</li> <li>- Les étudiants devaient rechercher, critiquer et présenter les connaissances demandées par l'enseignant. Ils devaient s'organiser en équipe en respectant la pédagogie fixée (cf. figure 4). Sur certains travaux, les étudiants pouvaient participer à la définition des critères d'évaluation et, à titre consultatif, à l'évaluation de certains travaux des autres équipes.</li> </ul>
Principe 2 : Introduire des mini-projets pédagogiques guidés par un apprentissage coopératif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La réalisation de mini-projets faisait partie du processus d'acquisition des connaissances. Pour leurs réalisations, une méthode élémentaire de gestion de projet a été proposée. Ces mini-projets étaient à réaliser durant les séances et terminés hors séances par groupe de deux à cinq étudiants. En fin de projet, une ou deux équipes exposait le résultat de leur projet en public au reste du groupe</li> <li>- Les règles pédagogiques fixées par l'enseignant mentionnaient explicitement l'apprentissage coopératif. A défaut de faire entrer sa pratique dans la notation académique, les étudiants étaient régulièrement incités à le pratiquer.</li> </ul>
Principe 3 : Alternier le travail individuel et le travail collectif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toute phase de travail collectif était précédée d'une phase de travail individuel (cf. figure 4). Les étudiants devaient alors déposer leurs travaux individuels sur une plateforme de e-learning.</li> <li>- La notation individuelle lors des projets collectifs était composée pour partie d'une note affectée au groupe et pour autre partie d'une note sur l'attitude ou le travail personnel de l'étudiant Cette notation individualisée était ensuite intégrée aux notations individuelles de chaque étudiant au même niveau que les devoirs sur 'table'.</li> </ul>
Principe 4 : Favoriser la compréhension partagée des activités proposées aux apprenants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'enseignant a proposé, sous forme d'un document de quelques pages, les règles du jeu de la nouvelle pédagogie. Le début de l'enseignement a été consacré à l'étude de cette nouvelle pédagogie. Chaque étudiant devait la reformuler sous forme d'une modélisation graphique de son choix avec l'outil de son choix.</li> <li>- Les modélisations ainsi faites étaient déposées sur la plateforme de e-learning. Puis il a été demandé à chaque étudiant d'évaluer les points forts et les points faibles des modélisations de leurs collègues.</li> <li>- Les étudiants étaient régulièrement interrogés sur le déroulement des séances, la pertinence des contrôles et des évaluations.</li> </ul>
Principe 5 : Soutenir la pédagogie par l'utilisation des TIC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A l'occasion des recherches menées au cours des mini-projets, Internet servait régulièrement de proposition d'apports de connaissances. Celles-ci étaient validées ou non par l'enseignant.</li> <li>- Une partie des produits des mini-projets étaient des artefacts (production de diaporamas, posters, quizz électroniques, comptes-rendus, etc.). Ces artefacts étaient produits par des TIC avec des outils comme <i>PowerPoint</i>, <i>Word</i>, <i>Hot Potatoes</i>, <i>FreeMind</i>, etc.</li> <li>- Le suivi des séances, les produits des mini-projets étudiants, les ressources pédagogiques étaient mises en ligne sur Internet. Le dépôt et l'accès pouvaient se faire par tous à tout moment. La plateforme de e-learning <i>Moodle</i> [Moodle, http] a été utilisée. Cette dernière étant particulièrement riche en outils : dépôt de documents, devoirs à rendre, wiki, blog, base de données, glossaire, etc.</li> </ul>
Principe 6 : Evaluer régulièrement les connaissances acquises par les apprenants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En fin de projet, des étudiants étaient amenés à présenter publiquement leurs travaux. Ces présentations étaient évaluées individuellement et collectivement.</li> <li>- Chaque mini-projet se terminait par une validation écrite. En moyenne, quatre heures de face à face donnaient lieu à 30 mn d'évaluation.</li> <li>- L'attitude en séance était évaluée. Il est à noter qu'en pratique leur intégration dans la notation académique n'a pas été effective.</li> <li>- A chaque séance, les étudiants étaient amenés à déposer leurs travaux et leurs</li> </ul>

	réflexions sur leur manière de faire. Une partie de ces produits pouvait servir de discussion d'évaluation entre l'étudiant et l'enseignant.
Principe 7 : Analyser le processus d'enseignement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les étudiants ont été régulièrement interrogés oralement sur le déroulement des séances, la pertinence des contrôles et des évaluations.</li> <li>- En fin d'enseignement un questionnaire a été rempli par les étudiants sur le déroulement des séances et de la pédagogie.</li> <li>- Des entretiens informels ont été faits sur le ressenti des étudiants.</li> </ul>

### 1.2.3 Scénarisation du module final

Ainsi en application des principes fondateurs, nous avons proposé une scénarisation basée sur la réalisation de mini-projets par équipe de trois à cinq étudiants. Les principales phases de l'apprentissage étaient les suivantes : a) Distribution du sujet à traiter et d'un document de quelques pages expliquant la pédagogie à suivre. b) Analyse par le groupe de la pédagogie. c) Réalisation par équipe de deux à cinq étudiants d'un mini-projet de recherche d'information en utilisant notamment Internet ou les livres à disposition. L'équipe devait produire une synthèse de ses recherches sous forme d'un diaporama. Chaque membre de l'équipe devait, quant à lui, produire un certain nombre de traces écrites sur le travail qu'il avait réalisé individuellement d) Présentation collective et publique du diaporama e) Cours classique de référence par l'enseignant ) Validation sous forme de contrôle écrit et individuel des connaissances métiers.



**Fig. 4 – Principes de scénarisation du module 1**

La figure 4 présente les grandes lignes de cette scénarisation. Les étudiants étaient notés pour moitié sur les contrôles écrits et individuels et pour moitié sur leurs interactions et leurs productions individuelles et collectives faites pendant les séances.

### 1.3 Cas relatif à un module de spécification d'interfaces homme-machine dans les systèmes complexes

#### 1.3.1 Contexte

Ce deuxième cas d'étude concerne un module de spécification d'imagerie de supervision de systèmes industriels destiné à des étudiants de niveau Master en Automatique.



Ces systèmes d'imagerie de supervision sont des interfaces homme-machine (IHM) spécialisées utilisées dans les salles de contrôle par des opérateurs humains. Ces opérateurs doivent réaliser des tâches de surveillance, de diagnostic et d'intervention sur le système industriel. Ils doivent intégrer l'état de l'art relatif aux modes de représentation et aux connaissances ergonomiques dans le domaine de la conception d'IHM dans les systèmes industriels [Rasmussen, 1986], [Kolski, 1997]. Cet enseignement est nécessaire pour les étudiants dans la mesure où la majeure partie des systèmes industriels sont dotés de salles de contrôle. Les besoins dans ce domaine sont très importants. Les projets de conception d'imagerie de supervision sont le plus souvent réalisés en équipe dans les entreprises, et doivent considérer différents critères aussi bien ergonomiques que liés à la sécurité ou la productivité. Dans ce module, les séances se déroulent en salle de cours et de travaux dirigés. Les séances regroupent une vingtaine d'étudiants.

### 1.3.2 Spécification du module selon les 7 principes fondateurs principes fondateurs

Nous avons écarté l'approche classique consistant à se centrer essentiellement sur les connaissances de ce domaine vaste et complexe. Il aurait été possible de commencer par une description théorique de ces connaissances en cours, puis de proposer aux étudiants un ensemble d'exercices permettant d'aller plus en profondeur dans ces connaissances. Cette façon de procéder avait été jugée insuffisamment efficace lors de premières tentatives. Nous avons donc décidé de mettre en place une pédagogie plus motivante, aussi bien pour l'enseignant que pour les étudiants. Les sept principes fondateurs ont été mis en œuvre. La spécification du module selon les 7 principes fondateurs est visible en tableau 2.

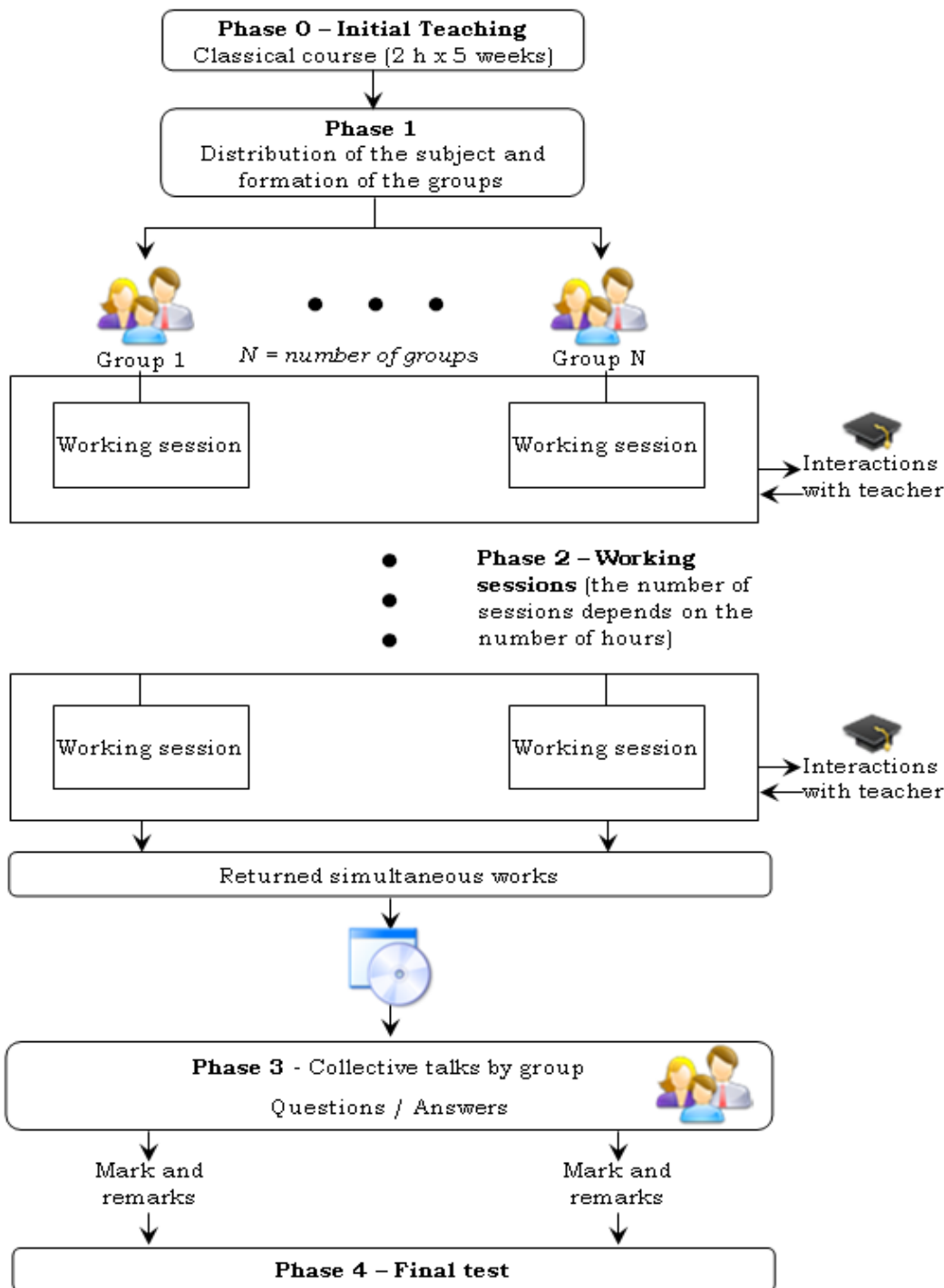
Tableau 2. Spécifications du module « Spécifications d'interface homme-machine dans les systèmes complexes »

Principe	Mise en œuvre dans le module 2
Principe 1 : Redéfinir les rôles des acteurs : enseignants et apprenants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l'enseignant a proposé une pédagogie intégrant une simulation de projet avec jeu de rôle. Durant les premières séances, l'enseignant a un rôle classique de dispensateur de savoir et explique les connaissances essentielles au domaine. Ensuite il propose aux étudiants de se réunir par groupes pour travailler de manière concurrentielle sur une étude de cas réelle et complexe, faisant suite à un appel d'offres ; durant ces séances il joue le rôle d'un opérateur humain mis à la disposition des groupes afin de répondre à leurs questions relatifs aux besoins dans la salle de contrôle. L'enseignant prend en dernière séance le rôle d'évaluateur.</li> <li>- Les étudiants doivent exploiter au mieux les connaissances proposées lors de la production du rapport de spécification. Ils doivent aussi s'organiser pour analyser le cas complexe, produire le dossier de spécification d'IHM, et présenter à l'enseignant et aux autres groupes ce dossier. Ils prennent en dernière séance un rôle d'évaluateur.</li> </ul>
Principe 2 : Introduire des mini-projets pédagogiques guidés par un apprentissage coopératif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le point central du module est un mini-projet faisant partie du processus d'acquisition de connaissances. Celui-ci devait être réalisé durant trois séances et terminé hors séance par groupes de 3 à 5 étudiants. En fin de mini-projet, chaque groupe expose le dossier papier produit en public devant l'enseignant et les autres groupes.</li> <li>- Les règles pédagogiques sont précisées dès le début du module par l'enseignant, mentionnant explicitement l'apprentissage coopératif démarrant à partir du mini-projet.</li> </ul>
Principe 3 : Alternier le travail individuel et le travail collectif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaque étudiant devait d'abord se concentrer de façon individuelle sur les connaissances du domaine.</li> <li>- Lors du mini-projet, même si l'enseignant avait avant tout un rôle d'opérateur mis à la disposition des groupes, il veillait aussi à ce que chaque étudiant participe activement au travail de groupe.</li> <li>- Lors de la présentation orale du dossier produit par le groupe, chaque membre devait avoir un rôle actif de présentation. Lors de la phase d'évaluation, chacun était invité à intervenir individuellement.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaque groupe était noté de façon collective (avec en outre un classement sur l'ensemble des groupes), afin de mettre l'accent sur la responsabilité partagée du groupe.</li> </ul>
Principe 4 : Favoriser la compréhension partagée des activités proposées aux apprenants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les règles ont été expliquées oralement dès le début du module à l'ensemble des étudiants.</li> <li>- Une description détaillée du processus industriel pour lequel il était demandé une spécification d'IHM a été fournie dès le début du mini-projet à chacun des étudiants.</li> <li>- Ensuite lors que chaque séance du mini-projet, l'enseignant veillait à ce que le travail aille dans le sens attendu, et qu'il n'y ait pas de problème de compréhension lié aux objectifs et à la production attendue, aussi bien orale qu'écrite ; c'était possible par une étude rapide et régulière de l'avancement relatif au dossier de spécification d'IHM à produire.</li> </ul>
Principe 5 : Soutenir la pédagogie par l'utilisation des TIC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les étudiants étaient invités à exploiter un générateur d'IHM de leur choix, spécifique ou non au domaine de la supervision industrielle. Il s'agissait en effet de produire un dossier de qualité professionnelle, rédigé à partir d'un éditeur de texte professionnel, contenant des pages-écrans graphiques et réalistes constitutives de l'IHM.</li> <li>- Les présentations orales s'appuyant sur l'utilisation d'un éditeur de présentation professionnel (Powerpoint, éditeur d'OpenOffice...).</li> </ul>
Principe 6 : Evaluer régulièrement les connaissances acquises par les apprenants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lors du mini-projet, l'état d'avancement était régulièrement estimé par l'enseignant (conduisant essentiellement à d'éventuelles recommandations orales).</li> <li>- En fin de mini-projet, les étudiants étaient amenés à présenter publiquement leur dossier de spécification.</li> <li>- Les étudiants étaient notés aussi bien relativement au dossier papier produit qu'à la présentation orale.</li> <li>- A l'issue du module, un examen était également organisé. La note de l'examen prenait en compte pour un pourcentage de 20 % la note obtenue suite au mini-projet.</li> </ul>
Principe 7 : Analyser le processus d'enseignement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Des entretiens ont été faits sur le ressenti des étudiants. Les étudiants étaient unanimes sur l'efficacité et l'intérêt d'une telle démarche d'apprentissage.</li> <li>- Il faut aussi souligner que le taux d'absentéisme a été quasi nul durant les 9 années pendant lesquels le module a été enseigné (ce qui n'était pas systématique dans les différents modules de la formation).</li> <li>- Une analyse profonde de 64 dossiers produits durant ces 9 années montre une production générale de qualité très satisfaisante de la part des étudiants [Kolski et al., 2004a et 200b].</li> </ul>

### 1.3.3 Scénarisation du module final

En application des principes fondateurs, nous avons proposé dans ce module une scénarisation centrée sur un mini-projet par groupes de 3 à 5 étudiants. Chaque groupe était en compétition pour répondre à un appel d'offre émanant d'une entreprise fictive. Les principales phases de l'apprentissage étaient les suivantes : (a) description du module et de la pédagogie suivie, (b) cours théorique présentant les connaissances du domaine, (c) réalisation d'un mini-projet avec objectif d'une production d'un rapport papier de spécification d'IHM, ce mini-projet s'appuyait sur un jeu de rôle, (d) présentation collective et publique du dossier, avec évaluation collective, (e) affichage des résultats (points forts et faibles de chaque dossier) et classement, (f) examen final portant sur le module. La figure 5 présente les grandes lignes de cette scénarisation. Soulignons que lors de l'examen final dans le module, la note prenait en compte pour 20 % les résultats obtenus lors du mini-projet.



**Fig. 5 – Principes de scénarisation du module 2**

## 1.4 Cas relatif à un module d'évaluation de systèmes interactifs

### 1.4.1 Contexte

Ce troisième cas d'étude concerne un module d'évaluation de systèmes interactifs destiné à des étudiants de niveau Master en Sciences de la Communication, Images et Sons. Le but pédagogique est d'apprendre aux futurs ingénieurs à évaluer les logiciels, les sites WEB et les produits multimédias et à proposer des pistes d'aménagements ergonomiques pour les améliorer. L'ergonomie des IHM utilise différentes méthodes d'évaluation afin de mettre en évidence aussi bien des spécificités que des perspectives de transformations ergonomiques de l'IHM. Parmi ces méthodes, Cognitive Walkthrough (CW) permet d'évaluer

la facilité avec laquelle un utilisateur réalise une tâche avec un minimum de connaissances du système (Polson et al., 1992). C'est une méthode d'évaluation qui est centrée sur le modèle d'apprentissage par l'exploration de (Polson et Lewis, 1990) lui-même inspiré de la théorie de l'action de Norman (1986). CW est une méthode largement reconnue aux niveaux aussi bien industriel qu'académique (Mahatody et al., 2007, 2010). Elle analyse également la facilité d'apprentissage d'une IHM par l'exploration. Par ailleurs, on leur demande de critiquer la méthode CW et de proposer une évolution positive de cette dernière afin qu'elle soit plus efficace dans le domaine de l'évaluation ergonomique. Dans ce module, les séances se déroulent en salle de cours et de travaux pratiques.

#### **1.4.2 Spécification du module selon les 7 principes fondateurs principes fondateurs**

En sachant que la conception et l'évaluation des produits est une interaction entre la compréhension et la création et que c'est une activité très complexe, nous avons écarté pour ce module de « Conception et évaluation des systèmes interactifs » l'approche classique consistant à se centrer essentiellement sur l'enseignement des normes, des standards et des guides ergonomiques.

En effet, nous avons constaté que les étudiants ont des difficultés quand ils se trouvent face à un problème « simple et complexe » ou « particulier et général » ; de même concernant les standards et des guides ergonomiques centrés souvent sur les caractéristiques et les limites des utilisateurs. En effet, les standards et les guides n'abordent que des domaines ciblés : espace de travail, dimensions, commandes, ambiance physique, et ils ne s'intéressent ainsi qu'aux limites et pas à tout ce qui est complexe ou particulier ; par exemple, l'activité cognitive et le raisonnement des utilisateurs. Les connaissances de ce domaine sont très vastes et complexes et leur acquisition ne pourra pas se limiter à une description théorique classique. De même, des travaux dirigés centrés sur l'application des questionnaires et des check-lists présentent beaucoup de limites et ne permettent pas d'aller plus en profondeur dans ces connaissances. C'est pourquoi nous avons décidé de mettre en place une pédagogie plus active en mettant directement les étudiants dans un contexte de jeu de rôle en embrassant directement leur activité future d'évaluateurs et des superviseurs. C'est ainsi que les sept principes fondateurs ont été mis en œuvre. La spécification du module selon les 7 principes fondateurs est visible en tableau 3.

Tableau 3. Spécifications du module « Spécifications d'interface homme-machine dans les systèmes complexes »

<b>Principe</b>	<b>Mise en œuvre dans le module 3</b>
<p>Principe 1 : Redéfinir les rôles des acteurs : enseignants et apprenants</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l'enseignant a proposé une pédagogie basée sur un jeu de rôle en utilisant la méthode d'évaluation. L'enseignant a un rôle classique de dispensateur de savoir et explique les connaissances essentielles au domaine. Il laisse ensuite les étudiants jouer complètement leur rôle respectif de superviseur et d'évaluateur et n'intervient qu'en cas de problème.</li> <li>- L'enseignant a un rôle traditionnel de fournisseur de connaissance. Il explique les connaissances essentielles pour la première étape, ainsi que pour la seconde. Dans la première méthode, il intervient rarement, pour surmonter une situation critique par exemple. De même, au moment de la seconde méthode, il a laissé aux étudiants jouer pleinement leur rôle de superviseur et d'évaluateur, et n'intervient que lorsque des problèmes surgissent.</li> <li>- Le premier étudiant qui joue le rôle de superviseur procède d'abord à une décomposition de la tâche pour atteindre un but qu'il a lui-même fixé. Ce but est censé être représentatif de l'utilisation du site WEB. Il remplit ensuite une première fiche de « Préparation à l'évaluation » et notamment la séquence d'actions qu'il soumet progressivement (c.-à-d. action par action) à l'évaluateur. Une fois la première action évaluée, l'évaluateur passe à la seconde et ainsi de suite. Le premier étudiant supervise ainsi l'action de l'évaluateur et le cas échéant, répond à ses questions et intervenir éventuellement en cas de blocage, mais également pour critiquer l'utilisation de la méthode lors de la rédaction du compte-rendu, qui se fait en binôme.</li> <li>- Le second étudiant joue le rôle de l'utilisateur et assume donc la tâche d'évaluateur. Il applique la séquence d'actions transmise par le superviseur. Pour cela, il remplit la fiche 2 « d'évaluation ». Pour chaque action demandée par le superviseur, l'évaluateur doit noter la tâche demandée (par exemple « réserver un billet de train »). Il doit également noter l'action (par exemple : action 1 « taper voyage-sncf.com »). Il doit ensuite évaluer cette action en respectant, obligatoirement, les trois étapes suivantes : (1) avant l'action, il doit imaginer son but et le noter sur la fiche 2 ; (2) pendant l'action, il consulte la page et il répond aux questions posées (cf. fig 7) ; (3) après l'action, il répond aux dernières questions de l'évaluation. Il doit ainsi remplir autant de fiches d'évaluation que d'actions proposées par le superviseur. Pour chaque action, il répond aux questions proposées par la méthode CW sur la feuille d'évaluation. Dès qu'il rencontre un problème, il remplit une troisième fiche « description du problème » qui est censée donner la solution au problème en termes d'aménagement ergonomique.</li> </ul>
<p>Principe 2 : Introduire des mini-projets pédagogiques guidés par un apprentissage coopératif</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le point central du module est un mini-projet faisant partie du processus d'acquisition de connaissances pour simuler les rôles respectifs des acteurs dans le processus d'évaluation. Celui-ci devait être réalisé par un binôme d'étudiants durant deux séances de trois heures. Ensuite, chaque binôme passe la semaine à travailler pour rédiger le rapport de l'évaluation ergonomique et critiquer la méthode utilisée.</li> <li>- Les règles pédagogiques sont précisées dès le début du module par l'enseignant, mentionnant explicitement l'apprentissage coopératif démarrant à partir du mini-projet.</li> </ul>
<p>Principe 3 : Alternier le travail individuel et le travail collectif</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaque étudiant devait d'abord se concentrer de façon individuelle sur les connaissances du domaine.</li> <li>- Ensuite, chaque étudiant devait évaluer une interface à l'aide des chek-lists et des questionnaires ergonomiques classiques durant une séance de trois heures et fournir un compte rendu à l'enseignant. L'objectif de cette séance est de constater les limites de ces méthodes basées essentiellement sur l'application des normes et des standards.</li> <li>- Enfin et durant une séance de trois heures, chaque étudiant devait jouer à tour de</li> </ul>

	<p>rôle l'activité du superviseur et de l'évaluateur en utilisant la méthode CW et en exécutant la même tâche sur deux sites WEB différents et en travaillant collectivement avec son binôme.</p> <p>- Chaque binôme était noté de façon collective afin de mettre l'accent sur la responsabilité partagée du groupe utilisant la méthode CW.</p>
Principe 4 : Favoriser la compréhension partagée des activités proposées aux apprenants	<p>- Un polycopié donnant une description détaillée du travail demandé et la démarche à suivre pour chaque membre du binôme a été fourni dès le début du mini-projet. De même, toutes les fiches d'évaluation et des problèmes ont été mises à disposition de tous les étudiants.</p> <p>- Les règles ont été expliquées oralement dès le début du module à l'ensemble des étudiants.</p> <p>- L'enseignant veillait à ce que le travail aille dans le sens attendu, et qu'il n'y ait pas de problème de compréhension lié aux objectifs et à la production attendue.</p>
Principe 5 : Soutenir la pédagogie par l'utilisation des TIC	<p>- Internet servait de support pour réaliser le travail. D'autres outils informatiques ont été utilisés pour la rédaction des rapports et la présentation des propositions et des aménagements ergonomiques (dessins, pages-écrans, photos, etc.).</p> <p>- Pour le suivi, L'Espace Numérique de Travail (ENT) de l'université a été utilisé par les étudiants et l'enseignant pour la communication et le rendu des rapports.</p>
Principe 6 : Evaluer régulièrement les connaissances acquises par les apprenants	<p>- Lors du mini-projet, l'état d'avancement était régulièrement estimé par l'enseignant (conduisant essentiellement à d'éventuelles recommandations orales).</p> <p>- En fin de mini-projet, les étudiants étaient amenés à rendre un rapport présentant le travail effectué qui sera noté par l'enseignant.</p> <p>- A l'issue du module, un examen était également organisé. La note de l'examen prenait en compte pour un pourcentage de 30 % la note obtenue suite au mini-projet.</p>
Principe 7 : Analyser le processus d'enseignement	<p>- Une critique (avantages et inconvénients) de la démarche utilisée était demandée formellement aux étudiants dans le rapport pour faire évoluer positivement la méthode.</p> <p>- Un retour d'information, à l'aide d'un questionnaire détaillé, est aussi demandé aux étudiants en fin de module.</p>

### 1.4.3 Scénarisation du module final

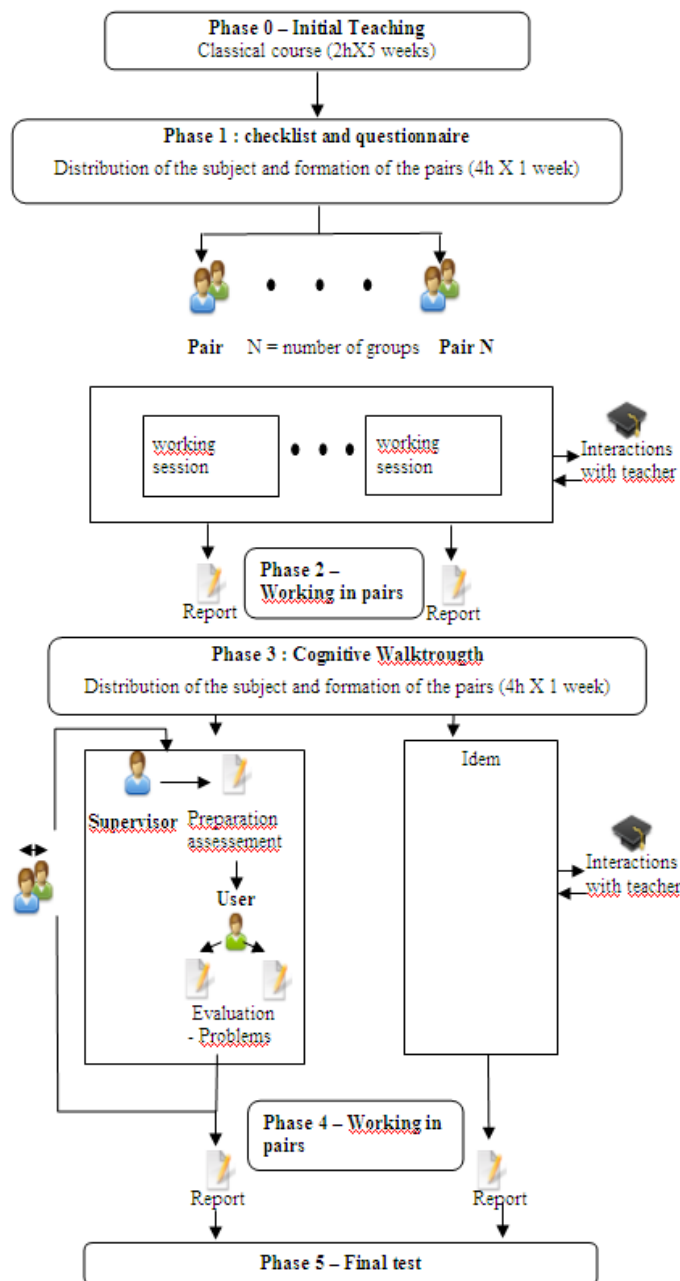
En application des principes fondateurs, nous avons proposé dans le module « Conception et évaluation des systèmes interactifs » une scénarisation centrée sur un mini-projet par binômes d'étudiants utilisant notamment la méthode Cognitive Walkthrough (CW). Ce mini-projet s'appuyait sur le jeu de rôle de CW (superviseur, évaluateur), les principales phases de l'apprentissage étaient les suivantes : (a) description du module et de la pédagogie suivie, (b) cours théorique présentant les connaissances du domaine, (c) évaluer une interface à l'aide des check-lists et des questionnaires ergonomiques classiques (d) réalisation d'un mini-projet utilisation de la méthode Cognitive Walkthrough (CW) avec objectif d'une production d'un rapport papier de spécification d'IHM et d'une critique de la méthode CW (e) examen final portant sur le module.

Rappelons que CW a pour but de simuler le cheminement cognitif de l'utilisateur lors de son parcours d'une interface WEB. La méthode CW se déroule en deux phases : lors de la phase de préparation, pour chaque tâche, l'évaluateur décrit l'état initial de l'interface, la séquence d'actions utilisées pour réaliser la tâche, et les buts initiaux de l'utilisateur ; lors de la phase d'évaluation : il analyse en profondeur l'interaction entre l'utilisateur et l'interface, les points du formulaire à remplir par l'évaluateur devant permettre de vérifier les erreurs possibles du modèle de fonctionnement de l'exploration.

Même si cette approche de simulation présente quelques difficultés (décomposition des tâches, se mettre à la place d'un utilisateur représentatif, variabilité du temps de l'évaluation, biais dû au fait que l'évaluateur est surveillé par le superviseur..., elle permet aux étudiants de se rendre compte (1) de l'importance d'évaluer et d'améliorer les systèmes interactifs mis à la disposition des utilisateurs dans les situations professionnelles, (2) de la

difficulté de mise en œuvre de démarches d'évaluation permettant d'obtenir des résultats significatifs et utiles (3) de mettre en exercice et de développer ainsi des savoirs et savoir-faire inhérents à une activité d'évaluation et s'éloigner ainsi des démarches qui se limitent à l'application des normes et des standards.

La figure 6 présente les grandes lignes de cette scénarisation.



**Fig. 6 – Principes de scénarisation du module 3**

La figure 7 présente les trois fiches utilisées pour l'évaluation. Soulignons que lors de l'examen final dans le module, la note prenait en compte pour 30 % les résultats obtenus lors du mini-projet d'évaluation.

Fiche 1 « Préparation à l'évaluation »	Fiche 2 « Evaluation »	Fiche 3 « Description de problème »
<b>Produit :</b> <b>Tâche :</b> <b>Evaluateur :</b> <b>Date :</b> <b>Description du produit :</b> <b>Description de la tâche :</b> <b>Séquence d'actions :</b> 1. Cliquer sur... 2. Fournir valeur de... ... n. Retourner à...	<b>Tâche :</b> <b>Action :</b> <b>1. Avant l'action (but à atteindre)</b> 1.1. Quelle action devez-vous effectuer ? ( <i>quel est le but approprié ?</i> ) <b>2. Pendant l'action</b> 2.1. L'action à réaliser est-elle une proposition évidente ? 2.2. Y a-t-il d'autres propositions visibles qui, selon vous, permettent et/ou suggèrent de réaliser cette action ? 2.3. Le label ou la description associés à l'action demandée sont-ils explicites ? <b>3. Après l'action</b> 3.1. Considérant que l'action correcte a été faite, quelle est la réponse du système ? 3.2. Remarquez-vous que vous avez progressé en direction de l'action demandée ? Qu'est-ce qui vous l'indique ? 3.3. Si l'action à réaliser ne vous semble pas atteinte, quelles sont les indications qui vous le montrent ? 3.4. La réponse du système contient-elle un libellé ou un indice qui suggère une ou des nouvelles actions à entreprendre ? Dans ce cas, décrire cette(ces) action(s).	<b>Problème N° :</b> <b>Type de problème :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Description brève du problème :</li> <li>Comment avez-vous trouvé ce problème ?</li> <li>Les utilisateurs vont-ils rencontrer ce problème ?</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quelle est la gravité du problème ?</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comment avez-vous jugé la sévérité du problème ?</li> <li>Faites vos propositions pour pallier ce problème (vous pouvez aussi faire d'autres commentaires ou suggestions).</li> </ul> <p style="text-align: right;">(b)</p>
		(a)

Figure 7 : les fiches de l'évaluation

## 5. Évaluation du cadre d'évolution proposé

### Questions de recherche

Dans la section précédente nous avons présenté l'application de notre cadre d'évolution dans trois cas d'étude. Dans cette section nous nous intéressons à son évaluation. La première question qui se pose concerne sa cohérence. Est-ce un ensemble de préconisations indépendantes ou forment-elles un tout applicable, certes à des niveaux différents, mais en totalité ? La deuxième question concerne la poursuite des objectifs initiaux. L'application du cadre d'évolution favorise-t-elle la professionnalisation des étudiants, en particulier vis-à-vis des enseignements donnés sans évolution pédagogique ? La troisième question concerne l'impact des TIC. L'application du cadre d'évolution favorise-t-elle l'utilisation des TIC chez les étudiants ? La quatrième question concerne son impact vis-à-vis des enseignements. Son application a-t-elle un impact significatif sur le métier de l'enseignant et sur les connaissances dispensées ? La cinquième question permet de savoir si l'application du framework a un impact sur les interactions étudiants et les acquis pédagogiques ?

### Conception de l'étude

La définition de notre cadre d'évolution s'est faite progressivement sur dix ans de pratiques d'enseignements. Pour cette évaluation, nous nous basons sur les résultats les plus aboutis, ceux de l'année universitaire 2009-2010. Le premier cas d'étude concernait 17 étudiants pour un module de 25 heures d'enseignements, le second 21 étudiants pour un module de 18 heures d'enseignements et le dernier 13 étudiants pour un module de 18 heures d'enseignements. Les résultats présentés ont été établis sur la base d'observations lors des séances, d'entretiens informels avec les étudiants, des livrables produits au cours des séances, de questionnaires auprès des étudiants et des enseignants et des résultats aux examens. Pour des raisons d'éthiques nous n'avons pu employer de groupe témoin. Près de dix ans d'étude avaient montré intuitivement la pertinence du cadre proposé. Les étudiants qui auraient été formés sans application du cadre d'évolution auraient été désavantagés. Lorsque nous faisons des comparaisons avec des enseignements, il s'agit donc d'estimations basées sur d'autres enseignements des mêmes enseignants.

### Introduction des principes dans les 3 cas d'étude



Le premier principe a été fortement appliqué dans les 3 cas d'étude. A travers ces 3 cas, 6 rôles ont été mis en œuvre : l'équipe, l'étudiant, l'enseignant-facilitateur, l'enseignant-magistral, l'enseignant-évaluateur et la communauté Internet (cas 1 principalement). Le rôle de l'enseignant-magistral a évolué. Dans le premier cas, il a été tenu en fin de module et a représenté 10% du temps. Dans les deux et troisième cas, il a été tenu en début de module pour initier le processus et a représenté respectivement 50 % et 45% du temps. Une difficulté du rôle d'enseignant est alors de savoir distinguer les deux rôles afin de rester le référent académique des savoirs et aider les apprenants à respecter leurs rôles. Les apprenants ont joué deux rôles : l'un individuel : en tant qu'apprenant ; l'autre collectif : en tant que membre d'une équipe. Dans les cas 2 et 3, le rôle individuel n'est pas aussi explicitement cadré comme dans le cas 1. C'est alors au facilitateur à en garantir l'existence.

Le deuxième principe, mini-projets avec apprentissage coopératif, a été à la base de chacun des 3 cas d'étude. Il prend des formes très variées selon le cas d'étude considéré. Le cas 1 établit une véritable mini gestion de projet. Le cas 2 est axé sur le travail d'équipe avec une part individuelle réelle mais dont l'intensité est laissée au soin de l'enseignant-facilitateur lors de ses interactions avec les apprenants. Le cas 3 est un travail en binôme. Ce principe n'est pas facile à bien gérer, la plupart des équipes reconnaissent que le temps alloué a été insuffisant. En effet, le travail en équipe, s'il permet des apprentissages inaccessibles à un individu seul, notamment dans les compétences de haut niveau, il demande plus de temps. De plus, même dans le cas 1, les techniques strictes de "mode projet" ont été finalement peu appliquées par les équipes qui ont produit un travail collectif mais sans mettre en priorité les aspects projets tels que la vérification, la validation et la planification. Nous analysons cette situation par les choix pédagogiques faits dans l'application des principes. A l'occasion d'autres enseignements, nous avons mis en place une véritable gestion de projets avec délivrance des traditionnels livrables de la gestion de projet.

Le troisième principe, alternance travail collectif / travail individuel, a été bien appliqué. A travers les 3 cas, cette alternance a été réalisée de manière fort différente. Dans le cas 1, elle est explicitement programmée (cf. fig. 4). Dans le cas 2, c'est l'enseignant qui en est le garant à travers ses interactions fréquentes lors des working sessions (Fig. 5) et évidemment lors de l'évaluation finale. Dans le cas 3, elle est intimement liée à la technique mise en place lors de la phase 2 (cf. Fig 6). De plus, entre les séances, les enseignants incitent à travailler soit en équipe (cas 1 et 2), soit individuellement (cas 3). Cette alternance a été ressentie comme pertinente par les étudiants. Elle donne un temps à l'apprenant pour mieux comprendre : (1) ce qu'on attend de lui ; (2) les connaissances à acquérir. De plus, elle constitue pour eux un nouveau mode d'apprentissage.

Le quatrième principe, favoriser la compréhension partagée des activités, a été réalisé par trois moyens complémentaires à travers les 3 cas d'étude. D'abord à travers les échanges entre apprenants lors des sessions de travail collectifs (cas 1 et 2). Ces échanges favorisent une compréhension partagée. Ensuite par la distribution et l'étude de photocopiés (cas 1 et 3) expliquant les tenants et aboutissants de la pédagogie. Enfin par les interactions soutenues avec l'enseignant (cas 2 et 3). Ce principe est essentiel pour éviter une mauvaise compréhension et un échec de la pédagogie. Il a été mis en place par des moyens différents dans les cas d'étude.

Le cinquième principe, soutenir la pédagogie par l'utilisation des TIC, a été naturellement et richement appliqué à travers les 3 cas d'étude (éditeur de présentation assistée par ordinateur, site web, jeu pédagogiques, outils professionnels d'édition d'IHM, etc.). Les 3 cas d'études étant dans des domaines d'enseignement technologique, cela a facilité l'application de ce principe, mais ce n'est pas l'essentiel. Les outils technologiques ont donné un cadre de

production commun et favorisé la construction d'équipe (cas 1 et 2) et la participation. Ils ont donné l'opportunité d'échanges supplémentaires entre apprenants et entre apprenants-enseignant. Ces outils, le plus souvent graphiques, ont permis en concrétisant certains aspects des connaissances à acquérir de les rendre plus accessibles. Ils ont favorisé des réalisations de qualité professionnelles.

Il est à noter que le cas 1 a largement utilisé une plateforme de e-learning (Moodle) alors que des outils légers et simples à mettre en place (cas 2 et 3) ont suffi à soutenir efficacement la pédagogie.

Le sixième principe, l'évaluation régulière des connaissances, a été appliqué dans les 3 cas d'étude. Cette évaluation régulière s'est faite à travers l'évaluation des productions, les présentations orales des travaux, l'évaluation finale et d'une manière plus informelle à travers les interactions entre l'apprenant et l'enseignant-facilitateur (cas 2). Le contenu disciplinaire limité des modules (cas 1 et 3) permet d'enchaîner plusieurs mini-projets avec chacun une évaluation finale donc une évaluation régulière.

Le septième principe, l'analyse du processus d'enseignement, a été favorisé par les interactions fréquentes entre apprenants-enseignant. De plus des entretiens informels ou des questionnaires (cas 1 et 3) ont été mis en œuvre. Cette analyse régulière du processus d'enseignement a semblé importante aux enseignants. Certes elle vient introduire un biais dans l'évaluation de notre proposition par le fait connu que lorsqu'une attention particulière est mise en place en direction des étudiants, ceux-ci deviennent plus performants. Mais cette analyse est difficile à éviter si on veut valider la pédagogie et orienter son amélioration.

L'analyse ci-dessus montre que dans les trois cas d'études, les 7 principes ont été mis en œuvre. Le cadre proposé est complet. Il permet de prendre en compte toutes les facettes des 3 cas d'études et à aider à encadrer l'élaboration des scénarios.

### **Amélioration des pratiques professionnelles chez les étudiants**

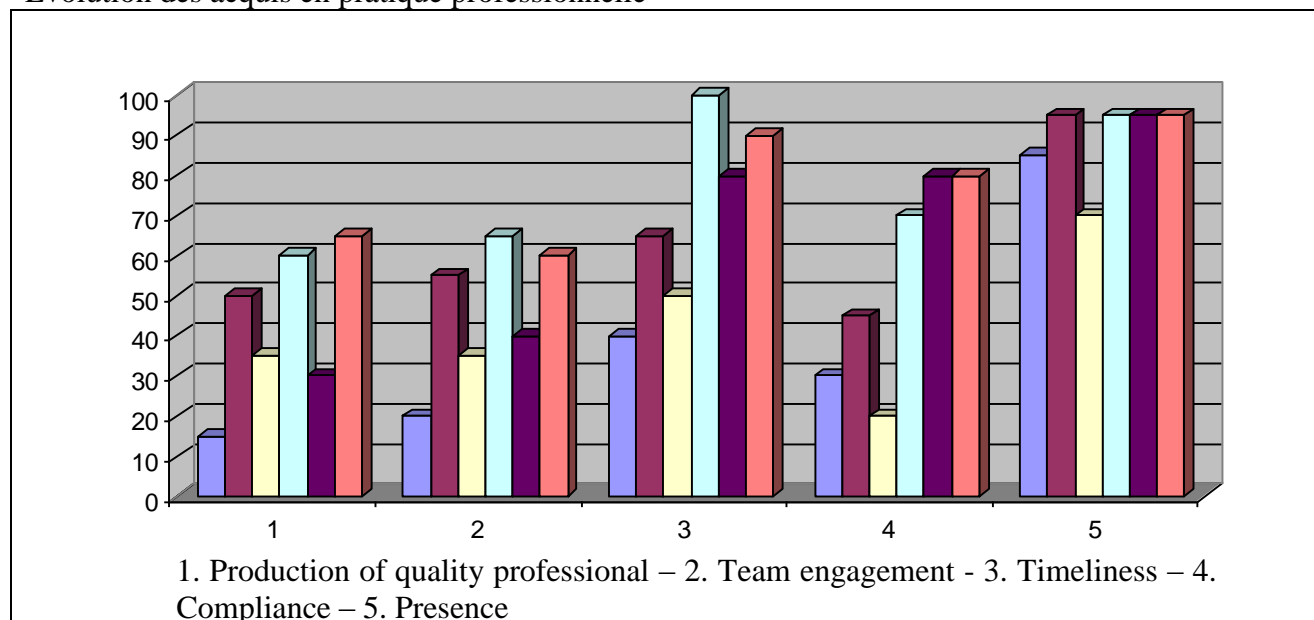
Nous avons sélectionné 5 pratiques professionnelles. Nous avons noté leurs apparitions au cours des séances d'enseignements. Il est raisonnable de penser qu'elles auront tendance à être reproduites de la même manière au-delà de ces séances, lors des interventions en entreprise :

1. *Les étudiants produisent-ils plus de productions de qualité professionnelle.* A chaque production demandée, un certain nombre de critères étaient associés. Ces critères pouvaient dépendre de la nature de la production. S'il s'agissait d'un rapport d'étude, les critères pouvaient inclure le respect d'une norme documentaire professionnelle. S'il s'agissait d'un exercice de reformulation de concepts par la production d'une affiche, les critères pouvaient inclure la lisibilité, l'esthétique (couleur, forme : texte-schéma-dessin-photo, cohérence), l'efficacité visuelle, efficacité pédagogique de l'affiche. Les notes sont reportées sur 100.
2. *Les étudiants sont-ils plus impliqués dans un travail d'équipe.* Il s'agit du pourcentage du temps passés à pratiquer effectivement, lors des séances, un travail collectif.
3. *Les étudiants respectent-t-ils les délais dans leurs rendus de travaux.* Les chiffres s'expriment en pourcentage de travaux rendus dans les délais fixés.
4. *Les étudiants respectent-t-ils plus les règles et procédures fixées (hors respect des délais).* Par exemple, préparent-t-ils les séances de TD quand cela leur est demandé ? Les notes sont reportées sur 100.
5. *Les étudiants sont-t-ils plus présents (hors absences justifiées comme la maladie par exemple).* Il s'agit du taux de présence exprimée en pourcentage.

La table 4 montre, pour chacun des 5 critères sélectionnés, les évolutions constatées. Les séries impaires représentent les enseignements traditionnels sans application du cadre proposé. Les séries paires représentent les enseignements avec application du cadre proposé.

**Table 4**

Évolution des acquis en pratique professionnelle



Comparaison pour chacune des 5 qualités retenues des points acquis avant et après l'application du cadre d'évolution.

Les 3 cas d'étude montrent l'impact positif de l'application du framework pour chacun des 5 critères observés. Les résultats obtenus peuvent varier légèrement d'un cas d'étude à l'autre mais reste globalement assez identique. Ainsi une progression nette a été observée sur les 3 premiers critères choisis. Par exemple le rendu de production professionnelle est passé de 15, 35 et 30 points sur 100 à respectivement 50, 60 et 65. L'engagement dans le travail d'équipe est passé de 20, 35 et 40 à respectivement 55, 65 et 60. Les deux derniers critères ont connu une amélioration moins nette notamment pour les cas 1 et 3 qui ont augmenté seulement de 15 et 0 pour le critère 4 et de 10 et 0 pour le critère 5. Mais ils étaient déjà élevés sans l'application du framework.

### Nécessité de l'usage des TIC

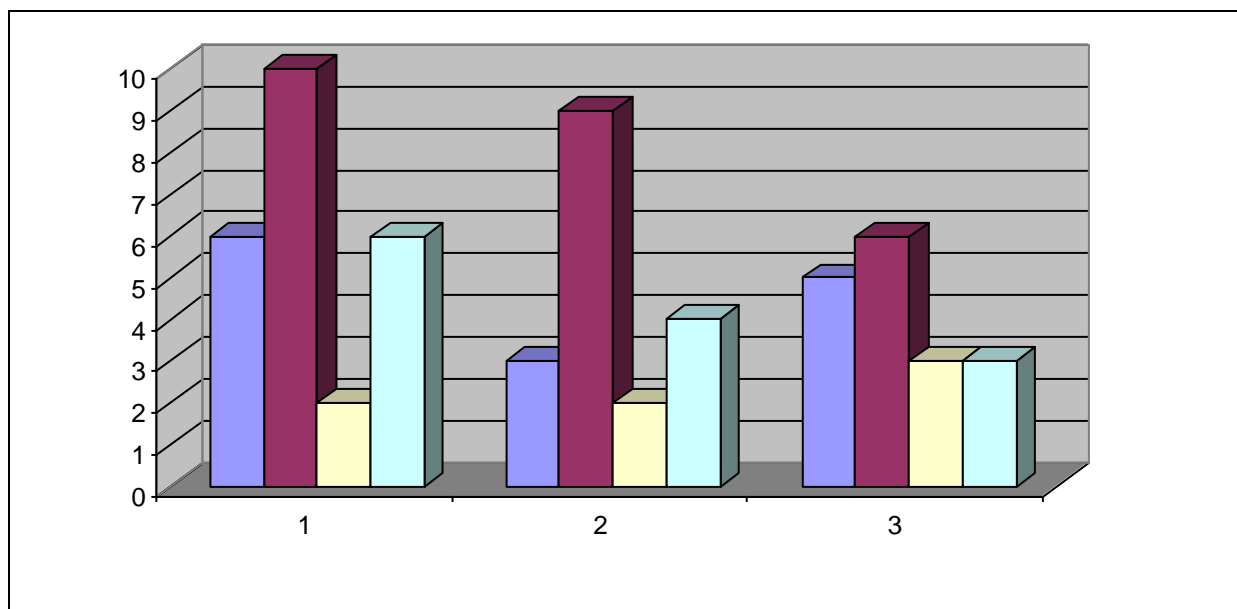
Dans ce paragraphe nous focalisons sur l'impact des TIC dans l'application du cadre. La maîtrise des TIC devient un pré requis pour l'insertion professionnelle. Nous essayons d'évaluer l'utilisation des TIC et la dépendance de l'application du cadre vis-à-vis des TIC. Nous avons classé les TIC utilisés en deux catégories :

- *Les outils qui sont apparus comme facultatifs.* Par exemple la diffusion des instructions de l'enseignant peut être aussi bien faite par un dépôt électronique de documents que par distribution de photocopies de cours papier, certes plus coûteux et moins pratiques, mais remplissant la fonction attendue.
- *Les outils indispensables vis-à-vis des activités pédagogiques, qu'ils soient individuels ou collectifs.* Par exemple, il est difficile de remplacer un outil professionnel de conception d'IHM ou encore une base de données de partage de documents pour un travail collectif. Pour évaluer cette dépendance, nous avons comptabilisé d'une part le total des outils différents TIC utilisés et d'autre part le total des outils indispensables. Les chiffres ont été calculés d'après les scénarios mis en place. Les résultats sont regroupés dans le graphique de la table 5.

**Table 5**

Évolution de l'importance des TIC

--



Pour chacun des 3 cas d'études : nombre d'outils TIC a) utilisés sans puis avec l'application du cadre b) indispensables sans puis avec l'application du cadre.

De nombreux outils étaient utilisés : messagerie, traitement de texte, tableur, messagerie, etc. Dans ces filières technologiques l'utilisation des TIC ne posait pas de problèmes, tous les étudiants étaient habitués à leurs usages. Le critère d'utilisabilité n'a pas été étudié car il ne posait pas de problème. Cependant l'utilisation du framework a induit une augmentation du nombre d'outils TIC utilisés. Le nombre d'outils utilisés est passé respectivement pour les 3 cas d'étude de 6 à 10, de 3 à 9 et de 5 à 6 outils. Cependant l'utilisation du framework a rendu la pédagogie plus dépendante des technologies, au moins pour les deux premiers scénarios. Certes sans l'application du framework, les 3 modules nécessitaient des outils TIC mais en petits nombre et seulement pour les séances de travaux pratiques. L'utilisation du framework a étendu leur nécessité à la plupart des temps de séances en face à face et, a, pour les deux premiers cas, fait augmenter le nombre d'outils indispensables, respectivement de 2 à 6 et de 2 à 4 (pour le troisième, il est resté stable).

### Impact sur le métier d'enseignant

Dans ce paragraphe nous étudions l'impact de l'application du cadre sur l'enseignement. D'abord du point de vue du travail de l'enseignant. Les questions posées aux enseignants utilisent, pour chacune des six questions, une échelle de Likert sous la forme : 1. Plus sans la méthode ; 2. Plutôt plus sans la méthode ; 3. Équivalent ; 4. Plutôt plus sans la méthode et 5. Plus sans la méthode. Vis-à-vis du travail de l'enseignement le questionnaire comportait les six questions suivantes :

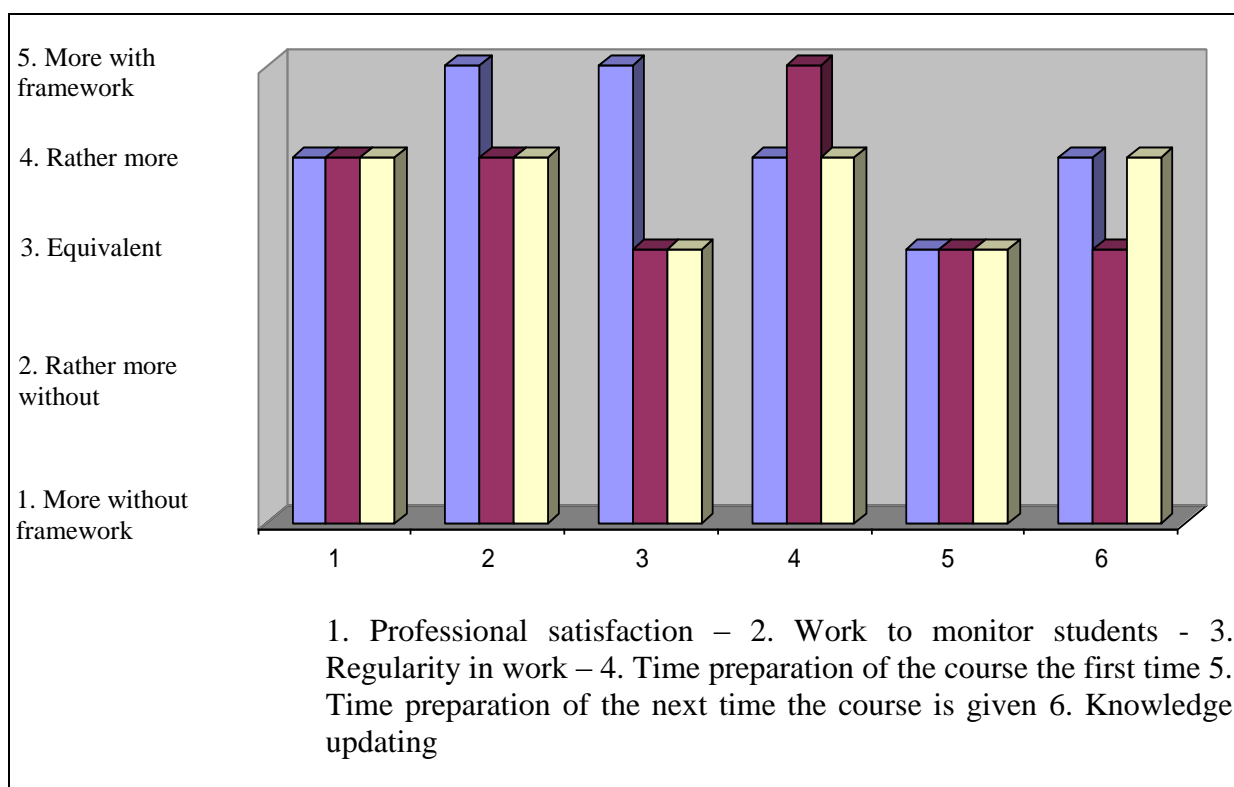
1. *Satisfaction sous l'angle professionnel.*
2. *Quantité de travail à fournir pour le suivi des étudiants.*
3. *Nécessité d'une plus grande régularité dans le travail.*
4. *Nécessité d'un travail de préparation plus important la première fois.*
5. *Nécessité d'un travail de préparation plus important les années suivantes.*
6. *Possibilité pour l'enseignant de tenir à jour ses connaissances.*

Les résultats sont regroupés dans le graphique de la table 6.

**Table 6**

Évolution du métier de l'enseignant

--



Pour chacun des 6 critères retenus : évolution du métier de l'enseignant dans chacun des 3 cas d'études

Les trois cas d'étude montrent que l'application du framework induit une évolution sensible du métier de l'enseignement. Les enseignants concernés s'accordent à montrer une augmentation de leurs satisfactions (pluriel ?) sous l'angle professionnel. Cette évolution positive a cependant une contrepartie dans le temps passé à suivre les étudiants, la régularité et le temps de préparation au moins lorsque le cours est donné la première fois. Il est à noter que l'utilisation du framework donne aussi plus d'occasion à l'enseignant de mettre à jour ses connaissances. Notre analyse est que l'évolution du nombre d'interactions étudiant/enseignant, figure 7, est enrichissante non seulement pour les étudiants mais aussi pour les enseignants.

### **Impact sur les interactions et acquis des étudiants**

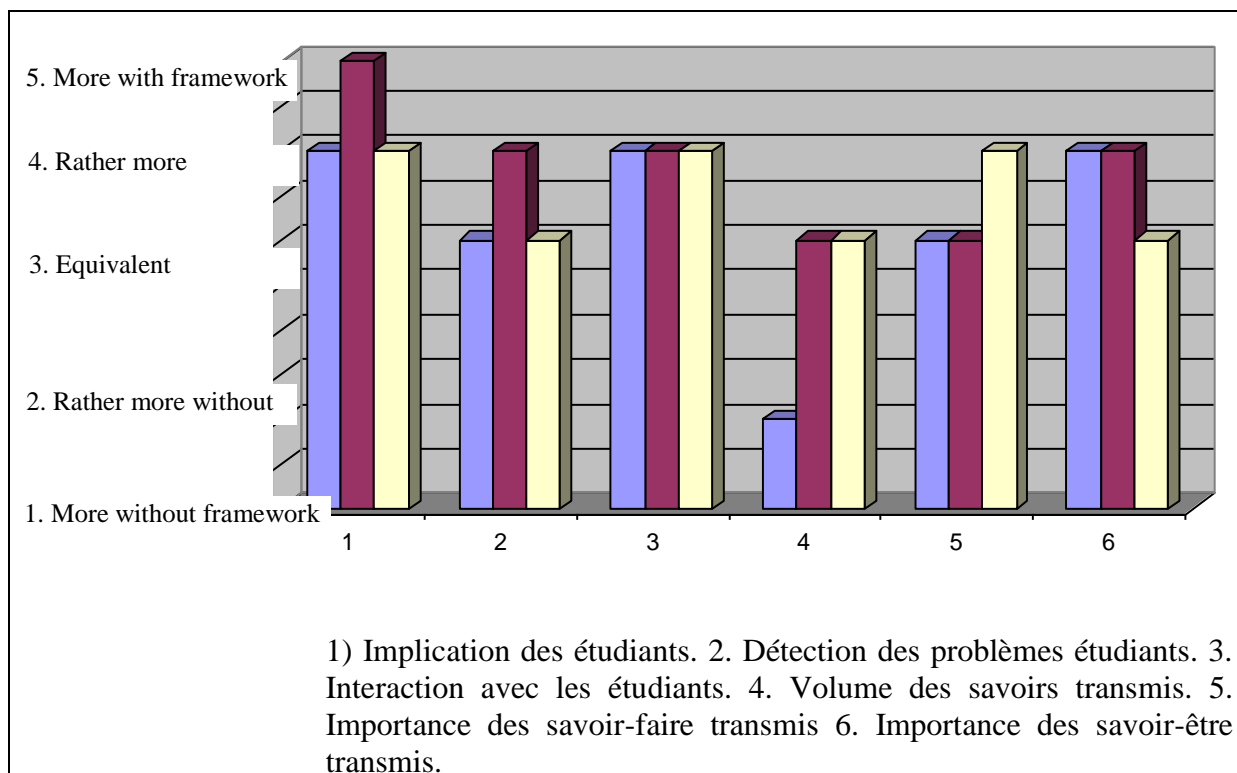
Dans ce paragraphe nous étudions l'impact sur les interactions et les acquis des étudiants. Les questions posées aux enseignants utilisent la même échelle de Likert que précédemment Les questions posées étaient les suivantes :

1. *Implication des étudiants.*
2. *Détection des problèmes étudiants.*
3. *Interaction avec les étudiants.*
4. *Volume des savoirs transmis.*
5. *Importance des savoir-faire transmis.*
6. *Importance des savoir-être transmis.*

Les résultats sont regroupés dans le graphique de la table 7.

### **Table 7**

Évolution des interactions et des acquis des étudiants



Pour chacun des 6 critères retenus : évolution du métier des acquis des étudiants dans chacun des 3 cas d'études

L'utilisation du framework a montré une amélioration des interactions et de la participation des étudiants avec une relation enseignant/étudiant qui favorise la détection des problèmes pédagogiques. Globalement il y a une stabilité des acquis de savoir et de savoir-faire (skills) et une augmentation des acquis en savoir-être (attitude). La baisse des acquis des connaissances pour le cas 1 est circonstancielle. Elle a été analysée comme une difficulté à maîtriser les nouveautés spécifiques introduites dans le contenu à traiter.

## 6. Discussion

Notre étude et nos pratiques montrent plusieurs points intéressants d'une part pour favoriser l'application de notre framework et d'autre part pour en améliorer l'efficacité pédagogique. Dans cette partie nous discutons d'une série de réflexions pour d'une part aider d'autres enseignants de l'enseignement supérieur à faire évoluer leur enseignement et d'autre part pour favoriser son efficacité. Ensuite, nous résumons les principaux apports pédagogiques constatés. Ce constat est basé sur le ressenti des apprenants et des enseignants. Il a été établi d'une manière empirique à base d'observations lors des séances, d'entretiens informels avec les étudiants, des résultats aux examens et de différents questionnaires remplis par les apprenants). Nous terminons par les pistes d'améliorations possibles.

### Application du framework

La première réflexion concerne la place jouée par les outils TIC. Leur introduction rend pleinement possible la réalisation du premier principe. A travers les possibilités qu'ils offrent, ils permettent de définir de nouveaux acteurs, leurs rôles et d'en favoriser leurs outillages. Les outils TIC soutiennent les activités du trèfle d'Ellis [...]ref, communication, collaboration et production. Par là ils favorisent le soutien des activités des mini-projets. Chacune de ces fonctions du trèfle peuvent être aussi appliquées indépendamment pour améliorer l'application des autres principes.

La deuxième réflexion concerne la mise en place technique des outils TIC. Ces outils n'ont pas besoin d'être innovants : traitement de texte, messagerie, tableur, présentation assistée par ordinateur, blogs, etc. Cela rend l'utilisation du framework accessible à de nombreux profils enseignants. Les étudiants possèdent de plus en plus d'ordinateurs portables et les universités offrent quasiment toutes des accès Wifi à l'Internet. Il sera de plus en plus possible et demandé de mettre en place des pédagogies nouvelles. Notre proposition, en fournissant un cadre souple mais complet, sera un guide facilement accessible et fédérateur pour aider les enseignants à faire évoluer progressivement leurs enseignements. Bien entendu l'utilisation d'une plateforme de e-learning comme Moodle, Blackboard, Claroline, etc., même si elle nécessite au départ un investissement important de la part des enseignants, autorise des scénarios plus riches et décharge de tâches fastidieuses de suivi. Là encore toutes les universités en proposent et fournissent des formations à leurs enseignants.

La troisième réflexion concerne les mini-projets. Nous avons constaté que lorsque les projets sont trop petits, ils peuvent avoir un effet négatif. D'une part les étudiants ne les considèrent pas comme des projets mais comme des exercices, et d'autre part ils n'ont pas le temps de déployer tous les scénarios prévus et les acquis sont souvent insuffisants.

La quatrième réflexion concerne la maîtrise des savoirs par l'enseignant. Elle reste centrale. Dans les cas d'étude 2 et 3, où ces savoirs étaient bien maîtrisés par les enseignants, la figure 4 montre qu'il y a eu équivalence entre l'enseignement sans et avec utilisation du framework. Dans le cas d'étude 1, où une somme de nouveaux savoirs pour l'enseignant étaient introduits, il y a eu une moindre acquisition de savoirs. Notre analyse est que l'enseignant doit contrôler les savoirs pour encadrer les étudiants, ce soin ne peut être laissé aux seules ressources ou activités mises à disposition.

### **Apports pédagogiques**

L'analyse des ces 3 cas d'étude nous montre que l'application des 7 principes fournit un bon modèle pour expliquer les scénarios pédagogiques produits. L'application de ces scénarios riches a été systématiquement appréciée par les apprenants. L'absentéisme a été quasi-nul et l'implication a été forte tout au long de ces années de pratique (table 4). L'acquisition de compétences de haut niveau (analyse, synthèse et argumentation) a été améliorée (table 7). Les apprenants ont dû apprendre à travailler en équipe et donc communiquer, négocier, confronter leurs points de vue, etc. L'apprenant s'est senti plus responsable de son travail notamment par rapport à l'équipe et réciproquement il a obtenu de l'équipe une reconnaissance, ce qui a favorisé son implication et sa motivation. On a souvent observé une entraide entre apprenants ce qui a permis un meilleur apprentissage. Par exemple, certains apprenants se sont trouvés bloqués face à la compréhension d'un problème abstrait. L'aide de l'équipe a permis de passer le cap. En retour, cela a permis sa participation plus active dans les aspects concrets et un retour bénéfique sur les apprentissages des autres apprenants dans ce domaine. Les travaux fournis ont été souvent de qualité professionnelle (table 4). Le bénéfice des activités professionnelles pratiquées, comme la rédaction de comptes-rendus ou de rapports techniques, s'est retrouvé lors des stages de fin d'étude. De nombreux anciens apprenants en situation professionnelle ont souligné l'importance de faire supporter les apprentissages disciplinaires par des apprentissages de compétences. La place des connaissances disciplinaires étant souvent moins importante en situation professionnelle qu'à l'université.

Le mode d'évaluation a été quasi-unanimement apprécié tant pour sa forme, que pour sa pertinence à favoriser les apprentissages et sa capacité à refléter le niveau d'acquisition des étudiants. De plus nous avons observé que le dialogue constant, l'introduction pour une partie dans la notation du travail en séances permet de mieux faire accepter les notes des examens par les étudiants. Cependant, même s'il a été apprécié, une partie des apprenants et des

enseignants ont admis qu'il peut devenir lourd. Même s'il a demandé une part importante de travail et de disponibilité, le rôle de l'enseignant a été plus varié et plus motivant. Les enseignants ont pu pratiquer une pédagogie personnalisée, souple et adaptée aux différents profils des étudiants en personnalisant leurs conseils dans les différents projets.

Nous pouvons analyser l'apport de notre cadre d'évolution en liaison avec la taxonomie de Bloom [Bloom et al., 1956], [Anderson et al., 2001]. En effet, la table 7 nous montre que l'utilisation du framework préserve les deux premiers niveaux de cette taxonomie, *apprendre* et *comprendre* (critère 4). Il renforce le troisième niveau, *appliquer* (critère 5) et améliore l'acquisition des trois derniers niveaux, *analyser*, *synthétiser* et *créer* (critère 6). Bien que les chiffres le montrent insuffisamment, nous pouvons montrer à travers le ressenti des enseignants et surtout leurs constations sur les réalisations produites par les étudiants, que l'augmentation des acquis du dernier niveau, celui de la création, est sensible. Ceci nous amène à donc penser, et cela est confirmé par les retours de nos étudiants soit lors de leurs stages en entreprises, soit aux cours des interactions professionnelles ultérieures, que notre cadre d'évolution favorise l'acquisition de compétences, au sens détaillé en introduction, et répond aux problématiques des entreprises et de l'apprentissage des compétences professionnelles.

### **Piste d'améliorations**

Parmi les pistes d'améliorations envisagées nous en privilégierons deux. Le cadre proposé a été appliqué à plusieurs modules mais d'une manière individuelle. C'est-à-dire avec des apprenants différents. La pédagogie était nouvelle pour les apprenants. De ce fait, les apprentissages de compétences étaient conditionnés par l'apprentissage simultané de la pédagogie proposée. Cela a entraîné aussi un manque de recul par rapport à cette pédagogie et réduisait d'autant le temps consacré réellement à l'apprentissage des compétences. Nous proposons un effort de globalisation. C'est-à-dire d'appliquer notre cadre d'évolution pédagogique à plusieurs modules distincts de la formation. Il faudra alors fournir des aides pédagogiques aux enseignants et conforter la robustesse de notre modèle en 7 principes.

Une deuxième amélioration concerne l'assistance par les TIC. La technologie est essentielle, par ses capacités de diffusion, de communication, de partage, etc., et finalement par son don d'ubiquité. Elle permet de prolonger les apprentissages en dehors des murs de l'université et favorise les apprentissages notamment des compétences de haut niveau. Nous souhaitons étudier de plus près les extensions possibles de l'usage des TIC au sein des scénarios d'apprentissages. Il conviendra aussi d'en dégager les limites et les risques.

## **6. Conclusion**

Cet article a proposé un cadre permettant de faire évoluer les modules disciplinaires en vue de les enrichir par l'apprentissage de compétences professionnelles. Ce cadre est basé sur 7 principes. Nous avons montré ses liaisons avec les principaux courants psychopédagogiques : behaviorisme, cognitivisme, constructivisme et socio-constructivisme.

Nous l'avons appliqué à différents cas d'étude, dont les 3 décrits dans cet article, qui se sont déroulés pendant près de 10 ans dans deux universités françaises. Le premier cas dans le cadre d'un diplôme undergraduate destinés à des apprenants étudiant les réseaux informatiques. Le second et le troisième dans le cadre d'un diplôme graduate à des apprenants étudiant respectivement l'automatisation des systèmes industriels et l'ingénierie des systèmes images et sons.

Nous avons montré que malgré la diversité des pédagogies mises en place, le cadre d'évolution proposé permettait de guider les scénarios mis en place et pouvait servir de cadre d'évolution aux modules disciplinaires pour les faire évoluer positivement. Nous avons montré que les enseignements produits étaient adaptés pour favoriser la réduction de l'absentéisme, la participation des étudiants et l'entraide entre étudiants. Nous avons constaté que l'acquisition des connaissances des disciplinaires et des compétences professionnelles



étaient effectives. La pédagogie était dans son ensemble, y compris l'évaluation, appréciée par toutes les parties prenantes.

Dans leur futur, nous souhaitons étudier l'application de notre cadre à des disciplines moins techniques ; étudier l'impact de sa diffusion à l'ensemble des modules d'une formation et analyser plus avant l'impact de l'introduction des TIC.

### **Acknowledgements**

Ce travail de recherche a été partiellement financé par le Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie, la Région Nord-Pas de Calais et le FEDER (projets TAC MIAOU et EUCUE). Les auteurs remercient l'AFIHM pour avoir incité la communauté en IHM à se pencher sur la problématique de l'enseignement de l'IHM ces dernières années.

### **References** (rq : format provisoire)

- [Abet, 2000], Engineering Criteria 2000 Third Edition: Criteria for Accrediting Programs in Engineering in the United States. Published by the Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), Baltimore, Maryland.
- [Anderson & al., 2001], Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (eds.) (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- [Antibi, 2003], Antibi, A., La constante macabre ou comment a-t-on découragé des générations d'élèves, Math'Adore, France, 25 septembre 2003, 160 pages
- [Aronson et al., 1978], Aronson, E., Blaney, N., Stephan, C., Sikes, J., Snapp, M., *The jigsaw classroom*, Beverly hills, Calif. Sage publications.
- [Bardram, 1998] BARDRAM, J. E. (1998). Designing for the dynamics of cooperative work activities. In *Proceedings of The 1998 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, Seattle, Washington, USA. ACM Press.
- [Bertalanffy, 1976], Bertalanffy (von), Ludwig (1976). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. Publisher: George Braziller.
- [Besterfield-Sacre et al., 2000a], Besterfield-Sacre, M.; Shuman, L.J.; Wolfe, H.; Atman, C.J.; McGourty, J.; Miller, R.L.; Olds, B.M.; Rogers, G.M., 2000, *IEEE Transactions on Engineering Education*, Volume 43, Number 2, May 2000, Pages: 100-110.
- [Besterfield-Sacre and als, 2000b], Besterfield-Sacre, M.; Shuman, L.J.; Wolfe, H.; Atman, C.J.; McGourty, J.; Miller, R.L.; Olds, B.M.; Rogers, G.M., *Assessment methodologies and curricula innovations*, Available at [http://www.engrng.pitt.edu/~ec2000/ec2000\\_downloads.html](http://www.engrng.pitt.edu/~ec2000/ec2000_downloads.html). Last visited the 30<sup>th</sup> October 2009
- [Bloom & al., 1956], Bloom, B., Englehart, M. Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York, Toronto: Longmans, Green.
- [Bloom, 1971], Bloom, B.S., 1971. *Mastery Learning*, Editor J.H. Blode, Hoet, Rinehart and Winston, New York.
- [Boehm et al., 1984] Boehm B.W., Gray T.E., Seewaldt T. (1984). Prototyping versus specifying : a multiproject experiment. *IEEE transactions on Software Engineering*, 10 (3), pp. 290-303.
- [Bonnet, 2007], Bonnet, C., *Histoire de la psychologie scientifique, la psychologie cognitive*. Last visited the 19<sup>th</sup> october 2009 at <http://univr-cms.u-strasbg.fr/depotcel/DepotCel/142/cours%20histo/Histoire3.pdf>

- [Bruner, 1960], Bruner, J., S., 1960, *The Process of Education*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- [Carrol, 1963], Carrol, J., B., 1963, *A model of school learning*, Teachers college record, 64, 723-733, 1963.
- [Carroll et al., 1987], Carroll, J., B., Bloom, B. & Hunter, M., 1987. Notes from Benjamin Bloom lecture, ACSA. Available at <http://www.humboldt.edu/~tha1/mastery.html>. Last visited the 30th october 2009.
- [CCCEP, 2001] Communication from the Commission to the Council and the European Parliament: The e-Learning Action Plan, European Commission, (Mar. 2001), Nov. 2007 [Online]. Available: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2001/com2001\\_0172en01.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2001/com2001_0172en01.pdf)
- [Claroline, http], Claroline, Available at <http://www.claroline.net/index.php?lang=en>. Last visited the 28th October 2009.
- [Cole, 2009], Cole, M., Using Wiki technology to support student engagement: Lessons from the trenches, *Computers & education* 52 (2009), 141\_146.
- [Cooper and al, 1990], Cooper, J. L., Prescott, S., Cook, L., Smith, L., Mueck, R., & Cuseo, J. (1990). *Cooperative learning and college instruction: Effective use of student learning teams*. Long Beach: Institute for Teaching and Learning, California State University, 1990
- [Curricula-Vitae, http] Curriculae-vitae. Available at [fr.curricula-vitae.com/competences.html](http://fr.curricula-vitae.com/competences.html), visited the 9th july 2009.
- [Davis, 1993], Davis, B., G., 1993, *Tools for teaching*, Jossey-Bass Publishers: San Francisco, 1993
- [Dillenbourg et Tchounikine, 2007], Dillenbourg, P., Tchounikine, P., Flexibility in macroscripts for computersupported collaborative learning, *Journal of Computer Assisted Learning* 23, pp1–13.
- [Drira and al, 2007], Drira, R., Laroussi, M., Derycke, A., 2007, *A first investigation for reducing e-learning environment complexity by Multiscale*, in proceeding of IEEE of Computer, Information, and Systems sciences, and Engineering (CISSE), University of Bridgeport, USA 3-12 December 2007
- [Dublin, http], The Dublin Core MetaData Initiative, <http://dublincore.org>. Last visited the 16th march 2009.
- [Dumont, 1992], Dumont, B., 1992, The influence of organizational characteristics on education and learning, *Education and Computing*, Volume 8, Issues 1-2, June 1992, Pages 41-45
- [Eastman, Reisenwitz, 2006], Eastman, J., K., Reisenwitz, T., H., 2006, Dealing with student group project traumas: teaching students recognition responsibility, and resolution of group project problems, *Marketing education review*, summer 2006 (16), 9-21.
- [Gagne, 1965], Gagne, R. M. (1965). *The Conditions of Learning*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- [Gillies, 2004], Gillies, R. M., 2004, The effects of cooperative learning on junior high school students during small group learning, *Learning and Instruction* 14 (2004) 197–213.
- [Gokhale, 1995], Gokhale, A. (1995). Collaborative learning enhances critical thinking. *Journal of Technology Education*, 7(1), 22-30.

- [Gomez, Wu, Passerini, 2010], Gomez, E., A., Wu, D., Passerini, K., 2009, Computer-supported team-based learning: The impact of motivation, enjoyment and team contributions on learning outcomes, *Computers & Education* 55 (2010) 378–390
- [Gravestock, Mason, 2004], Gravestock, P., Mason O'Connor, K. (editors), *Learning and teaching in higher education*, issue 1, 2004-2005, University of Gloucestershire, available at <http://www2.glos.ac.uk/offload/tli/lets/lathe/issue1/issue1.pdf#page=124>, last visited the 16th april 2010, UK <http://www2.glos.ac.uk/offload/tli/lets/lathe/issue1/issue1.pdf#page=124>
- [Green, 2009], Green, C., D., 2009, *Classic in history of psychology*, Last visited the 14th october 2009 at <http://psychclassics.yor.ku.ca>.
- [Gunasekaran, McNeil, & Shaul, 2002], Gunasekaran, A., McNeil, R.D., & Shaul, D. (2002). *E-learning: research and applications*. *Industrial and Commercial Training*, 34 (2), 44-53.
- [Hoic-Bozic, Mornar & Boticki, 2009], N., Hoic-Bozic, V., Mornar et I., Boticki, *A Blended Learning Approach to Course Design and Implementation*, *IEEE Transaction on education*, Vol. 52, No. 1, February 2009 19.
- [Holbert, Karady, 2008], Holbert, K., E., Karady, G., G., 2008, Strategies, challenges and prospects for active learning in the computer-based classroom, *IEEE transactions on education*, vol. 52(1), p 31-38, February 2009.
- [Hot Potatoes, http], Free software, available at <http://hotpot.uvic.ca>. Last visited the 26th october 2009.
- [IMS-LD, 2003], *Learning Design* part 1, 2 and 3. <http://www.imsproject.org>, Last visited the 16<sup>th</sup> march 2009.
- [ISO/IEC 25000, 2005], *Software Product Quality Requirement and Evaluation*, accessible à [http://www.iso.org/iso/fr/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=35683](http://www.iso.org/iso/fr/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=35683)
- [Johnson & Johnson, 1980], Johnson, D.W. Johnson, R.T., *Integrating handicapped students into mainstream*. *Exceptional children*, 47, 90-98.
- [Katz, 1974], Katz, R., L., *Skills of an effective administrator*, *Harvard Business Review*, Vol. 51, 1974.
- [Kolski, 1997], Kolski, C., *Interfaces homme-machine, application aux systèmes industriels complexes* (2<sup>nd</sup> edition). Editions Hermès, Paris, 1997.
- [Kolski et al., 2004a] Kolski C., Sagar M., Loslever P. Spécification d'IHM dans les systèmes critiques : retour d'expérience sur une pratique en enseignement de l'IHM. *Proceedings of IHM 2004, International Conference Proceedings Series*, ACM Press, Namur, pp. 157-164, 2004.
- [Kolski et al., 2004b] Kolski C., Sagar M., Loslever P. Experiment based on participative ergonomics and performed as part of a supervision engineers' training course. E.F. Fallon, W. Karwowski (Ed.), *Proceedings HAAMAH'2004 "Human and Organisational Issues in the Digital Enterprise"* (25-27 August), 1, National University of Ireland, Galway, pp. 336-346, ISBN 0-9538974-2-7, 2004.
- [Kruse, 2009], Kruse, K., *Gagne's nine events of instruction: an introduction*, last visited the 25<sup>th</sup> October 2009 at [http://www.e-learningguru.com/articles/art3\\_3.htm](http://www.e-learningguru.com/articles/art3_3.htm).
- [Le Boterf, 2006], Le Boterf, G., 2006, *Ingénierie et évaluation des compétences*. Paris, Éditions d'organisation.

- [Looi and als., 2010], Looi, C., K., Chen, W., Ng, F., K., 2010, *Collaborative activities enabled by GroupScribbles (GS): An exploratory study of learning effectiveness*, Computers & education 54 (2010), 14-26.
- [LOM, 2002], LOM IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC), <http://ltsc.ieee.org/wg12>, Visited 26<sup>th</sup> july 2008
- [Mahatody et al., 2007], Mahatody, T., Sagar, M., Kolski, C., Cognitive Walkthrough for HCI evaluation: basic concepts, evolutions and variants, research issues. Proceedings EAM'07 European Annual Conference on Human-Decision Making and Manual Control, Technical University Of Danemark, Lyngby, 2007.
- [Mahatody et al., 2010], Mahatody, T., Sagar, M., Kolski, C., State of the Art on the Cognitive Walkthrough method, its variants and evolutions. International Journal of Human-Computer Interaction, in press, 2010.
- [Martinez et al., 2010], Martínez, F., Herrero, L., C. & Santiago de Pablo, Project-Based Learning and Rubrics in the Teaching of Power Supplies and Photovoltaic Electricity, IEEE Transactions on education, in press.
- [Mayo, 1945], Mayo, E., The social problems of industrial civilization. Boston: Harvard University, Graduate School of Business Administration, 1945.
- [Mc Clelland, 1973], McClelland, D.C. (1973). "Testing for competence rather than intelligence." American Psychologist. 28, pp. 1-14.
- [Michaelsen et al., 2002], Michaelsen, L., Fink, D., & Knight, A. (2002). Team-based learning: A transformative use of small groups in college teaching. Sterling, VA: Stylus Publishing. Quoted by [Gomez, Wu, Passerini, 2010].
- [Miller, Miller, 1999], Miller, S., M., Miller, K., L., Using Instructional Theory to Facilitate Communication in Web-based Courses, Journal of Educational Technology and Society 2(3), 106-114.
- [Moodle, http], Moodle. Available at <http://moodle.org>. Last visited the 12th october 2009.
- [Norman, 1986], Norman, D.A., Cognitive engineering. In D.A. Norman & S.W. Draper (Eds.), User centered systems design: New perspectives in human-computer interaction, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 31-61, 1986.
- [Olson, Verley & Santos, 2004], Ryan Olson, Jessica Verley, Lindsey Santos, and Coresta Salas, 2004, *What We Teach Students About the Hawthorne Studies: A Review of Content Within a Sample of Introductory I-O and OB Textbooks*, The industrial-organizational psychologist, 41(3), january, 2004, p23-39.
- [Pavlov, 1927], Pavlov, I., P., 1927, *Conditioned reflexes: an investigation of the physiological activity of the cerebral cortex*, available at <http://psychclassics.yorku.ca/Pavlov/>, last visited the 26th October 2009
- [Perrenoud, 1999], Perrenoud, P., Faire acquérir des compétences à l'école , In Vie pédagogique, n° 112, septembre-octobre 1999, pp. 16-20. Available at [http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php\\_main/php\\_1999/1999\\_14.html#Heading1](http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1999/1999_14.html#Heading1). Visited the 15th December 2009.
- [Piaget, 1970] Piaget, J. (1970). The science of education and the psychology of the child. NY: Grossman.
- [Pisa, 2005], The definition and selection of key competencies (DeSeCo), 2005, Organization for economic co-operation and development, Available at <http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf>. Last visited the 14th December 2009

- [PMBok, 2008], Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. ISBN13:9781933890517. Accessed to <http://www.pmi.org>
- [Polson & Lewis, 1990], Polson, P.G., Lewis, C.H., Theory-based design for easily learned interfaces, *Human-Computer Interaction*, 5 (5), 191-220, 1990.
- [Polson & Lewis, 1992], Polson, P., Lewis, C., Rieman, J., Wharton, C., Cognitive Walkthrough: a method for theory-based evaluation of user interface, *International Journal of Man-Machine Studies*, 36, 741-773, 1992.
- [Prime, 1998], Prime, G., 1998, Tailoring assessment of technological literacy learning, *Journal of technology studies*, 24(2), 18-23.
- [Rasmussen, 1986], Rasmussen, J. 1986, *Information processing and human-machine interaction, an approach to cognitive engineering*. Elsevier Science Publishing.
- [Raynal & Rieunier, 2001], Raynal, F., Rieunier, A. (2001), *Pédagogie : dictionnaire des concepts clés*, ESF edition.
- [Sakai, http], Collaboratiofor educators, by educators, free and open source, available at <http://sakaiproject.org/portal>. Last visited the 29th october 2009.
- [Sancho-Thomas and al., 2009], Sancho-Thomas, P., Fuentes-Fernández, R., Fernández-Manjón, B., Learning teamwork skills in university programming courses, *Computers & Education* 53 (2009) 517–531
- [Sander-Regier et al., 2007], Sander-Regier, R., Merhy, B., A., McColl, T., Teaching at the University of Ottawa. A handbook for professors and Tas, 2007. Available at [http://www.saea.uottawa.ca/index.php?Itemid=920&id=872&option=com\\_content&task=view](http://www.saea.uottawa.ca/index.php?Itemid=920&id=872&option=com_content&task=view). Last visted the 29th october 2009.
- [SEP, 2006], Stanford Encyclopedia of Philosophia, Last visited the 14<sup>th</sup> October 2009 at <http://plato.stanford.edu/entries/behaviorism/>
- [Shepard, 2000], Shepard, L., A., 2000, The role of assessment in a learning culture, *Educational Researcher*, vol. 29, n° 7, pp. 4-14, available at <http://epicpolicy.org/files/TheRoleofAssessmentinaLearningCulture.pdf>, last visited 16th april 2010.
- [Skinner, 1935], Skinner, B., F., 1935, Two types of conditioned reflex and a pseudo type, *Journal of General Psychology*, 12, 66-77. Avalaible at <http://psychclassics.yorku.ca/Skinner/TwoTypes/twoTypes.htm>, last visited the 26<sup>th</sup> October 2009.
- [Skinner, 1968], Skinner, B., F., 1968, *The Technology of Teaching*, Prentice Hall College Div, 208 pages.
- [Slavin, 1977], Slavin, R., E., Classroom reward structure: an analytic and practical review. *Review of educational research*, 47, 633-650.
- [Slavin, 1980], Slavin, R., E., 1980, Cooperative learning, *Review of Educational research*, 50, 315-342, 1980.
- [Slavin et al., 1986; Slavin, R., E., Leavey, M., B., and Madden, N., A., 1986, *Team Accelerated Instruction : Marhematics*, Watertown : MA ; Charlesbridge.
- [SweBok, 2004], IEEE Computer Society, "Guide to Software Engineering Body of knowledge, 2004. Accessible à <http://www.computer.org/portal/web/swebok/htmlformat>. Last visited the 24th october 2009.

- [Talon et al, 2005], Talon, B., Toffolon, C., Warin, B. (2005), “*Projet en milieu universitaire : vers une gestion collaborative assistée par le web*”, *International Journal of Technologies in Higher Education (IJTHE)*, Vol 2, n° 2, pp. 28-33, 2005.
- [Thorndike, 1911], Thorndike, E., L. (1911). Animal intelligence. Last visited the 26th 2009 at <http://psychclassics.yorku.ca/Thorndike/Animal/>
- [Vygotsky, 1998] Vygotsky, L., S. Mind in society : the development of higher psychological processes. Cambridge, 1978
- [Wagner, 1997], Wagner, E.D., 1997, Interactivity: From agents to Outcomes. In T. E. Cyr (Ed.), *Teaching and Learning at a Distance: What it Takes to Effectively Design, Deliver and Evaluate Programs: No. 71. New Directions for Teaching and Learning*, San Francisco: Jossey-Bass, 19-26.
- [Wagner, Hassanein, & Head, 2008]. Wagner, N., Hassanein, K., & Head, M., 2008, Who is responsible for E-Learning Success in Higher Education? A Stakeholders' Analysis, *Educational Technology & Society*, 11 (3), 26-36.
- [Watson, 1913], Watson, J., 1913. “Psychology as a Behaviorist Views It,” *Psychological Review*, 20, 158-77. Available at <http://psychclassics.yorku.ca/Watson/views.htm>. Last visited the 26<sup>th</sup> october 2009.