

## RECHERCHE

---

# Démarche d'évaluation de systèmes d'assistance en cours magistral, basée sur une approche comparative

**Christophe Kolski (\*), Marie Escarabajal (\*\*) et Souad Harmand (\*\*\*)**

(\*) *LAMIH - URA CNRS 1775*

*Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis (UVHC)*

*Le Mont Houy - B.P. 311 - 59304 Valenciennes Cedex*

*Tél. : 03.27.14.12.42 - Fax : 03.27.14.12.94, E-mail: kolski@univ-valenciennes.fr*

(\*\*) *Faculté de Lettres, Langues, Arts et Sciences Humaines*

*DESS Transfert du Savoir et Nouvelles Technologies (UVHC)*

*Tél. : 03.27.14.76.52, E-mail: Escarabajal@univ-valenciennes.fr*

(\*\*\*) *École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Mécanique Énergétique de Valenciennes (UVHC)*

---

**RESUME.** Grâce à l'avènement des nouveaux moyens hypermédias et multimédias, il devient maintenant possible d'assister les enseignants lors des cours magistraux. Cependant, il s'agit au préalable d'évaluer l'utilisation de ces nouveaux outils dans des situations réelles et leur impact auprès des étudiants et de l'enseignant, et d'effectuer des comparaisons avec les moyens pédagogiques "traditionnels" (oral, tableau et éventuellement transparents). Dans ce but, une démarche d'évaluation est proposée dans cet article. Une première validation de la démarche est décrite autour de l'utilisation d'une application multimédia destinée à un cours de thermique pour des élèves-ingénieurs en dernière année d'étude.

**ABSTRACT.** Due to the emerging of new hypermedia and multimedia technologies, it becomes currently possible to assist the teachers during lectures. However, it is necessary to evaluate the use of these new interactive systems in real situations, and their impact on students and teachers. It is so necessary to compare with traditional pedagogic means. With this aim, we propose in this paper an evaluation approach. A first validation of this approach concerns a thermics lesson for ingeneer students.

**MOTS-CLES :** Méthode d'évaluation, multimédia, système d'assistance, cours magistral, analyse de données

**KEY WORDS :** Evaluation method, multimedia, assistance system, lecture, data analysis

---

## 1. Introduction

L'avènement de nouvelles technologies multimédias révolutionne actuellement le monde de l'information, de la communication et de la formation. Il annonce de nouvelles conceptions des médias, de l'industrie, de l'école [DER 95], la création de nouveaux espaces de savoir [BAL 95]. En terme de formation, les principaux développements visent à parvenir à de nouvelles applications interactives visant surtout l'enseignement à distance et l'auto-formation : l'enseignement interactif (intelligemment ou non) assisté par ordinateur offre des perspectives pédagogiques importantes [THO 95] [BAR 96]. Ces nouvelles applications peuvent venir ou non en complément à des cours traditionnels.

A ce sujet, il est moins courant de se poser des questions concernant la manière dont justement il est possible d'assister par de nouveaux moyens multimédias les enseignants lors des cours magistraux utilisant traditionnellement l'oral, le tableau et éventuellement des transparents. Dans ce cas, l'enseignant peut projeter sur écran (par vidéoprojecteur branché sur la sortie RGB de l'ordinateur) des illustrations du cours. Les questions que l'on peut se poser dans de telles situations sont entre autres les suivantes :

- Ces moyens multimédias pourraient-ils apporter un plus aux moyens traditionnels ?
- Ce plus se situerait-il en terme de compréhension et de mémorisation pour les étudiants ? Les résultats obtenus par les étudiants seraient-ils meilleurs avec de nouveaux moyens ?
- Pour quels aspects du cours (concepts, formules, exemples, démonstration, description de dispositifs expérimentaux...) de nouveaux moyens pourraient-ils être d'un impact positif ou négatif ?
- Ces nouveaux moyens ne seraient-ils pas en fait perturbants pour les étudiants ?
- Quel serait l'impact sur la prise de notes ? Pourrait-on identifier une corrélation avec la performance des étudiants lors d'examens en rapport avec le contenu du cours ?
- Quels seraient les difficultés rencontrées par les enseignants lors de la mise en oeuvre d'une telle approche lors d'un cours magistral ?
- En terme d'utilisabilité, quelles sont les nécessités pour ces nouveaux moyens ?
- etc.

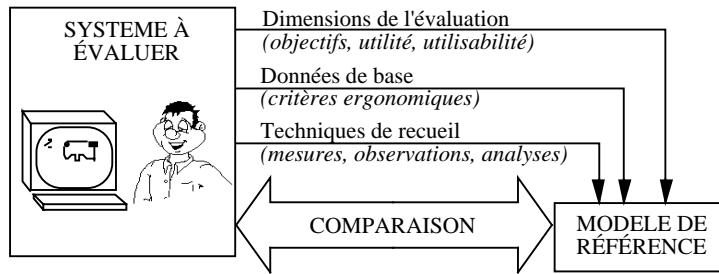
Cet article se compose de trois parties principales. Dans une première partie, on s'intéresse au domaine de l'évaluation des interfaces homme-machine en constatant le manque de méthodes utilisables dans le domaine des systèmes d'assistance en cours magistral. La seconde partie décrit les principes de base d'une démarche d'évaluation permettant d'évaluer l'apport d'un système d'assistance multimédia comparativement à une approche de cours traditionnelle. La troisième décrit les modalités de première validation de cette démarche dans un cours de thermique dans une Ecole d'Ingénieur.

## 2. Insuffisances au niveau du domaine de l'évaluation des systèmes interactifs

L'évaluation de système interactif (ou d'interface homme-machine si on ne considère que "la partie visible de l'iceberg") constitue un domaine de recherche particulièrement actif dans les sciences cognitives et les sciences de l'ingénieur. Il faut à ce sujet noter que de nombreux articles et ouvrages de synthèse recensant les principes de base de l'évaluation, les critères et les méthodes utilisables sont largement diffusés dans la littérature (Cf. en particulier [WIL 90], [SEN 90], [WHI 91], [NIE 93], [SWE 93], [BAL 94], [GRI 96] et [KOL 97]).

Quel que soit le domaine d'application, un système interactif doit être considéré en tant que composant du système homme-machine global. Dans ces conditions, son évaluation consiste à le *vérifier* et à chercher à le *valider*. Selon Grislin [GRI 95], le système homme-machine est vérifié s'il correspond aux spécifications issues de la définition des besoins. Il est validé s'il correspond aux besoins en respectant les contraintes du domaine d'application ; sinon, ses insuffisances par rapport à des critères identifiés a priori doivent être mises en évidence.

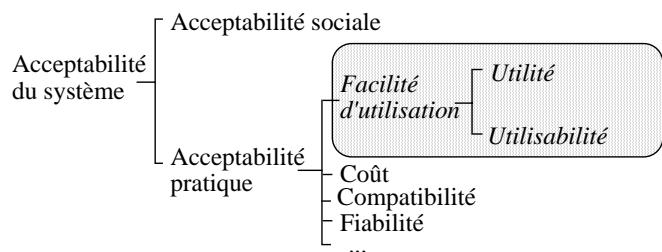
Si l'on se réfère à la littérature, on peut aussi y trouver la définition suivante : l'évaluation ergonomique d'une interface homme-machine consiste à s'assurer que l'utilisateur est capable de réaliser sa tâche au moyen du système de communication qui lui est proposé. "Toute évaluation consiste à comparer un modèle de l'objet évalué à un modèle de référence permettant d'établir des conclusions." (selon [SEN 90] ). Lors de l'évaluation, le modèle que l'on peut qualifier d'observé (ou d'analysé) est donc comparé à un modèle de référence. Ce modèle doit être représentatif de l'adéquation de l'interface évaluée par rapport aux besoins spécifiques définis par le concepteur (fig. 1).



**Figure 1.** Principe global de l'évaluation (inspiré de [SEN 90])

La construction du modèle de l'interface est dirigée par le contexte ; c'est-à-dire que la sélection des propriétés pertinentes pour le diagnostic de la qualité ergonomique dépend grandement des caractéristiques de la population et des exigences des tâches. Les chercheurs du domaine s'intéressent surtout à *l'utilité* et *l'utilisabilité* : (1) *l'utilité* détermine si l'interface permet à l'utilisateur d'atteindre ses objectifs de travail, elle correspond aux capacités fonctionnelles, aux performances et à la qualité de l'assistance technique fournie à l'utilisateur par le système, alors que (2) *l'utilisabilité* rend compte de la qualité de l'interaction homme-machine, en termes de facilité d'apprentissage et d'utilisation, ainsi que de qualité de la documentation. C'est en quelque sorte une frontière entre l'utilité potentielle d'un produit et son utilité réelle.

Pour l'évaluation, il est important de bien délimiter le niveau de précision du modèle afin de pouvoir analyser et faire ressortir les aspects considérés comme pertinents vis-à-vis de l'évaluation. Il s'agit donc de déterminer ce qui permettra de porter un jugement sur l'interface homme-machine concernée. L'analyse doit mettre à jour un ensemble de variables cibles, c'est-à-dire les données de base à recueillir. La figure 2 présente quelques unes des principales variables dépendantes utilisées pour l'évaluation d'interface. Deux grandes familles se distinguent : l'acceptabilité sociale et l'acceptabilité pratique. La seconde classe comprend en particulier la facilité d'utilisation qui concerne principalement l'interface. C'est dans ce critère d'utilisation que l'on retrouve les deux propriétés citées précédemment.



**Figure 2.** Principales variables cibles pour l'évaluation (traduit de [NIE 93])

La littérature propose un très grand nombre de recommandations ergonomiques sous forme de guides ergonomiques (Cf. par exemple le guide de Vanderdonct [VAN 94] constitué de... 3700 recommandations), de standards, de guides de style accompagnant généralement les environnements graphiques. Pour l'évaluation, il s'agit soit de les utiliser comme dimension à observer ou mesurer, soit d'en extraire des critères d'évaluation (Cf. [BAS 95] et [BAS 96]). Ces critères vont aider l'évaluateur à estimer la qualité ergonomique de l'interface au sens de *l'utilisabilité* et à prendre si nécessaire des décisions de modification et/ou d'amélioration.

En rapport avec l'utilité, l'aspect *performance* du système homme-machine doit être considéré avec attention lors de l'évaluation. L'interface est conçue pour assurer la communication entre l'homme et sa machine certes, mais le couple homme-machine doit souvent produire des résultats. C'est pourquoi un (ou plusieurs) critère de performance du système global est indispensable pour déterminer si les objectifs sont atteints. La difficulté réside dans le choix d'une donnée représentative, pertinente et surtout mesurable.

De la même manière, les *préférences* de l'utilisateur sont à prendre en compte également dans toute évaluation. C'est un critère subjectif, qui est étudié par exemple à l'aide de questionnaires, et qui permet de connaître le jugement et les suggestions de l'utilisateur sur la qualité de l'interface. Nielsen [NIE 93] émet toutefois une réserve concernant l'avis des utilisateurs : ceux-ci commencent souvent par rejeter une modification conseillée par le concepteur si elle s'avère complètement différente de ses habitudes, pour —si elle est bonne— ne plus s'en passer ensuite.

Les données collectées lors de l'évaluation constitueront une base de données regroupant aussi bien des informations objectives (par exemple correspondant à des taux d'erreurs de manipulation de l'interface enregistrées automatiquement) que subjectives (par exemple issues de questionnaires ou d'interviews). Pour les données objectives, différents traitements spécifiques pourront être appliqués par les évaluateurs, certaines étant basées sur l'utilisation de

méthodes d'*analyse de données* issues des statistiques descriptives. Pour des évaluations fines, une bonne pratique est nécessaire aux évaluateurs pour interpréter les résultats, qui pourront être aussi bien qualitatifs que quantitatifs.

La plupart des méthodes d'évaluation existantes s'intéressent le plus souvent (1) uniquement aux caractéristiques ergonomiques du logiciel à évaluer (sans faire intervenir les utilisateurs), ou (2) à un utilisateur ou plusieurs (disponible(s) ou non suivant l'étape en cours dans le cycle de développement) face à un (des) écran(s), et devant réaliser un ensemble de tâches, ou encore (3) à l'utilisateur, hors contexte d'utilisation du logiciel, en amont (phase d'évaluation lors de l'analyse des besoins, par exemple technique du magicien d'Oz, interviews, questionnaires...) du développement du logiciel en question. Par contre, dans les situations qui nous intéressent (assistance en cours magistral), plusieurs acteurs sont présents : l'enseignant, qui se fait aider par le système multimédia, et un ensemble d'étudiants. Le couple enseignant/système doit faire comprendre un ensemble de connaissances prenant différentes formes textuelles ou non aux étudiants, qui doivent les mémoriser, tout en prenant plus ou moins de notes, etc.

Il est clair que dans ces conditions, les méthodes d'évaluation existantes s'avèrent insuffisantes ou en fait doivent être combinées et adaptées. C'est pourquoi une démarche suivant une approche comparative (cours "traditionnel"/cours basé sur l'utilisation d'un système d'assistance multimédia) est proposée. La description de ses principes de base fait l'objet de la partie suivante.

### **3. Proposition d'une démarche d'évaluation suivant une approche comparative - principes de base**

La démarche d'évaluation proposée part de l'hypothèse suivante : certains cours "traditionnels", c'est-à-dire basés sur l'utilisation de l'oral, du tableau et éventuellement de transparents peuvent être remplacés par des cours mettant en jeu de nouveaux moyens logiciels, sous le contrôle de l'enseignant, permettant d'illustrer grâce à des techniques multimédias la totalité ou certaines parties du cours.

Cette démarche d'évaluation vise à mettre en évidence sur une partie représentative du cours (en termes de concepts, formules, exemples animés ou non, etc) si l'utilisation du multimédia s'avère pertinente et si une généralisation à l'ensemble du cours (ou à d'autres cours du même type) s'impose. La démarche nécessite donc qu'existent deux versions du cours : la première basée sur l'utilisation par l'enseignant d'un outil d'assistance multimédia (groupe 1), la seconde effectuée avec des moyens traditionnels (groupe 2). La population des sujets doit être si possible issue de la même classe, et composée d'étudiants non redoublants, n'ayant pas encore suivi le cours.

#### **3.1. Déroulement de l'évaluation**

Le déroulement de l'évaluation est visible en figure 3. Celle-ci se décompose en trois phases.

Dans la **première phase** (2 semaines environ avant l'expérimentation), chaque sujet doit remplir un premier questionnaire (Cf. en annexe A) portant sur la manière dont il perçoit les moyens pédagogiques actuels, et envisage l'emploi de nouveaux moyens multimédias dans le cadre des enseignements.

Dans la **seconde phase**, le groupe 1 suit le cours où l'enseignant est assisté d'une l'application multimédia. Ensuite, après une pause, le groupe 2 suit le même cours mais cette fois-ci avec des moyens "traditionnels" (oral, tableau et transparents). Les deux cours durent approximativement une heure ; le contenu pédagogique doit être exactement le même. Après chaque cours, les sujets doivent remplir un questionnaire (Cf. en annexe B le questionnaire rempli par les sujets du groupe 1), ainsi qu'un QCM composé de questions portant sur le cours. Les questions du QCM doivent être représentatives de l'ensemble des points abordés sur la durée du cours testé. L'enseignant doit remplir un questionnaire le jour même. Ce questionnaire est à peu près le même que celui visible en annexe B sauf que les questions permettent à l'enseignant de donner son avis, dans le but, lors de l'analyse des données de confronter les avis étudiants/enseignant. Des questions supplémentaires lui permettent aussi de juger plus en profondeur l'utilisabilité de l'application.

Dans la **troisième phase**, les sujets des deux groupes reçoivent environ 8 semaines plus tard le même QCM à remplir. Il leur est demandé de le remplir immédiatement, et de le renvoyer aux expérimentateurs.

#### **3.2. Recueil et analyse des données**

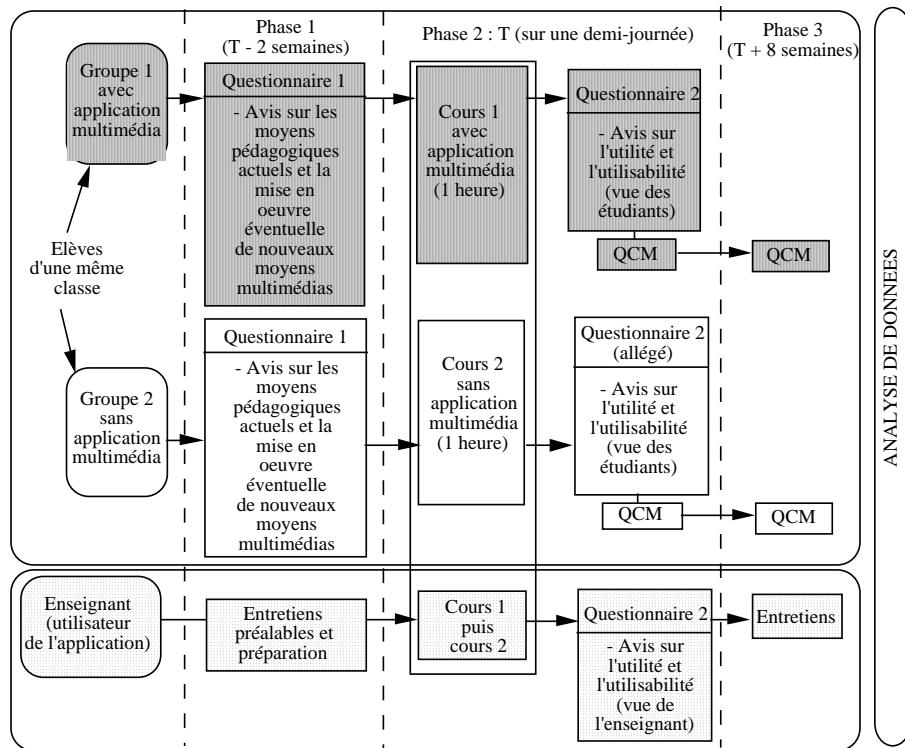
Des données qualitatives et quantitatives sont recueillies par l'intermédiaire des questionnaires et des QCM remplis par les étudiants. L'enseignant remplit le questionnaire 2 et est interviewé avant et après l'expérimentation (Cf. figure 3).

Chacun des deux cours est enregistré par deux caméras vidéos. La première, placée en haut de l'amphithéâtre, enregistre l'ensemble de la scène :

- vue sur l'enseignant, l'écran vidéo, l'ordinateur, le tableau et les étudiants (cours 1)
- vue sur l'enseignant, le tableau, le rétro-projecteur et son écran et les étudiants (cours 2).

Une deuxième caméra, située sur le côté de l'amphithéâtre, suit (avec gros plans) les déplacements et les manipulations de l'enseignant. Celle-ci est particulièrement utile lors du cours avec utilisation de l'application multimédia pour déceler plus finement d'éventuelles difficultés rencontrées lors des interactions homme-machine, la vue sur l'écran géant permettant également la détection de difficultés ou d'erreurs grâce à la visualisation du pointeur de la souris.

Chaque explication de l'enseignant (et questions des sujets) étant enregistrée sur la bande-son, les commentaires sont dépouillés et codés.



**Figure 3. Illustration du protocole expérimental**

#### 4. Vers une première validation de la démarche

Dans le but d'introduire et d'expérimenter les nouvelles technologies au sein du cadre pédagogique d'enseignement supérieur de l'ENSIMEV (École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Mécanique Énergétique de Valenciennes), la première version d'une application multimédia a été développée par des étudiants du DESS Transfert du Savoir et Nouvelles Technologies de l'UVHC, dans le cadre d'un projet collectif [FAI 96]. Ce projet a été mené en relation avec une enseignante de l'ENSIMEV. Le cadre choisi était un cours magistral de thermique.

Dix-huit étudiants en 3ème année d'école-ingénieur (option mécanique-énergétique) ont participé à l'étude comparative. Alors qu'ils avaient été répartis de façon équilibrée par ordre alphabétique, quelques minutes avant le début de l'expérimentation, dans les deux groupes (9 dans les groupes 1 et 2), trois d'entre eux sont passés au dernier moment du groupe 2 au groupe 1 pour des raisons liées à des problèmes de stage. Aucun des étudiants n'avait de connaissance particulière ni en multimédia, ni dans le cours de thermique dispensé dans le cadre de l'expérimentation.

##### 4.1. Le contenu du cours

Le cours porte sur la présentation d'une technique de mesure de température d'une scène thermique par une caméra de thermographie infrarouge. Ce cours contient plusieurs notions, en particulier : définition de la thermographie, présentation d'une installation possible, principe de la mesure de la température, explication du spectre du rayonnement, explication sur le mécanisme de transfert d'énergie par rayonnement, schéma en 3D d'une caméra infrarouge, trajet du rayonnement, matériaux optiques de transmission, matériaux optiques de réflexion, explications sur les filtres, caractéristiques de la caméra, exemples d'application.

#### 4.2. L'application multimédia

Alors que le cours existait sous une forme "traditionnelle" (oral, tableau et transparents), il a fait l'objet d'une adaptation sous une forme multimédia avec pour objectif que l'enseignante n'ait plus qu'à donner des explications associées aux pages-écrans projetées. L'application multimédia a été réalisée sur MacIntosh à l'aide du logiciel DIRECTOR 4. Un vidéoprojecteur QML Sony a été branché sur la sortie RGB de l'ordinateur. En raison des dimensions de l'amphithéâtre, et selon les préconisations du manuel technique, l'écran a été placé à 4 m du vidéoprojecteur, pour un mode d'utilisation RGB 640 x 480.

L'écran de projection se décompose toujours en trois zones (Cf. Fig. 4) :

- une zone titre dans la partie supérieure ;
- une zone projection au centre, dans laquelle s'inscrivent les textes, les images, les animations, les vidéo ;
- une zone de navigation, dans la partie inférieure, dans laquelle apparaissent les icônes de navigation si et seulement si le curseur survole cette zone, ceci afin de ne pas encombrer l'écran de projection d'éléments non directement liés au contenu du cours.

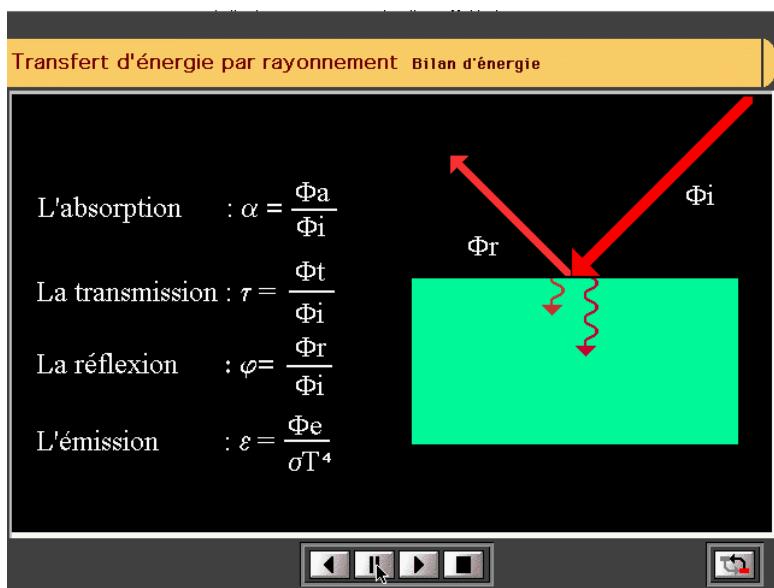
#### 4.3. Description de l'architecture

L'application comprend 18 pages-écrans principales. Chacune d'entre-elles est associée éventuellement à des pages-écrans d'illustration, aussi appelés "ressources" (33 au total sous forme de pages-écrans venant se superposer aux pages-écrans principales).

Les pages-écrans principales présentent des définitions génériques (Termes, Principes, Concepts, Formules), tandis que les "ressources" présentent des illustrations ou des compléments d'information (Exemples, Dispositifs). Un exemple de "ressource" en relation avec la page-écran principale "mécanisme de transfert d'énergie par rayonnement" est visible en figure 4.

Deux modes de navigation sont proposés :

- soit le mode *linéaire*, dans lequel les pages-écrans s'enchaînent linéairement de la page 1 à la page 18, avec, selon le cas, possibilité d'accès aux "ressources" ; on parlera de mode *linéaire chaîne*. Toutefois, à tout moment, l'enseignant peut accéder, en déplaçant le curseur dans l'angle supérieur gauche de l'écran, à un menu récapitulant l'ensemble des 18 pages-écrans, ceci afin de lui permettre soit de retourner à une page déjà consultée, soit d'effectuer des sauts dans la chaîne ; on parlera de mode *linéaire menu*. Dans ce dernier cas, une icône apparaît en bas à droite, représentant une boucle et permettant un retour à l'écran précédent quel que soit la position de celui-ci dans la chaîne (fig. 4).
- soit le mode *plan*. Nous ne détaillerons pas ici ce mode dans la mesure où il n'a pas été retenu dans l'expérimentation. Nous préciserons simplement que, pour ce mode, l'ensemble des 18 pages-écrans sont présentées visuellement et organisées autour des trois principaux composants faisant l'objet de ce cours : l'objet à filmer, l'atmosphère et la caméra. Ici, la structure est en étoile.



**Figure 4.** Exemple de page-écran d'illustration ("ressource" d'une page-écran principale)

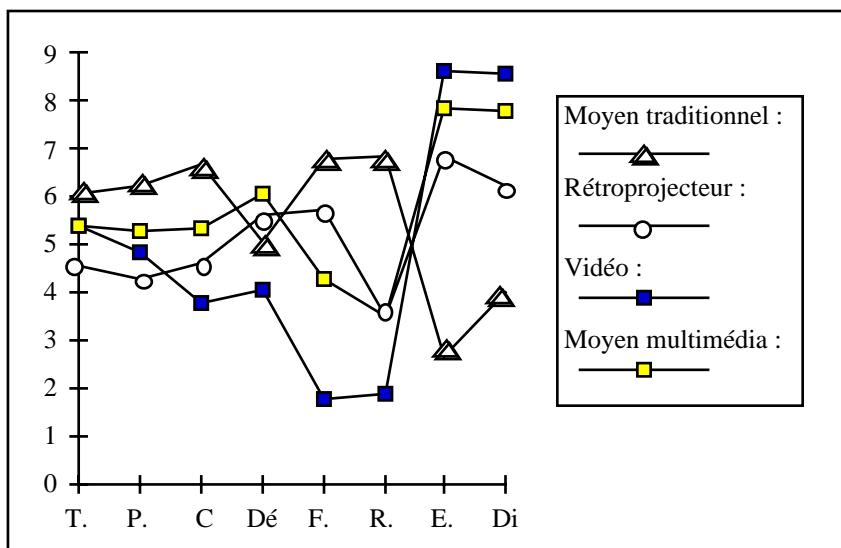
Pour la phase d'expérimentation, les pages-écrans principales et les "ressources" ont fait l'objet d'une sélection préalable par l'enseignante dans le but de couvrir une heure de cours au maximum (contrainte de l'expérimentation).

#### 4.3. Premiers enseignements issus de l'analyse de données en cours

La phase d'analyse de données est actuellement en cours. Cependant, de premiers enseignements se dégagent.

##### 4.3.1. Avis *a priori* des étudiants

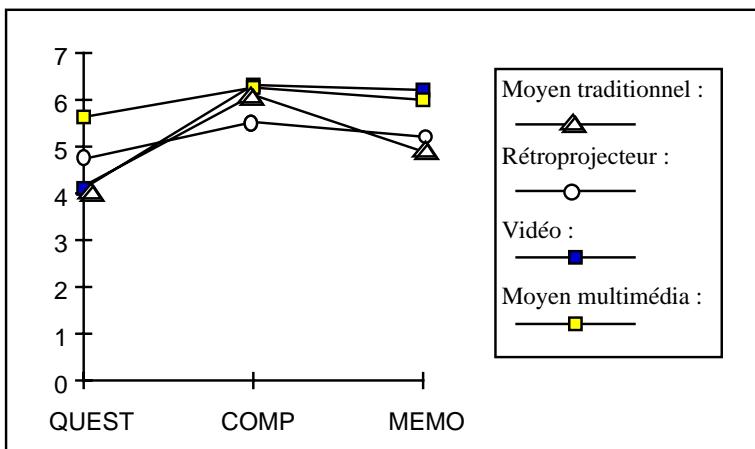
En ce qui concerne les notions enseignées, l'avis *a priori* des étudiants des groupes 1 et 2 (recueillis dans le questionnaire 1) traduit que les moyens traditionnels sont jugés plus adaptés pour ce qui est des "termes, principes, concepts, démonstrations et formules" (fig. 6). En revanche, les supports imageés (rétro-projecteurs, vidéo, applications multimédias) sont jugés plus adaptés pour les exemples graphiques animés ou non et les dispositifs industriels et expérimentaux.



**Figure 5.** Moyenne, par modes d'enseignement, des jugements d'adéquation aux notions enseignées (groupes 1 et 2 confondus). Nous avons ordonné les notions des plus génériques aux plus spécifiques : Termes (T), Principes (P), Concepts (C), Démonstration (Dé), Formules (F), Règles (R), Exemples (E), Dispositifs (Di).

Comme on le voit dans la figure 6, l'ensemble des avis pour les différents modes de présentation sont centrés autour de la réponse neutre (moyenne = 5).

Sans avoir une représentation précise du multimédia, ils en ont, toujours *a priori*, un avis favorable quant à ses potentialités d'aider à la compréhension (moyenne : 6.3 pour l'ensemble des groupes 1 et 2) et à la mémorisation (moyenne : 6.03), et à permettre une plus forte interactivité entre l'enseignant et les étudiants, en relation avec l'incitation à poser des questions (moyenne : 5.7).



**Figure 6.** Moyenne, par modes d'enseignement, des jugements d'adéquation aux opérations cognitives sollicitées, pour les groupes 1 et 2 confondus (QUEST : avis sur l'incitation à poser des questions, COMP : avis sur l'aide à la compréhension, MEMO : avis sur l'aide à la mémorisation)

L'avis le plus neutre est celui portant sur l'utilisation du rétro-projecteur. Plusieurs critiques sont à noter concernant :

- la compréhension : "pas facile quand on doit suivre une démonstration", "compréhension facilitée si les transparents sont illustratifs", "compréhension pas facilitée quand le rétro-projecteur remplace le tableau ou le polycopié" ;
- la mémorisation : "mémorisation facilitée si les transparents sont illustratifs", "mémorisation pas facilitée quand le rétro-projecteur remplace le tableau ou le polycopié", "pas facile à mémoriser si les transparents sont passés à vitesse rapide", "ça ne doit pas être un moyen pour l'enseignant pour ne pas écrire au tableau".

De même, plusieurs critiques sont formulées vis-à-vis de l'utilisation de la vidéo comme support au cours magistral, telles que : "c'est difficile à comprendre, trop vite", "on reste passif devant une K7", "on ne peut pas poser de questions, on ne peut pas couper le film".

#### 4.3.2. Comparaison des avis *a priori* et *a posteriori*

##### 4.3.2.1. Comparaison globale (groupes 1 et 2)

Les questions relatives aux "opérations cognitives" (incitation à poser des questions : QUEST, aide à la compréhension : COMP et aide à la mémorisation : MEMO) sont communes aux deux questionnaires. Elles font l'objet ici de cette comparaison. Pour le groupe 1 nous avons retenu en Q1 les réponses apportées au mode "multimédia", pour le groupe 2 celles apportées au mode "rétrorprojecteur", figure 7.

	Groupe 1			Groupe 2		
	QUEST	COMP	MEMO	QUEST	COMP	MEMO
Q1-moyenne	5,8	6,2	6,7	5	4	3,6
Q1-écart-type	2,8	2,3	2	2	2,7	1,5
Q2-moyenne	4,3	6,6	7,1	5	6,7	5,5
Q2-écart-type	1,5	1,6	2,1	1,5	1	0,5

**Figure 7.** Comparaison entre les groupes 1 et 2 concernant les "opérations cognitives"

Comme on le constate en figure 7, la tendance générale se traduit par une augmentation des moyennes et une diminution de la dispersion. S'agit-il d'un biais expérimental ? Le cours s'étant bien passé dans les deux cas, les étudiants répondent-ils plus favorablement à un questionnaire qui le suit immédiatement ?

En ce qui concerne l'incitation à poser des questions (QUEST), les étudiants du groupe 2 ne changent pas d'avis. En revanche, la moyenne baisse nettement dans le groupe 1. Une interprétation probable est que les étudiants constatent que l'interactivité élève/professeur est moins aisée qu'ils ne l'avaient anticipée. A ce sujet, notons que 3 questions ont été posées par les étudiants du groupe 1 (avec multimédia) sur l'heure de cours (et toujours par rapport à un même concept), alors que 2 questions seulement ont été posées dans le groupe 2 (là également sur le même concept, autre que pour le groupe 1).

Un autre résultat à souligner concerne l'impact sur la mémorisation (MEMO), il est nettement plus fort en G1 qu'en G2. A l'appui de cette réponse, les étudiants mentionnent, bien évidemment, dans le complément qualitatif du questionnaire, les présentations animées qui ont été montrées par l'enseignante.

#### 4.3.2.2. Avis global *a posteriori* (groupe 1)

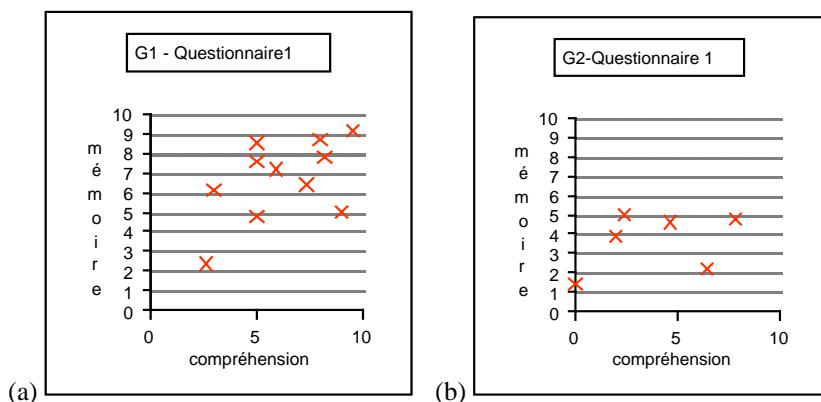
Le fait qu'un cours supporté par des moyens multimédias semble plus intéressant qu'un cours traditionnel ressort largement (malgré 3 notes en-dessous de 5 : 3,3, 4,2 et 4,9). La moyenne de cette notation se monte à 6,9 avec un écart-type de 2,1.

Les étudiants apportent beaucoup de commentaires positifs à ce sujet et les arguments foisonnent : "interactif", "moins monotone", "visuel", "plus clair", "plus structuré", "plus convivial grâce aux animations", "on est moins tenté de discuter", "plus intéressant", "original", "distrayant", "plus varié".

#### 4.3.2.3. Modification du lien entre mémorisation et compréhension

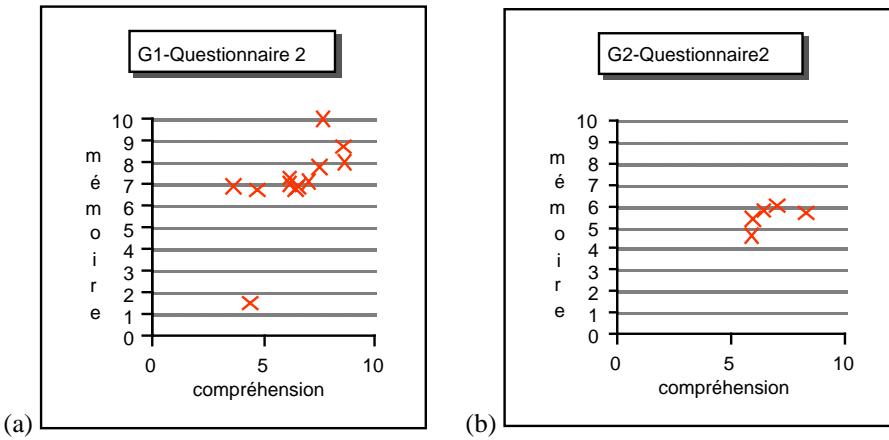
Nous avons jugé utile d'étudier de plus près les avis des étudiants, afin de mettre en évidence une corrélation éventuelle entre mémorisation (MEMO) et compréhension (COMP).

Comme on le constate en figure 8, au questionnaire 1, les avis sont assez disparates, les étudiants du groupe 2 révélant comme mentionné ci-dessus un a-priori plutôt défavorable quant aux apports relatifs à la mémorisation des cours classiques.



**Figure 8.** Mise en relation des avis des étudiants concernant la mémorisation et la compréhension (questionnaire 1)  
(a) pour le groupe 1, (b) pour le groupe 2

En revanche, la comparaison Questionnaire 1/ Questionnaire 2 (Cf. figures 8 et 9) traduit une modification des avis et ceci dans les deux groupes. On constate en effet un regroupement très net des jugements des étudiants. Il nous est pour l'instant difficile d'expliquer pourquoi le lien Compréhension/Mémorisation qui, a priori, semblait assez diffus, se trouve, à l'issue du cours, si fortement renforcé.



**Figure 9.** Mise en relation des avis des étudiants concernant la mémorisation et la compréhension (questionnaire 2)  
 (a) pour le groupe 1, (b) pour le groupe 2

#### 4.3.3. Prise de notes

La plupart des étudiants du groupe 1 s'accordent sur le fait qu'une telle démarche (utilisant le multimédia) nécessite l'utilisation d'un support écrit qui soit distribué en début de cours (remarque citée 7 fois). En effet, la prise de notes leur semble difficile.

Pourtant, les données brutes ne corroborent pas cette remarque : l'analyse des notes prises par les étudiants montre selon un premier comptage global 271 mots en moyenne dans le groupe 1 et 254 dans le groupe 2 (avec une dispersion sensiblement identique), et à peu près autant de formules et de graphiques dans les deux groupes (respectivement 5 et 3 en moyenne). Notons que la différence est non significative ( $t = 0.54$ , NS), ce qui est dû à une très forte dispersion à l'intérieur des groupes). Par exemple, dans le groupe 1, le nombre de mots varie de 167 à 469, soit un rapport d'environ 3.

#### 4.3.4. Performance aux QCM

##### 4.3.4.1. Performance globale

Les performances calculées correspondent aux notes obtenues au QCM. Il comprend 17 questions prises en compte (au départ, le QCM comprenait 20 questions ; trois questions ont été éliminées car elles n'avaient pas été abordées, soit dans l'un des deux groupes, soit dans les deux). Ce QCM a été rempli par les étudiants immédiatement après le cours (QCM appelé ici QCM 1), ainsi que huit semaines environ plus tard (QCM appelé ici QCM 2). C'est l'enseignante qui avait préparé ce QCM, avec pour objectif qu'il soit représentatif de l'ensemble des notions abordées durant le cours.

La performance globale au QCM 1 est de 12.0 dans le groupe 1 (avec un écart-type de 1.7). Elle est légèrement supérieure à celle obtenue par le groupe 2, qui est égale à 11.3 (avec un écart-type de 1.4). Cependant, cette différence n'est pas significative ( $t = 0.08$ , NS) ; on ne peut donc pas conclure à un effet du facteur groupe, c'est-à-dire du mode de présentation sur la performance des sujets.

Pour ce qui est de la performance obtenue au QCM 2 : on observe une chute de performance d'environ 3 points dans les deux groupes. C'est un *effet d'oubli* auquel on pouvait s'attendre (dans la mesure où le QCM est rempli huit semaines après le cours), mais tout de même pas avoir une ampleur aussi importante.

##### 4.3.4.2. Performance par question

Pour le QCM 1, 4 questions sont toujours réussies dans les deux groupes. Les deux modes de présentation ont donc été aussi efficaces dans les deux groupes, pour ces questions. Pour trois autres questions, les plus mauvaises performances sont obtenues : le mode de présentation est aussi inefficace dans les deux groupes. En revanche, certaines questions présentent de grosses différences de performance selon le groupe.

Un approfondissement de l'analyse serait ici nécessaire, en particulier une mise en correspondance de ces résultats aux QCM avec les enregistrements vidéos (analyse des protocoles verbaux, durées des explications, répétitions, illustrations visuelles...) pourrait être effectuée. Ce travail est en cours.

#### 4.3.5. Commentaires des étudiants sur le comportement de l'enseignante

Alors que le cours semble globalement plus intéressant avec des moyens multimédias qu'avec des moyens traditionnels, il est paradoxal de constater que, au vu du questionnaire, les étudiants jugent plutôt négativement le comportement de l'enseignante utilisant cette application multimédia.

Un seul étudiant a exprimé le fait qu'il n'y avait pas de différence par rapport aux cours habituels. Pour ce qui est des aspects positifs, un étudiant seulement a eu le sentiment qu'elle a grâce à l'application multimédia "plus de temps pour parler", et que "c'est plus intéressant pour l'enseignante et donc aussi pour les étudiants". Pour ce qui est des aspects négatifs, les dix autres étudiants ont utilisé des remarques suivantes (entre autres) : "ça va plus vite que d'habitude" (cité trois fois), "du temps perdu pour la manipulation du logiciel", "des maladresses" en utilisant le logiciel (qui toutefois "disparaissent rapidement"), "des problèmes de désignation sur écran", "perdue dans les documents mis à sa disposition", "le moyen multimédia peu flexible l'a forcé à utiliser le tableau pour des schémas complémentaires" (NDLR : remarque exagérée dans la mesure où le tableau a été utilisé seulement à deux reprises pour des schémas complémentaires"), "enseignante moins ouverte au dialogue car plus concentrée sur le nouveau moyen de travail".

Notons que l'analyse des enregistrements vidéo (en cours) devra compléter ces premières remarques.

#### 4.3.6. Commentaires de l'enseignante portant sur le moyen multimédia expérimenté

L'enseignante a trouvé que, de manière générale, l'utilisation de l'application multimédia rendait son intervention pédagogique plus agréable et plus motivante qu'avec des moyens traditionnels, dans la mesure où elle n'avait pas à "jongler avec des transparents". L'aspect esthétique de l'application a été souligné par celle-ci. Son impression est aussi d'avoir donné "plus d'information aux étudiants qu'avec des moyens traditionnels".

Pour ce qui est de l'attitude des étudiants, l'enseignante l'a trouvé "tout à fait comme d'habitude", même si elle s'attendait à ce que l'utilisation du moyen multimédia engendre plus de dialogue avec les étudiants.

Du point de vue de l'aide à la compréhension (pour laquelle elle attribue une note de 6.4, Cf. annexe 2, où ce questionnaire a été adapté selon le point de vue de l'enseignante), elle pense que les animations apportent véritablement un plus par rapport aux moyens traditionnels et que la compréhension ne peut en être que facilitée.

Pour ce qui est de l'aide à la mémorisation (note : 7.3), celle-ci devrait être selon l'enseignante importante en raison de "l'impact visuel des animations".

Pour ce qui est des problèmes liés à l'utilisabilité de l'application multimédia, l'enseignante a particulièrement insisté sur le fait que, malgré le fait qu'elle avait fait partie de l'équipe de conception et qu'elle avait manipulé l'application à de nombreuses reprises, elle avait l'impression, lors du cours, de "ne pas avoir une connaissance de la totalité de l'application" et qu'elle avait tendance à oublier la présence de certaines ressources graphiques. Une première analyse du dépouillement des enregistrements vidéo montre qu'après 5 mn environ de présentation, l'enseignante abandonne le mode de présentation *linéaire chaîne* (Cf. 4.3) pour recourir et ne plus quitter le mode *linéaire menu*. Ceci traduit bien la difficulté éprouvée par l'enseignante pour se représenter mentalement l'ensemble du contenu de l'application.

### 5. Conclusion

Une démarche d'évaluation basée sur une approche comparative cours "traditionnel"/cours avec moyen multimédia a été proposée dans l'article.

Bien que l'analyse des données ne soit pas terminée, les premiers résultats obtenus semblent conclure à une différence non significative entre les deux groupes, en terme de performance, et ceci à court et moyen terme. Ces premières analyses traduisent beaucoup plus un effet des différences individuelles, qu'un effet du facteur groupe expérimental. Il est clair que l'utilisation de moyens multimédias à la place de moyens "traditionnels" n'améliore ni ne détériore l'apprentissage des étudiants.

L'impact auprès des étudiants est globalement positif quant à l'apport du multimédia en cours, même si les étudiants s'accordent sur le fait que seules des illustrations graphiques animées ou non devraient être montrées sur ce type d'application, et que le texte de manière générale doit être évité. Ce point devra d'ailleurs être confirmé lors d'autres expérimentations (autres types de cours, autres niveaux d'études...). Cependant, cet a priori positif exprimé subjectivement à travers les questionnaires n'a pas de conséquence significative sur la performance aux QCM. Ceci

rejoint la remarque de Nielsen (Cf. paragraphe 2) concernant le décalage entre l'avis des utilisateurs et leur comportement vis-à-vis du système interactif.

Outre les points abordés dans la partie 4 à détailler, nous souhaitons maintenant nous attacher à l'étude comparative du comportement de l'enseignant lors des deux situations de cours : déplacements, débit de parole, problèmes d'utilisation de l'application multimédia. Dans cette perspective, des outils d'aide à l'analyse devront sans doute être développés et, nous l'espérons, seront généralisables aux situations impliquant le recours à un système d'assistance aux cours magistraux.

C'est au fur et à mesure de telles expérimentations qu'il sera possible de contribuer à la définition de modèles de référence du type de ceux décrits dans le contexte de l'évaluation de système interactif (Cf. paragraphe 2), tout en prenant en compte le fait que la situation d'évaluation n'est pas duale (personne/machine) mais triangulaire (enseignant/apprenant/machine).

## 6. Bibliographie

- [BAL 94] BALBO S., Evaluation ergonomique des interfaces utilisateur : un pas vers l'automatisation. *Thèse de doctorat*, Université de Grenoble I, 1994.
- [BAL 95] Les nouveaux espaces du savoir. *Interfaces*, 8, pp. 247-280, 1995.
- [BAR 96] BARON G.L., E. Bruillard, *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*. PUF, Paris, 1996.
- [BAS 95] BASTIEN J.M.C., D.L. SCAPIN D.L., How usable are usability principles, criteria and standards ? In *Symbiosis of Human and Artifact, Social Aspects of Human-Computer Interaction*, Y. Anzai, K. Ogawa and H. Mori (Eds.), Elsevier Science B.V., pp. 995-998, 1995.
- [BAS 96] BASTIEN J.M.C., Les critères ergonomiques : un pas vers une aide méthodologique à l'évaluation des systèmes interactifs. *Thèse de doctorat en ergonomie cognitive*, Université R. Descartes (Paris V), 13 décembre 1996.
- [DER 95] DE ROSNAY J., *L'homme symbiotique*, Editions du Seuil, Paris, 1995.
- [FAI 96] FAILLIE M., Y. MOREIRA D'OLIVEIRA, J. TAILLEZ, *Projet "Thermique", cahier des charges*. Rapport final de projet, DESS Transfert du Savoir et Nouvelles Technologies, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, mai 1996.
- [GRI 95] GRISLIN M., *Définition d'un cadre pour l'évaluation a priori des interfaces homme-machine dans les systèmes industriels de supervision*. Thèse de doctorat, LAMIH, Université de Valenciennes, 1995.
- [GRI 96] GRISLIN M., C. KOLSKI, Evaluation des interfaces homme-machine lors du développement de système interactif. *Technique et Science Informatiques (TSI)*, 15 (3), mars, pp. 265-296, 1996.
- [KOL 97] KOLSKI C., *Interfaces homme-machine, application aux systèmes industriels complexes*. Editions Hermès, Paris, 480 pages, janvier 1996.
- [NIE 93] NIELSEN J., *Usability Engineering*. Academic Press, Boston, 1993.
- [SEN 90] SENACH B., Evaluation de l'ergonomie des IHM, *Actes du Congrès ERGO-IA'90, ergonomie et informatique avancée*, Biarritz, 1990.
- [SWE 93] SWEENEY M. et al., Evaluating user-computer interaction: a framework. *Int. J. Man-Machine Studies*, 38, 689-711, 1993.
- [THO 95] THOUIN C., Hypertexte, hypermédia et apprentissage. *Eduquer et former*, 2, 28-36, juin 1995.
- [VAN 94] VANDERDONCKT J., *Guide ergonomique de la présentation des applications hautement interactives*, Presse Universitaires de Namur, 1994.
- [WHI 91] WHITEFIELD A. et al., A framework for human factors evaluation. *Behaviour & Information Technology*, vol 10, n°1, pp. 65-79, 1991.
- [WIL 90] WILSON J.R., E.N. CORLETT, *Evaluation of human work, a practical ergonomics methodology*. Taylor & Francis, 1990.

**Remerciements.** Les auteurs de l'article remercient vivement Michel Merlin, pour son aide apportée lors de l'expérimentation (enregistrement vidéo).

**Annexe A : structure du questionnaire 1** (proposé à chaque sujet avant l'expérimentation)

**QUESTIONNAIRE 1**  
portant sur les moyens pédagogiques actuels et à venir en amphi

*NOM :*

*Prénom :*

1. Dans la plupart des cas, selon les moyens "traditionnels", un cours magistral est composé de définitions, de démonstrations, d'exemples graphiques ou textuels, etc, donnés oralement et/ou au tableau. (**NDLR : Dans le questionnaire, cette partie se répète ensuite concernant (2) l'utilisation d'un rétro-projecteur, (3) de cassettes vidéo, (4) de nouveaux moyens multimédias.**)

- 1.1. Ces moyens "traditionnels" (oral, écrit) vous paraissent-ils adaptés pour un enseignement de qualité en amphi ?

- Définition de principes généraux : (**NDLR : puis, dans le questionnaire, les mêmes questions sont posées avec "concepts", "termes", "règles d'action", "formules", "démonstrations", "dispositifs expérimentaux", "exemples", "autres"**)

Pas du tout adaptés	Tout à fait adaptés
------------------------	------------------------

Votre impression globale : X-----X

Pourriez-vous préciser ci-dessous dans quels cas ces moyens vous semblent plus ou moins bien adaptés :

- Tout à fait adaptés (donnez des exemples) :
- Pas du tout adaptés (donnez des exemples) :

- 1.2. Ces moyens "traditionnels" vous incitent-ils à poser des questions pour en savoir plus ?

Très peu d'incitation d'incitation	Enormément
---------------------------------------	------------

Votre impression globale : X-----X

Quand il vous arrive de poser des questions, de quels types sont-elles (donner des exemples) :

- 1.3. Ces moyens "traditionnels" vous facilitent-ils la compréhension du contenu enseigné ?

Compréhension pas du tout facilitée	Compréhension tout à fait facilitée
--	--

Votre impression globale : X-----X

Pourriez-vous préciser dans quels cas la mémorisation vous semble plus ou moins bien facilitée:

- Tout à fait facilitée (donnez des exemples) :
- Pas du tout facilitée (donnez des exemples) :

- 1.4. Ces moyens "traditionnels" vous facilitent-ils la mémorisation du contenu enseigné ?

Mémorisation pas du tout facilitée	Mémorisation tout à fait facilitée
---------------------------------------	---------------------------------------

Votre impression globale : X-----X

Pourriez-vous préciser dans quels cas la mémorisation vous semble plus ou moins bien facilitée:

- Tout à fait facilitée (donnez des exemples) :
- Pas du tout facilitée (donnez des exemples) :

- 1.5. Quels sont les inconvénients de ces moyens d'enseignement ?

**Annexe B : structure du questionnaire 2** (proposé à chaque sujet du groupe 1 après l'expérimentation)

**QUESTIONNAIRE 2**  
Avis des auditeurs portant sur le moyen pédagogique multimédia expérimenté

*NOM :*

*Prénom :*

Le cours magistral qui vient d'être suivi a été illustré à l'aide de moyens multimédias spécialement étudiés et mis en oeuvre, en collaboration avec des étudiants du DESS Transfert du Savoir et Nouvelles Technologies. Le projet a nécessité 79 jours de travail du côté étudiant et 10 jours du côté enseignant.

1. Ces moyens multimédias vous ont-ils paru adaptés pour un tel enseignement en amphi ?

Pas du tout adaptés	Tout à fait adaptés
------------------------	------------------------

Votre impression globale : X-----X

Pourriez-vous préciser à quels moments ces moyens vous ont semblé + ou - bien adaptés :

2. Ces moyens multimédias vous ont-il incité à poser plus de questions que d'habitude ?

Très peu d'incitation	Enormément d'incitation
-----------------------	----------------------------

Votre impression globale : X-----X

Pourriez-vous préciser dans quels cas vous êtiez, ou auriez été incités à poser plus de questions, en raison des moyens utilisés :

3. Ces moyens multimédias vous ont-ils facilité la compréhension des concepts enseignés aujourd'hui ?

Compréhension pas du tout facilitée	Compréhension tout à fait facilitée
--	--

Votre impression globale : X-----X

Pourriez-vous préciser dans quels cas la compréhension vous a été plus ou moins bien facilitée:

4. Ces moyens multimédias vous faciliteront-ils la mémorisation des concepts enseignés aujourd'hui ?

Mémorisation pas du tout facilitée	Mémorisation tout à fait facilitée
---------------------------------------	---------------------------------------

Votre impression globale : X-----X

Pourriez-vous préciser dans quels cas la mémorisation vous sera sans doute plus ou moins bien facilitée:

5. Cette démarche devrait-elle être généralisée à d'autres cours ?

Totalement inutile	Très utile
--------------------	------------

Votre impression globale : X-----X

Pourriez-vous préciser dans quels cas (pour quels types de cours) cette démarche devrait être généralisée :

6. L'investissement vous semble-t-il justifié pour un cours de ce type ?

Pas du tout justifié	Complètement justifié
----------------------	-----------------------

Votre impression globale : X-----X

Pourriez-vous préciser dans quels cas (pour quels types de cours) cet investissement serait plus ou moins justifié :

7. Ce type de cours est-il plus intéressant qu'avec des méthodes "traditionnelles"?

Pas du tout	Incontestablement
-------------	-------------------

Votre impression globale : X-----X

Pourriez-vous en dire plus :

8. Que pensez-vous du comportement de l'enseignant lors de son utilisation aujourd'hui de ce moyen multimédia ? Avez-vous remarqué des différences de comportement par rapport à ses cours "traditionnels" ?

9. Quelles sont vos remarques et suggestions éventuelles supplémentaires ? Quelles seraient les améliorations à apporter à cette nouvelle démarche pédagogique ?

**Christophe Kolski** est professeur en informatique à l'université de Valenciennes où il enseigne l'intelligence artificielle, le génie logiciel et la communication homme-machine. Ses thèmes de recherche au LAMIH concernent la conception et l'évaluation d'IHM, les interfaces dites "intelligentes" et l'assistance à l'utilisateur. Il est l'auteur d'un ouvrage intitulé "Interfaces Homme-Machine, application aux systèmes industriels complexes, seconde édition", publié aux éditions HERMES en 1997.

**Marie Escarabajal** est maître de Conférences en Psychologie à l'université de Valenciennes. Après une activité de chercheur CNRS au sein du Laboratoire de Psychologie Cognitive et du Traitement de l'Information Symbolique (Paris VIII) sur les thèmes de la modélisation de l'apprentissage et de la résolution de problème, elle a créé en 1994 le DESS Transfert de Savoirs et Nouvelles Technologies. Ses thèmes de recherche actuels concernent l'écriture multimédia, l'évaluation d'applications multimédias et plus particulièrement l'apport des supports interactifs à la représentation et la mémorisation de connaissances.

**Souad Harmand** est maître de Conférences en mécanique et énergétique à l'université de Valenciennes. Elle s'intéresse à l'apport des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les cours dispensés dans l'école d'ingénieurs ENSIMEV.