

# Conception d'un outil synchrone d'enseignement à distance

Jean-François COLIN

ENIC Telecom Lille 1 - rue Marconi - 59658 Villeneuve d'Ascq France - colin@enic.fr

## Résumé

L'ENIC Telecom Lille 1 est une école d'ingénieur du domaine des STIC. Elle propose depuis 1994 une filière de formation diplômante d'ingénieurs à distance. Cette formation permet aux futurs ingénieurs de se former tout en restant en poste dans leur entreprise d'origine. L'idée principale est de délivrer l'information et la formation essentiellement sur le lieu de travail de la personne. Cette formation qui comporte des modalités asynchrones (support en ligne, courrier et forum électroniques etc.) comporte également un volet synchrone mené dans la distance. Il s'agit d'une session où l'enseignant et les étudiants échangent des informations en temps réel et à distance, analogues à celles qui concerneraient une session de cours présentiel classique, c'est à dire présentation de documents, annotations sur tableau blanc et échanges interactifs. Ce document se concentre sur le dispositif utilisé pour produire ces sessions synchrones et sur l'ensemble des considérations à la fois techniques et d'usage qui ont conduit notre école à concevoir et développer un tel outil. L'école dispense annuellement plus de 300h de cours synchrone au moyen de ce système : cela représente environ 10000 hXélève par an.

**Mot-clé :** e-learning

## Abstract

The ENIC Telecom Lille 1 is a school of engineer in the field of Sciences and Technologies for Information and Communication. It proposes since 1994 a distant formation of engineers. This formation makes it possible to the future engineers to be trained while remaining in their company of origin. The main idea is to deliver information and the formation primarily on the place of work of the person. This formation which comprises asynchronous methods (support on line, mail and forum electronic etc.) also comprises synchronous sessions carried out in the distance. In this kind of session, the teacher and the students exchange real-time informations, similar to those which would relate to a session of traditional and « in presence » course, i.e. presentation of documents, annotations on white board and interactive exchanges etc. This document focuses on the system used, since 2000, to produce these synchronous sessions. It exposes the technical and economical causes which led our school to design and develop such a tool. The school annually performs more than 300h synchronous courses with this system which represent approximately 10.000 hourXstudent per year.

**Keyword:** e-learning.

## Historique

Dès sa création (1991) l'ENIC avait pour objectif de faire de l'enseignement à distance un axe de développement stratégique. En 1994 l'école s'est engagée résolument dans la conception d'un dispositif global de formation à distance nommé TuttelVisio® [1]. Cette formation a suscité la mise en oeuvre d'une R&D importante pour mettre à disposition un dispositif technique permettant d'assurer le volet synchrone de cet enseignement. Le résultat fut le dispositif Visiocentre® [2] essentiellement codéveloppé par l'ENIC et Citcom, et commercialisé par cette dernière. Ce dispositif alors novateur, basé sur les technologies de communication disponibles alors (ISDN), s'est concrétisé par l'installation d'un certain nombre de « Visiocentres » (une vingtaine en France, une cinquantaine dans le monde). Ces derniers sont des salles équipées et situées à proximité des formés. Pour son propre compte l'ENIC a utilisé des sites distants situés à Paris, Lyon, Nancy, Lannion, Agen etc... Ces salles permettaient aux étudiants d'être en communication interactive avec l'enseignant ou le conférencier [3]. L'Enic a utilisé ce dispositif pendant 8 ans.

## Avènement d'Internet dans notre formation à distance

L'Internet est devenu à partir de la fin des années 90 une technologie faisant l'objet d'une généralisation et d'une banalisation fulgurantes.

Notre école, acteur de formation dans le domaine des télécommunications, ne pouvait rester indifférente à cette évolution... que ce soit pour les contenus de formation ou pour nos modalités de formation à distance. Il fut donc décidé d'opérer une translation technologique pour faire évoluer notre dispositif vers ces technologies tout en conservant le format général et l'esprit qui en avaient assuré le succès. On chercha à améliorer le modèle à chaque fois que les fonctionnalités associées à Internet pouvaient le permettre. Le nom commercial du dispositif évolua donc de TuttelVisio® à TuttelNet® et est aujourd'hui opérationnel depuis septembre 2000. Le dispositif TuttelNet® obtint en 2002 le premier prix de la Lettre de l'Étudiant [4] au titre des dispositifs pédagogiques innovants. L'outil développé par l'école pour assurer les sessions synchrones, et dont la suite de cet article traite plus particulièrement, fut primé par la Fondation Louis Leprince Ringuet en 2002 également [5]. Plus de 200 étudiants ont été depuis formés à distance dans le cadre TuttelNet® pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur.

## **Problématique générale de conception d'un outil synchrone pour l'enseignement à distance et basé sur Internet**

L'expérience acquise dans le cadre TuttelVisio®, nous a servi de modèle pour la conception du système assurant les sessions synchrones de la formation TuttelNet®. Avec l'outil Visiocentre® l'enseignant, situé par exemple à l'ENIC, dispensait son cours en temps réel en direction d'un certain nombre de centres distants (typiquement 5 dans notre configuration Enic). Il pouvait montrer un document, annoter une feuille blanche, déporter un écran d'ordinateur ou encore montrer son visage. Il était seul, sans opérateur, et disposait donc d'une application spécifique lui permettant de contrôler complètement sa session de cours (réagir à des questions d'étudiants, leur donner la parole, contrôler la présence visuelle des étudiants etc...). Pendant ces sessions les étudiants étaient regroupés dans des salles spécialisées, appelées Visiocentre®, et équipées spécifiquement (présence de télécommandes ou pupitres pour poser une question, caméra sur rotule, ordinateur de contrôle, logiciels spécifiques etc...). Avec l'avènement d'Internet, et surtout sa banalisation, il nous est apparu qu'il devenait possible d'atteindre l'étudiant salarié non pas à proximité de chez lui, comme on le faisait en TuttelVisio, mais chez lui, c'est à dire dans son entreprise ou à son domicile. La condition pour ce dernier était d'avoir à sa disposition un ordinateur connecté à Internet et de disposer simultanément d'une connexion téléphonique pour les échanges audio. Une fois ces préalables techniques posés il nous restait à mettre en place une solution reproduisant les fonctionnalités éprouvées des sessions synchrones de TuttelVisio® et les adaptant, voire les enrichissant le cas échéant, à ce nouveau contexte. L'outil développé par l'école s'appelle Tuttelcast® et la suite de cet article décrit les considérations qui ont guidé son développement.

### **Fonctionnalités cibles d'une session synchrone**

L'usage TuttelVisio® nous a montré qu'en situation de télé-enseignement synchrone l'enseignant répartit ses activités de la façon suivante :

- Mode *annotation* : 40 % du temps environ est consacré à l'annotation sur tableau blanc ou sur document existant. Ceci est particulièrement vrai pour les situations pédagogiques dominantes dans notre formation c'est à dire le cours ou les travaux dirigés. D'une façon générale plus la session est interactive, plus l'enseignant a tendance à écrire.
- Mode *diaporama* : 15 % du temps environ est consacré au diaporama. Cette forme est surtout caractéristique du mode conférence où l'enseignant dispose en support d'un jeu de « transparents ». Son utilisation est très variable d'une session à l'autre et peut fréquemment ne pas exister du tout.
- Mode *document* : 15 % des échanges verbaux s'appuyant sur des documents écrits dont la possession est commune aux enseignants et aux étudiants, par exemple un polycopié de cours.

- Mode *verbal* : 15 % du temps environ consacré aux échanges purement oraux.
- Mode *interactif* : 15 % du temps environ consacré à un échange interactif avec un étudiant.

Chacun de ces modes suppose une certaine forme de visualisation de la séance côté étudiant.

Ainsi en mode annotation les étudiants voyaient la main filmée de l'enseignant écrivant sur un support : ce dernier était une feuille A4 et l'écriture devait être épaisse pour rester visible à l'utilisateur final après les traitements successifs tel que codage vidéo, compression, multiplexage, transmission, démultiplexage, décompression, etc... Ces contraintes de surface et d'écriture déterminaient typiquement une succession rapide des feuilles A4 qui produisait sur les étudiants une impression, fréquemment mentionnée par ces derniers, de volatilité des annotations.

En mode diaporama ou document les étudiants voyaient un déport d'écran d'ordinateur ou un document filmé. Là aussi, compte tenu du contexte de visiophonie, la qualité native de l'écran d'ordinateur est fortement dégradée en raison des traitements de codage déjà mentionnés.

En mode verbal les étudiants doivent voir le visage de l'enseignant. Cela était possible dans notre système mais curieusement assez peu utilisé en raison certainement d'une pudeur instinctive de l'intervenant qui, rappelons le, contrôle complètement sa session. Seuls les enseignants très familiers du système, et possédant également un certain niveau de conscience du vécu étudiant, le faisaient. Les audits de ce système d'EAD nous ont d'ailleurs montré que les étudiants étaient avides de manifestations humaines de l'interlocuteur distant (la main qui écrit, le visage de l'enseignant etc...).

En mode interactif le système visiocentre procurait à tous les centres une image filmée de l'étudiant obtenue au moyen d'une caméra montée sur rotule et d'un repérage de l'étudiant par le pupitre utilisé pour produire sa question. Ce système sophistiqué, destiné à enrichir l'interaction professeur-élève a eu parfois pour effet, malgré son caractère parfaitement opérationnel et sa simplicité de mise en oeuvre, d'inhiber cette interaction : en effet, la perspective pour un étudiant d'être filmé en gros plan et de voir son image diffusée dans l'ensemble des centres connectés provoquait fréquemment chez ce dernier un réflexe d'auto-censure.

### **Adaptation de ces fonctionnalités au contexte TuttelNet®**

Ce dispositif, basé sur les technologies de télécommunications classiques et la visiophonie, a donc été entièrement repensé pour être porté sur une infrastructure Internet. Le dispositif actuel est devenu le suivant :

- La partie audio est typiquement, mais pas seulement, basée sur les moyens de télécommunications classiques, en l'occurrence la réunion téléphonique.

- La partie data est basée sur Internet. Elle est mise en oeuvre au moyen d'un ensemble d'applications (maître [Fig. 1], étudiant [Fig. 2] [Fig. 3], serveur) spécifiques. Ces dernières ont été entièrement conçues et développées par l'ENIC [6 ; 5].

Les sessions synchrones utilisant cette plate-forme se nomment télégroupes. Un télégroupe permet de regrouper virtuellement un enseignant et plusieurs dizaines d'étudiants (actuellement nous fonctionnons avec des groupes de 45 étudiants). L'enseignant est, comme pour TutelVisio®, seul. Il dispose d'une application qui lui permet de contrôler complètement sa session. Cette application lui est présentée au moyen d'une tablette graphique incorporant l'écran dans sa surface tactile [Fig. 1]. L'enseignant n'est pas un informaticien ni nécessairement initié à l'usage de cet outil : comme pour TutelVisio® ce dispositif à vocation à être utilisé, côté professeur, par n'importe quel enseignant. Un temps de prise en main raisonnable suffit généralement à en acquérir une maîtrise minimale.

Les modes d'utilisation évoqués précédemment ont été repris et améliorés à chaque fois que cela était possible.

- Le mode *annotation*, le plus important en fréquence d'utilisation, a corrigé l'essentiel des limitations qu'il présentait dans le système TutelVisio®. Ainsi les pages d'annotations ont le même format côté enseignant et étudiant : ce que voit l'enseignant est ce que voient les étudiants. Les pages d'annotations (métaphores des feuilles A4) sont, côté étudiant, téléchargées et présentées en temps réel au fur et à mesure de leur élaboration par l'enseignant (c'est le mode normal), ou téléchargées en cours de conférence de façon asynchrone, ou même téléchargées après le cours. Les étudiants ont la possibilité de les sauvegarder, imprimer, convertir au format pdf, etc... En outre un étudiant normalement synchronisé à la page d'annotations courante a la possibilité de se désynchroniser pour consulter une page précédente, et de se re-synchroniser par la suite. Le sentiment de volatilité évoqué précédemment est donc éliminé. Les étudiants accèdent ainsi à une possibilité que le cours présentiel ne peut offrir : celui de disposer automatiquement des notes effectuées par l'enseignant pendant son cours. Ils ont d'ailleurs largement déterminé les spécifications de notre système sur cet aspect (voir *Contraintes sémantiques*).
- Le mode *diaporama* est également proposé. L'enseignant peut prévoir et organiser la visualisation d'une série de documents préexistants. Un formatage très simple de ces derniers est éventuellement nécessaire. Le mécanisme de propagation de ces documents est entièrement basé sur le Web : l'enseignant peut naviguer à travers les documents préparés ou naviguer librement sur Internet (c'est un mode que nous avons appelé Navigation libre) : dans tous les cas son cheminement est reproduit en temps réel et en

multipoint auprès des étudiants (il s'agit d'une fonctionnalité qu'on trouve dans d'autres contextes également qui se nomme cobrowsing, ou web synchronisé). Un mécanisme visuel d'acquiescement permet à l'enseignant de s'assurer que chaque étudiant a bien reçu la totalité du document en question (les conditions de connexion peuvent en effet varier beaucoup d'un étudiant à l'autre). Ces documents peuvent être également annotés par l'enseignant. Là aussi l'étudiant peut se désynchroniser pendant la séance, puis se resynchroniser avec l'enseignant. Le système permet également la consultation après coup des documents présentés par l'enseignant.

- En mode *verbal* ou *interactif* l'enseignant et les étudiants sont en communication audio dans le cadre d'une réunion téléphonique : l'échange y est plus spontané et fréquent qu'en visiocentre.

Par ailleurs le visage de l'enseignant est accessible sous la forme d'une vignette vidéo : un serveur de streaming est en effet couplé à notre système : l'enseignant est filmé, son image est encodée et diffusée par internet auprès des étudiants qui le souhaitent. Il ne s'agit pas d'un aspect fondamental de notre application puisque le suivi d'un cours à distance ne nécessite nullement la mise en oeuvre de cette fonctionnalité. Même si la diffusion de son image vidéo peut ponctuellement humaniser la relation enseignant-enseignant cela ne constitue pas une réponse au problème de l'atomisation des étudiants qui résulte de la mise en place de ce système de diffusion individualisée de cours et de l'appauvrissement relationnel qui pourrait en résulter. Nous avons répondu à ce problème de façon organisationnelle, et non technique (voir *Evaluation*).

De même le flux audio accessible dans de très bonne condition par réunion téléphonique et délivré sous la forme d'un streaming audio dans des conditions dégradées (décalage, half-duplex, compression...) : cette modalité est utilisée néanmoins dans certains cas où les étudiants ne peuvent avoir accès au téléphone (numéro vert) : étudiants à l'étranger, ou conditions minimales de connexion par exemple. Si la technologie Internet nous a permis de corriger un bon nombre des défauts présentés par le système visiocentre, elle nous a permis également d'ajouter des fonctionnalités qui n'étaient pas envisageables avec les technologies précédentes. Ainsi :

- Un *chat* accompagne l'outil. Il est très utilisé pour permettre la discussion des étudiants entre eux. Il est rarement utilisé pour dialoguer avec l'enseignant : pour ce dialogue l'audio est beaucoup plus naturel.
- Une liste des connectés : chacun a connaissance, par leurs noms en particulier, des participants à la session.
- Les étudiants peuvent échanger entre eux des documents ou des pages d'annotations. Ils peuvent également produire eux-mêmes des pages d'annotations.
- L'accès à l'audio est diversifié : outre la réunion téléphonique (qui est le moyen d'accès normal à l'audio) et le streaming, nous avons implémenté une interface utilisant des modalités mixtes (IP/PSTN)

d'accès au son, avec le soutien de la fondation Louis LePrince Ringuet [5]. D'autres modes d'accès à l'audio dans un contexte multipoint sont encore en cours d'étude [6 ; 7].

### **Solution spécifique ou générique ?**

Le cahier des charges décrit précédemment résulte donc directement de l'expérience accumulée en visiophonie interactive et multipoint avec TutelVisio®. Cela nous a conduit finalement à la conception et l'implémentation d'une architecture et d'un ensemble de logiciels spécifiques.

Nous nous étions néanmoins posé la question de l'utilisation d'une solution existante (par exemple NetMeeting® [8] ou VNC [9]). Nous avons conclu par la négative pour les raisons décrites ci-après.

### **Contraintes topologiques**

L'enseignement synchrone à distance est une modalité particulière de mise en oeuvre d'une session de travail collaboratif. Le modèle visé est présidentiel : le professeur contrôle la session. L'information circule essentiellement selon un schéma de diffusion de  $1$  vers  $N$  (mais rien dans notre système n'interdit d'autres formes de circulation de l'information entre les membres). Les solutions de partage d'application existantes n'incorporent pas toujours nativement cette architecture multipoint et lorsqu'elle le font (VNC par exemple) l'implémentation qui en est faite n'est pas toujours compatible avec le grand nombre d'étudiants de notre formation.

En outre les topologies de connexion choisies par ces solutions ne nous convenaient pas, en particulier la logique de connexion proposée pour l'application maître (voir *Contraintes de sécurité*).

### **Contraintes sémantiques**

Dans un contexte de partage d'application celle-ci réside sur le poste maître et se trouve accessible à distance par l'ensemble des étudiants. Ces derniers n'accèdent qu'à une visualisation (éventuellement un contrôle) de l'application maître distante. Ils ne disposent donc pas des données informatives (annotations, diaporamas, dans notre cas par exemple) sur leur poste de travail puisque celles-ci sont gérées par l'application maître distante.

Il est frappant de constater, qu'à cet égard, la situation est semblable à celle qui était mise en oeuvre dans la formation TutelVisio® : le suivi est proposé dans le cas TutelVisio® au moyen d'un flux vidéo, et dans le cas de partage d'application il s'agit d'un flux de données.

Au niveau de l'utilisateur ces deux solutions imposent un synchronisme absolu et font des étudiants les spectateurs passifs (en tout cas sur le plan des outils) du cours qui leur est dispensé. Les étudiants reçoivent un flux de données qu'ils ne peuvent contrôler pendant la session et dont il n'existe plus de trace après la session.

Les fonctionnalités mises à disposition dans notre

système pour, par exemple, se désynchroniser de la page courante pour consulter la page précédente, ou trier, sélectionner, modifier, convertir, imprimer les pages sont inaccessibles parce que dépourvues de sens, dans un contexte de partage d'application ou de visiophonie. L'objectif sémantique d'éliminer le phénomène de volatilité des annotations est alors, comme en visiophonie, difficilement atteignable.

Ces pages d'annotations se sont révélées importantes pour les étudiants. C'est sous leur pression que nous avons été amenés à compléter les fonctionnalités (et procédures) associées à ces pages : ils ont d'ailleurs parfois développé certaines d'entre elles. Citons entre autres : le marquage systématique des pages (avec titre de la conférence, numéro de page, date, etc...), la conversion (*pdf* en particulier), l'impression, le chargement asynchrone des pages, l'échange de pages entre participants.

Ces raisons, et d'autres développées ci-après, motivent notre choix de ne pas opter pour une solution existante de partage d'application ; notre solution consiste au contraire à mettre à la disposition des utilisateurs des applications distinctes et communicantes. Cela nous donne la possibilité d'enrichir le jeu des fonctionnalités proposées en fonction de la sémantique des usages (professeur, étudiants).

### **Contraintes de charge**

Les solutions basées sur le partage d'application [9] ne supporteraient pas, sans une ingénierie lourde, les contraintes volumétriques que nous avons à supporter : nos télégroupes peuvent regrouper plus de 40 étudiants et pour une durée de session de 4 heures typiquement.

Il nous a fallu imaginer une topologie de connexion spécifique à notre problème et adaptée à un groupe de cette taille. Notre architecture comporte donc un serveur distinct et dédié au travail de duplication des flux engendrés par cet aspect multipoint. Ce serveur constitue le point central où convergent les données émises par la position professeur et chacune des positions élèves. Nous avons également créé un format de données échangées compatible avec les contraintes de charge que cette situation impose (voir *Contraintes protocolaires*).

### **Contraintes de sécurité (contrôle d'accès et firewall)**

Ce serveur de diffusion est couplé à un serveur d'autorisation qui contrôlent par ailleurs l'ensemble des droits de notre système d'information d'école : le problème de l'accès au télégroupe est ainsi ramené au problème général d'accès à une ressource partagée. Il n'y a donc pas nécessité de gestion distincte des droits et des utilisateurs pour l'accès au session synchrone de cours.

En outre une architecture centralisée autour d'un serveur facilite, par la topologie de connexion qu'elle engendre, la capacité de connexion des étudiants, voire du professeur. En effet de plus en plus de sites d'entreprise (la majorité de nos étudiants se connectent depuis leur site d'entreprise)

sont protégés par des dispositifs tels firewall, NAT, adresses privées, etc... Dans notre architecture l'accès au service depuis le poste étudiant s'effectue par le biais de connexion sortante vers le serveur de diffusion installé sur une adresse publique.

### Contraintes protocolaires

Le protocole applicatif spécifie le format des données échangées entre les applications elle-même. Sa spécification s'est révélée cruciale dans notre dispositif notamment pour ce qui concerne l'usage le plus sensible (et le plus délicat) qui est l'annotation.

Les systèmes à partage d'application (partage de tableau blanc par exemple) fonctionnent par échanges de zones d'écran (*bitmap*). Le protocole RFB [10] utilisé par l'application du domaine libre VNC procède par échange de blocs rectangulaires de pixels en fonction des besoins de rafraichissements d'images générés par les changements d'état de l'application maître. Ces changements d'états relatifs aux portions d'écran modifiées, sont repérés par l'application maître selon une heuristique paramétrable (par exemple basée sur la position du curseur, ou sur la notion de fenêtre active, etc...). D'autre part une négociation s'opère entre l'application maître et chaque application cliente pour échanger un certain nombre de caractéristiques du système d'affichage de l'un et de l'autre : résolution, gestion des couleurs, états de mise à jour, etc... Il y a donc individualisation de l'échange d'information avec chaque client et donc prise en compte individualisée des besoins de chacun au niveau de l'affichage. L'application maître a donc en charge dans ce cas un travail de diffusions différenciées et concernant un volume de données important.

Dans notre architecture, nous avons préféré, d'une part dédier à un serveur distinct de la position professeur ce travail de diffusion et d'autre part en préserver le caractère indifférencié. C'est à cette condition que nous avons pu atteindre des temps de réponses acceptables malgré le nombre élevé de clients connectés. Pour cela nous avons conçu un protocole purement applicatif (donc délivré des contingences des systèmes graphiques, en particulier). Celui-ci consiste en la spécification d'un langage spécifique d'annotations et pour lequel les notions de compacité ont joué un rôle déterminant. Nous n'avons pas cherché, avec ce langage, à décrire la page d'annotations en cours d'élaboration mais plutôt à décrire les événements qui l'ont créée. Ces événements sont relatifs au stylet utilisé par l'enseignant : il s'agit essentiellement de la position de ce dernier sur l'écran (tous les mouvements de stylet sont en effet envoyés sous cette forme même ceux qui n'aboutissent pas à une écriture ; ils sont vus côté étudiant sous la forme d'une icône graphique [Fig. 3] semi-transparente permettant à l'enseignant de désigner une portion d'écran). Parfois une information de changement d'état est envoyée également (nouvelle couleur de trait, nouvelle pression exercée sur le stylet (l'application gère les pleins et les déliés), caractères clavier etc... Les

applications professeur et étudiantes n'ont donc plus qu'à s'échanger à la volée les données événementielles "légères" décrivant les événements d'annotations (pour ne prendre que cet exemple), et le serveur de diffusion peut se concentrer sur son rôle de duplicateur efficace d'un flux peu volumineux. Les flux concernés sont de 4 à 20 fois moins importants qu'un transfert par *bitmap* [11] et évitent une gestion de cohérences différenciées des états et des paramètres graphiques relatifs à chaque station de travail des étudiants.

Le résultat est que, sur un plan ergonomique, les étudiants suivent, malgré leur nombre élevé, les mouvements du crayon de l'enseignant sans les saccades engendrées par la mise à jour plus ou moins laborieuse des blocs graphiques caractéristiques des systèmes à base d'échanges de *bitmap*. En outre ils disposent, au même titre que les autres participants ou que l'enseignant lui-même, de ces annotations et de la capacité de les traiter, convertir, annoter, échanger, imprimer, sauvegarder, etc...

### Evaluation

Le système d'enseignement à distance proposé par l'école a, plusieurs fois, été audité en tant que dispositif pédagogique global. L'évaluation de la partie spécifique de ce dispositif traitée par cet article (le système de télégroupe TuttelCast®) est un élément de cette évaluation. Le point essentiel à cet égard est l'affirmation suivante extraite d'un rapport d'étude [12] évoquant le passage de TuttelViso® à TuttelNet® : "Le changement technique opéré n'avait pas sa finalité en lui-même". Notre projet était en effet de conserver grosso-modo les équilibres d'une formation dans la distance tout en les adaptant à des technologies qui, entre temps, ont connu une diffusion et une accessibilité considérables. L'évaluation complète du dispositif pédagogique sort du cadre de cet article consacré à la partie synchrone de ce dispositif.

Pour ce qui concerne ce dernier aspect, la conséquence la plus notable de cette évolution technique est l'atomisation des apprenants pendant ces sessions de regroupements virtuels. En effet dans cet effort pour [12] "...desserer les contraintes portant sur la localisation géographique des salariés déjà en activité et susceptibles de chercher l'obtention d'un titre d'ingénieur." Le regroupement partiel des étudiants salariés en Visiocentres est abandonné au profit d'une délivrance de la formation [4] "... sur le bureau du cadre". Soucieux de compenser la socialisation des étudiants résultant de leur regroupement en Visiocentre, si importante dans un processus de formation, nous avons décidé de modifier en conséquence le modèle pédagogique : ainsi les étudiants sont assujettis à être présents "physiquement" à l'ENIC une semaine sur sept. Cette mesure a permis de recentrer la formation sur l'institution elle-même (et non sur une de ses antennes) et de refonder une socialisation des étudiants sur leur promotion (au lieu de la fonder sur les groupes locaux résultant de la logique géographique des regroupements).

Par ailleurs au sein de l'école des commissions tripartites

(administration, enseignants, étudiants) permettent très régulièrement de faire le bilan des modules d'enseignements qui ont eu lieu dans la période qui les précède. Un aspect notable de ces "Conseils d'Elèves Ingénieurs" est la quasi-disparition de discussion sur la technologie elle-même : on y parle de pédagogie, de qualité des supports, de qualité des enseignants, d'exams, etc... comme dans les équivalents présentiels de ces formations. Cela signifie que les modalités techniques sont acceptées par les étudiants et que les outils proposés, ainsi que les technologies sur lesquelles ils s'appuient, sont parvenus à un niveau de maturité suffisant pour se faire oublier.

## Transférabilité

Pour les raisons évoquées précédemment ce dispositif est vertical. Il a été conçu, développé et déployé pour une situation pédagogique dominante qui est celle du cours magistral ou interactif avec utilisation de supports tels que diaporama ou tableau blanc. Il est utilisable et transférable dans tout contexte compatible avec ce mode d'intervention (exposé, conférence, cours, travaux dirigés, etc...). Nous avons également réalisé des adaptations de ce dispositif à des contextes où d'autres technologies de communication étaient mises en œuvre : en l'occurrence la diffusion vidéo par satellite dans le cadre d'un projet européen [13]. Outre cette adaptation technique, la localisation des logiciels concernés a été réalisée en Anglais et en Danois.

L'ENIC a assuré seule la R&D relative au système TuttelCast®. Elle est propriétaire du code source des logiciels utilisés (50 000 lignes environ, C++ et Java) qu'elle peut donc adapter en fonction des contextes d'utilisation envisagés.

## Conclusions

Ce système est le résultat de l'expertise accumulée par notre école dans le domaine de l'enseignement à distance initiée par une activité de R&D importante dans le domaine de la visiophonie. Son élaboration a comme caractéristique d'avoir été entièrement, et pragmatiquement, guidée par les besoins exprimés par l'institution, par les étudiants et par les enseignants.

Pour l'institution il s'agit d'adresser un public de formés inatteignables par les moyens de l'enseignement classique présentiel. Nous dispensons en effet une formation lourde et la possibilité de rendre compatible cette formation avec la disponibilité du salarié dans son entreprise permet bien entendu un élargissement du public ciblé. Compte tenu de ce contexte économique, il est évident également que la solution proposée doit rester compatible avec les impératifs de rentabilité assignés à cette formation en terme d'investissement (essentiellement R&D et production de supports) et en terme de fonctionnement. En fonctionnement le poste le plus élevé est la facturation des connexions téléphoniques nécessitées par les télégroupes, environ 10 000 h par an. Il faut noter que ce coût d'une session est, en dehors de la rémunération de l'enseignant,

strictement proportionnel au nombre d'étudiants : dans notre modèle économique ce point est important car il nous délivre d'un effet de seuil de rentabilité lié, dans le précédent système Visiocentre®, à la mobilisation d'une ressource lourde, la salle Visiocentre® précisément, pour un effectif éventuellement insuffisant. Ce dispositif, et notamment son volet synchrone, a atteint ces objectifs institutionnels.

Nous n'exigeons pas de nos enseignants qu'ils soient rompus aux technologies multimédias ou spécialisés dans l'enseignement à distance. Notre approche est au contraire de mettre à disposition des services et des dispositifs permettant à ces derniers de s'affranchir de ce type de compétences. La production de supports en ligne s'effectue selon une méthodologie et un processus formaté et éprouvé avec notre service multimédia : la totalité de notre cycle d'ingénieur (et celle de bon nombre d'autres écoles, entreprises ou institutions) a ainsi été produit en ligne pour une consultation à distance. Par ailleurs les séances synchrones sont mises en œuvre sous leur forme Internet depuis quatre ans par l'ensemble des enseignants de l'école et les intervenants extérieurs associés dans les domaines scientifiques et techniques, sciences humaines, économie gestion, langues sans susciter de réaction de rejet. Une prise en main minimale de l'outil permettant la mise en œuvre des fonctionnalités les plus courantes (tableau blanc, diaporama et annotations sur documents) peut être effectuée en une vingtaine de minutes.

Les étudiants se sont également appropriés largement ces outils. L'application spécifique qu'ils utilisent pour le suivi des télégroupes (TuttelBrowser®) a évolué dans sa conception et son ergonomie sous l'influence des retours d'utilisation de ces derniers. Les prérequis techniques pour l'accès à ces sessions, c'est à dire essentiellement la disponibilité simultanée d'une connexion Internet et d'une liaison téléphonique, n'a pas, même en 2000, année de déploiement du système, constitué un facteur de blocage.

Notre système n'étant pas basé sur une solution de partage d'applications, il ne peut donc pas, en l'état, servir pour effectuer, par exemple, de la prise de contrôle à distance (pour de l'assistance à l'étudiant) ou comme plateforme de démonstration de logiciel à distance. Ce type d'utilisation correspond à un besoin ponctuellement, mais régulièrement, exprimé par les utilisateurs. C'est la raison pour laquelle nous travaillons actuellement pour d'une part intégrer ce type de fonctionnalités dans notre système, et d'autre part, et c'est là le point le plus délicat, rendre compatibles ces fonctionnalités nouvelles avec les effectifs de nos classes virtuelles et les contraintes de charges qu'ils engendrent.

## Références

- [1] P. VINCENT and J.F. COLIN. Visioconferences and throughput. French-Hungarian seminar Budapest, October 1995.
- [2] P. VINCENT, J.F. COLIN, C. TOMBELLE, and A. MEDDAHI. Visiocentre from technics to uses. Educa

Conference Berlin, November 1995.

[3] P. VINCENT, J.F. COLIN, and C. TOMBELLE. Multimédia, germe d'innovations. Workshop Ganymède. CHR Lille, June 1994.

[4] V. MISERY and J.C. DAMIEN. Le dispositif tuttelnet® de formation d'ingénieur. Paris, October 2002.

[5] J.F. COLIN. Conception et réalisation d'un outil de téléreunion utilisé dans le cadre du cursus tuttelnet de l'enic. – INT - Evry 2002, May 2002. Présentation du Prix de la Fondation Leprince Ringuet.

[6] P. VINCENT, J.F. COLIN, and K. SBATA. A multipoint based architecture . Caucun, May 2002. IASTED International Conference.

[7] A. MEDDAHI and J.F. COLIN. Mobility issues in the context of enhanced services : distance learning/elearning services . Caucun, May 2001. Terena networking conference.

[8] Microsoft. Netmeeting.

<http://www.microsoft.com/windows/netmeeting/>

[9] T. RICHARDSON. Virtual network computing. IEEE Internet Computing, Feb 1998.

[10] K.R. WOOD and T. RICHARDSON. The RFB protocol. In ORL Cambridge, January 1998.

[11] J-F. Colin. Visualisation à distance du travail sur logiciel : un état de l'art. RasterTech, MITI N-PdC, Spt 2003.

[12] P. Grevet. La distance dans les formations de l'ENIC de 1994 à 2002. Rapport de recherche du Contrat de Plan CNRS, Conseil régional N/PdC, March 2003.

[13] VirTEPPE. Virteppe learning environment. <http://www.virteppe.net/>, November 2001.



FIG. 1 – La position professeur dans le dispositif TuttelNet®

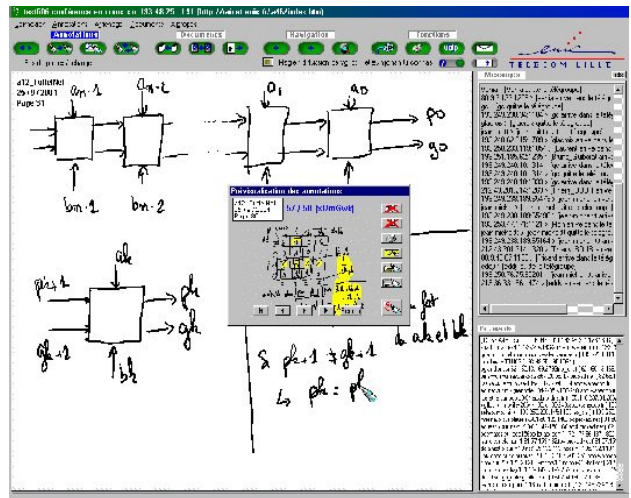


FIG. 2 – L'interface applicative côté élève (sans vidéo), en mode annotation.

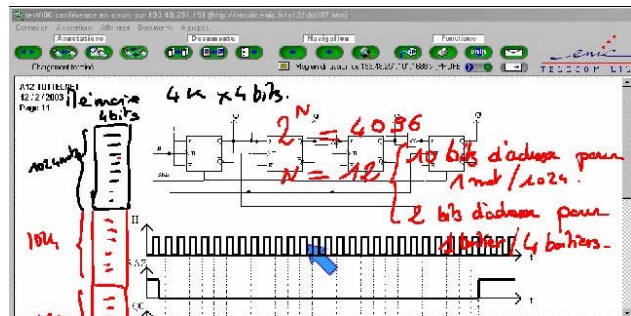


FIG. 3 – L'interface applicative côté élève en mode document annoté (vue partielle)

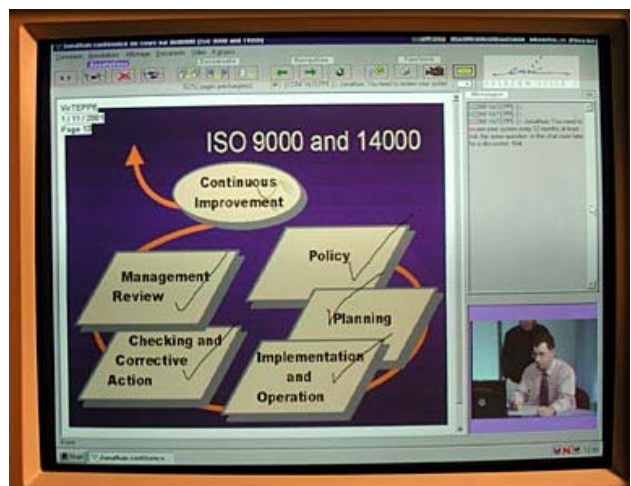


FIG. 4 – Virtual Learning Environment (inclusion vidéo)