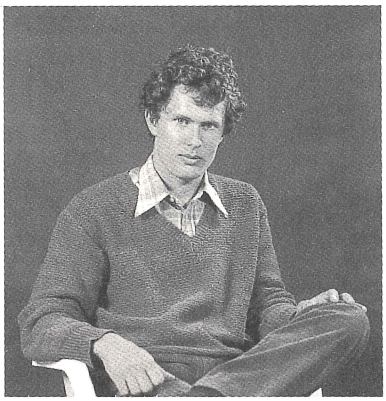
SAVANT : l'enseignement assisté par télématique dans la formation des ingénieurs de l'ENST

J.L. Dessalles



Jean-Louis Dessalles, *né le 21 octobre 1956.*
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique et de l'ENST, il travaille depuis 1981 à l'ENST sur les applications des nouvelles technologies à l'enseignement.

L'outil baptisé SAVANT est un service vidéotex mis à la disposition des élèves-ingénieurs de l'ENST, leur offrant ainsi la possibilité d'une approche autonome, plus facile et plus directe du contenu de leurs cours. Il s'agit d'un défi lancé aux méthodes traditionnelles de présentation des informations théoriques et techniques, puisque SAVANT est couramment et spontanément utilisé par les élèves de l'ENST, en marge des cours normalement programmés.
Cet article décrit le système SAVANT et l'analyse qui a conduit à sa conception. Il ouvre des perspectives sur les prolongements du système, notamment dans le domaine de l'utilisation de la vidéocommunication dans l'enseignement ■

Présentation

L'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications a pour mission de former des ingénieurs de haut niveau dans les techniques de pointe de la communication. Il est donc normal et même indispensable que l'ENST recherche des méthodes de transmission des connaissances qui fassent appel à ces nouvelles techniques et qui viennent compléter utilement l'usage trop traditionnel du tableau et de la craie.
Le système SAVANT (Système d'assistance visuelle à l'apprentissage de notions théoriques, encadré 1) est le fruit de cette préoccupation. Conçu dès 1980, il offre aux élèves de l'ENST un moyen rapide et efficace pour accéder, depuis leur chambre d'étudiant, aux notions enseignées dans les cours de l'école et ceci grâce à un simple terminal vidéotex connu sous le nom de minitel.

Le but poursuivi par les créateurs de SAVANT était de mettre à la disposition des élèves un outil d'apprentissage supplémentaire, sans chercher à le substituer aux moyens traditionnels. De plus, le système ainsi conçu se devait d'être rapidement opérationnel en vraie grandeur, étant donné l'ampleur des problèmes de formation et la nécessité pour l'ENST de rénover rapidement ses méthodes d'enseignement.

Face à ces contraintes, nous avons cherché à cerner dans le détail certaines des faiblesses de la communication enseignant-enseigné, dans le contexte très particulier d'une Grande Ecole d'ingénieurs. Nous avons ensuite étudié les méthodes modernes existantes, notamment les différentes formes d'enseignement assisté par ordinateur (EAO).
Face à l'inadéquation entre les contraintes du problème et les solutions proposées par l'EAO, nous avons pris la décision de développer un système original organisé autour d'une encyclopédie électronique.
L'apport de la télématique consiste principalement, dans le système SAVANT, à diminuer considérablement le temps d'accès à l'information théorique, mesuré entre le blocage de l'élève qui lit son cours et la compréhension de l'information qui lui manque pour continuer.
La première version de SAVANT a été remaniée plusieurs fois à la lumière des expérimentations auprès des élèves, jusqu'à la forme stabilisée actuelle. Un nouveau système, baptisé SAVANT 2, verra sans doute le jour au cours de l'année 84, mais avec cette fois un saut qualitatif, puisqu'il s'agit d'intégrer le vidéotex de SAVANT dans un système de vidéocommunication interactive, dans le but d'offrir aux élèves de l'ENST des aides supplémentaires à l'apprentissage intégrant les avantages de l'audiovisuel.

1. Le système SAVANT

SAVANT (système d'assistance visuelle à l'apprentissage de notions théoriques) est organisé autour d'une encyclopédie vidéotex d'environ 2000 écrans.
SAVANT comporte actuellement 13 cours et son dictionnaire contient 600 mots.
Le vidéotex a été choisi en raison des trois atouts majeurs qui le distinguent des autres systèmes d'affichage sur écran :
– la normalisation (transport et visualisation) qui entraîne le faible coût du terminal ;
– la qualité de la visualisation (hiérarchie des tailles et des niveaux de gris) ;
– l'existence de processeurs spécialisés de création de pages très ergonomiques.

Satisfaire de nouveaux besoins

Un «plus» pour les élèves

C'est au début de 1980 qu'a débuté l'étude d'un système d'aide à l'apprentissage destiné aux élèves ingénieurs de l'ENST. Il s'agissait de fournir aux élèves un système automatique, disponible à domicile, qui leur offre certaines informations relatives aux cours étudiés (références, données factuelles, explications complémentaires, démonstrations, etc.). L'éventualité d'utiliser ce qui allait devenir le système Télétel était déjà envisagée. Par ailleurs, la volonté de constituer un système rapidement opérationnel était clairement affirmée dès le départ.
Face à ces exigences, il fallait tenir compte du cadre dans lequel devait s'insérer un tel système. L'ENST accueille des élèves qui sont censés prendre en charge leur formation en utilisant les moyens (enseignants, laboratoires) mis à leur disposition. Autrement dit, il s'agit d'une population «non-captive» et il n'était pas question d'obliger les élèves à passer devant un terminal à heure fixe, comme cela se pratique dans certaines utilisations de l'EAO. Ainsi, dès le début, nous étions conscients qu'une des sanctions principales du système serait son taux d'utilisation spontanée. Pour réussir, il fallait donc apporter un «plus» significatif aux élèves, dans le cadre d'une utilisation privée ou en libre-service.
Mais il fallait aussi tenir compte des enseignants ! Une enquête d'acceptabilité, effectuée en juin 1981 par le CFSM (Centre de formation supérieure au management), a mis en évidence ce point essentiel : un tel système d'aide à l'auto-apprentissage ne pourrait être réalisé qu'avec la collaboration active des enseignants. Or, ceux-ci étant à la fois enseignants et chercheurs, beaucoup ne voyaient pas la nécessité de changer ou de compléter leur façon d'enseigner. Pour certains même, leur rôle se limitait à délivrer l'information technique aux élèves, la forme important peu, le reste étant une question de travail de la part de ces derniers.
Nous avons donc vite constaté qu'il fallait rechercher deux types d'acceptabilité fort différents : l'un relatif aux élèves, l'autre aux enseignants.

Apprendre plus vite

L'enseignement à l'ENST pose des problèmes spécifiques. Le principal est sans doute la masse d'informations conceptuelles que chaque élève doit ingurgiter pendant sa scolarité. Ce problème existera d'ailleurs toujours, puisque le penchant naturel des enseignants, sous la pression de l'évolution des techniques, est de présenter toujours davantage de notions. Il n'était pas inutile, cependant, de chercher à améliorer l'efficacité de la transmission des connaissances dans le but de contribuer à l'amélioration de la «productivité» de l'ENST.
La plupart des informations présentées aux élèves sont de nature théorique et non factuelle. Autrement dit, l'obstacle à l'apprentissage d'une information, c'est le temps et l'énergie que doit consacrer l'élève à sa compréhension. Une fois comprise, l'information est en revanche aisément mémorisée. Le premier travail a donc consisté à mieux cerner ces obstacles à une compréhension *rapide* et *aisée*.
Une première enquête, réalisée en mars 1980, a mis en évidence la réalité du problème : deux élèves sur trois avouaient qu'ils étaient obligés de délaisser partiellement au moins une matière à chaque période d'enseignement. Le deuxième résultat de cette enquête, c'est que le cours écrit (polycopié) est de loin le principal outil utilisé par l'élève dans son travail personnel. Enfin, concernant ces supports polycopiés, cinq défauts principaux ont été dégagés par les élèves :
– la mauvaise présentation (typographie et hiérarchie) ;
– l'auteur se lance dans des calculs sans qu'on sache ce qu'il veut montrer ;
– le raisonnement renvoie à des résultats qu'on ne connaît pas, qu'on ne sait pas où retrouver, ou situés trop loin ;
– le déroulement des calculs est trop linéaire ;
– la signification des notations n'est jamais rappelée.
Nous sommes donc partis de cette analyse des besoins pour chercher à définir un système d'assistance à l'auto-apprentissage.

L'analyse de l'existant

Nous avons pu, dans le cadre d'une collaboration avec la société CASSIE*, étudier différents systèmes d'enseignement assisté par ordinateur. Les différents produits de l'EAO peuvent être classés selon trois groupes, cette classification n'étant bien sûr pas rigide, car certains hybrides existent.

L'approche tutorielle

L'EAO de type tutoriel est fondé sur un dialogue directif, dans lequel la machine pose les questions et guide le cheminement du cours. L'encadré 2 montre un exemple de dialogue

* CASSIE : Compagnie de l'assistance informatique pour l'enseignement

2. Exemple de dialogue de type tutoriel (d'après [1])

Quelques «cadres» visant à enseigner à des enfants de 3e ou 4e année primaire à orthographier le mot **aérodynamique.**

1. **AÉRODYNAMIQUE** veut dire : bien profilé, pour offrir peu de résistance à l'air. Les voitures modernes ont une ligne **aérodynamique.** Copiez le mot ici :

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □

2. Une partie du mot se retrouve dans **dynamisme.** Dans les deux cas, elle provient d'un mot grec, qui veut dire **force.**

A É R O □ □ □ □ M I Q U E

3. Une partie du mot se retrouve dans **aéroplane.** Elle veut dire **air.**

□ □ □ □ D Y N A M I Q U E

4. Les deux espaces vides correspondent à une même lettre.

□ É R O D Y N □ M I Q U E

5. Les deux espaces vides correspondent à un même son, mais qui s'écrit de façon différente.

A É R O D □ N A M □ Q U E

6. Les voitures modernes ont une ligne

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □

1. B.F. Skinner *La révolution scientifique de l'enseignement,* Dessart, Bruxelles, 1969

possible. Cette approche présente deux difficultés majeures : la mise sous la forme d'un dialogue souple du message et l'analyse des réponses données par l'élève.

L'approche par la simulation

Il existe de nombreux programmes de simulation utilisés dans l'enseignement, en particulier à l'ENST. Certains utilisent des outils de conception assistée par ordinateur (CAO), d'autres sont des simulations de cas ou présentent des aspects ludiques. La caractéristique d'une simulation, c'est que le programme accepte les réponses de l'élève sans les sanctionner tout de suite, de manière à étudier leurs conséquences. De tels programmes peuvent offrir des dialogues de type non-directif.

Les autres approches

D'autres approches de l'assistance automatique à l'apprentissage existent : par exemple, les programmes ludiques éducatifs ou les programmes faisant appel à l'intelligence artificielle. Nous avons écarté ces approches de nos préoccupations à cause de leur caractère actuellement non opérationnel pour une satisfaction rapide des besoins de l'ENST.

L'EAO dans une Grande Ecole

Les approches classiques (tutorielle, par simulation) nous paraissent elles-aussi inappropriées. Les simulations nécessitent un investissement très lourd qui se compte en années de programmation. De plus, elles aident à approfondir des sujets ponctuels et à acquérir des savoir-faire, ce qui ne correspond pas au besoin identifié ci-dessus : une compréhension rapide et facile des concepts. Il reste à expliquer pour quelle raison nous avons écarté l'approche tutorielle.

Cette approche est fondée sur les travaux de B.F. Skinner sur le comportement[1]. La méthode consiste, dans le cas de l'enseignement, à faire passer l'élève par une succession d'exercices élémentaires qui l'amène à coup sûr vers le résultat escompté.

Après exploration de nombreux produits existants, nous avons constaté que cette méthode tutorielle pouvait fonctionner pour enseigner des savoir-faire (méthode de calcul, recherche d'une panne, etc.). L'exercice permet alors l'acquisition de connaissances par la succession d'essais-erreurs. En revanche, pour l'apprentissage des concepts et des données factuelles (concept de mémoire RAM ou normalisation des multiplex téléphoniques par exemple), l'exercice élémentaire ne peut avoir que les fonctions suivantes :

– présenter un attrait ludique ;
– forcer l'attention de l'élève ;
– lui révéler que l'enseignant considère le concept ou le fait comme important ;
– donner un retour (feed-back) à l'enseignant, l'assurant que l'élève a compris ou a pris acte.

Ces fonctions peuvent être remplies par d'autres moyens moins coercitifs et plus supportables par des élèves adultes peu sensibles à l'aspect ludique de ce type de dialogue avec une machine.

Les réponses apportées par l'encyclopédie vidéotex

L'objectif poursuivi est, rappelons-le, d'offrir aux élèves un moyen qui facilite leurs tâches de compréhension et de mémorisation lorsqu'ils sont confrontés à une masse importante de notions nouvelles. Nous avons décidé de leur offrir une encyclopédie électronique disponible en libre-service.

Mieux structurer le message

Compte tenu des difficultés rencontrées par les élèves, il nous est apparu essentiel de faire porter un effort particulier sur la *structuration* de la matière. A la limite, si le message didactique est bien structuré, il devient inutile de questionner l'élève pour le forcer à être attentif ou vérifier qu'il a compris. Contrairement aux autres systèmes d'EAO, nous avons donc mis l'accent sur la mise en forme du message. Cette mise en forme nécessite un *retraitement complet* de la formulation habituellement adoptée dans les cours polycopiés ou les livres de référence. C'est ainsi que la matière est découpée en une suite de résultats et de raisonnements. Nous verrons ci-dessous que résultats et raisonnements font l'objet de types de présentation spécifiques et systématiques.

La mémorisation différée

Une des principales raisons qui expliquent les problèmes rencontrés

par un élève à la lecture d'un cours est une conséquence de la présentation traditionnelle des cours : l'élève ne possède pas parfaitement tous les prérequis nécessaires à la compréhension du concept qu'il est en train d'étudier ; il a, le plus souvent, oublié certains aspects des définitions qui ont été introduites en début de chapitre et cela l'empêche de comprendre un théorème qui utilise ces définitions.
Dans la présentation traditionnelle, l'auteur expose la matière sous forme *logique* et forcément séquentielle. Une notion ne peut être utilisée que si elle a été définie préalablement. En conséquence, tout chapitre débute par un catalogue de définitions que l'élève est censé ingurgiter sans connaître leur utilité.
Nous avons pensé que le bloquage de l'élève provenait de ce qu'il ne mémorisait pas de telles définitions présentées hors contexte et qu'il se trouvait dépourvu lors de l'utilisation des notions ainsi oubliées.
Nous avons donc voulu offrir à l'élève le droit à la *mémorisation différée.* C'est ainsi que, grâce à l'encyclopédie vidéotex, il peut instantanément, et de manière efficace, réviser les notions qui lui manquent.

L'accès direct aux concepts

Un cours polycopié ou un livre ne permettent pas la révision instantanée et efficace des prérequis d'un théorème par exemple, même s'ils sont munis d'un bon index. En effet, ces supports obéissent à deux exigences contradictoires : l'accès direct et l'accès séquentiel. Un document facile et agréable à lire, c'est-à-dire présentant une information organisée pour un accès séquentiel, est impropre à un accès direct (aléatoire). Dans un tel document, les définitions, les notations, les raisonnements sont dilués au fil du texte. Il est difficile, lorsqu'on est à la recherche d'un renseignement précis, de se plonger dans un contexte que l'on ne connaît pas, de rechercher la signification des notations, ou de repérer le fil d'un raisonnement. A l'inverse, un document organisé pour faciliter l'accès direct sera illisible séquentiellement, à cause des redites et de la présentation strictement «causale» (définition précise de tous les outils avant leur utilisation). Enfin, l'utilisateur d'un index se trouve démuni lorsqu'il trouve en face du nom d'une notion fondamentale plus de cinq ou six numéros de pages.
Avec notre encyclopédie électronique, nous avons voulu précisément remédier à ces défauts et à cette incompatibilité entre l'accès direct et l'accès séquentiel.

SAVANT N° 1

Le premier cours de SAVANT, constitué selon ces principes, a vu le jour en février 1981. La forme définitive de l'encyclopédie n'a cependant été atteinte qu'un an plus tard, à la suite des expérimentations auprès des élèves.

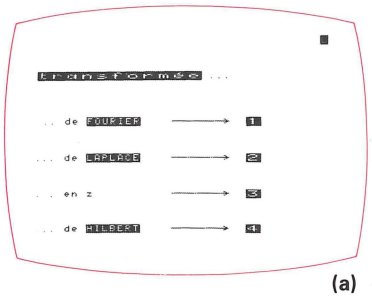
La présentation des concepts

Nous appellons *résultat* une unité de cours présentant la définition d'un concept, un théorème, une propriété, etc. Huit caractéristiques ont été retenues. Elles ont été érigées en règles empiriques à partir des exigences logiques du service à rendre et à partir de l'expérience acquise lors de la constitution des premiers cours.

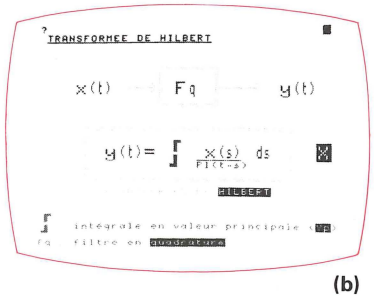
L'autonomie

L'autonomie du résultat est une conséquence de l'accès direct. Le résultat appartient à la partie encyclopédique et est donc accessible directement, par exemple par mot-clé. Ceci revient à dire que l'on ne connaît pas le passé de consultation de l'étudiant qui va lire le résultat. Le résultat doit donc être *autonome,* se suffire à lui-même en quelque sorte. Cette exigence a trois conséquences importantes :

3. L'exploration «horizontale» des cours

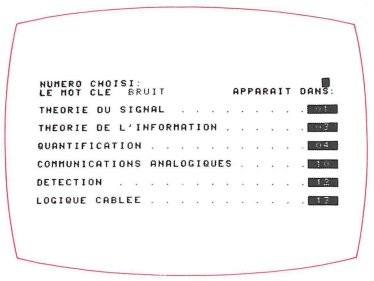


(a)

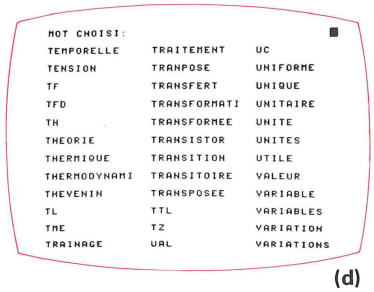


(b)

La recherche en arbre, qui permet à l'élève de préciser sa demande, lui offre aussi une occasion d'explorer *horizontalement* l'ensemble des cours.
Dans l'exemple ci-dessus (a), ayant tapé TRANSFORMÉE, l'élève peut prendre connaissance de l'existence de nouveaux types de transformées (b). Les écrans de cette recherche en arbre, volontairement créés manuellement, participent à l'élaboration d'une synthèse entre les différentes notions étudiées par l'élève.
Le programme de consultation accepte tous les mots tapés par l'élève. Il commence par chercher le mot demandé dans le cours où se trouve l'élève, puis, en cas d'échec, il le cherche dans tous les autres cours (voir (c)). Si le mot ne se trouve nulle part dans SAVANT, le programme propose la liste des mots les plus proches (voir en (d) la réponse au mot TRANSIT).



(c)



(d)

– il faut s'interdire des références implicites au contexte, du genre : « Comme nous l'avons dit plus haut,... » ou « Dans notre système linéaire, nous avons... » ;
– les références au contexte sont explicites et signalées par des mots-clés sur fond jaune ;
– la signification des notations employées doit être systématiquement rappelée en bas d'écran.

L'unité conceptuelle

Un résultat est obtenu à la suite d'une requête de l'étudiant, lorsque celui-ci est à la recherche d'une notion, d'un théorème, etc. Le résultat doit être consacré à cette notion, à ce théorème et ne pas présenter d'informations non demandées, ce qui nuirait à la clarté et à la rapidité d'acquisition du renseignement. Un résultat ne doit donc présenter qu'*un seul concept.*

La concision

Intuitivement, un concept correspond à une notion (définition, théorème, propriété, etc.) désignée par un nom. Les matières qui font habituellement l'objet d'un enseignement sont déjà découpées en une suite de concepts munis d'un nom. Pour enseigner une matière, on donne un nom à une notion qui présente un intérêt intrinsèque, mais aussi à des notions intermédiaires, afin que la définition d'une nouvelle notion en fonction des concepts déjà exposés ne dépasse jamais la taille d'un exposé aisément mémorisable. Or, ce que l'on peut mémoriser d'un seul coup, en une seule lecture, peut « tenir » dans un écran. Un résultat ne devra pas, en conséquence, *excéder un écran.*
Si cela semble impossible, l'auteur doit se demander s'il ne commet pas une faute pédagogique en présentant une notion trop complexe. Il aura intérêt, dans un tel cas, à diviser le concept en plusieurs sous-concepts auxquels il donnera des noms.

L'accessibilité

Il ne sert à rien, dans la partie encyclopédie, de présenter une information à laquelle on ne pourra pas accéder. Cette exigence, apparemment évidente, semble difficile à accepter par les auteurs débutants. Ceux-ci exposent souvent de faux concepts – par exemple des remarques ou des considérations générales – auxquels il sont incapables de donner un nom. De tels résultats sont inaccessibles.
La solution consiste soit à y renoncer, soit à les raccrocher comme commentaires à des notions précises.
Un écran peut être accessible par plusieurs mots-clés. L'auteur doit même inventorier tous les moyens d'accès à un écran donné. Réciproquement, plusieurs résultats peuvent se réclamer du même mot-clé, et l'accessiblité est rendue possible par une *recherche en arbre* (encadré 3).

La causalité

Les résultats sont rangés séquentiellement dans leur ordre logique. Afin d'éviter toute circularité, on impose que tous les mots-clés signalés en jaune à l'écran (références au contexte) permettent de consulter des résultats situés en *avant* dans le déroulement logique du cours.

Le relief

Le relief a trait à la *présentation du résultat.* Le vidéotex a été conçu entre autres pour la présentation d'informations à caractère commercial, voire publicitaire. Nous avons jugé que ce mode d'affichage de l'information convenait parfaitement à la transmission de l'information didactique. Dans les deux cas, en effet, il faut que l'essentiel « saute aux yeux », que la partie de l'information qui supporte l'intérêt soit bien séparée de l'information accessoire.
L'écran-résultat doit être conçu globalement, un peu à la manière d'une affiche publicitaire. On n'hésitera pas à inclure un schéma, aussi simple soit-il, car cela situe le cadre, motive la lecture du texte et aide la mémoire visuelle.

La nouveauté

L'information apportée par le résultat doit être nouvelle par rapport à ce qui le précède dans le déroulement du cours. Cette exigence implique la *non-redondance* à l'intérieur de la partie encyclopédique d'un cours.

La précision

Une explication doit être proposée (par mot-clé local) pour toute assertion non évidente, compte tenu du public visé.

La présentation des raisonnements

L'exposé des explications et des démonstrations fait l'objet d'une présentation spéciale qui rompt avec la linéarité des exposés écrits. Ce mode de présentation doit faciliter la lecture des raisonnements, jugée habituellement comme fastidieuse.

Les niveaux de détail

Lors d'une démonstration, certains points apparaissent plus ou moins évidents à la plupart des lecteurs. D'autres ne présentent pas d'intérêt pertinent vis-à-vis de la matière et sont alors considérés comme des détails techniques. Dans les deux cas, il est nécessaire de scinder l'exposé en plusieurs niveaux de détail, offrant ainsi plusieurs vitesses de lecture (encadré 4).
Une démonstration peut ainsi faire appel à trois ou quatre niveaux. Le passage d'un niveau donné à un niveau plus détaillé se fait pas mot-clé local : une lettre sur fond jaune. On sort d'un niveau en revenant à l'écran appelant du niveau immédiatement inférieur.
Il est important, à l'intérieur d'un raisonnement, de respecter l'homogénéité des niveaux.
L'introduction de ces niveaux tend à rendre plus aisée la transmission des raisonnements. L'étudiant garde le fil de l'« histoire », il sait quand il le quitte et quand il le reprend.

L'annonce du résultat

Pour tous les niveaux, il faut impérativement rappeler ce que l'on explique ou démontre en haut de l'écran. L'étudiant sait ainsi à chaque instant où il en est et de quoi il est question.

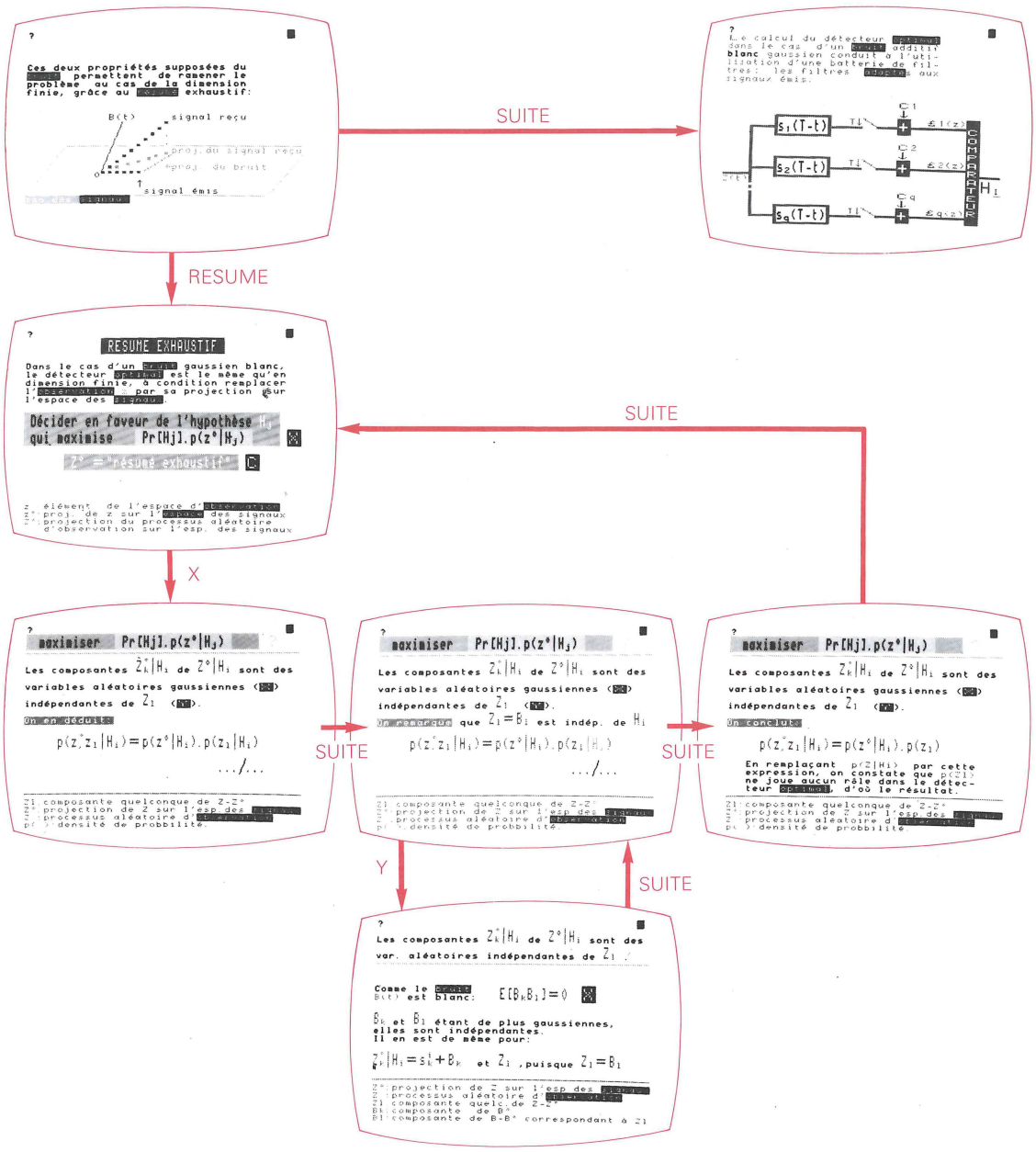
La concision

Chaque niveau d'une démonstration doit tenir *en un écran.* On peut pour cela reléguer la justification d'un maximum d'arguments dans le niveau de détail suivant. Cela permet de mettre en exergue la démarche qui conduit au résultat.

Le dialogue SAVANT : simplicité et tolérance

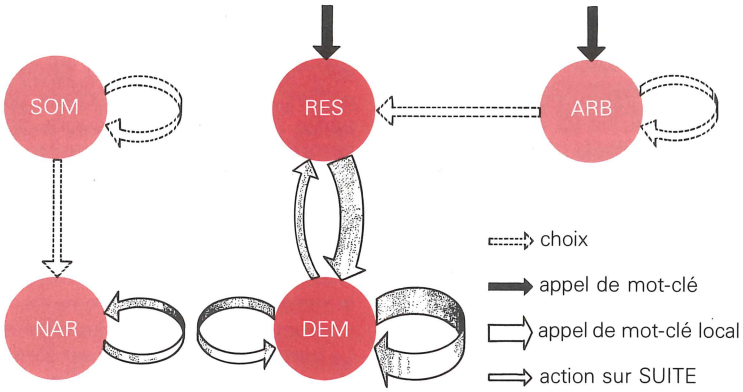
La recherche d'un résultat ou la lecture d'un raisonnement sont offerts à l'élève par l'intermédiaire d'un dialogue d'un type particulier. Le principe en est très simple. L'utilisateur peut accéder directement à une notion en tapant le nom de cette notion. Dans le cas d'un nom à plusieurs acceptions, le programme lui propose une succession de menus (recherche en arbre) qui lui permettent de préciser sa demande compte tenu des définitions disponibles.
L'accès aux raisonnements s'effec-

4. Exemple de consultation



L'élève est en train de consulter la partie narrative (en haut de la figure). Il s'interrompt pour taper le mot RESUME. Parvenu à une page de résultat, il demande une démonstration en tapant la lettre X, signalée par son fond clair à l'écran.
On peut noter que la démonstration comporte plusieurs niveaux de détail. Les trois écrans de la démonstration situés au premier niveau sont obtenus par des changements partiels dans la page (superposition d'écrans).
L'élève reste entièrement maître de son cheminement. Toutes ses actions (SUITE, RETOUR, mots-clés) sont systématiquement acceptées par le programme de consultation.

5. La structure d'un cours de SAVANT



On distingue cinq types de pages :
– les pages *résultat* (RES) où sont énoncés les théorèmes, les définitions,...
– les pages de *démonstration* (DEM) où sont exposés les raisonnements ;
– les pages de *recherche en arbre* (ARB) qui servent à aiguiller l'utilisateur qui a demandé un mot-clé à plusieurs acceptions ;
– les *sommaires* (SOM) qui proposent un accès aux chapitres de la partie narrative ;
– les pages *narratives* (NAR) qui contiennent l'exposé séquentiel.

L'auteur d'un cours sur SAVANT doit respecter un certain nombre de règles concernant l'enchaînement des pages. Ces règles sont résumées dans le graphe ci-dessus :
Le programme de consultation gère automatiquement les actions sur RETOUR, de façon à afficher la page visionnée juste avant par l'utilisateur.
Une action sur *RETOUR, de même qu'une action sur SUITE lorsqu'aucune page n'est prévue dans la structure (par exemple SUITE à partir d'une page ARB), renvoie à l'origine du dernier appel de mot-clé.

tue grâce aux mot-clés locaux. Un mot-clé local est tout simplement une lettre signalée par sa couleur jaune (claire sur les minitels). Lorsque l'élève tape cette lettre au clavier, il obtient l'explication relative au texte ou à la formule qui précède.
En définissant la forme du dialogue, nous avons voulu atteindre deux objectifs : la simplicité d'utilisation du système et l'élimination des refus de réponse de la machine.
Sur ces deux points, nous avons voulu éviter les graves défauts que nous reprochons à de nombreux dialogues vidéotex destinés au grand public. Pour les élèves, le mode d'emploi est très simple : ils peuvent taper tout mot, lettre ou bien chiffre apparaissant sur fond jaune à l'écran, et ils sont sûrs d'obtenir une information. Ils sont libres de taper n'importe quel mot mais un seul mot à la fois. Ils savent que le dictionnaire ne contient que des mots *signifiants,* contrairement à certains services vidéotex qui ne reconnaissent qu'une abréviation de chaque mot et refusent le mot entier !
Si le mot n'est pas trouvé dans le cours consulté, le système le recherche dans les autres cours. Dans le pire des cas où le mot demandé ne se trouve nulle part, le système répond en proposant une liste de mots qu'il connaît et qui ressemblent au mot tapé.
L'expérience a montré que les élèves s'adaptaient instantanément à ce type de dialogue et que l'utilisation de SAVANT ne nécessitait aucun apprentissage. De plus, toutes les dispositions sont prises pour qu'il n'y ait pratiquement jamais de refus de réponse de la part du système. Les mots-clés inconnus sont traités comme il est indiqué ci-dessus, et les touches de consultation (SUITE, RETOUR, GUIDE, etc.) ne peuvent conduire à des situations bloquantes du genre : « c'est votre premier message consulté » alors que l'usager consulte depuis dix minutes, ou encore « touche interdite ici », « pour sortir taper GUIDE », « action illogique », etc. De telles situations de refus sont jugées insupportables, surtout lorsqu'il s'agit de transmission de connaissances. Notons en particulier que la touche RETOUR provoque, dans SAVANT, l'affichage de l'écran effectivement visualisé juste avant par l'utilisateur, même si cet écran appartient à un autre cours !

La structure du cours : l'homologue du didacticiel

La structure d'un cours décrit l'enchaînement des pages du cours. Elle correspond au didacticiel d'un cours en EAO conventionnel. Définir la structure d'un cours consiste à définir les pages de service (sommaire, guide, accueil), les choix au départ de chaque page et la destination des mots-clés. Tout n'est cependant pas permis et l'auteur d'un cours sur SAVANT doit respecter certaines règles qui sont explicitées dans l'encadré 5. On y lit par exemple qu'une page ne peut à la fois donner une information (page résultat) et proposer un choix (page sommaire ou page d'arbre). De même, les mots-clés qui, rappelons-le, sont accessibles de n'importe quel endroit (y compris d'un autre cours), ne peuvent mener que sur une page résultat ou une page d'arbre.
La structure ainsi définie est interne au cours. En particulier, les pages de recherche en arbre doivent être constituées *manuellement.* Il s'agit là d'une option délibérée, car la formulation des choix (acceptions différentes d'un mot-clé) proposés à l'élève fait partie de l'information didactique. C'est grâce à ces choix que l'élève peut explorer horizontalement un ou plusieurs cours et effectuer ainsi une synthèse entre différents concepts.
Entre les cours, en revanche, c'est le système qui génère automatiquement les pages de branchement.

Le programme de consultation

Le programme qui permet la consultation des cours de SAVANT a été élaboré au centre de calcul de l'ENST. Rappelons qu'il est invariable d'un cours à l'autre et que seule

la structure doit être réécrite pour chaque cours.
Tant que l'utilisateur se contente d'utiliser SUITE, RETOUR, et les mots-clés locaux, le programme fait apparaître les pages prévues par la structure du cours.
Lors d'un appel de mot-clé à partir de la page P, le programme envoie la page P' prévue dans la structure et mémorise (empile) le vecteur P→P'.
En cas de RETOUR à partir de P', le programme renvoie la page P et non la page prévue dans la structure.
La pile des vecteurs de type P→P' est purgée de toute boucle afin d'offrir à l'utilisateur une marche arrière naturelle dans sa consultation.

Des cours créés par les élèves eux-mêmes

La constitution d'un cours sur SAVANT comprend plusieurs phases : la conception des écrans, leur réalisation, la création de la structure et la mise au point. C'est de loin la première phase qui est la plus délicate. Il est en effet absolument nécessaire de retraiter complètement le message à transmettre en tenant compte des atouts et des faiblesses de ce nouveau moyen de communication qu'est le vidéotex. Pour ce faire, il est primordial de connaître en profondeur la matière à traiter et de respecter les règles empiriques que nous avons signalées plus haut. La deuxième contrainte (le respect des règles) nous a empêchés de faire appel directement aux enseignants de l'ENST, et ce sont donc des élèves qui ont élaboré le contenu des cours de SAVANT !
Pour la réalisation des écrans, nous disposons d'un processeur graphique vidéotex comme il en existe plusieurs sur le marché. Il s'agit là de l'un des principaux atouts du vidéotex, car les écrans peuvent être réalisés sans aucune programmation. L'ergonomie de l'appareil permet à un élève, après une journée d'apprentissage, de réaliser un écran en une vingtaine de minutes.
La création de la structure est également effectuée par les élèves, grâce à un programme interactif réalisé à l'ENST. Ce programme contient son propre mode d'emploi et permet à un élève novice de créer la structure d'un cours d'une centaine d'écrans en moins d'une demi-journée.
Le suivi constant des élèves au cours de l'élaboration du cours et la validation finale sont confiés, en ce qui concerne la validité du contenu, à un enseignant volontaire. L'autre partie du suivi, exercée par souci d'homogénéité et d'efficacité du système, concerne le respect des contraintes pédagogiques et des contraintes du dialogue : elle échoit aux concepteurs du système.

L'introduction d'une partie narrative

La première expérimentation significative eut lieu fin 82 et porta sur les aspects qualitatifs de l'acceptation du système. Une vingtaine d'élèves furent volontaires pour que leurs interrogations soient enregistrées nominativement. Ils devaient par ailleurs répondre à des questionnaires et tenir à jour un carnet de consultations. Les résultats de cet expérimentation ne peuvent, bien sûr, donner de renseignements quantitatifs fiables. Notons néanmoins qu'un quart des élèves a interrogé quotidiennement le système pendant environ un quart d'heure.
Sur le plan qualitatif, en revanche, nous avons obtenu des résultats précieux. En particulier, cela montra que les élèves savaient interroger l'encyclopédie, mais comme celle-ci était feuilletable, ils ne savaient pas revenir à leur point de départ. Autrement dit, ils savaient appuyer sur SUITE, mais pas sur RETOUR.
De ce résultat, joint à d'autres indices, nous avons dégagé deux constats : il était urgent d'interdire le feuilletage de l'encyclopédie (par des actions répétées sur SUITE) et il fallait offrir en compensation une présentation consultable séquentiellement qui soit un prétexte à l'emploi de l'encyclopédie.
Pour respecter la règle des non-refus de réponse, nous avons redéfini l'action de la touche SUITE dans l'encyclopédie. Parvenu à une page de résultat, l'élève qui appuie sur SUITE revient directement à l'origine du dernier appel de mot-clé. Les résultats de l'encyclopédie deviennent ainsi des « culs-de-sac » pour la consultation.
Le deuxième point est plus délicat. Il concerne une présentation vidéotex séquentielle. Nous avons mis l'accent plus haut sur l'incompatibilité entre l'exposé destiné à une lecture séquentielle et l'exposé utilisable en accès direct. L'encyclopédie SAVANT est résolument du deuxième type, avec les conséquences que cela comporte sur la structuration du message. Nous pensions que les élèves utiliseraient l'encyclopédie à l'occasion de la lecture d'un exposé séquentiel, par exemple leur cours polycopié. Les résultats de l'expérimentation ont démontré que nous nous étions trompés. Pour les élèves, une consultation vidéotex constitue un tout ; ils ont les yeux rivés sur l'écran et ils n'ont pas envie, spontanément, d'utiliser le vidéotex conjointement avec d'autres supports d'information.
Nous avons donc constitué, pour certains cours, des présentations résolument séquentielles, appelées *parties narratives*. Les écrans de la partie narrative d'un cours sont, comme on peut s'y attendre, très différents des écrans de l'encyclopédie. Dans la partie narrative, on doit chercher à exploiter tous les atouts visuels du vidéotex, notamment les effacements partiels, les superpositions, les animations. Le contenu est lui aussi très différent. La partie narrative ne saurait contenir de calculs, par exemple. En revanche, elle contient les explications prosaïques, dites « avec les mains ».
Complété par une partie narrative, un cours SAVANT joue donc, dans la limite de ses moyens, le rôle d'un professeur que l'on peut interrompre à volonté sans jamais perdre le fil du discours.

Les expérimentations ultérieures (cf. encadré 6) nous ont montré que le système, ainsi transformé, remportait un certain succès auprès des élèves. L'enregistrement des dialogues a permis de préciser un point essentiel : les consultations sont beaucoup plus sérieuses qu'auparavant. On ne compte presque plus de consultations exploratoires caractérisées par des actions rapides sur le clavier (l'élève ne prenant pas le temps de lire le contenu de l'écran) et par des appels de mots-clés hors contexte. Au contraire, les consultations comprennent plusieurs appels de mots-clés pertinents, et les points délicats des cours sont « fouillés ».
Nous sommes donc arrivés en partie à nos fins, puisque, comme nous l'avions annoncé plus haut, la sanction principale de l'acceptabilité du système devait être son utilisation *spontanée*. Il faut insister sur le caractère entièrement libre des consultations. Aucune session n'est organisée, aucune propagande n'est faite par les enseignants auprès des élèves. Ceux-ci sont simplement informés de l'existence du système et des terminaux sont mis à leur disposition, pour une utilisation à l'école ou à domicile. A notre connaissance, aucun système d'EAO, dans un environnement comparable, n'est proposé dans des conditions aussi dures pour les auteurs de cours. Il faut en effet que le cours apporte suffisamment de valeur ajoutée à l'efficacité du travail des élèves, et ceci

6. Statistiques d'utilisation de SAVANT au cours du mois de janvier 1984

Le graphisme ci-dessous représente le nombre de pages *utiles* (autres que les pages de service : modes d'emploi, sommaires, etc.) consultées par les *seuls élèves de deuxième année* disposant d'un terminal à domicile.
Pour vingt terminaux distribués aux 2èmes années civils, on observe en moyenne *sept connexions par jour.*
Le nombre de pages consultées ainsi que la durée totale varient énormément selon les connexions.
On observe un appel de mot-clé (mot-clé non local) pour environ dix pages utiles, ce qui dénote une utilisation intensive de la partie encyclopédie.
SAVANT est utilisé, en outre, par les autres élèves de l'ENST (cent terminaux au total), ainsi que dans des organismes extérieurs PTT, ENA, EDF, SNCF, CESTA, Education Nationale, etc.

Les principaux pics de la figure sont corrélés avec l'étude d'une matière particulière (théorie de la détection) et sont situés à des périodes qui précèdent exactement les examens oraux correspondants.

aux yeux des élèves eux-mêmes, au point que ceux-ci fassent l'effort de consulter le cours sans qu'on les y incite.

SAVANT 2 : la vidéocommunication

Notre réflexion a porté sur l'utilisation des nouveaux moyens de communication dans l'enseignement, et le créneau que nous avons choisi, à la suite d'une analyse des besoins des élèves de l'ENST, concerne la *structuration du message* didactique.
La première réalisation concrète issue de cette réflexion, SAVANT, résulte d'un compromis entre les spécificités du vidéotex (définition de l'écran, absence de son, accès par téléphone, souplesse de la création) et l'objectif poursuivi. Il n'est cependant pas interdit de rechercher d'autres moyens de rendre un service plus efficace ou complémentaire.
Etant spécialisés dans l'apport de l'information, nous nous sommes intéressés à l'audio-visuel interactif et notamment au vidéodisque. Comme pour SAVANT, nous avons défini un service : une banque de séquences audio-visuelles courtes (deux minutes), ainsi que des règles de structuration du message. Le système ainsi imaginé et baptisé SAVANT 2 intègre le service vidéotex SAVANT et des séquences vidéo courtes auxquelles l'élève peut accéder automatiquement. Ces séquences viennent compléter la partie narrative, avec toutefois les spécificités de la vidéo.
Nous avons tout d'abord testé la méthode de structuration du message sous forme vidéo en constituant une quinzaine de séquences et en les présentant aux élèves. Les résultats très encourageants fournis par les évaluations nous engagent à poursuivre dans cette voie et notre premier vidéodisque est actuellement sous presse.
Il fallait ensuite définir l'architecture du système et la forme du dialogue. La nécessité de *centraliser* le système est apparue très vite, à cause de la logistique d'utilisation d'une part et d'autre part pour augmenter le choix (nombre de séquences offertes) et les possibilités (accès simultané à plusieurs disques, pour les diaporamas par exemple).

La direction de l'ENST a d'emblée fixé le caractère ambitieux du projet technique qui demande la contribution, entre autres, du laboratoire vidéo de l'ENST et du centre de calcul, et qui reçoit le soutien financier de la Délégation aux vidéocommunications (DAV). Ce projet comporte un serveur vidéotex/vidéo, un réseau large bande en fibres optiques et des terminaux, situés dans un premier temps à l'école, qui permettent l'affichage rapide du vidéotex et l'incrustation du vidéotex sur la vidéo.
La faisabilité technique de ce projet ayant été vérifiée, nous espérons pouvoir mettre en œuvre la première maquette pour la rentrée scolaire 84.

Conclusion

Ce que nous avons voulu montrer avec le projet SAVANT, et bientôt avec le projet SAVANT 2, c'est qu'il ne faut pas enfermer l'assistance automatique à l'enseignement dans le schéma trop étroit de l'enseignement assisté par ordinateur classique. Si une méthode est trop contraignante pour l'élève et le force à entrer dans un modèle préétabli de l'apprentissage, il est peu probable que l'on progresse au niveau des

méthodes d'enseignement et de la connaissance du processus d'acquisition des concepts et des informations. Autrement dit, dans un tel cadre, c'est l'élève qui s'adaptera à la machine et non l'inverse, et l'on ne pourra rien conclure. Il est en effet clair pour tout le monde que l'esprit humain, en particulier celui des élèves de l'ENST, est suffisamment plastique pour s'adapter à toutes sortes de contraintes et réussir à apprendre dans des environnements les moins bien structurés.

Ceci ne signifie pas pour autant que toutes les méthodes sont équivalentes entre elles. Il est intéressant d'essayer d'asservir la méthode au succès de l'apprentissage, à condition de mesurer ce dernier, non seulement en fonction de la quantité de notions comprises et retenues, mais aussi en tenant compte de l'*énergie* que l'élève a consacrée à l'obtention du résultat.

Nous avons donc profité, à l'ENST, de la présence d'une population d'élèves qui sont disposés à apprendre, et même disposés à apprendre *davantage*, mais pour ainsi dire à énergie constante. La fréquentation des systèmes que nous leur proposons constitue donc un excellent « feed-back » de l'utilité qu'ils en retirent, et donc de l'adéquation de ces systèmes à leur démarche spontanée d'apprentissage.

Pour employer une métaphore empruntée au vocabulaire des communications, nous pensons que les règles empiriques de structuration des messages véhiculés par SAVANT et SAVANT 2 tiennent compte de la structure du récepteur que constitue l'élève, en cherchant à s'y adapter de manière optimale. ■

Remerciements

Les travaux sur SAVANT et SAVANT 2 sont menés depuis quatre ans dans le cadre d'une mission sur l'application des nouvelles technologies à l'enseignement qui a été définie et est dirigée par Daniel Cadé, directeur adjoint de l'ENST.

Les programmes de consultation et de création de cours ont été spécifiés et écrits au centre de calcul de l'ENST par Jean-Pierre Bach.

L'architecture technique du projet SAVANT 2 a été conçue par Jean-Pierre Bach (centre de calcul), Alain Biaggi (laboratoire vidéo) et Alain Clainchard (laboratoire image). Le projet bénéficie du soutien financier de la Délégation aux vidéocommunications (DAV) de la DGT.