



**HAL**  
open science

# Éléments pour la conception industrialisée des supports pédagogiques numériques

Stéphane Crozat

► **To cite this version:**

Stéphane Crozat. Éléments pour la conception industrialisée des supports pédagogiques numériques. Education. Université de Technologie de Compiègne, 2002. Français. <NNT : >. <edutice-00000204>

**HAL Id: edutice-00000204**

**<https://theses.hal.science/edutice-00000204v1>**

Submitted on 12 Nov 2003

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

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



HAL Authorization

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE  
LABORATOIRE HEUDYASIC

## **THESE**

*pour obtenir le grade de  
Docteur de l'Université de Technologie de Compiègne  
Discipline : Informatique  
présentée et soutenue publiquement le  
le 22 mars 2002*

par

**Stéphane Crozat**

---

# **Eléments pour la conception industrialisée des supports pédagogiques numériques**

---

**Directeur de thèse**

Philippe Trigano

**Jury**

Bruno Bachimont, Examineur

Eric Bruillard, Président

Fabrice Issac, Examineur

Jean-Marc Labat, Rapporteur

Pierre Tchounikine, Rapporteur

N° attribué par la bibliothèque

|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|



*Merci à tous,*

*Si la rédaction de ce mémoire fut un acte personnel, il est avant tout le résultat d'un travail collectif. Plus de trois années de collaborations, d'échanges d'idées, de réalisations conjointes, de partage au sens large, pour ce projet dont les acteurs furent nombreux et dont je me fais aujourd'hui le représentant.*

*Merci à Philippe Trigano, qui m'a permis de m'intégrer au monde de la recherche et de me confronter aux experts qui le composent à travers les nombreuses réunions auxquelles il m'a permis de participer. Merci pour vos conseils et critiques, pour m'avoir laissé toute l'autonomie dont j'avais besoin, pour m'avoir aidé à construire mon projet, et enfin pour m'avoir gardé votre confiance jusqu'au bout.*

*Merci à Fabrice Issac, qui m'a accompagné au quotidien avec enthousiasme tout au long de ce projet. Merci de ton apport sur les langages structurés (sans toi point d'XML), pour tes critiques sans compromis et ta bonne humeur résonnant dans les couloirs du labo.*

*Merci à Bruno Bachimont, qui m'a permis de fonder les bases de ce travail, grâce à son apport conceptuel. Merci de m'avoir fait profiter de ton cadre initial (tu as au moins les copyrights sur les UL), et surtout de m'avoir aidé à énoncer et structurer mes idées grâce à tes reformulations sans égales.*

*Merci à Manuel Majada, qui m'a donné l'occasion de confronter, parfois violemment, les concepts avec les réalités du terrain. Merci de m'avoir fait partager ton expérience et ton analyse rare du monde de l'entreprise, de m'avoir poussé dans mes retranchements et d'avoir pris certains risques que, raisonnablement, tu n'aurais pas dû.*

*Merci à Sylvain Spinelli, qui a rendu possible l'évolution du projet de recherche en un projet industriel. Merci d'avoir adhéré au projet sans retenue et au mépris de tes nuits, de l'avoir critiqué de ton oeil acerbe et pragmatique, d'avoir permis les évolutions et optimisations nécessaires des concepts (ainsi naquirent les FC), rendant possible une réalisation informatique impressionnante.*

*Merci à Isabelle Cailleau, qui a apporté sa vision à la composante méthodologique de ce travail. Merci d'avoir abordé ce projet comme un apport pratique possible au monde de la formation, et d'avoir su le traduire en mises en oeuvre pédagogiques réelles.*

*Merci à François Peccoud, pour son intérêt et ses initiatives nombreuses, dont toutes n'ont pu être menées à leur terme, mais qui ont permis de dynamiser régulièrement le projet. Merci de votre disponibilité.*

*Merci à Frédéric Jacquemet et Gaël Cherief, pour leur participation volontaire et amicale aux réalisations informatiques depuis les balbutiements jusqu'aux finalisations. Merci de votre aide.*

*Merci à Franck Ghitalla et Hugues de Pouqueville, pour leur participation au groupe de travail ECOFOR, qui a permis des avancées conceptuelles (et notamment l'apparition des SP) et la naissance du projet de transfert industriel. Merci de votre investissement.*

*Merci à Olivier Hû et Nicolas Salzmänn, pour leur complicité et leur présence de la première heure.*

*Merci à Françoise Bonnet, Nicole Bougault, Dominique Cauvin, Claude Emery et Jean-Claude Legal pour leurs échanges constructifs dans le cadre du projet Esp@ss.*

*Merci à Alain Michard, de m'avoir reçu et critiqué.*

*Merci à Pierre Tchounikine pour son intérêt des premiers jours et ses conseils des derniers jours.*

*Merci à Jean Marc Labat et Eric Bruillard d'avoir accepté de s'intéresser à mes travaux et pour leurs commentaires élogieux.*

*Merci à Dominique Boullier pour ses critiques constructives ayant permis de mettre au point ma soutenance.*

*Merci au secrétariat du labo (et en particulier les Nathalie) et de l'école doctorale (et en particulier Martine) pour leur patience et leur amabilité.*

*Merci à Milou et Grib pour avoir mis à ma disposition leur demeure pour écrire.*

*Merci enfin à mes parents sans qui rien de tout cela ne serait, c'est une certitude !*



# Table des matières

Introduction	9
<b>Partie I - Hypothèses</b>	<b>11</b>
Chapitre 1 - Vers des systèmes documentaires pédagogiques	13
1 - Les systèmes pédagogiques programmés	13
2 - Les systèmes pédagogiques intelligents	16
3 - Les systèmes pédagogiques interactifs	18
4 - Les systèmes pédagogiques documentaires	20
Chapitre 2 - Une ingénierie documentaire	23
1 - Une théorie du support numérique	23
2 - La numérisation des contenus pédagogiques	25
Chapitre 3 - Une ingénierie pédagogique	29
1 - La mutation des dispositifs pédagogiques	29
2 - La numérisation des processus pédagogiques	31
Chapitre 4 - Problématique	37
<b>Partie II - Etat de l'art</b>	<b>41</b>
Chapitre 5 - L'articulation de trois points de vue	43
Chapitre 6 - L'information du point de vue de la représentation	47
Chapitre 7 - L'information du point de vue de la présentation	55
Chapitre 8 - L'information du point de vue de la distribution	61
Chapitre 9 - Bilan de l'étude du domaine	67
<b>Partie III - Modèle de conception</b>	<b>69</b>
Chapitre 10 - Principes fondateurs	71
1 - Séparation fond/forme	71
2 - Séparation scénario/contenu	74
3 - Association information/action	76
Chapitre 11 - Structuration logique et scénarisation pédagogique	77
1 - Représentation de l'information	77
2 - Représentation logique de l'information	79
3 - Représentation de scénario pédagogique	82
4 - Nécessité et suffisance	85
5 - Méta-information et abstraction	88
6 - Activités et dynamicité	89
7 - Modélisation	92
8 - Le méta-modèle SP/UL	94
Chapitre 12 - Structuration physique	97
1 - Présentation de l'information sur un support	97
2 - Le méta-modèle FC	98
Chapitre 13 - Mise en oeuvre méthodologique et technologique	103

1 - Méthodologie de production	103
2 - Technologies d'informatisation	113
Chapitre 14 - Bilan sur le modèle de conception	123
<b>Partie IV - Applications et expérimentations</b>	<b>125</b>
<hr/>	
Chapitre 15 - L'expérience XF01	127
1 - Cadre d'expérimentation	127
2 - Description de l'application	128
3 - Observations et résultats	135
Chapitre 16 - Le projet SCENARI	139
1 - Cadre d'expérimentation	139
2 - Deux maquettes	140
3 - Un prototype	143
4 - Observations et résultats	148
Chapitre 17 - Bilan des expériences	153
Conclusion	155
Bibliographie	157
Références Web	163

---

## Liste des acronymes

ADL : Advanced Distributed Learning  
AEA : Association pour l'Enseignement des Assurances  
AFNIC : Association Française pour le Nommage Internet en Coopération  
AFNOR : Association Française de Normalisation  
AICC : Aviation Industry CBT Consortium  
API : Application Program Interface  
BDDP : Base De Données Pédagogique  
CEN : Comité Européen de Normalisation  
CNED : Centre National d'Enseignement à Distance  
CSS : Cascading Style Sheet  
DCMI : Dublin Core Metadata Initiative  
DTD : Document Type Definition  
EAO : Enseignement Assisté par Ordinateur  
EIAH : Environnement Interactifs d'Apprentissage Humain  
EIAO : Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur, puis Environnement Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur  
FC : Feuille de Comportement  
FO : Formatting Objects  
GTME : Groupe de Travail Métadonnées Education  
HTML : HyperText Markup Language  
IA : Intelligence Artificielle  
ICEP : Institut Comtois d'Enseignement Polytechnique  
IHM : Interaction Homme Machine ou Interface Homme Machine  
ISO : International Standardization Organization  
LMS : Learning Management System  
LOM : Learning Object Metadata  
NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication  
PDF : Portable Document Format  
QCM : Questionnaire à Choix Multiples  
SCENARI : Système de Conception d'Enseignements Numériques Actifs Réutilisables et Interactifs  
SCORM : Sharable Content Object Reference Model  
SGDBR : Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles  
SGML : Standard Generalized Markup Language  
SMIL : Synchronized Multimedia Integration Language  
SP : Schéma Pédagogique  
STI : Systèmes Tuteurs Intelligents  
SVG : Scalable Vector Graphics  
U : Unité (d'information ou de scénario)  
UI : Unité d'Information

UImm : Unité d'Information multimédia  
UIsl : Unité d'Information structurée logiquement  
UVal : Unité d'Information évaluable  
UL : Unité Logique  
URI : Uniform Resource Identifier  
US : Unité de Scénario  
UScontrainte : Unité de Scénario contrainte  
USrl : Unité de Scénario raisonnablement linéaire  
USt : Unité de Scénario transitionnelle  
USval : Unité de Scénario évaluable  
Ua : Unité abstraite  
Uactive : Unité active  
Umi : Unité méta-informée  
W3C : World Wide Web Consortium  
WYSIWYG : What You See Is What You Get  
XML : eXtensible Markup Language  
XSL : eXtensible Style-sheet Language  
XSLT : eXtensible Style-sheet Language Transformation

---

## Introduction

"L'ignorance c'est la force", scandait le ministère de la Vérité de l'Océania de George Orwell<sup>\*</sup>. Force est de constater que ce slogan n'a plus force de loi et que la formation se développe aujourd'hui en quantité et en variété. Elle n'est plus seulement l'apanage des écoles et des universités, mais elle investit le lieu de travail, le temps libre, cessant d'être seulement cette étape préliminaire à l'entrée dans la vie active, pour devenir un processus continu tout au long de la vie. Or toute pratique étant ancrée dans une technique, la mutation actuelle d'un domaine aussi prégnant que les métiers de la formation ne saurait être épargnée par l'arrivée en force du numérique et son invasion de la vie courante, portée par la micro-informatique en générale et Internet en particulier. Et les enjeux ne sont pas des moindres puisque les universités et les centres de formation se posent aujourd'hui la question d'Internet en tant que « *moyen de renouveler une relation pédagogique mise à mal par les effectifs et l'hétérogénéité croissante des étudiants* » (Reverchon, 2000), tandis que les entreprises y voient une solution propre à diminuer les coûts de déplacement et d'hébergement associés à la formation en entreprise (Peccoud, 2000).

Le numérique n'est ni une fatalité ni un miracle, mais simplement une technique nouvelle de manipulation de la connaissance qui vient s'intégrer progressivement aux autres techniques pré-existantes pour apporter les innovations qu'elle porte. « *La combinaison des différents supports a toujours existé : l'oral n'a pas disparu avec l'écrit, ni le manuscrit avec l'imprimerie, ni le journal avec la télévision, ni le courrier avec le téléphone, etc. En revanche chacun s'est spécifié, sa sphère d'action a été redéfinie, parfois après un temps long et suscitant toujours des craintes de disparition.* » (Boullier, 2000). La question qui se pose aujourd'hui aux acteurs de la pédagogie et de l'informatique, n'est donc pas celle de l'opportunité ou non de d'introduire le numérique dans la pédagogie, il s'intègre de fait et sans besoin d'en décider, mais plutôt celle de comment l'appréhender et le maîtriser pour l'irriguer dans la meilleure direction. La réponse à cette question n'est pas dans une vision techniciste qui imposerait ses lois à l'usage, mais plutôt dans la recherche d'un couplage entre la pratique et la technique, mutuellement constituantes, afin de faire plier la technique aux besoins réels d'une part et de ré-interroger la pratique sur ses besoins d'autre part.

Si l'expérience dans le domaine des supports pédagogiques numériques est encore naissante, elle permet néanmoins de cadrer globalement les possibles offerts par ces technologies, encore nouvelles du point de vue de la pratique sinon du point de vue de la technique. Néanmoins les mutations récentes des métiers de la formation induisent une demande croissante qui se tourne naturellement vers les solutions du numérique, incontournables par les rêves qu'elles apportent et malgré les craintes qu'elles suscitent. Or les techniques actuelles de conception, encore globalement artisanales, ne sont pas en adéquation avec l'explosion de la demande et la massification qu'elle introduit. La rationalisation des coûts de conception, pour des environnements de formation de grande envergure, est un axe essentiel, dans la mesure où elle rend possible le maintien de la qualité malgré l'accroissement de la quantité. La prise en compte de la massification est un élément nécessaire, bien que non suffisant, pour permettre à la pratique de s'exprimer dans la technique et éviter qu'une technique mal adaptée ne la paupérise.

C'est dans ce contexte que nous plaçons notre travail, afin de rechercher des solutions informatiques pour la réalisation de supports pédagogiques numériques qui soient à la fois en adéquation avec les pratiques actuelles de la formation et avec le contexte actuel de massification. L'enjeu d'un tel travail est de parvenir à modéliser, réaliser et mettre en oeuvre ces solutions, ce qui renvoie à des verrous d'ordre conceptuels, technologiques et méthodologiques. Afin de lever ces verrous nous poserons en premier lieu que la problématique de massification trouve une réponse dans le recours à des méthodes industrielles de production, plutôt qu'artisanales. Nous expliquerons ensuite en quoi une approche fondée sur le couplage entre une ingénierie documentaire (qui offre un cadre générique) et une ingénierie pédagogique (qui permet une contextualisation spécifique) est pertinente

<sup>\*</sup> dans son roman 1984

pour mettre en oeuvre l'industrialisation. Notre apport sera concrétisé par un modèle de conception expérimenté et mis au point à travers des réalisations dans le cadre de situations réelles. Ce modèle lèvera les verrous identifiés à travers un cadre conceptuel de représentation permettant la structuration logique de l'information et sa matérialisation physique intégrant la dimension dynamique propre au numérique ; à travers un cadre technologique fondé sur le langage XML et étendu par la notion de Feuilles de Comportements que nous avons développée ; et enfin à travers un cadre méthodologique mis au point grâce à nos expériences en situation.

Ce mémoire est organisé en quatre parties :

- Dans la première partie nous poserons les hypothèses permettant de répondre à la question de la massification, à savoir la recherche d'une approche de conception industrialisée permettant de coupler une logique documentaire et une logique pédagogique.
- Dans la seconde partie nous étudierons l'état de l'art du domaine afin d'y repérer les éléments de solution pouvant être mobilisés pour répondre à notre problématique, ces éléments étant principalement la séparation entre le fond et la forme, la séparation entre le contenu et sa scénarisation et l'association d'actions pédagogiques permettant l'interaction avec l'information.
- Dans la troisième partie nous développerons notre solution, le méta-modèle SP/UL/FC, permettant la structuration logique, la scénarisation pédagogique et la présentation physique des contenus au sein d'interfaces homme-machine interactives.
- Enfin dans la quatrième partie nous décrirons les diverses expériences d'application qui ont permis de mettre au point et de valider notre proposition, à travers des cas réels de conception industrialisée.

## **PARTIE I**

# **HYPOTHÈSES**

**Résumé.** Notre travail s'inscrit dans le courant des recherches en Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO). Cet axe s'est développé historiquement sur la base des modèles pédagogiques issus de travaux du XX<sup>ème</sup> siècle, tels que le constructivisme, le béhaviorisme et le cognitivisme. Après l'apparition des premiers didacticiels, l'EAO a progressivement intégré les avancées de l'Intelligence Artificielle, puis de l'Interaction Homme-Machine, permettant ainsi de mettre au point un certain nombre de principes pour la conception de supports pédagogiques numériques. La croissance spectaculaire du numérique (Internet en tête), combinée aux besoins nouveaux dans le domaine de la formation (professionnelle notamment) ont conduit à un développement accéléré des logiciels pédagogiques, posant un problème de massification. Notre première hypothèse est que pour répondre à cette massification, il est nécessaire de mettre en place des modèles de conception permettant une approche industrielle plutôt qu'artisanale. A partir d'une théorie du support permettant de penser le numérique en fonction de ses caractéristiques intrinsèques, la conception peut être envisagée comme reposant d'une part sur l'enregistrement sémiotique d'information au sein de documents, et d'autre part sur la manipulation calculatoire de ces documents. Notre seconde hypothèse est qu'une telle approche documentaire permet de poser les bases d'une conception industrielle. Afin d'être opérationnelle au sein d'une pratique pédagogique, la manipulation des documents doit s'appuyer sur des modèles de scénarisation des processus pédagogiques. Notre troisième hypothèse repose sur le couplage de l'ingénierie documentaire permettant d'introduire la généralité propre à l'industrialisation, avec l'ingénierie pédagogique permettant de maintenir la spécificité propre à la pédagogie. Notre problématique de travail, à partir de ces trois hypothèses est l'élaboration d'un modèle de conception industrielle de supports pédagogiques numériques permettant la combinaison d'une logique documentaire et d'une logique pédagogique dans une perspective de massification. Si la réponse à cette problématique fait appel à une grande variété de domaines, notre travail ne considère que le point de vue d'une informatique conceptuelle.

---

# Chapitre 1

## Vers des systèmes documentaires pédagogiques

Dans une première section nous décrirons les débuts de l'Enseignement Assisté par Ordinateur et des courants pédagogiques qui l'ont porté. Puis nous retracerons son évolution à travers l'introduction de l'Intelligence Artificielle, puis des interfaces graphiques interactives, vers des systèmes de plus en plus centrés sur l'apprenant encourageant l'instrumentation d'une pédagogie constructiviste (favorisant notamment les parcours contextualisés, la mise en pratique par l'expérience ou le travail autonome). Dans la dernière section nous introduirons la problématique nouvelle de massification, qui conduit à inventer de nouvelles approches pour la conception des applications pédagogiques de l'informatique, sans remettre en cause les principes hérités de l'EAO mais forçant à repenser leur mise en oeuvre. En effet il est nécessaire de prendre en compte le changement d'échelle en train de s'opérer par l'introduction massive du numérique dans la pédagogie, afin de permettre le développement qualitatif et quantitatif de la conception des supports pédagogiques numériques.

### 1. Les systèmes pédagogiques programmés

#### 1.1. Les modèles de l'informatique pédagogique

##### L'émergence des sciences cognitives ...

L'usage de l'ordinateur à des fins pédagogiques a pris naissance à la fin des années 1960. Son orientation initiale a été inspirée par les modèles pédagogiques issus des sciences cognitives. Les sciences cognitives, quant à elles, s'inscrivent dans le prolongement des courants de la philosophie qui ont progressivement conduit à formuler une pédagogie centrée sur l'apprenant et étendue au plus grand nombre. Les enjeux actuels de l'informatique pédagogique, qui hérite de cette histoire, sont toujours fortement teintés des problématiques de démultiplication d'une part et de maintien d'un apprentissage de qualité pour l'individu malgré cette démultiplication d'autre part. Un bref retour historique sur ces concepts est utile afin de comprendre leur évolution et leur pertinence dans le contexte présent.

La pédagogie est la science de l'éducation, sa problématique est l'étude des principes permettant l'acquisition de connaissances par les individus. La connaissance étant liée à la pensée, la pédagogie a été historiquement étudiée par les philosophes (Chalvin et al., 1996). Les sophistes en ont une vision utilitariste et rationnelle fondée sur les bienfaits du savoir. Socrate pense le savoir comme un questionnement permettant d'accéder à la connaissance de soi (maïeutique), puis Platon comme une recherche de la vertu. Ils placent l'élève, responsable de son apprentissage au coeur de l'éducation. Le moyen âge tranche avec cette vision et la diffusion de la connaissance, à la charge du clergé, devient subordonnée à la diffusion de la foi. La renaissance, par le retour aux sources classiques, s'oppose à la toute puissance des universités qui maintiennent un savoir contrôlé. Le développement de l'imprimerie modifie progressivement la relation au savoir et permet la démultiplication de sa diffusion qui amorce les processus de démocratisation de l'accès à la connaissance. Luther prône notamment une éducation par l'Etat plutôt que par l'église. L'enseignement Jésuite replace l'élève au centre de l'éducation, introduisant les notions de différenciation de l'enseignement, de motivation des élèves et d'irréprochabilité des enseignants. Rousseau initie le concept de pédagogie active, renforçant la position centrale de l'élève.

L'émergence des sciences cognitives (Dortier, 1999) au début du XX<sup>ème</sup> siècle, notamment à travers le travail de Piaget et le courant constructiviste, a fait considérablement évoluer le modèle maître/élève encore dominant de la pédagogie, pour y renouveler deux notions plus que jamais d'actualité aujourd'hui avec l'intégration grandissante de l'informatique dans la pédagogie : l'activité de l'apprenant et la démocratisation de l'enseignement.

### **Le constructivisme ...**

Née en 1889 en Angleterre, l'éducation nouvelle s'inscrit dans une perspective selon laquelle l'être humain construit sa façon de comprendre et d'apprendre. Piaget, psychologue du développement propose une théorie fondée sur la maturation biologique et la construction progressive de l'individu par l'expérience, par opposition à l'intelligence innée (Piaget, 1967). Cette théorie induit une pédagogie basée sur l'interaction entre l'élève et son environnement, versus la transmission d'un savoir pré-construit d'un maître à un élève. Freinet (Freinet, 1964), dans le même courant de pensée, s'inscrit pour une pédagogie attrayante et empirique, et contre la passivité de l'élève.

Le constructivisme donnera naissance à diverses formes de pédagogie, telles que la pédagogie non directive (liberté de l'élève) ou la pédagogie par objectifs (pratique versus savoir abstrait). Cette approche est à la base de la conception de la plupart des systèmes pédagogiques informatisés, notamment parce que le support numérique, de par son caractère dynamique, offre des possibilités intéressantes pour l'application de ses concepts.

### **Le béhaviorisme ...**

Watson fonde le béhaviorisme en 1913 (Watson, 1913), une pédagogie centrée sur le comportement, issue des découvertes d'Ivan Pavlov en 1902 sur le conditionnement. Son approche est fondée sur le modelage d'un réceptacle vierge que serait l'élève. Enseigner équivaut alors à créer de nouveaux conditionnements. Le béhaviorisme a donné naissance à de nombreuses formes d'enseignement expérimental. Thorndike (Thorndike, 1913) propose un apprentissage par essais et erreurs ou pédagogie par découverte, dans lequel l'erreur est vécue comme une expérience utile. Plus récemment, Skinner (Skinner, 1979) développe la pédagogie programmée, dans lequel l'enseignant doit avoir prévu les réactions de l'apprenant pour procéder à un renforcement négatif ou positif. Skinner débouche sur l'idée de machines à enseigner permettant l'exécution d'enseignements modélisés sous formes d'algorithmes linéaires.

Le béhaviorisme est donc à l'origine de l'introduction de l'informatique dans l'enseignement. Néanmoins le modèle sur lequel il se fonde, exclusivement comportemental et rejetant l'étude des représentations mentales, conduit à une théorie de l'apprentissage simpliste essentiellement limitée au modèle stimulus-réponse. Si cette représentation est confortable dans l'optique d'une introduction de la machine numérique, elle semble trop pauvre pour être durable.

### **Le cognitivisme ...**

Cette théorie naît en même temps que l'Intelligence Artificielle, en 1956. Elle est proposée par Miller et Bruner (Bruner, 1960), en réaction au béhaviorisme. L'apprentissage ne peut être limité à un enregistrement conditionné, mais doit plutôt être envisagé comme nécessitant un traitement complexe de l'information reçue. La mémoire possède une structure propre, qui implique l'organisation de l'information et le recours à des stratégies pour gérer cette organisation. Le cognitivisme se concentre alors sur l'étude des états mentaux, se divisant en deux courants, le symbolisme puis le connexionisme.

Le symbolisme postule que le cerveau fonctionne comme un ordinateur et donc que l'étude de programmes informatiques symboliques pourra conduire à une meilleure compréhension du fonctionnement du cerveau. Le traitement de l'information est modélisé comme un filtrage des stimuli, puis une formalisation et une représentation mentale et enfin une computation (déduction, induction, comparaison, etc.). Ce modèle reste néanmoins limité dans la mesure où le traitement symbolique ne constitue qu'une partie de l'activité du cerveau.

A la fin des années 1980 le connexionisme propose une autre interprétation du cognitivisme. Le cerveau ne fonctionne pas sur le modèle d'un calcul logique sériel, mais plutôt sur le modèle d'un calcul parallèle. Le symbole émerge de l'activité d'un réseau d'unités de traitement (les neurones). Les deux modèles se révèlent en définitive complémentaires, le symbolisme permettant d'appréhender les processus d'apprentissage à un niveau macro, et le connexionisme à un niveau micro.

## 1.2. L'Enseignement Assisté par Ordinateur

### La naissance de l'informatique pédagogique ...

A la fin des années 1960, la naissance des applications pédagogiques de l'informatique est une des voies permettant d'instrumenter les théories béhavioristes et cognitivistes. L'Enseignement Assisté par Ordinateur naît sous la forme des didacticiels (Madaule et al., 1987), des logiciels à vocation pédagogique avec pour volonté une innovation pédagogique de par le développement de l'individualisation, la rupture avec les unités classiques de lieu, temps et action et l'enrichissement de l'environnement d'apprentissage (Demaizière et al., 1992).

L'un des premiers principes pédagogiques, hérité de la pédagogie différenciée et du constructivisme, auquel s'attache les didacticiels est le problème de l'individualisation.

*« En réaction vis-à-vis du modèle d'enseignement collectif dominant dans les organisations scolaires, l'enseignement programmé prône l'individualisation, largement défendue par de nombreux pédagogues. »  
(Bruillard, 1997)*

En effet, en intégrant une dimension dynamique nouvelle, le programme informatique peut potentiellement s'adapter au rythme de l'apprentissage de chaque élève (voire au style d'apprentissage) en encapsulant plusieurs parcours pédagogiques susceptibles de répondre à l'hétérogénéité de niveaux des élèves. L'élève n'est plus prisonnier d'un flux commun au groupe, mais peut découper librement le cours, et ainsi en allonger ou contracter certaines parties. Le didacticiel permet également d'inventer de nouvelles situations d'apprentissage, en ouvrant de nouvelles perspectives de temps, lieu et action. En effet le support informatique permet la mise en oeuvre d'une pédagogie asynchrone (l'interaction entre enseignants et apprenants est différée dans le temps), d'une pédagogie de la distance (enseignants et apprenants sont séparés dans l'espace) ou d'une pédagogie d'auto-formation (les apprenants travaillent seul à partir de supports préparés par les enseignants).

Le constructivisme, puis le béhaviorisme et l'enseignement programmé ont posé les bases d'un apprentissage actif fondé sur l'interaction entre l'apprenant et son environnement. Le didacticiel permet de faire émerger, notamment grâce à son caractère multimédia, des stimulations riches et diverses auxquelles l'apprenant sera exposé. Enfin, parce qu'il est dynamique, le didacticiel permet, par rapport aux autres supports, d'envisager l'enrichissement de l'apprentissage par un accroissement de l'activité de l'apprenant.

### Exemples d'EAO : Les tutoriels et les exercices ...

Le didacticiel s'orientant vers l'exposition de cours et l'acquisition de savoir est nommé tutoriel. Il se caractérise par un découpage fin de la séquence pédagogique en étapes minimales, des transitions explicites entre les unités successives et la sollicitation de l'apprenant à chaque étape. Les contenus sont clairement structurés afin de minimiser les risques d'erreur d'interprétation. L'activité de l'apprenant est maximisée, on cherchera par exemple à lui faire produire une réponse plutôt que simplement lui demander de cocher une case de QCM. Il se distingue ainsi du simple "tourne-page" électronique, puisque c'est un produit complet comprenant d'une part l'information et d'autre part les modalités de réappropriation de cette information. Dans la tradition béhavioriste de l'enseignement programmé, le concepteur du tutoriel doit avoir tout prévu par avance, avec des objectifs pédagogiques clairement spécifiés, afin que l'apprenant puisse s'auto-former de façon individualisée, éventuellement avec l'aide d'un tuteur.

Issu des travaux des Skinner, le didacticiel se décline également en exerciceur, orienté vers l'acquisition de savoir-faire à travers des séries d'exercices pratiques. La richesse en terme d'interactivité offerte par l'informatique permet de concevoir des exercices complexes et sollicitant la participation active de l'apprenant. Néanmoins dans la pratique, les réalisations, au-delà du projet théorique, sont fortement simplifiées. L'individualisation recherchée reste minimale car le contrôle par la machine est difficile sans modèles complexes des connaissances et le parcours reste donc programmé de façon essentiellement linéaire. L'activité recherchée chez l'apprenant est également réduite du fait des faibles potentiels des interfaces et la situation de lecture reste prédominante.

## 2. Les systèmes pédagogiques intelligents

### 2.1. Le formalisme logique comme ingénierie des connaissances

#### Le positivisme logique ou Cercle de Vienne ...

Mouvement de pensée fondé par Schlick et animé par des logiciens et des épistémologues (Carnap, Hahn, Neurath), le Cercle de Vienne, dans les années 30, se met en quête d'un langage rigoureux permettant d'exprimer les propositions de la philosophie et de la science.

« *La conception scientifique du monde [...] vise la science unitaire. Son effort est de relier et d'harmoniser les travaux particuliers des chercheurs dans les différents domaines de la science. [...] De là, la recherche d'un système formulaire neutre, d'un symbolisme purifié des scories des langues historiques, de là aussi la recherche d'un système total de concepts.* » (Soulez, 1985)

Ainsi se développe le positivisme logique, qui prétend que toute connaissance est formelle, donc modélisable logiquement, et va se mettre en quête de ce formalisme logique.

#### La machine de Turing universelle ...

A partir des travaux de Hilbert (Hilbert, 1926) et Gödel (Gödel, 1931) sur la formalisation logico-syntaxique des mathématiques, Turing propose un modèle abstrait de machine universelle permettant d'automatiser tout calcul symbolique (Turing, 1936). L'apparition des premiers ordinateurs permet la réalisation concrète de la machine théorique de Turing et donc le calcul automatique sur les symboles.

Une machine de Turing est composée d'une unité centrale, d'une tête de lecture/écriture et d'une mémoire infinie sous forme d'une bande à une dimension composée de cases. Un programme est constitué par un alphabet fini comportant le symbole "blanc", un ensemble fini d'états comportant un état initial et un état final, et une fonction de transition exprimant les changements d'état, les écritures et les déplacements en fonction de l'alphabet. Un programme est exécuté sur une machine de Turing en parcourant la mémoire (dans les deux sens), lisant et écrivant des caractères de l'alphabet et changeant d'état en fonction de la fonction de transition, jusqu'à atteindre l'état final recherché.

#### Exemple

Soit le programme composé de l'alphabet {0,1,B} (où B est le blanc), des états {q0, q1, q2, q3, qF} (où q0 est l'état initial et qF est l'état final) et de la fonction de transition représentée par le tableau suivant.

	0			1			B		
	Etat	Ecriture	Déplacement	Etat	Ecriture	Déplacement	Etat	Ecriture	Déplacement
q0	q0	0	1	q0	1	1	q1	B	-1
q1	q2	0	-1	q3	1	-1	q3	B	-1
q2	qF	0	1	q3	1	-1	q3	B	-1
q3	q3	0	-1	q3	1	-1	q3	B	-1

TAB.1 : Exemple de fonction de transition pour une machine de Turing

Ce programme reconnaît les multiples de 4 : il reste à l'état initial q0, avançant d'une case jusqu'à trouver un blanc. Lorsqu'il trouve un blanc il passe à l'état q1 et parcourt la bande en reculant. Il recherche alors deux 0 de suite (passage à l'état q2 au premier 0 et qF au second). Si le mot se termine par deux 0 alors il est divisible par 4 et l'état final est atteint, sinon la machine se bloque à l'état q3 (le mot n'est pas reconnu).

#### L'Intelligence Artificielle ...

L'approche formaliste du positivisme logique pose que toute connaissance est formelle. La machine de Turing, en 1936, montre que toute formalisation logique est opérationnelle et calculable par une machine. L'Intelligence Artificielle peut alors se construire, sur un concept de modélisation (représentation logique du problème à traiter)

et d'effectivité (la représentation est calculable). L'IA est fondée en août 1956, au Dartmouth College, lors d'un séminaire organisé par Mac Carthy et auquel sont présents des figures telles que Simon, Newell, Minsky ou Shannon.

L'IA constitue le passage de l'informatique numérique à l'informatique symbolique (Newell, 1980), avec pour hypothèse que l'on peut raisonner sur des symboles indépendamment de leur signification. Dans ce cadre, penser équivaut à exécuter une suite de calculs et donc les machines de Turing peuvent penser. L'IA se développe alors à travers des réalisations célèbres telles que LISP en 1958 par Mac Carthy, DENTRAL en 1965 par Feigenbaum, ELIZA en 1966 par Weizenbaum ou SHRDLU en 1970 par Winograd.

### Les limites de l'IA ...

L'hypothèse du positivisme logique qui fonde l'IA, à savoir que la connaissance est formelle et n'est que formelle, se révèle impossible à tenir (Winograd et al., 1989). Il n'est pas possible de formaliser logiquement l'ensemble des connaissances humaines, les échecs de la représentation des connaissances en langue naturelle par exemple le montrent. L'intelligence humaine ne peut être réduite à une manipulation de symboles sans leur associer de signification. L'ordinateur ne pense pas car il n'accède pas au sens, ainsi que le démontre Searle avec la métaphore de la "chambre chinoise" (Searle, 1985) et le formule Linard : « *Leur représentation du monde est à la nôtre ce qu'une carte est au territoire: ni plus, ni moins. Et lire la carte n'a jamais été faire le voyage.* » (Linard, 1996)

Les années 1980 voient alors la naissance d'une IA modeste, dont l'objet n'est plus la construction de machines qui pensent, mais de « *machines qui donnent à penser* » (Bachimont, 1996) et de s'interroger sur comment « *apprendre à penser avec des machines qui ne pensent pas* » (Linard, 1996).

## 2.2. L'Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur

### Du I dans l'O ...

Le développement de l'intelligence artificielle, dans des domaines tels que la résolution de problème ou la représentation des connaissances, conduit à partir des années 1970 à l'introduction de moteurs experts au sein des didacticiels. Leur objectif est de simuler un comportement pédagogique et ainsi d'augmenter le potentiel d'individualisation et d'interactivité du logiciel éducatif. On parle alors d'Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur. Si à ces débuts l'EIAO recherche une simulation complète d'un enseignement humain, elle se dirige ensuite vers la création d'environnements réactifs permettant à l'apprenant un travail d'apprentissage autonome.

La méthodologie de conception en EIAO est fondée sur une définition préalable d'une fonction pédagogique à remplir, puis par sa formalisation dans un modèle implémentable (Balacheff, 1994). Elle implique une rigueur forte dans le travail de conception pédagogique et la mise en place de nouvelles pratiques pour intégrer le logiciel conçu.

### Exemples d'EIAO : STI et micro-mondes ...

Le didacticiel laisse sa place au Système Tuteur Intelligent, qui s'intéresse à des programmes pédagogiques capables de s'adapter à l'élève, grâce à une formalisation des processus d'apprentissage humain et à la conception de modèles de connaissance (Nicaud et al., 1988). Les STI intègrent des modèles de stratégies d'apprentissage, des modèles de l'apprenant, des analyses et explications de raisonnement, des interfaces en langue naturelle ou des générateurs d'exercices. L'introduction d'un contrôle (au sens des systèmes experts) par la machine étend le champ du possible des produits skinneriens, en complexifiant la programmation des machines à enseigner.

En parallèle des STI, les micro-mondes s'attachent à une vision apprentissage plutôt qu'enseignement, c'est à dire qu'une très large initiative est laissée à l'apprenant. Dans la tradition piagetienne, les micro-mondes ne formalisent que peu ou pas de connaissances, pour offrir à l'apprenant un environnement interactif destiné à favoriser leur développement autonome. Le langage LOGO, créé au début des années 1970, est le précurseur des micro-mondes dans le domaine pédagogique.

### 3. Les systèmes pédagogiques interactifs

#### 3.1. La médiatisation de la pratique pédagogique

##### Du triangle à la pyramide de la didactique ...

Le classique triangle de la didactique (Chevallard et al., 1985) propose un modèle permettant de mettre en relation l'enseignant, l'apprenant et le savoir. Or la pratique pédagogique implique la communication, et la communication implique un médium (Perava, 2000). Le modèle d'une pyramide didactique plutôt qu'un triangle permet d'introduire la notion de médiatisation de la formation (Alava, 2000).

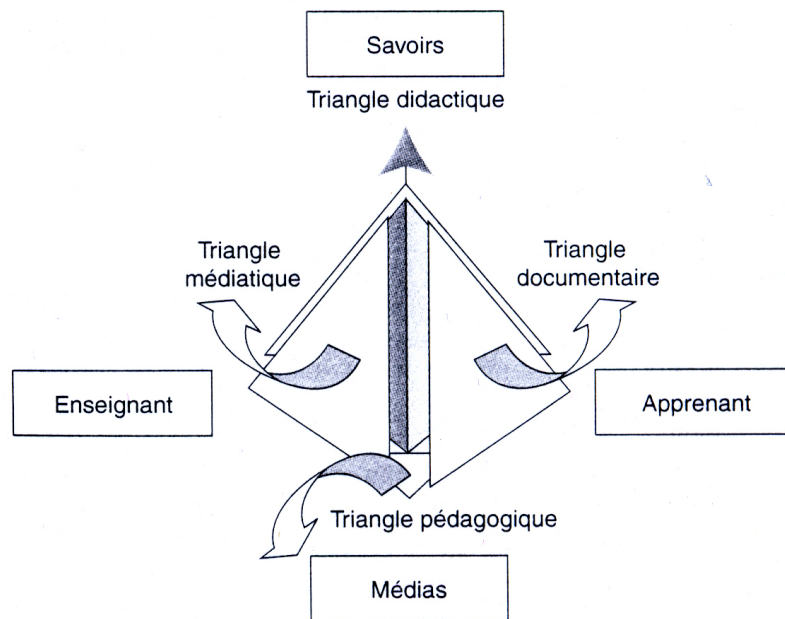


FIG.1 : La pyramide de la didactique

##### La place du support numérique ...

Les supports classiques (tableau noir, cahier, livre, transparents, photocopiés, etc.) ont toujours tenu une place déterminante dans l'élaboration de la pratique pédagogique (Boullier, 2000). On distingue généralement les supports utilisés par les enseignants de ceux utilisés par les apprenants, bien que des exemples de supports communs existent (les *textbooks* anglo-saxons notamment permettent aux enseignants de préparer des contenus travaillés par les étudiants en plus des cours). Le support dynamique (cd-rom, Internet, etc.) tend à renforcer cette notion de supports partagés dans la mesure où il se positionne à la fois comme un support d'enseignement (médiatique) et d'apprentissage (documentaire). L'enseignant a un rôle de conception et de prescription, au cours duquel il inscrit sa pratique, et l'apprenant a un rôle de manipulation et de réappropriation au cours duquel il inscrit également sa pratique. L'enseignant-concepteur, à travers un logiciel auteur par exemple, structure de l'information, prépare des parcours, programme des activités. L'apprenant-utilisateur quant à lui manipule l'information, produit de l'information supplémentaire, choisit ses parcours, réalise les activités. Le support numérique, d'autant plus qu'il est dynamique et qu'il laisse la place à l'expression de l'apprenant, peut être vu comme une oeuvre commune reflet de la vision de l'enseignant combinée à celle de l'apprenant.

La formation médiatisée par le support numérique déplace la pratique pédagogique d'une relation enseignant-apprenant (formation classique) ou d'une relation support-apprenant (auto-formation) à une relation tripartite au sein de laquelle les rôles sont modifiés. Par exemple le rôle d'exposition de l'enseignant peut être pris en charge par le support, lui laissant un rôle d'accompagnement accru (tutorat), tandis que l'apprenant passe du rôle de spectateur au rôle d'acteur, puisque le support exige de lui une activité. Bien entendu notre propos n'est pas d'affirmer que le support introduit de fait ce changement par les seules vertus de l'informatique, mais que la

médiatisation de la formation et la conception de supports fortement dynamiques peuvent y contribuer lorsqu'il s'agit d'une volonté pédagogique.

## 3.2. Les Environnements Interactifs d'Apprentissage Humain

### La méiose du I ...

L'arrivée à la fin des années 1980 des premières interfaces graphiques performantes et de la souris en complément du clavier a conduit le courant de l'informatique pédagogique à s'intéresser au développement de l'interactivité à travers la manipulation d'interfaces homme-machine par l'apprenant. L'EIAO se sépare alors en deux courants, l'un continuant de s'attacher aux apports de l'IA dans les applications éducatives, dans la lignée des STI, et l'autre se consacrant à la spécification d'IHM complexes et ergonomiques propres à créer de l'interaction avec l'apprenant, plus dans l'inspiration des micro-mondes.

On parle alors d'Environnement Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur (Bruillard et al., 1994), puis d'Environnement Interactifs d'Apprentissage Humain (Balacheff, 1998). Cette terminologie exprime le passage d'une logique de contrôle par la machine, à une logique de contrôle par les acteurs humains de l'apprentissage, ou encore le passage de la machine en tant que précepteur à la machine en tant qu'instrument (Bruillard, 1997).

Les EIAH se fondent essentiellement sur une présentation de l'information à l'écran et une interaction avec l'utilisateur qui lui permettent de parcourir les contenus de façon constructive. Ces applications s'appuient sur des modèles exploratoires dans lesquels l'apprenant choisit plus ou moins librement son cheminement à travers une base documentaire multimédia. L'apprentissage est, dans ce cadre, fondé sur la construction d'un parcours propre et l'interaction avec les informations de formes différentes que l'apprenant rencontre. L'EIAH marque le passage d'une informatique centrée sur la modélisation des connaissances à une informatique centrée sur l'activité de l'utilisateur.

### Exemple d'EIAH : Les hypermédia pédagogiques ...

Les hypertextes ou hypermédia pédagogiques se développent grâce à des applications auteur telles que Hypercard ([www.apple.com/hypercard](http://www.apple.com/hypercard)), puis Director ([www.macromedia.com/software/director](http://www.macromedia.com/software/director)) et le support cd-rom puis dvd-rom. Il offrent à l'apprenant un réseau sémantique dont la navigation permet de construire l'apprentissage. L'intégration de ressources animées dynamiques permet de s'orienter vers l'acquisition de savoir-faire, à travers des mises en situation fictives. La conception de tels logiciels est concentrée dans la réalisation de modèles et d'interfaces de consultation de l'information intuitifs pour l'apprenant. Les environnements de simulation interactifs offrent un modèle virtuel d'une réalité permettant de s'entraîner à l'application de concepts. L'apprenant est plongé dans une réalité virtuelle lui offrant un potentiel fort d'activité.

Le développement d'Internet, depuis 1993, offre un espace nouveau de développement pour les EIAH. Une influence forte d'Internet sur leur conception réside dans le passage d'une échelle locale à une distribution élargie de l'information.

## 3.3. La conception des systèmes pédagogiques interactifs

### EMPI : L'aide à l'évaluation d'applications éducatives ...

Nos travaux antérieurs (Crozat, 1998), menés en DEA en relation avec la thèse de Hû (Hû, 2001) nous avaient conduit à travailler sur l'aide à l'évaluation du multimédia pédagogique. La problématique de ces travaux était d'aider un utilisateur à appréhender les points forts et les points faibles des applications informatiques à vocation éducative dans une perspective de choix *a priori*. Nous avons alors développé une méthode informatisée permettant de répondre à ce besoin (Crozat et al., 1999), (Hû et al., 2001), (Hû et al., 2000).

*« La méthode EMPI (Evaluation des logiciels Multimédia Pédagogiques Interactifs) constitue un outil permettant d'analyser de façon systématique et normalisée un didacticiel. Une évaluation EMPI permet de souligner de façon structurée les caractéristiques du logiciel. Les résultats sont ensuite utilisables par un formateur pour comparer des logiciels entre eux ou bien comparer un logiciel avec une situation d'enseignement et des objectifs d'apprentissage déterminés. » (Crozat et al., 1999)*

Les travaux autour d'EMPI ont ainsi permis de constituer une base de critères organisés hiérarchiquement permettant de procéder à la caractérisation d'une application multimédia en vue de son évaluation.

## **Mπ<sup>-1</sup> : L'aide à la spécification d'applications éducatives ...**

A partir des critères descriptifs posés par EMPI nous avons développé une méthode d'aide à la spécification pour la conception de supports multimédia éducatifs (Crozat et al., 2000). Nous avons pour cela développé le prototype Mπ<sup>-1</sup>. Il utilise la même base de critères que EMPI et propose une interface de type "check-list" permettant au concepteur de spécifier si son produit va respecter chaque critère, et sinon d'apporter une justification (généralement liée à un contexte d'application ou des contraintes propres). Le résultat de ce travail est un document électronique rappelant les spécifications et permettant le contrôle, au cours de la réalisation, du respect de ces spécifications.

## **La logique de l'oeuvre unique ...**

Les approches de conception des EIAH s'inscrivent en général dans un cadre de conception et d'utilisation expérimental. Leur objectif est d'offrir la réponse optimum à un problème pédagogique donné à l'aide d'une solution très contextualisée. Il implique que chaque problème pédagogique, donc chaque contexte, aura pour solution un nouveau produit logiciel spécifique.

Ces recherches ont permis de circonscrire raisonnablement le problème du développement de logiciels éducatifs et des travaux tels qu'EMPI ont mis en exergue des principes de conception permettant de développer des EIAH de qualité. Néanmoins les méthodes mises en oeuvre correspondent à un modèle artisanal de développement destiné à produire une oeuvre unique. Le principe de l'oeuvre unique permet de répondre de façon très efficiente à des besoins bien identifiés, typiquement offrir une approche pédagogique innovante, afin de traiter différemment un problème, dans l'espoir de le résoudre au mieux.

Le succès récent des logiciels éducatifs, notamment depuis le développement d'Internet, a permis de mettre en évidence la réalité d'une massification. En effet l'augmentation des volumes de contenu à traiter et l'accroissement du nombre d'utilisateurs posent un problème aux approches mobilisées jusqu'à présent. Efficientes dans un cadre artisanal, elles perdent de leur intérêt dans le cadre d'un développement de masse.

## **4. Les systèmes pédagogiques documentaires**

### **4.1. Une logique d'industrialisation**

#### **La massification, une réalité ...**

Les approches artisanales de conception mobilisées en général en EAO se caractérisent par des coûts et des temps de conception lourds et une faible durée de vie des produits. Très efficientes dans le cas de contextes d'application localisés, les approches de conception impliquent un coût unitaire, qui, en général, ne peut être consenti dans le cas de volumes importants de contenus à traiter. La conséquence, observable notamment sur Internet, est que l'application de méthodes artisanales dans un contexte de massification se traduit par une dégradation très nette de la qualité des produits, et du coup de l'intérêt d'introduire l'informatique. Linard parle de « réussites locales et d'échec global » (Linard, 1996)

Or l'évolution actuelle de la place du support numérique dans notre société ne permet plus d'ignorer la problématique de massification qui l'accompagne, dans le domaine de la formation comme dans les autres domaines liés à l'information. Une approche industrielle de conception de logiciels éducatifs se propose de mettre en oeuvre des méthodes permettant d'appliquer les principes élaborés en EAO à une échelle massive de production et de consultation, c'est à dire pour un volume important de contenus et d'utilisateurs. Gil parle de « passer d'une politique de coups (d'expérimentation, d'essais, erreurs, adaptation) à une politique d'industrialisation de la production des ressources pédagogiques multimédia » (Gil, 2000). Bruillard et Baron, quant à eux, posent la question de la conception dans une optique plus large de distribution et du passage « de l'artisanat à la production industrielle » (Bruillard et al., 1998).

#### **L'industrialisation, une solution ...**

*« La seule réponse possible, en termes économiques, à la "massification" de la formation est une augmentation de productivité. Mais il ne s'agit pas de faire de la productivité à la mode taylorienne !*

*L'industrie contemporaine montre que l'on peut augmenter la productivité, tout en améliorant aussi la qualité et la flexibilité de réponse au marché. Productivité, qualité, flexibilité : tels sont donc aujourd'hui les concepts qui doivent être mis en oeuvre dans le système éducatif. » (Blandin, 1990)*

Bourda et Hélier (Bourda et al., 2000) posent que les documents pédagogiques numérisés devront être produits au moyen de techniques productives et robustes, selon des standards et des processus bien maîtrisés. Par analogie avec le domaine de l'aviation, ils montrent que la conception doit passer d'une logique de prototype, dont l'objectif est seulement de voler, à une logique industrielle, dont l'objectif, est, non seulement de voler, mais également de respecter d'autres contraintes (fiabilité, rendement, etc.).

Nous insisterons sur le fait que l'objectif du projet d'industrialisation est bien de maintenir le niveau de qualité standard existant pour les oeuvres uniques. Le concept d'industrialisation véhicule des images passionnées relatives aux domaines pour lesquels il a été mobilisé par le passé, nous n'entrerons évidemment pas dans ce débat, que nous laisserons aux professionnels de l'économie ou de la sociologie. Concernant le domaine qui nous occupe, celui de la pédagogie, nous ne pensons pas qu'il est possible de sacrifier l'efficacité sur l'autel de la massification et l'industrialisation n'a de sens que si elle permet de généraliser à un cadre plus large les avancées concrétisées pour des approches locales. Si les réalisations à petite échelle sont toujours potentiellement plus proches des attentes, l'industrialisation peut néanmoins assurer un niveau de qualité suffisant pour répondre correctement au besoin. Une Roll's Royce sera toujours préférée (rationnellement ou non) à une voiture de série classique, mais la voiture de série classique répond parfaitement à l'usage standard (sécurité, consommation, vitesse, etc.).

*« Aujourd'hui, indépendamment de ce statut marchand ou civique de la formation, les technologies qui sont proposées matérialisent un processus d'industrialisation de la formation c'est à dire de standardisation de ses procédures pour un meilleur contrôle et une meilleure performance. [...] Les NTE peuvent sans doute emprunter les voies d'une certaine industrialisation, mais ne pourront prendre un sens éducatif que dans la mesure où elles seront guidées par un fort impératif moral définissant des modèles de la personne, des connaissances, des liens sociaux. » (Boullier, 1996)*

## Quelques caractéristiques d'une approche industrielle ...

Peccoud (Peccoud, 2001) rappelait dans l'édito des "Rendez-vous sous le préau" que « *la rédaction de contenus de qualité représente une dépense considérable et l'amortissement de cet investissement est un poste très important du calcul du coût [...]. Il est donc essentiel d'en assurer qualité et durée de vie* » .

L'industrialisation passe par la modification des procédés de conception de telle façon qu'ils intègrent les dimensions suivantes :

- **La production et l'édition de gros volumes à des coûts réduits** : L'utilisation de logiciels auteurs, tels que Director, n'est pas rentable sur des volumes importants.
- **La réutilisabilité** : L'investissement consenti pour la production initiale de contenu (mobilisation des experts, coûts de production, etc.) doit être rentabilisé dans la durée par la réutilisation de l'existant lorsque c'est pertinent, sans avoir à re-produire pour chaque contexte d'utilisation différent.
- **Le contrôle de la qualité** : Le processus de conception doit pouvoir assurer *a priori* qu'un certain nombre de critères (d'ergonomie, de qualité graphique par exemple) seront respectés, notamment pour éviter les retro-conceptions et s'orienter vers un "bon du premier coup".
- **L'adaptation à l'existant** : L'introduction de technologies éducatives conduit nécessairement à une réforme du système quelles intègrent, néanmoins dans une démarche d'industrialisation il est nécessaire de prendre en compte l'existant tel quel et de l'assimiler pour accompagner le changement progressivement (il n'est pas raisonnable de vouloir réformer brutalement un système de grande envergure, de plusieurs centaines d'utilisateurs par exemple).
- **La maintenance** : Il est indispensable d'assurer que l'effort de production conduit à des produits pérennes et conformes aux standards, et que l'actualisation des informations est aisée.
- **L'automatisation du suivi** : La formation de masse implique une faible disponibilité de l'enseignant pour chaque apprenant. L'industrialisation passe également par la mise en place de procédures automatiques ou semi-automatiques de suivi afin d'autoriser un apprentissage autonome entre les nécessaires interventions de l'enseignant.

La problématique de massification, qui trouve sa réponse dans le recours à des méthodes industrielles de production, suppose le passage d'une logique de l'oeuvre unique au passage à une logique de système documentaire.

## 4.2. Vers une ingénierie documentaire

### Les critères d'une approche industrielle ...

Nous pensons avec Gil que l'industrialisation passe par l'intégration de quatre facteurs lors la conception des produits :

- **Le multi-média** : La production de ressources de formes sémiotiques différentes (texte, son, image, vidéo, etc.) à des coûts raisonnables
- **Le multi-supports** : La diffusion des ressources sur des supports de natures différentes (papier, cd-rom, Internet, Intranet, téléphone, PDA, etc.) à partir d'une même production
- **Le multi-usage** : La mobilisation des ressources dans des dispositifs de formation divers (présentiel, distance, auto-formation, tutorat, etc.) à partir d'une même production
- **Le multi-cible** : La réutilisation des ressources pour des publics différents (différents niveaux, contextes, etc.) à partir d'une même production

Si la dimension multi-média est communément admise, la dimension multi-supports est rarement abordée, et la politique classique est celle de reproduire pour chaque nouveau support requis au sein du dispositif de formation. Les notions de multi-usage et multi-cible prêtent plus à polémique, car elles s'opposent à la nature même de la pédagogie, à savoir être spécifique et contextualisée. Le triple enjeu des systèmes documentaires pédagogiques est de parvenir à concilier la généralité propre à une approche industrielle et la spécificité propre à la pédagogie, tout en conservant la dynamique propre au support numérique.

### Exemple de système documentaire : Les bases de données pédagogiques ...

Les systèmes documentaires pédagogiques se développent actuellement essentiellement sous la forme de bases de données pédagogiques. Ces systèmes se distinguent par des fonctions de stockage (par encapsulation de l'information et représentation dans un modèle relationnel ou objet) et d'indexation (par ajout de méta-données) permettant la naissance réelle d'une masse de ressources pédagogiques. Les BDDP intègrent parfois des systèmes auteurs permettant d'alimenter la base et des navigateurs permettant la mise en oeuvre des formations. Elle fournissent des avancées certaines en terme d'expériences de mutualisation et de partage de contenus, ainsi qu'en terme de normalisation des modèles de méta-données. ARIADNE est certainement actuellement l'une des bases de données pédagogiques les plus ambitieuses et les plus avancées.

La limite de tels systèmes réside dans la logique de production des contenus, peu ou pas encadrée d'un point de vue technologique et méthodologique. L'hétérogénéité des ressources, dans leur structure et dans leur forme, ne permet pas réellement la constitution d'un système capable de gérer industriellement une masse documentaire. Par exemple l'agrégation de documents de formats hétérogènes (Word, HTML, etc.) nécessite un travail de re-conception important proche du modèle de l'oeuvre unique. La mise en place d'une logique de conception documentaire, au sens d'un modèle de production des documents, permettrait par contre d'assurer une homogénéité logique des ressources et de réelles avancées en terme de maintenance et de réutilisabilité multi-contexte et multi-supports.

## Chapitre 2

# Une ingénierie documentaire

Nous avons dans le chapitre précédent rappelé l'évolution de l'EAO depuis les théories qui la sous-tendent jusqu'à la problématique actuelle à laquelle elle doit faire face : la massification. Nous avons considéré une approche fondée sur l'industrialisation pour y répondre et une ingénierie documentaire pour la mettre en oeuvre. Dans une première section de ce second chapitre nous nous appuyerons sur une théorie du support qui place le calcul, propre du numérique, au coeur de la réflexion, afin de penser l'ingénierie documentaire. Dans la seconde section, nous exploiterons cette théorie afin d'esquisser des principes de conception fondés sur la dynamique issue du calcul et permettant à ce titre d'exploiter le support numérique dans une perspective pédagogique à la fois comme un outil sémiotique et comme un outil de contrôle.

## 1. Une théorie du support numérique

### 1.1. La connaissance inscrite

#### La médiation technique ...

L'orientation vers une ingénierie documentaire comme point de vue sur la conception conduit à penser la nature du support sur lequel l'information est inscrite. Nous nous appuyons pour cela sur une théorie du support numérique développée par Stiegler et Bachimont, qui s'inscrit dans le courant de la philosophie phénoménologique initiée au début du XXème siècle (Stiegler, 1994), (Stiegler, 1994), (Bachimont, 1996).

Selon ce courant la connaissance n'existe qu'inscrite sur un support matériel, et la transmission de connaissance ne résulte que de son inscription intentionnelle sur un support par un auteur pour un lecteur. Ainsi un livre, une cassette vidéo ou un logiciel véhiculent des connaissances, sans les modéliser au sens de la logique formelle, mais en leur offrant un support de mémorisation et de manifestation. Le support technique devient alors une prothèse cognitive, un processus d'extériorisation, qui permet l'anticipation et la constitution de modes nouveaux de représentation : « *par pro-thèse nous entendrons toujours à la fois: posé devant, ou spatialisation (é-loignement); et posé d'avance, déjà là (passé) et anticipation (prévision), c'est à dire temporalisation.* » (Stiegler, 1994).

Les deux corollaires de cette vision du support comme une prothèse cognitive sont d'une part que le support autorise l'accès à la connaissance, puisqu'il permet son enregistrement et sa restitution physique, et d'autre part qu'il prescrit la forme et les modalités d'orientation au sein de cette connaissance ainsi inscrite de par les propriétés de sa nature physique.

- Le sens est virtuel, inaccessible, tant qu'il n'est pas mémorisé sur un support technique qui le rend alors potentiel et l'expérience de l'objet technique permet l'actualisation du sens. « *La technique est donc la possibilité même qu'il y ait un sens* » (Bachimont, 2001) car « *la technique permet de répéter le passé pour le futur* » (Bachimont, 1999) en enregistrant le présent.
- Les modalités d'inscription du sens sur un support sont conditionnées par les propriétés techniques spécifiques de ce support, qui déterminent *a priori* et la façon d'écrire et la façon de lire. « *la tradition pose la question de la transmission du savoir. Notre hypothèse est que celle-ci se trouve déterminée par les formes proprement technologiques de l'enregistrement des savoirs, par les conditions d'accès - y compris*

*pour l'inventeur d'un tel savoir - qu'elles ménagent. » (Stiegler, 1994)*

**Exemple** Soit deux supports techniques, le livre et la bande magnétique audio, ils permettent tous deux la mémorisation et la transmission d'une même information, par exemple une fable de La Fontaine. Ils imposent néanmoins des modalités d'inscription et de restitution différentes par leurs caractéristiques techniques propres. Le livre permettra par exemple l'ajout d'illustrations ou l'écriture en vieux français pour restituer l'ambiance de l'époque, la bande aura recours à la voix particulière d'un lecteur, éventuellement à des effets stéréo ou à l'ajout d'une musique de fond. Ainsi une même connaissance, selon le support par lequel elle est véhiculée, sera transmise selon des modalités très différentes et totalement dépendantes du cadre technique imposé par le support.

## Synthèse, supplément et réécriture ...

Si l'on adopte cette posture qui consiste à placer la médiation de la technique au centre de l'élaboration de la connaissance, on doit penser le support d'inscription comme une composante essentielle de ce processus d'élaboration.

*« Les modes de pensée ne sauraient être indépendants des moyens de penser » (Goody, 1979)*

Tout support technique enregistre l'information selon un mode propre, qui prédétermine la façon dont elle sera rattachée (la réappropriation consistant à synthétiser les informations acquises depuis certains supports techniques sur de nouveaux supports). Ce processus de réappropriation suppose un différencement à l'infini de l'assimilation totale du sens inscrit sur le support et une différenciation de chaque lecture (*i.e.* chaque lecture introduit un accès nouveau au sens et par conséquent l'ensemble des sens possibles n'est jamais accessible). L'information est donc fondamentalement dépendante du support sur lequel elle est inscrite. De plus, l'acte d'inscrire de l'information sur un support suppose l'addition d'un supplément de sens, lié intrinsèquement à la nature du support.

Le processus de transfert de connaissance peut être formulé par les trois étapes suivantes:

- L'auteur synthétise une connaissance sur le support technique
- Le support surdétermine la connaissance, introduisant un supplément
- Le lecteur se rapproprie la nouvelle connaissance constituée et en fait une nouvelle synthèse

Le supplément introduit par le support est fonction de la logique propre de ce support. Sa compréhension dans le cadre du numérique est donc indispensable pour penser la conception des supports qui nous intéressent.

## 1.2. Le propre du document numérique

### La raison computationnelle ...

Goody nous montre que l'invention de l'écriture a modifié les schèmes de représentation de la connaissance, jusque là orale, donnant naissance à une raison graphique (Goody, 1979). Les documents papiers ont permis la représentation spatiale de l'information, en lui donnant une permanence dans le temps. Grâce à ces possibilités nouvelles d'inscription, de nouvelles connaissances ont pu naître de l'émergence de représentations qui ne peuvent être formulées oralement (Goody expose l'exemple du tableau qui permet de mettre en relief des relations qui ne pourraient émerger par la description orale du tableau).

*« Comme le codex, les rouleaux d'Alexandrie ou les entrées alphabétiques de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert, les CD-ROM ou Internet sont des "machines" à structurer le savoir. » (Clément, 1998)*

De même que l'écrit a permis le passage du temporel au spatial par projection de la parole, le support numérique apporte de nouvelles formes de représentation des informations, basées sur le calcul. Bachimont parle de l'émergence d'une « *raison computationnelle* » permettant la synthèse de la connaissance dans l'espace du calcul (Bachimont, 1999). En effet l'ordinateur ne traite que des séquences binaires qui, par le calcul, deviennent des signes sur un support tel que l'écran. C'est cette propriété du support numérique qui est intéressante en tant qu'elle propose de nouvelles possibilités d'inscription de l'information, basées sur la dynamique. Ces nouvelles possibilités induisent également la constitution de modes de représentation nouveaux, comme les tableaux pour la raison graphique en leur temps. Linard parle de « *machines à représenter autrement* » (Linard, 1996).

L'enjeu est alors de comprendre comment inscrire les informations sur ce support spécifique afin de repérer des structures d'inscription nouvelles pertinentes.

## Une science des processus ...

La théorie sur laquelle nous nous fondons pose que la nature du support est déterminante dans le processus d'élaboration de la connaissance, et que le propre du numérique est le calcul. La dernière étape est à présent de comprendre comment mobiliser le calcul pour penser une ingénierie des documents numériques pédagogiques qui exploitent correctement les propriétés du support (*i.e.* mettant à profit ses atouts selon un modèle propre d'écriture et de lecture et non copiant ceux existants pour d'autres supports).

Le calcul permet de spatialiser le temps en un déroulement ordonné et contrôlé par un algorithme. Il peut donc être vu comme une science des processus.

« [...] alors que l'espace est le point de vue dominant pour la physique, il s'agirait donc du temps à la base de l'informatique. [...] Alors que la géométrie est le point de vue spatial des processus dynamiques, l'informatique en constitue le point de vue temporel. [...] A cet égard, l'informatique est la science des processus matériels considérés en tant qu'ils sont effectifs, c'est à dire mécaniques et temporellement finis. » (Bachimont, 1996)

Le document numérique se pose donc dans une logique de processus dynamique, celle de l'algorithme, et non d'espace comme pour le document écrit ou de temps pour le document oral. C'est cette propriété intrinsèque de l'informatique qu'il convient d'intégrer pour envisager une numérisation des contenus pédagogiques profitant du potentiel offert par le support informatique.

Le support numérique est un outil sémiotique, permettant de mémoriser et de restituer de l'information moyennant un calcul, mais c'est également un outil de contrôle, qui permet de représenter une information par le biais d'un algorithme. Une approche de conception des supports numériques pédagogiques doit donc s'attacher à comprendre en quoi cette nouvelle modalité de représentation de l'information est pertinente dans son cadre et comment elle peut être mise en oeuvre.

## 2. La numérisation des contenus pédagogiques

### 2.1. Une informatique documentaire

#### L'opérationnalisation des documents ...

La numérisation de contenu correspond à un codage de l'information (donc un calcul) de tel façon que l'on soit capable par un décodage (un autre calcul) de restituer l'information telle qu'elle a été codée. Stiegler parle d'orthothétie pour exprimer cette correspondance entre l'information codée et l'information décodée (Stiegler, 1994). Un tel traitement orthothétique correspond à une numérisation de la forme, car l'information est encapsulée dans le document, mais non formalisée. Cette approche documentaire de l'inscription de l'information permet de traiter autrement (par opposition à une approche formelle) le problème de la représentation informatique de connaissances non formalisables logiquement (ce qui est majoritairement le cas du langage sur lequel s'appuie la pédagogie). Donc l'informatique peut-être mobilisée pour la manipulation des connaissances, non en vertu d'une hypothétique ressemblance entre ses modes de fonctionnement et ceux du cerveau, mais en tant que support technique d'inscription : « *l'informationnalisation du savoir n'est possible que parce que l'informatique, technique d'enregistrement, de lecture, de diffusion, est une sorte d'écriture.* » (Stiegler, 1994).

Néanmoins si l'usage du support numérique reste limité au codage et décodage orthothétique de l'information, l'exploitation des propriétés du calcul pour construire des documents dynamiques n'est pas possible. La question se pose donc de l'opérationnalisation, au sens du calcul, de connaissances en langue naturelle : « [...] le formalisme comme principe de modélisation n'est plus tenable. En revanche, le formalisme comme principe d'effectivité reste indispensable » (Bachimont, 1996). L'enjeu est donc d'associer aux documents (numérisations de la forme) une formalisation du sens qui n'a pas pour objet une modélisation de la connaissance (puisque contenue dans les documents) mais une modélisation des documents eux-mêmes. Cette modélisation des documents permet la manipulation de l'information par le calcul, via la manipulation des documents. Et cette modélisation est possible car la complexité inhérente à la connaissance est réduite à la complexité du modèle documentaire, et que cette complexité est déterminée par le modèle mis en oeuvre (et non plus par la connaissance elle-même). Le modèle documentaire peut-être arbitrairement complexe, en fonction des besoins de manipulation formelle par l'ordinateur, mais il reste maîtrisable puisque construit pour les besoins et non induit par la nature de la connaissance.

**Exemple** Représenter formellement le contenu d'une encyclopédie est impossible puisque les connaissances sont exprimées en langue naturelle. Par contre modéliser formellement les articles de l'encyclopédie, qui constituent alors des documents encapsulant orthothétiquement l'information, est possible (par une indexation sur une ontologie par exemple). Le calcul s'effectue alors sur le modèle (l'index) et permet la manipulation dynamique des informations via la manipulation dynamique des documents (une navigation hypertextuelle par exemple).

Une informatique documentaire consiste selon ce modèle à associer une dimension spatio-temporelle, l'enregistrement sémiotique d'information au sein de documents, et une dimension calculatoire, le modèle de manipulation de ces documents. Les documents sont des éléments discrets et le calcul s'effectue sur cette discrétisation *a priori* de l'information. Le support numérique n'a plus vocation à modéliser la connaissance, il a vocation à la véhiculer, et l'objectif d'une informatique documentaire est de fournir un modèle qui permette effectivement de véhiculer les informations.

« *L'enjeu de la révolution numérique est d'articuler formes sémiotiques d'appropriation et opérations calculatoires du support numérique.* » (Bachimont, 2001)

Une approche uniquement calculatoire butte sur les limites de la formalisation en tant que principe de représentation de la connaissance et une approche uniquement sémiotique butte sur la nature même du support qui est le calcul. D'où la nécessité de coupler les deux.

### **Le calcul comme médiation de la lecture ...**

L'accès à l'information sur le support numérique n'est jamais direct mais nécessairement médié par le calcul. Elle passe au minimum par le décodage d'une représentation sous forme binaire de l'information pour en proposer une présentation sous une forme sémiotique lisible. Bachimont parle de « *forme calculée d'appropriation* » (Bachimont, 2001).

Mais la lecture suppose également une reconstruction des documents discrétisés, et cette manipulation est obtenue par un calcul sur la représentation formelle de ces documents. La question qui se pose est alors : « *Comment procéder pour que les calculs numériques aient un sens au niveau des formes sémiotiques ?* » (Bachimont, 2001)

La réponse à cette question n'est pas évidente, car la manipulation des documents par le calcul peut déboucher sur des lectures de l'information non envisagées par l'auteur, et donc sans assurance quant au sens qu'elle peuvent revêtir. C'est à la fois intéressant, puisque susceptible de faire émerger des connaissances nouvelles, qui dépassent la prescription de l'auteur, mais également dangereux, puisque susceptible de perdre l'intentionnalité de l'auteur, voire tous sens dans le calcul.

Une première réponse pour assurer *a priori* que le calcul conduira à une lecture sensée est de faire correspondre l'unité de calcul avec l'unité de sens. Ainsi la manipulation logique d'unités documentaires autonomes (c'est à dire qui peuvent être lues sans recours nécessaire à d'autres documents) assure que qu'elle que soit la combinaison produite par le calcul, ce sera une combinaison d'unités sensées. Néanmoins, en général et en particulier dans un contexte pédagogique, toutes les combinaisons n'ont pas de sens, même si chaque unité prise séparément en a un. Par exemple si deux unités, l'une traitant des atomes et l'autre des molécules peuvent être des unités documentaires sensées, seule la combinaison présentant l'unité sur les atomes avant celle sur les molécules l'est. La seconde réponse à la question est la mise en oeuvre d'algorithmes de contrôle qui assurent que tous les calculs aboutissent à des combinaisons ayant du sens. Afin d'avoir une telle propriété les algorithmes doivent pouvoir être le reflet d'une intentionnalité auctoriale.

Rechercher une lecture sensée dans le cadre particulier du numérique implique à la fois une écriture des documents, au niveau sémiotique donc, qui tienne compte *a priori* du calcul qui va être effectué sur ces documents, et une écriture au niveau du contrôle qui permette d'exprimer et de conserver des parcours sensés de l'information.

### **Le calcul comme technique de réécriture ...**

Stiegler nous dit que « *faire c'est dire* » (Stiegler, 1994), dire c'est faire, lire c'est écrire et écrire c'est lire. La compréhension est un processus actif qui ne peut être dissocié d'un processus de réappropriation, *i.e.* de réécriture.

« *lire un texte, le comprendre (étymologiquement, "prendre en soi"), consiste effectivement à le réécrire intérieurement par une série d'aller et retour entre prédiction de ce qui va suivre et réajustement du sens de ce qui précède (comme pour l'appropriation orale).* » (Weissberg, 1999)

Le calcul modifie la stricte séparation entre lecture et écriture dans la mesure où la navigation peut être vue à la

fois comme une lecture et une réécriture. Mais naviguer dans un contenu dynamique et le ré-agencer en un parcours propre n'est pas en soi une écriture suffisante. Il est nécessaire pour le lecteur, à plus forte raison dans un contexte pédagogique, de produire effectivement ses propres informations, telles que des annotations, des résolutions d'exercice, des synthèses, etc.

Le support numérique donne une dimension nouvelle à la réécriture dans la mesure où, en tant que support dynamique, il permet l'inscription des informations du lecteur selon les mêmes modes que les informations de l'auteur. Ainsi, la conception du support numérique doit être pensée pour une lecture non linéaire d'une part, et une réécriture dynamique d'autre part.

## 2.2. Vers une ingénierie pédagogique

### Le contrôle par le processus pédagogique ...

Le modèle documentaire propose une technique d'inscription de l'information fondée sur une couche sémiotique (les documents) et une couche de contrôle (les modalités de calcul sur ces documents). L'apprentissage à travers un support numérique ainsi conçu repose donc d'une part sur le calcul qui permet la programmation du processus pédagogique et d'autre part sur l'interprétation qui permet l'accès au sens.

Notre travail ne peut donc se limiter à la question de la production des documents, mais doit intégrer la question de la production de structure de contrôle de ces documents.

*« C'est la définition classique du problème de contrôle tel que les concepteurs de systèmes à base de connaissances le rencontrent invariablement : quand et comment utiliser les connaissances représentées dans le système. » (Bachimont, 1994)*

Or la réponse à cette question est de l'ordre de l'intentionnalité pédagogique. C'est le processus pédagogique, en tant que scénario de lecture et de réécriture de l'information conçu par l'enseignant, qui définit les modalités de manipulation des documents par l'apprenant. Le recours à une ingénierie pédagogique est donc nécessaire pour la modélisation de ce processus au sein du support et rendre ainsi opérationnelle la manipulation des documents non formels. Le schéma ci-dessous permet de mettre en correspondance les exigences issues de l'ingénierie documentaire (un niveau sémiotique et un niveau formel) et les solutions proposées par l'ingénierie pédagogique (des documents pédagogiques contrôlés par des processus pédagogiques).

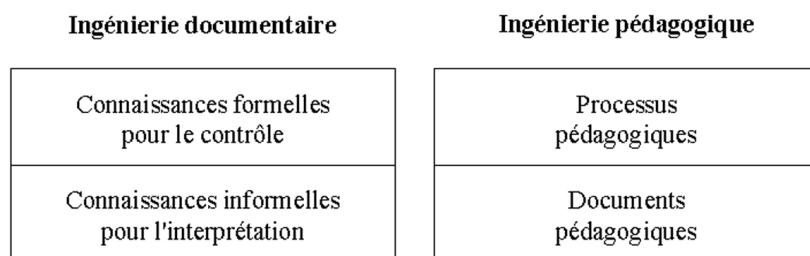


FIG.2 : Le couplage documentaire-pédagogique

### La modélisation des processus pédagogiques ...

La question qui se pose à nous est donc celle de proposer un modèle de système documentaire, c'est à dire un modèle permettant de produire et manipuler opérationnellement des documents contenant les connaissances du domaine. La conception d'un tel modèle suppose le recours à une ingénierie pédagogique apte à nous fournir un modèle de manipulation des documents sensés pour la lecture et la réécriture dans un cadre d'apprentissage.

L'enjeu est donc technologique et méthodologique, afin de trouver des mécanismes de programmation et des approches de modélisation pour inscrire le modèle pédagogique au sein du support.

*« Le dispositif technique intervient dans un scénario pédagogique [...]. Il s'agit bien alors d'ingénierie éducative et non seulement de développement technologique. » (Boullier, 1996)*

L'ingénierie documentaire est générique, elle permet l'application de méthodes générales permettant l'industrialisation, tandis que l'ingénierie pédagogique est spécifique, elle permet la contextualisation pour chaque domaine d'application. Cette contextualisation est indispensable de façon à ce que ce ne soit pas le support qui impose ses contraintes propres (ce qui n'est pas viable), mais bien le contexte qui fasse plier le

support à ses spécificités (ce qui est acceptable et durable). L'enjeu est alors de combiner à la fois « *technologies standard et singularité de l'étudiant* » (Boullier, 2000). Notre projet consiste donc à élaborer un méta-modèle documentaire, afin de répondre aux besoins de l'industrialisation, propre à accueillir un modèle pédagogique, afin de répondre aux spécificités du contexte.

## Chapitre 3

# Une ingénierie pédagogique

Tandis que nous avons dans le premier chapitre présenté pourquoi une ingénierie documentaire était intéressante du point de vue de l'industrialisation, nous avons dans le second chapitre explicité ce qu'impliquait cette ingénierie pédagogique dans le cadre du support numérique. En conclusion nous avons posé le besoin d'articuler l'ingénierie documentaire avec une ingénierie pédagogique qui permettent de penser le modèle documentaire en contexte. Dans la première section nous exposerons en quoi l'introduction du support numérique comme élément de l'ingénierie pédagogique est pertinente au regard des mutations actuelles que subit la formation. Dans la seconde section nous proposerons la numérisation des scénarii pédagogiques comme solution au problème du contrôle formel de la manipulation des documents.

## 1. La mutation des dispositifs pédagogiques

### 1.1. Nouveaux dispositifs, anciens modèles

#### La réactualisation des modèles ...

*« Une technologie ne constitue pas en soi une révolution méthodologique, mais elle reconfigure le champ du possible. » (Perava, 2000)*

L'introduction du support numérique n'implique pas l'introduction de nouveaux modèles pédagogiques. De fait les outils actuels sont mobilisés pour réactualiser des modèles plus anciens.

*« L'émergence de nouveaux dispositifs de formations ouvertes en université, dans les champs de la formation professionnelle, sur les bancs des écoles ou au coeur des établissements scolaires, tend à remettre au goût du jour des idées anciennes mais toujours d'actualité de travail collaboratif, de l'autonomisation des apprenants et des méthodes actives. » (Alava, 2000)*

Les nouveaux outils offrent néanmoins de nouvelles perspectives sur les modèles et permettent de les ré-interroger. Ainsi, si les modèles théoriques ne sont pas remis en cause, les pratiques, quant à elles, répondent à l'introduction des technologies numériques par des mutations profondes.

*« Un dispositif étant l'organisation du temps, de l'espace, des acteurs et des objets d'une situation en vue d'objectifs précis, il impose toujours des structures et des rapports nouveaux. Les multiples dispositifs homme-machine que suscitent les NTIC ne peuvent donc manquer de contraindre à poser autrement les anciennes questions » (Linard, 1996)*

Il n'est donc pas raisonnable d'imaginer que l'introduction du support numérique se fera sans modification des pratiques et l'on doit s'interroger sur une ingénierie pédagogique inévitablement associée à l'ingénierie informatique de conception du support.

**Remarque** On peut attendre de la mise en oeuvre de pratiques pédagogiques fondées sur des supports numériques l'émergence de nouveaux modèles pédagogiques issus des modes de représentation liés à la nature dynamique du support, mais cette question n'est pas encore d'actualité concernant nos travaux (même si elle interroge déjà les philosophes et les pédagogues).

## La formation professionnelle continue ...

L'émergence d'un nouveau cadre de formation a vu le jour, en France depuis 1971 et la loi sur la "formation professionnelle continue" impulsée par Jacques Delors (Parmentier et al., 2001). Il nous paraît important d'insister sur les mutations introduites par ce nouveau cadre car elles se distinguent de la formation traditionnelle en introduisant au moins trois paramètres essentiels : la formation des adultes, la formation orientée vers les compétences et la formation en dehors de l'école (au sens géographique).

La formation d'adultes ayant déjà été confrontés au monde du travail introduit une modification des dispositifs pédagogiques, plus centrés sur l'action et la mise en situation que sur la théorisation. Ce débat, réactualisé par la formation continue et professionnelle par rapport à la formation initiale classique, est loin d'être nouveau puisqu'il opposait déjà au XVI<sup>ème</sup> siècle Rabelais, partisan de l'acquisition des connaissances pures et Montaigne, partisan de "la tête bien faite plutôt que bien pleine" pour reprendre l'expression consacrée. Ainsi la formation professionnelle mobilise des pédagogies orientées vers les compétences plutôt que vers les connaissances, *i.e.* vers des connaissances opérationnelles plutôt que générales.

L'évolution de la formation professionnelle a également mené au développement de nouveaux dispositifs d'apprentissages, répondant au besoin d'une formation sur le lieu de travail. Ainsi s'est développé, parmi d'autres dispositifs tels que les stages courts ou les cours du soir, la solution de formation à distance, offrant un avantage notable en terme de flexibilité. La loi sur les 35 heures (instaurée au début de l'année 2000) accroît les besoins et perspectives en terme d'innovation des dispositifs de formation. En effet elle conduit les entreprises à rechercher des solutions de formation pour optimiser les compétences de leur personnel (et combler en qualité ce qu'elles perdent en quantité) et laisse effectivement plus de temps libre aux personnes, notamment pour se former. Dans ce contexte des solutions de type formation à distance vont gagner encore en importance tentant de répondre à une problématique contradictoire, la recherche de solutions génériques pour répondre à la massification et la recherche de solutions individuelles pour optimiser l'investissement en temps de formation et répondre à la volonté de retombées à court terme sur le travail.

*« Elles [les entreprises] vont nécessairement rechercher des formules plus souples et investir dans des dispositifs plus flexibles permettant de dispenser une formation à distance, si possible individualisée. » (Gil, 2000)*

## 1.2. Une typologie des dispositifs

### D'une situation d'enseignement à une situation d'apprentissage ...

La montée en puissance combinée des besoins de formation plus autonomes et des supports permettant cette autonomie conduisent à réactualiser les théories piagetiennes de la formation et à considérer une formation centrée sur l'apprenant plutôt que sur l'enseignant. On voit ainsi à travers quelques exemples de dispositifs actuels le glissement progressif d'une situation d'enseignement à une situation d'apprentissage.

- **La formation classique médiatisée :** Dans un dispositif classique et quasi inchangé, l'enseignement s'appuie sur des supports qui sont rendus disponibles pour l'apprenant. Qu'il s'agisse d'un photocopié de notes, d'un jeu de diapositives ou d'un cd-rom, le support ainsi introduit permet à l'apprenant de reporter une partie de son apprentissage sur la consultation autonome du support.
- **La formation tutorée en présentiel :** Ce type de dispositif est basé sur un travail autonome de l'apprenant sur un support, généralement multimédia. Un enseignant (devenu tuteur) remplit un rôle de régulation, de guidage et de reformulation, mais non plus directement d'exposition.
- **La formation ouverte à distance :** La formation ouverte à distance consiste à laisser à l'apprenant le soin de gérer le lieu et le temps de son apprentissage, en lui fournissant les supports ad hoc, un tutorat à distance et des regroupements en présentiel pour répondre aux questions que le support ne permet pas de résoudre, et un suivi pédagogique permettant d'assurer le guidage et le contrôle de l'apprentissage.

**Exemple** Le support numérique répond par exemple à des usages tels que l'utilisation collective en classe, l'utilisation en groupe, l'utilisation individuelle dans l'établissement, l'utilisation par l'élève à la maison, l'utilisation par l'enseignant pour son exposé (Dieuzeide, 1994).

## Vers des dispositifs hybrides ...

Il est possible de caractériser les dispositifs de formation en fonction de paramètres tels que la distance/présence

ou le synchrone/asynchrone. Le CNED (Alia et al., 2000) propose par exemple une matrice de description, reproduite ci-dessous, des méthodes de formation ajoutant la dimension collectif/individuel.

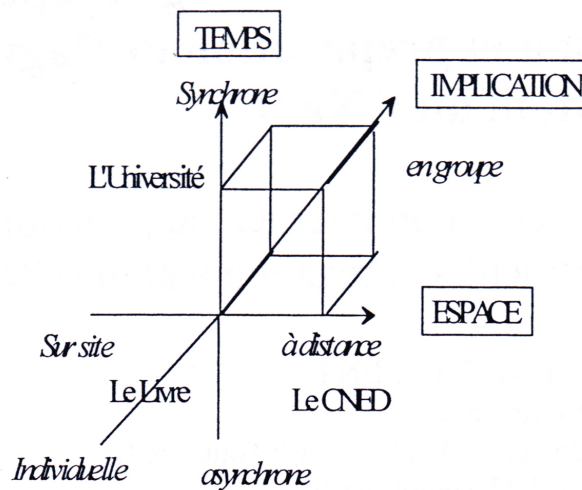


FIG.3 : Typologie des méthodes de formation (Alia et al., 2000)

Il n'existe pas de dispositifs meilleurs que d'autres, il existent des dispositifs différents pour répondre à des besoins pédagogiques et des contraintes organisationnelles différents.

La tendance logique de la formation professionnelle est le recours à des dispositifs hybrides de formation à distance et présentiel (Gil, 2000) permettant de profiter des situations complémentaires en mettant à profit leurs avantages respectifs.

Le support numérique prend de fait une place importante dans les dispositifs innovants qui sont en train de voir le jour, avant tout car le support apporte les avantages en terme de flexibilité nécessaires à la mise en oeuvre de ces dispositifs. Le support numérique se pose donc comme un élément d'une ingénierie pédagogique et nous conduit à nous demander dans quelle mesure cette ingénierie pédagogique, en tant que spécification d'un processus, peut-être instrumentée par le support.

## 2. La numérisation des processus pédagogiques

### 2.1. Dynamique du support et scénarii pédagogiques

#### Numériser les enseignants? ...

La question légitime qui se pose naturellement lorsqu'on cherche à introduire l'informatique dans l'enseignement est celle de la place de l'enseignant. On pourrait en effet imaginer, à plus forte raison sur un support dynamique, que le rôle de l'enseignant soit modélisé au sein du support, et ainsi que le *cyber-prof* prenne la place traditionnelle de l'enseignant.

Pour répondre à cette question, il faudrait se demander quel est exactement ce rôle rempli par l'enseignant et ainsi tenter de voir si la machine est capable de le remplir. Sans toutefois procéder à cet exercice, on pourra admettre que la fonction d'enseignement relève de la complexité (Clergue, 1997), et qu'à ce titre elle ne peut être réduite à une théorie formelle représentable sous la forme d'un programme numérique.

*« La médiation technique (qui vise à instrumenter des opérations par des outils) ne peut ni remplacer ni garantir la médiation humaine (qui vise à aménager une conciliation en vue d'une décision motivée entre points de vues plus ou moins antagonistes). Ce qui ne l'empêche pas, si on sait l'exploiter, d'enrichir de manière considérable l'exercice de la pensée naturelle en mettant au clair certains de ses mécanismes. »*  
(Linard, 1996)

Apprendre ne peut se résumer à la recherche et la maîtrise de l'information, comme tente parfois de nous le laisser penser une certaine vision techno-centrée de l'EAO (Alava, 2000). En effet une réflexion scientifique centrée sur l'information et l'innovation peut avoir tendance à masquer la complexité de la relation éducative et

du rôle de l'enseignant.

## Numériser les scénarii pédagogiques ...

La technologie numérique en soi n'est pas une innovation pédagogique, mais elle est importante en tant qu'elle rend possible l'innovation pédagogique par le nouveau possible qu'elle apporte (Linard, 1996). Il est donc important de penser une ingénierie pédagogique en adéquation avec le support numérique.

Ne pouvant numériser la pédagogie, propre des enseignants (eux-mêmes insolubles dans le numérique), la question se pose de savoir s'il est possible d'inscrire sur le support le mode opératoire de la pédagogie, à savoir son processus de mise en oeuvre. L'informatique étant la science des processus dynamiques (Bachimont, 1996), la question paraît intéressante. En effet une partie de la pédagogie consiste à donner à l'apprenant un cadre pour gérer son processus d'apprentissage, « *un espace-temps défini par d'autres et qui le dispense de décisions constantes* » (Boullier, 2000). C'est à dire qu'elle consiste à écrire des scénarii pédagogiques. Si l'on prend comme hypothèse supplémentaire qu'un scénario peut-être vu comme une succession d'actes pédagogiques discrets (Ghitalla, 2001), alors on doit pouvoir représenter de tels scénarii sur un support numérique.

## 2.2. Le modèle des actes pédagogiques

### Hypothèses ...

Ghitalla a développé une théorie expérimentale de l'interaction et de la scénarisation pédagogique (Ghitalla, 2001). Cette théorie a abouti à un formalisme de description d'un processus pédagogique sur l'hypothèse que « *toute situation d'apprentissage est un cadre d'interaction constitué par une série d'actes élémentaires qui visent, par leur distribution et leurs relations, à la transformation des sujets et à l'élaboration des savoirs.* » (Ghitalla, 2001)

Si ce modèle peut être mobilisé en tant qu'outil d'aide à la scénarisation d'un processus pédagogique, en dehors de toute médiatisation numérique, il est particulièrement intéressant en tant qu'outil d'aide à la spécification pour l'informatisation de scénarii pédagogiques. En effet, alors que la scénarisation est un processus implicite qui existe dans toute pratique pédagogique, l'introduction du numérique est l'occasion d'une explicitation particulière, que cette théorie rend possible.

« *C'est là un effet bien connu des supports techniques: l'extériorisation pousse à la formalisation ou tout au moins permet un méta-savoir qui restait impossible dans l'état technique précédent.* » (Boullier, 2000)

La notion de scénarisation pour les supports pédagogiques prend donc une dimension supplémentaire par le fait qu'elle peut être inscrite sous une forme dynamique, un programme, et non uniquement un plan ou un énoncé oral des étapes du cours.

### Typologie des actes pédagogiques ...

Les expériences menées ont permis de montrer qu'il était possible de décrire un processus pédagogique à l'aide d'un nombre fini d'actes, constituant une grammaire générique. Le tableau ci-dessous permet de résumer les actes identifiés par Ghitalla.

Catégories	Actes	Code
Organisation	Situer	A9
Organisation	Programmer	A10
Organisation	Orienter	A11
Organisation	Prendre contact	A6
Organisation	Gérer le dispositif	A7
Organisation	Distribuer les rôles	A8
Organisation	Annoncer	A1
Organisation	Introduire, conclure	A2
Organisation	Lier	A3
Organisation	Renvoyer	A4
Organisation	Rappeler	A5
Exposition	Formuler	B1
Exposition	Développer, résumer	B2
Exposition	Référencer	B3
Exposition	Démontrer	C1
Exposition	Illustrer	C2
Exposition	Observer	C3
Régulation	Faire (reformuler, argumenter, résumer)	D1
Régulation	Faire faire un exercice	D2
Régulation	Discuter	D3
Régulation	Interroger	D4
Régulation	Ecouter	D5
Guidage	Souligner	E1
Guidage	Reformuler	E2
Guidage	Corriger	E3
Guidage	Conseiller	E4
Guidage	Gérer l'interaction	E5
Guidage	Renforcer	E6

TAB.2 : Actes pédagogiques regroupés par catégories

**Exemple**

Le schéma ci-dessous montre un exemple de scénarisation par les actes pédagogiques réalisé par Ghitalla pour décrire des travaux dirigés d'informatique à un niveau universitaire (les codes référencent la classification précédente).

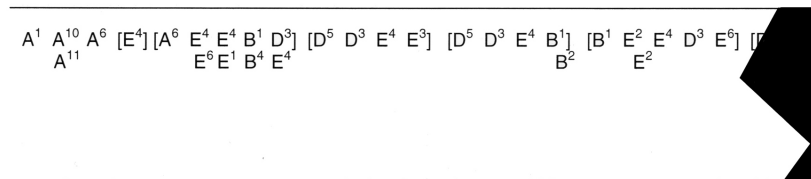


FIG.4 : Extrait de description par les actes pédagogiques

**La scénarisation des processus pédagogiques ...**

La multiplication des descriptions expérimentales a également permis de mettre en évidence une scénarisation à

un niveau macro par rapport aux actes pédagogiques. On observe ainsi l'existence de structures d'actes récurrentes, les briques pédagogiques. Ces briques forment une typologie contextuelle à un enseignement. Ainsi on peut définir une séquence pédagogique comme une juxtaposition de briques (spécifiques à l'enseignement), elles-mêmes constituées d'actes pédagogiques (génériques).

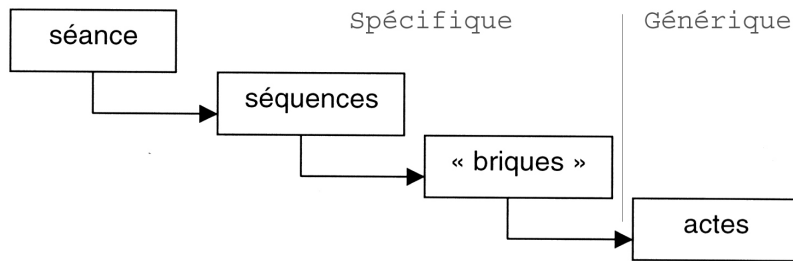


FIG.5 : Les quatre niveaux de scénarisation

## 2.3. L'inscription des processus dans le support

### Le couplage pédagogique/documentaire ...

La théorie des actes pédagogiques présente un intérêt certain dans le cadre du développement d'applications pédagogiques documentaires, dans la mesure où elle offre un modèle opérationnel de description *a priori* de scénarii pédagogiques permettant le contrôle des documents.

Cette question est d'autant plus centrale, qu'en dehors du fait qu'elle rend possible le couplage de l'ingénierie pédagogique et de l'ingénierie documentaire, nous avons noté que l'introduction du support pédagogique faisait appel à des pratiques nouvelles. Or il est difficile d'imaginer que les acteurs de la formation accéderont à ces pratiques de façon spontanée sans une expérience notable du support et de sa pratique. Nous posons donc que si l'on parvient à inscrire le processus dans le support nous assurerons en même temps que l'utilisateur pourra accéder à la maîtrise de ce processus.

### Quels processus pédagogiques associer au support numérique? ...

Le nouveau support introduit une nouvelle temporalité dans le processus d'apprentissage. On entend ici processus d'apprentissage au sens de déroulement temporel de la formation (vitesse, retours en arrière, bifurcations, ...). La nature d'un support contribue à déterminer la pratique pédagogique : lors d'une exposition orale l'enseignant gère le déroulement temporel en fonction d'un temps de parole, d'un ensemble d'informations à communiquer, des retours que lui donne l'assistance. Lors de la lecture d'un livre, un apprenant auto-gère son temps en fonction de sa compréhension, de ses impératifs. En ce qui concerne le support numérique, la question pour l'enseignant est d'une part de définir quelles formes peuvent revêtir les scénarii associés à la manipulation des contenus, et, d'autre part, de pouvoir inscrire ces scénarii au sein du support afin de rendre possible le déroulement de ce processus pédagogique.

En effet il est possible d'inscrire ces scénarii sur le support, dans la mesure où ils relèvent du processus et que le numérique est dédié à la représentation des processus. Et il est souhaitable d'inscrire ces scénarii, dans la mesure où ils impliquent une pratique nouvelle, qui ne peut s'appuyer sur une expérience préalable des acteurs et nécessite donc une explicitation plus forte que dans le cas de scénarii classiques déjà assimilés par la pratique.

### Quelles actions de réappropriation associer au support numérique? ...

L'un des apports majeurs du constructivisme est de poser que l'apprenant doit être acteur de son apprentissage. Avec Piaget « nous subordonnons toute forme de connaissance, y compris physique, à l'activité du sujet ne procédant ni par simple enregistrement empirique, ni par programmation innée, mais bien par auto-organisation continuellement constructive » (Clergue, 1997) .

L'apprentissage suppose donc la mise en oeuvre d'activités de réappropriation par l'apprenant. Or l'introduction du nouveau support engendre l'apparition de nouvelles activités (Bruillard et al., 1998). Tandis qu'un apprenant sait implicitement quelles activités mener avec un livre (annoter, synthétiser, résumer, ...) ou un discours oral

(prendre des notes, poser des questions, etc.), la pratique habituelle ne lui dicte pas ce qu'il doit faire d'un support numérique. Il ne sait pas ce qui est possible (annoter ? poser des question ? synthétiser ? dans quel cadre ? au sein du support ? via un autre support ? de quelle façon ? etc.) et il ne sait pas ce qui est souhaitable. Un travail d'explicitation doit donc être mené par l'enseignant afin de guider la manipulation du support par l'apprenant et ce travail doit être fait dès la conception. Par son caractère dynamique, le support numérique permet l'exécution des actions de réappropriation par l'apprenant en son sein même, ce qui rend possible l'intégration dans la conception de la dimension active de l'apprentissage.



## Chapitre 4

# Problématique

Nos trois premiers chapitres nous ont permis de poser les bases de notre problématique : l'industrialisation pour répondre à la massification, l'ingénierie documentaire pour instrumenter l'industrialisation et l'ingénierie pédagogique pour mettre en oeuvre l'ingénierie documentaire. Dans ce dernier chapitre nous posons précisément la question à laquelle se propose de répondre notre travail, et décrivons l'approche adoptée pour y répondre.

### Des acquis ...

La recherche en EAO, à travers la mise au point de solutions technologiques exploitant les propriétés dynamiques et multi-média du support numérique, a montré son intérêt dans le cadre de la formation en instrumentant des concepts tels que la personnalisation, le guidage, l'autonomisation, la simulation, etc. Nous pourrions résumer cet intérêt par le fait que le caractère dynamique des logiciels facilite la mise en oeuvre de modèles évolués issus des travaux du XXème siècle en pédagogie, notamment le constructivisme. Nous proposons ci-dessous, par la surcharge du schéma résumant l'histoire des différents courants de (Bruillard, 1997), de mettre en évidence les principaux acquis.

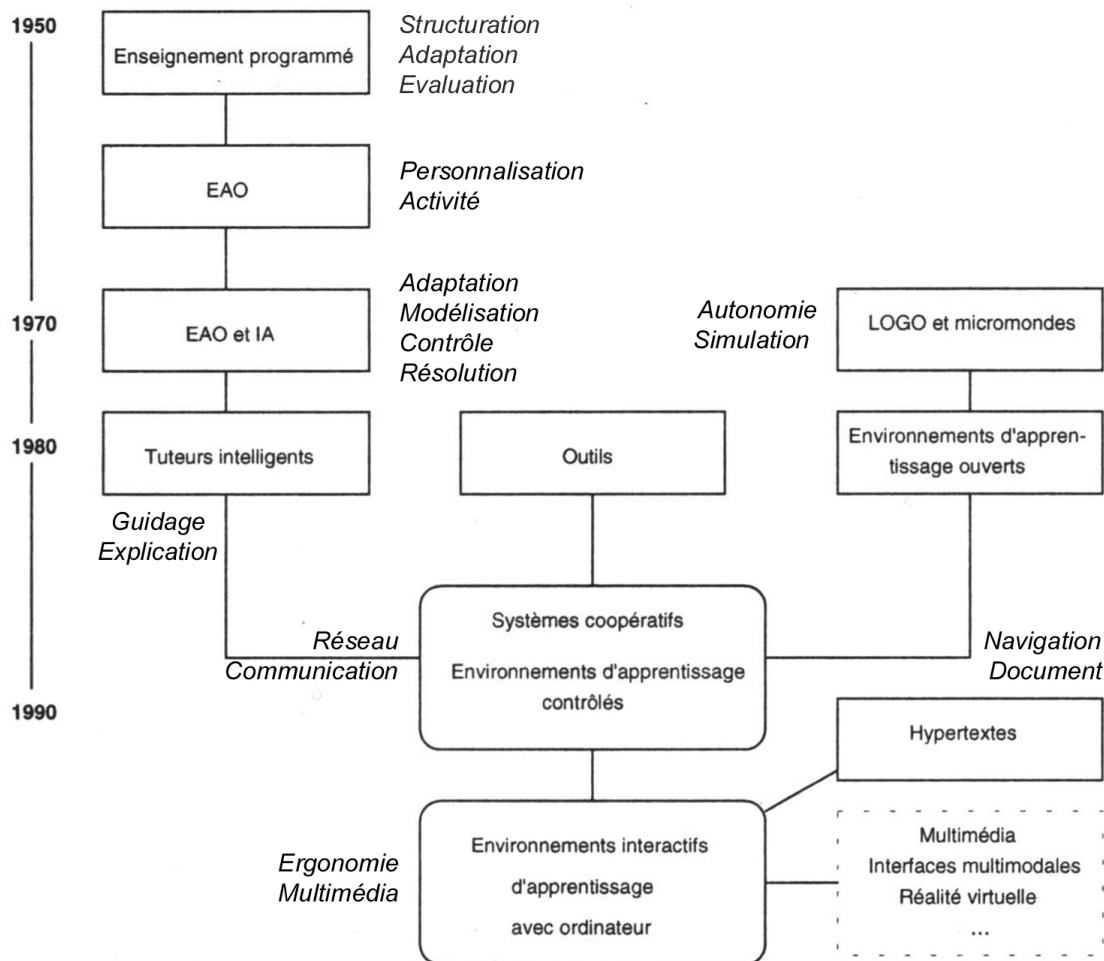


FIG.6 : Les acquis de la recherche en EAO

L'enjeu de notre recherche est de maintenir le niveau de ces acquis tout en abordant le problème de la massification.

## Une question ...

Les recherches portant sur la conception de supports numériques se sont essentiellement concentrées sur des approches de production et d'utilisation à petite échelle. Ainsi nos travaux antérieurs, au travers du projet EMPI, nous ont conduit à nous interroger sur des méthodologies applicables à la conception artisanale de supports numériques. Nous assistons actuellement, notamment avec la démocratisation des outils informatiques, à l'émergence d'applications pédagogiques de grande envergure, traitant des milliers de pages de documents pour des milliers d'apprenants. Les méthodes artisanales ne sont plus directement applicables dans un tel cadre de développement et il devient donc nécessaire de proposer d'autres modèles de conception permettant de concevoir des solutions à grande échelle tout en conservant les acquis de l'informatique pédagogique. L'enjeu de notre travail est donc de contribuer à l'élaboration d'un tel modèle, fondé sur l'industrialisation (par la généralité) pour répondre à la massification (par la spécificité). Gil parle « *d'une formation individualisée de masse.* » (Gil, 2000)

L'informatique documentaire est le modèle dominant pour la gestion de grands volumes d'information non formalisables, ayant fait ses preuves dans d'autres domaines que la formation (la documentation technique industrielle par exemple). Ce modèle se fonde sur une représentation de l'information sous formes de documents, c'est à dire d'information non formalisée, lisibles par l'homme mais pas par la machine. L'intérêt de l'informatique étant la manipulation de l'information par le calcul, et cette manipulation ne pouvant se faire à partir de l'information représentée sémiotiquement dans les documents, il est nécessaire de structurer les documents au sein d'un modèle qui permet leur contrôle. Une telle approche peut-être résumée succinctement par un modèle à deux couches : une couche de discrétisation et de décontextualisation de l'information en unités documentaires modulaires et une couche de représentation formelle de ces unités de façon à les contrôler et les

recontextualiser pour une pratique. En effet le support numérique invite à de nouvelles manipulations de l'information, ouvrant ainsi un nouveau champ du possible, mais dont toutes les combinaisons ne sont pas sensées. Il est donc nécessaire d'inscrire le support et son usage dans la pratique, qui seule dispose des fondements et de l'expérience pour contrôler les processus de manipulation de l'information et assurer le maintien du sens. La construction d'un modèle documentaire ad hoc pour une pratique de formation, n'a de sens selon nous que pensé conjointement avec une ingénierie pédagogique.

Il n'est pas raisonnable d'envisager que tout ce qui compose la pédagogie puisse être modélisé. En effet, la pédagogie s'appuie sur le langage et celui-ci n'est pas réductible à un modèle formel. Néanmoins une partie de la pratique pédagogique est fondée sur l'élaboration de scénarii d'apprentissages pour contrôler le processus d'apprentissage. Or l'informatique étant la science des processus dynamiques, la représentation de scénarii pédagogiques au sein d'une machine nous semble une hypothèse viable. Cette représentation nous fournit la couche formelle permettant le contrôle automatique de la manipulation des documents par la machine. Elle permet d'envisager la recontextualisation de contenus génériques pour leur exploitation au sein de parcours spécifiques. La recontextualisation assure l'inscription de la manipulation du support dans les usages et restreint cette manipulation aux possibles ayant du sens pour l'apprentissage.

La question à laquelle se propose de répondre notre travail est donc celle de l'élaboration d'un modèle de conception industrielle de supports numériques permettant la combinaison d'une logique documentaire et d'une logique pédagogique dans un cadre de massification.

## Un axe ...

La réponse à la question qui est la nôtre peut-être envisagée sous de nombreuses optiques, faisant appel à des disciplines distinctes.

Nous pouvons citer à titre d'exemple:

- **Une approche pédagogique** : quelles sont les pratiques pédagogiques à inventer et mettre en oeuvre autour des potentialités de l'informatique pour améliorer l'enseignement ?
- **Une approche organisationnelle** : quelles sont les facteurs organisationnels à prendre en compte pour accompagner l'introduction de ces pratiques dans un cadre existant ?
- **Une approche sociologique** : quelles sont les retombées sociales lors de l'introduction de l'informatique dans tel ou tel contexte initial ?
- **Une approche économique** : quelles sont les retombées économiques des différents schémas d'introduction de l'informatique dans la formation ?
- **Une approche informatique matérielle** : quels sont les moyens matériels à mettre en oeuvre pour rendre réalisable une telle mise en oeuvre (réseau, machines, etc.) ?
- **Une approche informatique logicielle** : quels sont les logiciels existants ou à développer permettant une telle mise en oeuvre (logiciels auteur, logiciels de communication, etc.) ?
- **Une approche informatique ergonomique** : quelles sont les modalités de communication homme machine (interactivité, multimédia, etc.) permettant la lecture et la manipulation des contenus pédagogiques ?

Si chacun de ces axes est essentiel, notre cadre de recherche nous a conduit à explorer une autre voie, complémentaire par rapport à ces dernières : Une approche informatique conceptuelle visant à contribuer à l'élaboration d'un modèle rendant possible la mise en oeuvre d'une approche pédagogique de masse mobilisant le support numérique. La question posée à l'informaticien n'est pas la recherche des solutions pédagogiques innovantes ou plus efficaces, mais bien de donner à des pédagogues désirant innover ou améliorer leurs enseignements des outils afin d'exploiter au mieux le support informatique. Nous aurons bien entendu recours dans le cadre de la mise en oeuvre de nos concepts aux réponses fournies par les domaines de la pédagogie ou de la technique informatique, mais nous entendons dans ce cas avoir recours à des solutions existantes sans ambition de les faire avancer par notre travail.

## Une méthode ...

Afin de mener à bien notre recherche, nous avons eu recours à la combinaison d'études théoriques et d'applications pratiques, dans le cadre d'une approche itérative. Ainsi nous rappelons que nous avons initialement travaillé sur la problématique de la conception artisanale, par la mise au point de guides de conception. Cette approche était totalement orientée vers le spécifique, c'est à dire la logique de l'oeuvre unique efficace dans un contexte.

Après la formalisation d'un premier modèle de conception basé sur l'état de l'art du domaine, nous avons mené une première expérience en situation de conception et d'enseignement à l'aide de ce modèle (expérience XF01). Nous pourrions qualifier ce modèle de conception de semi-industriel, dans la mesure où la méthodologie et les technologies mobilisées n'ont permis la constitution que d'un modèle générique de scénario, avec des contenus spécifiques.

Nous avons ensuite suivi une approche itérative d'amélioration du modèle et d'expérimentation pour aboutir au modèle générique SP/UL et son application sur un cas réel et de grande envergure (projet SCENARI).

Approche	Produit	Cadre	Caractéristiques	Applications
Artisanale	Oeuvre unique	Scénario spécifique et contenus spécifiques pour un contexte spécifique	+ Efficience optimale - Coût élevé par unité - Faible durée de vie	EMPI et $M\pi^{-1}$
Semi-industrielle	Produit préfabriqué	Scénario générique pour des contenus spécifiques et des contextes spécifiques	+ Rationalisation des coûts - Adaptation manuelle aux contextes - Maintenance coûteuse	XF01
Industrielle	Système documentaire	Scénarii génériques et contenus génériques pour des contextes spécifiques	+ Maintenance et durée de vie + Multi-support + Réutilisation de contenus - Investissement initial	SCENARI

TAB.3 : De l'artisanat à l'industrialisation

Le tableau ci-dessus résume l'évolution de notre démarche de l'artisanal vers l'industriel (les applications EMPI,  $M\pi^{-1}$ , XF01 et SCENARI sont des applications informatiques réalisées dans le cadre de notre recherche). Ajoutons que nous ne prétendons pas à la suprématie du modèle industriel que notre projet nous amène à développer dans le cadre de ce travail. Les trois modèles de conception que nous présentons ont selon nous toute légitimité à coexister pour répondre de façon complémentaire à des besoins et des situations d'application différentes.

## **PARTIE II**

# **ÉTAT DE L'ART**

**Résumé.** Notre problématique consiste à apporter des éléments de réponse à la massification dans le domaine de l'Enseignement Assisté par Ordinateur, en proposant une approche de conception industrielle. Afin de traiter cette question, il est nécessaire d'étudier les travaux menés récemment en informatique dans le domaine et susceptibles de participer à l'élaboration d'une réponse. Cette étude peut être menée selon trois points de vue complémentaires, celui de l'informatique en tant que technique de représentation de l'information, celui de l'informatique en tant que technique de présentation et de manipulation de l'information et celui de l'informatique en tant que technique de distribution de l'information. L'analyse de chacun de ces trois points de vue à travers quelques exemples de systèmes représentatifs, permet de recenser un certain nombre d'éléments propres à s'assembler pour permettre l'élaboration d'une approche de conception industrielle, tels que par exemple la structuration logique, l'indexation par les méta-données, l'ergonomie des interfaces, la mutualisation, etc. Néanmoins notre constat au terme de cette étude est que si chacun de ces axes est approfondi séparément, aucune solution ne propose une approche de conception traitant industriellement le fond, la forme et le flux de l'information.

## Chapitre 5

# L'articulation de trois points de vue

### Rappel général sur les EIAH ...

Nous avons, dans la première partie de ce mémoire, retracé l'historique de l'Enseignement Assisté par Ordinateur, qui a donné naissance au domaine de recherche concernant les Environnements Interactifs d'Apprentissage Humain (EIAH), également appelés Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur (EIAO). Avant de commencer un état de l'art orienté plus précisément vers nos préoccupations, nous souhaitons rappeler brièvement les grandes lignes de ce courant de recherche, au sein duquel nous nous inscrivons.

Les EIAH s'attachent à une vision constructiviste de la formation, dans laquelle l'interaction entre l'apprenant et son environnement d'apprentissage (dont fait partie l'outil informatique) est essentielle. Suivant ce postulat les principales propriétés des EIAH sont l'autonomie, la réactivité et la communication. L'accès à une certaine autonomie est une hypothèse forte des EIAH car l'apprenant doit pouvoir être acteur (et non seulement spectateur) de sa formation. Ainsi les micro-mondes, tels que LOGO (Papert, 1982) ou Cabri-Géomètre ([www.cabri.net](http://www.cabri.net)), offrent un environnement permettant à l'apprenant de créer, d'être auteur. Mais l'autonomie qui lui est proposée pour être efficace d'un point de vue de la formation, doit être associée à un contrôle de l'activité. Ce contrôle se manifeste dans les EIAH sous la forme de réactions formulées par le programme en fonction des actions de l'apprenant, telles que l'explication des erreurs, le guidage, voire la perturbation (Piché et al., 1998). Les simulateurs pédagogiques, tel que SIAM (Courtois, 1990) ou APLUSIX (Nicaud, 1994), permettent ainsi à l'apprenant de faire tandis que le programme lui renvoie les conséquences de son action. Cette réactivité permet à l'autonomie d'être profitable en ancrant l'action de l'apprenant dans une réalité à laquelle il peut se confronter et en lui fixant un objectif de travail sanctionné par une modification de cette réalité. La communication est le prolongement de la réactivité, elle peut-être considérée du point de vue homme-machine, mais également, depuis la démocratisation des réseaux informatiques, du point de vue homme-homme (via la machine). La communication homme-machine dans les EIAH est portée par les interfaces graphiques plutôt que des interfaces en langues naturelles (limité par l'interprétation hasardeuse de la machine). La difficulté à concevoir la communication via une interface graphique réside dans l'opposition entre des interfaces puissantes en terme d'expressivité mais complexe à manipuler et des interfaces simples, mais permettant peu d'interaction. Cette complexité peut-être illustrée par les systèmes d'évaluation automatique, comme par exemple PEPITE (Jean, 2000), dont les interfaces doivent permettre la saisie de réponses suffisamment riches pour permettre un diagnostic pertinent, mais néanmoins parfaitement contrôlées pour pouvoir être interprétées automatiquement. Une des évolutions actuelles des EIAH, qui tend à renforcer la notion d'environnement qui est la leur, est la structuration des échanges homme-homme via la communication en réseau. Les EIAH intègrent ainsi des notions telles que l'apprentissage coopératif entre apprenants ou l'assistance à distance par un tuteur.

Après cet aperçu rapide du domaine, nous allons centrer plus particulièrement notre étude sur les axes propres à instrumenter une approche documentaire des EIAH.

### Les trois "F" ...

Afin de mener notre étude des solutions existantes pour la conception des supports numériques pédagogiques, dans un cadre de massification, nous avons choisi d'examiner trois points de vues différents sur l'état de l'art de la recherche concernant les EIAH. Ces trois points de vue correspondent aux trois fonctions essentielles de l'ordinateur, portées par son architecture matérielle. En effet l'ordinateur peut être vu comme une machine composite dont le coeur est le micro-processeur et la mémoire vive et dont les membres sont les périphériques

d'affichage (typiquement l'écran mais aussi plus largement l'imprimante ou les hauts-parleurs) et d'interaction (clavier, souris, microphone, etc.), et les périphériques de stockage et de communication (typiquement les mémoires permanentes et les connexions à un réseau). Le microprocesseur et la mémoire vive servent au calcul symbolique et donc à la représentation de l'information. Les périphériques d'affichage et d'interaction servent de support de manifestation pour des formes sémiotiques et donc à la présentation et la manipulation de l'information. Et les périphériques de stockage et de communication servent de support d'enregistrement et de transfert d'information et donc à la distribution et la circulation de l'information. Ce découpage fonctionnel de la machine nous conduit à proposer un triple point de vue possible sur l'informatique pédagogique : le point de vue du fond, le point de vue de la forme, le point de vue du flux.

Fonction	Matériel	Point de vue	Dimension	Niveau
Représentation de l'information	Micro-processeur et mémoire vive	Fond	Logique	Conceptualisation
Présentation de l'information	Périphériques d'affichage et d'interaction	Forme	Sémiotique	Perception
Distribution de l'information	Périphériques de stockage et de communication	Flux	Sociale	Communication

TAB.4 : Les trois "F"

Cette distinction nous permettra tout d'abord de structurer notre étude et ainsi de recouvrir méthodiquement notre domaine de recherche. Notons néanmoins que les systèmes que nous allons étudier traitent généralement des trois aspects, fond, forme et flux, mais nous les étudierons pour celui des aspects qu'ils appréhendent de la façon la plus intéressante par rapport à notre problématique. Elle nous permettra ensuite de mettre en valeur les trois aspects essentiels du support pédagogique numérique afin d'envisager leur traitement dans le cadre d'une approche industrielle de la conception. Boullier parle d'une distinction claire entre la structure des connaissances, la structure du parcours pédagogique et la structure de présentation (Boullier, 1996), et en effet cette distinction permettra de proposer un modèle séparant ces trois aspects dans la conception pour les réunir dans le produit réalisé.

### Le fond ...

Le support numérique est un support d'inscription de l'information, et comme tout support il pose la question des modes d'inscription de cette information par rapport à ses spécificités. La question qui nous est plus précisément posée est de savoir comment inscrire des contenus pédagogiques et les scénarii d'apprentissage qui leurs sont associés sur le support, de telle façon que cette inscription soit compatible avec les exigences d'une approche industrielle. Notre étude doit d'abord prendre en compte les procédés d'hypertextualisation permettant d'inscrire l'information de façon non-linéaire selon la logique propre du support, c'est à dire son caractère dynamique. Le support numérique permettant de distinguer la structure logique de la structure physique de l'information, la représentation de l'information devra s'interroger sur les modalités de mise en oeuvre d'une telle distinction. Enfin l'information pouvant être associée à des méta-informations descriptives, l'étude devra s'arrêter sur les procédés de standardisation actuellement en train de naître pour le domaine de l'information pédagogique.

### La forme ...

Le support numérique est un support de présentation de l'information (à travers les périphériques qui permettent de matérialiser l'information pour un utilisateur, et parmi eux principalement l'écran), il est donc nécessaire d'étudier les modalités de mise en forme de l'information pour que sa lisibilité soit assurée. En tant que support dynamique, la question est plus large que simplement celle de l'affichage, et concerne également l'ensemble des fonctions interactives qui permettent à l'utilisateur de manipuler cette information, dans une perspective de réécriture plutôt que simplement de lecture. La question qui est alors posée, est celle de la recherche de formes de présentations et d'interactions pertinentes au sein d'interfaces homme-machine adaptées à une approche pédagogique. Les systèmes auteurs permettent d'envisager cette problématique, à travers les fonctionnalités d'assistance à la réalisation d'IHM qu'ils proposent. L'étude des guides de conception ergonomique fournit également des éléments essentiels pour la mise au point des IHM.

### Le flux ...

Le support numérique est un outil de stockage et d'échange de l'information, d'autant plus important que les

réseaux et les capacités de stockage tendent à se développer très rapidement. Internet donne un rôle particulièrement crucial à cet aspect, en conférant à l'information numérique des possibilités de distribution impossibles à envisager avec les autres supports. Tout dispositif technique étant couplé à une pratique, le support numérique pédagogique est couplé à la pratique pédagogique et participe de fait à son organisation. L'étude des systèmes informatiques permettant d'organiser les dispositifs de formation basés sur le numérique en général, et donc sur Internet en particulier pour ses possibilités de distribution, est donc un axe à étudier. Les possibilités d'échange associées au support permettent d'envisager la mutualisation de l'information pédagogique et le partage de ressources au sein de communautés plus ou moins larges. Enfin, de par ses possibilités de programmation, le support permet d'envisager l'automatisation (partielle ou totale) de la distribution de l'information aux apprenants, à travers la scénarisation préalable des contenus et leur distribution contrôlée en fonction des résultats de l'apprenant au regard d'objectifs pédagogiques à atteindre.



## Chapitre 6

# L'information du point de vue de la représentation

### Une logique hypertextuelle ...

L'idée de l'hypertexte est antérieure à l'informatique, on l'attribue à Bush qui avait pensé un système de consultation non linéaire de l'information (Bush, 1945). On peut définir sommairement un hypertexte comme un graphe de documents destiné à une représentation non linéaire de l'information.

*« La fonction principale des hypertextes - ou plus généralement des hypermédia - est en effet d'établir, dans un ensemble de documents, des possibilités de circulation "transverses", c'est à dire permettant d'ignorer à la fois la linéarité habituelle des documents et la distinction formelle entre documents. »*  
(Balpe et al., 1996)

Lorsque les noeuds du graphe ne sont pas composés uniquement de texte (mais également d'images, de sons, de vidéos, etc.) on parle d'hypermédia. Les hypermédia ont été largement utilisés pour des applications pédagogiques, en particulier parce que leur parcours non linéaire favorise une approche constructiviste. La manipulation de l'hypertexte suppose en effet une lecture active, analytique et la mise en oeuvre de procédés, tels que la comparaison ou la synthèse, intéressants dans une perspective d'apprentissage construit par l'apprenant plutôt que dicté par l'enseignant. Mais les recherches ont montré que l'hypertextualité s'accompagne également d'une désorientation du lecteur, lorsque celui-ci n'a pas les compétences nécessaires pour reconstruire le sens morcelé, ou que la conception de l'hypermédia engendre une surcharge cognitive par le trop grand nombre de possibles offerts. La conception des hypertextes est donc un travail complexe qui implique une modélisation ad hoc des noeuds d'information et l'adjonction de stratégies pour guider la lecture de l'utilisateur (Horn, 1989).

Une catégorie particulière d'hypermédia, dits adaptatifs, associe un modèle de l'information et de l'utilisateur, afin de construire dynamiquement le parcours en fonction de l'utilisateur et ainsi tenter de lui offrir la linéarité correspondant le mieux à ses besoins (Brusilowsky, 1996). Le meilleur exemple actuel d'hypertexte est le World Wide Web d'Internet, qui par sa taille et sa composition illustre au mieux cette notion. Il illustre également les difficultés d'orientation et de représentation de l'information qui lui sont associées.

Nous présentons ci-dessous deux exemples de logiciels permettant de générer des hypermédia, ArchyMeDia et Nestor, afin de décrire les logiques de représentation non linéaire qu'ils proposent.

#### **ArchyMeDia (Architecture Hypermédia distribuée pour l'EIAO)** (Guégot et al., 1999) (Nécaille et al., 1998)

ArchyMeDia est un environnement générique de conception d'hypermédia pédagogiques qui se caractérise par le couplage entre un graphe permettant de représenter les contenus pédagogiques et un ensemble de points de passages (plus ou moins strictes) permettant de proposer ou d'imposer un parcours ayant du sens, pour un apprentissage, au sein de ce graphe. Cette approche permet de gérer l'opposition entre la liberté de parcours liée à l'hypernavigation et les contraintes de linéarité liées à la pédagogie. Le système ArchyMeDia intègre donc une approche hypermédiatique (l'apprenant est libre au centre de son processus) et systémique (l'enseignant programme *a priori* le scénario d'apprentissage).

Le modèle de représentation de l'hypermédia est basé sur un graphe d'apprentissage représentant tous les possibles, un parcours suggéré représentant la préconisation de l'enseignant et un cheminement personnalisé représentant ce qui a été réellement fait par l'apprenant.

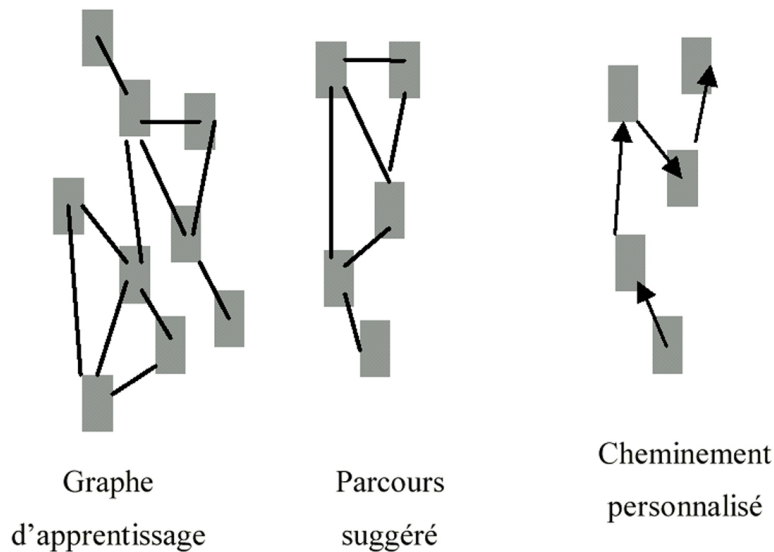


FIG.7 : la modélisation de l'information dans ArchyMeDia (Nécaille et al., 1998)

**Nestor** (Zeiliger et al., 1999) ([www.gate.cnrs.fr/~zeiliger/nestor/nestor.htm](http://www.gate.cnrs.fr/~zeiliger/nestor/nestor.htm)) ([www.synergie3r.com](http://www.synergie3r.com))

La problématique de Nestor est celle des hypertextes ouverts, et donc en particulier d'Internet. En effet tandis que les hypertextes fermés peuvent gérer leurs problèmes de lecture (et donc de désorientation et de réécriture) à travers une conception ad hoc, cette solution n'est pas envisageable dans le cas d'hypertextes dont la conception est distribuée sur un ensemble d'acteurs non concertés, le cas extrême étant Internet. A partir des modèles issues de la psychologie constructiviste et du rôle que peut jouer le support dans le processus d'élaboration de la connaissance, Nestor propose une solution pour gérer la navigation dans les hypertextes ouverts, à travers la constitution de cartes (donc d'hypermédia fermés) et l'annotation de ces cartes.

L'optique de Nestor est donc de contextualiser les documents au sein d'une carte, et ainsi favoriser la navigation à travers une visualisation synthétique. En mettant les utilisateurs au centre de leur navigation, le système leur permet de capitaliser et de conceptualiser leur propre expérience. De plus le système invite les utilisateurs, au delà de la réutilisation de ressources existantes sur l'hypermédia ouvert, à ajouter leurs propres ressources afin de structurer l'ensemble. Le système devient donc un outil de conception d'hypermédia fermés, à partir d'un hypermédia ouvert, permettant de construire des espaces de navigation ayant du sens pour un contexte de travail.

Nestor a donné naissance au logiciel commercial E-savoir produit par la société Synergie 3R. E-savoir reprend l'idée de l'aide à la conception d'hypermédia fondés sur une carte représentant l'espace de navigation, la spécification de chemins de lecture au sein de cette espace et la possibilité d'ajouter des annotations personnelles. Dans un contexte pédagogique ce type de logiciel est intéressant puisqu'il propose une solution simple pour représenter de l'information selon une logique correspondant au support et accessible aux représentations mentales de l'apprenant, tout en présélectionnant des parcours sensés pour son apprentissage.

## Une logique de structuration ...

Parce qu'elle est une décontextualisation imposée par et pour un support, toute information est structurée, c'est à dire qu'elle répond à des schèmes typiques d'une pratique qui déterminent *a priori* sa logique de composition. Cette structure reste généralement implicite, et n'est manifestée que par une présentation physique qui la met en exergue. Ainsi par exemple un texte, contraint par les pratiques de l'édition et de l'imprimerie, est structuré en chapitres, sections, paragraphes, et l'on a coutume de commencer un chapitre sur une nouvelle page, d'associer une section à un titre ou encore d'aller à la ligne avant chaque nouveau paragraphe. Le support numérique permet de représenter de façon explicite la structure logique sur laquelle l'information se fonde, indépendamment de sa présentation au sein d'un système de présentation donné.

Les avantages d'une telle approche résident dans l'accès à une indépendance technologique de l'information, puisque sa représentation structurée est interprétable et appropriable par tout système et non uniquement par une technologie particulière. La structuration logique de l'information est donc une solution efficace pour l'interopérabilité et la réutilisation des informations dans des contextes (typiquement des environnements

logiciels, matériels ou d'usage) multiples.

La structuration de l'information repose d'une part sur des méthodes permettant d'explicitier les structures et d'autre part sur des procédés informatiques permettant de représenter ces structures. Les méthodes consistent à identifier les structures typiques du domaine pour en extraire des modèles de structuration valides pour une pratique, dans notre cas la pédagogie. Les procédés informatiques consistent à fournir des solutions permettant une représentation explicite de la structure des documents numériques, afin que cette explicitation soit effectivement exploitable par un système technique. Historiquement le méta-langage SGML ([www.iso.ch](http://www.iso.ch), ISO 8879:1986) (Sandoval, 1994) est la première solution à avoir été utilisée massivement pour la structuration de l'information. XML ([www.w3.org/XML](http://www.w3.org/XML)) (Michard, 1997) est aujourd'hui une solution plus simple et plus pratique permettant d'envisager réellement la généralisation de la structuration logique des informations numériques.

*« L'émergence de nouvelles normes en termes de diffusion de l'information sur Internet, comme XML, nous offre des perspectives intéressantes. Il devient réellement possible de parler de modélisation de documents associant personnalisation pour les utilisateurs et réutilisabilité. » (Guégot et al., 1999)*

Nous présentons ci-dessous trois exemples de réalisation de chaîne éditoriale fondée sur la structuration logique des documents, PolyTeX, QRML et EduML, ainsi que le standard en naissance SCORM qui préconise une structuration type pour l'interopérabilité des supports.

### **PolyTeX** (Bachimont et al., 1998)

PolyTeX est une solution éditoriale destinée à la production de documents numériques structurés, dans une perspective multi-supports. Cette solution propose une approche méthodologique de structuration, une charte pédagogique, reposant sur la structuration de l'information en grains autonomes. Ce découpage fin de l'information permet d'envisager son édition multi-supports tel que pour le papier les grains sont ré-agrégés en sections et chapitres et pour le support numérique ils sont mobilisés sous une forme hypertextuelle. PolyTeX propose également une approche technique, fondée sur le langage LaTeX (Rodriguez, 2000), permettant la représentation logique de l'information (par utilisation de balises sémantiques surchargeant le document), et l'association de représentations physiques (par application d'une feuille de style et le calcul d'une forme PostScript ou PDF par un processeur TeX).

PolyTeX est un exemple intéressant de mise en place d'une logique de structuration mis en oeuvre au sein de pratiques pédagogiques réelles. Ses conclusions quant aux avantages de l'approche (multi-supports, maîtrise de la qualité, homogénéité, pérennité) et quant aux difficultés (maîtrise de la logique de structuration par les auteurs, maîtrise du langage technique de balisage, nécessité d'un modèle de structuration flexible, etc.) sont autant de paramètres à prendre en compte, car inhérents à toute approche de structuration.

### **QRML (QuestionnaiRe Markup Language)** (Issac et al., 2000)

QRML est un langage de structuration de questionnaires complexes pour l'évaluation, fondé sur XML. Ce langage propose une solution pour la représentation des questions d'une part et pour la représentation de l'enchaînement logique entre ces questions (le questionnaire) d'autre part. Le modèle de production envisagé est celui d'une chaîne éditoriale à trois niveaux, construite sur une rédaction par les auteurs, une formalisation dans le langage QRML et une édition automatique multi-supports (typiquement sous forme dynamique HTML et classique papier).

Ce formalisme illustre clairement au travers de l'exemple d'un type particulier de documents pédagogiques, les questionnaires, la faisabilité d'une approche de structuration logique de l'information. Si les technologies sont aujourd'hui mures pour cette approche, l'enjeu réside précisément dans la définition de modèles permettant d'explicitier les structures des documents. De tels modèles disponibles pour l'ensemble des documents pédagogiques et partagés par l'ensemble de la communauté permettraient d'envisager une réelle interopérabilité.

### **EduML (Educational Markup Language)** (Bourda et al., 2000)

Partant du principe que la conception des documents pédagogiques est encore rudimentaire et menée avec des outils propriétaires, EduML cherche à introduire des notions telles que la spécification, la standardisation, la réutilisabilité, pour permettre une conception de plus haut niveau mieux maîtrisée et plus efficiente. Ce projet pose deux axes pour conduire cette évolution : la mise en place de standards de description par des méta-données pour décrire et retrouver des documents et la mise en place d'une structuration logique des documents de façon à séparer le fond de la forme et ainsi s'affranchir des formats privés pour améliorer la pérennisation, la mise à jour et la diffusion des documents. La problématique de standardisation des méta-données étant traitée par ailleurs, le projet EduML se fonde sur le standard XML pour proposer des structures logiques permettant de produire des contenus pédagogiques pour le support papier et pour le Web. Le projet propose deux modèles de structuration à travers deux DTD correspondantes. La première permet de représenter les structures générales de polycopiés de

cours et la seconde propose des modèles spécifiques aux contenus pédagogiques permettant de représenter des grains de cours (théorème, exercices, etc.). Cette approche s'appuie donc sur une séparation entre le contenu et sa scénarisation. Les modèles sont associés à une méthode de production permettant de séparer les tâches de création de contenu et d'agrégation de ses contenus. EduML se pose donc comme une brique pour l'élaboration d'un standard de structuration, en parallèle des standard naissants d'indexation.

### SCORM (Sharable Content Object Reference Model) (www.adlnet.org) (ADL, 2001)

SCORM est un projet de l'*ADL Initiative*, issue du département de la défense américaine. Ce projet s'inscrit dans le prolongement des travaux de l'AICC (aicc.org), qui a établi une norme de représentation des contenus de formation dans le domaine de l'aviation. SCORM a pour objectif de proposer un modèle d'architecture permettant l'interopérabilité des systèmes de formation sur le Web. Il définit un modèle de structuration des contenus ainsi qu'un modèle d'API\* permettant l'utilisation de tout contenu conforme dans tout environnement d'exécution (*Learning Management System* ou LMS) conforme. Le modèle repose sur une vision dynamique du partage des contenus, c'est à dire que les contenus sont récupérés à la volée dans un LMS depuis des bases de données sources.

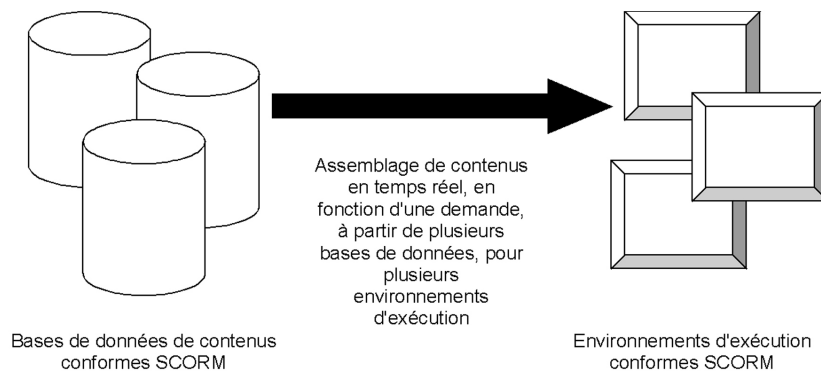


FIG.8 : Vision SCORM de l'interopérabilité

Les critères de SCORM pour la mise en place du modèle sont la durabilité, l'interopérabilité, l'accessibilité et la réutilisabilité des contenus. Ces critères sont exclusivement techniques et ne concernent donc que la bonne disposition des contenus vis à vis des standards technologiques. Le modèle SCORM définit une structure arborescente de représentation, avec au plus haut niveau le cours (ou agrégation de contenus), composé de blocks, eux mêmes composés de blocks plus petits ou de SCO (*Sharable Content Object* équivalents aux *Assignable Units* de AICC). Les SCO représentent le niveau le plus fin de contenu susceptible d'être réutilisé. A ce titre ils se veulent subjectivement le plus petit possible et indépendants d'un contexte pédagogique, et objectivement indépendants de l'exécution d'autres SCO. Ils sont composés d'*Assets*, c'est à dire des ressources de bases telles que des textes, des images, etc. Les SCO sont encapsulés par une API permettant leur exécution dans un LMS, avec au minimum une fonction de lancement et une fonction de terminaison de l'exécution. Enfin chaque niveau (asset, SCO, block, cours) est associé à un ensemble de méta-données descriptives.

\* une DTD (*Document Type Definition*) est une description formelle d'une structure de document

\* une API (*Application Program Interface*) est une interface logicielle qui permet à deux programmes de communiquer entre eux

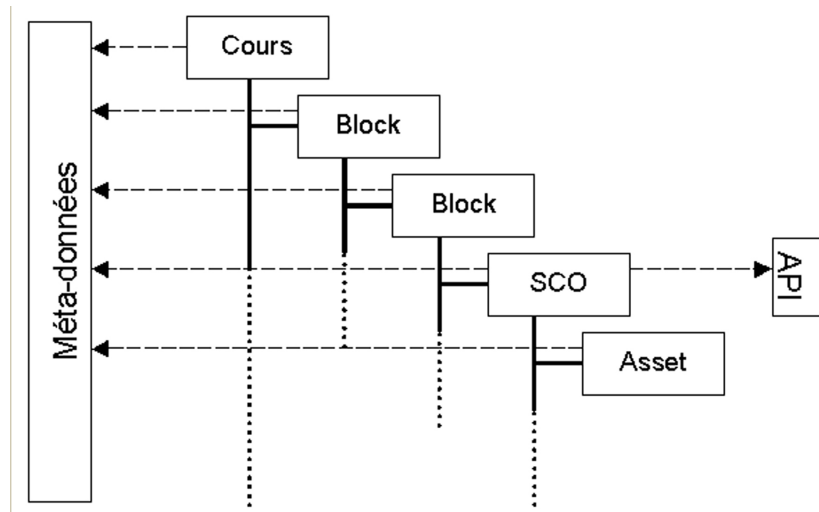


FIG.9 : Structuration des contenus dans SCORM

### Une logique d'indexation ...

L'accroissement des volumes de contenus numériques pour la formation, en particulier sur le Web, pose le problème de leur indexation dans une optique de mutualisation des ressources (commerciale ou non). Afin de traiter ce problème de nombreuses organisations ont cherché à mettre au point un système de description de tout document pédagogique numérique à l'aide d'un ensemble de méta-données. Afin que ces méta-données soient réellement efficaces, il est nécessaire qu'elles soient standardisées et ainsi partagées par tous, dans un souci de communication entre machines, et entre humains. Afin de recadrer le processus de constitution de ces standards d'indexation, nous présenterons le Dublin Core, référence en matière de méta-données pour le Web, ainsi que la LOM des IEEE qui fédère les diverses initiatives actives sur le sujet et qui est en train de se concrétiser aujourd'hui autour de la spécification d'un standard ISO.

**DCMI (Dublin Core Metadata Initiative)** ([www.dublincore.org](http://www.dublincore.org)) (DCMI, 1998)

La mission du Dublin Core est de faciliter l'accès aux ressources du Web à travers le développement de méta-données standards et génériques à tout document. Une liste de 15 méta-données a été mise au point et finalisée en 1996.

Numéro	Méta-données	Description
1	Title	Le nom du document
2	Creator	La personne ou organisation responsable de la création intellectuelle du document
3	Subject	Une description du sujet du document (typiquement une liste de mots clés).
4	Description	Une description textuelle du document lui-même (typiquement un résumé).
5	Publisher	L'entité responsable de la mise à disposition du document
6	Contributor	Tout autre personne ou organisation impliquée dans le processus de production (éditeur, traducteur, etc.)
7	Date	La date de création du document
8	Type	Le type de document (rapport, cours, poème, etc.)
9	Format	Le format technique du document (HTML, GIF, etc.)
10	Identifiant	L'identifiant unique du document (typiquement son URI).
11	Source	Des informations à propos d'un document d'origine ayant servi à la production du document présent.
12	Language	La langue utilisée dans le document.
13	Relation	Un lien vers un autre document associé au présent document.
14	Coverage	Les caractéristiques spatiales et temporelles du document (lieu et date de l'action typiquement)
15	Rights	La gestion des droits relatifs au document

TAB.5 : Méta-données du Dublin Core

On note que le Dublin Core a donné lieu à des adaptations pour l'application aux documents pédagogiques. Par exemple le GTME du CRDP de Montpellier ([www.ac-montpellier.fr/ressources/GTME1-0.doc](http://www.ac-montpellier.fr/ressources/GTME1-0.doc)) propose une nouvelle liste composée à partir du Dublin Core, moins les items Contributor, Source et Coverage, et en ajoutant sept nouveaux items propres au contexte pédagogique (Statut, Contact, Niveau, Discipline, Nature, Interactivité et Public).

**LOM (Learning Object Metadata)** ([grouper.ieee.org/groups/ltsc/index.html](http://grouper.ieee.org/groups/ltsc/index.html)) (IEEE, 2001)

La LOM est un projet de l'IEEE (groupe LTSC P1484.12) visant à proposer un modèle standard de méta-données permettant de décrire et référencer tout document pédagogique numérique. Le standard est fondé sur les travaux préliminaires de l'IMS ([imsproject.org](http://imsproject.org)) et d'ARIADNE ([ariadne.unil.ch](http://ariadne.unil.ch)). Le groupe de travail est également constitué de l'ensemble des acteurs actuels du domaine en terme de normalisation, tels que AICC, Dublin Core, SCORM, etc.

Le draft 6.1 de la LOM propose 47 méta-données, organisées en 9 catégories principales, nous en donnons dans le tableau ci-dessous les intitulés.

Numéro	Catégorie	Méta-donnée
1.1	General	Identifiant
1.2	General	Title
1.3	General	Catalog Entry
1.4	General	Language
1.5	General	Description
1.6	General	Keywords
1.7	General	Coverage
1.8	General	Structure
1.9	General	Aggregation Level
2.1	Life Cycle	Version
2.2	Life Cycle	Status
2.3	Life Cycle	Contribute
3.1	Meta-Metadatas	Identifiant
3.2	Meta-Metadatas	Catalog Entry
3.3	Meta-Metadatas	Contribute
3.4	Meta-Metadatas	Metadata Scheme
3.5	Meta-Metadatas	Language
4.1	Technical	Format
4.2	Technical	Size
4.3	Technical	Location
4.4	Technical	Requirements
4.5	Technical	Installation Remarks
4.6	Technical	Other Platform Requirements
4.7	Technical	Duration
5.1	Educational	Interactivity Type
5.2	Educational	Learning Resource Type
5.3	Educational	Interactivity Level
5.4	Educational	Semantic Density
5.5	Educational	Intended End User Role
5.6	Educational	Context
5.7	Educational	Typical Age Range
5.8	Educational	Difficulty
5.9	Educational	Typical Learning Time
5.10	Educational	Educational
5.11	Educational	Language
6.1	Rights	Cost
6.2	Rights	Copyright and Other Restrictions
6.3	Rights	Description
7.1	Relation	Kind
7.2	Relation	Resource
8.1	Annotation	Person
8.2	Annotation	Date
8.3	Annotation	Description
9.1	Classification	Purpose
9.2	Classification	Taxon Path
9.3	Classification	Description
9.4	Classification	Keywords

TAB.6 : Méta-données de la LOM

Si la LOM fournit une base concrète de départ pour l'indexation, on notera néanmoins de nombreuses

insuffisances, telles que par exemple le fait que l'unité d'indexation soit le fichier, qui représente une unité technique et non pédagogique. Ainsi un cours complet sera indexé au même titre qu'un unique exercice ou qu'une image. Enfin le problème de la signification des termes choisis et de la définition des méta-données n'est pas complètement résolu et les ambiguïtés qui subsistent restent un frein à un réel usage pratique.

### Standardisation ISO (jtc1sc36.org)

Le SC36 est un sous-groupe du comité technique JTC1 de l'ISO dont l'intitulé est *Information Technology for Learning Education and Training* et dont l'objectif est la standardisation dans le domaine des technologies de l'information pour la formation, afin d'aider les individus et organisations et rendre possible l'interopérabilité et la réutilisabilité des ressources et outils. Le sous-groupe SC36 regroupe 18 instances étatiques (dont l'AFNOR Pour la France) et entretient des liaisons étroites avec les autres organisations travaillant sur le sujet (AICC, ARIADNE, IMS, ALIC, IEEE, CEN, DCMI, ADL, PROMETEUS, etc.). Les travaux de l'ISO ne portent pas uniquement sur la problématique de l'indexation, mais plus généralement sur la stabilisation du vocabulaire du domaine, les modèles d'apprenant, la collaboration, les architectures des systèmes, etc. La standardisation par l'ISO représente le dernier maillon d'une chaîne qui a pris naissance dans la recherche et se terminera par la spécification d'un standard qui pourra être partagé par toute la communauté.

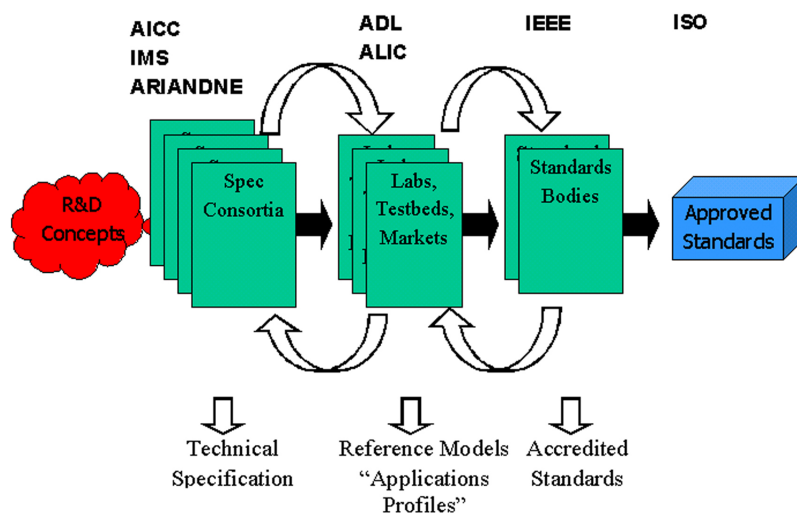


FIG.10 : processus de standardisation ISO (jtc1sc36.org)



## Chapitre 7

# L'information du point de vue de la présentation

### Une logique auteur ...

La démocratisation des applications informatiques pour la pédagogie et leur conception par des non informaticiens est née des environnements dits auteurs. L'objectif de tels environnements est de proposer des interfaces logicielles offrant la possibilité à des spécialistes de la pédagogie, non-spécialistes de l'informatique, de réaliser eux-mêmes leurs applications. Le précurseur des logiciels auteurs est Hypercard, produit par Apple en 1987, qui, combiné avec les fonctions graphiques du Macintosh, proposait une solution simple pour la réalisation de logiciels possédant des fonctions de navigation avancées (historique, sommaire, utilisation des icônes, etc.). Ce système, relayé ensuite par les produits Director, Authorware, puis Flash de la société Macromédia, a permis l'émergence de logiciels éducatifs produits hors des laboratoires. Avec le développement d'Internet, des applications d'édition WYSIWYG\* pour le HTML ont également vu le jour, telles que Dreamweaver de Macromédia ou Frontpage de Microsoft. Avec à présent la possibilité de générer des scripts dynamiques ou de s'interfacer avec des bases de données, ces éditeurs permettent la conception d'applications Web complexes sans requérir de codage direct de programmes par les concepteurs. Néanmoins ce type de logiciels, bien que beaucoup plus faciles à manipuler que des langages classiques de programmation, nécessite une expertise élevée pour produire des applications de qualité (par exemple pour maîtriser le langage de script Lingo de Director). Une seconde génération de produit a donc vu le jour, afin de proposer des environnements auteurs spécifiquement dédiés à la conception d'applications pour formation. Ces environnements, en encapsulant une logique pédagogique à travers des fonctions utilisateurs classiques (navigation, manipulation de l'information, communication, etc.), et une interface homme-machine type, deviennent réellement accessibles à des non-spécialistes. Les environnements auteurs jouent un rôle majeur dans le développement des logiciels pédagogiques, offrant aux non informaticiens l'accès à la conception de logiciels. Néanmoins cette approche, artisanale ou semi-artisanale, présente l'inconvénient majeur d'être peu adaptée à la production de masse, et les applications conçues ont une durée de vie faible car très difficiles à maintenir et à faire évoluer.

Nous présentons pour illustrer notre propos les travaux du CRIPT pour l'élaboration d'une collection de cd-rom pédagogiques, et les logiciels auteur SERPOLET et MALTED qui s'inscrivent dans une perspective semi-industrielle.

**CRIPT (Centre de Ressources en Innovation Pédagogiques et Technologiques)** (Galissou et al., 1998) (Choplin et al., 2000)

L'équipe du CRIPT fédère les écoles de télécommunication autour d'un projet de constitution d'une collection de supports numériques pour la formation en école d'ingénieur dont le premier titre est "L'électronique en question". Cette équipe a fondé ses développements sur une logique de conception basée sur une équipe pluridisciplinaire composée notamment d'experts scientifiques (pédagogues, scénaristes et infographistes, psychologues, informaticiens) et sur l'utilisation de logiciels auteurs (Director en l'occurrence).

Leurs hypothèses de conception repose sur une approche pédagogique très marquée (par opposition à une approche technique) et la volonté de mettre en valeur des dimensions affectives (par exemple par une scénarisation attractive sous forme de quête), cognitives (par exemple par spécification claire des objectifs), et sociales (par exemple en recourant à des exemples connus des élèves et proches des métiers plutôt qu'à des abstractions). L'approche est donc très fortement contextualisée et s'oppose par exemple aux notions d'unités

\* Le terme WYSIWYG (What You See Is What You Get) désigne les applications informatiques d'édition de contenu pour lesquels ce qui est présenté à l'écran est très proche du rendu final obtenu après impression, pour le papier, ou accès à la page par l'utilisateur, pour le Web.

indépendantes et réutilisables mobilisées dans une approche documentaire.

Ces travaux s'inscrivent dans une perspective artisanale permettant de développer des produits très spécifiques, et par la constitution d'équipes pluridisciplinaires et un centrage fort sur la pédagogie, qui parviennent à un haut niveau de qualité et de réponse aux problèmes posés par le contexte. Leur inconvénient réside dans le rapport entre l'investissement très lourd nécessaire et le faible rayonnement du produit, très ciblé puisque très marqué pédagogiquement, et à la durée de vie faible, puisque très marqué technologiquement.

### SERPOLET (Système d'Enseignement et de Recyclage Par Ordinateur Liant Expertises et Technologies) ([www.a6.fr](http://www.a6.fr))

SERPOLET est un produit commercial associé à de nombreux programmes de recherche, qui propose un ensemble de logiciels auteurs pour l'édition de cours (exercice, exposition, etc.) et de cursus (ensemble de cours). Ce système est fondé sur une vision très adaptée à la démarche de conception enseignante et repose sur une approche méthodologique forte en accompagnement de l'environnement technique de conception. Cette méthode propose notamment une séparation intéressante entre l'étape de conception pédagogiques (la construction du cursus), didactique (la construction des séquences) et médiatique (la construction des contenus multimédia).

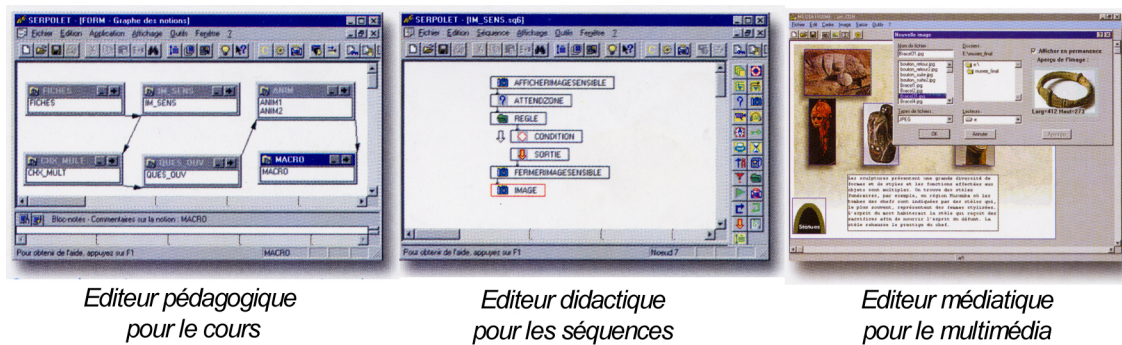


FIG.11 : Les trois étapes de la conception dans SERPOLET ([www.a6.fr](http://www.a6.fr))

SERPOLET est un outil très adapté à la démarche auteur, permettant des modes de conception proche de la logique du pédagogue, mais reste néanmoins fondé sur des modèles et des formats propriétaires.

### MALTED ( Multimedia Authoring for Language Tutors and Educational Development) ([www.malted.com](http://www.malted.com))

MALTED est un outil de conception de supports multimédia pédagogiques, issu d'un projet de recherche Européen et originellement destiné aux enseignants en langues. Son objectif est d'être un système auteur et un outil de mutualisation pour des enseignants sans connaissance spécifique en informatique. MALTED propose donc une solution pour construire, partager et modifier simplement des contenus. Le système se compose d'un système auteur fondé sur un ensemble de modèles prédéfinis (les *templates*), d'une base de données permettant le stockage des productions et d'un *player* permettant l'exploitation par les utilisateurs finaux.

La particularité de MALTED réside en la forte interactivité qu'il propose à travers ses modèles paramétrables (par exemple des mots-croisés, des textes à trous, etc.). Il s'inscrit donc dans une approche semi-industrielle, et par la réutilisation de ses modèles propose une solution simple et très rentable en terme de rapport entre le temps de conception et le niveau d'interactivité du résultat.

## Une logique ergonomique ...

Le support informatique ne se limite pas à un support de lecture mais implique une interaction avec l'utilisateur. Cette interaction nécessite donc de la part de l'utilisateur la manipulation d'un ensemble de périphériques (écran, clavier et souris typiquement) qui lui permet de donner des ordres à la machine. L'enjeu de l'ergonomie est de faire en sorte que ces ordres soient donnés le plus simplement et le plus efficacement possible. Après les interfaces à base de macro-commandes (combinaison de touches au clavier destinée à faire exécuter par la machine des actions complexes, qui nécessite de la part de l'utilisateur un apprentissage élevé) ou les interfaces en langue naturelle (qui restent très limitées de part l'incapacité de la machine à interpréter la langue naturelle), les interfaces graphiques se sont imposées aujourd'hui comme les plus efficaces.

Si ces interfaces sont plus faciles à appréhender par des utilisateurs non avertis, la démocratisation de

l'informatique bureautique en est un exemple, elles recèlent néanmoins un grand nombre de pièges qui peuvent conduire au rejet par les utilisateurs. Les recherches en ergonomie des IHM ont permis de mettre en valeur un certain nombre de critères à respecter lors de la conception des interfaces, afin d'assurer une utilisabilité optimum. Cette problématique est fondamentale dans le cadre des supports pédagogiques numériques, puisque l'interface de manipulation du support peut-être une aide si elle structure l'activité pédagogique de l'apprenant, ou au contraire un frein si elle ajoute à la charge cognitive de l'apprentissage, la charge nécessaire à l'appréhension de l'interface. Nous présentons la critériologie générale introduite par l'INRIA, puis les méthodes MEDA et EMPI conçues spécifiquement pour les logiciels pédagogiques, et enfin CINEMA, qui propose une approche d'aide à la conception sous la forme d'un cours.

**INRIA** (Bastien et al., 1993) (Bastien et al., 1997)

Les travaux de Bastien et Scapin à l'INRIA font autorité en matière de critériologie ergonomique des IHM. Ces travaux sont tournés vers les interfaces en générale, et en particulier pour les applications en milieu industriel. Ils ont permis d'établir une liste de 18 critères permettant de caractériser une IHM du point de vue utilisabilité.

Numéro	Critères	Définition
	<b>Guidage</b>	Ensemble des moyens mis en oeuvre pour conseiller, orienter, informer et conduire l'utilisateur lors de ses interactions avec l'ordinateur
1	Incitation	Informations fournies à l'utilisateur sur l'état dans lequel il se trouve, sur les actions possibles ou attendues et les moyens de les mettre en oeuvre
2	Groupement par localisation	Positionnement des items les uns par rapport aux autres pour indiquer leur appartenance ou non à une même classe
3	Groupement par format	Indices graphiques des items les uns par rapport aux autres pour indiquer leur appartenance ou non à une même classe
4	Retour informatif	Réponse de la machine après action de l'utilisateur
5	Clarté	Caractéristiques lexicales de présentation des informations pour entraver et faciliter la lecture de ces informations
	<b>Charge de travail</b>	Ensemble des éléments ayant un rôle dans la réduction de la charge perceptive ou mnésique des utilisateurs et dans l'augmentation de l'efficacité du dialogue
6	Concision	Charge de travail perceptive et mnésique en rapport à des éléments individuels d'entrée-sortie
7	Actions minimales	Charge de travail au niveau des options ou moyens utilisés pour atteindre un but
8	Densité d'information	Charge de travail perceptive et mnésique pour des ensembles d'éléments et non pour des items.
	<b>Contrôle explicite</b>	Prise en compte par le système à la fois des actions explicites de l'utilisateur et du contrôle qu'ils ont sur le traitement de leur actions
9	Actions explicites	Relations explicites entre le fonctionnement de l'application et les actions des utilisateurs. Le système doit exécuter seulement les opérations demandées par l'utilisateur, au moment où il les demande
10	Contrôle utilisateur	L'utilisateur doit toujours avoir la main et donc pouvoir contrôler les déroulements des traitements en cours
	<b>Adaptabilité</b>	Capacité du système à réagir selon le contexte, les besoins et les préférences de l'utilisateur
11	Flexibilité	Moyens mis à la disposition de l'utilisateur pour personnaliser l'IHM selon ses stratégies ou habitudes de travail et les exigences de ses tâches
12	Expérience utilisateur	Moyens mis en oeuvre pour permettre au système de respecter le niveau d'expérience des utilisateurs
	<b>Gestion des erreurs</b>	Moyens permettant d'éviter ou de réduire les erreurs et de les corriger
13	Protection	Moyens mis en place pour détecter les erreurs d'entrée de données ou de commandes ou d'actions aux conséquences néfastes
14	Qualité des messages	Pertinence, facilité de lecture et exactitude de l'information fournie sur la nature des erreurs commises et les actions correctives à entreprendre.
16	<b>Homogénéité et cohérence</b>	Façon dont les choix de conception de l'IHM sont conservés pour des contextes identiques, et différents sinon
17	<b>Signifiante des codes et dénomination</b>	Adéquation entre l'objet et l'information affichée ou demandée et son référent
18	<b>Compatibilité</b>	Accord existant entre les caractéristiques des utilisateurs (mémoire, perception, habitudes, etc.) et les tâches d'une part, et l'organisation des sorties, des entrées et du dialogue d'une application donnée, d'autre part

TAB.7 : Les 18 critères de l'INRIA (Hû, 2001)

Notons que si les critères de l'INRIA restent une référence, leur spécialisation au cas particulier des supports pédagogiques numériques est nécessaire, pour prendre en compte le contexte particulier d'activité qui est celui de l'apprentissage.

### MEDA (MEDA, 1990)

Le collectif européen Joanna MEDA a proposé en 1990 une méthodologie permettant d'évaluer des logiciels de formation en entreprise, à partir d'un questionnaire fondé sur des critères pédagogiques, ergonomiques, commerciaux, techniques, etc. Cette méthode a donné lieu en 1997 à une application informatique permettant de faciliter l'usage du questionnaire préalablement disponible sur papier. MEDA est intéressante en tant qu'elle propose une liste de questions regroupée en une hiérarchie de critères (aspects, préoccupations, pôles d'intérêt) qui permet ainsi une approche globale de l'interface des logiciels éducatifs.

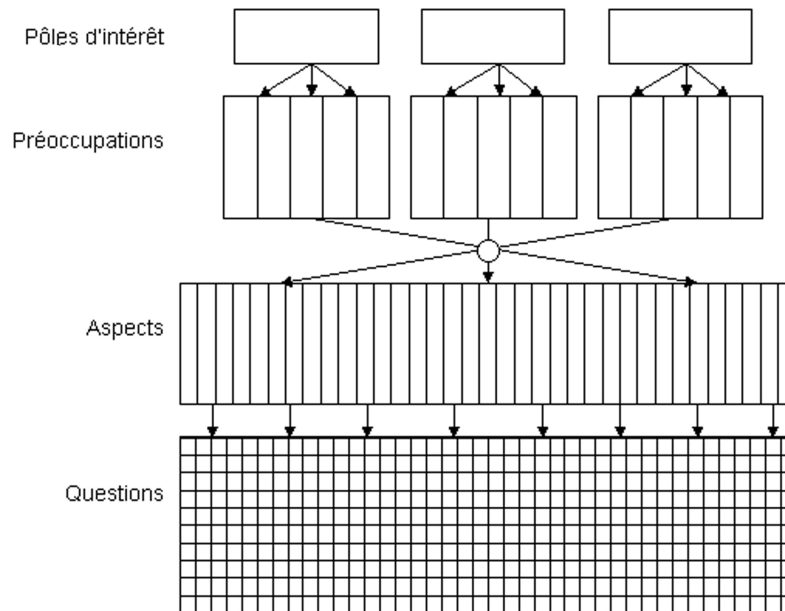


FIG.12 : Structure des critères MEDA

### EMPI (Evaluation du Multimédia Pédagogique Interactif) (Crozat et al., 1999) (Hû et al., 2000) (Hû et al., 2001) (Hû, 2001)

EMPI est une méthode élaborée au sein de notre équipe et finalisée par une thèse (Hû, 2001). Elle repose sur un questionnaire structuré, à profondeur variable permettant d'organiser une hiérarchie de dimensions d'évaluation. La critériologie regroupe une sélection et une réorganisation des critères existants pour l'étude des logiciels multimédia pédagogiques. La structure globale d'EMPI se base sur six thèmes complémentaires, eux-mêmes divisés en méta-critères. Les méta-critères se divisent encore en sous-critères. Et finalement, au niveau de chaque sous-critère, sont placées les questions qui permettent de composer effectivement un questionnaire d'évaluation.

Thème	Description sommaire
Impressions générales	image que le didacticiel offre à l'utilisateur
Qualité informatique	mise au point technique du logiciel
Utilisabilité	ergonomie de l'interface
Documents multimédia	présentation et forme des contenus.
Scénarisation	techniques d'écriture utilisées pour agencer les informations
Didactique	ressources pédagogiques mobilisées en fonction du contexte d'apprentissage.

TAB.8 : Thèmes de la méthode EMPI

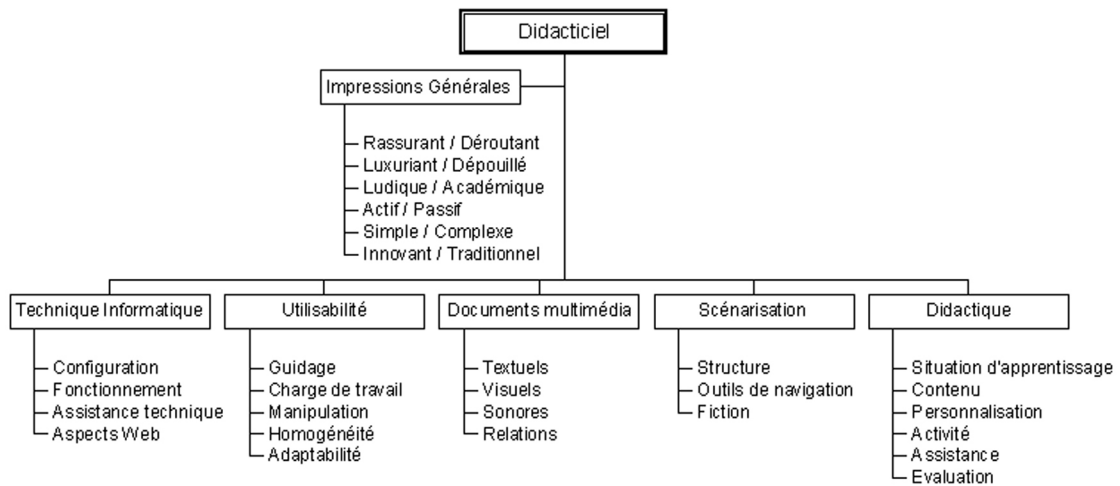


FIG.13 : Méta-critères de la méthode EMPI (Crozat et al., 1999)

**CINEMA** (Isabelle et al., 2000) ([LRCM.com.umontreal.ca/CINEMA](http://LRCM.com.umontreal.ca/CINEMA))

Devant le constat que de plus en plus d'enseignants ont à concevoir des supports pédagogiques numériques et qu'ils n'ont pas de guide pour cela, CINEMA est un cours en ligne sur le Web permettant d'acquérir des connaissances concernant plusieurs aspects de l'intégration pédagogique des technologies de l'information, dans une perspective constructiviste. CINEMA est donc à la fois un support pédagogique numérique et un guide pour concevoir de tels supports. Le système se compose de six modules permettant de répondre à différentes questions concernant la conception des logiciels éducatifs.

Module	Question abordée
Apprentissage	Quels sont les fondements théoriques de l'apprentissage ?
Scénarisation	Comment spécifier et concevoir le produit ?
Ergonomie	Comment mettre en oeuvre l'interaction homme-machine ?
Production	Comment produire et publier des pages Web ?
Système	Comment évaluer les produits ?
Implantation	Quelles stratégies à suivre pour l'intégration de l'outil dans l'organisation ?

TAB.9 : Les 6 modules de CINEMA



## Chapitre 8

# L'information du point de vue de la distribution

### Une logique d'organisation de la formation ...

Avec le développement d'Internet la formation à distance se reconfigure pour proposer des offres de formation en ligne. Afin d'aider à la mise en place de ces sites Web de formation, de nombreuses recherches se sont orientées vers la réalisation de plates-formes de formation en ligne. Elles proposent des solutions permettant de mettre en place des serveurs de formation plus ou moins paramétrables, afin de construire des sites Web sans avoir à développer les fonctions dynamiques qui leurs sont associées. Une plate-forme offre globalement les trois principaux services suivants : la possibilité de mettre à disposition des contenus pour les utilisateurs via un navigateur Web (pour consultation directe en HTML ou téléchargement sur le poste client de formats imprimables), la possibilité pour les apprenants et tuteurs d'accéder aux fonctions classiques de communication d'Internet (telles que le mail, le forum, le *chat*, voire la vidéo-conférence) et la possibilité de gérer la formation du point de vue logistique (inscriptions, planning, regroupement, etc.). De très nombreuses plates-formes de téléformation ont vu le jour, mais très peu ont réellement été massivement utilisées. Quelques études comparatives tentent de mettre en valeur les spécificités et les différences entre les solutions existant actuellement sur le marché, telle que l'étude menée par le Préau ([www.preau.asso.fr](http://www.preau.asso.fr)).

Les plates-formes se caractérisent par la facilité qu'elles apportent pour organiser l'ingénierie pédagogique, le recours à des systèmes 100% Web allégeant considérablement l'organisation matérielle des postes clients. A ce titre elles présentent une solution efficace pour la gestion de formations de grande envergure et donc une solution d'industrialisation de la distribution de l'information. Mais elles se caractérisent également par l'absence d'ingénierie documentaire qui permettrait de faire le lien entre les contenus et la formation, dans une perspective d'industrialisation de la distribution, mais aussi de la production.

Nous présentons ci-dessous deux exemples, Learning Space d'IBM, parmi les pionniers, et Campus Virtuel d'Archimed récemment issu de la recherche universitaire.

#### **Learning Space** (<http://www.lotus.fr/learningspace>)

Produit par IBM depuis 1996, Learning Space, est une application fondée sur la base Lotus Notes et qui en tire donc les avantages, en terme de facilité de stockage et d'échange d'information d'une part et de communication (asynchrone) entre les acteurs et planification de la formation d'autre part. Learning Space présente l'avantage d'être relativement simple d'usage (bien que son administration reste un travail d'informaticien averti et formé au produit).

Cette plate-forme étant utilisée à l'UTC dans le cadre d'une formation à distance (le DESS DICIT), nous pouvons formuler quelques critiques issues des expériences menées (Barthes et al., 1998) (Boullier, 2000). Learning Space fournit une solution technique pour la mise à disposition des contenus, la planification de la formation et le travail coopératif. Il est en revanche nécessaire de lui adjoindre des solutions annexes pour la production des contenus. Le système PolyTeX a par exemple été retenu dans le cadre de DICIT pour les contenus textuels et des cd-rom autonomes ont été développés pour les documents dynamiques (tels que les simulations). Cette approche présente le problème du couplage difficile (voire impossible) entre les contenus et leur distribution et suppose une intégration grossière des contenus (typiquement le téléchargement, voire le support cd-rom annexe).

#### **Campus Virtuel** (Derycke et al., 1997) (Bourguin et al., 2000)

Campus Virtuel est à l'origine un produit de recherche du laboratoire Trigone de Lille, construit sur le système ODESCA (Open Distributed Supporting Cooperative Activities), une architecture d'accueil pour les activités

coopérative (gestion des rôles des acteurs et du contexte organisationnel). ODESCA répond à six enjeux majeurs du travail coopératif : le partage de l'information, la communication entre les acteurs, la coordination, la cohésion, la motivation et l'implication individuelle, l'auto-organisation.

Campus Virtuel est donc une solution qui se distingue avant tout pour ses qualités de gestion de la communication et de l'organisation au sein de la formation, permettant ainsi d'instrumenter une ingénierie de la formation à distance. Aujourd'hui sorti du laboratoire et distribué par la société Archimed depuis 2000, Campus Virtuel se présente comme une des solutions de plate-forme les plus efficaces, grâce à son moteur de workflow très adapté. On remarque par exemple : Le recours au standard de la LOM pour l'indexation et des fonctions avancées de recherche associées ; une gestion de la planification de la formation intégrant le planning professionnel pour une visualisation synthétique dans le cadre d'apprenant en formation continue ; un degré élevé de paramétrage permettant une réelle adaptation au contexte pédagogique et aux habitudes d'usage ; une gestion puissante des groupes d'utilisateurs et des droits d'accès.

Le système est construit autour d'un espace collaboratif, permettant aux administrateurs de gérer les formations, aux auteurs de mettre à disposition des contenus, aux tuteurs d'assurer le suivi et aux apprenants de suivre leurs formations en ligne.

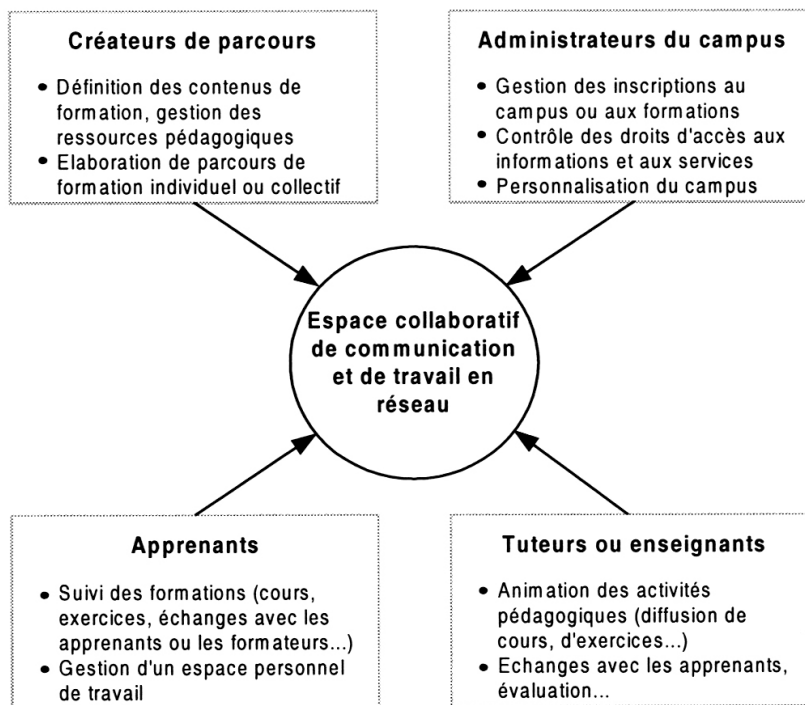


FIG.14 : Organisation du système Campus Virtuel

Campus Virtuel se pose donc comme une solution intéressante pour mettre en oeuvre une ingénierie de formation à distance en ligne, et sa gestion du XML permet d'envisager un couplage avec une ingénierie documentaire permettant de structurer la production des contenus et des scénarii pédagogiques.

## Une logique de mutualisation ...

Les investissements humains et financiers nécessaires à la réalisation de supports pédagogiques numériques de qualité interrogent les concepteurs sur les possibilités de mettre en commun et d'échanger les réalisations au sein d'une communauté et ainsi se répartir les efforts. L'enjeu de cette approche est d'atteindre un volume de contenus suffisant pour qu'une communauté puisse offrir un service réellement adapté à une demande massive et de gérer les échanges de contenus entre les membres de cette communauté. Si cette pratique, pour être mise en oeuvre, nécessite un travail sur les problématiques d'indexation, d'interopérabilité et d'accès à l'information, elle pose, au-delà des problèmes technologiques, la question des modalités du partage. Ainsi par exemple se pose la question des droits d'auteur et de la protection intellectuelle. Cette question reste difficile à résoudre car les technologies actuelles ne fournissent pas réellement de meilleures solutions pour protéger les contenus que celles utilisées pour les autres média, et par contre facilitent très largement la diffusion, la copie et la transformation

de ces contenus.

Nous présentons ci-dessous le projet ARIADNE, leader sur la problématique de mutualisation, ainsi qu'une autre expérience, plus modeste, SEMUSDI.

**ARIADNE (Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe)** (Forte et al., 1997) (Forte et al., 1997) (Forte et al., 1999) (ariadne.unil.ch)

Le projet européen ARIADNE a permis (lors de son développement de 1996 à 2000) la constitution d'une base d'items pédagogiques, partagée par une large communauté, et destinée à la formation à distance. Cette base de données est aujourd'hui entretenue et développée par la fondation ARIADNE. Ce projet s'inscrit dans une perspective sociale fondée sur le partage du savoir, une perspective technique fondée sur l'interopérabilité et une perspective méthodologique fondée sur la conception par les auteurs.

L'architecture du système est construite sur une base de données centrale, le *knowledge pool system*, des outils auteur pour l'alimenter (cours, exercices, simulations, évaluations), des outils d'indexation pour les repérer, des outils de scénarisation pour constituer les cours et des outils de navigation pour les consulter.

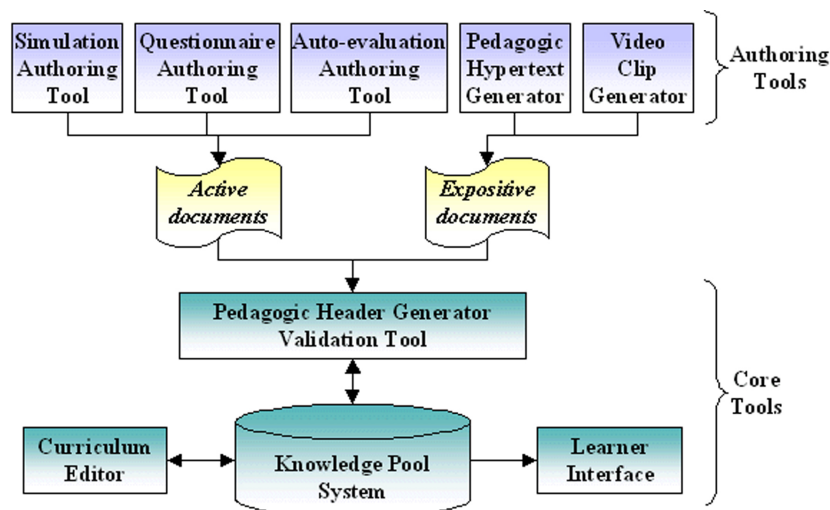


FIG.15 : Architecture du système ARIADNE

Le stockage des informations est organisé selon une topologie distribuée sur un ensemble de bases répliquées. ARIADNE compte en 2000 environ 2500 items et une douzaine de bases de données sur 5 pays.

ARIADNE est un exemple particulièrement intéressant de par son ampleur et son caractère international. Le projet a permis des avancées significatives dans le domaine de l'indexation, notamment en intégrant une dimension multilingue et interculturelle, concrétisées par sa participation prépondérante dans la définition de la LOM.

Le système rencontre néanmoins des difficultés du point de vue de l'interopérabilité. En effet si une indexation de qualité assure la disponibilité des contenus, leur manipulation n'est elle en rien assurée. L'hétérogénéité des formats par exemple est un frein à la réutilisation ou encore le niveau de granularité qui n'est pas contrôlé. Les nouveaux outils auteurs d'ARIADNE tendent à prendre en compte ce problème pour proposer des formats logiques et standards (fondés sur XML) afin d'assurer l'interopérabilité et la pérennité des contenus.

**SEMUSDI (SErveur MULTimédia pour les Sciences De l'Ingénieur)** (Barthélemy et al., 1998)

SEMUSDI est un projet du réseau des INSA, visant à créer une base de contenus volumineuse partagée par les acteurs de la formation (enseignants et apprenants) afin de leur donner des ressources pour la constitution des cours ou l'auto-apprentissage. Le point de départ de SEMUSDI est que la recherche de documents pertinents sur le Web est un exercice difficile et la récupération de ces documents pas toujours légale. SEMUSDI offre donc un espace contrôlé et protégé sous forme d'intranet pour se substituer aux recherches générales sur Internet, en proposant des informations fiables, disponibles et adaptables. Afin de réaliser ses objectifs SEMUSDI s'oriente vers l'utilisation de formats standard pour la constitution des ressources (telle que HTML, RTF, etc.) et l'indexation précise de ces ressources.

Les ressources mises à disposition dans SEMUSDI sont des ressources dites "brutes" et appelées "briques", qui se définissent comme des entités autonomes de petite taille. Un comité éditorial (composé de relecteurs, d'indexeurs, d'éditeurs et de responsables du domaine) valide les propositions des auteurs et assure que

l'alimentation de la base se fait dans le cadre d'une certaine charte pédagogique et technologique.

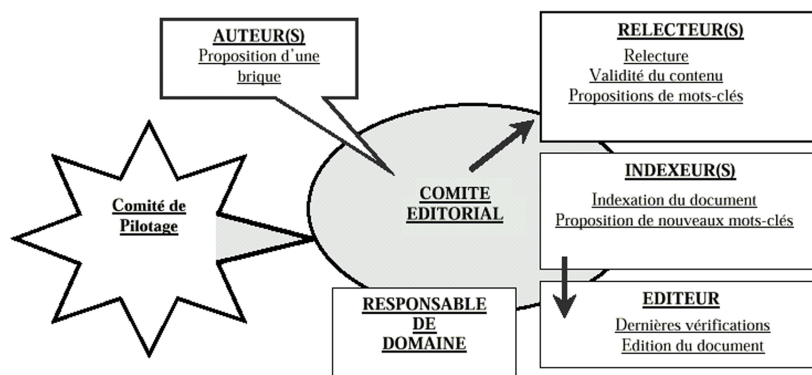


Fig.16 : Chaîne de conception de SEMUSDI (Barthélemy et al., 1998)

SEMUSDI propose une solution technique et une organisation éditoriale pour la constitution d'une banque de ressources pour des étudiants désireux de compléter leur formation, ou pour des enseignants désireux de s'inspirer pour écrire leurs cours. Néanmoins son efficacité reste limitée d'un point de vue de la réutilisation, de par l'inéluctable hétérogénéité liée à la trop grande liberté laissée au sein de ce système. La mutualisation implique en effet que la base de contenus soit suffisamment malléable pour qu'un auteur A réutilise les contenus d'un auteur B. Cela implique d'abord la structuration logique des informations (afin que les contenus restent indépendants d'une présentation physique et ainsi que deux documents issus de sources différentes puissent être aisément mis sous une même forme) et la définition d'un cadre de rédaction contraignant afin de disposer de contenus produits selon des modèles identiques et donc logiquement homogènes. Enfin ajoutons que selon nous les contenus n'existent jamais à l'état brut, ils existent toujours à partir d'un contexte initial qui a permis de les produire. Une base de contenus bruts ne peut selon nous exister réellement sans prendre également en compte les scénarii qui ont permis de constituer ces contenus bruts.

## Une logique de scénarisation temporelle ...

Tout support pédagogique est scénarisé, c'est à dire qu'il propose un parcours de l'information à l'apprenant, ce parcours étant défini comme le plus adapté à un groupe, voire le plus adapté à un individu dans le cas de formation personnalisée. Le support numérique se distingue par sa non linéarité qui permet d'envisager une scénarisation proposant plusieurs parcours pour un même ensemble de contenus. Cette particularité permet donc de proposer des supports à la fois génériques pour un contexte donné et personnalisables pour les besoins spécifiques de chaque apprenant du groupe. Plusieurs types de solutions sont proposés pour représenter des scénarii pédagogiques personnalisables, selon qu'ils sont personnalisés *a priori* par l'enseignant, au fur et à mesure par l'apprenant lui-même ou automatiquement par la machine en fonction de l'activité de l'apprenant, et plus généralement par combinaison de ces trois modes d'action. Dans tous les cas, la question posée est celle de la représentation des scénarii pédagogiques au sein du support numérique de façon que leur manipulation soit la plus aisée possible par les acteurs humains et/ou logiciels.

Nous présentons ci-dessous deux logiques de scénarisation, celle issue de la plate-forme SMART-Learning et celle issue de la plate-forme SDM.

### SMART-Learning (System for Multimedia Adaptive and cooperative Tele-Learning) (Ajhoun et al., 2000)

SMART-Learning est un projet de l'EMI de Rabat. Son objet est la conception d'un système permettant de proposer des cours asynchrones sur support numérique afin de diminuer les contraintes temporelles de l'apprentissage (tandis que les cours synchrones permettent une meilleure interaction entre apprenants et avec les enseignants). Pour réaliser cet objectif il propose de rechercher des moyens d'adapter le cours en fonction des spécifications des enseignants et des spécificités de l'apprenant. Il cherche ainsi à proposer des cours génériques, c'est à dire contenant d'une part les contenus et d'autre part l'expertise pédagogique permettant de générer des versions spécifiques du cours en fonction de l'apprenant.

SMART-Learning propose pour cela un modèle permettant de représenter les contenus de façon générale selon une structure hiérarchique classique ainsi que sous forme d'un ensemble de graphes correspondant aux cours individuels. La structure générale est composée d'une séquence pédagogique racine (PS), elle-même composée de sous-séquences pédagogiques (PSi), composées d'éléments multimédia (les contenus atomisés). La

scénarisation intervient par la constitution d'un graphe décrivant les parcours possibles des séquences pédagogiques PSi et les conditions de passage entre ces séquences.

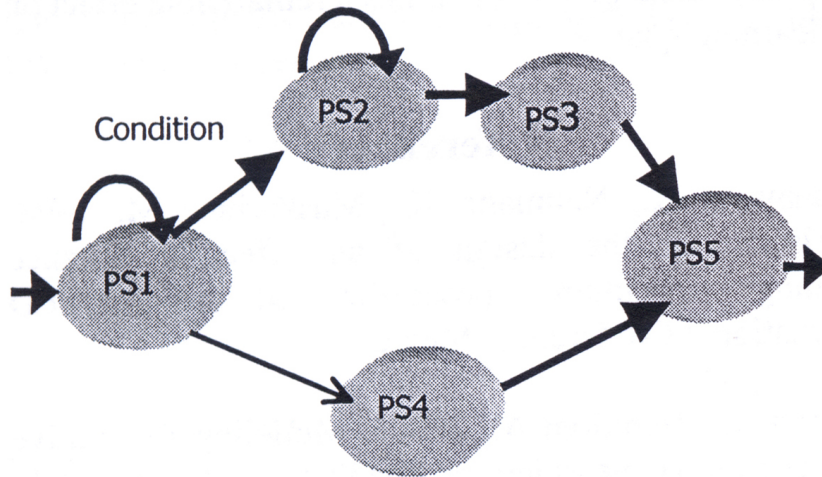


FIG.17 : Scénarisation dans SMART-Learning (Ajhoun et al., 2000)

Le système SMART-Learning est selon nous un exemple très intéressant de modèle de conception permettant d'envisager le couplage généricité-spécificité nécessaire à l'industrialisation. Ce couplage est rendu possible par la séparation des contenus et des scénarii. Notons enfin que l'approche technologique mise en oeuvre, fondée sur XML, apporte également des éléments intéressants.

**SDM (Serveur de Didacticiels Multimédia)** (Gasnerau, 1998)

SDM est un système développé à l'ENSAM qui a pour vocation la création de didacticiels sans compétences informatiques particulières. Il se présente à la fois comme un système auteur et un système de distribution, mais nous l'étudions surtout ici pour son approche de la scénarisation. Le système sépare en effet les connaissances (les contenus) de la loi d'acquisition des connaissances (leur scénarisation). Les contenus sont structurés en rubriques, elles mêmes regroupées en modules, ces modules étant représentés au sein d'une matrice décrivant la notion à laquelle ils se rapportent et le niveau de difficulté de l'approche.

	Notion 1	Notion 2	Notion 3	Notion 4	Notion 5	Notion 6
Niveau 1	Module	Module	Module	Module	Module	Module
Niveau 2	Module	Module	Module			Module
Niveau 3		Module	Module			
Niveau 4		Module				

Une zone agrandie de la matrice est encadrée en rouge, montrant une structure de rubriques : deux rubriques sont alignées horizontalement au-dessus de deux autres alignées horizontalement, toutes quatre étant regroupées dans un cadre rectangulaire.

FIG.18 : Matrice de description des contenus dans SDM (Gasnerau, 1998)

Les rubriques et modules sont définis comme des entités indépendantes qui vont devoir être scénarisées au sein d'un graphe décrivant l'ordre de parcours pour l'apprenant. Ce graphe est dynamique et propose des parcours différents en fonction des résultats de l'apprenant. L'enchaînement entre les entités est défini par un chemin et des contraintes pour le parcours de ce chemin. Ainsi chaque entité est associée à un seuil d'entrée et un seuil de sortie.

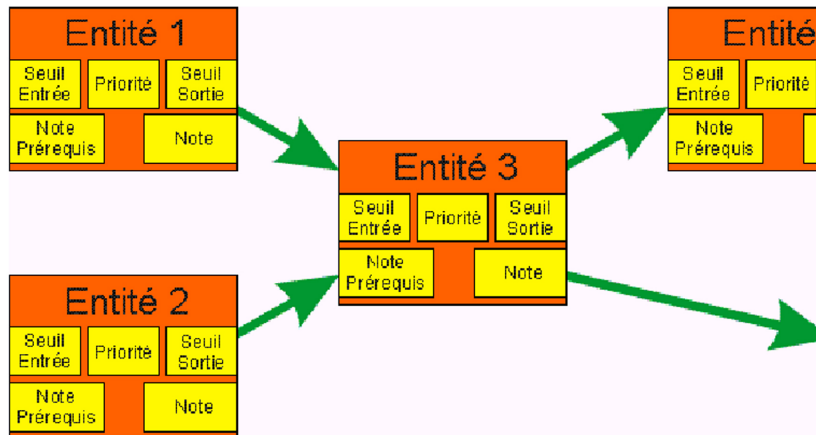


FIG.19 : Formalisme de scénarisation dans SDM (Gasnerau, 1998)

A chaque instant l'apprenant ne peut accéder qu'aux entités pour lesquelles le seuil d'entrée est atteint, ce seuil étant calculé en fonction des entités précédentes définies comme prérequis.

Ce système présente une logique intéressante de représentation de scénarii pédagogiques, associés à des contraintes de parcours en fonction des actions de l'apprenant. Le système de notation et de seuil est un mécanisme simple et efficace pour contrôler la progression de l'apprenant. Ce système prendrait une ampleur supplémentaire si les contrôles permettant l'attribution des notes n'étaient pas uniquement calculés automatiquement. En effet il peut être un peu trop simpliste de vouloir contrôler une progression par l'évaluation automatique à base de questions à choix multiples. On pourrait envisager par exemple l'intervention d'un tuteur dans le processus de notation, qui attribuerait des notes à l'apprenant en fonction de productions plus complexes (telles que des résolutions d'exercice ou des synthèses de cours), et ainsi lui permettrait ou pas de continuer sa progression, ou au contraire le contraindrait à des révisions.

## Chapitre 9

# Bilan de l'étude du domaine

### Quelques aspects clés de l'état de l'art ...

L'étude que nous avons faite de l'état de la recherche en EIAH, nous amène à retenir un certain nombre de principes pour l'élaboration d'un modèle de conception industrielle des supports pédagogiques numériques.

L'information numérique se caractérise par sa non linéarité qui implique des modes de conception nouveaux (par rapport au support papier par exemple). Cette représentation est pertinente d'un point de vue pédagogique car elle permet d'adopter une pédagogie plus centrée sur l'activité de l'apprenant, et ainsi plus constructiviste et personnalisable. Afin de gérer la désorientation issue de la non linéarité, et de maintenir le sens d'un point de vue pédagogique, le recours à une scénarisation explicite permet à l'enseignant de cadrer les parcours suivis et les choix laissés à l'apprenant. L'automatisation partielle du déroulement de cette scénarisation, permet d'envisager des phases autonomes contrôlées par l'apprenant et des phases guidées contrôlées par l'enseignant via une programmation préalable.

La séparation entre structure logique et physique des contenus, permet d'envisager l'interopérabilité et la durabilité des contenus, deux conditions fondamentales à la mise en place d'une approche industrielle. Couplée à une mise en oeuvre pertinente de l'indexation, à l'aide de méta-données standardisées, permettant la localisation de l'information, et à un découpage fin en unités sémantiques relativement décontextualisées, cette approche permet également d'envisager la réutilisabilité des contenus produits dans des contextes matériels et organisationnels multiples.

Si les logiciels auteurs s'inscrivent dans une perspective artisanale peu compatible avec la production à grande échelle de contenus, ils nous enseignent un élément essentiel de la conception : la production des contenus et des scénarii doit être dans les mains des auteurs et des enseignants (et non dans celles des informaticiens). Cette approche est la seule rationnelle pour envisager la production de contenus de qualité maîtrisés par les experts de ce contenu et de son enseignement.

Les travaux concernant l'ergonomie des logiciels pédagogiques montrent le rôle fondamental que joue l'interface, partie visible de l'iceberg, dans l'acceptabilité et l'utilisabilité des produits. Une approche de conception industrielle se doit donc d'intégrer ce paramètre et d'assurer un niveau de qualité suffisant quant à la présentation des contenus et des fonctions de manipulation de ces contenus. Cette qualité doit pouvoir être assurée *a priori* par la logique de conception mise en oeuvre, ce qui est possible dans un cadre technologique fondé sur des moteurs d'édition automatique de contenus structurés logiquement.

### Construire un modèle pour une approche industrielle de conception ...

Si l'état de l'art nous fournit tous les éléments pour mettre en oeuvre une approche industrielle de conception, aucun système ne répond complètement à ce besoin, du point de vue du fond, de la forme et du flux. Le système ARIADNE en est certainement aujourd'hui le plus proche, avec néanmoins la nécessité d'intégrer une approche de production assurant la maîtrise de la structure des contenus, ce qui passe selon nous par l'adoption de la structuration logique d'une part et la distinction claire entre les contenus et les scénarii d'autre part.

L'enjeu est donc de retenir de l'état de l'art les modalités de gestion du fond, de la forme et du flux de l'information, et de proposer un modèle de conception permettant de les gérer séparément dans le processus de conception, pour en permettre une production industrielle, tout en les réintégrant ensemble dans le produit final qui se doit d'être efficient sur chacun des trois aspects pour répondre aux standards actuels de qualité.



## **PARTIE III**

# **MODÈLE DE CONCEPTION**

**Résumé.** Afin de répondre à notre problématique, et proposer une approche industrielle de conception de supports pédagogiques numériques, nous avons élaboré un modèle de représentation de l'information qui permet l'application d'un modèle documentaire générique, et l'intégration de modèles pédagogiques spécifiques. Ce modèle a été conçu à partir d'une approche théorique depuis l'état de l'art (fondant notamment la séparation entre le fond et la forme, entre le contenu et sa scénarisation et entre l'information et ses actions de réappropriation) et une approche empirique depuis nos expérimentations (fondant notamment l'opérationnalisation de l'approche proposée). Le résultat de ce travail est le méta-modèle SP/UL/FC qui propose une approche méthodologique et technologique afin de représenter logiquement l'information multimédia pédagogique (sous forme d'Unités Logiques), de distribuer l'information au sein de scénarii pédagogiques (sous forme de Schémas Pédagogiques), et de présenter l'information pour la manipuler (sous forme de Feuilles de Comportement).

---

## Chapitre 10

# Principes fondateurs

Nous présentons dans ce premier chapitre les concepts sur lesquels nous appuierons notre modèle, à savoir la dissociation de la représentation de l'information et de sa présentation pour un usage, la séparation explicite du contenu et de sa scénarisation pédagogique et l'association de l'information aux actions permettant sa réappropriation. Ces concepts sont issus à la fois de la nature du support et du domaine qui nous intéressent, le numérique et la pédagogie. Nous les mobilisons car ce sont eux qui nous permettent d'envisager la conception dans une logique industrielle.

### 1. Séparation fond/forme

#### Numérique, inscription et présentation ...

Sur un support analogique, l'inscription et la présentation de l'information sont indissociables. Il existe une relation physique entre la façon dont l'information est enregistrée via un dispositif et la façon dont elle est restituée via un second dispositif. Le cas du support papier en est l'exemple le plus extrême puisque la façon dont un texte est consigné sur le papier coïncide avec la façon dont le lecteur perçoit ce texte. Dans le cas d'un signal sonore, la façon dont il est enregistré sur une bande magnétique détermine la façon dont il sera restitué à un auditeur par la médiation d'un lecteur.

Concernant le support numérique c'est le calcul de l'ordinateur qui assure la médiation entre l'information inscrite (sous forme binaire) et l'information présentée (sur un écran par exemple). La relation entre inscription et présentation est alors d'ordre logique, et indépendante de toute similitude physique. Ainsi par exemple un même codage binaire peut donner lieu à l'impression de caractères sur une imprimante ou bien au dessin d'une image sur un écran selon le calcul qu'on lui applique.

La transformation permettant de passer de la représentation à la présentation est basée sur une fonction physique dans le cas du support analogique et sur une fonction logique dans le cas du support numérique. Il est donc possible sur un support numérique, et uniquement sur un support numérique, de représenter une information indépendamment de sa présentation sous une forme donnée.

**Exemple** Si l'on veut présenter une même phrase sur un support papier pour la lecture et sur un support oral pour l'écoute, il est nécessaire de procéder à deux inscriptions, une écriture et un enregistrement. Avec le support numérique il est possible de ne procéder qu'à une seule inscription de l'information et à deux calculs différents pour obtenir deux présentations différentes de la même représentation.

#### Structuration logique versus structuration physique ...

Si le support numérique ouvre une possibilité d'indépendance entre représentation et présentation, il ne l'assure pas. En effet si l'on représente une information sous une forme qui n'a de sens que pour un support de présentation donné, il ne sera pas possible d'effectuer de calcul permettant de présenter cette information sur un autre support. Afin de disposer de cette possibilité, il est nécessaire de représenter logiquement l'information et non physiquement.

**Définition** On appelle **structuration logique** de l'information une représentation explicitant la structure de l'information en fonction des attributs intrinsèques qui la caractérisent et non en fonction des propriétés de présentation d'un support.

**Définition** On appelle **structuration physique** ou mise en forme, d'une information une représentation décrivant la façon dont une information doit être présentée sur un support donné.

**Remarque** Il est possible de calculer une ou plusieurs structurations physiques pour une même structuration logique. Il est possible de calculer d'autant plus de structurations physiques que la structuration logique est indépendante de ses supports de présentation.

**Remarque** La structuration logique est associée au fond de l'information, tandis que la structuration physique est associée à sa forme sur un support.

### Exemple

Soit la structuration logique d'un exercice :

```
Exercice = {Enonce, Question, Solution}
avec
Enonce = Soit un triangle rectangle disposant d'un angle de 30 degrés
Question = Combien font les autres angles du triangle ?
Solution = 90 et 60 degrés
```

Il est possible à partir de cette représentation de calculer différentes présentations. Pour l'écran on peut générer une présentation HTML ([www.w3.org/MarkUp](http://www.w3.org/MarkUp)), en laissant la solution en hyperlien cliquable. Pour le papier on peut générer une présentation PDF ([www.adobe.com/products/acrobat/adobepdf.html](http://www.adobe.com/products/acrobat/adobepdf.html)), en affichant la solution sur une page séparée de l'énoncé. Pour un usage multimédia on pourra générer une présentation SMIL ([www.w3.org/AudioVideo](http://www.w3.org/AudioVideo)), avec affichage de l'énoncé, lecture de la question, et affichage de la solution après un temps de pause.

Notons qu'avec un tel exemple, si l'on avait choisi une des représentations physiques, plutôt que la représentation logique, il n'aurait pas été possible de générer les autres représentations. Voici un exemple de code HTML représentant physiquement l'exercice :

```
<HTML>
<BODY>
Soit un triangle rectangle disposant d'un angle de 30 degrés
<B>Combien font les autres angles du triangle ? </B>
<A HREF="solution.html">Solution </A>
</BODY>
</HTML>
```

On voit bien que dans ce format la structure logique n'apparaît plus explicitement et qu'il n'est plus possible d'identifier l'énoncé, la question et la solution.

## Les avantages de la structuration logique ...

L'enjeu de notre modèle étant de parvenir à mettre en place une approche industrielle de conception, la séparation entre structure logique et physique permet d'accéder à certaines propriétés telles que :

- **La pérennité des contenus** : En effet en étant dissociées d'un format physique, les informations sont indépendantes de l'évolution de ces formats. Il n'est donc pas nécessaire de reproduire régulièrement les contenus pour qu'ils restent compatible avec les différentes versions de formats, HTML ou Microsoft Word par exemple.
- **La maintenance des contenus** : La représentation logique ne nécessite pas le recours à des experts d'un langage de présentation, comme c'est le cas pour HTML par exemple, puisque le langage de représentation logique est défini par les experts en fonction du domaine.
- **La portabilité des contenus** : L'investissement consenti pour la production des contenus peut-être rentabilisé en dehors d'un système technique donné, puisque des contenus structurés logiquement sont potentiellement interopérables (à condition que cette structure soit effectivement connue et effectivement indépendante d'une structure physique). Par exemple l'information peut être diffusée sur des supports multiples (papier, Internet, cd-rom, etc.) ou sur des environnements matériels multiples (systèmes d'exploitation, taille d'écran, capacité de réseau, etc.).

- **La malléabilité des contenus** : La structure logique des contenus étant connue, il est possible de manipuler cette structure et ainsi faire coïncider la présentation à des contextes d'usage différents. Par exemple on pourra proposer une vision synthétique de l'information (en sélectionnant les éléments essentiels) ou au contraire une vision exhaustive.
- **La séparation des métiers** : La séparation entre structure logique et physique permet également la séparation entre les métiers d'auteur (la production de l'information logique) et les métiers d'éditeur (la mise en forme de cette information pour un support). Cette séparation permet d'augmenter les volumes de production et de réduire les coûts, puisque qu'elle ne nécessite plus le recours à des experts pluridisciplinaires capables de maîtriser à la fois le contenu et son édition. Notons enfin que la séparation des métiers a également tendance à améliorer la qualité puisque les auteurs et les éditeurs peuvent se concentrer respectivement sur leur expertise.

### **La mise en oeuvre d'une représentation logique ...**

La représentation logique est donc un atout fort dans le cadre d'une conception à grande échelle, puisqu'elle répond à une part significative des questions que pose l'industrialisation (quantité, qualité, pérennité, réutilisabilité, maintenance, etc.). Néanmoins aucune structuration logique n'assure d'indépendance totale vis à vis des structures physiques, elle permet simplement de s'en affranchir partiellement. Par exemple les structures morpho-syntaxiques du texte (Michard, 1997), telles que les structures de paragraphes, listes, tableaux sont particulièrement dédiées à une représentation visuelle et seront difficilement exprimables sur un support oral. De même la représentation logique des images est impossible puisque le sens de l'image est encapsulé dans sa structure physique. On aura dans ce cas recours d'une part à une description textuelle de l'image qui permettra la gestion de supports ne permettant pas l'affichage de ces images et d'autre part à des formats standard afin d'assurer au mieux pérennité et interopérabilité de ces informations.

Notre objectif n'est donc pas une structuration logique absolue, qui se rapprocherait des théories représentationnistes du positivisme logique et prétendrait à une formalisation totale de l'information. Si l'on définit un document comme la structuration d'un ensemble de contenus à la frontière de la matérialité physique et de la structuration logique, on posera les deux hypothèses suivantes dans le cadre de notre modèle :

- Une structuration logique du document fondée sur la structure multimédia et sur la structure pédagogique des différentes ressources qui le composent.
- Le recours à des standards pour la représentation des contenus, si possible fondés sur une représentation logique, et physique sinon.

#### **Exemple**

Le schéma ci-dessous présente un document structuré logiquement, composé d'un texte structuré logiquement et d'une image dans un format standard.



FIG.20 : Illustration des principes de structuration

## 2. Séparation scénario/contenu

### Espace sémiotique et espace de calcul ...

La logique de conception documentaire que nous avons adoptée nous conduit à distinguer les documents d'une part, formes sémiotiques d'appropriation de l'information discrétisée, et le contrôle de ces documents d'autre part, c'est à dire la dynamique suivant laquelle ils sont recomposés et présentés. Dans le cadre d'une application pédagogique nous sommes ainsi amenés à distinguer les contenus de leur scénarisation.

Cette distinction se révèle le second atout majeur (avec la séparation fond/forme) d'une gestion de la massification. En effet, elle nous permet d'envisager la possibilité de réutiliser des contenus génériques dans le cadre de scénarii spécifiques, rationalisant ainsi les coûts de production des contenus en leur offrant des contextes d'utilisation multiples, sans perte d'efficacité puisque la re-scénarisation permet la re-contextualisation. De façon complémentaire on peut envisager la conception de scénarii complexes, expression d'une pédagogie donnée, et le réinvestissement de ces scénarii pour différents contenus. Enfin la séparation explicite entre l'espace sémiotique et l'espace de calcul permet de profiter de la dynamique du calcul propre au support lorsque c'est possible, et ainsi automatiser (au moins partiellement) la gestion des processus pédagogiques.

### La granularisation ...

Notre modèle nous conduit à distinguer les documents et les scénarii mobilisant ces documents pour construire des séquences pédagogiques. Ces scénarii étant fondés sur le calcul, ils ne sont pas linéaires (séquence temporelle fixe), mais bien dynamiques (séquence dont la linéarité est construite en fonction de l'action de l'utilisateur). Considérant le calcul d'un scénario comme le fait de fixer un parcours dans un graphe de documents, l'unité de calcul est le document. Or étant donné la non-linéarité *a priori* de ce graphe, il est difficile, voire impossible, de faire des hypothèses valides sur les antécédents et les successeurs d'un document donné. Sur un support linéaire, par exemple un livre, il est facile de faire de telles hypothèses, ainsi on pose récursivement que lors de la lecture de la page N, la page N-1 a déjà été lue et que la page N+1 sera lue ensuite. Mais lors de la lecture d'un noeud du graphe, on ne peut présupposer des noeuds lus précédemment et des noeuds qui seront lus

ensuite.

Une solution générale à ce problème est le recours à une unité d'information correspondant à l'unité de calcul. On entend par unité d'information un document, noeud du graphe, dont la lecture est nécessaire et suffisante pour la compréhension d'un concept. Cette unité peut également être appelée grain autonome (Bachimont et al., 1998) ou unité sémantique (Balpe et al., 1996) et se caractérise par une taille suffisamment petite pour acquérir une certaine autonomie vis à vis de son contexte : « *plus les documents sont petits, plus ils sont réutilisables, car ils incorporent moins de contexte pédagogique* », traduit depuis (Forte et al., 1999).

L'autonomie sémantique des unités de calcul est un enjeu complexe. Cette autonomie est impossible à atteindre de façon systématique et absolue, car cela supposerait la possibilité d'exprimer de l'information de façon générique en dehors de tout contexte, ce qui n'est pas possible. Bachimont parle de « *grains autonomes mais pas indépendants* » (Bachimont et al., 1998) pour exprimer cette limite. Balpe pose même la question de savoir si cette suprématie de l'autonomie est souhaitable dans la mesure où une trop grande fermeture sémantique conduit à une perte de sens générale (Balpe et al., 1996). A l'inverse une trop faible autonomie des unités d'information conduit à l'impossibilité de calculer des parcours dynamiques sensés et restreint les scénarii à une unique linéarité programmée.

« *Le principe est donc de proposer des unités de lecture renvoyant à des navigations possibles* »  
(Bachimont et al., 1998)

, c'est à dire d'une part de tendre vers une certaine autonomie des unités d'information, relativement à un contexte, et d'autre part de proposer des scénarii de lecture tels qu'ils construisent nécessairement des lectures sensées par la présélection des arcs pertinents du graphe pour un contexte d'apprentissage donné (par opposition à une approche trop libre de la navigation qui autorise une grande combinatoire de parcours possibles).

## Scénario versus hypermédia ...

Un hypermédia représente une carte sémantique des unités d'information, c'est à dire un graphe en décrivant les relations conceptuelles, sans préjuger du parcours que l'utilisateur suivra au sein de l'information, alors qu'un scénario est un graphe décrivant des relations de précédence, programmant *a priori* un ou plusieurs parcours de l'information par l'utilisateur.

La pédagogie consiste en la prescription par un expert, le pédagogue, d'un parcours de l'information judicieux pour mener à bien un apprentissage. Le scénario permet donc de transposer cet acte de prescription en l'inscrivant dans le support.

L'hypermédia conceptuel laisse plus d'autonomie à l'utilisateur, ce qui, dans un cadre d'apprentissage, risque de le désorienter (Balpe et al., 1996) alors qu'il n'a pas *a priori* les repères conceptuels nécessaires pour décider lui-même d'un parcours sensé (alors que dans un cadre de recherche documentaire par exemple, le modèle du parcours libre est très pertinent). Le scénario permet quant à lui d'élire les parcours ayant du sens pour un apprentissage parmi la combinatoire des parcours possibles.

« *Demander à des étudiants de fixer leur propre cadre, c'est sans doute ce qui est le plus difficile dans la formation à distance et c'est pourtant ce qui est présenté comme la suprême liberté.* » (Boullier, 2000)

Notre modèle se fonde sur la notion de scénario raisonnablement linéaire, permettant de prescrire plusieurs parcours possibles, et non un unique parcours comme dans le cas du scénario linéaire. Il autorise une certaine personnalisation (le parcours est décidé en fonction de l'activité de l'apprenant) et une certaine autonomisation (l'apprenant peut choisir en partie son parcours), valeurs fortes de la pédagogie, sans pour autant autoriser la désorientation, rédhitoire pédagogiquement. Cette approche permet de profiter de la dynamique propre au support tout en gérant les risques inhérents à la complexité de la navigation libre.

« *Un Environnement Interactif d'Apprentissage par Ordinateur est aussi un système qui privilégie l'idée que la meilleure façon d'apprendre c'est de placer l'élève dans une situation (quasi) réelle de conception et de travail. [...] Nous savons néanmoins que ce principe est en opposition avec la nécessité reconnue par de nombreux travaux empiriques d'introduire un séquençement temporel dans les apprentissages. [...] Un E.I.A.O. est un système qui réalise la synthèse entre, d'une part, les avantages de l'exploration libre, de la construction progressive des objets de connaissance par la découverte (apprentissage inductif) et, d'autre part, l'intérêt du guidage propre aux systèmes tutoriels.* » (Mendelsohn, à paraître)

### 3. Association information/action

#### La notion de réappropriation ...

Le couplage d'une ingénierie pédagogique avec l'ingénierie documentaire que nous avons posé comme hypothèse, nous conduit à nous interroger sur la problématique de réappropriation. Les notions de pédagogie active issues du mouvement constructivisme (Piaget, 1967) et les notions de synthèse et réécriture issues de la théorie du support (Stiegler, 1994) (Bachimont, 1996) nous montrent en effet que la compréhension, et donc l'apprentissage, ne peuvent se limiter à la lecture, au sens passif, d'information. Nous posons donc que toute information est associée à des activités de réécriture à mettre en oeuvre par le lecteur. Ces activités impliquent dans un cadre d'apprentissage la production effective et active d'informations nouvelles par l'apprenant, tels que des annotations, des résolutions d'exercices, des synthèses, etc.

La nature des ces activités est prescrite à la fois par la pratique, pédagogique en ce qui nous concerne (un cours peut être annoté, synthétisé, un exercice peut être résolu, etc.) et par la nature du support (comment annoter sur un support numérique ?) et les possibilités nouvelles qu'il offre (l'exécution de simulations dynamiques par exemple est une nouvelle forme d'activité pour l'apprenant). Il est de plus important de souligner que les actions disponibles pour l'apprenant sont contextuelles à l'information, c'est à dire par exemple que les actions liées à la lecture d'un cours théorique sont différentes des actions liées à la mise en application d'exercices pratiques. Notre modèle se doit d'intégrer au-delà de l'information et de sa scénarisation, les actions de réappropriation qui accompagnent contextuellement ces informations.

#### L'IHM dans une logique industrielle ...

L'information devant être associée à des activités de réappropriation, se pose alors la question de l'interface homme-machine dans le cadre du numérique et de la consultation des informations sur écran. La conception des interfaces est aujourd'hui un domaine bien maîtrisé, nous renverrons à nos travaux antérieurs (Crozat et al., 1999) pour en témoigner. Néanmoins les interfaces de qualité, qui s'attachent à associer l'information à l'action de l'utilisateur, sont aujourd'hui l'apanage de conceptions artisanales. Le corollaire en est que plus le volume d'information est grand, plus la mise à disposition d'actions de réappropriation contextuelles est faible. Ainsi typiquement les plate-formes Web offrant des volumes importants de contenus pédagogiques peuvent proposer un certain nombre d'actions générales (annotation, question au tuteur, etc.) mais en nombre restreint (il difficile voire impossible d'ajouter ses actions spécifiques) et sans lien avec l'information consultée (l'annotation n'est pas liée à un type d'information nécessitant particulièrement ce type de reformulation, mais plutôt à une fonction générale de bloc-notes).

Dans le cadre de notre approche il n'est pas possible d'envisager que la réalisation de l'interface soit menée artisanalement pour chaque unité d'information. En effet la généricité acquise au niveau de la représentation serait sans intérêt sans généricité au niveau de la présentation. Cette généricité existe déjà dans le cadre de l'ingénierie documentaire, par l'intermédiaire de la notion de feuille de style, qui permet d'associer une représentation physique à une représentation logique, et permet ainsi le traitement automatique de la présentation des informations logiquement structurées indépendamment de leur volume. Néanmoins, si les feuilles de style traitent le problème de la présentation statique pour la lecture, elles ne traitent pas la mise à disposition de fonctions dynamiques permettant l'action de l'apprenant sur l'information (la réécriture).

Notre modèle a donc cherché à intégrer une dernière dimension, la notion de feuille de comportements, extension des feuilles de style, permettant de représenter les interactions de l'apprenant avec l'information et la gestion de ses productions personnelles selon une logique similaire.

# Chapitre 11

## Structuration logique et scénarisation pédagogique

Ayant établis les concepts qui nous permettent de construire notre approche, nous présentons dans ce second chapitre un modèle de représentation des contenus intégrant l'information, sa scénarisation et sa réappropriation. Ce modèle se fonde sur deux notions principales, les unités logiques et les schémas pédagogiques. Leur association permet une représentation logique de l'information pédagogique, première étape de la construction de notre approche de conception industrialisée.

### 1. Représentation de l'information

#### Unité d'information ...

**Définition** On appelle **unité d'information** toute agrégation de contenus mobilisable dans un cadre d'apprentissage. Le terme contenu désigne toute forme sémiotique participant à l'explication d'un concept. La forme sémiotique est une forme d'appropriation directement interprétable par l'utilisateur (Bachimont, 2000). Une unité d'information est identifiée par un code unique (typiquement une URI) et un titre, permettant respectivement sa localisation par une machine et par un homme. On appellera corps l'ensemble des contenus composant l'unité d'information.

#### Notation

$$UI = \{CODE, TITRE, CORPS\}$$

$$tel\ que\ CORPS = \{CONTENU_1, CONTENU_2, \dots, CONTENU_n\}$$

#### Exemple

- Un chapitre de livre scolaire peut-être vu comme une unité d'information dont le corps est composé de divers blocs de texte, schémas, tableaux, etc.
- Un transparent de cours est une unité d'information agrégeant en général un seul contenu, ou bien un texte et une image
- Le présent bloc de texte " unité d'information " est une unité d'information contenant trois contenus : une définition et sa notation, une liste d'exemples et une remarque.

**Remarque** La problématique de nommage unique des UI peut-être résolue assez aisément en utilisant le principe des URI telles qu'elles sont mises en oeuvre sur le Web. Leur principe est la construction hiérarchique du code, de telle façon que le contrôle de l'unicité soit reporté à chaque niveau de la hiérarchie. Par exemple l'URI "www.hds.utc.fr/crozatst/ui001" est un code dont l'unicité est assurée car le niveau "crozatst" assure l'unicité de "ui001", le niveau "www.hds.utc.fr" assure l'unicité de "crozatst" et l'unicité de "www.hds.utc.fr" est assurée par une instance nationale, l'AFNIC.

## Formes sémiotiques des contenus ...

**Remarque** Notre hypothèse de représentation est que les contenus composant une unité d'information sont monomédia (*i.e.* ils mobilisent une unique forme sémiotique), et que les unités d'information sont multimédia (*i.e.* sont composées de contenus mobilisant des formes sémiotiques différentes).

Nous proposons dans le tableau ci dessous une typologie des différentes formes sémiotiques mobilisables dans le cadre de contenus pédagogiques.

Type de contenu	Mode d'appropriation	Dimension	Temporalité	Nature
Texte écrit	Vue	Spatiale	Statique	Elémentaire
Texte parlé	Ouïe	Temporelle	Cinétique	Elémentaire
Bruitage	Ouïe	Temporelle	Cinétique	Elémentaire
Musique	Ouïe	Temporelle	Cinétique	Elémentaire
Image	Vue	Spatiale	Statique	Elémentaire
Image didactique	Vue	Spatiale	Statique	Composée
Animation	Vue	Spatio-temporelle	Cinétique	Elémentaire
Audiovisuel	Ouïe + Vue	Spatio-temporelle	Cinétique	Composée
Interaction	Ouïe + Vue + Action	Spatio-Temporelle	Dynamique	Composée

TAB.10 : proposition de typologie des contenus

### Remarque

Cette typologie a la particularité d'introduire deux catégories originales :

- Le média image didactique, qui s'oppose aux images classiques par la combinaison de la représentation graphique et d'une information textuelle normalisant la lecture de cette représentation (par exemple le dessin technique, l'organigramme, la carte, le tableau, le schéma de synthèse, etc.)
- Le média interaction, innovation née de l'informatique, qui représente des séquences audiovisuelles pendant lesquelles la participation de l'utilisateur est requise (plus ou moins activement).

## Unité d'information multimédia ...

**Définition** Une **unité d'information multimédia** est une unité d'information composée de contenus de formes différentes, typés selon une classification. On appellera ressource un contenu typé.

### Notation

$$U_{Imm} = \{CODE, TITRE, CORPS\}$$

$$\text{tel que } CORPS = \{RESSOURCE_1, RESSOURCE_2, \dots, RESSOURCE_n\}$$

$$\text{avec } RESSOURCE_i = (TYPE, CONTENU)$$

**Définition** Une **unité d'information** est dite **spatiale** si elle ne contient que des textes, tableaux, schémas et images. Dans ce cas elle est entièrement éditable sur un support visuel, par exemple le papier.

**Définition** Une **unité d'information** est dite **temporelle** si elle ne contient que du son. Dans ce cas elle est entièrement éditable sur un support oral, par exemple la radio.

**Définition** Une **unité d'information** est dite **audiovisuelle** si elle contient au moins un contenu de type spatial et un contenu de type temporel, ou bien un contenu de type spatio-temporel et si elle ne contient pas de contenus dynamiques. Dans ce cas elle est entièrement éditable sur un support audiovisuel, par exemple la télévision.

**Définition** Une **unité d'information** est dite **interactive** si elle contient des interactions dynamiques. Elle n'est dans ce cas éditable que sur un support numérique.

**Remarque** Dans un soucis de généralisation nous supposons que toute unité d'information, dans notre contexte

de travail, est multimédia.

## 2. Représentation logique de l'information

### Structuration multimédia des unités d'information ...

Le sens d'une unité d'information multimédia n'est pas seulement le sens de chacun des contenus qui le composent. En effet une sémiotique nouvelle naît de la co-présence des contenus de formes différentes qui interagissent entre eux.

**Exemple** Le fait qu'une image se trouve avant ou après un texte modifie l'interprétation du lecteur (Cossette, 1983) (Baticle, 1985). De la même façon, le fait de lancer une animation avant, après ou pendant l'audition d'une description, influe sur la compréhension.

Dans notre cadre d'industrialisation de la production, il importe de trouver une solution afin de pouvoir conserver la maîtrise de l'interaction entre les média sans que celle-ci soit implicitement encapsulée dans une forme physique au moment de la production. Afin de gérer cette interaction, il est nécessaire d'explicitier les fonctions remplies par chaque média relativement aux autres au sein d'une même unité d'information. Cette explicitation de l'interaction pourra ainsi ensuite être utilisée pour trouver le meilleur agencement multimédia possible en fonction de règles de lecture.

Nous proposons quatre fonctions au sein de notre modèle. Les contenus d'une unité d'information peuvent ainsi avoir une fonction principale, de redondance, de complément ou de mise en valeur.

**Définition** La **fonction principale** est remplie par un unique contenu et est obligatoire pour toute unité d'information. Elle représente le coeur de l'information, sous la forme la plus adéquate, c'est à dire celle qui aurait été choisie dans un contexte monomédia.

**Définition** La **fonction de redondance** est remplie par un nombre quelconque de contenus, tels qu'ils reprennent le contenu principal (*i.e.* ils transmettent la même information) mais sous une forme différente ou une formulation différente de la même forme. Le but d'une telle fonction est de répéter une information afin de lui apporter des angles différents d'interprétation.

**Définition** La **fonction de complément** est remplie par un nombre quelconque de contenus, tels qu'ils apportent des informations supplémentaires, mais secondaires par rapport à la fonction principale. Le but d'une telle fonction est de compléter une information afin de la renforcer, la démontrer, l'expliquer, l'approfondir, etc.

**Définition** La **fonction de mise en valeur** est remplie par un nombre quelconque de contenus, tels qu'ils accompagnent la fonction principale, sans apporter directement d'informations. Le but d'une telle fonction est d'ajouter une certaine convivialité, d'apporter un fil directeur, de permettre l'association mentale d'un concept avec des illustrations, etc.

**Exemple** Le tableau ci-dessous présente quelques exemples pour chaque couple fonction-contenu.

Média	Fonction Principale	Fonction de Redondance	Fonction de Complément	Fonction de Mise en valeur
Texte écrit	Exposition classique du livre, par exemple une définition.	Reformulation d'un autre texte. Cas particulier (exemplification). Description d'une image didactique.	Démonstration des fondements. Explication plus détaillée.	X
Texte parlé	Exposition classique du cours magistral, par exemple la description d'un cas réel.	Lecture orale d'un texte écrit.	Définition de certains mots d'un texte principal.	Slogan permettant d'insister sur une méthodologie (Bien lire un énoncé avant de résoudre un exercice).
Bruitage	X	X	Le bruit d'un dysfonctionnement de moteur dans le cadre d'un apprentissage de la mécanique	Focalisation de l'attention (bruit lié à l'importance du contenu) Guidage de la lecture (bruit lié à un type de contenu)
Musique	X	X	Un extrait dans le cadre d'un apprentissage musical	Accompagnement musical (pour le plaisir)
Image	X	X	La photo d'un personnage en complément de sa bibliographie.	Cas typique des fonds d'écran. Association d'une représentation visuelle marquante à une idée (ordinateur qui explose pour l'explosion combinatoire).
Image didactique	Le schéma technique d'un système mécanique.	Formulation graphique d'une information principale textuelle.	Une carte de France dans le cadre d'un apprentissage de l'histoire de France.	X
Animation	X	Illustration d'un processus décrit sous forme textuelle. Rendu dynamique d'une image didactique représentant le mouvement par des flèches.	Déroulement d'exécutions dans un cadre d'apprentissage de l'informatique.	Association d'une animation (courte) marquante à un concept (la pomme de Newton qui lui tombe sur la tête et la loi de gravitation).
Audiovisuel	Le déroulement d'un processus combiné à sa description orale.	Description d'un processus type défini par le média principal.	Personnage à l'écran qui commente un texte principal.	Clip court, sur le modèle de la publicité.
Interaction	Simulations immergeant l'apprenant dans une situation virtuelle afin de le former à réagir dans un cadre réel.	Simulations paramétrables concrétisant un principal textuel.	Réalisation d'expériences virtuelles. Applications créatives.	Divertissement, jeux, espaces récréatifs, ...

TAB.11 : Exemple de fonctions associées à des types de contenu texte parlé et écrit

**Remarque** Certains couples sont selon nous improbables car leur nature ne permet pas en général l'accomplissement de la fonction. Ainsi, par exemple, l'image (non didactique) n'est pas adaptée à une fonction principale de par son caractère hautement polysémique ou le texte peu intéressant en terme de mise en valeur. Néanmoins dans certains contextes très particuliers on pourrait imaginer trouver de telles combinaisons.

## Structuration pédagogique des unités d'information ...

La forme physique de l'unité d'information encapsule l'interaction multimédia, mais elle définit également les fonctions pédagogiques de ses contenus. Ainsi, par exemple, deux ressources ayant une même fonction multimédia au sein d'une unité d'information pourront avoir une forme différente selon qu'elles ont telle ou telle fonction pédagogique. De la même façon que nous structurons les contenus par leur fonction multimédia, il importe donc de les structurer par leur fonction pédagogique. Leur représentation peut ainsi être indépendante de leur présentation, puisque l'information de nature pédagogique est explicitée.

Afin de disposer d'une structure logique fondée sur une représentation pédagogique, il est nécessaire de

construire un modèle pédagogique des contenus pour chaque contexte, et de mobiliser ce modèle pour la représentation de l'information. En effet, tandis que c'est la nature du support qui impose les règles de structuration multimédia, c'est la nature de la pratique qui impose les règles de structuration pédagogique. Ces règles sont dépendantes d'un contexte et ne peuvent donc être définies de façon générique par notre modèle. Le contraire impliquerait de disposer d'un modèle générique de document pédagogique, or il est raisonnable de penser, sans en débattre plus avant, qu'un tel modèle pourrait être impossible. Admettant cette hypothèse notre modèle ne peut prescrire *a priori* les règles de structuration pédagogique et doit par contre permettre de définir ces règles de façon spécifique. En cela il est un méta-modèle générique qui nécessite l'instanciation d'un modèle spécifique et non un modèle directement exploitable.

**Remarque** Si un modèle pédagogique donné a valeur de généralité, il pourra bien entendu être exploité dans l'ensemble des contextes pour lesquels il a une telle valeur et non redéfini chaque fois.

**Exemple** Dans un contexte donné on peut définir une unité d'information de cours comme composée d'une définition, d'une explication et d'un exemple. Un exercice quant à lui sera composé d'un énoncé, d'une série de questions, d'aides à la résolution, et d'une solution.

## Standardisation des formats de contenus ...

La dernière brique nécessaire pour une indépendance vis à vis de la forme et vis à vis du support est le recours à des formats standard pour les contenus. En effet, la séparation entre structure logique et physique n'étant pas possible pour l'ensemble des formes sémiotiques (on ne peut représenter logiquement une image par exemple), il est nécessaire d'assurer au minimum que les formats physiques utilisés sont standard, c'est à dire partagés par le plus grand nombre d'utilisateurs.

Nous proposons, dans le tableau ci-dessous, une liste des formats qui se posent actuellement comme les plus standard. Notons donc la différence entre des formats logiques comme XML, dont l'interopérabilité est totale (dans la mesure où XML peut-être transformé dans tout autre format dont la syntaxe est connue) et des formats physiques comme JPEG dont l'interopérabilité dépend de sa généralisation à l'ensemble des systèmes existants.

Type de contenu	Format	Structure
Texte écrit	xml	logique
Texte parlé	mp3	physique
Bruitage	mp3	physique
Musique	mp3	physique
Image	jpeg	physique
Image didactique	xml	logique
Animation	mpeg	physique
Audiovisuel	mpeg	physique
Interaction	xml, jpeg, mpeg, mp3	logique et physique

TAB.12 : Formats standards par type de contenus

**Remarque** Les références des formats proposés sont xml ([www.w3.org/XML](http://www.w3.org/XML)), mp3 ([www.mp3.com](http://www.mp3.com)), jpeg ([www.iso.ch, 10918-4:1999](http://www.iso.ch, 10918-4:1999)) et mpeg ([www.cselt.it/mpeg](http://www.cselt.it/mpeg)).

## Unité d'information structurée logiquement ...

**Définition** On définit une **unité d'information structurée logiquement** comme une unité d'information structurée d'un point de vue multimédia et pédagogique, et dont les contenus sont dans un format standard. Une telle unité d'information assure une représentation logique maximum de l'information et donc est le moins liée possible à une représentation physique.

### Notation

$UIS_i = \{CODE, TITRE, CORPS\}$   
 tel que  $CORPS = \{RESSOURCE_1, RESSOURCE_2, \dots, RESSOURCE_n\}$   
 avec  $RESSOURCE_i = (TYPE, CONTENU, FONCTION_{multimédia}, FONCTION_{pédagogique}, FORMAT,$

IMPORTANCE )  
 où TYPE est la forme sémiotique (texte écrit, image, interaction, etc.),  
 CONTENU est une référence à un fichier contenant la ressource,  
 FONCTIONmultimédia est la fonction multimédia (principale, redondance, complément, mise en valeur),  
 FONCTIONpédagogique est la fonction pédagogique (définition, explication, exemple, etc.),  
 FORMAT décrit le mode de stockage numérique de la ressource (XML, JPEG, etc.),  
 IMPORTANCE définit l'importance relative de la ressource par rapport aux autres ressources remplissant la même fonction multimédia (par convention on utilisera un entier positif et 1 représentera la ressource la plus importante)

## Exemple

### DE L'IMAGE AU SYMBOLE

Le tableau ci-contre montre l'évolution d'un certain nombre de signes de l'écriture sumérienne sur une période de 1500 ans, depuis les premiers pictogrammes jusqu'aux symboles abstraits.

La signification de certains pictogrammes employés vers 3300 avant J.-C. (2<sup>e</sup> colonne) est assez évidente. L'étoile rayonnante indique le ciel et, par extension, un dieu. Le bol dit clairement «nourriture». Le sens de quelques signes composites est immédiatement compréhensible: «grand» et «homme» ensemble donnent évidemment «roi».

Le premier pas vers l'abstraction eut lieu peu après l'an 3000, lorsqu'on fit basculer les pictogrammes (3<sup>e</sup> colonne). Ce changement correspond peut-être au passage de l'écriture de haut en bas à celle qui allait de gauche à droite. Quelle qu'en soit la raison, il en résulta une moindre ressemblance entre le signe et la chose signifiée.



Liste d'aliments  
sous forme de pictogrammes

	3300 av. J.-C.	2800 av. J.-C.	2400 av. J.-C.	1800 av. J.-C.
CIEL				
TERRE				
MÂLE				
FEMELLE				
MONTAGNE				
HOMME				
GRAND				
ROI				
LABOUR				
GRAIN				
MOUTON				
BCEUF				
POISSON				
OISEAU				
TÊTE				

FIG.21 : exemple d'unité d'information multimédia spatiale

Cette unité d'information peut être représentée par :

```

UIS1 = {CODE, TITRE, CORPS}
CODE = "/fr/univ/utc/crozatst/0001"
TITRE = "De l'image au symbole"
CORPS = {RESSOURCE1, RESSOURCE2, RESSOURCE3}
RESSOURCE1 = ("texte écrit", "texte.xml", "principale", "explication", "XML")
RESSOURCE2 = ("image didactique", "tableau.xml", "redondant", "exemple", "XML", 1)
RESSOURCE3 = ("image", "image.jpg", "mise en valeur", "illustration", "JPEG", 1)

```

## 3. Représentation de scénario pédagogique

### Unité de scénario ...

**Définition** On appelle **unité de scénario** pédagogique toute description d'un ou plusieurs parcours possibles d'un ensemble d'unités d'information. Un graphe représentant des relations de précedence entre des unités d'information est une unité de scénario. On appellera corps ce graphe.

#### Notation

```

US = {CODE, TITRE, CORPS}
tel que CORPS = {RELATION1, RELATION2, ... , RELATIONn}

```

et  $RELATION_i = (DE, VERS)$   
 avec  $DE = (UI_1, UI_2, \dots, UI_n)$   
 avec  $VERS = (UI_1, UI_2, \dots, UI_n)$   
 où les unités d'information de DE sont suivies des unités d'information de VERS.

## Notion de scénario raisonnablement linéaire ...

**Définition** On appelle **unité de scénario linéaire** toute description d'un enchaînement linéaire d'unités d'information. Les relations ne contiennent alors qu'une unique unité d'information dans chaque DE et dans chaque VERS (sauf la première dont le DE est vide et la dernière dont le VERS est vide).

**Définition** On appelle **unité de scénario raisonnablement linéaire** toute description de plusieurs parcours d'un ensemble d'unités d'information tel que :

- Tous les parcours ont une même et unique unité d'information d'entrée et une même et unique unité d'information de sortie
- Le nombre de parcours possibles est de l'ordre de n, avec n le nombre d'UI scénarisées, en ne comptant qu'une fois le passage dans chaque boucle (tandis que le nombre total de parcours possibles est de l'ordre de n! sans compter les boucles)

### Exemple

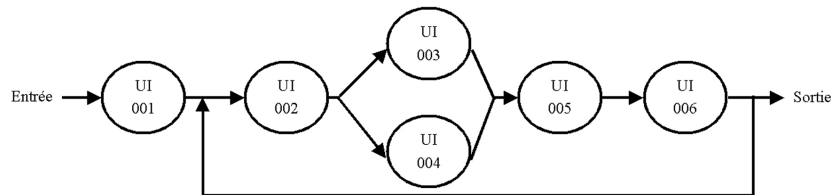


FIG.22 : Représentation d'un scénario raisonnablement linéaire sous forme de graphe

Les parcours possibles (en ne parcourant qu'une fois la boucle) sont :

- entree, UI001, UI002, UI003, UI005, UI006, sortie
- entree, UI001, UI002, UI004, UI005, UI006, sortie
- entree, UI001, UI002, UI003, UI005, UI006, UI002, UI003, UI005, UI006, sortie
- entree, UI001, UI002, UI003, UI005, UI006, UI002, UI004, UI005, UI006, sortie
- entree, UI001, UI002, UI004, UI005, UI006, UI002, UI003, UI005, UI006, sortie
- entree, UI001, UI002, UI004, UI005, UI006, UI002, UI004, UI005, UI006, sortie

Il y a donc que 6 parcours possibles, pour 6 unités scénarisées, alors que le nombre total de combinaisons est de 720 sans compter les boucles.

## Scénario de scénario ...

**Remarque** Un graphe représentant des relations de précédence entre des unités de scénario raisonnablement linéaire est une unité de scénario. En effet si l'on remplace chaque unité de scénario par son graphe d'unités d'information, et si l'on relie son unité d'information de sortie avec les unités d'information d'entrée des unités de scénario le suivant, on obtient un graphe de description d'unités d'information.

## Exemple

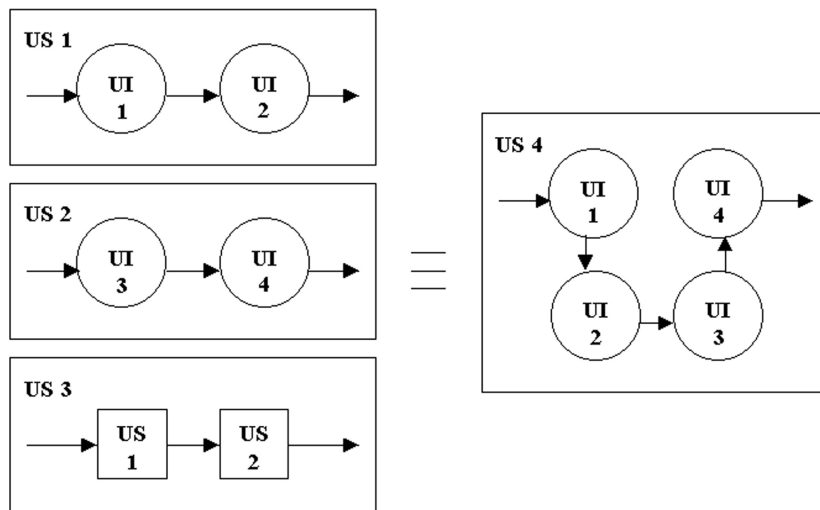


FIG.23 : US d'US

Par application récursive de la remarque précédente on peut reformuler plus généralement une unité de scénario raisonnablement linéaire comme une unité de scénario décrivant soit un enchaînement d'unités de scénario raisonnablement linéaire soit un enchaînement d'unités d'information respectant les contraintes d'un scénario raisonnablement linéaire.

## Notation

```

USr1 = {CODE, TITRE, CORPS}
tel que CORPS = {RELATIONentree, RELATION1, ... , RELATIONn, RELATIONsortie}
et RELATIONentree = {Ui}
et RELATIONsortie = {Uj}
et RELATIONi = (DE, VERS)
avec DE= (U1, U2, ..., Un)
avec VERS= (U1, U2, ..., Un)
ou RELATIONentree spécifie l'UI ou l'USr1 d'entrée, RELATIONsortie spécifie l'UI ou
l'USr1 de sortie et les UI ou USr1 de DE sont suivies des UI ou USr1 de VERS.

```

**Définition** On appellera **unité**, notée U, une unité d'information ou une unité de scénario raisonnablement linéaire.

## Notion de transition ...

**Définition** Une **unité de scénario** est **transitionnelle** si les relations de précedence entre les unités d'information sont décrites par une explication décrivant la transition entre les unités d'information d'entrée et les unités d'information de sortie.

## Notation

```

Ust = {CODE, TITRE, CORPS}
tel que CORPS = {TRANSITION1, TRANSITION2, ... , TRANSITIONn}
et TRANSITIONi = (DE, VERS, EXPLICATION)
avec DE= (UI1, UI2, ..., UIi)
avec VERS= (UI1, UI2, ..., UIi)
avec EXPLICATION un texte expliquant le passage des unités d'information de DE à celles
de VERS

```

**Remarque** Dans un contexte multimédia, une transition peut potentiellement être exprimée par une autre forme que le texte écrit, par exemple un texte parlé ou une séquence audiovisuelle. Une unité de scénario transitionnelle est donc spatiale (respectivement temporelle) si les unités d'information qu'elle scénarise sont spatiales (respectivement temporelles) et si ses transitions sont spatiales (respectivement temporelles). Une unité de scénario transitionnelle est audiovisuelle si ni ses unités d'information, ni ses transitions ne sont dynamiques, elle

est interactive sinon.

**Remarque** On peut poser la définition d'une unité de scénario raisonnablement linéaire transitionnelle par union des deux définitions afférentes.

## 4. Nécessité et suffisance

### Unité suffisante pour la lecture ...

**Définition** Une **unité** est **suffisante** pour la lecture, si elle n'a pas besoin de faire appel de façon systématique à d'autres unités pour être comprise. Cela implique que l'unité peut-être lue pour elle-même et qu'elle est autonome, sous réserve que le lecteur dispose des pré-requis nécessaires. On peut parler également de « *cohérence interne* » (Balpe et al., 1996) de l'unité d'information ou encore de complétude. Une unité suffisante est cohérente et complète.

#### Exemple

Le texte suivant : "Nous avons défini au chapitre précédent ce qu'était une procédure. Une fonction est similaire à une procédure, avec en plus la possibilité de renvoyer une valeur au point d'appel" n'est pas suffisant car il ne peut être lu sans disposer des textes référencés (le chapitre précédent définissant les procédures en l'occurrence).

Par contre le texte : "Une fonction est un bloc d'instructions, prenant en entrée des arguments, et retournant une valeur au point de l'appel. Une fonction est donc similaire à une procédure, à la différence qu'elle renvoie une valeur de sortie" est suffisant. La lecture du texte suffit à savoir ce qu'est une fonction, car la définition est complète et non un amendement d'une définition existante dans un autre texte. Il est bien entendu nécessaire d'avoir des pré-requis (procédure, valeur, point d'appel, etc.), mais ces pré-requis peuvent avoir été acquis par une modalité quelconque et pas nécessairement par la lecture d'un texte référencé explicitement.

**Remarque** La notion de suffisance renvoie à l'approche rédactionnelle, puisque c'est l'application par l'auteur d'un certain nombre de critères (tels que la granularisation fine, l'absence de renvois explicites en dehors de l'unité, le rappel sommaire des concepts mobilisés, etc.) qui détermine le caractère suffisant d'une unité.

### Unité nécessaire pour la lecture ...

**Définition** Une **unité** est **nécessaire** pour la lecture si elle doit être lue dans son ensemble pour être comprise. Cela implique que l'unité est minimale et insécable et donc qu'aucune partie extraite et isolée de l'unité n'a de sens indépendamment du tout (c'est à dire qu'aucune sous partie de l'unité n'est suffisante).

**Exemple** Un manuel de cours n'est pas en général nécessaire. En effet il est possible d'en extraire une partie et de l'étudier indépendamment du reste. Une définition est nécessaire, il est en effet impossible de lire le début de la définition sans en lire la fin.

**Remarque** Nous ne définissons pas ici la notion de nécessité entre unités, c'est à dire le fait qu'une unité est nécessaire pour la lecture d'une autre unité. Notre modèle tend en effet à s'appuyer sur des unités suffisantes, or la propriété de suffisance implique qu'aucune unité n'est nécessaire pour une autre unité. Une unité d'information nécessaire et suffisante est une unité complète et minimale. On parle alors également de grain d'information.

### Propriétés des unités d'information nécessaires et suffisantes ...

La propriété la plus importante de la suffisance dans notre cadre est l'indépendance entre les unités d'information et les unités de scénario. En effet il est possible de re-scénariser des unités d'information produites pour un premier scénario, et ainsi constituer plusieurs scénarii différents pour un même ensemble d'information. Cette possibilité permet d'envisager une personnalisation de la formation à une échelle industrielle. Dans ce cadre, il devient possible de remodeler une formation pour un contexte spécifique, sans nouvel effort de production de contenus. Le travail supplémentaire, inévitable, est l'écriture du nouveau scénario spécifique, c'est à dire du nouvel agencement des contenus génériques.

## Exemple

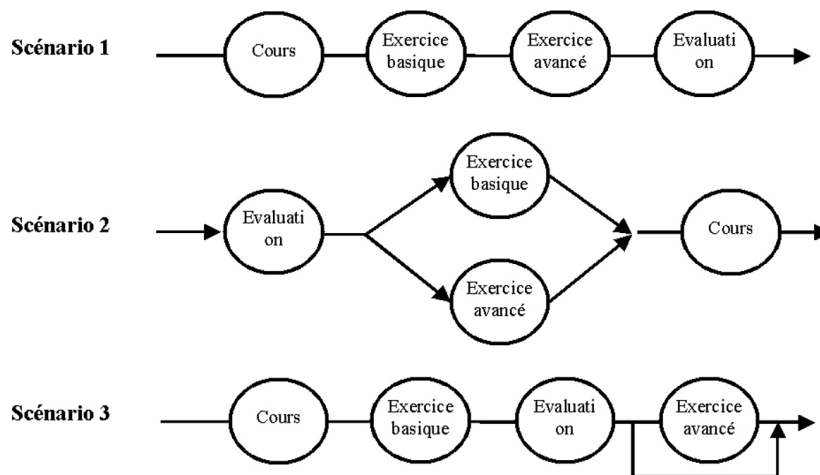


FIG.24 : Exemple de re-scénarisation

Parce que les unités d'information sont suffisantes, il est possible à partir du scénario 1, de décliner le scénario 2, dans lequel l'évaluation est utilisée pour un positionnement permettant ensuite de sélectionner l'exercice adéquat, la théorie intervenant en dernier ; ou de décliner le scénario 3 dans lequel l'exercice avancé est proposé après l'évaluation et est rendu optionnel.

La propriété de suffisance pour une unité d'information permet plus généralement sa réutilisation dans des contextes différents de celui pour lequel elle a été produite. Par exemple la même définition du théorème de Thalès, si elle est suffisante, pourra être utilisée dans un cours de mathématiques et dans un cours de physique. De telles unités d'information ont donc une valeur ajoutée forte, puisque l'investissement consenti pour leur production pourra être rentabilisé dans plusieurs formations différentes.

**Remarque** La nécessité d'une unité d'information permet d'optimiser la re-scénarisation et la réutilisation, puisqu'elle assure le niveau de recombinaison le plus fin possible.

## Propriétés des unités de scénario suffisantes ...

La propriété de suffisance étendue aux unités de scénario facilite la possibilité de re-scénarisation. Il devient ainsi possible de re-scénariser une formation à un niveau micro (l'unité d'information) ou bien à un niveau macro (l'unité de scénario). Dans ce cas on peut réutiliser des unités de scénario suffisantes dans leur ensemble, ce qui permet la valorisation de ces unités dans des contextes différents de ceux pour lesquels elles ont été produites.

**Remarque** Une unité de scénario composée d'unités d'information suffisantes est suffisante, mais pas nécessaire.

## Production en contexte, décontextualisation, recontextualisation ...

La production d'unités d'information se fait toujours dans le contexte d'un scénario. En effet il n'est pas raisonnable d'imaginer une pratique consistant à produire des unités d'information indépendamment de tout usage pédagogique prédéfini. L'enjeu consiste donc à produire des unités d'information nécessaires et suffisantes, afin que ces unités d'information aient potentiellement un sens en dehors du scénario initial pour lequel elles ont été produites. Des unités d'information nécessaires et suffisantes existent donc dans le contexte d'au moins un scénario, et également en tant que ressources décontextualisées, mobilisables dans un nouveau contexte. En tant que ressources décontextualisées les unités d'information n'ont pas de sens, puisqu'elle ne s'inscrivent pas dans une logique pédagogique, elles ne peuvent donc être directement proposées à un apprenant. Par contre il est possible de les recontextualiser au sein d'un nouveau scénario, qui lui est mobilisable dans une pratique pédagogique.

Ainsi la séparation rendue possible entre scénario et information ne signifie pas que l'information est disponible en dehors d'un scénario pédagogique, mais qu'elle est décontextualisable et recontextualisable au sein de plusieurs scénarii. Bachimont parle de grains autonomes, mais pas indépendants (Bachimont et al., 1998).

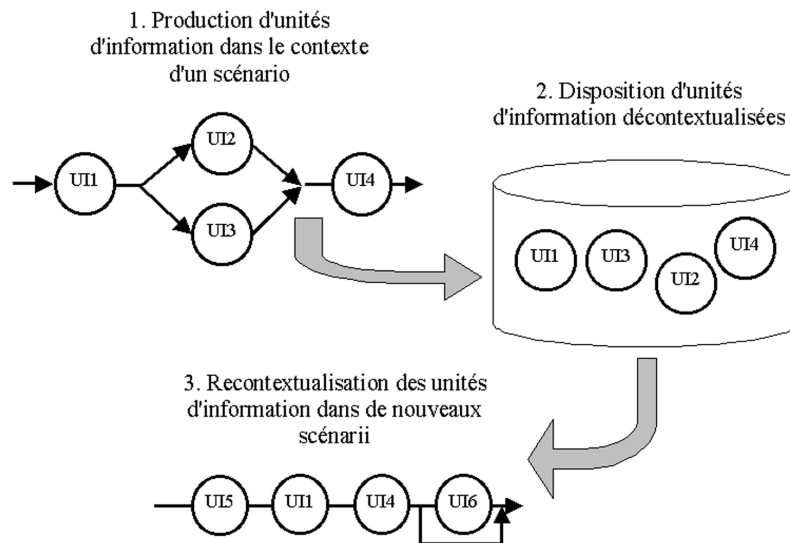


FIG.25 : Mécanisme de réutilisation des unités d'information

**Remarque** Il est possible de faire une analogie avec le langage, en considérant que les phonèmes sont des ressources, sans sens propre, mais répondant à un standard ; les unités d'information des mots, qui n'ont du sens qu'en contexte mais peuvent être réutilisés dans plusieurs contextes différents ; et les unités de scénario des phrases, qui donnent aux mots leur sens dans un contexte.

## Généricité et généralisation ...

Les unités suffisantes revêtent donc une certaine autonomie, puisqu'elles sont mobilisables en dehors du scénario pour lequel elles ont été produites. Néanmoins cette autonomie reste relative à un ensemble de contextes finis, et non absolue. En effet il n'est pas possible d'écrire un contenu indépendamment de tout contexte de niveau, de matière, de mode d'apprentissage. Par exemple une même unité définissant le concept d'ordinateur ne pourra être mobilisée au collège et à l'université, en sciences humaines et en informatique, pour un usage en temps qu'utilisateur final et pour la pratique en temps que chercheur.

Plus précisément nous pensons que les contenus ne peuvent pas être génériques, dans le sens où ils seraient indépendants de tout contexte, mais plutôt qu'ils peuvent être suffisamment généraux pour être mobilisés dans différents contextes. Notre propos n'est donc pas de poser que tout contenu peut être rendu générique ou qu'il s'agit d'un préalable indispensable à l'industrialisation, mais plutôt que la recherche d'une certaine généralisation est un atout pour la gestion de la massification.

Cette généralisation, versus la production très spécifique, n'est pas nécessairement un handicap à la contextualisation (et donc à la pédagogie), dans la mesure où les contenus génériques sont recontextualisés par des scénarii spécifiques. Notons également que la généralisation peut être plus ou moins poussée en fonction des contextes de production, et peut-être également atteinte progressivement à partir d'une base existante spécifique, par re-structuration progressive des contenus.

**Exemple** La notion d'unité d'information ne pré-suppose pas d'un niveau de granularisation, c'est à dire du niveau de finesse dans le découpage. Il est ainsi possible d'utiliser des unités grossièrement granularisées (c'est à dire non nécessaires), et donc faiblement recontextualisables, et de les affiner en fonction des besoins, au fur et à mesure, pour rechercher des unités plus petites, et donc plus recontextualisables. Cette approche progressive est indispensable dans le cadre de l'industrialisation d'un existant, puisqu'il y n'est jamais possible de réformer l'organisation brutalement, mais plutôt par introduction progressive des concepts nouveaux.

## 5. Méta-information et abstraction

### Unité méta-informée ...

**Définition** Une **unité** d'information ou de scénario est dite **méta-informée** si elle est associée à un en-tête décrivant sa nature pédagogique. Un en-tête est défini par un ensemble d'attributs ayant des valeurs fonctions de la nature de l'unité. Le corps permet donc de réaliser les spécifications pédagogiques décrites par l'en-tête.

#### Notation

$U_{mi} = \{CODE, TITRE, ENTETE, CORPS\}$   
 avec  $U_{mi}$  unité d'information ou unité de scénario méta-informée  
 $ENTETE = \{(A_1, V_1), (A_2, V_2), \dots, (A_n, V_n)\}$   
 tel que  $A_i$  est un attribut et  $V_i$  est une valeur de cet attribut

#### Exemple

Un en-tête peut être défini par les attributs suivants:

- Objectif pédagogique
- Niveau de difficulté
- Temps de consultation
- Résumé
- etc.

**Exemple** Le Dublin Core ([www.dublincore.org](http://www.dublincore.org)) définit un en-tête pour les documents en général, la LOM ([groupier.ieee.org/groups/ltsc/index.html](http://groupier.ieee.org/groups/ltsc/index.html)) définit un en-tête pour les documents pédagogiques

### Unité abstraite ...

**Définition** Une **unité abstraite** est une unité d'information ou de scénario méta-informée mais sans corps. Une unité abstraite permet donc de spécifier un contrat didactique, *i.e.* un objectif d'apprentissage précis, sans en fixer les modalités pratiques de réalisation

#### Notation

$U_a = \{CODE, TITRE, ENTETE\}$   
 avec  $U_a$  unité d'information ou unité de scénario abstraite  
 et ENTETE l'en-tête

### Relation d'inclusion entre unités abstraites ...

Une unité abstraite  $U_{a1}$  est incluse dans une autre unité abstraite  $U_{a2}$  si le contrat de  $U_{a1}$  est inclus dans celui de  $U_{a2}$ . L'unité abstraite  $U_{a2}$  est alors plus large que  $U_{a1}$ , on dira également que  $U_{a1}$  participe à  $U_{a2}$ .

#### Notation

$U_a = \{CODE, TITRE, PARTICIPATIONS, ENTETE\}$   
 avec  $PARTICIPATIONS = \{refU_{a1}, refU_{a2}, \dots, refU_{an}\}$   
 et  $refU_{ai}$  une référence à une unité abstraite incluant  $U_a$

### Relation de réalisation entre unités et unités abstraites ...

Une unité  $U$  est une réalisation d'une unité abstraite  $U_a$  si  $U$  possède un corps permettant de satisfaire au contrat de  $U_a$ . On dira que  $U_a$  est une abstraction de  $U$ . Une unité  $U$  peut réaliser plusieurs unités abstraites  $U_a$  différentes.

**Remarque** Si une unité  $U$  réalise une unité abstraite  $U_a$ , alors  $U$  réalise toutes les unités abstraites incluses dans  $U_a$ .

**Remarque** Si une unité  $U$  réalise une unité abstraite  $U_a$ , alors leurs en-têtes respectifs  $E$  et  $E_a$  ont potentiellement des informations en commun, puisque  $E$  décrit le corps  $C$  de  $U$  et que  $C$  réalise le contrat de  $E_a$ . Afin d'éviter la redondance d'information on fera en sorte que  $E$  et  $E_a$  soit distincts en supprimant de  $E$  toutes les informations déjà présentes dans  $E_a$ .

On étend donc la définition des unités d'information et des unités de scénario, en ajoutant la possibilité de référencer des unités abstraites réalisées.

#### Notation

$U = \{\text{CODE}, \text{TITRE}, \text{ABSTRACTIONS}, \text{ENTETE}, \text{CORPS}\}$   
 avec  $U$  unité d'information ou unité de scénario  
 et  $\text{ABSTRACTIONS} = \{\text{ref}U_{a1}, \text{ref}U_{a2}, \dots, \text{ref}U_{an}\}$   
 et  $\text{ref}U_{ai}$  une référence à une unité abstraite incluant  $U_a$

## 6. Activités et dynamique

### Unités actives ...

L'apprentissage ne se limite pas à la lecture, il suppose en effet de la part de l'apprenant une réécriture active des contenus lus. On peut donc spécifier pour chaque unité un ensemble d'actions de réappropriation associées au contenu et nécessaires à la compréhension. Dans un cadre d'apprentissage classique, l'apprenant dispose d'un certain nombre de repères, il sait qu'il doit prendre des notes lors d'un discours oral, annoter un support papier, effectuer une synthèse au terme d'un chapitre, etc. Sur un support nouveau, la spécification explicite des actions à mener est fondamentale car l'apprenant ne sait pas ce qu'il peut ou doit effectuer *a priori* autour du support numérique. Notons que le problème se pose également pour le pédagogue, qui doit repenser son modèle en fonction du support, ce que lui permet l'explicitation des actions que l'apprenant doit exécuter.

**Définition** Une **unité** est **active** si elle est associée explicitement à des actions pédagogiques de réappropriation du contenu. Toute action pédagogique menée par l'apprenant peut-être évaluée et corrigée soit par l'apprenant lui-même, soit par l'enseignant en charge de son suivi (que nous nommerons dans ce cas tuteur), soit automatiquement par la machine. Toute action pédagogique peut soit être définie comme obligatoire soit comme optionnelle.

#### Notation

$U_{\text{active}} = \{\text{CODE}, \text{TITRE}, \text{CORPS}, \text{ACTIONS}\}$   
 avec  $\text{ACTIONS} = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  une liste d'actions associées,  
 tel que  $A_i = (\text{CODE}, \text{TITRE}, \text{DESCRIPTION}, \text{CORRECTION}, \text{EVALUATION}, \text{OBLIGATION})$   
 où  $\text{CORRECTION}$  et  $\text{EVALUATION}$  ont les valeurs "Aucune", "Apprenant", "Tuteur" ou "Automatique"  
 et  $\text{OBLIGATION}$  à la valeur "Obligatoire" ou "Optionnelle"

#### Exemple

- L'annotation d'un cours est une action en général optionnelle, non corrigée et non évaluée.
- La résolution d'un exercice est une action obligatoire, corrigée par le tuteur ou par l'apprenant à partir d'un corrigé type et éventuellement évaluée par le tuteur.
- Une question posée par l'apprenant est une action optionnelle, corrigée par le tuteur (la correction étant la réponse à la question) et non évaluée.
- La réponse à une question à choix multiples est une action obligatoire, évaluée automatiquement et éventuellement corrigée automatiquement (si la bonne réponse est donnée après réponse de l'apprenant).

### Unités dynamiques ...

**Définition** Les activités de réécriture impliquent que l'apprenant produise de l'information, relativement au

contenu, au cours de son apprentissage. Une **unité** est **dynamique** si elle est active et si elle autorise l'enregistrement des informations produites par l'apprenant lors de l'exécution des actions associées à l'unité.

### Notation

U<sub>dyn</sub> = {CODE, TITRE, CORPS, ACTIONS, PRODUCTIONS}  
 avec PRODUCTIONS = {P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ... , P<sub>n</sub>} une liste de productions,  
 tel que P<sub>i</sub> = (RefAPPRENANT<sub>i</sub>, RefACTION<sub>i</sub>, TYPE<sub>i</sub>, CONTENU<sub>i</sub>, FORMAT<sub>i</sub>)  
 où RefAPPRENANT est une référence à l'apprenant ayant produit,  
 RefACTION est une référence à l'action ayant permis de produire,  
 TYPE est la forme sémiotique de la production,  
 CONTENU est une référence à un fichier contenant ce qui a été effectivement produit,  
 FORMAT décrit le mode numérique de stockage de la production.

**Remarque** Les informations contenues dans PRODUCTIONS étant dynamiques, elles évoluent en fonction de l'utilisation que les apprenants font de l'unité. Une unité dynamique est donc composée d'une part statique, qui est produite lors de sa conception par les auteurs, et d'une part dynamique qui est produite par les apprenants lors de leur apprentissage.

### Exemple

```
Udyn = {CODE, TITRE, CORPS, ACTIONS, PRODUCTIONS}
CODE = "Udefinition"
TITRE = "Définition de la récursivité"
CORPS = {RESSOURCE1}
RESSOURCE1 = ("texte écrit", "defrecur01.xml", "principale", "définition", "XML")
ACTIONS = {A1, A2}
A1 = ("action1", "Annoter", "Cette action permet à l'apprenant d'ajouter ses notes personnelles au contenu lu", "Aucune", "Aucune", "optionnelle")
A2 = ("action2", "Synthétiser", "Cette action permet à l'apprenant d'effectuer une synthèse de sa lecture", "Tuteur", "Tuteur", "obligatoire")
PRODUCTIONS = {P1, P2, P3, P4}
P1 = ("pierre.dupont.utc", "action1", "texte écrit", "note001.txt", "ASCII")
P2 = ("pierre.dupont.utc", "action2", "texte écrit", "syn001.txt", "ASCII")
P3 = ("paul.durant.utc", "action1", "texte écrit", "note002.txt", "ASCII")
P4 = ("jacques.dupond.utc", "action2", "texte écrit", "syn002.txt", "ASCII")
```

## Unité suffisante pour la réappropriation ...

**Définition** Une **unité** est **suffisante pour la réappropriation** si elle est dynamique, suffisante pour la lecture et si l'exécution correcte par l'apprenant des actions obligatoires qui lui sont associées suffit à sa réappropriation (une exécution correcte correspondant à une production juste).

**Remarque** Une unité d'information nécessaire pour la lecture et suffisante pour la réappropriation est nécessaire pour la réappropriation à l'exécution de ses actions optionnelles près.

## Unité d'information évaluable ...

Les actions associées aux unités donnent lieu à des productions qui elles mêmes peuvent donner lieu à des évaluations, soit par l'apprenant lui même, soit par le tuteur, soit automatiquement par le système.

**Définition** Une **action** est **évaluable** si son paramètre "évaluation" n'a pas la valeur "aucune". Sa valeur est alors la note attribuée par l'apprenant lui-même, par le tuteur ou automatiquement par le système.

**Définition** Une **unité d'information** est **évaluable** si elle est dynamique et si au moins une des ses actions associées est évaluable. La valeur d'une unité d'information évaluable est une fonction portant sur les valeurs de ses actions associées.

### Notation

UI<sub>val</sub> = {CODE, TITRE, CORPS, ACTIONS, PRODUCTIONS, VALEUR}  
 avec VALEUR = f (VALEUR(A<sub>1</sub>), VALEUR(A<sub>2</sub>), ... , VALEUR(A<sub>n</sub>))  
 où f est une fonction,  
 et VALEUR(A<sub>i</sub>) est la valeur de l'action A<sub>i</sub> associée à l'unité d'information

## Unité de scénario évaluable ...

**Définition** Une **unité de scénario** est **évaluable** si elle est dynamique et si au moins une des ses actions associées est évaluable, ou si elle scénarise au moins une unité d'information ou de scénario évaluable. La valeur d'une unité de scénario évaluable est une fonction portant sur les valeurs de ses actions associées et/ou sur les valeurs de ses unités scénarisées.

### Notation

$US_{val} = \{CODE, TITRE, CORPS, ACTIONS, PRODUCTIONS, VALEUR\}$   
 avec  $VALEUR = f (VALEUR(A_1), VALEUR(A_2), \dots, VALEUR(A_n), VALEUR(U_1), VALEUR(U_2), \dots, VALEUR(U_n))$   
 où  $f$  est une fonction,  
 $VALEUR(A_i)$  est la valeur de l'action  $A_i$  associée à l'unité de scénario,  
 et  $VALEUR(U_i)$  est la valeur de l'unité  $U_i$  scénarisée par l'unité de scénario

## Unité de scénario contrainte ...

**Définition** Une **transition** d'un scénario est **contrainte** si au moins une des unités d'entrée est évaluable et si le passage des unités d'entrée vers les unités de sortie est soumis à une condition. Cette condition est alors une fonction booléenne portant sur les valeurs des unités d'entrée.

**Définition** Une **unité de scénario** est **contrainte** si elle est transitionnelle et si au moins une de ses transitions est contrainte.

### Notation

$US_{contrainte} = \{CODE, TITRE, CORPS\}$   
 tel que  $CORPS = \{TRANSITION_1, TRANSITION_2, \dots, TRANSITION_n\}$   
 et  $TRANSITION_i = (DE, VERS, EXPLICATION, CONDITION)$   
 avec  $CONDITION = f (VALEUR(U_1), VALEUR(U_2), \dots, VALEUR(U_n))$   
 où  $f$  est une fonction booléenne,  
 et  $VALEUR(U_i)$  est la valeur de l'unité  $U_i$  appartenant à l'ensemble DE de la transition

### Exemple

Le schéma suivant décrit un scénario contraint. Les panneaux représentent les explications tandis que les losanges représentent les conditions.

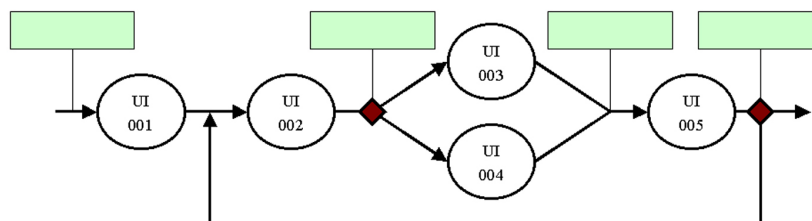


FIG.26 : Exemple de scénario contraint

```

UScontrainte = {"US001", "Introduction à la récursivité", CORPS}
CORPS = {T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7}
T1 = [(entree), (UI001), ("Nous allons étudier les principes de base de la récursivité")]
T2 = [(UI001), (UI002)]
T3 = [(UI002), (UI003), ("Vous avez bien réussi l'exercice, nous vous proposons à présent un exercice plus difficile"), (VALEUR(UI002)>5)]
T4 = [(UI002), (UI004), ("Nous vous proposons de vous renforcer avec un autre exercice équivalent"), (VALEUR(UI002)<5)]
T5 = [(UI003, UI004), (UI005), ("Évaluez à présent vos connaissances")]
T6 = [(UI005), (sortie), ("Vous avez réussi cette évaluation, vous pouvez passer à l'étape suivante"), (VALEUR(UI005)>5)]
T7 = [(UI005), (UI002), ("Vos résultats ne sont pas suffisants, recommencez les exercices de cette étape, afin de retravailler les concepts"), (VALEUR(UI005)<5)]
  
```

## 7. Modélisation

### Modèle structurel d'unité d'information ...

Une unité d'information, pour être représentée logiquement et non physiquement, nécessite que les contenus qui la composent soient structurés en fonction de leur interaction multimédia (principale, redondance, complément, mise en valeur) et en fonction de leur rôle pédagogique (définition, exemple, explication, etc.). De plus le corps d'une unité d'information est associé à un en-tête qui renseigne de façon abstraite sa nature et son objectif pédagogique. Dans un contexte pédagogique donné on peut chercher à définir une typologie d'unités d'information répondant de façon pertinente aux spécificités du contexte pédagogique.

**Définition** On définit un **modèle structurel d'unité d'information** comme un ensemble de règles logiques que doit respecter l'unité d'information pour être valide par rapport à ce modèle. Les règles sont définies par un ensemble d'attributs de méta-information associés à leurs valeurs possibles, une typologie de ressources autorisées au sein du modèle, associées à leur nombre d'occurrences autorisées, et par des relations logico-structurelles de co-existence de ces ressources.

#### Notation

```

MODELEui = {CODE, TITRE, ENTETEtype, CORPStype }
tel que CODE et TITRE identifient le modèle
tel que ENTETEStype = {(A1,LISTEV1), (A2,LISTEV2), ... , (An,LISTEVn)}
où Ai est un attribut et LISTEVi la liste des valeurs que peut prendre cet attribut
et tel que CORPStype = (RESSOURCEStype, RELATIONS)
où RESSOURCEStype = {RES1, RES2, ... , RESn}
avec RESi = (FONCTIONpédagogique , FONCTIONmultimédia , TYPE, OCCURRENCES),
FONCTIONpédagogique est la fonction pédagogique, FONCTIONmultimédia est la fonction
multimédia, TYPE la forme sémiotique et OCCURRENCES le nombre d'occurrences
autorisées de la ressource RESi
et où RELATIONS = {EXP1, EXP2, ... ,EXP3}
avec EXPi est une expression logique connectant les ressources autorisées

```

#### Exemple

```

MODELEui = {CODE, TITRE, ENTETEtype, CORPStype }
CODE = "UIdéfinition"
TITRE = "Modèle de définition"
ENTETEtype = {(A1,LISTEV1), (A2,LISTEV2), (A3,LISTEV3)}
A1 = objectif et LISTEV1 = chaîne de caractère
A2 = niveau et LISTEV2 = 1, 2, 3, 4 ou 5
A3 = temps et LISTEV3 = nombre de minutes
CORPStype = RESSOURCEStype, RELATIONS
RESSOURCEStype = {RES1, RES2, RES3, RES4, RES5, RES6, RES7, RES8}
RES1 = ("définition" , "principale" , "texte écrit", 1)
RES2 = ("explication" , "redondance" , "texte écrit", 1)
RES3 = ("explication" , "redondance" , "texte parlé", 1)
RES4 = ("explication" , "redondance" , "audiovisuel", 1)
RES5 = ("exemple" , "complément" , "texte écrit", 0 à N)
RES6 = ("exemple" , "complément" , "texte parlé", 0 à N)
RES7 = ("exemple" , "complément" , "image", 0 à N)
RES8 = ("exemple" , "complément" , "image didactique", 0 à N)
RELATIONS = {EXP1, EXP2, EXP3}
EXP1 = EXP2 et EXP3
EXP2 = RES1 et (RES2 ou RES3 ou RES4)
EXP3 = RES5 et RES6 et RES7 et RES8

```

Les unités d'informations valides par rapport au modèle précédemment décrit devront donc contenir :

- un en-tête renseignant les attributs objectif, niveau et temps
- une ressource de type texte écrit remplissant la fonction principale de définition
- une ressource de type texte écrit ou parlé ou audiovisuel remplissant la fonction redondance d'explication
- puis éventuellement une liste de ressources de type texte écrit ou parlé ou image ou image didactique remplissant la fonction complément d'exemple.

## Modèle structurel d'unité de scénario ...

Une unité de scénario décrit la structure d'enchaînement d'unités de scénario plus petites ou bien d'unités d'information. S'il est possible d'imaginer une combinatoire très élevée de scénarii différents pour un même ensemble de contenus, il n'est pédagogiquement sensé que de mobiliser certains schémas type répondant à une logique pédagogique.

**Définition** On définit un **modèle structurel d'unité de scénario** comme un ensemble de règles logiques que doit respecter l'unité de scénario pour être valide par rapport à ce modèle. Les règles sont définies par un ensemble d'attributs de méta-information associés à leurs valeurs possibles, une typologie des unités autorisées au sein du modèle, associées à leur nombre d'occurrences autorisées, et par des règles définissant des relations de précedence type entre les unités d'information autorisées.

### Notation

```

MODELEus = {CODE, TITRE, ENTETEtype, CORPStype}
tel que ENTETEStype = {(A1,LISTEV1), (A2,LISTEV2), ... , (An,LISTEVn)}
où Ai est un attribut et LISTEVi la liste des valeurs que peut prendre cet attribut
et tel que CORPStype = (UNITEStype, REGLES)
où UNITEStype = {MODELEu1, MODELEu2, ... , MODELEun}
avec MODELEui est une référence à un modèle d'unité d'information ou d'unité de scénario
et où REGLES = {RELATIONtype1, RELATIONtype2, ... , RELATIONtypen}
avec RELATIONtypei = (Detype,VERStype),
Detype = {MODELEu1, MODELEu2, ... , MODELEun},
VERStype = {MODELEu1, MODELEu2, ... , MODELEun}

```

### Exemple

```

MODELEus = {CODE, TITRE, ENTETEtype, CORPStype}
CODE = "UScoursvalidé"
TITRE = "Modèle de scénario de cours avec validation par des exercices"
ENTETEtype = {(A1,LISTEV1), (A2,LISTEV2), (A3,LISTEV3)}
A1 = objectif et LISTEV1 = chaîne de caractère
A2 = niveau et LISTEV2 = 1, 2, 3, 4 ou 5
A3 = temps et LISTEV3 = nombre de minutes
CORPStype = (UNITEStype, REGLES)
UNITEStype = {UIdéfinition, UIbibliographie, UIexercice}
REGLES = {RELATIONtype1, RELATIONtype2, RELATIONtype3, RELATIONtype4}
RELATIONtype1 = (DE=entree,VERS={UIdéfinition})
RELATIONtype2 = (DE={UIdéfinition},VERS={UIbibliographie, UIexercice})
RELATIONtype3 = (DE={UIbibliographie},VERS={UIexercice})
RELATIONtype4 = (DE={UIexercice},VERS={sortie})

```

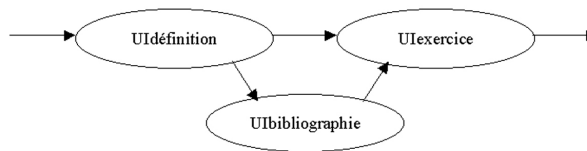


FIG.27 : Exemple de modèle d'US

## Modèle d'activité ...

Les formats pédagogiques liés au contexte d'application de la formation permettent de définir *a priori* un ensemble de règles structurelles, formant des modèles capables de prédéfinir la structure logique des unités. De la même façon, ces formats permettent de définir *a priori* l'ensemble des actions de réappropriation associées à un type de contenu ou de scénario. Il est en effet plus raisonnable de définir les actions de réappropriation au niveau d'un modèle plutôt qu'au niveau de chaque instance. Ainsi, par exemple, deux exercices de même type seront toujours associés aux mêmes activités, puisque pédagogiquement, ils relèvent du même format.

**Définition** Un **modèle d'activité** est une définition *a priori* de l'ensemble des actions associées à une unité d'information ou de scénario valide par rapport à ce modèle.

**Notation**

MODELEactivité = {CODE, TITRE, ACTIONS}  
 avec ACTIONS = {A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ... , A<sub>n</sub>} une liste d'actions associées

**Modèle ...**

Les modèles structurels et d'activité permettent la définition de formats définissant *a priori* la nature pédagogiques des unités d'information et de scénario indépendamment de leurs contenus. La notion plus générale de modèle permet d'associer modèle structurel et d'activité, et fournir ainsi le cadre formel pour la spécification du contexte pédagogique. La notion de modélisation s'inscrit au croisement de l'ingénierie documentaire et de l'ingénierie pédagogique propres à notre méta-modèle.

**Définition** Un **modèle** est défini par un modèle structurel associé à un modèle d'activité.

**Notation**

MODELE = {CODE, TITRE, ENTETEtype, CORPStype, ACTIONS}

**Unité valide ...**

**Définition** Une **unité** est **valide** par rapport à un modèle si sa structure respecte les contraintes définies par le modèle structurel et si ses actions correspondent au modèle d'activité. Ce modèle définit alors la nature pédagogique de l'unité indépendamment de son contenu.

**Notation**

U = {CODE, TITRE, MODELE, ENTETE, CORPS}  
 tel que MODELE = {refM}  
 et refM une référence à un modèle

**Remarque** Une unité ne peut avoir qu'un seul modèle de référence.

**8. Le méta-modèle SP/UL****Le schéma pédagogique ...**

**Définition** On appelle **schéma pédagogique** une unité de scénario raisonnablement linéaire transitionnelle contrainte, méta-informée, active, dynamique et évaluable. Un schéma pédagogique réalise éventuellement des schémas pédagogiques abstraits et est nécessairement valide par rapport à un modèle de schéma pédagogique.

**Notation**

SP = {CODE, TITRE, MODELE, ABSTRACTIONS, ENTETE, CORPS, ACTIONS, PRODUCTIONS, VALEUR}

**Remarque** Le schéma pédagogique tend vers la suffisance et la non nécessité, c'est à dire qu'il tend à être le plus décontextualisable et le plus sécable possible.

**Remarque** Un schéma pédagogique doit être effectivement matérialisable au sein d'une interface homme-machine. Pour cela, on associe à chaque modèle de schéma pédagogique une feuille de comportement programmant la matérialisation des instances de ce modèle.

**L'unité logique ...**

**Définition** On appelle **unité logique** une unité d'information multimédia, structurée logiquement, méta-informée, active, dynamique et évaluable. Une unité logique réalise éventuellement des unités logiques

abstraites et est nécessairement valide par rapport à un modèle d'unité logique.

**Notation**

UL = {CODE, TITRE, MODELE, ABSTRACTIONS, ENTETE, CORPS, ACTIONS, PRODUCTIONS, VALEUR}

**Remarque** L'unité logique tend vers la suffisance et la nécessité, c'est à dire qu'elle tend à être la plus décontextualisable et la plus insécable possible.

**Remarque** Une unité logique doit être effectivement matérialisable au sein d'une interface homme-machine. Pour cela on associe à chaque modèle d'unité logique une feuille de comportement programmant la matérialisation des instances de ce modèle.

Résumé en images du modèle de structuration logique ...

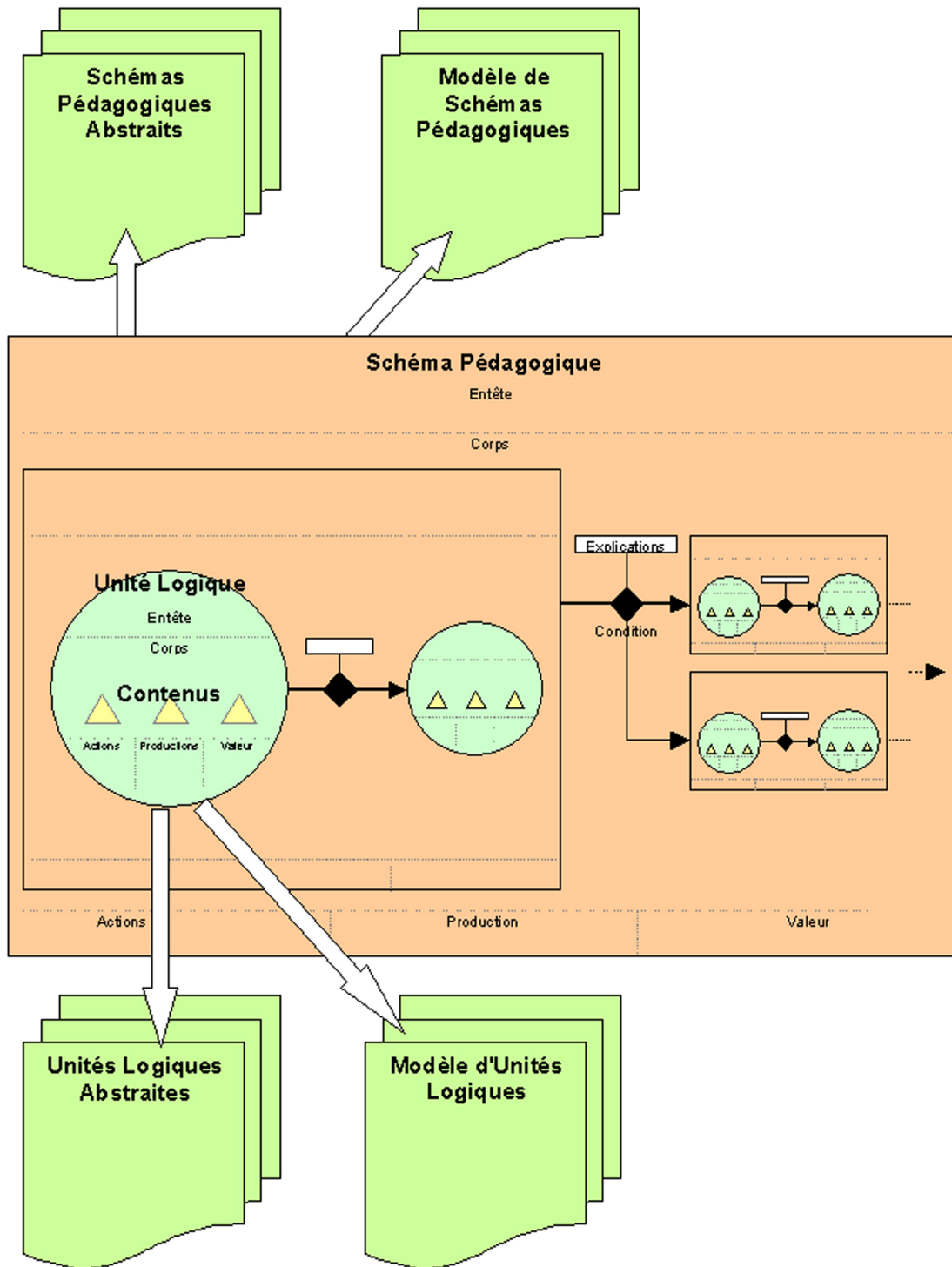


FIG.28 : Schéma synoptique du méta-modèle SP/UL

---

## Chapitre 12

# Structuration physique

Le méta-modèle SP/UL que nous avons élaboré permet une représentation générique de contenus pédagogiques, en intégrant l'information elle-même, sa scénarisation et son association à des activités de réappropriation. Ce modèle logique n'a de sens par rapport à notre objectif d'industrialisation de la conception que s'il est possible de lui adjoindre un modèle de présentation physique de l'information qui soit aussi générique. En d'autres termes nous avons à présent besoin de formuler une solution permettant à une instance du méta-modèle SP/UL, i.e. un ensemble de contenus pédagogiques ainsi modélisés, d'être automatiquement présentée sur un ensemble de supports. Parmi cet ensemble de supports, le support dynamique retiendra particulièrement notre attention en tant qu'il est le seul à permettre l'exploitation de la nature dynamique des SP et UL, en particulier concernant la scénarisation et les actions. Nous introduirons dans ce cadre le concept de feuille de comportement et nous montrerons comment il permet de répondre à notre besoin.

### 1. Présentation de l'information sur un support

#### Modèle logique et support de présentation physique ...

La représentation logique de l'information implique une présentation physique permettant sa lecture et sa réappropriation, puisque par définition, la représentation logique n'a pas vocation à être lisible. N'étant pas associée à un support en particulier, la formulation logique peut être exploitée pour des présentations multiples sur des supports divers. L'enjeu est alors de s'appuyer sur le modèle logique pour construire un modèle physique pour chaque support de présentation prenant en compte les contraintes et les potentiels offerts par ce support.

Cette translation s'effectue alors par interprétation des règles structurelles du modèle logique et décision de leur associer une mise en forme particulière associée au support. Ainsi on associe aux éléments structurels du modèle logique des attributs de mise en page et de typographie. On veille alors à ce que ces attributs correspondent aux normes d'usage du document produit. On tient également compte des modalités de lecture/réécriture associées à la pratique dans laquelle s'inscrit le support.

#### Exemple

Afin de produire une présentation sur un support papier, on s'appuie sur les standards d'édition (souligner les titres, mettre en gras les mots importants, etc.) en prenant en compte les modalités de manipulation du support (petit format pour une lecture mobile, marges pour les annotations, etc.).

Dans le cas d'une présentation sur un terminal numérique de lecture (écran, clavier, souris) les propriétés de mise en page et de typographie sont différentes et on associe à l'information une logique de navigation non linéaire et d'interactivité. On s'appuie alors sur l'ergonomie des interfaces afin de définir les règles de mise en forme (visibilité, fatigue visuelle, nombre de clics pour accéder à une information, retours sur action, gestion des erreurs, etc.).

#### Mise en forme sur un support statique ...

La transformation de représentations logiques en documents physiques est une problématique bien maîtrisée

dans le domaine du documentaire à travers le concept de feuille de style. Les feuilles de style sont notamment intégrées dans des langages tels que SGML, LaTeX, ou plus récemment XML.

On distingue deux approches au sein de la logique de feuilles de style :

- **L'association** : elle consiste à associer à chaque élément logique une mise en forme physique. C'est par exemple le cas des CSS dans le cadre du langage HTML ou des feuilles de style de Word. L'avantage de cette approche est qu'elle est en général très simple à mettre en oeuvre. L'inconvénient principal est que la structure physique se "mappe" exactement à la structure logique ce qui interdit des manipulations plus complexes de l'information.
- **La transformation** : elle consiste à offrir un mécanisme permettant de transformer le document logique en un autre document, notamment physique. C'est par exemple le cas du langage XSLT qui permet par exemple de transformer un document XML en un document FO pour une impression papier ou un document HTML pour une visualisation écran. Plus difficile à mettre en oeuvre, car les langages de transformation peuvent être complexes, cette solution est néanmoins la plus adaptée à une vraie approche de séparation du fond et de la forme puisque la structure logique n'influence pas la structure physique et que toutes les manipulations sont permises.

## Mise en forme et interaction sur un support dynamique ...

Les feuilles de style répondent conceptuellement et technologiquement à la problématique d'édition industrialisée pour un support statique de documents représentés logiquement. Elles restent néanmoins insuffisantes pour l'édition de documents numériques destinés à un support de lecture dynamique tel que l'ordinateur car elles se limitent à une logique de mise en forme et n'intègrent pas l'interaction entre l'utilisateur et l'information.

Devant cette insuffisance, les solutions actuelles d'édition de supports interactifs ont totalement ou partiellement laissé de côté les feuilles de style. Dans le meilleur des cas, la feuille de style est conservée pour la mise en forme, tandis que la logique d'interaction est réalisée de façon totalement artisanale. Or lors de l'édition de contenus interactifs, le travail associé à la mise en place de l'interactivité est aussi, sinon plus, important que la mise en forme.

Une approche de conception industrialisée de supports numériques pédagogiques ne peut se limiter aux solutions actuelles : en effet une solution générique de modélisation logique est inutile si elle n'est pas associée à une solution aussi générique de présentation physique. Afin de résoudre notre problème, nous donc avons dû mettre au point une nouvelle approche, la feuille de comportement, qui s'inscrit comme une extension du concept de feuille de style intégrant l'édition de documents dynamiques. L'enjeu des feuilles de comportement est à la fois conceptuel et technologique puisqu'il s'agit de répondre à deux questions : quel langage proposer aux éditeurs pour qu'il formulent leur besoins de mise en forme mais aussi et surtout d'interaction ? et quelle technologie mettre au point pour interpréter ce langage et réaliser automatiquement les IHM ?

## 2. Le méta-modèle FC

### Notion de comportement ...

La représentation logique de l'information suppose l'association de cette représentation à une présentation physique sur un ou plusieurs supports. Sur un support numérique de lecture et dans le cadre du modèle SP/UL, cette présentation consiste en un affichage de l'information, mais également en la matérialisation des actions associées aux SP et UL et en l'interprétation du formalisme de SP pour exécuter les scénarii pédagogiques.

**Définition** On appelle **comportement d'unité logique** la matérialisation de cette unité sur un support dynamique permettant sa lecture, c'est à dire l'affichage de ses différentes ressources en offrant une ergonomie de lecture adaptée aux types de média mobilisés, et l'exécution de ses actions associées, c'est à dire la mise à disposition d'une interface de production de l'information pour l'apprenant et de mécanismes de stockage et de restitution de ces productions.

**Définition** On appelle **comportement de schéma pédagogique** la matérialisation de cette unité sur un support dynamique permettant le déroulement de son scénario, c'est à dire capable de gérer les transitions, les conditions et les explications, et l'exécution de ses actions associées, à l'instar d'un comportement d'unité logique.

**Remarque** L'en-tête d'un SP ou d'une UL peut également être associé à un comportement si les méta-informations qu'il contient sont destinées à être exploitées par l'apprenant. On pourra considérer que le comportement par défaut des méta-informations est l'absence de comportement.

**Remarque** Le comportement d'un élément d'un SP ou d'une UL peut être dépendant des autres éléments qui composent le SP ou l'UL. Ainsi, par exemple dans une UL, une définition principale pourra se comporter différemment selon qu'elle est ou non accompagnée d'un exemple redondant et, dans un SP, une transition pourra se comporter différemment selon le type et nombre d'UL qu'elle relie.

## Feuilles de comportement ...

Un modèle de SP ou d'UL permet d'assurer *a priori* la structure de l'unité et la nature des actions qui lui sont associées. Plutôt que de chercher à spécifier un comportement particulier pour chaque unité, il est possible d'associer un comportement à chaque modèle, et ainsi disposer de comportements communs pour chaque type d'unité. Cette hypothèse implique que toutes les unités valides par rapport à un même modèle se comporteront de façon similaire, à la remarque près qu'un comportement peut être dépendant du contenu d'une unité.

**Définition** Une **feuille de comportement** définit la présentation physique d'un modèle sur un support, ou plus précisément la présentation physique de l'ensemble des unités valides par rapport à ce modèle.

### Notation

FC = {CODE, TITRE, MODELE, COMPORTEMENTS}

tel que CODE et TITRE identifient la feuille de comportement,

MODELE = {refM} avec refM est une référence à un modèle

COMPORTEMENTS = {C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, ... , C<sub>n</sub>}

tel que il existe un comportement C<sub>i</sub> associé à chaque méta-information définie dans l'en-tête type du modèle, à chaque ressource type ou transition type du modèle et à chaque action du modèle.

**Remarque** Il peut exister plusieurs feuilles de comportement pour un même modèle, ce qui permet d'associer des représentations physiques différentes en fonction des environnements ou des supports.

**Remarque** La feuille de comportement permet de ne définir que des comportements statiques, ce qui la ramène alors à une feuille de style et lui permet d'intégrer l'édition de documents statiques. Elle est donc bien une extension de la feuille de style.

### Exemple

Nous donnons ci-dessous deux exemples d'association de comportements pour un modèle d'UL et un modèle de SP. La syntaxe d'une feuille de comportement étant évidemment définie en fonction d'une implémentation technologique, les comportements sont exprimés en langage informel.

Eléments de l'UL		Comportements
Méta- informations Types	<b>Mots-clés</b>	Ignorer
	<b>Objectifs</b>	Afficher dans l'onglet secondaire et appliquer la XSL entete.xml pour la mise en forme
Ressources Types	<b>Définition (texte XML)</b>	Afficher dans l'onglet principal et appliquer la XSL corps.xml pour la mise en forme
	<b>Exemple (Vidéo)</b>	Si "Question" et format("Question")="vidéo" alors ajouter une commande de lancement de la séquence dans le menu de gauche / Sinon afficher dans l'onglet principal et démarrer
	<b>Question (Vidéo ou Son)</b>	Si format("Question")="audio" ou si "Exemple" alors ajouter une commande de lancement de la séquence dans le menu de gauche / Sinon afficher dans l'onglet principal et démarrer
Actions	<b>Annoter</b>	Ajouter une commande dans l'onglet de gauche, sur action afficher une fenêtre pop-up pour la saisie et mise en forme de la fenêtre avec annoter.xml
	<b>Répondre</b>	Si "Question" alors à la fin de l'exécution de Question afficher une fenêtre pop-up pour la saisie et mise en forme de la fenêtre avec répondre.xml

FIG.29 : Exemple de feuille de comportement pour un modèle d'UL

Eléments du SP		Comportements
Méta- informations Types	<b>Mots-clés</b>	Ignorer
	<b>Objectifs</b>	Afficher dans une fenêtre pop-up au démarrage du scénario et accéder à la première transition
UL Types	<b>Transition Entree-Cours</b>	Afficher dans une fenêtre pop-up l'explication et accéder à l'UL de cours
	<b>Transition Cours-Exo</b>	Afficher l'explication et accéder à l'UL d'exercice
	<b>Transition Exo-Sortie</b>	Si condition remplie sortir, sinon afficher explication et proposer de retourner au cours ou de refaire l'exercice
Actions	<b>Poser une question</b>	Ajouter une commande dans l'onglet de gauche, sur action afficher une fenêtre pop-up pour la saisie et mise en forme de la fenêtre avec question.xml

FIG.30 : Exemple de feuille de comportement pour un modèle de SP

**Remarque** L'approche des feuilles de comportement permet de passer d'une approche artisanale à une approche industrielle d'édition de supports de présentation dynamiques. En effet la quantité de travail à fournir en terme de programmation informatique d'un support est proportionnelle au nombre de modèles différents qui existent et non au nombre d'unités. Cette approche implique de plus une standardisation et une homogénéisation qui permettent d'assurer à priori le comportement d'une unité. Il est de même possible d'avoir une approche multi-supports (*i.e.* disposer de la même information sur des supports différents sans réécriture). La quantité de travail est dans ce cas proportionnelle au nombre de supports multiplié par le nombre de modèles, mais reste indépendante du volume d'information considéré. Enfin, l'approche réduit dans les mêmes proportions les coûts de maintenance technologique puisqu'un changement du langage de matérialisation physique des unités équivaut au pire à une réécriture des feuilles de comportement, donc toujours proportionnelle au nombre de modèles et non au volume de l'information. L'approche permet donc de traiter au moindre coût de larges volumes répondant à des modèles communs, mais est bien entendu sans intérêt si chaque unité doit avoir un comportement particulier.

Résumé en images du méta-modèle SP/UL/FC ...

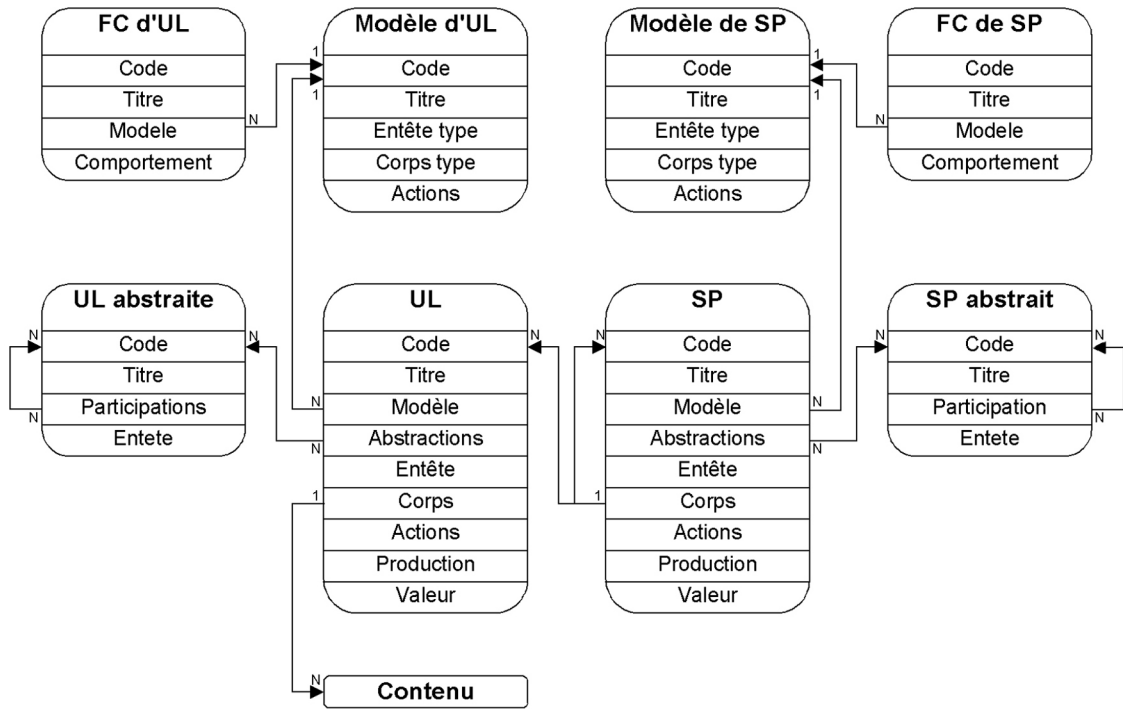


FIG.31 : Représentation relationnelle du modèle SP/UL/FC



---

## Chapitre 13

# Mise en oeuvre méthodologique et technologique

Les concepts de SP, UL et FC permettent de proposer un modèle propre à la mise en place d'une logique industrielle de conception. Ce modèle n'a néanmoins de l'intérêt que s'il est réellement possible de le mettre en oeuvre. Cette mise en oeuvre repose sur deux dimensions indissociables, une méthodologie qui en construit la pratique et une technologie qui la rend possible. Il est bien entendu probable que plusieurs solutions méthodologiques et technologiques permettent de mener la mise en oeuvre. Celle présentée dans ce chapitre en est donc une parmi les possibles, construite sur la base de mises en oeuvre expérimentales et réelles et ayant prouvé sa validité au travers de différents cadres d'application.

## 1. Méthodologie de production

### L'articulation de six métiers ...

Le méta-modèle SP/UL, permet de représenter des informations pédagogiques sur un support numérique dans une logique d'industrialisation, selon les principes de séparation de fond et forme, de séparation de contenus et de scénario et d'association d'actions de réappropriation aux informations. Il est nécessaire d'articuler ce modèle de conception avec une méthode permettant de le mettre en oeuvre dans un cadre réel de production volumineuse. Cette méthode est inspirée du modèle de la chaîne éditoriale (analyse de contenus, modèle documentaire, rédaction, édition) mobilisée en ingénierie documentaire plutôt que d'une approche de génie logiciel classique (modèles en V ou Spirale par exemple, basés sur des séquences itératives de spécification, réalisation et validation). Elle permet de séparer les expertises impliquées dans la mise en oeuvre du modèle et d'articuler la chaîne de production autour de six métiers : l'expertise pédagogique (pour contextualiser le méta-modèle), l'expertise du méta-modèle SP/UL (pour la modélisation), l'expertise du contenu (pour la production), l'expertise de la rédaction (pour la mise en forme logique), l'expertise de l'édition (pour la mise en forme physique) et l'expertise du suivi (pour la gestion de la communication entre les acteurs).

**Définition L'expertise pédagogique** a pour rôle l'explicitation de l'ensemble des informations nécessaire à la modélisation, c'est à dire la description de l'intentionnalité pédagogique destinée à être encapsulée dans les modèles structurels et d'activité. En tant que spécification de l'ingénierie pédagogique en contexte, elle est la base indispensable à la contextualisation du modèle documentaire. Dans notre cadre, son objet n'est pas de parvenir à une expertise exhaustive, mais de se limiter aux éléments nécessaires à l'instanciation du méta-modèle SP/UL dans le contexte considéré.

**Définition L'expertise de modélisation** a pour rôle, à partir des spécifications explicitées au cours de l'expertise pédagogique, de réaliser une instance du méta-modèle SP/UL pour le contexte particulier considéré. Elle permet donc de définir les modèles (structurels et d'activité) des SP et UL qui seront utilisés par les auteurs et les éditeurs.

**Définition L'expertise auctoriale** a pour rôle la production effective des contenus (UL) et scénarii (SP) dans le cadre des modèles définis par l'expertise pédagogique. Cette production peut se faire dans un cadre

technologique quelconque, mais nécessite néanmoins de la part des auteurs une compréhension globale des différentes logiques liées au méta-modèle SP/UL afin d'adapter leur métier aux contraintes qu'il implique. Notons que cette expertise inclut la notion de maintenance (production à partir de l'existant) et d'indexation (production des méta-informations).

**Définition L'expertise rédactionnelle** a pour rôle la mise en forme logique des SP et UL produites par les auteurs, en instanciant les modèles spécifiés par l'expertise de modélisation. Elle ne nécessite pas de compétences informatiques (au sens de la réalisation de programme) puisque la rédaction se fait dans le cadre d'un langage logique lié au contexte et non d'un langage artificiel de programmation.

**Définition L'expertise éditoriale** a pour rôle la réalisation des programmes permettant la transformation des contenus structurés logiquement en présentations physiques pour un usage. Dans le cas de l'édition papier elle consiste à écrire les feuilles de style, dans le cas de l'édition numérique elle consiste à écrire des feuilles de comportement. L'édition est réalisée à partir des modèles, et non des contenus. Il s'agit bien d'une édition générique pour l'instance pédagogique du méta-modèle et non d'une édition spécifique à chaque contenu. Outre une indépendance vis à vis du volume à traiter, indispensable à une approche industrielle, cette propriété assure que les éditeurs n'ont pas besoin d'être experts du contenu, il leur suffit de comprendre sa structure.

**Définition L'expertise de suivi** a pour rôle la gestion des mécanismes de rétroaction et d'ajustement entre les autres expertises. En effet, la séparation entre les métiers, que nous avons introduite pour permettre l'industrialisation, ne peut être absolue et suppose un suivi global pour être mise en oeuvre.

Nous pouvons résumer le processus de production selon ces six métiers au travers du schéma ci-dessous.

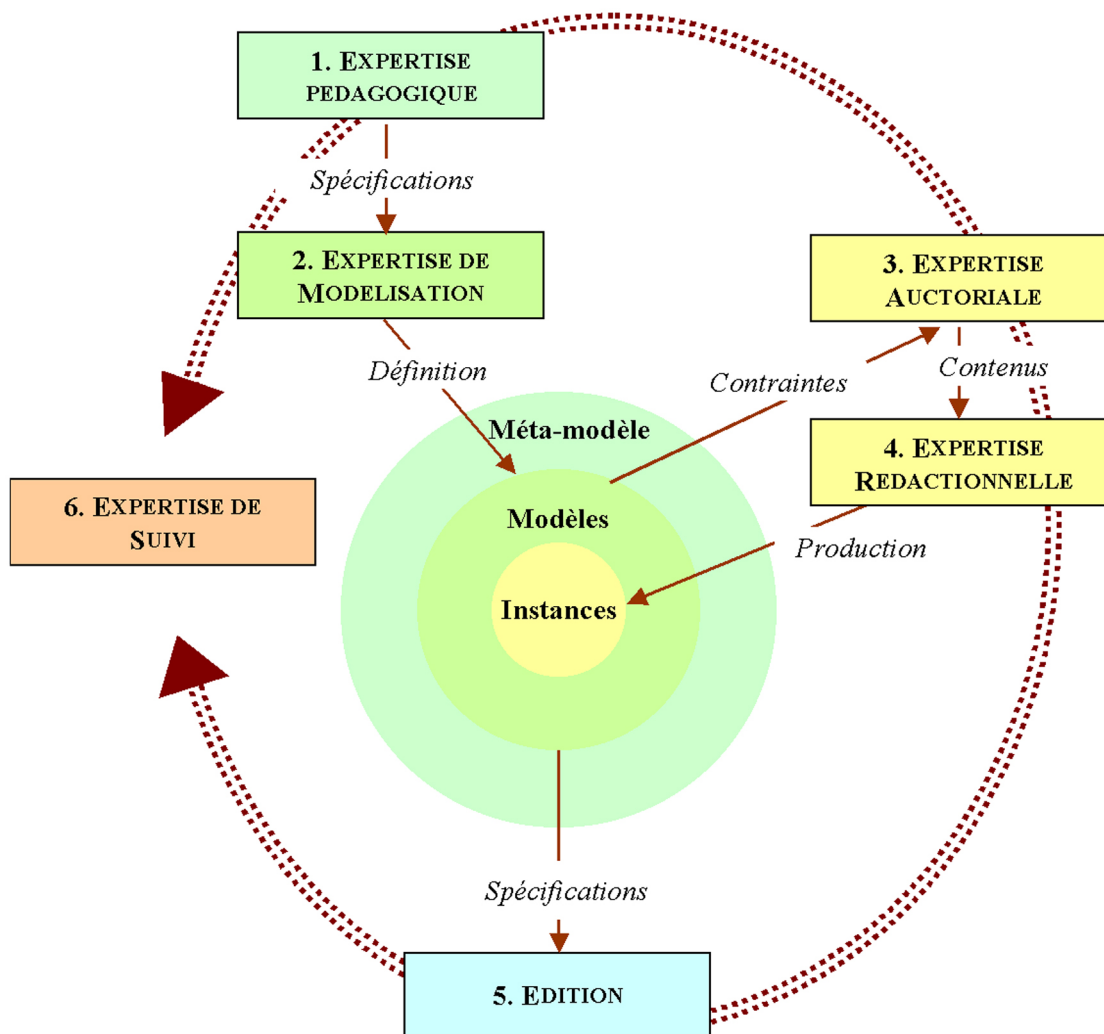


FIG.32 : Schéma général de présentation de la méthode

## Eléments pour la modélisation des unités logiques ...

L'objectif de l'expertise pédagogique est de rendre explicite les informations nécessaires à la modélisation des SP et des UL. Toutes les approches d'ingénierie pédagogique, destinées à produire un modèle de conception pédagogique, peuvent-être adaptées à la mise en oeuvre de cette expertise. Nous avons, par exemple, utilisé la méthode des objectifs pédagogiques, qui consiste à spécifier les objectifs généraux de la formation puis à décomposer itérativement ces objectifs en sous-objectifs plus petits, dans le cadre d'une de nos expérimentations.

Nous proposons de décrire plus particulièrement une autre méthode que nous avons mise en oeuvre, inspirée de la théorie des actes pédagogiques (Ghitalla, 2001). Cette théorie propose une méthode de description d'un processus pédagogique fondé sur des actes élémentaires.

L'expertise pédagogique, telle que nous la proposons, se découpe en trois phases :

- L'énonciation du processus pédagogique sous forme d'un ensemble discret d'actes pédagogiques, associés à leur acteur (tuteur ou apprenant), mobilisés dans la pratique existante ou à mettre en place.
- La sélection des activités destinées à être médiées par le support numérique, par opposition aux activités destinées à être gérées en dehors du support. Notons que ce choix est dicté par le contexte, et l'on peut notamment décider de ne pas associer certaines activités au support, afin de les traiter à l'aide d'un autre support, alors qu'il est techniquement possible de la faire (par exemple on peut décider de laisser les questions se dérouler à l'oral bien que le courrier électronique permette de poser des questions).
- Le regroupement de ces actes en familles, en fonction de leur participation à la réalisation d'un même format pédagogique. Ces familles correspondront aux modèles d'unité logique.

**Remarque** L'énonciation exhaustive des activités pédagogiques d'une pratique étant un exercice ardu, il est en général préférable de partir d'une base existante, par exemple les actes génériques proposés par Ghitalla. On pourra également choisir comme base des travaux antérieurs relatifs à d'autres contextes proches. Cette base a pour objet d'aider l'expert à formuler ses actes, à partir d'un guide et d'une inspiration préalable. Sa tâche devient alors la sélection, depuis cette base, des activités effectivement souhaitées dans son processus et l'ajout des activités éventuellement absentes.

Une fois l'expertise pédagogique menée, la seconde phase consiste à l'exploiter pour en définir les modèles d'unité logique.

L'expertise ainsi formalisée permet une déduction systématique des modèles depuis les actes, en se basant sur les tâches suivantes :

1. Déterminer pour chacun des actes associés à l'hypermédia s'ils influencent la structure logique et/ou les actions de réappropriation et/ou les méta-informations descriptives.
2. Créer un modèle d'unité logique pour chaque famille d'acte. Ce modèle est identifié (CODE et TITRE) par un code unique construit et par un titre correspondant au nom de la famille.
3. Définir le modèle structurel du corps (CORPStype) à partir des actes déterminants pour la structure logique.
4. Définir le modèle structurel de l'en-tête (ENTETEttype) à partir des actes déterminants pour les méta-informations. Notons que pour la définition de l'en-tête, on pourra également récupérer un modèle standard (Dublin Core, LOM, etc.) quitte à l'adapter ou à le compléter.
5. Définir le modèle d'activité (ACTIONS) à partir des actes déterminants pour les actions de réappropriation.

**Remarque** Cette approche présente l'avantage de permettre la séparation entre expertise pédagogique et de modélisation, la méthode descriptive permettant la liaison entre les deux. Elle reporte essentiellement la difficulté sur l'expertise pédagogique, puisque la modélisation est un exercice systématique, rendu aisé par une formulation exhaustive et structurée.

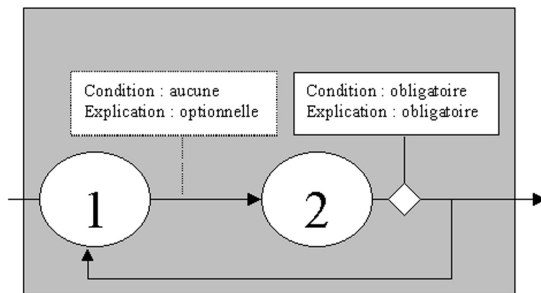
**Remarque** La modélisation peut être menée à partir d'une base existante de documents papiers. Dans ce cas on cherchera à faire coller au mieux les modèles à l'existant de façon à minimiser le travail de re-rédaction dans une première phase. Le processus de maintenance permettra l'affinement progressif des contenus. Notons que les méthodes de création de modèles structurels à partir de documents papier sont bien maîtrisées en ingénierie documentaire.

## Éléments pour la modélisation de schémas pédagogiques ...

L'expression d'un modèle de schéma pédagogique a pour objectif la restriction du langage de scénarisation aux processus pédagogiques ayant du sens dans le contexte. En nous inspirant toujours des travaux de Ghitalla (Ghitalla, 2001), nous posons que la modélisation des schémas pédagogiques a pour objectif la recherche des briques types, spécifiques à la pratique, composant les scénarii pédagogiques. Ces briques fixent des agencements types d'unités logiques et de schémas pédagogiques et les contraintes de parcours de la brique en fonction de l'activité de l'apprenant. La création de ces briques type permettra également une écriture plus aisée par les auteurs, qui n'auront plus besoin de manipuler directement le langage de scénario (puissant, mais complexe) pour se limiter au langage de brique (plus contraignant, mais plus simple et plus contextuel).

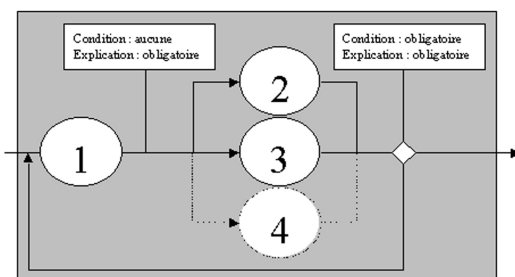
### Exemple

Voici quelques exemples de briques telles que nous avons pu les concevoir pour des contextes donnés :



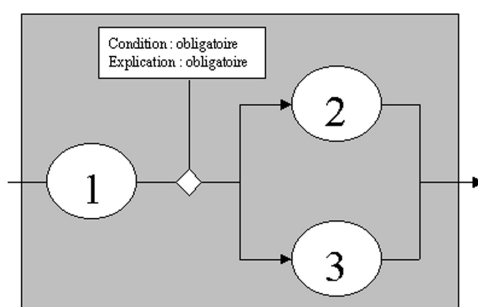
La brique "cours évalué" exprime que le SP de cours 1 doit être revu tant que le SP d'évaluation 2 n'est pas réussi (i.e. supérieur à un seuil fixé pour chaque instance).

FIG.33 : Exemple de brique "cours évalué"



La brique "personnalisation exercice" exprime qu'après le SP de cours 1, le choix est laissé entre les SP d'exercice 2, 3 ou 4 et que le cours doit être revu tant que l'exercice choisi n'est pas réussi.

FIG.34 : Exemple de brique "personnalisation exercice"



La brique "positionnement" exprime que si le SP d'évaluation 1 est réussi, alors le SP de cours 2 de niveau avancé est proposé, et le SP de cours 3 de niveau basique sinon.

FIG.35 : Exemple de brique "positionnement"

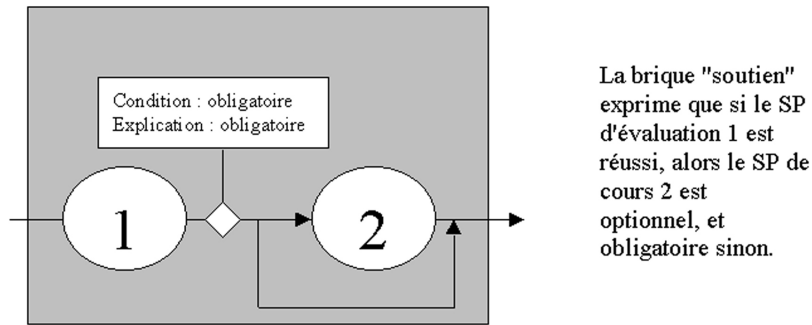


FIG.36 : Exemple de brique "soutien"

### Éléments pour l'écriture sous contraintes ...

La rédaction de contenus structurés logiquement suppose le respect d'une grammaire contraignante, qui implique pour les auteurs des compromis, des reformulations, des ajouts, des suppressions et leur impose un travail conséquent. De plus cette rédaction sous contrainte peut sembler frustrante, au moins dans un premier temps, car elle laisse moins de place à la créativité. Afin de ne pas alourdir la tâche de l'auteur avec l'utilisation d'un système technique nouveau permettant la représentation logique des contenus, nous avons développé une approche fondée sur la séparation entre les métiers d'auteur et de rédacteur. Dans ce cadre, les auteurs produisent les contenus dans un format technique libre et annotent leur représentation (typiquement sur une impression papier) pour en faire ressortir la structure logique. La méthode d'annotation est normalisée par un ensemble de codes correspondant aux éléments de la structure imposée par les modèles. Le rédacteur transcrit ensuite cette représentation à l'aide d'un outil informatique de représentation logique. Ainsi l'auteur se concentre sur sa maîtrise du contenu et le rédacteur sur sa maîtrise de l'outil, la communication et les problèmes d'interprétation entre les deux étant gérés par la procédure stricte d'annotation (par opposition à une annotation libre qui laisserait une place importante à la polysémie).

**Exemple** L'exemple ci dessous permet de voir un document produit et annoté par l'auteur et sa représentation dans un éditeur XML par le rédacteur. Les codes (mises en valeur et mots-clés) utilisés sont normalisés par une procédure commune.

UL Cours  
Général

## Définition d'un algorithme

*Def*  
*algorithme* | Etant donné un traitement à effectuer, un algorithme du traitement est l'énoncé d'une séquence d'actions primitives réalisant ce traitement.

*Rem* | L'algorithmique consiste à bien analyser le problème **avant** de commencer à programmer. L'algorithme sert de base à la rédaction du programme.

*Imp*

---

- ul
- entete
- corps
- definition
- remarque

```

ul modele=ULCoursGeneral code=c3 titre=Définition d'un algorithme
entete
date 16/08/2000 date auteur Stéphane Crozat auteur version 1.0 version
entete
corps
definition notion Algorithme notion explication paragraphe Etant donné un
traitement à effectuer, un algorithme du traitement est l'énoncé d'une séquence d'actions
primitives réalisant ce traitement. paragraphe explication definition
remarque paragraphe L'algorithmique consiste à bien analyser le problème
important avant important de commencer à programmer. L'algorithme sert de base à la
rédaction du programme. paragraphe remarque
corps
ul
                    
```

FIG.37 : Exemple de rédaction XML à partir de documents annotés

## Éléments pour l'écriture multimédia ...

En plus d'une rédaction structurée explicitement, l'auteur est amené à gérer des média de natures différentes, composant une même unité d'information. Nous ne traiterons pas ici des problèmes de réalisation de films, de prises de sons, de dessin, de photographie, qui sont des domaines techniques qui, pris isolément, sont maîtrisés. La difficulté de la tâche réside dans le choix et l'agencement logique de ces média, en tenant compte de leurs différents potentiels sémiotiques. Les différents types de média autorisent la diversité, en en illustrant la richesse potentielle, mais introduisent également la complexité de leur gestion. S'il n'existe pas de règles absolues à appliquer, nous proposons quelques éléments permettant de choisir, et renvoyons à la littérature propre à chaque domaine, telle que nous l'avons étudiée antérieurement (Crozat, 1998), pour de plus amples informations.

Type de média	Caractéristiques	Exemples d'utilisation	Références
<b>Texte écrit</b>	Suscite la réflexion. Requiert la concentration. Possibilité de relecture (rémanence).	Transmission d'informations complexes (définitions, démonstrations, ...).	[Bottéro 87] [Christin 85] [Auroux 95] [Illich 91]
<b>Texte parlé</b>	Persuasion de la voix (intersubjectivité). Evanescence de l'information.	Transmission d'informations courtes et importantes. Sensibilisation à un problème ou une méthode. Insistance (redondance). Explication.	[Baticle 85]
<b>Bruitage</b>	Porteurs d'indicialité (ils désignent).	Indications de méta-information (type d'information, difficulté, ...). Capter l'attention temporelle (indiquer un changement d'état).	[ Gaudreault , Jost 90] [ Vanoye , Goliot-Lété 92]
<b>Musique</b>	Génératrice d'émotion (caractère emphatique). Répétitive, régulière, automatique (facile à mémoriser).	Influencer la disposition du lecteur (concentration, énervement, ...). Créer une atmosphère (fonction esthétique)	[Chion, 94] [Kivy 90]
<b>Image</b>	Polysémique. Universelle (ne dépend pas de codes pré-établis). Infidèle (elle transforme une réalité, mais à tendance à faire croire qu'elle la reproduit exactement). Contextuelle (fortement dépendante des autres médias qui l'accompagnent).	Illustration au sens large (fonction esthétique). Favoriser la mémoire visuelle (en associant des images métaphoriques à des concepts).	[Cossette 83] [Baticle 85]
<b>Image didactique</b>	Spatiale (vision globale et concentrée de l'information). Ordonnée (hiérarchique). Abstraite. Normalisée, selon un code partagé (le code de la route) ou bien fourni avec l'image (légende).	Transmissions d'informations complexes difficiles à expliquer par le langage (une image didactique est utilisée quand elle permet de remplacer un texte long et complexe)	[Costa, Moles 91] [Moles 81] [Bertin, Barbut 67]
<b>Animation</b>	Dynamique (représente un mouvement).	Représenter des processus temporels difficiles à décrire par un texte ou une image didactique. Capter l'attention visuelle (désigner une zone de l'écran).	[Peeters 86] [Baticle 85]
<b>Audiovisuel</b>	Dynamique. Captivant (du fait de faire appel à plusieurs sens notamment).	Séduction, persuasion, incitation, ... Les utilisations sont proches de celles des textes parlés, mais avec une intensité supérieure.	[Sorlin 92] [ Gaudreault , Jost 90] [ Vanoye , Goliot-Lété 92]
<b>Interaction</b>	Sollicite l'action de l'utilisateur (son implication). Ludique.	Concrétiser des informations abstraites. Montrer une réalité (la prouver par l'expérience). Divertir.	[Vivet 96] [Baron et al. 97] [Pognant, Scholl 96]]

TAB.13 : Exemple de choix multimédia

## Eléments d'ergonomie ...

L'édition des informations, pour le support numérique, implique la réalisation d'une interface homme-machine (à l'aide des feuilles de comportement) qui soit fidèle aux choix rédactionnels (structure logique) et lisible (structure physique). De nombreux travaux existent afin de proposer des règles ergonomiques pour la conception des interfaces, tels que (Bastien et al., 1997). Nos travaux précédents sur les méthodes EMPI et  $M\pi^{-1}$  nous ont permis d'établir une base de connaissances techniques, ergonomiques et multimédia. Ces connaissances, formulées sous forme de questions et de règles regroupées sous une hiérarchie de critères, permettent la spécification (*a priori*) et l'évaluation (*a posteriori*) des interfaces. Les domaines pris en compte concernent la technique de réalisation, l'utilisabilité de l'interface et la typographie (lisibilité) des différents média. Nous renvoyons à ces travaux (Crozat et al., 1999) (Hû, 2001) pour la description plus complète de cette approche.

## Eléments de synchronisation multimédia ...

Le numérique apporte la possibilité de juxtaposer plusieurs formes d'appropriations différentes sur un même support. L'utilisateur cherche à relier ces formes qui se manifestent en même temps et dans le même espace afin d'en dégager un sens global. Une réflexion supplémentaire est donc nécessaire pour prendre en compte la co-présence des média et gérer leurs interactions en un ensemble pensé et cohérent, plutôt qu'une simple juxtaposition. Nous proposons de gérer la concurrence entre les média en utilisant leurs dimensions (définies par leur nature) ainsi que leurs fonctions logiques (définies lors de la phase de rédaction).

### Définition

On appelle **gestion de la concurrence spatiale**, la gestion de la contrainte de mise en espace des différents média ayant une dimension spatiale composant l'unité d'information.

On dispose de deux possibilités pour la présentation des média à caractères spatiaux :

- la présentation spontanément visible : le média est visible à l'écran dès l'accès à l'unité d'information
- la présentation sur demande (clicable) : un lien vers le média est visible lors de l'accès à l'unité d'information, mais une action de l'utilisateur est requise pour l'affichage de ce média

### Définition

On appelle **gestion de la concurrence temporelle**, la gestion de la succession des média à composante temporelle.

On dispose également de deux possibilités :

- le média démarre en même temps que l'on accède à l'unité d'information (visible)
- le média démarre sur commande de l'utilisateur (clicable)

Dans les deux cas le média temporel doit avoir une représentation spatiale à l'écran (sous forme iconique par exemple), afin que l'utilisateur puisse en avoir le contrôle (arrêt, redémarrage, ...)

**Remarque** Notons que lorsqu'un média est spatio-temporel, il intervient dans les deux types de contraintes.

Les choix de l'éditeur portent sur une mise en relation des fonctions avec les possibilités de présentations. On cherchera notamment à optimiser l'espace de l'écran (de façon à présenter les média de façon cohérente, en mettant en valeur ce qui est le plus important, et sans surcharge informationnelle) et à présenter les média temporels au meilleur moment et de façon séquentielle. L'exemple ci-dessous fournit une solution possible de règles pour la gestion de la concurrence (on notera que pour l'établissement des contraintes liées aux média spatio-temporels, on utilise l'union des contraintes liées au caractère spatial et des contraintes liées au caractère temporel).

## Exemple

	Deux premiers redondants spatiaux	Redondants spatiaux suivants	Redondants temporels	Complémentaires temporels et spatiaux	Mises en valeur temporelles	Mises en valeur spatiales
Principal spatial (Visible)	Visibles	Cliquables	Cliquables	Cliquables	Visibles	Visibles
Principal temporel (Visible)	Visibles	Visibles	Cliquables	Cliquables	Avant le principal	Visibles
Principal spatio-temporel (Visible)	Visibles	Cliquables	Cliquables	Cliquables	Avant le principal	Visibles

TAB.14 : Exemple de gestion de la concurrence multimédia

## Eléments pour le suivi de production ...

Le suivi consiste en la régulation des interactions entre les cinq autres métiers. Les schémas classiques de gestion de projet sont bien entendu mobilisables dans ce cadre. A titre d'illustration, nous présentons sur le schéma suivant les interactions typiques que l'on relève dans le cadre de la conception selon le méta-modèle SP/UL.

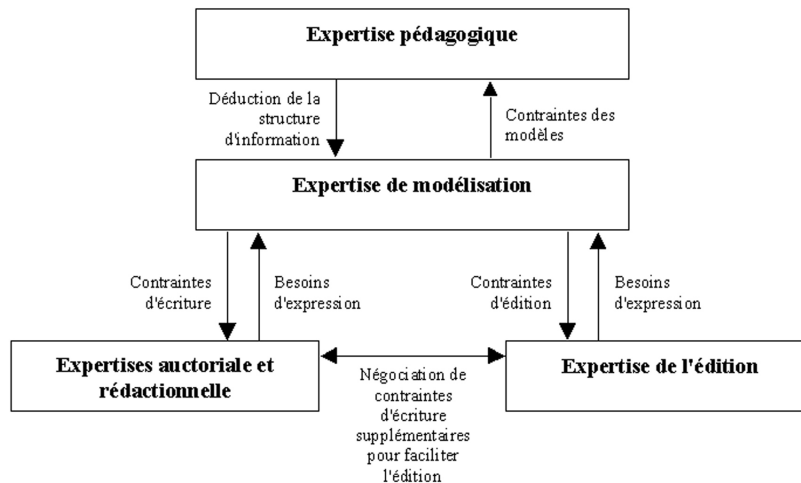


FIG.38 : Communication entre les acteurs de la conception

La conception débute par l'expertise pédagogique, qui peut être ajustée par l'expertise de modélisation, qui peut formuler des contraintes restreignant le processus souhaité. Les modèles définis, peuvent être remis en cause par des contraintes issues des besoins de la rédaction ou de l'édition. Notons qu'une modification des modèles se répercutera en cascade sur l'expertise pédagogique. La rédaction débute, parallèlement à l'édition, dès que les modèles sont fixés. Néanmoins les besoins de la rédaction peuvent amener à modifier les modèles, et donc, en cascade, le processus d'édition. L'édition peut débuter dès que les modèles sont fixés (donc indépendamment de la rédaction des contenus). Néanmoins l'édition peut amener à modifier ces modèles, et donc la rédaction en cascade.

## Illustration du processus de conception ...

L'exemple présenté ci-dessous est très simplifié et a pour dessein l'illustration de la méthodologie plus que l'exposé d'un cas concret. Notons que cet exemple est monomédia, (texte écrit) et que les textes sont représentés par des chaînes de caractères (et non des ressources), à des fins de simplification.

### Exemple : Modélisation des unités logiques

L'expertise pédagogique consiste à décrire la relation pédagogique à partir des actes discrets, regroupés en familles, qui la composent et de choisir quels actes seront instrumentés par le support.

Famille	Acte	Acteur	Support
Exposition	Enoncer l'objectif pédagogique	Tuteur	oui
Exposition	Définir un concept	Tuteur	oui
Exposition	Annoter le cours	Apprenant	oui
Exposition	Donner des exemples	Tuteur	oui
Exposition	Poser une question	Apprenant	non
Exposition	Répondre à une question	Tuteur	non
Pratique	Donner le niveau de difficulté	Tuteur	oui
Pratique	Donner un énoncé	Tuteur	oui
Pratique	Résoudre l'exercice	Apprenant	oui
Pratique	Guider l'apprenant	Tuteur	oui
Pratique	Corriger	Tuteur	non
Pratique	Donner une solution	Tuteur	oui

TAB.15 : Exemple d'expertise pédagogique

La modélisation annote cette description pour déterminer son influence sur la structure et les actions du modèle.

Famille	Acte	Structure	Actions	Méta
Exposition	Enoncer l'objectif pédagogique	non	non	oui
Exposition	Définir un concept	oui	non	non
Exposition	Annoter le cours	non	oui	non
Exposition	Donner des exemples	oui	non	non
Pratique	Donner le niveau de difficulté	non	non	oui
Pratique	Donner un énoncé	oui	non	non
Pratique	Résoudre l'exercice	non	oui	non
Pratique	Guider l'apprenant	oui	oui	non
Pratique	Donner éventuellement une solution	oui	oui	non

TAB.16 : Exemple d'annotation de l'expertise pédagogique

Cette seconde phase de conception permet d'extraire les modèles à partir de cette spécification.

```

MODELE = {CODE, TITRE, ENTETEtype, CORPStype, ACTIONS}
CODE = "mod001"
TITRE = "Exposition"
ENTETEtype = {"Objectif", "chaîne de caractère"}
CORPStype = {"définition", "principale", 1}, {"exemple", "complément", N}
ACTIONS = {"act001", "Annoter", "Cette action permet à l'apprenant d'ajouter ses notes
personnelles au contenu lu", "Aucune", "Aucune", "optionnelle"}
MODELE = {CODE, TITRE, ENTETEtype, CORPStype, ACTIONS}
CODE = "mod002"
TITRE = "Pratique"
ENTETEtype = {"Difficulté", "Facile ou Moyen ou Difficile"}
CORPStype = {"énoncé", "principale", 1}, {"aides", "complément", N}, {"solution",
"complément", 0 ou 1}
ACTIONS = {"act002", "Résoudre", "Cette action permet à l'apprenant de proposer une
solution à l'exercice", "Aucune", "Aucune", "obligatoire"}, {"act003", "S'aider",
"Cette action permet à l'apprenant lire les aides proposées", "Aucune", "Aucune",
"optionnelle"}, {"act003", "Voir la solution", "Cette action permet à l'apprenant de
lire la solution type proposée", "Aucune", "Aucune", "optionnelle"}
    
```

### Exemple : Modélisation des schémas pédagogiques

L'expert pédagogique produit une brique permettant de proposer une exposition puis éventuellement une application pratique.

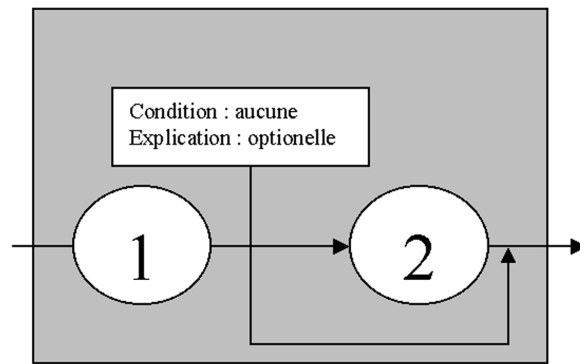


FIG.39 : Exemple de brique

Le modèle correspondant est :

```

MODELE = {CODE, TITRE, ENTETEtype, CORPStype}
CODE = "mod003"
TITRE = "Exposition-Pratique"
ENTETEtype = {aucune}
CORPStype = (UNITEStype, REGLES)
UNITEStype = {mod001, mod002}
REGLES = {RELATIONtype1, RELATIONtype2, RELATIONtype3, RELATIONtype4}
RELATIONtype1 = (DE=entree, VERS={mod001})
RELATIONtype2 = (DE={mod001}, VERS={mod002})
RELATIONtype3 = (DE={mod001}, VERS={sortie})
RELATIONtype4 = (DE={mod002}, VERS={sortie})

```

### Exemple : Production

Nous proposons, dans le cadre de cette illustration, un schéma pédagogique et deux unités logiques formalisés logiquement.

```

SP = {CODE, TITRE, MODELE, ENTETE, CORPS }
CODE = "sp001"
TITRE = "Algorithmes"
MODELE = "Exposition-Pratique"
ENTETE = aucune
CORPS = {(entree, ul001), (ul001, ul002), (ul001, sortie), (ul002, sortie)}
UL = {CODE, TITRE, MODELE, ENTETE, CORPS }
CODE = "ul001"
TITRE = "Définition d'un algorithme"
MODELE = "Exposition"
ENTETE = {OBJECTIF}
OBJECTIF = "Comprendre ce qu'est un algorithme"
CORPS = {DEFINITION, EXEMPLE}
DEFINITION = "Etant donné un traitement à effectuer ..."
EXEMPLE = "Le PGCD de deux entiers ..."
UL = {CODE, TITRE, MODELE, ENTETE, CORPS }
CODE = "ul002"
TITRE = "La fonction factorielle"
MODELE = "Pratique"
ENTETE = {DIFFICULTE}
DIFFICULTE = "Facile"
CORPS = {ENONCE, AIDE, SOLUTION}
ENONCE = "Ecrivez un algorithme permettant de calculer la fonction factorielle ..."
AIDE = " On peut décomposer le calcul de 4! en faisant ..."
SOLUTION = "Pour I=1 à N faire ..."

```

### Exemple : Edition

Enfin il est possible d'écrire les feuilles de comportement permettant de réaliser une interface homme-machine afin de donner accès aux contenus et aux actions associées (travail de programmation informatique) et de dérouler le scénario. On obtiendrait par exemple l'IHM suivante.

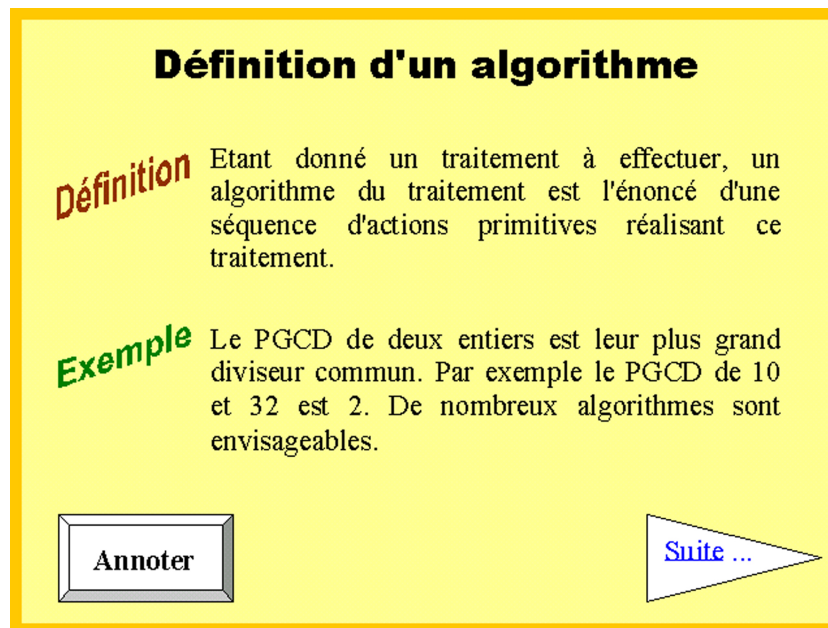


FIG.40 : Exemple d'IHM résultant de la phase d'édition

## 2. Technologies d'informatisation

### L'apport des technologies XML au documentaire ...

Le méta-modèle SP/UL, couplé à une méthodologie permettant de le mettre en oeuvre, offre une solution théorique pour une approche de conception industrielle de supports pédagogiques numériques, fondée sur la structuration et la scénarisation des contenus. Bien entendu cette approche ne peut être opérationnelle que couplée à une solution concrète d'informatisation, permettant sa réalisation. Les technologies XML s'inscrivent comme la solution actuellement la plus adéquate pour la mise en oeuvre de notre approche documentaire, car elles répondent précisément à nos besoins, sont faciles d'usage et sont en pleine expansion dans la communauté informatique. Ces technologies permettent en effet de résoudre le problème de la structuration logique (par balisage des documents), de la modélisation *a priori* (par définition de types de document devant obéir à une certaine structure) et de la présentation des documents (par transformation des documents balisés en tout format physique de présentation). De plus ces technologies se caractérisent par une appréhension conceptuelle et technique très simple et par une manipulation très souple. Enfin XML est aujourd'hui un standard du W3C, déjà très largement utilisé, en plein croissance, et disposant d'outils murs pour sa mise en oeuvre.

### Le méta-langage XML, un outil de représentation des UL ...

L'eXtensible Markup Language ([www.w3.org/XML](http://www.w3.org/XML)), XML, est un méta-langage, c'est à dire un langage permettant de définir d'autres langages, proposé comme une recommandation par le W3C en 1998.

**Exemple** Le langage SMIL ([www.w3.org/AudioVideo](http://www.w3.org/AudioVideo)) pour l'intégration d'applications multimédia est un langage XML

La fonction d'XML est la représentation d'informations en se fondant sur la structuration logique du texte, par le repérage explicite de ces éléments constitutifs (le chapitre, le paragraphe, le mot important, etc.) et la hiérarchisation de ces éléments entre eux (un paragraphe appartient à un chapitre, un mot important à un paragraphe, etc.). XML ne se préoccupe pas de la présentation physique des informations (mise en page, polices de caractères, etc.). Afin de permettre cette structuration logique, XML procède par ajout de balises (des méta-informations structurantes) au contenu du texte, c'est à dire entre les mots constituant le texte.

XML hérite historiquement (et fonctionnellement) du méta-langage SGML, développé au début des années 1980 et largement utilisé dans le cadre des systèmes documentaires, notamment dans les industries de hautes

technologies pour lesquelles la fiabilité de la documentation est cruciale. SGML restait un formalisme insuffisamment explicite et trop complexe, ce qui rendait difficile la programmation d'applications SGML dans des cadres plus larges. SGML laissait notamment des ambiguïtés en terme d'interprétation du balisage. XML est un langage respectant la syntaxe SGML, mais en y ajoutant des contraintes supplémentaires, afin d'en lever les ambiguïtés.

**Exemple** En SGML une balise ouvrante n'est pas obligatoirement fermée par une balise fermante (sa fermeture pouvant rester implicite), tandis qu'en XML toute balise ouvrante est obligatoirement fermée. Ainsi le code SGML `<A><B></B>` est ambigu car on ne sait pas s'il faut l'interpréter comme `<A></A><B></B>` ou bien `<A><B></B></A>`. En XML seule l'une des deux formulations non ambiguës est autorisée.

**Exemple** HTML est un langage SGML, la conséquence en est une certaine liberté de syntaxe, mais également une grande disparité dans la façon d'écrire et d'interpréter les documents, ce qui se caractérise par exemple par les variations conséquentes de présentation en fonction des navigateurs utilisés. XHTML est un langage XML qui permet justement de contraindre le langage HTML de façon à passer à un niveau de maîtrise, et donc d'interopérabilité plus élevé.

Les règles de syntaxe d'XML sont très simples : un document XML comporte un en-tête permettant de l'identifier en tant que document XML et un élément racine contenant tous les autres éléments. Un élément est caractérisé par une balise ouvrante et une balise fermante et contient d'autres éléments et/ou du contenu.

Aspects	Syntaxe	Explication
Entête	<code>&lt;?xml version='1.0' encoding='iso-8859-1'&gt;</code>	Tout document XML contient une ligne d'entête qui sert à identifier le document en tant que document XML, et généralement à spécifier le système d'encodage de caractères utilisé dans le document.
Élément racine	<code>&lt;NomElementRacine&gt; ... &lt;/NomElementRacine&gt;</code>	Tout document XML contient un et un seul élément, dit élément racine, contenant tous les autres.
Élément	<code>&lt;NomElement&gt; ... &lt;/NomElement&gt;</code>	Un élément est caractérisé par une balise ouvrante et une balise fermante obligatoire, les éléments sont donc inclus les uns dans les autres et ne peuvent se croiser. Les balises tiennent compte de la casse des caractères.
Attribut	<code>&lt;NomElement NomAttribut='valeur'&gt;</code>	Un attribut associé à une valeur peut être spécifié dans la balise ouvrante d'un élément.
Élément vide	<code>&lt;NomElementVide/&gt;</code>	Un élément peut être vide, il est alors noté par une unique balise à la syntaxe particulière. Un élément vide contient en général des attributs.
Contenu	<code>&lt;NomElement&gt; contenu ici &lt;/NomElement&gt;</code>	Le contenu est placé à l'intérieur des éléments, c'est à dire entre les balises.
Commentaires	<code>&lt;!-- commentaires --&gt;</code>	Un document peut également contenir des commentaires.

TAB.17 : Aspects principaux de la syntaxe XML

Tout document respectant les règles de syntaxe d'XML est dit bien formé.

Le langage XML nous offre donc une solution pour la représentation des UL. Toute UL pourra donc être représentée sous la forme d'un document XML bien formé, comprenant un en-tête et un corps. L'élément racine d'une UL sera l'élément `<ul>`.

#### Exemple

```
<ul code="ul001" titre="Définition d'un algorithme" modele="Exposition">
  <entete>
    <objectif> Comprendre ce qu'est un algorithme </objectif>
  </entete>
  <corps>
    <definition> Etant donné un traitement à effectuer ... </definition>
    <exemple>Le PGCD de deux entiers ... </exemple>
  </corps>
</ul>
```

## Le langage de DTD, un méta-modèle de structuration des UL ...

Un document bien formé est un document qui respecte les règles syntaxiques imposées par XML. Mais on peut contraindre la structure d'un document XML, au delà de ces règles primaires, afin d'assurer *a priori* qu'elle

respecte une forme particulière. On a pour cela recours à une *Document Type Definition* (DTD) qui permet de spécifier quels éléments un document peut utiliser, et la hiérarchie que doivent respecter ces éléments. Une DTD permet donc de créer un langage particulier d'XML, propre à une classe de documents. Cette spécification se révèle un élément majeur, préalable à la constitution de tout document XML, dans la mesure où c'est elle qui permet la standardisation des structures de document, nécessaire pour l'interopérabilité des documents ou les traitements automatiques de documents (pour en faire des présentations physiques par exemple).

**Exemple** La DocBook ([www.docbook.org](http://www.docbook.org)) est une DTD posant les règles de structuration des livres en chapitres, parties, etc

La syntaxe des DTD repose sur un langage déclaratif, permettant de spécifier les éléments autorisés et pour chaque élément autorisé les fils qu'il peut contenir. Les aspects essentiels de la syntaxe sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Aspects	Syntaxe	Explications
Elément racine	<!ELEMENT a (...)>	L'élément racine est déclaré en premier par soucis de lisibilité (ce n'est pas obligatoire), c'est le seul élément à n'être inclus dans aucun autre.
Elément contenant d'autres éléments	<!ELEMENT a (b)>	Tout élément est déclaré en indiquant les fils qui lui sont autorisés (ici on déclare l'élément a qui contient un fils b)
Le 'ET' (,)	<!ELEMENT a (b,c)>	La virgule permet d'indiquer la relation ET entre les élément fils (ici a contient un b ET un c).
Le 'OU' ( )	<!ELEMENT a (b c)>	La barre permet d'indiquer la relation OU entre les élément fils (ici a contient un b OU un c).
Le '1' (par défaut)	<!ELEMENT a (b)>	Par défaut tout élément fils déclaré doit être présent une et une seule fois dans le père (ici a contient obligatoirement un et un seul b)
Le '0 ou 1' (?)	<!ELEMENT a (b?)>	Le point d'interrogation permet de spécifier que le fils est optionnel (ici a contient zéro ou un b).
Le '0 à N' (*)	<!ELEMENT a (b*)>	L'étoile permet de spécifier que le fils est optionnel et que le père peut contenir plusieurs fois le fils (ici a contient zéro, un ou plusieurs b).
Le '1 à N' (+)	<!ELEMENT a (b+)>	Le plus permet de spécifier que le père contient au moins une fois le fils, mais peut le contenir plusieurs fois (ici a contient un ou plusieurs b).
Attribut d'un élément	<!ATTLIST NomElement NomAttribut Type Contrainte>	Lorsqu'un attribut est déclaré on spécifie le nom de l'élément qu'il concerne, son nom, son type (libre, énuméré, identifiant unique, etc.) et la contrainte qui lui est associée (obligatoire, optionnel ou fixé)
Elément vide	<!ELEMENT a EMPTY>	Un élément vide est spécifié à l'aide du mot clé EMPTY à la place de ses fils.
Elément contenant du contenu	<!ELEMENT a (#PCDATA)>	Pour spécifier qu'un élément contient du contenu, on utilise le mot clé #PCDATA à la place du nom d'un élément fils (#PCDATA équivaut à chaîne de caractères).
Commentaires	<!-- commentaires -->	On peut ajouter des commentaires en respectant la même syntaxe qu'en XML

TAB.18 : Aspects principaux de la syntaxe des DTD

**Remarque** Un document XML respectant les règles structurelles imposées par une DTD est dit valide par rapport à cette DTD.

Nous utiliserons le langage de DTD pour formaliser nos modèles structurels d'UL. En effet établir le modèle structurel d'une UL équivaut à écrire une DTD et à l'associer à un identifiant de modèle.

### Exemple

```
<!ELEMENT ul (entete, corps)>
<!ATTLIST ul
code CDATA #REQUIRED
titre CDATA #REQUIRED
modele CDATA #FIXED 'Exposition'>
<!ELEMENT objectif (#PCDATA)>
<!ELEMENT entete (objectif)>
<!ELEMENT corps (definition, exemple*)>
<!ELEMENT definition (#PCDATA)>
<!ELEMENT exemple (#PCDATA)>
```

Ce modèle d'UL est le modèle Exposition (toutes les UL valides par rapport à ce modèle doivent avoir l'attribut

modèle égale à "Exposition" dans leur balise racine), qui impose un en-tête, composé d'un objectif, et un corps composé d'une définition et éventuellement d'une liste d'exemple. A des fins de simplification, les exemples et définition ne contiennent pas de ressources, mais des chaînes de caractères.

**Remarque** Le W3C propose aujourd'hui un nouveau formalisme pour représenter les structures de document, le *XML Schema* ([www.w3.org/XML/Schema](http://www.w3.org/XML/Schema)). Ce formalisme est plus puissant que le langage de DTD, il permet notamment le typage des données. De plus il présente l'avantage d'adopter une syntaxe XML alors que les DTD ont une syntaxe propre, ce qui permet une homogénéisation du cadre de travail et la possibilité de traiter les définitions de types de documents comme des documents XML (et donc par exemple de les générer ou transformer comme des documents XML).

## Le langage SML, un outil de scénarisation des SP ...

La représentation des SP se distingue de la représentation des UL par le fait que la structure de leur corps est fixée par le méta-modèle SP/UL, tandis que pour les UL elle est fixée par des modèles contextuels. Les modèles de SP ajoutent des contraintes supplémentaires au langage spécifié par le méta-modèle SP/UL, mais ne définissent pas sa structure générale. De ce fait XML s'impose moins comme une solution évidente pour la représentation des SP. Néanmoins nous avons choisi de l'utiliser tout de même par soucis d'homogénéité technologique et parce que qu'aucune autre approche ne nous semblait meilleure pour cet usage. Les SP seront donc globalement représentés comme des UL, avec une balise racine <sp>, un en-tête et un corps. Le corps des SP est représenté à l'aide d'un langage XML, que nous nommerons Scenarii Markup Langage, SML. Ce langage est défini par une DTD, présentée ci dessous, tel que le corps du SP est représenté par la balise <scenario>, qui contient la liste des noeuds et des arcs du graphe représentant le scénario, selon le formalisme SP/UL.

```
<!ELEMENT scenario (noeuds, arcs?)>
<!ELEMENT noeuds (noeuditem+)>
<!ELEMENT noeuditem EMPTY>
<!ATTLIST noeuditem URIsrc CDATA #REQUIRED cle CDATA #IMPLIED>
<!ELEMENT arcs (transition+)>
<!ELEMENT transition (de+, condition?, explication?, vers+)>
<!ELEMENT de EMPTY>
<!ATTLIST de noeuditem CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT vers EMPTY>
<!ATTLIST vers noeuditem CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT condition (#PCDATA)>
<!ELEMENT explication (#PCDATA)>
```

### Exemple

```
<sp code="sp001" titre="Algorithmes" modele="Exposition-Pratique">
  <entete>
    <objectif> Découvrir et manipuler les algorithmes </objectif>
  </entete>
  <scenario>
    <noeuds><noeuditem URIsrc="ul001" cle="1"/><noeuditem URIsrc="ul002" cle="2"/></noeuds>
    <arcs>
      <transition>
        <de noeuditem="entree"/>
        <vers noeuditem="1"/>
      </transition>
      <transition>
        <de noeuditem="1"/>
        <condition> noeuditem("1")/valeur > 5 </condition>
        <explication> Vous avez obtenu plus de 5, vous pouvez passer à la suite </explication>
        <vers noeuditem="2"/>
      </transition>
      <transition>
        <de noeuditem="1"/>
        <explication> Vous devez retravailler cette partie et obtenir une note supérieure à 5
          avant de passer à la suite </explication>
        <vers noeuditem="1"/>
      </transition>
      <transition>
        <de noeuditem="2"/>
        <vers noeuditem="sortie"/>
      </transition>
    </arcs>
  </scenario>
</sp>
```

**Remarque** Les modèles de SP permettent de spécifier des contraintes supplémentaires par rapport à SML, de façon à contextualiser les SP pour une pratique pédagogique particulière. Nous avons choisi de ne pas représenter ces modèles selon un formalisme XML, le langage étant peu adapté *a priori* au type de contraintes concernées. Les modèles de SP seront plutôt encapsulés au sein des interfaces hommes-machines des éditeurs permettant la production des SP à travers la représentation en brique. Ces interfaces prendront en charge à la fois le respect de la méthodologie et le respect des modèles associés en ne laissant à l'utilisateur que la possibilité de produire des SP tels qu'ils sont valides par rapport à leur modèles.

## Le langage XSL, un méta-modèle de présentation statique ...

XML nous permettant de représenter logiquement l'information, il est nécessaire, pour envisager son édition sur un support de réappropriation de disposer d'un mécanisme permettant de transformer cette représentation logique en représentation physique (HTML, PDF, etc.). L'eXtensible Style-sheet Language, XSL ([www.w3.org/Style/XSL](http://www.w3.org/Style/XSL)), nous fournit la solution technique à ce problème. XSL est en effet un langage permettant de transformer un document XML en un autre document de format quelconque. Le langage XSL est fondé sur des instructions permettant de *matcher* des éléments du document source XML et de générer les informations correspondantes sur le document cible.

**Exemple** XSL permettra d'écrire des instructions du type "si j'ai un élément <important> mot important </important> dans la source alors je génère <b> mot important </b> dans la cible". Une telle instruction permettra de mettre tous les mots repérés comme important dans le document XML en gras dans un format d'édition HTML.

XSL est fondé sur le mécanisme XPath ([www.w3.org/TR/xpath](http://www.w3.org/TR/xpath)) permettant de pointer sur n'importe quel élément d'un document XML à partir de n'importe quel autre. Il est possible de représenter un document XML sous la forme d'un arbre, tel que sa racine a comme fils unique l'élément racine du document XML et que chaque noeud a comme fils les éléments qu'il contient et ses attributs.

### Exemple

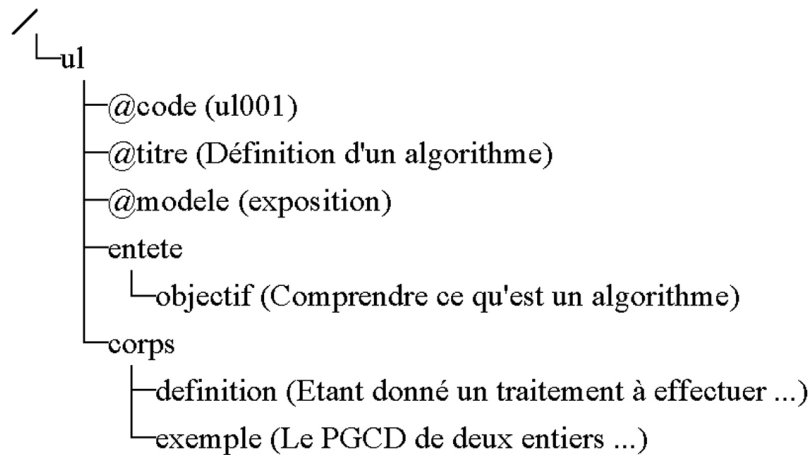


FIG.41 : exemple de représentation de document XML sous forme d'arbre

Le mécanisme XPath permet d'écrire des expressions renvoyant des *node-set* (ensembles de noeuds), des réels, des chaînes de caractères ou des booléens. L'exécution d'une expression XPath se fait toujours par rapport à un noeud courant. Nous fournissons ci-dessous les règles les plus importantes du mécanisme XPath.

Syntaxe	Explication
.	sélectionne le noeud courant
./x	sélectionne les éléments x fils du noeud courant
./x/y	sélectionne les éléments y petits fils du noeud courant et ayant comme père x
./@a	sélectionne l'attribut a du noeud courant
./*	sélectionne tous les fils du noeud courant
./*@	sélectionne tous les attributs du noeud courant
..	sélectionne le père du noeud courant
/	sélectionne la racine du document, indépendamment du noeud courant
.//*	sélectionne tous les descendants du noeud courant
x[1], x[2], etc.	sélectionne le premier x, le second x, etc.
x[last()]	sélectionne le dernier x
x[@a='v']	sélectionne les x tels que leur attribut a est égal à la valeur v
x[y]	sélectionne les x tels qu'ils ont un élément fils y
x[@a='v1' and @b='v2']	sélectionne les x tels que leurs attributs a et b sont respectivement égaux à v1 et v2
x[y or z]	sélectionne tous les x tels qu'ils ont un élément fils y ou z

TAB.19 : Aspects principaux de la syntaxe XPath

### Exemple

Voici quelques expressions XPath appliquées à l'exemple de document précédent.

```

./entete/objectif, appliqué au noeud ul renvoie la chaîne "Comprendre ce qu'est un
  algorithme".
./*, appliqué au noeud corps renvoie le sous arbre formé des éléments definition et
  exemple.
../@code, appliqué au noeud entete renvoie la chaîne "ul001".
./corps[2], appliqué au noeud ul ne renvoie rien, car ul n'a pas de second élément fils
  corps
/ul/corps/exemple renvoie la chaîne "Le PGCD de deux entiers ..." quelque soit le noeud
  courant.

```

Un programme XSL est un langage déclaratif, récursif, à base de règles de type prémisses-conclusion ou la prémisses est un XPath permettant de sélectionner des noeuds de la source et la conclusion le texte à écrire sur la cible.

### Exemple

```

Source : <a><b/><b/><c/></a>
Règle prémisses="/a/b" conclusion="BONJOUR"
Cible : BONJOUR BONJOUR

```

Nous n'entrerons pas dans la syntaxe du langage XSL sans intérêt pour le présent document. Nous précisons uniquement qu'un programme XSL est un document XML.

XSL nous fournit donc la technologie pour gérer la transformation de documents logiques en documents physiques, en permettant la mise en oeuvre d'une édition multi-contexte puisqu'il suffit d'écrire n programmes XSL et de les appliquer au même document XML pour disposer de n documents différents correspondant à différents choix de présentation, différentes possibilités de différents supports, différents formats, etc.

**Remarque** XSL est utilisé pour produire des documents physiques à partir de documents XML logiques, mais il est également utilisé pour effectuer des changements de DTD (c'est à dire transformer un document XML valide par rapport à une DTD en un second document XML valide par rapport à une autre DTD). En effet XSL permettant de produire tout autre document à partir d'un document XML, il permet en particulier de créer un nouveau document XML. Cette application est très utile pour la maintenance du système documentaire (par exemple pour mettre à jour des documents afin qu'ils correspondent à une nouvelle version de DTD) et pour l'export de documents selon des formats standard (par exemple pour transformer des documents représentés selon une DTD contextuelle en des documents représentés selon une DTD standard).

## Le langage de FC, un méta-modèle de présentation dynamique ...

XSL nous fournit une solution pour l'édition de document statiques, il est de fait totalement adapté à l'édition papier ou HTML standard. Néanmoins il est insuffisant pour la génération de documents dynamiques, permettant l'exécution d'actions de réappropriation, et donc insuffisant pour l'implémentation des feuilles de comportement. Nous avons donc construit une couche supplémentaire, le langage de FC.

Le langage de FC permet de réaliser automatiquement des IHM permettant de matérialiser des UL et des SP en fonction de leurs modèles structurels et d'activité. Ce langage exploite le langage XSL pour la mise en forme des informations statiques (le contenu) et dynamiques (les productions) et permet l'exécution des actions associées au modèle. Le langage comprend deux fonctions principales, la première permet d'associer le modèle à des comportements indépendants du contenu (par exemple l'action d'annotation) et de gérer leur mise en forme, et il permet d'associer des éléments du contenus à des comportements dépendants du contenu (typiquement l'affichage d'information, ou bien la spécification d'actions telle que la réponse à une question de compréhension posée dans une UL).

### Exemple

L'exemple commenté suivant permet de comprendre le mécanisme général des feuilles de comportement.

```
<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
<agentulbase racine="ul[@modele='ULCoursGeneral']">
<intitule type="xpath-statique">concat('Cours : ', @titre)</intitule>
<section>
<intitule type="fixe">Contenu</intitule>
<contenu type="xsl-statique" href="ulcours.xsl"/>
</section>
<section>
<intitule type="fixe">Infos</intitule>
<contenu type="xsl-statique" href="entete.xsl"/>
</section>
<actionproduiresimple>
<intitule type="fixe">Notes</intitule>
<pagemodification type="xsl-dynamique" href="noteperso.xsl"/>
</actionproduiresimple>
<actionproduiresimple>
<intitule type="fixe">Synthèse</intitule>
<pagemodification type="xsl-double" href="qsynthese.xsl"/>
</actionproduiresimple>
</agentulbase>
```

Cette FC concerne les UL de modèle ULCoursGeneral et est de type "agentulbase" (son élément racine), ce qui définit un type de comportement classique pour une UL (affichage d'information et d'actions à exécuter). Cette FC définit que l'UL se matérialisera par un intitulé, deux sections et deux actions associées. L'intitulé est défini ici par un Xpath statique, donc appliqué au contenu auctorial de l'UL en sélectionnant le titre précédé de la mention "Cours : ". Les deux sections sont définies par des XSL statiques, donc appliquées au contenu auctorial de l'UL, la première affichant le corps de l'UL et la seconde les informations de l'en-tête. Ces deux sections pourront être matérialisées par exemple par deux onglets. La première action, permettant de prendre des notes, est de type "actionproduiresimple", ce qui définit une action matérialisée par un bouton qui appelle une boîte de dialogue avec l'utilisateur. La mise en forme de cette action est définie par un XSL dynamique, c'est à dire appliqué au contenu produit par l'utilisateur. La seconde action, qui permet de répondre à une question de synthèse est matérialisée par un XSL double, c'est à dire appliquée à la fois au contenu auctorial (la question) et au contenu produit par l'utilisateur (la réponse).

Cette FC pourra donner lieu à une interface du type de celle proposée ci-dessous.

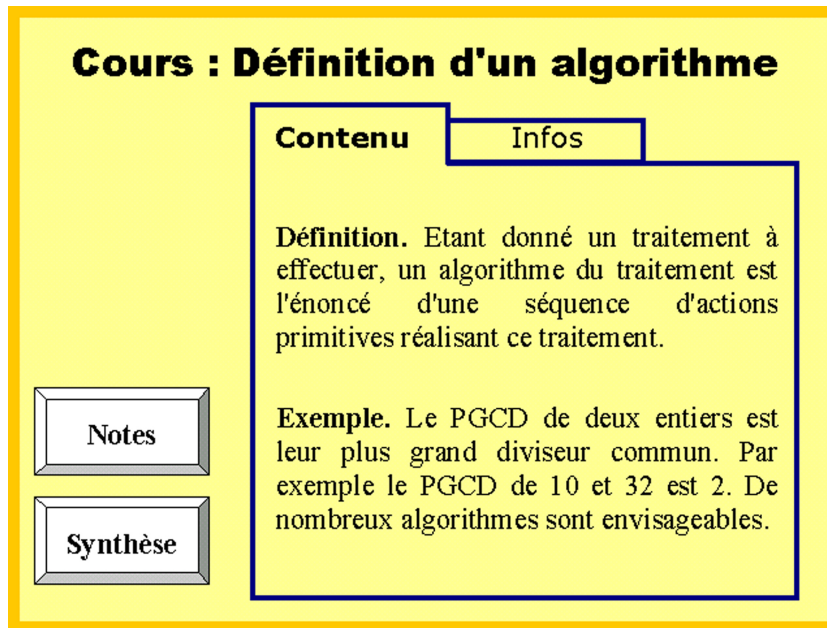


FIG.42 : Edition par une FC

**Remarque** Afin de mettre en forme des informations statiques en relation avec des informations dynamiques (par exemple une question de synthèse proposée dans une UL et la réponse produite par l'apprenant), il est nécessaire de mettre en place un mécanisme permettant de générer des XSL à partir d'autre XSL. Cela est possible puisque les XSL sont des documents XML. Ainsi on pourra associer un programme XSL à la partie statique de l'information afin de générer un second programme XSL, qui appliqué à la partie dynamique permettra de générer le document intégrant les parties dynamiques et statiques.

Le langage de FC est donc la dernière brique permettant d'implémenter le méta-modèle SP/UL, nous fournissant une approche documentaire, dans le prolongement du langage XSL, pour l'édition de documents dynamiques à partir de contenus structurés logiquement.

### Architecture d'un système documentaire ...

Le méta-modèle SP/UL est concrètement implémentable dans le respect des principes méthodologiques permettant l'industrialisation de la conception, grâce aux technologies XML. Nous présentons ci-dessous une architecture type permettant d'intégrer l'ensemble des composantes logicielles nécessaires à la mise en place de l'approche de conception.

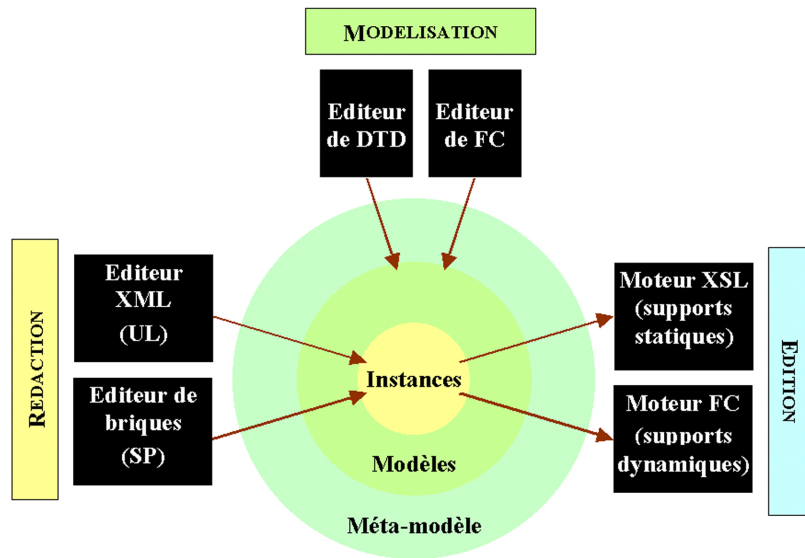


FIG.43 : Eléments d'architecture pour l'implémentation du méta-modèle SP/UL

### Exemple

Le schéma ci-dessous propose, quant à lui, un exemple de mise en place d'une telle architecture avec des outils réels existants.

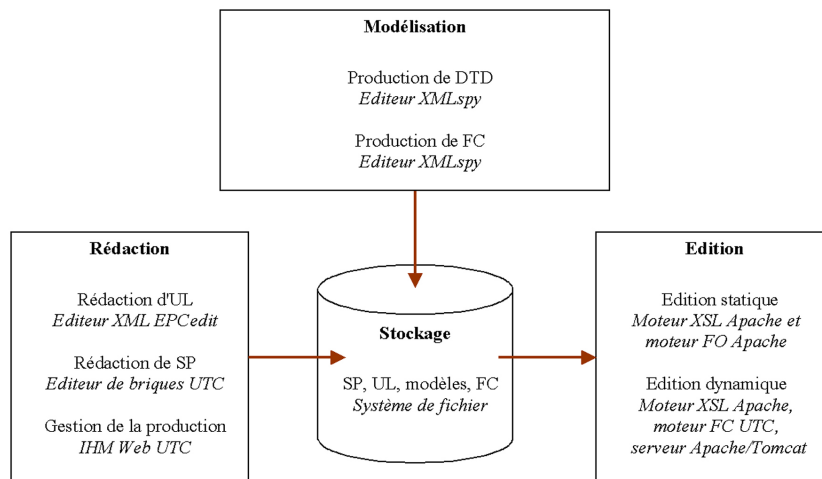


FIG.44 : Eléments d'architecture pour l'implémentation du méta-modèle SP/UL

Cet exemple repose sur des outils classiques de l'environnement XML, augmentés des développements spécifiques que nous avons dû conduire pour les besoins spécifiquement associés au méta-modèle SP/UL et aux FC. Notons également que le stockage peut-être assuré par un simple système de fichier, à condition toutefois de ne pas avoir de gestion complexe à mener, comme la gestion des versions, des droits d'accès, les recherches croisées, etc. Dans ce cadre une base de données est évidemment nécessaire.



---

## Chapitre 14

# Bilan sur le modèle de conception

### Un modèle de conception industrialisée ...

Notre problématique nous a conduit à mettre au point un modèle permettant de concevoir des supports pédagogiques numériques dans une optique de massification.

La solution que nous avons construite nous a permis de résoudre deux aspects fondamentaux du problème, intimement liés car résoudre l'un sans l'autre était sans réel gain :

- l'industrialisation de la production
- l'industrialisation de l'édition

Une fois modélisés, ces deux aspects ont dû également être abordés chacun selon deux angles, afin de permettre leur mise en oeuvre réelle, et de nouveau, ces deux angles n'ont pris leur dimension que traités conjointement :

- l'angle méthodologique
- et l'angle technologique

### Une logique de production de masse ...

Le méta-modèle SP/UL offre une solution conceptuelle pour représenter des contenus pédagogiques sur un support numérique. Cette solution permet d'intégrer la spécificité du support, à savoir la séparation entre représentation et présentation. Elle permet également d'intégrer la spécificité du domaine d'application, à savoir la scénarisation pédagogique et la mise à disposition des actions de réappropriation. L'intégration de ces deux dimensions nous permet d'envisager les objectifs liés à l'industrialisation de la conception, tels que l'augmentation de la productivité, le contrôle qualité, la maintenance, l'exploitation multi-contexte, etc.

La mise en oeuvre du méta-modèle SP/UL a été possible grâce à deux facteurs déterminants : le formalisme XML et la maturité technologique sur laquelle nous avons pu nous appuyer d'une part et un terrain d'application qui a permis la mise au point d'une méthodologie en adéquation avec la pratique d'autre part.

### Une logique d'édition de masse ...

Si le méta-modèle SP/UL permet la production de contenus répondant à des besoins d'industrialisation, son utilité restait subordonnée à la mise au point de concepts équivalents pour l'édition de cette information. La solution apportée par le langage de FC en est la réponse, dans la mesure où il permet effectivement une édition de qualité, c'est à dire répondant aux standards actuels du numérique en terme de mise en forme, d'interaction et d'ergonomie, et ce indépendamment des volumes traités.

L'approche des FC tranche avec la pratique actuelle, qui, pour éditer des documents de qualité, se fonde plutôt sur des approches artisanales, telles que les logiciels auteurs. Ce changement de point de vue sur le problème est déterminant dans la mesure où il permet réellement d'envisager la massification au sein de l'ensemble de la chaîne de conception.



## **PARTIE IV**

# **APPLICATIONS ET EXPÉRIMENTATIONS**

**Résumé.** Nous proposons une approche de conception industrielle de supports pédagogiques numériques, fondée sur le méta-modèle SP/UL. Ce modèle a été conçu à partir d'une étude de l'état de l'art d'une part, et de deux applications expérimentales d'autre part. L'expérience XF01 a permis d'appliquer l'approche à la conception d'un cours d'introduction à l'informatique destiné aux étudiants de première année de l'Université de Technologie de Compiègne. Le support créé a été expérimenté à trois reprises dans des conditions réelles d'enseignement. Cette première expérience a permis de valider un certain nombre d'hypothèses, notamment concernant la structuration logique des informations multimédia et la séparation entre scénario et contenu. Néanmoins l'approche mise en oeuvre est restée semi-industrielle d'un point de vue méthodologique et technologique. Le projet SCENARI a permis une implémentation plus fidèle du méta-modèle SP/UL, grâce à un cadre d'application nécessitant réellement une approche industrielle de conception, le volume des contenus à traiter étant de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers de pages. Ce projet est porté par un partenariat entre la Formation Continue de l'UTC, maître d'oeuvre du projet, l'entreprise Axa, utilisateur des supports, et les associations AEA et ICEP, fournisseurs de contenu. Ce projet, même s'il n'a pu encore intégrer l'ensemble des aspects de l'approche de conception, a permis de valider l'opérationnalité du modèle et de mesurer les gains d'une telle approche dans un contexte de massification.

# Chapitre 15

## L'expérience XF01

### 1. Cadre d'expérimentation

#### Contexte de l'expérience ...

Cette première expérience concerne la réalisation d'un support pédagogique numérique pour l'enseignement des bases de l'algorithmique et de la programmation (cours NF01), à l'Université de Technologie de Compiègne, en Tronc Commun (cycle de préparation à la formation d'ingénieur, équivalent au DEUG).

Traditionnellement ce cours concerne 150 à 250 étudiants. Le dispositif d'enseignement est classiquement composé d'une heure et demi de cours magistral en amphithéâtre, de deux heures de travaux dirigés en groupes réduits (24 étudiants) et d'une heure de travaux pratiques sur machines en demi-groupe (12 étudiants). Face aux problèmes, également classiques, rencontrés au cours de cet enseignement (tels que la fidélisation des étudiants au cours, la séparation entre théorie et pratique ou l'autonomisation des étudiants), certains aménagements ont été recherchés. Ainsi le cours magistral a été modifié, par l'introduction de séquences de questions-réponses, afin de laisser plus de place à l'interaction avec les étudiants, sans beaucoup de succès, l'effectif trop important étant peu adapté à ce modèle. C'est dans ce contexte que l'expérience a été menée, afin d'observer ce qu'un dispositif pédagogique innovant, centré autour d'un support numérique, pouvait apporter.

Une fois le support réalisé, il a été utilisé au sein d'un premier dispositif expérimental durant deux semestres d'enseignement, à l'automne 1999 et au printemps 2000. 230 étudiants suivaient le cours NF01 lors du premier semestre et 130 lors du second. Dans les deux cas 20 étudiants ont été isolés (au hasard) pour suivre l'expérience (intitulée XF01), tandis que les autres continuaient de suivre le cours selon le schéma classique. Le dispositif pédagogique de XF01 était constitué de 3 heures par semaine de séances tutorées autour du support numérique, dans une salle informatisée, (en remplacement des cours et TD) et d'1 heure de travaux pratiques (identique au schéma classique).

La séance tutorée regroupait cours et exercices selon le déroulement suivant :

- Les étudiants préparent chez eux le cours et les exercices à partir d'un support papier
- Au début de chaque séance les étudiants posent des questions au tuteur afin de préciser les points mal compris
- Les étudiants travaillent en binôme de façon autonome avec le support numérique : lecture/annotation du cours et résolution des exercices (avec accès à des indices et aux solutions)
- Le tuteur répond à des questions des étudiants, reprend l'attention de l'ensemble de la classe pour exposer un point ardu, interroge des étudiants pour les guider, etc.
- Les étudiants participent à un ensemble de travaux de restitution (synthèse des questions et réponses posées, résolution d'exercices au tableau, réponse à des QCM)

Enfin une troisième expérience a été menée, à l'automne 2000, afin de tester une approche pédagogique similaire dans son organisation, mais s'appuyant uniquement sur le support papier sans accès au support numérique. Ce dispositif répondait donc aux mêmes caractéristiques, 3 heures de séances tutorées autour du support papier, et un déroulement fondé sur le schéma préparation, questions, travail autonome, guidage, restitution.

**Remarque** Les acteurs de cette expérience étaient Philippe Trigano, responsable de l'enseignement, Fabrice Issac, tuteur pour la seconde expérience, et Stéphane Crozat, concepteur de l'application et tuteur pour la

première et la troisième expérience.

## **Etat d'avancement, objectifs et modes d'évaluations ...**

Le support créé pour mener cette expérience a été conçu pendant l'été 1999, c'est à dire au terme de notre première année de travail. Le méta-modèle SP/UL en était à une première version : les notions de séparation entre fond et forme, entre scénario et contenu et entre information et actions étaient déjà exprimées, les unités d'information répondaient globalement au modèle actuel, mais n'incluaient pas les méta-informations, les scénarii étaient limités, sans notion de transition ni de contrainte et la notion d'évaluation d'UL ou de SP n'existait pas.

Les technologies utilisées n'étaient pas fondées sur XML et donc pas particulièrement adaptées à notre approche. Elles ont néanmoins permis d'appliquer la plupart des principes, mais avec une efficacité considérablement réduite. Nous pouvons caractériser l'approche adoptée de semi-industrielle de part l'ensemble des lacunes qui ne permettent pas son extension réelle à une échelle massive de conception. L'objectif de cette première expérience était donc avant tout de valider les hypothèses fondatrices de structuration logique, de scénarisation séparée et de mise à disposition d'actions de réappropriation. Elle a permis d'autre part d'observer un usage de formation autour d'un support ainsi conçu.

Quatre modes d'évaluations ont été menés aux cours des trois expériences, afin d'observer la pratique :

- Une évaluation par questionnaire de l'appréciation des étudiants
- Une évaluation par entretien de l'appréciation des tuteurs
- Une évaluation par comparaison de résultats aux examens avec les étudiants suivant l'approche classique
- Une observation filmée par un expert de l'évaluation des dispositifs pédagogiques

## **2. Description de l'application**

### **Expertise pédagogique ...**

L'expertise pédagogique a été menée selon la méthode inspirée des actes pédagogiques (Ghitalla, 2001).

Famille	Acte	Acteur	Support	Méta	Structure	Actions
Exposition	Lire/Ecouter le cours	Apprenant	X			X
Exposition	Annoter le cours	Apprenant	X			X
Exposition	Expliquer un concept	Tuteur				
Exposition	Copier le cours oral	Apprenant				
Exposition	Donner une définition	Tuteur	X		X	
Exposition	Donner une approche méthodologique	Tuteur	X		X	
Exposition	Donner un exemple	Tuteur	X		X	
Exposition	Référencer un concept	Tuteur				
Exposition	Approfondir un concept	Tuteur	X		X	
Exposition	Illustrer un concept	Tuteur	X		X	
Exposition	Répondre à une question sur ce concept	Tuteur				
Exposition	Simplifier un concept	Tuteur				
Exposition	Situer un concept par rapport au plan	Tuteur	X			X
Exposition	Situer un concept par rapport à une évaluation	Tuteur				
Exposition	Situer un concept par rapport à une culture générale	Tuteur				
Exposition	Suivre le parcours d'un étudiant	Tuteur				
Exposition	Donner les mots-clés du cours	Tuteur	X	X		
Exposition	Mettre en valeur une partie du cours	Apprenant	X			X
Pratique	Donner un énoncé d'exercice	Tuteur	X		X	
Pratique	Résoudre un problème	Apprenant	X			X
Pratique	Situer l'exercice par rapport à un niveau de difficulté	Apprenant et Tuteur	X	X		
Pratique	Situer l'exercice par rapport à une évaluation	Tuteur				
Pratique	Situer l'exercice par rapport à un temps de résolution	Tuteur	X	X		
Pratique	Accompagner à trouver la solution (fournir des indices)	Tuteur	X		X	X
Pratique	Donner une solution	Tuteur	X		X	X
Pratique	Auto-évaluer sa capacité à résoudre les exercices	Apprenant	X			X
Pratique	Evaluer et commenter une solution (correcte ou non)	Tuteur				
Expérimentation	Créer (écrire un programme)	Apprenant				
Expérimentation	Expérimenter, simuler (voire des exécutions de programme)	Apprenant				
Expérimentation	Ecrire un compte rendu d'expérience	Apprenant				
Expérimentation	Aider à la manipulation	Tuteur				
Discussion	Poser une question	Apprenant	X		X	
Discussion	Répondre à une question	Tuteur	X		X	
Discussion	Deviner une question	Tuteur				
Discussion	Reformuler une question	Apprenant				
Discussion	Gérer la communication	Tuteur				
Discussion	Conserver une mémoire des questions et réponses	Apprenants et Tuteur	X			X
Evaluation	Poser des questions	Tuteur	X		X	
Evaluation	Répondre aux questions	Apprenant	X			X
Evaluation	Proposer des réponses	Tuteur	X		X	
Evaluation	Corriger des réponses	Tuteur	X			X
Evaluation	Donner les bonnes réponses	Tuteur	X		X	
Evaluation	Evaluer des connaissances antérieures (pré-évaluation)	Tuteur				
Evaluation	Vérifier la compréhension de ce qui vient d'être exposé (évaluation immédiate)	Tuteur				
Evaluation	Donner une évaluation à la fin d'une étape (évaluation continue)	Tuteur	X			X
Evaluation	Donner un examen (évaluation sommative)	Tuteur				
Evaluation	Positionner une évaluation par rapport à une certification ou un niveau académique	Tuteur				
Evaluation	Enoncer les critères d'évaluation	Tuteur				

TAB.20 : Expertise pédagogique pour l'expérience XF01

Concernant les SP, un unique modèle a été formulé, le SP étape, dont le modèle de scénario est représenté par la brique ci-après.

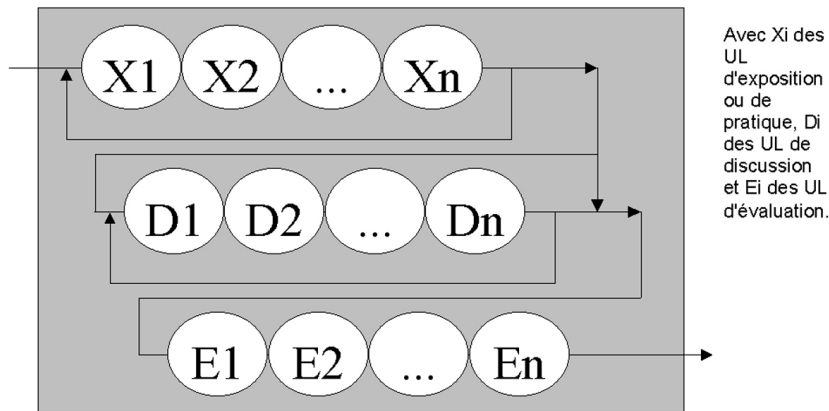


FIG.45 : SP Brique pour l'expérience XF01

## Modélisation ...

Les informations de modélisation ont été extraites de l'expertise pédagogique.

Modèle d'UL	Méta	Structure	Actions
<b>Exposition</b>	Mots-clés	Définition Exemple Méthodologie Illustration Approfondissement	Lire Annoter Mettre en valeur Donner le sommaire
<b>Pratique</b>	Difficulté Temps	Enoncé Indices Solution	Résoudre Regarder un indice Regarder une solution S'auto évaluer
<b>Discussion</b>		Question Réponse	Regarder les questions et réponses déjà posées
<b>Evaluation</b>		Questions Propositions de réponses Réponses correctes	Répondre Corriger ses réponses Etre évalué

TAB.21 : Modèles pour l'expérience XF01

L'implémentation des modèles de SP et UL a été réalisée à l'aide du SGBRD Microsoft Access. L'objectif de ce premier développement n'était pas de valider des choix technologiques, mais d'expérimenter les concepts du méta-modèle SP/UL. A ce titre le choix d'Access permettait un développement très rapide, notamment en ce qui concerne l'interface. Le schéma relationnel permet d'exprimer les modèles, tels que deux tables représentent un modèle d'UL, une pour les données statiques et une pour les données dynamiques, et que deux tables représentent le modèle de SP d'étape, une pour les méta-informations et une pour les scénarii.

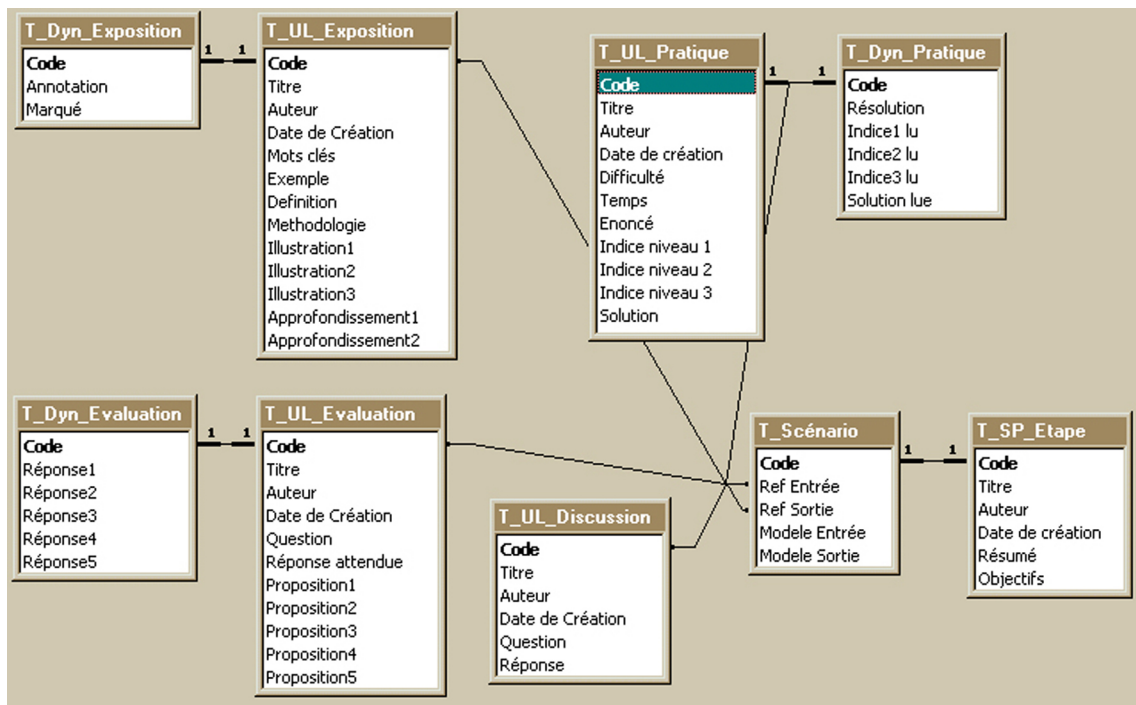


FIG.46 : Modélisation sous forme de Schéma Relationnel

## Rédaction ...

La rédaction a été menée à partir du polycopié existant pour le cours de NF01, qui constituait donc l'expertise auctoriale préalable. Les ressources ont été produites avec Word pour les documents spatiaux, un logiciel de traitement de son standard pour les documents audio et Macromédia Authorware pour les interactions.

## Exemple

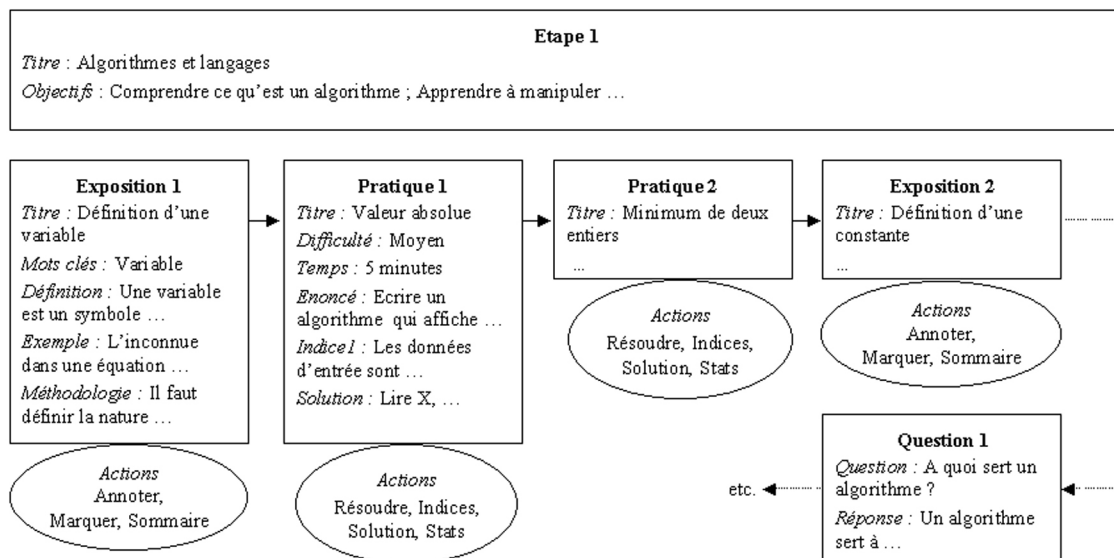


FIG.47 : Exemples de contenus XF01 scénarisés

## Edition ...

Un prototype a ensuite été réalisé, grâce à l'éditeur de formulaires d'Access, afin de permettre la consultation des contenus et l'exécution des actions sur support numérique. Nous proposons ci-après d'illustrer cette réalisation à travers quelques écrans clés du logiciel correspondants aux SP Etape1, UL Exposition1 et UL Pratique1. L'écran d'étape permet de choisir l'étape à traiter (bandeau supérieur) et à partir de cette étape de naviguer vers : le cours, les exercices, l'évaluation ou les questions-réponses associées (l'image de fond est réactive). L'écran d'exposition permet la consultation du contenu et l'exécution des actions associées à travers une fenêtre mobile (visible sur la copie d'écran à droite). On note également que le contenu est multimédia et peut renvoyer vers des fichiers exécutables externes, telles que des simulation interactives (ici en cliquant sur l'icône "Formes algorithmiques" en bas à droite). Enfin on peut naviguer depuis l'unité logique en cours vers les unités logiques suivantes (barre de navigation en bas de l'écran). L'écran de pratique permet d'afficher les énoncés, tandis qu'une fenêtre mobile (en bas à droite) supplémentaire permet de saisir la résolution, de visualiser des indices et la solution une fois l'exercice résolu.

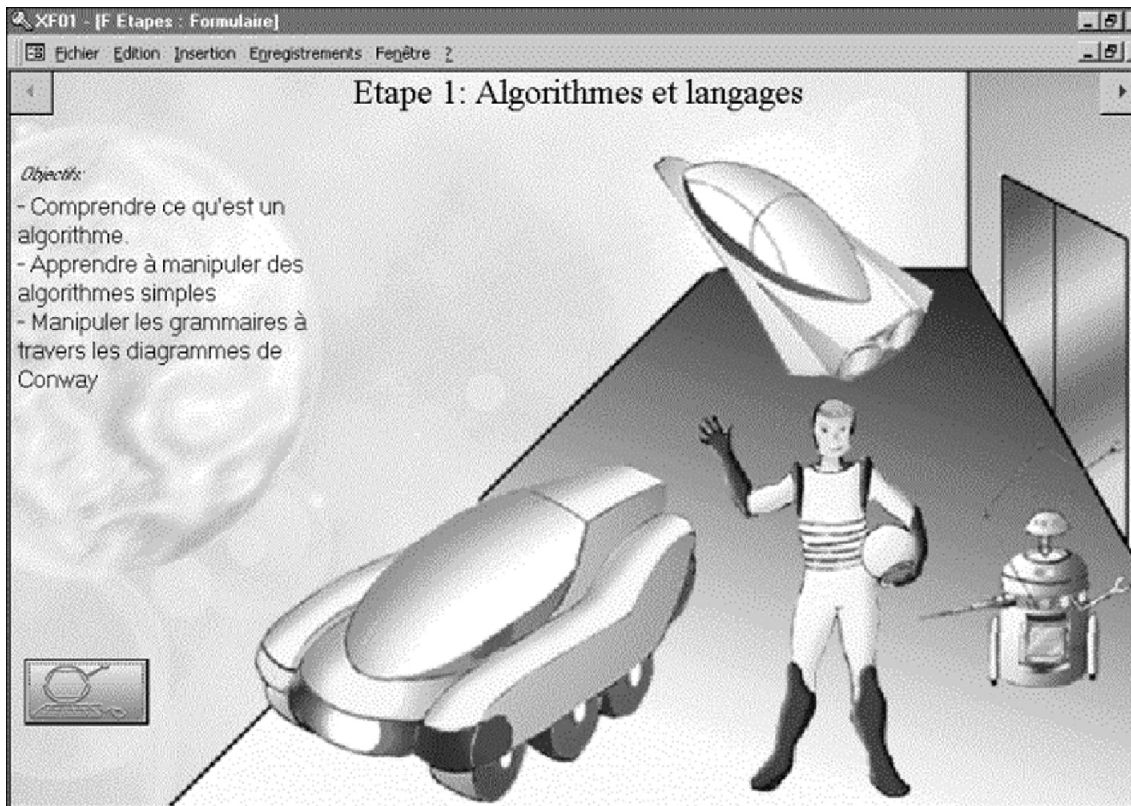


FIG.48 : Ecran d'étape

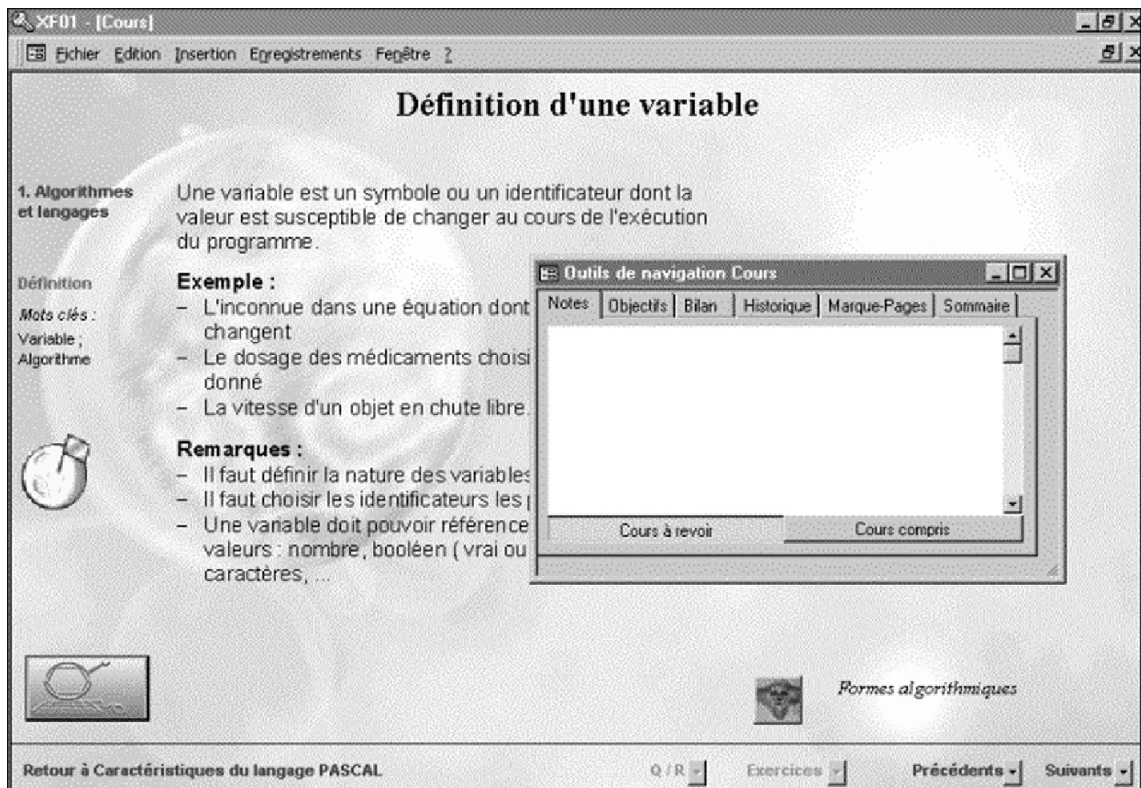


FIG.49 : Ecran de cours

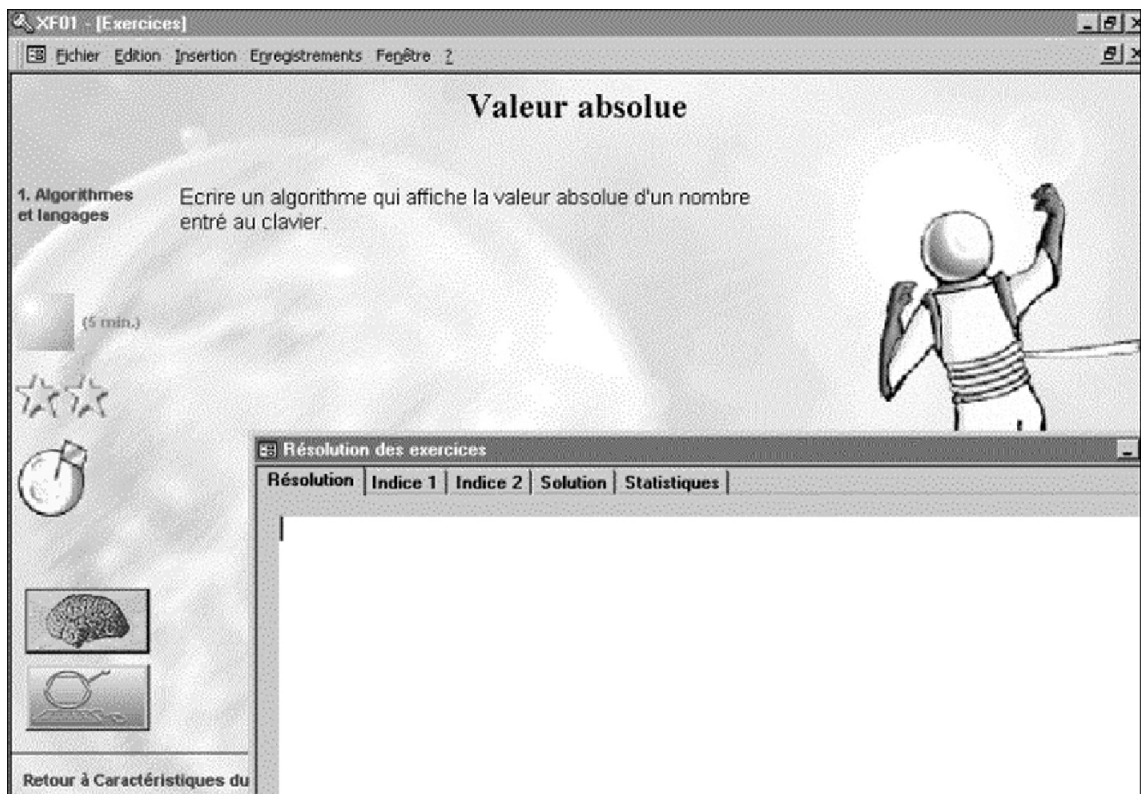


FIG.50 : Ecran d'exercice

Un support papier a également été réalisé, grâce à l'éditeur d'états d'Access, afin de rendre disponible l'ensemble des contenus spatiaux indépendamment d'un accès à un ordinateur.

5. Structures itératives
Cours

---

Définition

## La boucle WHILE en PASCAL

La boucle WHILE (Tant Que) est une boucle à bornes non définies.

**Syntaxe**  
While *expression* do *instruction*

**Remarques**

- La boucle s'arrête si expression est fausse
- Pas de boucle si expression fausse au départ
- Incrémentation gérée par le programmeur lui même, c'est à dire qu'il n'y a pas d'augmentation automatique d'une variable (contrairement à la boucle For)

```

program boucle_while;
var
  i integer;
begin
  i:=1;
  while i <= 5 do
  begin
    writeln('le carré de ', i, ' est ', sqr(i));
    i:=i+1; { incrémentation gérée par le
            programmeur }
  end;
  writeln;
  writeln('FIN. A la prochaine...');
end.

```

*Exemple de boucle WHILE*

---

Renvois :
Exercices :

---


Définition

## La boucle REPEAT en PASCAL

La boucle REPEAT (Répéter) est une boucle à bornes non définies.

FIG.51 : Edition papier

Enfin une partie des contenus, les questions et réponses des UL de discussion, ont été édités en HTML et mis à disposition sur le Web.



[0. Questions Générales](#)

[1. Algorithmes et langages](#)

[2. Programmation structurée et méthodologie](#)

[3. Aperçu du langage PASCAL](#)

[4. Premiers pas en PASCAL](#)

[5. Structures itératives](#)

[6. Tableaux et chaînes de caractères](#)

## Questions / Réponses

### ETAPE 1 : Algorithmes et langages

---

**Question 1 : A quoi servent les diagrammes de Conway ?**

Les diagrammes de Conway servent à représenter des langages.

---

**Question 2 : Pourquoi utilise-t-on des "ronds" et des "carrés" dans les diagrammes de Conway ?**

Pour distinguer les éléments terminaux et non-terminaux du langage. Les éléments terminaux inscrits dans un "rond" sont les mots du langage, tandis que les éléments non-terminaux, inscrits dans un "carré", doivent être dérivés en éléments terminaux. Dans le langage :  $L = a - B - c$  (où a et c sont terminaux et B non-terminal), on sait qu'on aura des mots de la forme "a?c" ("a" quelque chose "c"), mais B doit être précisé pour pouvoir définir le langage. Si on ajoute :  $B = z$  ou  $y$  (avec z et y terminaux), alors on sait que le langage L est restreint aux mots "azc" et "ayc".

---

**Question 3 : Qu'est ce qu'un diagramme de Conway récursif ?**

Un diagramme de Conway est dit récursif si certains de ses éléments non terminaux se définissent par rapport à eux mêmes. Par exemple soit le langage L tel que :

FIG.52 : Site Web Question/Réponse

### 3. Observations et résultats

#### De l'expertise pédagogique à la modélisation ...

La modélisation a été menée aisément depuis l'expertise pédagogique. Il reste néanmoins difficile de valider l'approche de ce point de vue car les deux rôles, de description pédagogique et de modélisation, étaient tenus par la même personne. La seule conclusion qu'il est possible d'en tirer est que si un expert du domaine pédagogique s'approprie le méta-modèle SP/UL, alors il lui est possible de réaliser la modélisation. Néanmoins cette hypothèse n'est pas tenable dans un cadre de conception industrielle pour lequel les experts du domaine et de la modélisation sont distincts.

Une observation importante relevée lors de cette expérience, est que la définition des modèles doit s'appuyer sur des techniques très souples, afin de pouvoir être aménagée facilement. En effet la modélisation ne peut être vue comme une étape préliminaire parfaite qui fixe des règles absolues pour la suite, mais plutôt comme un cadrage progressif et évolutif de la conception. De ce point de vue la choix d'un SGDBR est assez inapproprié, car la rigidité du modèle relationnel est peu compatible avec ce besoin de souplesse. En effet, l'ajout d'un nouveau modèle, ou pire la modification d'un modèle existant, nécessitent de modifier le schéma relationnel et donc les fondements de l'application et de ce fait de la revoir profondément.

#### L'écriture sous contraintes et multimédia ...

L'expérience XF01 a été l'occasion de produire une centaine d'UL, organisées au sein de dix SP. La rédaction de contenus dans le respect d'un ensemble de contraintes fixées par un modèle explicite change profondément le métier d'auteur. La recherche d'unités nécessaires et suffisantes, la séparation du contenu et de sa scénarisation ou la rédaction de contenus indépendamment d'une mise en forme sont autant de paramètres nouveaux dans la pratique de production de contenus pédagogiques.

Nous avons néanmoins observé qu'une fois ces paramètres intégrés, les contraintes de rédactions rendaient plutôt la rédaction plus facile. En effet, elles fournissent un cadre méthodique qui permet d'optimiser la rédaction, et elles permettent à l'auteur de se concentrer sur son travail d'écriture sans être parasité par des considérations d'édition. La courbe ci-après permet de rendre compte des temps observés pour la rédaction sous contraintes d'une UL, qui diminue à mesure que l'habitude de travail est prise, et finit par être plus rapide que la rédaction libre d'une page HTML ou Word de qualité équivalente.

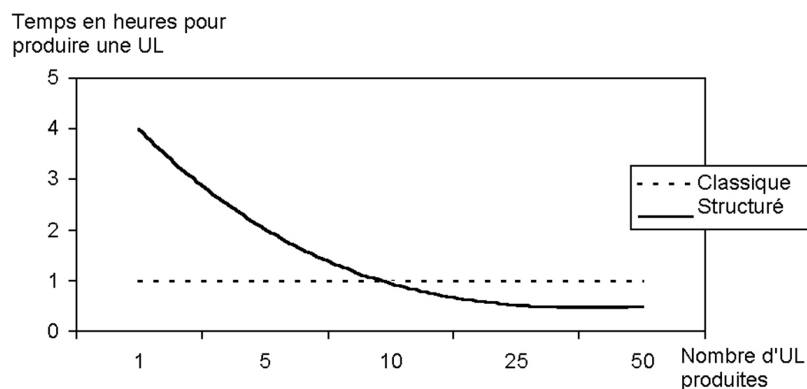


Fig.53 : Evolution du temps de rédaction structurée d'une UL pour XF01

#### L'édition multi-supports ...

La modélisation des contenus au sein du SGDBR a permis une expérience d'édition multi-supports, écran et papier en l'occurrence. Cette expérience a relativement bien fonctionné dans l'environnement d'Access, ses outils d'édition étant particulièrement adaptés à la modélisation relationnelle et à la manipulation des informations par le langage SQL. Il a été beaucoup plus difficile d'éditer les contenus en HTML pour le Web. La principale limite rencontrée réside dans le format non standard des contenus textuels saisis avec Word. Il est de ce fait difficile, voire impossible, de les exploiter hors d'un cadre Microsoft.

Le conclusion de ce travail est qu'il est souhaitable de recourir à un format logique pour la représentation des contenus textuels, seule solution pour envisager réellement une édition multi-supports.

## Acceptation par les apprenants ...

A la fin de chacune des trois expériences, les étudiants ont été soumis à un questionnaire individuel, portant sur leur appréciation de l'expérience. Nous proposons d'en résumer ci-après les résultats les plus significatifs.

Questions	Réponses Positives 1ère expérience	Réponses positives 2ème expérience	Réponses positives 3ème expérience
Avez-vous trouvé l'approche plus agréable qu'un cours normal ?	100%	85%	95%
Avez-vous eu la sensation que l'enseignant s'est plus occupé de vous que dans un schéma classique ?	100%	100%	85%
Cette approche vous a-t-elle semblé plus apte à adapter l'enseignement au cas de chacun ?	100%	100%	90%
Le fait d'utiliser un logiciel comme support de cours vous a-t-il attiré ?	95%	85%	
Pensez-vous que vous avez mieux appris au sein de cette expérience que vous ne l'auriez fait dans un cadre classique ?	85%	85%	65%
Pensez-vous que vous allez réussir à l'examen, alors que vous pensez que vous auriez échoué sans cette approche ?	25%	15%	5%
Souhaiteriez-vous étendre cette façon d'apprendre aux autres cours ?	85%	100%	70%
Avez-vous eu l'impression de manquer de cours (du fait de ne pas avoir de cours oral construit) ?	10%	0%	40%
Pensez-vous avoir plus travaillé que dans une approche classique ?	75%	100%	50%
Cette approche vous a-t-elle permis de gagner en autonomie ?	85%	80%	70%
Auriez-vous souhaité être plus dirigé dans votre apprentissage ?	40%	0%	50%
Auriez-vous travaillé seul plutôt qu'en binôme ?	0%	15%	50%
Etes-vous venus plus souvent que vous ne l'auriez fait pour un cours ou un TD classique ?	70%	65%	30%

TAB.22 : Evaluation des expériences XF01

Concernant les deux premières expériences utilisant le support numérique, la conclusion principale que nous pouvons tirer de cette évaluation est que les étudiants sont massivement satisfaits de cette approche. Ils sont plus motivés, plus en confiance, et trouvent l'approche plus agréable. Ils sont peu déroutés (à part les 40% d'étudiants qui auraient souhaité être plus dirigés lors de la première expérience) et apprécient de travailler en binôme, avec un logiciel, et de façon autonome.

La troisième expérience, bien que toujours positive en terme d'appréciation (95% des étudiants trouvent l'approche plus agréable et 70% souhaiteraient étendre l'expérience), elle reste moins plébiscitée (le cours oral a manqué à 40%, 50% auraient souhaité être plus dirigés, 50% auraient préféré travailler seul).

Il reste difficile de mesurer la part prise par le logiciel et la part prise par l'approche pédagogique dans les résultats positifs de l'expérience. Les résultats moins probants lors de la troisième expérience tendent à confirmer que le logiciel offre un cadre plus propice à la mise en oeuvre d'une approche pédagogique ouverte. Le dispositif avec logiciel est notamment plus adapté au travail autonome individualisé, tandis que le support papier reste lié au travail de groupe.

## Comparaison de résultat aux examens ...

Tandis que 20 étudiants suivaient chaque semestre l'expérience XF01, le reste des étudiants suivaient le mode classique d'enseignement de ce cours. Néanmoins les deux groupes (XF01 et classique) ont été soumis aux mêmes examens. Les résultats que nous exposons n'ont pas valeur de généralisation, ils restent statistiquement peu significatifs. Ils permettent néanmoins d'ajouter un indicateur supplémentaire aux autres formes d'évaluation.

Notons que lors du premier semestre l'évaluation avait la forme d'un unique examen final (sous une forme de questionnaire à choix multiples autorisant les notes négatives), tandis qu'au second et troisième semestre elle était constituée de deux examens, médian et final (sous une forme classique).

	Minimum		Moyenne		Maximum	
	XF01	Classique	XF01	Classique	XF01	Classique
1 ère expérience	3	-5	<b>8,77</b>	<b>8,75</b>	18	19
2 ème expérience (médian)	8	4	<b>12,11</b>	<b>11,09</b>	17	18
2 ème expérience (final)	6,5	4	<b>12,11</b>	<b>11,64</b>	17,5	19
3 ème expérience (médian)	6	3	<b>11,79</b>	<b>11,26</b>	16,25	19
3 ème expérience (final)	0	0	<b>8,35</b>	<b>8,05</b>	13,75	16,25

TAB.23 : Résultats aux examens (XF01)

On observe les résultats suivants :

- La première expérience donne des résultats assez difficilement interprétables (l'examen atypique l'évaluant ajoutant un aléa). Les moyennes sont identiques pour les deux groupes, mais la répartition est chaotique. Pour le groupe XF01 les notes sont plus centrées autour de la moyenne (8,8) ou bien très bonnes. Pour le groupe classique les notes sont centrées au-dessus de la moyenne ou alors très mauvaises.
- Par contre, les notes sont visiblement meilleures dans le groupe XF01 pour la seconde et la troisième expérience. Les répartitions sont globalement identiques.
- Notons enfin qu'il a moins de notes très basses dans le groupe XF01 pour les trois expériences, ce qui peut-être rapproché d'une plus grande motivation (pas d'abandon).

On observe que les résultats aux examens sont globalement meilleurs dans les groupes XF01, surtout concernant la seconde expérience. Rappelons néanmoins que ces résultats ne sont pas statistiquement significatifs, mais uniquement indicatifs.

## Acceptation par les tuteurs ...

Dans le schéma classique un enseignant expose l'information aux étudiants qui l'apprennent. Le modèle appliqué en XF01 change assez profondément la relation pédagogique, dans la mesure où l'exposition de l'information est assurée par le support, ce qui modifie le rôle de l'enseignant (renommé tuteur). Ainsi les étudiants travaillent de façon plus autonome, grâce aux possibilités offertes par le support, et le tuteur les accompagne. Notons que lors de la première et la troisième expérience le tuteur était aussi le réalisateur du support, tandis que lors de la seconde expérience, il s'agissait d'un autre enseignant.

On peut résumer les appréciations concordantes des deux tuteurs comme suit :

- **Déplacement de l'exposition vers l'accompagnement** : le logiciel permet de ne pas faire le travail (plus expositif) d'exposition du contenu mais plutôt un travail d'accompagnement (explications, guidage, etc.) plus agréable et plus valorisant.
- **Soutien aux étudiants en difficulté** : il est plus facile de passer plus de temps avec les étudiants en difficulté, les autres pouvant avancer de façon autonome. De plus le dispositif permet aux étudiants en difficulté de travailler en aparté avec le tuteur, c'est à dire sans le poids constant du regard du reste de la classe.
- **Gestion des différences de niveau (personnalisation)** : il est possible d'ajuster l'enseignement à chacun, approfondissant certains points avec certains, survolant d'autres aspects avec d'autres.
- **Motivation** : il est plus facile de passer du temps pour motiver les étudiants, en expliquant les tenants et aboutissants du cours.
- **Autre relation pédagogique** : le support informatique permet (paradoxalement ?) l'établissement d'une relation humaine plus riche entre le tuteur et les étudiants.
- **Appropriation** : Lors de la seconde expérience, le tuteur, qui n'était pas l'auteur du logiciel, a ressenti des difficultés pour se rapprocher le support et l'adapter à sa propre approche d'enseignement. En effet l'enseignant perd une certaine liberté d'approche pédagogique, globalement imposée par le support.
- **Investissement** : Une telle approche requiert plus d'investissement lors des séances de cours que pour un enseignement classique. Il est en effet nécessaire de rester constamment à l'écoute de chacun des étudiants. Pour schématiser, il s'agit de travailler vingt fois avec chaque étudiant plutôt qu'une fois pour vingt

étudiants.

- **Contrôle** : L'approche est plus difficile que dans un enseignement classique, en effet le déroulement pédagogique est moins contrôlable et plusieurs déroulements coexistent simultanément. Il est donc nécessaire d'avoir une très bonne maîtrise de l'ensemble du contenu.
- **Dispositif sans support numérique** : L'enseignement sans logiciel, mais uniquement avec les supports papiers est beaucoup plus difficile à organiser du point de vue de la gestion des documents (distribuer les cours, les exercices, les corrections, les aides de résolution aux élèves de façon personnalisée est quasiment impossible et la gestion redevient une gestion de groupe). Le support numérique permet d'organiser l'autonomie et l'individualisation, ce que permet beaucoup moins bien le support papier.

### Avis d'un observateur extérieur ...

Un observateur extérieur, Franck Ghitalla, expert de l'analyse des dispositifs pédagogiques a filmé et analysé à l'aide de sa grille d'observation fondé sur les actes pédagogiques (Ghitalla, 2001) une séance de cours tutoré XF01 lors de la seconde expérience. Ses observations générales décrivent le déroulement de la pédagogie mobilisée comme une approche plus ouverte (ce qui concorde avec les objectifs de l'expérience) mais qui s'inscrit toujours dans le cadre d'un enseignement et non réellement d'un apprentissage. En effet, si le rythme est individualisé, les objectifs et la formation restent commun au groupe.

La répartition des actes pédagogiques observés selon les quatre catégories, organisation, exposition, régulation, guidage est la suivante.

Catégorie d'acte pédagogique	Répartition
Organisation	2 %
Exposition	37 %
Régulation	32 %
Guidage	29 %

TAB.24 : Répartition des actes pédagogiques de XF01

On observe donc des actes de régulation et de guidage en proportion beaucoup plus importante que dans un scénario d'enseignement classique, ce qui caractérise une approche plus ouverte que magistrale. La part d'exposition reste très importante, mais l'on observe que les actes d'exposition purs, étant intégrés au sein du support, laisse la place aux actes de démonstration, reformulation, explication, commentaires, etc.

---

# Chapitre 16

## Le projet SCENARI

### 1. Cadre d'expérimentation

#### Contexte d'application ...

Le projet SCENARI (Système de Conception d'Enseignements Numériques Adaptables Réutilisables et Interactifs) a pris naissance au début de l'année 2000 dans le cadre d'un partenariat entre le département de Formation Continue de l'UTC, l'entreprise Axa et les centres de formation de l'Association pour l'Enseignement des Assurances et de l'Institut Polytechnique d'Enseignement Comtois (Bachimont et al., 2000) (Majada et al., 2000) (Crozat et al., 2000). L'objectif général du projet était la constitution d'un dispositif numérique de formation à distance pour les contenus de l'AEA et de l'ICEP, pour la formation continue au sein d'Axa, l'UTC étant le partenaire technologique ayant en charge le développement informatique. Fonctionnellement, le système devait permettre la production et la maintenance aisée de formations scénarisées, la personnalisation de ces formations à partir d'une prescription pédagogique et leur mise en oeuvre par édition des documents sur des supports papiers et numériques.

Le volume des documents à traiter étant de l'ordre de plusieurs milliers de pages, les modes de conception devaient répondre à une approche industrielle. Concrètement le méta-modèle SP/UL était donc une réponse adéquate au problème posé, et le projet SCENARI un terrain d'application adéquat pour une implémentation fidèle des concepts.

**Remarque** Les acteurs de ce projet pour l'UTC sont Manuel Majada, chef de projet, Bruno Bachimont et Fabrice Issac, experts, Isabelle Cailleau, responsable méthodologique, Stéphane Crozat, responsable technologique, Sylvain Spinelli, Gaël Cherief et Frédéric Jacquemet, responsables du développement.

**Remarque** Axa est un groupe international d'assurance et de gestion d'actifs, comptant 140.000 collaborateurs dans le monde et 40 millions de clients pour un chiffre d'affaire de plus de 100 milliards de francs. L'AEA est une association loi 1901, fondée en 1948, de formation spécialisée dans le métier des assurances, comptant 500 personnes. L'AEA dispense des formations à distance à environ un millier d'apprenants. l'ICEP est une association loi 1901, fondée en 1984, de formation et conseil comptant 100 personnes.

#### Etat d'avancement, objectifs et modes d'évaluation ...

Le projet a été mis en oeuvre à travers la réalisation de deux maquettes lors de l'été 2000, permettant de finaliser les concepts de conception industrialisée. Le méta-modèle SP/UL a donc pu être défini dans une version finale à la fin de l'année 2000, correspondant au début du développement du prototype. Le prototype avait vocation à prendre en charge l'ensemble des aspects du méta-modèle SP/UL, en se limitant toutefois aux contenus spatiaux (essentiellement composé de textes et d'images didactiques).

L'objectif du projet SCENARI, dans le cadre de notre travail, était de valider la mise en oeuvre du modèle à une échelle industrielle de conception, sur un cas réel. L'évaluation que nous avons menée était constituée par l'observation au fur et à mesure du projet de l'introduction de l'approche de conception. Le critère de réussite principal à observer était la possibilité de mettre en oeuvre le méta-modèle ou non.

L'état d'avancement du projet ne nous a pas réellement permis d'observation de l'usage, en dehors d'une petite expérience d'enseignement en situation avec la seconde maquette. Il nous a par contre permis une observation complète du processus de conception, depuis la modélisation jusqu'à l'édition. La participation conjointe de l'AEA et de l'ICEP au projet nous a de plus permis la prise en compte de deux contextes de conception radicalement différents, globalement représentatifs des deux extrêmes en terme d'usage. En effet l'AEA est un grand centre de formation, disposant d'une expérience de formation à distance et d'une base documentaire papier importante, qui a opté pour une approche de conception très massive avec comme priorité d'intégrer l'existant tel quel. L'ICEP est un petit organisme, n'ayant d'expérience que de la formation initiale, sans base documentaire pré-existante, qui a opté pour une approche plus modeste en terme de volume mais plus exigeante en terme d'intégration des contraintes du méta-modèle SP/UL.

## 2. Deux maquettes

### Modélisation ...

La première modélisation a été menée à partir des documents existants dans les centres de formation, et principalement à partir des documents papiers de formation à distance de l'AEA. Une étude approfondie de ces documents, menée en collaboration entre des experts du contenu et des experts de la modélisation, a permis d'extraire les structures logiques permettant de représenter les contenus. Cette première modélisation était donc essentiellement documentaire, avec pour objectif une première production en masse de contenus. Trois modèles de SP linéaires transitionnels non contraints ont été définis afin de représenter une hiérarchie à trois niveaux (SPModule, SPSession, SPEtape), et deux modèles d'UL spatiales (ULCoursGénéral et ULExerciceGénéral) permettant de traiter les cours expositifs et les exercices applicatifs. Ces modèles ont été traduits en autant de DTD XML.

### Production ...

La production des contenus concernait pour cette maquette un volume de 19 modules d'une cinquantaine de pages chacun environ. L'objectif était de parvenir à une récupération maximale de l'existant, quitte à affiner la rédaction dans un second temps si nécessaire. Deux hypothèses ont été choisies pour parvenir à cette récupération : la première consistait à ne pas chercher à rédiger des UL nécessaires et suffisantes, mais plutôt à découper grossièrement les contenus existants ; et la seconde à tenter de récupérer semi-automatiquement les contenus existants sous format électronique Word.

Le découpage du contenu a permis la production de 230 UL, de taille très hétérogène, pouvant aller de quelques lignes à plusieurs pages.

La récupération des documents sous Word consistait à faire appliquer une feuille de style (au sens Word) par les auteurs afin de repérer les éléments logiques, puis à appliquer un programme de conversion (écrit en Perl) afin de construire automatiquement des documents XML. Cette approche permettait de laisser les auteurs dans un contexte connu et de disposer malgré tout de contenus au format XML afin d'envisager l'édition multi-supports. En fait cette méthode de production s'est révélée une mauvaise solution et a nécessité un travail de traduction manuelle de Word en XML assez conséquent.

A partir des SP et UL représentés en XML, deux maquettes ont été réalisées afin d'éditer les contenus sur un support on-line et sur un support off-line.

### Maquette de système on-line ...

La première maquette réalisée avait pour objectif de proposer un système de formation on-line intégrant les contenus, ainsi que des actions de réappropriation et la gestion dynamiques des productions des apprenants. Cette maquette a été programmée en Java, par des *servlets* d'une part et un compilateur permettant de générer du PHP à partir des documents XML d'autre part. Notons que ce compilateur n'utilisait pas la technologie XSL et n'implémentait pas de Feuilles de Comportements, mais un comportement programmé "en dur" pour les cinq modèles définis dans le cadre de la maquette.

L'écran ci-après illustre globalement l'application réalisée, avec en haut à gauche la navigation dans les SP, en bas à gauche une navigation par des signets et la recherche de mots clés et à droite le contenu des UL. On peut également voir en bas à droite un menu contextuel permettant l'exécution des actions associées (ici Synthèse, Annotation, Signet et Impression pour l'UL de cours). L'appel d'une action d'annotation ou de synthèse

permettent la saisie des informations dynamiques par l'apprenant dans une fenêtre de dialogue.

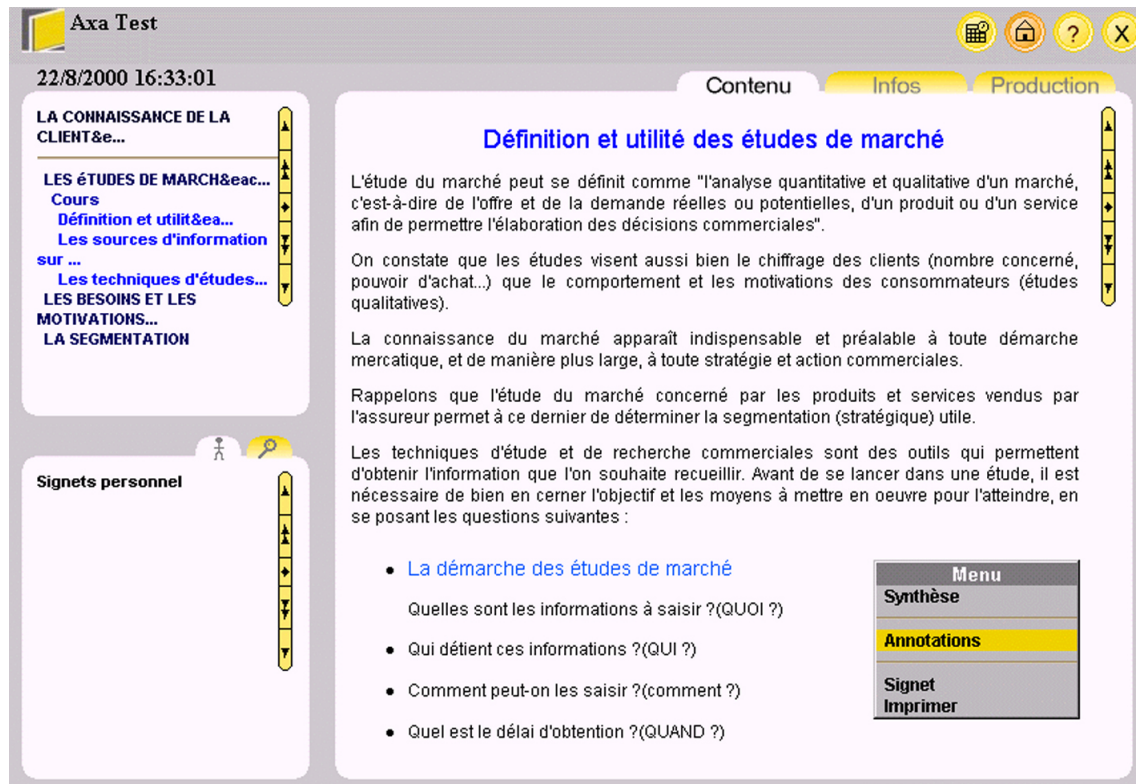


FIG.54 : Première maquette SCENARI

Cette maquette est restée à l'état de démonstrateur, et n'a pas été testée en situation réelle. Les choix technologiques n'étaient en effet pas compatibles avec une installation sur le système informatique d'Axa. Elle a néanmoins servi à dialoguer avec les utilisateurs sur une base concrète et ainsi permis l'affinement des versions suivantes.

### Maquette de système off-line ...

Une seconde maquette a été réalisée, avec un double objectif : fournir une application technologiquement simple afin de permettre une utilisation en situation réelle chez Axa et démontrer les possibilités d'édition multi-supports du modèle de conception. Elle a donc été réalisée à partir de la même base de contenus, dans un format 100% HTML (dédié à Internet Explorer 4.0, navigateur utilisé alors chez Axa) généré grâce à des programmes XSL. Cette maquette n'intégrait pas la dimension dynamique des SP et UL et ne proposait donc qu'une représentation statique des contenus.

Le premier écran ci-après permet d'illustrer la matérialisation des SP, tandis que le second permet d'illustrer la matérialisation des UL.

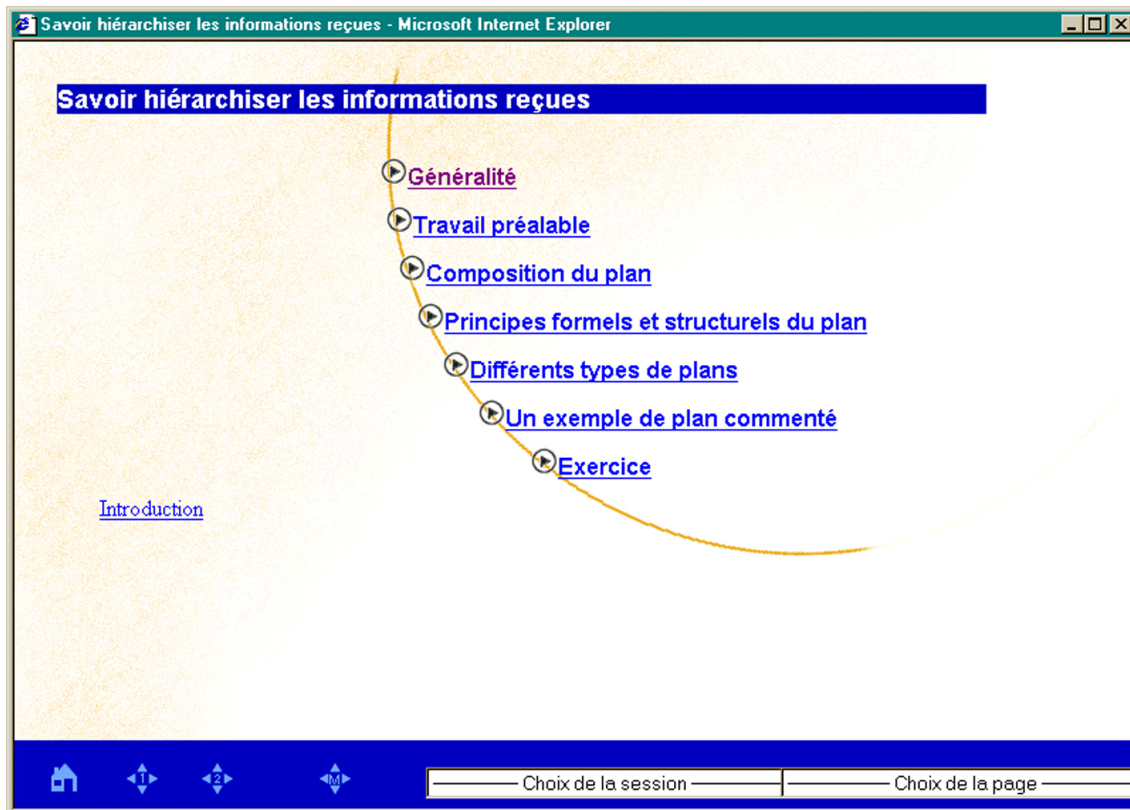


FIG.55 : Edition d'un SP dans la seconde maquette SCENARI

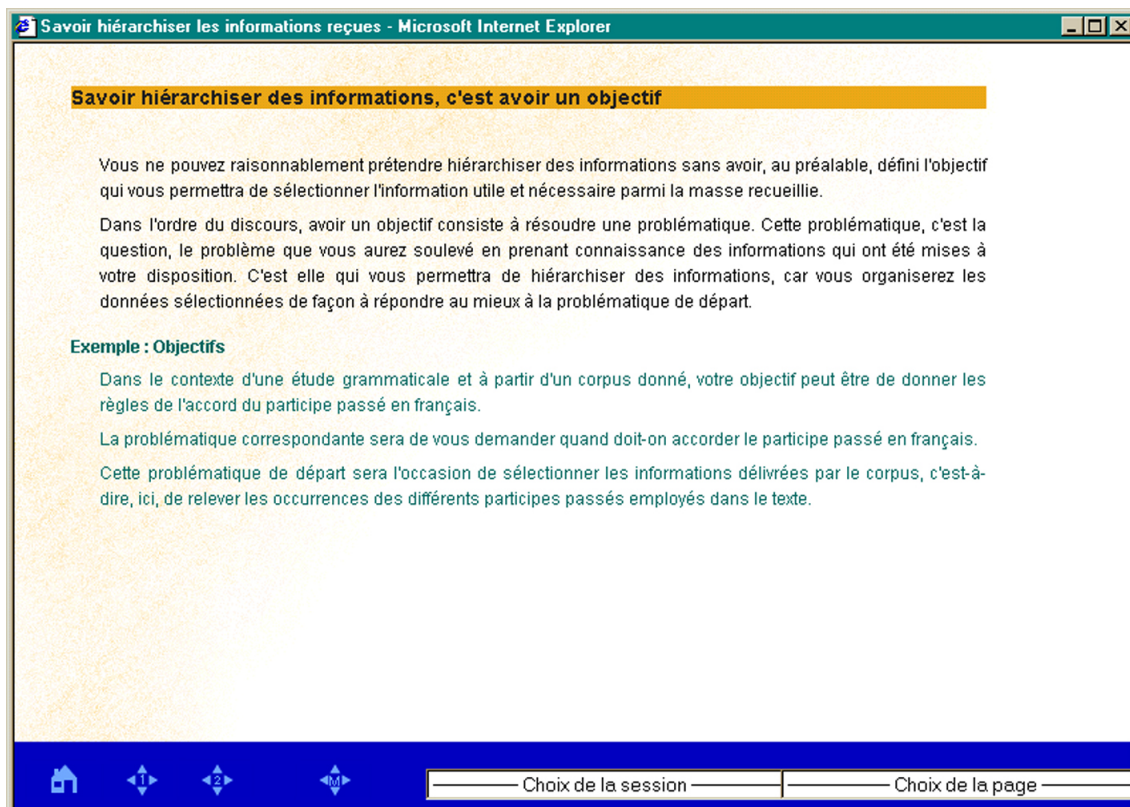


FIG.56 : Edition d'une UL dans la seconde maquette SCENARI

Cette maquette a été utilisée lors d'une expérience menée par Axa, dans le cadre d'une formation continue de dix

semaines concernant une quinzaine de collaboratrices d'agent dans le domaine de la santé. Le support a été testé pendant une demi-journée au cours d'une séance de regroupement en présentiel de deux jours avec formateur.

### 3. Un prototype

#### Expertise pédagogique, modélisation et rédaction ...

A partir des modèles conçus dans le cadre des maquettes, une nouvelle phase de modélisation a été menée afin de prendre en compte l'ensemble des types de contenus de l'AEA et de l'ICEP. Ces modèles ont été exprimés à partir d'un approfondissement de l'analyse des contenus, par description par la méthode des objectifs pédagogiques et par définition de SP briques. L'ensemble des modèles définis est représenté dans le tableau ci-après.

SP Module				
SP sous-Module				
SP Session				
SP sous-Session				
SP Etape Général	SP Etapes Cours	SP Etapes Exercice	SP Etapes Activité	SP Etapes QCM
UL Cours Général UL Synthèse UL Exercice Général	UL Explication UL Exemple UL Bibliographie UL Définition UL Document UL Méthodologie UL Illustration	UL Exercice UL Exercice de synthèse UL Application de Méthodologie	UL Activité	UL Question à Choix Multiple UL Question Evaluable Automatiquement

TAB.25 : Modèles du projet SCENARI

La rédaction a été menée selon l'approche préconisée par le modèle SP/UL, à savoir la séparation auteur/rédacteur. Une procédure d'annotation des documents papier d'origine a été définie afin de faire le lien entre la structure logique explicitée par les auteurs et la représentation en XML par les rédacteur.

#### Interface de suivi de la production ...

Nous avons conçu dans le cadre de ce prototype une application permettant d'aider au suivi de production. Cette application Web, réalisée en PHP, Perl et XSL permet aux auteurs et aux rédacteurs de suivre le cycle de rédaction et de relecture des modules en cours de production, et aux rédacteurs de mettre en ligne les contenus produits sous des formes HTML et PDF imprimables par les auteurs pour la relecture.

L'écran ci-après illustre l'interface de suivi du cycle de production.

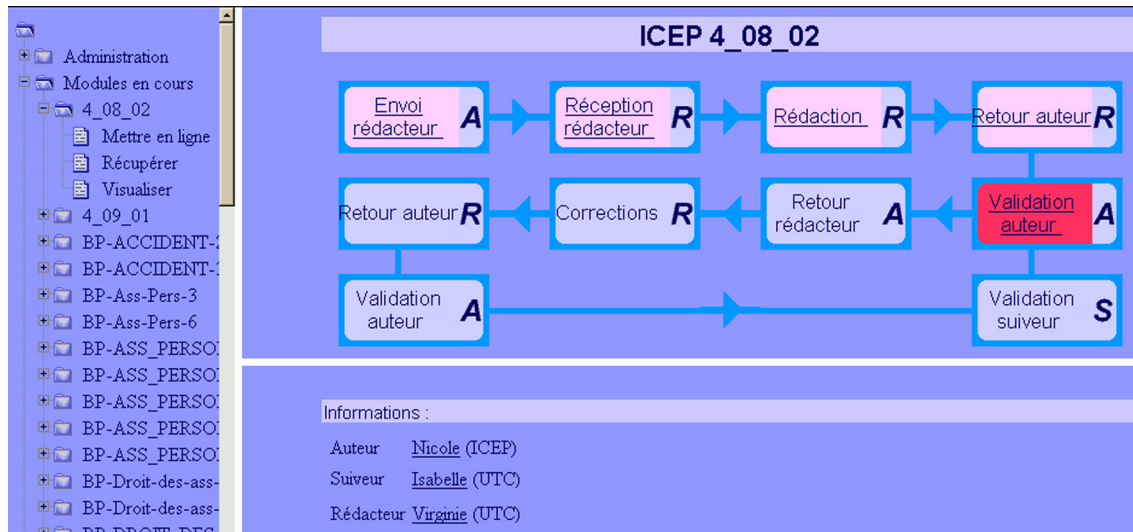


FIG.57 : Interface de suivi de production

## Interface de production de SP ...

Nous avons également conçu une application afin de permettre la saisie des SP Briques. Cette application, réalisée avec Access, permet de scénariser des SP selon les modèles de briques définies par la modélisation. L'interface permet la saisie facilitée des scénarii, alors que leur saisie directe en XML selon le langage SML nécessite un apprentissage avancé. L'interface permet également d'assurer que les SP et UL scénarisés respectent les règles imposées par les modèles de SP.

L'interface ci-après illustre la saisie d'un SP Brique. On voit que l'utilisateur a seulement à saisir les codes des UL ou SP scénarisés, les textes des transitions et les seuils de validation des conditions de passage des contraintes. Des schémas leur rappellent graphiquement la structure des briques.

FIG.58 : Interface de saisie de SP Briques

Les fichiers XML correspondants sont générés automatiquement à partir des informations saisies dans cette interface.

## Système de consultation ...

La dernière brique du prototype, et peut-être la plus conséquente, est le module permettant la mise en oeuvre des formations par la consultation et la manipulation des contenus. Cette application est en effet une implémentation fidèle du modèle SP/UL, intégrant notamment complètement les principes de scénarisation (avec transitions et contraintes) et des unités dynamiques (avec gestion des productions, calcul des valeurs, etc.). Le système de consultation est une application Web, fondée sur Java (Servlets et JSP). La puissance et l'originalité de cette application réside notamment dans son implémentation réelle des Feuilles de Comportement. Cette intégration de la notion de FC permet à l'application de se définir comme un méta-environnement de formation, c'est à dire un environnement générique paramétrable en fonction de modèles particuliers\*.

### Exemple

Nous présentons ci-après quelques exemples permettant d'illustrer les fonctions principales du système de consultation. Notons que l'aspect graphique de l'interface correspond au paramétrage particulier réalisé pour nos premières démonstrations, avec nos premiers modèles. Mais la même application, sous réserve d'écrire de nouvelles FC, pourrait avoir un aspect, une ergonomie et des fonctionnalités très différentes.

L'application offre la possibilité de choisir un mode libre ou guidé. Le mode libre correspond à une consultation hypertextuelle classique des contenus, tandis que le mode guidé correspond au déroulement des scénarii des SP. Le premier écran présente une transition en mode guidée, avec éventuellement pour l'apprenant la possibilité de choisir lorsque plusieurs chemins sont disponibles. Le second écran présente l'interface de navigation en mode libre, on voit également à gauche le menu des actions associées au SP. Le troisième écran illustre une UL destinée à être simplement affichée, avec ses actions de réappropriation à gauche, et le quatrième écran présente une fenêtre de dialogue associée à l'action d'annotation. Enfin le cinquième écran présente une UL ayant un comportement particulier, puisqu'au delà de l'affichage des contenus, il propose à l'apprenant une interaction (pour répondre à une question à choix multiple en l'occurrence).

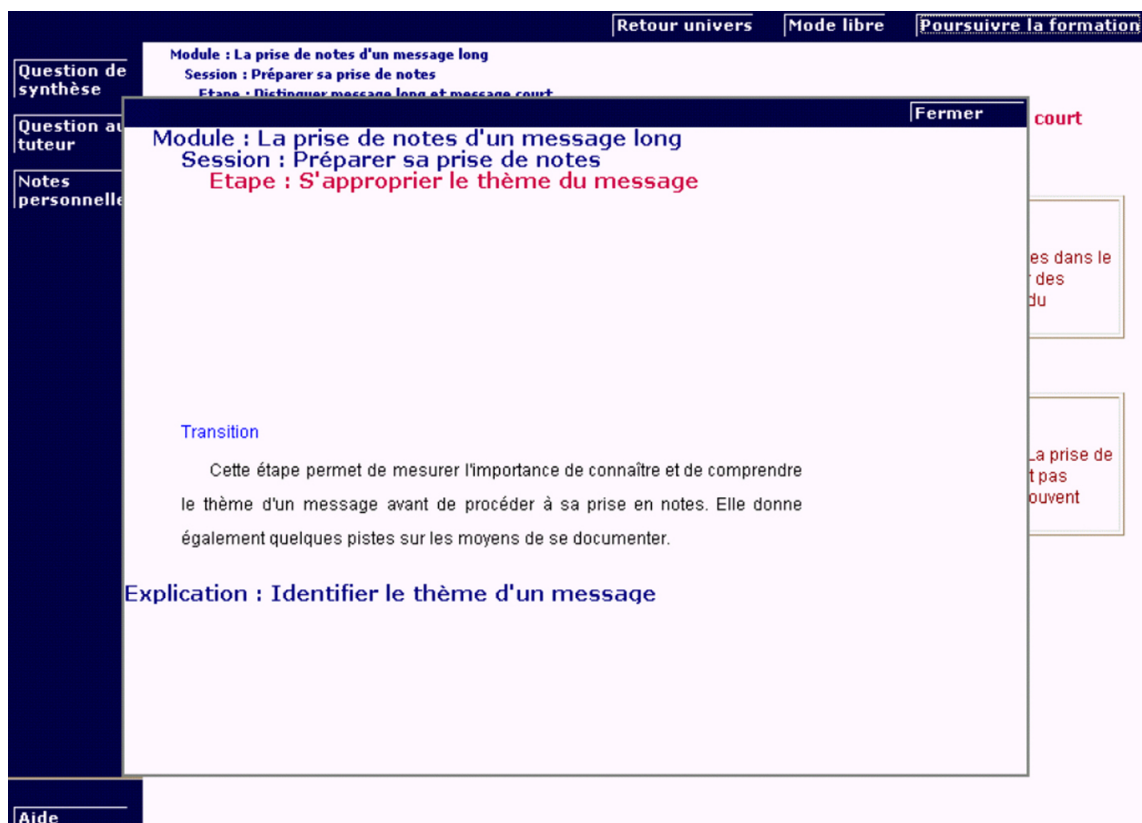


FIG.59 : Ecran de SP en mode guidé

\* la programmation de l'application de consultation en général et des Feuilles de Comportement en particulier a été menée par Sylvain Spinelli

Retour univers | Mode guidé

Module : La prise de notes d'un message long  
Session : Préparer sa prise de notes  
Etape : Distinguer message long et message court

Résumé :

Le message long et le message court sont émis dans des contextes différents. Leur restitution ne s'effectue pas non plus de la même manière.

- Explication : Conditions d'émission et de restitution d'un message long et d'un message court

Aide

FIG.60 : Ecran de SP en mode libre

Retour univers | Mode libre | Poursuivre la formation

Module : La prise de notes d'un message long  
Session : Préparer sa prise de notes  
Etape : Distinguer message long et message court

Explication : Conditions d'émission et de restitution d'un message long et d'un message court

Cours | Informations

**Définition : message long**  
Un message long est émis lors d'une réunion, d'une conférence ou d'un congrès. Il fait l'objet d'une prise de notes dans le but de produire un compte rendu. Le message long est souvent préparé et structuré mais il peut faire comporter des discussions, des questions, des retours en arrière, etc... La restitution s'effectue sous la forme d'un compte rendu formalisé pour être diffusé.

**Définition : message court**  
Le message long s'oppose au message court qui est émis lors d'un entretien de face à face ou par téléphone. La prise de notes du message court est réalisée dans le seul but d'éviter les oublis. Le message court est spontané, il n'est pas structuré et ne comporte que des informations essentielles. La restitution du message court s'effectue le plus souvent oralement (consignes de travail, message ou prise de rendez-vous).

Aide

FIG.61 : Ecran d'UL Explication



FIG.62 : Ecran de saisie d'une production apprenant

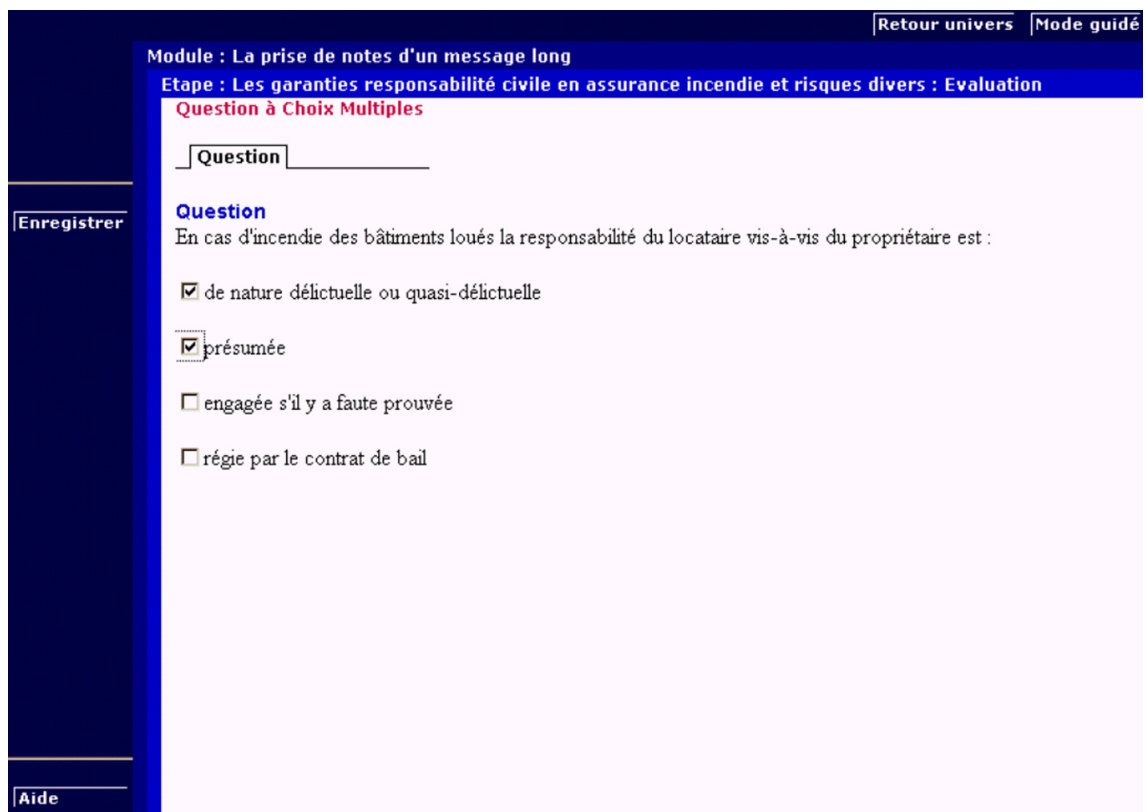


FIG.63 : Ecran d'UL QCM

## Edition papier ...

En parallèle du système de consultation permettant l'implémentation de comportements complexes pour la consultation sur support numérique, nous avons enfin cherché à développer une édition papier. Outre la nécessité générale de disposer d'une version papier en parallèle de toute version numérique, cela correspondait à un besoin pratique pour l'AEA, puisque indépendamment de la mise en place expérimentale et progressive de la formation en ligne, cela lui permettait d'intégrer plus rapidement notre système dans son dispositif de formation continue actuel.

Nous avons choisi pour cette édition le langage LaTeX, qui est actuellement une des solutions les plus puissantes et offrant la meilleure qualité de mise en page. L'édition est donc réalisée grâce à des XSL permettant de générer le LaTeX à partir du XML, puis avec un processeur TeX permettant d'en obtenir une version PDF. Nous illustrons, avec un extrait de page, ci dessous une des éditions réalisée.

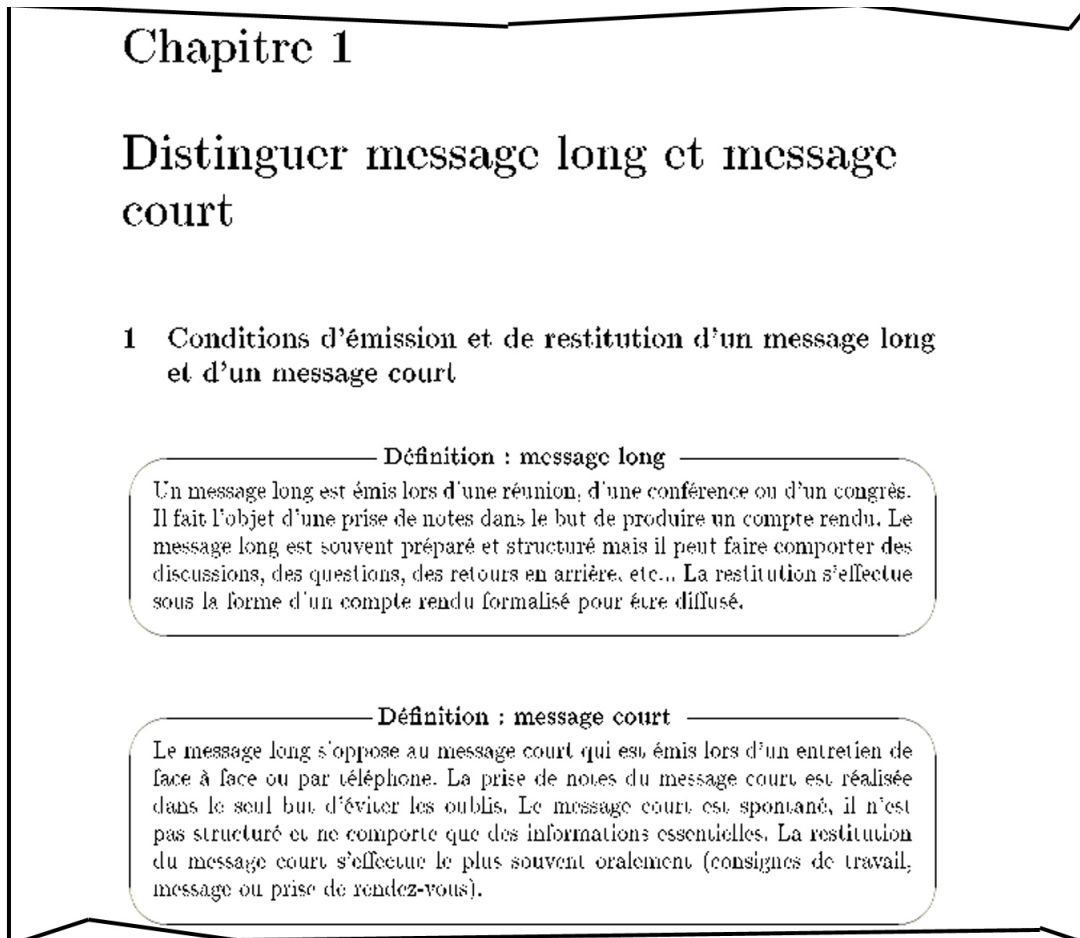


FIG.64 : Edition papier

**Remarque** Les technologies XML propose une solution pour l'édition papier, le langage des *Formatting Objects* (FO) , inspiré de LaTeX. Néanmoins nous avons temporairement préféré LaTeX, les possibilités de FO étant encore moindres. Néanmoins, dans un soucis d'homogénéité technologique générale nous envisageons le passage à FO dans une version ultérieure de l'application.

## 4. Observations et résultats

### Modélisation ...

Cette seconde expérience a permis la mise en oeuvre d'autres approches de modélisation, que celle fondée sur les actes pédagogiques. Nous avons tout d'abord expérimenté une méthode basée sur l'analyse des documents

existants qui s'est révélée fiable et très efficace dans un cadre de récupération d'un existant. L'existence préalable, dans le cas de l'AEA, d'une documentation très large déjà formatée pour l'enseignement à distance était un atout supplémentaire. L'expertise pédagogique était en effet dans ce cas déjà exprimée au sein de ces documents. Le travail d'explicitation a consisté alors à analyser ces documents pour formaliser des modèles au sens SP/UL.

L'ICEP ne disposant pas d'une telle base documentaire, un travail de modélisation a été mené à partir de la méthode des objectifs pédagogiques. La mobilisation de cette nouvelle approche a montré que le processus d'explicitation pédagogique était possible, indépendamment d'une méthode particulière, et surtout dans un cas où l'expert pédagogique ne connaissait pas le méta-modèle SP/UL\*.

## La production de textes structurés avec Word ...

Cette approche, adoptée au début de la production, s'est révélée totalement inadaptée, aboutissant à des contenus très mal représentés en XML.

Ceci peut-être expliqué par trois facteurs principaux :

- La pauvreté de représentation de Word fondé sur une structure physique face à la puissance de XML (structure logique)
- La souplesse de Word laissant une latitude de rédaction incompatible avec les contraintes d'un langage structuré (XML)
- La rigidité des feuilles de style Word associées à une "moulinette" de Word vers XML

Word est fondé sur la représentation d'une structure physique, *i.e.* un ensemble de caractères associés à des attributs de mise en page (gras, italique, police, etc.). Or cette mise en forme renferme une sémantique (gras = important, police 14 + gras = titre, décalage à droite = liste, etc.) qui reste implicite au niveau de la représentation de l'information. XML est fondé sur une approche de plus haut niveau, qui force à rendre explicite la structure logique du document, afin, dans un second temps, de procéder à une représentation physique (pour la lecture). Donc un document XML contient des informations que ne renferme pas un document Word. La seule solution pour passer d'un document Word à un document XML consiste alors à expliciter la structure logique des contenus, en appliquant une feuille de style (ainsi on dira que telle phrase est un titre, tel paragraphe un exemple, etc.). Nous avons donc révisé les documents Word, en appliquant une feuille de style, afin ensuite d'appliquer un algorithme permettant de déduire de ces nouvelles informations une structure logique et donc de réécrire les contenus en XML. Sans entrer dans les détails, cette approche ne s'est pas révélée correcte, en premier lieu de par la trop grande faiblesse de représentation des feuilles de style, *i.e.* la sémantique introduite par les feuilles de style est insuffisante pour extrapoler une structure logique (du fait notamment de l'absence d'imbrication des styles : on ne peut pas dire qu'une phrase est à la fois membre d'une liste et d'un exemple, ce qui est rédhibitoire pour représenter une liste dans un exemple). Des solutions ont commencé à être imaginées pour renforcer la puissance de ces feuilles de style et atteindre nos objectifs (par exemple l'ajout d'information en colorisant les textes), mais d'autres contraintes sont venues s'y ajouter qui nous ont fait y renoncer.

Le second problème est la souplesse laissée aux auteurs dans Word. En effet quelques soient les aménagements apportés (macros, personnalisation de l'interface, etc.) rien n'empêchera jamais un utilisateur de contourner le cadre de rédaction qui lui est imposé. Or cela présente une limitation importante : premièrement tout contournement donne l'impression d'avoir trouvé une solution (puisque la visualisation à l'écran est correcte) mais conduit ensuite invariablement à une erreur de représentation en XML (donc ce qui est représenté en XML ne correspond pas à ce que l'auteur veut exprimer) ; deuxièmement les contournements sont fréquents dans la mesure où les utilisateurs connaissent déjà Word (et sont donc tentés de reproduire leurs schémas de fonctionnement habituels), ils doivent rédiger selon des contraintes (ce à quoi ils ne sont pas habitués et donc les déroutent), ils ne comprennent pas la logique XML (et donc ne comprennent pas pourquoi les contournements posent des problèmes). Bien entendu, un utilisateur idéal (averti, formé, comprenant XML, s'auto-disciplinant de façon drastique, etc.) pourrait utiliser Word sans générer de tels problèmes, mais ce genre d'utilisateur est rare, aucune assurance de qualité ne peut être fournie (ce qui est incompatible avec l'industrialisation, car une relecture manuelle est alors indispensable) et enfin l'intérêt d'utiliser Word est alors nul par rapport à un éditeur XML classique.

La dernière insuffisance de la solution feuille de style Word et génération automatique du XML réside dans le fait que la structure de représentation est figée initialement et ensuite complexe à modifier (il faut passer par une nouvelle phase de développement informatique, de validation, de tests, ...). Or la représentation des structures logiques en XML est beaucoup plus souple et permet de démarrer avec un modèle type que l'on peut ensuite

\* l'expert pédagogique était Nicole Bougault de l'ICEP et l'expert de modélisation Isabelle Cailleau de l'UTC

enrichir et décliner aisément et à moindre coût. La seule difficulté reste dans le dialogue entre les auteurs et ceux qui modélisent le contenu, mais n'est plus associée en plus à un problème technique d'évolution. Ce point est d'autant plus problématique qu'associé à la liberté de l'utilisateur sous Word, lorsque celui-ci est confronté à un problème de modélisation, plutôt que de le faire remonter à l'expert, il le contourne, ce qui fait que le problème n'est pas soulevé, et a fortiori pas réglé. Il resurgira au moment de l'édition, puisqu'un décalage apparaîtra entre ce qui était exprimé et le résultat, et il faudra alors reprendre le contenu depuis la modélisation.

**Exemple** Les études initiales avaient fixé à quatre les niveaux de structuration en titre. Or les auteurs ont ressenti le besoin, lors du traitement de certains contenus, d'un cinquième niveau de titre. Etant libres sous Word, ils ont alors adopté différentes stratégies telles que l'utilisation de listes à un seul élément, de gras, d'agrandissement de police, etc. Bien que représentant graphiquement la fonction de titre sous Word, cette sémantique a ensuite été perdue en XML, puisque rien n'indiquait explicitement qu'il s'agissait d'un titre. La bonne procédure aurait dû être la remonté du problème par les auteurs aux modélisateurs, la discussion entre eux (ce niveau est-il pertinent ou bien la rédaction doit-elle être repensée ?) et la résolution du problème en amont (modification de la feuille de style et du programme de transformation en XML). Or ceci n'a pu être mis en oeuvre pour les raisons précédemment citées : les utilisateurs ne se rendaient pas compte de leur "détournement" et les concepteurs ne pouvaient pas aisément répondre aux besoins (non formulés) des utilisateurs de part la rigidité de l'approche. Le résultat a été une reprise manuelle de l'ensemble des contenus exprimant un titre de cinquième niveau.

## La production sous contraintes avec un éditeur XML ...

Dans un second temps, notamment dans la phase de corrections, nous avons adopté une autre approche afin de se libérer des contraintes imposées par Word. Nous avons utilisé un éditeur XML ([www.epcedit.com](http://www.epcedit.com)) pour saisir les contenus à partir de documents papiers annotés. L'avantage d'un éditeur XML est qu'il impose et donc assure, par la DTD, la description logique des contenus, il n'est pas possible de le "détourner" en ayant recours à des artifices graphiques, le langage est directement logique sans être masqué par une représentation physique. De plus les modèles adoptés dans le cadre de cet éditeur sont aisément maintenables (corrections, évolutions, déclinaisons, etc.) par la modification de la DTD. Le seul cas difficile se présentant lorsque la modification de la DTD conduit les documents déjà produits à n'être plus valides, mais une transformation XSL de ces documents permet de les modifier pour assurer leur validité avec la nouvelle DTD.

Nous aurions pu directement donner un tel éditeur aux auteurs. Mais cela pose un problème d'appropriation de l'outil et surtout de l'approche rédactionnelle. En effet les auteurs sont habitués à des outils tels que Word et ne peuvent aisément passer à des outils non WYSIWG. De plus, il est absolument nécessaire pour utiliser ce genre d'outils, de comprendre la logique XML (ce qui n'est pas en soit difficile, mais nécessite formation et adaptation). Aussi, nous avons choisi l'hypothèse de séparer les rôles d'auteur et de rédacteur permettant ainsi à l'ensemble des auteurs de continuer de travailler en ne formant que quelques rédacteurs.

Cette approche s'est révélée insuffisante, de part un problème de traduction des annotations des auteurs par les rédacteurs. En effet les auteurs parlent un certain langage, essentiellement basé sur une description physique, tandis que les rédacteurs en parlent un autre, basé sur la description logique. Ainsi un auteur dira qu'il faut mettre en gras, mais le rédacteur devra interpréter cette annotation du document pour en déduire si c'est un mot important ou un titre. Pour cela il devra fournir un effort de lecture, afin de remettre l'annotation dans son contexte et ainsi l'interpréter. Outre la lourdeur de ce travail, il n'est possible pour un rédacteur de le mener à bien que s'il est capable de maîtriser les contenus, ce qui *a priori* n'est pas le cas. Cette interprétation implique donc inévitablement un décalage entre ce que les auteurs expriment et ce que les rédacteurs saisissent. De plus ce décalage donne lieu à des aller-retour stériles entre auteurs et rédacteurs puisque les premiers en face des erreurs donnent une nouvelles corrections, mais toujours dans "leur" langage, corrections une nouvelle fois mal interprétées par les rédacteurs, et ainsi de suite.

L'adoption d'une procédure stricte d'annotation apporte une solution à ce problème puisque :

- Les auteurs sont enfermés dans un langage contraint, ils ne peuvent donc exprimer que des choses connues par les rédacteurs ce qui prévient les problèmes d'interprétation
- Etant enfermés dans ce langage, les auteurs, s'ils rencontrent un problème sont obligés de le formuler, entamant alors un processus d'analyse du problème de représentation rencontré aboutissant éventuellement sur une modification des modèles (techniquement facile à mettre en oeuvre). Notons que l'approche est totalement ouverte aux suggestions des auteurs (et non imposée à eux en tant que telle), mais que ces suggestions doivent être formulées et adoptées par l'ensemble des acteurs (et non librement mises en oeuvre directement par eux).
- Les auteurs doivent s'approprier le langage d'annotation, ce qui ne pose pas de problème, hormis l'adaptation initiale, celui-ci étant déconnecté de toute contrainte technique. Cela leur demande un effort

- d'adaptation au langage commun (par exemple ils devront repérer des mots importants et non plus mettre en gras, repérer des listes et non plus décaler à droite, etc.).
- Les rédacteurs doivent s'approprier la logique XML (ce qui implique qu'ils doivent avoir une certaine capacité d'abstraction, mais pas des compétences informatiques), et l'outil d'édition XML (celui-ci étant très simple), mais n'ont pas besoin de comprendre les contenus ni d'effectuer des interprétations quant aux annotations des auteurs (ils n'ont qu'à traduire "mécaniquement" les annotations en propriétés XML).
  - Les métiers sont séparés et le travail de chacun acquis indépendamment des autres acteurs : c'est à dire que les documents annotés par les auteurs sont exploitables indépendamment des rédacteurs, les documents XML produits par les rédacteurs exploitables par les éditeurs indépendamment des auteurs et des rédacteurs. Ainsi les travaux effectués sont réutilisables quelques soient les aménagements apportés aux méthodes de production, rédaction et édition. A titre d'exemple les contenus produits dans la première phase selon l'approche Word ont pu être ré-exploités dans l'approche édition directe en XML qui ont pu, à leur tour, être ré-exploités dans l'approche avec séparation auteur/rédacteur.

**Remarque** L'efficacité de la production dans un tel cadre de conception dépend principalement de la qualité de la procédure. Elle doit être stricte, exhaustive et évolutive pour éviter les erreurs dès la première annotation par les auteurs sans les contraindre dans leur expression. Nous envisageons de coupler cette procédure avec une interface logicielle permettant d'en faciliter la manipulation et de vérifier que les points importants ont été correctement traités et les erreurs les plus usuelles correctement prévenues.

## La production en mode dégradé et la production granularisée ...

Avec l'AEA, l'objectif de production était une récupération de l'existant à moindre coût. Nous avons donc opté pour un mode dégradé de représentation, en renonçant dans un premier temps aux propriétés de nécessité et de suffisance. Nous avons ainsi pu ainsi produire des volumes importants de contenu tout en conservant la qualité actuelle de l'AEA en terme d'édition papier. Le méta-modèle a donc été dans ce cadre l'occasion d'intégrer une ingénierie documentaire dans le processus de production de documents papier de l'AEA. Le passage au support numérique est également possible immédiatement, puisque les contenus existent selon le méta-modèle SP/UL. Néanmoins, du fait de la granularité hétérogène et de la structuration grossière des contenus, leur exploitation sur support numérique offre une qualité non optimum. Nous avons donc opté pour un affinage progressif de la structuration des contenus, afin d'améliorer leur édition sur un support non linéaire.

La rédaction à l'ICEP a été menée sans contenus initiaux, et avec un objectif de granulation fin en unités nécessaires et suffisantes. La production a été beaucoup plus lente et les besoins de formation des auteurs plus grands. En effet la rédaction granularisée demande un certain apprentissage, qui, s'il a fonctionné sur le premier auteur, a été plus difficile à étendre à l'ensemble de l'équipe. Le rendu sur support numérique a été en contre partie bien meilleur. La question qui se pose à présent est de savoir si la qualité obtenue vaut les coûts supplémentaires engendrés. Nos mesures de productivité sont encore trop incertaines pour en tirer des conclusions, il nous semble *a priori* que ces deux modes de rédaction représentent deux extrêmes d'une échelle variable de qualité de production, et que les besoins de chaque contexte de conception définiront les choix entre la meilleure qualité et les coûts de production.

## La production d'images didactiques structurées ...

Les contenus à traiter dans le cadre de cette expérience étaient exclusivement spatiaux. Dans ce cadre nous avons eu, en plus des contenus textuels, à gérer des images didactiques, sous la forme principalement de tableaux et de schémas. La difficulté a alors été de trouver des principes de production compatibles à la fois avec une rédaction WYSIWYG et une représentation logique. En effet il n'est pas possible de produire des images didactiques indépendamment d'un rendu graphique, étant donné que le sens même de l'image est sa représentation graphique.

Pour les tableaux nous avons opté pour une rédaction à l'aide d'un éditeur XHTML, associé à de nombreuses contraintes restreignant l'usage des balises autorisées en HTML, puis à une transformation automatique pour en obtenir une représentation logique. Pour les schémas, bien que le format SVG ([www.w3.org/Graphics/SVG](http://www.w3.org/Graphics/SVG)) permette une représentation XML des dessins vectoriels, nous n'avons pas trouvé de solution acceptable et nous nous sommes limités à une gestion d'images bitmap.

La difficulté de la production des images didactiques réside dans le fait que réutiliser des formats existants, tels que HTML ou VML, pose le problème de l'édition multi-supports. En effet LaTeX par exemple ne dispose pas des mêmes fonctions que HTML pour l'édition de tableaux ou VML pour l'édition de schéma. La seule solution est donc de passer par un langage logique propre et ensuite de générer les différents formats souhaités. Le

problème est alors que l'édition de tels formats nécessite des éditeurs graphiques indispensables dans le cas de contenus visuels tels que des schémas ou des tableaux. C'est cette dernière solution que nous envisageons d'explorer, en réalisant des éditeurs simples permettant de produire des images didactiques (telles que des tableaux, des arbres de synthèse, etc.) afin de permettre à la fois une rédaction WYSIWYG et une représentation logique en XML.

### Edition multi-supports ...

Notre expérience d'édition multi-supports a permis de montrer la puissance de nos choix méthodologiques et technologiques de ce point de vue. Par exemple, le passage de la première à la seconde maquette, a été réalisé pour un coût de travail d'environ quatre heures (de programmation XSL), pour un volume de l'ordre de mille pages de contenu, soit environ 15 secondes par page. Aucune autre approche que la structuration logique n'aurait permis un tel changement de support à un coût aussi réduit, et surtout indépendamment du volume à traiter. Plus généralement notre approche de conception a permis de traiter le problème de la production indépendamment de celui de l'édition, en assurant que les contenus structurés logiquement pourraient être édités dans un second temps, en fonction des contraintes techniques, esthétiques, fonctionnelles, etc. Ce facteur modifie considérablement la logique de conception, dans la mesure où les étapes successives de conception (maquettes, prototypes, etc.) peuvent être menées sur une masse importante de contenus, et pour un travail indépendant de ce volume.

Ainsi nous sommes actuellement en train de traiter l'ensemble des contenus de l'AEA (plusieurs dizaines de milliers de page), alors que notre interface de consultation n'est pas encore finalisée. Cela est possible car nous sommes assurés que les contenus produits seront de toutes façons éditables, au pire sous des formats tels que PDF et HTML standard, et pourront ainsi être utilisés sur support papier ou bien au sein de plates-formes commerciales classiques.

L'approche industrielle de conception peut donc être mobilisée pour la production indépendamment des autres étapes du processus de conception.

### Retours d'usage ...

L'expérience menée par Axa, en utilisant la seconde maquette au sein d'une partie d'une formation, ne peut être exploitée pour tirer des conclusions concernant l'usage. En effet cette expérience ne concernait qu'une petite partie du support pour une petite partie de l'enseignement. De plus la mise en place d'une expérience d'envergure au sein d'une entreprise comme Axa implique une prise en compte très forte de la dimension organisationnelle afin de gérer la mutation des usages. Or cette expérience localisée s'est uniquement attachée à la dimension technologique. Nous en communiquons néanmoins les résultats, sans autre valeur qu'indicative. Ils montrent qu'une version minimaliste du support peut-être acceptée et nous encouragent donc à mener des expériences de plus grande envergure avec des supports plus élaborés couplés à un travail important d'accompagnement au changement des organisations.

Question	Taux de satisfaction
Appréciation globale	85%
Lisibilité	69%
Facilité de navigation	77%
Organisation des contenus	61%
Valeur ajoutée par rapport à la formation traditionnelle	70%

TAB.26 : Evaluation de l'expérience d'usage du support chez Axa

---

## Chapitre 17

# Bilan des expériences

### Ce que les expériences ont montré ...

Les projets XF01 et SCENARI ont fourni un cadre concret d'application pour nos travaux. Ceci est fondamental dans la mesure où un modèle de conception ne peut-être pensé en dehors d'une pratique réelle. Ces expériences ont avant tout permis d'affiner le méta-modèle SP/UL pour aboutir à un résultat conforme avec une pratique réelle de conception industrielle de supports pédagogiques numériques, sur plusieurs milliers de pages de contenus.

Le méta-modèle repose sur l'hypothèse que des modèles pédagogiques permettent de contextualiser le modèle documentaire. Nos expériences ont montré qu'il était possible de réaliser de tels modèles, avec diverses méthodes permettant d'explicitier une pratique, préalablement inscrite dans des documents ou non. Nous avons également validé l'hypothèse selon laquelle ces modèles pouvaient être exprimés par des experts du domaine ne connaissant pas le méta-modèle SP/UL en relation avec des experts du méta-modèle ne connaissant pas le domaine.

Les modèles ainsi définis ont pu être exploités pour mettre en oeuvre une rédaction de contenus et scénarii structurés logiquement. Après diverses tentatives, nous avons mis au point une approche méthodologique permettant la rédaction des contenus dans le respect des contraintes de structuration imposées par les modèles. La formalisation des contraintes liées au modèle dans une procédure s'est révélée indispensable pour obtenir une rédaction efficiente et de qualité. Nous avons également mis en exergue la relativité qui existe dans le niveau de granularisation des contenus, afin de gérer l'équilibre entre des contenus finement structurés mais difficiles à produire et des contenus plus grossièrement représentés et plus difficiles à exploiter automatiquement dans une logique de réutilisation (sur des supports différents notamment).

Nos expériences d'édition multi-supports, à travers des supports numériques off-line et on-line et des supports papier ont montré l'efficacité de l'approche et son intérêt dans un cadre de massification. La structuration logique des contenus permet en effet de garantir *a priori* que les contenus pourront être exploités indépendamment d'un cahier des charges initial et d'une technologie particulière d'édition. L'investissement lourd consenti pour la production de contenus est, de ce fait, rationalisé en leur assurant une pérennité incomparablement supérieure à celle d'une technologie de mise en forme, à la durée de vie généralement très faible. Ainsi par exemple ce modèle permet de sortir de la logique de production de contenus pour une plate-forme de formation donnée, qui nécessite une nouvelle rédaction pour un nouveau choix de plate-forme. La rédaction ayant pu être dissociée de l'édition, elle permet aux contenus d'être exploités dans tout cadre technologique de distribution sans nouvel effort de rédaction.

Ces expériences ont donc permis la mise au point des choix méthodologiques, mais également des choix technologiques, puisque l'usage d'XML s'est imposé, après diverses tentatives préalables, comme la solution la plus adaptée, par sa puissance et sa souplesse. L'extension apportée avec les Feuilles de Comportement a également pu être mise en oeuvre permettant réellement d'envisager la pédagogie mise en oeuvre avec le support numérique dans une perspective constructiviste et non uniquement de lecture passive d'information.

### Ce qui reste à expérimenter ...

Si nos expériences ont permis de concrétiser l'ensemble des concepts du méta-modèle SP/UL, certaines de ces mises en oeuvre n'ont pas été suffisamment expérimentées pour être complètement validées. La raison première en est le manque d'usage : en effet le support numérique n'est pas encore suffisamment ancré dans la formation

pour permettre des expériences à grande échelle. C'est un peu le problème de la poule et de l'oeuf, puisqu'il faut des méthodes de conception industrielle pour concevoir industriellement, et une pratique de conception industrielle pour établir de telles méthodes. Nous avons cherché à élaborer notre approche tout en expérimentant l'usage, en ayant néanmoins conscience que certains de nos concepts précédaient l'usage et donc ne seraient validés ou invalidés qu'après qu'une pratique eût tenté de se les approprier.

Il en est par exemple ainsi des scénarii pédagogiques, qui n'ont pu être produits à grande échelle, les auteurs n'ayant pas encore de besoins réels car n'ayant pas encore de contextes pédagogiques pour les mettre en oeuvre. C'est également le cas des Feuilles de Comportement qui proposent une approche nouvelle, la possibilité de définir contextuellement les fonctions de l'interface apprenant, qui ne correspond pas aux habitudes. Les utilisateurs sont effret habitués à des systèmes imposant leurs fonctionnalités, et n'ont donc pas encore intégré l'ensemble des possibilités offertes par la logique des FC. Notre approche a également montré que la réutilisation des SP et UL, pour un changement de contexte pédagogique ou technologique, était possible techniquement. Néanmoins aucune pratique n'existe réellement encore pour valider cette possibilité. Mais de nombreuses questions demeurent quant aux possibilités effectives de rédiger des contenus réutilisables, quant à la part des contenus réutilisables par rapport aux contenus exclusivement contextuels ou quant au coût nécessaire pour produire de tels contenus génériques. Seule une pratique de grande envergure montrera à terme s'il est effectivement rentable de produire des contenus nécessaires et suffisants pour les mobiliser dans différents contextes.

Enfin nos expériences de conception massive se sont surtout concentrées sur les contenus spatiaux, laissant de côté la problématique multimédia. Nous avons en effet conscience que la conception de contenus réellement multimédia, avec des séquences audiovisuelles ou interactives, complexifient considérablement la conception. D'un point de vue méthodologique d'abord, car les mécanismes de production sont d'autant plus complexes que les auteurs ne maîtrisent généralement pas les langages audiovisuels et multimédia. D'un point de vue technologique également car les solutions de structuration logique qui existent et sont stabilisées pour le texte ne le sont pas encore pour l'audiovisuel et le multimédia.

---

## Conclusion

La démarche de conception que nous avons élaborée et expérimentée est basée sur une hypothèse documentaire permettant de répondre à la problématique de massification induite par les demandes croissantes en terme de formation et sur une hypothèse pédagogique permettant de maintenir la contextualisation nécessaire à toute pratique d'apprentissage. Le modèle instrumentant cette démarche est une réponse qui se fonde sur la nature même du support, le calcul dynamique, et en exploite les propriétés pour permettre une approche industrielle de conception.

Il est important de rappeler qu'aucun postulat n'est fait quant à la nature du contenu et quant aux stratégies pédagogiques mises en oeuvre. L'objet de notre travail est destiné à être exploité par des pédagogues et des experts du contenu afin qu'ils puissent mettre en oeuvre leur expertise dans le cadre de la conception d'un support numérique. En d'autres termes le modèle est méta car il n'apporte pas l'expertise pédagogique, mais uniquement un cadre conceptuel pour exprimer une telle expertise pour chaque contexte particulier. Ainsi les modèles définis dans le cadre de nos expériences ne constituent que des exemples spécifiques de ce qui peut être réalisé dans le cadre de notre approche générique. Il s'agit de ce point de vue d'un travail d'informaticien et non de pédagogue.

Notre premier apport dans ce cadre, à travers la modélisation de l'information en Unités Logiques et Schémas Pédagogiques, est constitué par la formalisation d'une méthode qui permet la production industrielle de contenus pédagogiques sur support numérique. Cette méthode tranche avec les pratiques, essentiellement artisanales, jusque là dominantes dans le domaine, et qui butent sur le problème de la massification. L'originalité de l'axe que nous avons exploré est l'application au contexte de la production de documents pédagogiques de l'approche documentaire. Cette approche nous a permis d'exploiter le numérique pour séparer structures logique et physique de l'information, nous permettant ainsi d'accéder aux propriétés recherchées pour l'industrialisation (séparation des métiers, hausse de la productivité, réutilisation, maintenance, contrôle de la qualité, etc.).

Notre second apport, à travers la modélisation de l'interaction en Feuilles de Comportement, est constitué par la formalisation d'une méthode qui permet l'édition industrielle de contenus pédagogiques sur support numérique. L'originalité des Feuilles de Comportement réside dans l'extension qu'elles constituent des acquis de l'ingénierie documentaire dans le cadre particulier du support numérique. En effet l'édition de contenus structurés logiquement pour des formats de présentation statiques était déjà maîtrisée. En revanche la réalisation automatique d'interfaces homme-machine interactives, et non plus seulement de contenus statiques, à partir de tels contenus structurés logiquement, restait un verrou. Cette approche a permis d'étendre la logique documentaire pour exploiter le support numérique en tant que support de réappropriation et ainsi intégrer l'interactivité indispensable à son application dans un cadre pédagogique. La conséquence en est la possibilité d'une industrialisation complète du processus de conception, de la rédaction à l'édition.

La question de la validité de notre travail se pose premièrement du point de vue de son efficacité réelle par rapport à notre contexte, la massification, et par rapport au moyen adopté, l'industrialisation. L'adoption du cadre conceptuel de l'informatique documentaire qui a fait ses preuves dans d'autres domaines que la pédagogie (la documentation technique par exemple) apporte un premier niveau de validité. Son adaptation réussie au domaine de la pédagogie (grâce à l'intégration de la scénarisation et de l'interactivité), prouvée par les applications que nous avons pu réaliser en apporte un second. Notre travail nous permet de conclure que le modèle conceptuel que nous proposons permet réellement une industrialisation de la conception et qu'il est possible de le mettre en oeuvre informatiquement. La validité technologique de notre approche semble également acquise car en adéquation avec le développement fulgurant d'XML. L'extension apportée par les Feuilles de Comportement reste néanmoins à parfaire en stabilisant un langage et une implémentation informatique qui rendent possible sa diffusion. La dimension méthodologique étant plus empirique, elle pose des problèmes de généralisation plus difficile à assurer. En effet la production de contenus selon une approche de structuration logique constitue un changement de référentiel important par rapport aux pratiques courantes chez les auteurs stigmatisés par le

WYSIWYG. La séparation entre auteur et rédacteur constitue néanmoins une solution qui paraît raisonnablement généralisable à de nombreuses organisations et apporte de fait une solution viable de mise en oeuvre.

Si notre recherche s'inscrit dans le domaine de l'informatique, elle ne peut-être dissociée de la pratique qui la sous-tend, la formation médiatisée par le support numérique à grande échelle. Or cette pratique est en genèse, et la relation entre pratique et technique étant à double sens, il n'est pas possible de valider complètement notre proposition sans une pratique ad hoc, ni possible de mettre en place la pratique sans la technique correspondante. Nos travaux ont permis de mettre en place une brique technique qui pourra permettre de développer la pratique. Seul le renouvellement d'expériences de plus en plus larges et de plus en plus diverses permettra réellement de montrer la validité de l'approche que nous proposons. Nous pouvons néanmoins poser dès à présent que nos concepts fondateurs se sont révélés efficaces, quitte à ce que nos travaux futurs nous amène à en réviser la mise en oeuvre sous certains aspects technologiques ou méthodologiques.

Nos travaux nous amènent aujourd'hui à considérer deux perspectives majeures pour le futur. La première de ces ouvertures est la finalisation du langage de FC. La première question qui se pose est celle de parvenir à stabiliser un langage suffisamment générique pour être mobilisable quelles que soient les logiques de présentation et les objectifs d'interaction pédagogique et suffisamment facile d'usage pour rester rationnel économiquement. La seconde question intimement liée à la première est celle de la méthodologie d'écriture des FC. En effet les compétences requises sont réparties entre la spécification des besoins pédagogiques en terme de d'interaction, le design des interfaces pour le rendu graphique et ergonomique et la programmation informatique pour la mise en oeuvre. Il est donc nécessaire de segmenter les problèmes afin de ne pas concentrer toute la difficulté de notre approche sur l'écriture des FC. L'enjeu représenté par les FC est central au sein de notre approche, car c'est à ce niveau que la contrainte forte de séparation du fond et de la forme que nous imposons pour la production des contenus prend toute sa dimension. Or l'intégration d'une interaction de qualité équivalente à celle obtenue avec des approches artisanales standards pour des coûts indépendants du volume est l'élément qui justifie l'ensemble de l'approche.

Le second axe ouvert par notre travail est la recherche de solutions plus adaptées pour l'intégration de contenus audiovisuels. En effet la conception de ces contenus n'est pas aujourd'hui rationalisable à la même échelle que pour le texte. Le recours à des formats standards qui assurent une certaine pérennité de l'information n'est pas suffisant et ne permet pas de résoudre les problèmes de maintenance, de réutilisation ou de rationalisation de la production. L'audiovisuel stigmatise en effet la difficulté à séparer le fond de la forme, et la question de la structuration logique doit être posée d'une façon différente, tout en sachant qu'elle soulève des problèmes conceptuels et technologiques complexes. Ce type de contenus n'existe encore que très rarement à une échelle massive dans le domaine de la formation, néanmoins la démocratisation du numérique nous laisse imaginer qu'ils vont prendre une place de plus en plus importante dans la pratique. Il nous sera donc nécessaire de prolonger nos travaux afin d'être en mesure de les intégrer avec des avantages comparables à ceux que nous avons permis pour les documents spatiaux.

---

## Bibliographie

- ADL , "Sharable Content Object Reference Model", version 1.2, octobre 2001.
- AJHOUN R, BENKIRAN A, "SMART-Learning: Adaptative telelearning system on the web", actes du colloque TICE'2000, Troyes, France, pp.23-29, octobre 2000.
- ALAVA S, "Cyberespace et formations ouvertes : Vers une mutation des pratiques de formation?", édition DeBoeck Université, 2000.
- ALAVA S, "Cyberespace et pratiques de formation : Des mirages aux usages des enseignants", édition DeBoeck Université, 2000.
- ALIA C, VINCENT B, "Un environnement pour développer l'apprentissage coopératif sur Internet : applications à la préparation de l'agrégation d'économie gestion au CNED", actes du colloque TICE'2000, Troyes, France, pp.369-375, octobre 2000.
- AUROUX S, "La révolution technologique de la grammatisation", édition Mardaga, 1995.
- BACHIMONT B, "Le contrôle dans les systèmes à base de connaissance : Contribution à l'épistémologie de l'intelligence artificielle", édition Hermès, 1994.
- BACHIMONT B, "Herméneutique matérielle et artefacture : des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser", mémoire de Thèse en épistémologie, édition Ecole Polytechnique, 1996.
- BACHIMONT B, CHARLET J, "PolyTex : un environnement pour l'édition structurée de polycopiés électroniques multisupports", actes du colloque EuroTex'98, France, 1998.
- BACHIMONT B, "Intelligence artificielle et écriture dynamique : De la raison graphique à la raison computationnelle", in Au nom du sens coordonné par Jean Petitot, édition Grasset, 1999.
- BACHIMONT B, "Herméneutique du support et ingénierie des connaissances : de la différence numérique", manuscrit, 1999.
- BACHIMONT B, "Indexation audiovisuelle : une problématique en pleine évolution", L'Objet, n°2, vol.6, édition Hermès, 2000.
- BACHIMONT B, SALZMANN N, "Projet AXA-UTC : Présentation synthétique projet", BDDP-00-01, édition UTC, février 2000.
- BACHIMONT B, "Du texte à l'hypotexte : Les parcours de la mémoire documentaire", Technologie, Idéologies, Pratiques, n°spéciale "mémoires collectives", 2001.
- BALACHEFF N, "Didactique et intelligence artificielle", Recherches en Didactiques des Mathématiques, n°1.2, vol.14, pp.11-42, édition La Pensée Sauvage, 1994.
- BALACHEFF N, "Formalisation des connaissances et modélisation des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain", actes du colloque Assises nationales du GDR PRC I3, Lyon, juin 1998.
- BALPE J, LELU A, PAPY F, SALEH I, "Techniques avancées pour l'hypertexte", édition Hermès, 1996.
- BARON M, MENDELSON P, NICAUD J, "Actes des 5e journées EIAO de Cachan", édition Hermès, 1997.
- BARTHES J, BOULLIER D, "Bilan d'une formation à distance en documentation technique : le DESS DICIT de l'UTC", actes du colloque NTICF'98, Rouen, novembre 1998.
- BARTHÉLEMY S, LOUBIER M, PINON J, "SEMUSDI, SErveur MULtimédia pour les Sciences De l'Ingénieur : Présentation générale du projet", actes du colloque NTICF'98, Rouen, novembre 1998.

- BASTIEN C, SCAPIN D, "Ergonomic criteria for the evaluation of Human-Computer Interfaces", Rapport Technique 157, édition INRIA n156, juin 1993.
- BASTIEN C, SCAPIN D, "Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems", Behaviour and Information Technology, n°16, pp.226-231, 1997.
- BATICLE Y, "Clés et codes de l'image : L'image numérisée, la vidéo, le cinéma", édition Magnard, 1985.
- BERTIN J, BARBUT M, "Sémiologie graphique : Les diagrammes, les réseaux, les cartes", édition Gauthier-Villars, 1967.
- BLANDIN B, "Formateurs et formation multimédia", édition Les Editions d'Organisation, 1990.
- BOTÉRO J, "Mésopotamie : L'écriture, la raison et les dieux", édition Gallimard, 1987.
- BOULLIER D, "Un cahier des charges socio-technique pour les interfaces des NTE", actes du colloque Rencontres Technologie-Education, Université de Technologie de Compiègne, 1996.
- BOULLIER D, "La loi du support : Leçons de trois ans d'enseignement numérique à distance", Les Cahiers du Numérique, n°2, vol.1, pp.145-172, édition Hermès, 2000.
- BOURDA Y, HÉLIER M, "Métadonnées et XML : applications aux "objets pédagogiques"", actes du colloque TICE'2000, Troyes, France, pp.135-141, octobre 2000.
- BOURGUIN G, D'HALLUIN C, HOOGSTOEL F, "L'apprentissage coopératif et la conception de collecticiels", actes du colloque TICE'2000, Troyes, France, pp.361-367, octobre 2000.
- BRUILLARD E, VIVET M, "Concevoir des EIAO pour des situations scolaires : Approche méthodologique", Recherches en Didactiques des Mathématiques, n°1.2, vol.14, pp.275-304, édition La Pensée Sauvage, 1994.
- BRUILLARD E, BARON G, "L'informatique et ses usagers dans l'éducation", édition PUF L'éducateur, 1996.
- BRUILLARD E, "Les machines à enseigner", édition Hermès, 1997.
- BRUILLARD E, BARON G, "Vers des manuels scolaires électroniques? : Résultats d'une étude en mathématiques en classe de sixième", Sciences et Techniques Educatives, n°4, vol.5, édition Hermès, 1998.
- BRUNER J, "The process of education", édition Harvard University Press, 1960.
- BRUSIŁOWSKY P, "Methods and technics of adaptative hypermedia", User Modelling and User Adapted Interaction, n°2-3, vol.6, 1996.
- BUSH V, "As we may think", The atlantic monthly, n°176, pp.101-108, 1945.
- CHALVIN D, COQUERELLE J, "Encyclopédie des pédagogies de formation : Histoire et principales approches", édition ESF, 1996.
- CHEVALLARD Y, JOSHUA M, "La transposition didactique : Du savoir savant au savoir enseigné", édition La pensée sauvage, 1985.
- CHION M, "Musiques : Médias et technologies", édition Flammarion, 1994.
- CHOPLIN H, DEGRUGILLIER D, GALISSON A, MORIN S, "Comment réaliser un simulateur pédagogique ? : Un exemple conçu et développé par le groupe des écoles de télécommunications", actes du colloque TICE'2000, Troyes, France, pp.333-341, octobre 2000.
- CHRISTIN A, "L'image écrite : Ou la déraison graphique", édition Flammarion, 1995.
- CLERGUE G, "L'apprentissage de la complexité", édition Hermès, 1997.
- CLÉMENT J, "Du livre au texte : Les implications intellectuelles de l'édition électronique", Sciences et Techniques Educatives, n°4, vol.5, édition Hermès, 1998.
- COSSETTE C, "Les images démaquillées", édition Riguil Internationales, 1983.
- COSTA J, MOLES A, "La imagen didáctica", édition Ceac, 1991.
- COURTOIS J, "SIAM : Un système de diagnostic qui s'adapte aisément à de nouveaux domaines et qui enseigne sa méthode", mémoire de Thèse, édition Université Paris 6, octobre 1990.

- 
- CROZAT S, "Méthode d'évaluation de la composition multimédia des didacticiels : Proposition pour l'analyse des documents, de la scénarisation et des impressions générales", mémoire de DEA en Contrôle Des Systèmes, édition Université de Technologie de Compiègne, 1998.
- CROZAT S, HÛ O, TRIGANO P, "EMPI : Une méthode informatisée pour l'évaluation des didacticiels multimédias", Revue de l'Interaction Homme Machine, n°2, vol.1, édition Europa, 1999.
- CROZAT S, TRIGANO P, "Writing multimedia pedagogical hyperdocuments: For an integrated design environment", actes du colloque ICCE'99, Chiba, Japon, novembre 1999.
- CROZAT S, TRIGANO P, HÛ O, "A knowledge base for evaluation and design of instructional multimedia software", actes du colloque OPODIS'99, Hanoi, Viet-Nam, octobre 1999.
- CROZAT S, TRIGANO P, HÛ O, "Set of criteria for evaluation and design of multimedia applications in instructional context", actes du colloque MMM'99, Ottawa, Canada, octobre 1999.
- CROZAT S, TRIGANO P, "First results from distance learning experiment in algorithmic", actes du colloque CSCWD'99, Compiègne, France, septembre 1999.
- CROZAT S, HÛ O, TRIGANO P, "EMPI: A questionnaire based method for the evaluation of multimedia interactive pedagogical software", actes du colloque PDPTA'99, Las Vegas, USA, juillet 1999.
- CROZAT S, HÛ O, TRIGANO P, "A Method for Evaluating Multimedia Learning Software", actes du colloque ICMCS'99, Florence, Italie, juin 1999.
- CROZAT S, HÛ O, TRIGANO P, "EMPI, un guide logiciel d'aide à l'évaluation du multimédia pédagogique", actes du colloque AIPU'99, Montréal, Canada, mai 1999.
- CROZAT S, TRIGANO P, "An ontological approach for design and evaluation of tutoring systems", actes du colloque ITS'2000, Montréal, Canada, 2000.
- CROZAT S, BACHIMONT B, MAJADA M, SALZMANN N, POUSSE S, "Projet AXA-UTC : Cahier des charges fonctionnel", CDCF.v.1.00, édition UTC, juin 2000.
- CROZAT S, TRIGANO P, "An approach for pedagogical hypermedia design", actes du colloque SCI'2000, Orlando, USA, juillet 2000.
- CROZAT S, TRIGANO P, "Une démarche de conception pour les hypermédia pédagogiques : l'enjeu d'une approche centrée sur l'information", actes du colloque IC'2000, Toulouse, France, mai 2000.
- CROZAT S, "Designing pedagogical hypermedia : An information-centered approach", actes du colloque ITS'2000, jeunes chercheurs, Montréal, Canada, mai 2000.
- CROZAT S, "Using pedagogical hypermedias in real situation : Experiments results", actes du colloque ITS'2000, jeunes chercheurs, Montréal, Canada, mai 2000.
- CROZAT S, TRIGANO P, "Conception de supports hypermédias pour une exploitation pédagogique : modèle et expérience", SPIRALE, n°28, octobre 2001.
- CROZAT S, TRIGANO P, "Structuration et scénarisation de documents pédagogiques numériques dans une logique de massification", Sciences et Techniques Educatives, n°3, vol.9, édition Hermès, 2002.
- DCMI, "Dublin Core Metadata Element Set", version 1.0, septembre 1998.
- DE LA PASSARDIÈRE B, GIROIRE H, "XML au service des applications pédagogiques", Sciences et Techniques Educatives, n°1, vol.8, édition Hermès, 2001.
- DEMAIZIÈRE F, DUBUISSON C, "De l'EAO aux NTF : Utiliser l'ordinateur pour la formation", édition OPHRYS, 1992.
- DERYCKE A, HOOGSTOEL F, VIÉVILLE C, "Campus virtuel et apprentissages collaboratifs", actes du colloque 5ème journée EIAO, Cachan, France, pp.11-24, édition Hermès, mai 1997.
- DIEUZEIDE H, "Les nouvelles technologies : Outils d'enseignement", édition Nathan, 1994.
- DORTIER J, "La révolution cognitive", in Le cerveau et la pensée : la révolution des sciences cognitives coordonné par Dortier, édition Editions Sciences Humaines, 1999.
- ECO U, "Les limites de l'interprétation", édition 1992, Grasset.
- FORTE E, WENTLAND-FORTE M, DUVAL E, "The ARIADNE project, (part I) : Knowledge pools for

- computer based and telematics supported classical and open education", *European Journal of Engineering Education*, n°1, vol.22, pp.61-74, mars 1997.
- FORTE E, WENTLAND-FORTE M, DUVAL E, "The ARIADNE project, (part II) : Knowledge pools for computer based and telematics supported classical and open education", *European Journal of Engineering Education*, n°1, vol.22, pp.153-166, mars 1997.
- FORTE E, HAENNI F, WARKENTYNE K, DUVAL E, CARDINAELS K, VERVAET E, HENDRIKX K, WENTLAND-FORTE M, SIMILLION F, "Semantic and pedagogic interoperability mechanisms in the ARIADNE educational repository", *ACM SIGMOD*, n°1, vol.28, pp.20-25, 1999.
- FREINET C, "Moderniser l'école", édition Armand Colin, 1964.
- GALISSON A, MILON M, CHOPLIN H, GIMENES C, LEMARCHAND S, N'GUYEN Q, PAULIC P, "Comment concevoir un hypermédia pédagogique pour l'enseignement supérieur scientifique ?", actes du colloque NTICF'98, Rouen, France, novembre 1998.
- GASNERAU P, "Serveur de Didacticiels Multimédia", actes du colloque NTICF'98, Rouen, novembre 1998.
- GAUDREULT A, JOST F, "Le récit cinématographique", édition Nathan, 1990.
- GHITALLA F, "Les formats pédagogiques : Théorie expérimentale de l'interaction et de la scénarisation pédagogique", mémoire de Recherche du pôle NTE de la région Picardie, édition Université de Technologie de Compiègne, 2001.
- GIBSON J, "The ecological approach to visual perception", édition LEA, 1979.
- GIL P, "e-formation : NTIC et reengineering de la formation professionnelle", édition Dunod, 2000.
- GOODY J, "La raison graphique : La domestication de la pensée sauvage", édition Les éditions de minuit, 1979.
- GUÉGOT F, NÉCAILLE C, "Modélisation d'hyper documents dans un système hypermédia pour la formation", in *Hypertextes, hypermédiats et internet* coordonné par Jean-Pierre Balpe, pp.73-87, édition Hermès, 1999.
- GÖDEL K, "Le théorème de Gödel : Sur les propositions formellement indécidables des Principia Mathematica et des systèmes apparentés", édition Seuil, 1931 (1989).
- HABER B, FABRE C, ISSAC F, "De l'écrit au numérique : Constituer, normaliser et exploiter les corpus électroniques", édition InterEdition, Masson, 1998.
- HILBERT D, "Sur l'infini", in *Logique mathématiques: textes* coordonné par J. Largeault, édition Armand Colin, 1926 (1972).
- HORN R, "Mapping hypertext", édition The Lexington Institute ed., 1989.
- HUSSERL E, "Idées directrices pour une phénoménologie", édition Gallimard, 1950.
- HÛ O, TRIGANO P, CROZAT S, "E.M.P.I. : Une méthode pour l'Evaluation du Multimédia Pédagogique Interactif", actes du colloque NTICF'98, INSA Rouen, France, novembre 1998.
- HÛ O, TRIGANO P, CROZAT S, "Evaluation du multimédia pédagogique : La méthode E.M.P.I.", actes du colloque IN-TELE'98, Strasbourg, France, septembre 1998.
- HÛ O, TRIGANO P, CROZAT S, "Considering subjectivity in software evaluation", actes du colloque CADUI'99, Louvain-la-Neuve, Belgique, octobre 1999.
- HÛ O, TRIGANO P, CROZAT S, "Quelques dimensions pour une meilleure définition de la situation d'apprentissage : Application dans une méthode d'aide à l'évaluation", actes du colloque Autoformation, Barcelone, Espagne, décembre 1999.
- HÛ O, CROZAT S, TRIGANO P, "Evaluer les logiciels multimédia pédagogiques : objectivité versus subjectivité et généricité versus contextualité", *RES ACADEMICA (Revue de l'Enseignement Supérieur)*, n°1 et 2, vol.17, 2000.
- HÛ O, "Contribution à l'évaluation des logiciels multimédias pédagogiques", mémoire de Thèse en Informatique, édition Université de Technologie de Compiègne, 2001.
- HÛ O, TRIGANO P, CROZAT S, "Une aide à l'évaluation des logiciels multimédias de formation", *Sciences et Techniques Educatives*, n°3-4, vol.8, édition Hermès, 2001.

- 
- IEEE , "Learning Object Metadata", Draft Standard 6.1, avril 2001.
- ILLICH I, "Du lisible au visible : la naissance du texte", édition Le Cerf, 1991.
- ISABELLE C, NKAMBOU R, DUFRESNE A, "Système interactif et hypermédia pour l'intégration de technologie de l'information chez des futurs enseignants", actes du colloque TICE'2000, Troyes, France, pp.169-177, octobre 2000.
- ISSAC F, HÛ O, "Un formalisme de description de questionnaires pour l'évaluation", actes du colloque TICE'2000, Troyes, France, pp.143-149, octobre 2000.
- JEAN S, "PÉPITE : Un système d'assistance au diagnostic de compétences", mémoire de Thèse, édition Université du Maine, Janvier 2000.
- KIVY P, "Music alone : Philosophical reflections on the purely musical experience", édition Cornell University Press, 1990.
- LATOURE B, "La clef de Berlin et autres leçons d'un amateur de sciences", édition La Découverte, 1993.
- LINARD M, "Des machines et des hommes : Apprendre avec les nouvelles technologies", édition L'Harmattan, 1996.
- MEDA J, "Evaluer les logiciels de formation", édition Les Editions d'Organisation, 1990.
- MADAULE F, BARRIL P, DE LA PASSARDIÈRE B, LE CALVEZ F, POO M, URTASUN M, "Systèmes d'Enseignement Assisté par Ordinateur : Etude comparative", Technique et Science Informatique, vol.6-1, édition Bordas, 1987.
- MAJADA M, CAILLEAU I, SALZMANN N, EMERY C, GAILLARD M, BOUGAULT N, "Base de données pédagogique : Analyse fonctionnelle", AF.v.1.00, édition UTC, janvier 2000.
- MENDELSON P, "Quand les technologies éducatives nous aident à repenser la question de l'efficacité de l'enseignement", in Efficacité de nos systèmes de formation coordonné par S. Hannardt, édition Delachaux et Niestlé, à paraître.
- MICHARD A, "XML, langage et applications", édition Eyrolles, 1997.
- MOLES A, ROHMER E, "L'image, communication fonctionnelle", édition Casterman, 1981.
- MOULIN C, PAZZAGLIA C, "Création dynamique d'activités adaptées dans un environnement d'apprentissage à distance", actes du colloque TICE'2000, Troyes, France, pp.179-190, octobre 2000.
- NEWELL A, "Physical symbol systems", édition Cognitive Science, 1980.
- NICAUD J, VIVET M, "Les tuteurs intelligents : Réalisations et tendances de recherches", Technique et Science Informatique, n°1, vol.7, pp.21-45, édition Bordas, 1988.
- NICAUD J, "Modélisation en EIAO : Les modèles d'APLUSIX", in Didactique et intelligence artificielle coordonné par Balacheff et Vivet, pp.68-112, édition La Pensée Sauvage, 1994.
- NÉCAILLE C, GUÉGOT F, J.P. P, "ArchyMeDia : Un environnement multimédia distribué d'enseignement/apprentissage centré sur l'aide à l'utilisateur", actes du colloque NTICF'98, Rouen, novembre 1998.
- NÉCAILLE C, GUÉGOT F, "Représentation d'un métamodèle pour un système hypermédia d'enseignement-apprentissage", actes du colloque NTICF'98, Rouen, novembre 1998.
- PAPERT S, "Tomorrow's Classrooms?", édition Times Educational Supplement, 5 mars 1982.
- PARMENTIER C, ARFAOUI F, "Tout savoir pour e-former : De la loi de 71 au e-learning", édition Editions d'Organisation, 2001.
- PECCOUD F, "Les nouvelles pratiques de formation", Les Cahiers du Numérique, n°2, vol.1, pp.89-102, édition Hermès, 2000.
- PECCOUD F, "L'enjeu des contenus ou la règle des 4M", Rendez-vous sous le Préau, n°19, mars 2001.
- PEETERS B, "Autour du scénario : Cinéma, bande dessinée, roman-photo, vidéo-clip, publicité, littérature", édition l'Université, 1986.
- PERAVA D, "Le cyberspace : Un dispositif de communication et de formation médiatisé", édition DeBoeck Université, 2000.

- PIAGET J, "La psychologie de l'intelligence", édition Armand Collin, 1967.
- PICHÉ P, FRASSON C, AIMEUR E, "Amélioration de la formation au moyen d'un agent perturbateur dans un système tutoriel intelligent", actes du colloque NTICF'98, INSA Rouen, France, novembre 1998.
- POGNANT P, SCHOLL C, "Les cd-rom culturels", édition Hermès, 1996.
- REVERCHON A, "Les universités françaises lancent le chantier de l'enseignement à distance", édition Le monde économie, 1er février 2000.
- RODRIGUEZ D, "L'essentiel de LaTeX et GNU-Emacs : Manuel de réalisation de documents scientifiques", édition Dunod, 2000.
- SANDOVAL V, "SGML : Un outil pour la gestion électronique de documents", édition Hermès, 1994.
- SANRACH C, GRANDBASTIEN M, "Adapter un environnement de conception de Système d'Apprentissage au Web", actes du colloque TICE'2000, Troyes, France, pp.43-52, octobre 2000.
- SEARLE J, "Du cerveau au savoir : Conférences Reith 1984 de la BBC", édition Hermann, 1985.
- SKINNER B, "Pour une science du comportement : Le behaviorisme", édition Delachaux et Niestlé, 1979.
- SORLIN P, "Esthétiques de l'audiovisuel", édition Nathan, 1992.
- SOULEZ A, "Manifeste du Cercle de Vienne et autres récits", édition Presses Universitaires de France, 1985.
- STIEGLER B, "La technique et le temps, Tome I : La faute d'Epiméthée", édition Galilée, 1994.
- STIEGLER B, "La technique et le temps, Tome II : La désorientation", édition Galilée, 1994.
- THORNDIKE E, "The Psychology of Learning", Educational Psychology, édition Teachers College Press, 1913.
- TURING A, "La machine de Turing", édition Seuil, 1936 (1995).
- VANOYE F, GOLIOT-LÉTÉ A, "Précis d'analyse filmique", édition Nathan, 1992.
- VIVET M, "Evaluating educational technologies : Evaluation of teaching material versus evaluation of learning ?", actes du colloque CALISCE'96, San Sebastian, juillet 1996.
- WATSON J, "Psychology as the behaviorist views it", édition Psychological Review, 1913.
- WEISSBERG J, "Entre production et réception: l'hypermédiation, une mutation des savoirs symboliques", in Hypertextes, hypermédias et internet coordonné par Jean-Pierre Balpe, pp.73-87, édition Hermès, 1999.
- WINOGRAD T, FLORES F, "L'intelligence artificielle en question", édition Presses Universitaires de France, 1989.
- ZEILIGER R, BELISLE C, CERRATTO T, "Implementing a constructivist approach to web navigation support", actes du colloque ED-MEDIA'99, Etats-Unis, édition Eds Collis, juin 1999.

---

## Références Web

AFNOR, "[www.afnor.fr](http://www.afnor.fr)".  
AICC, "[aicc.org](http://aicc.org)".  
ARIADNE, "[ariadne.unil.ch](http://ariadne.unil.ch)".  
CEN, "[www.cenorm.be](http://www.cenorm.be)".  
CINEMA, "[LRCM.com.umontreal.ca/CINEMA](http://LRCM.com.umontreal.ca/CINEMA)".  
CABRI-GÉOMÈTRE, "[www.cabri.net](http://www.cabri.net)".  
DIRECTOR, "[www.macromedia.com/software/director](http://www.macromedia.com/software/director)".  
DOCBOOK, "[www.docbook.org](http://www.docbook.org)".  
DUBLIN CORE, "[www.dublincore.org](http://www.dublincore.org)".  
EPCEDIT, "[www.epcedit.com](http://www.epcedit.com)".  
GTME, "[www.ac-montpellier.fr/ressources/GTME1-0.doc](http://www.ac-montpellier.fr/ressources/GTME1-0.doc)".  
HTML, "[www.w3.org/MarkUp](http://www.w3.org/MarkUp)".  
HYPERCARD, "[www.apple.com/hypercard](http://www.apple.com/hypercard)".  
IMS, "[imsproject.org](http://imsproject.org)".  
ISO JTC1 SC36, "[jtc1sc36.org](http://jtc1sc36.org)".  
JPEG, "[www.iso.ch, 10918-4:1999](http://www.iso.ch, 10918-4:1999)".  
LOM, "[grouper.ieee.org/groups/ltsc/index.html](http://grouper.ieee.org/groups/ltsc/index.html)".  
LE PRÉAU, "[www.preau.asso.fr](http://www.preau.asso.fr)".  
LEARNING SPACE, "<http://www.lotus.fr/learningspace>".  
MALTED, "[www.malted.com](http://www.malted.com)".  
MP3, "[www.mp3.com](http://www.mp3.com)".  
MPEG, "[www.cselt.it/mpeg](http://www.cselt.it/mpeg)".  
NESTOR, "[www.gate.cnrs.fr/~zeiliger/nestor/nestor.htm](http://www.gate.cnrs.fr/~zeiliger/nestor/nestor.htm)".  
PDF, "[www.adobe.com/products/acrobat/adobepdf.html](http://www.adobe.com/products/acrobat/adobepdf.html)".  
PROMETEUS, "[prometeus.org](http://prometeus.org)".  
SCORM, "[www.adlnet.org](http://www.adlnet.org)".  
SERPOLET, "[www.a6.fr](http://www.a6.fr)".  
SGML, "[www.iso.ch, ISO 8879:1986](http://www.iso.ch, ISO 8879:1986)".  
SMIL, "[www.w3.org/AudioVideo](http://www.w3.org/AudioVideo)".  
SVG, "[www.w3.org/Graphics/SVG](http://www.w3.org/Graphics/SVG)".  
SYNERGIE 3R, "[www.synergie3r.com](http://www.synergie3r.com)".  
W3C, "[w3c.org](http://w3c.org)".  
XML, "[www.w3.org/XML](http://www.w3.org/XML)".  
XML SCHEMA, "[www.w3.org/XML/Schema](http://www.w3.org/XML/Schema)".  
XPath, "[www.w3.org/TR/xpath](http://www.w3.org/TR/xpath)".  
XSL, "[www.w3.org/Style/XSL](http://www.w3.org/Style/XSL)".



---

**TITRE.**

Éléments pour la conception industrialisée des supports pédagogiques numériques

---

**RÉSUMÉ.**

La croissance spectaculaire du numérique, Internet en tête, combinée aux besoins nouveaux dans le domaine de la formation, professionnelle notamment, ont conduit à un développement considérable de la production de documents pédagogiques numériques. Notre travail s'inscrit au sein de cette problématique, afin d'élaborer un modèle de conception industrielle qui permette l'application d'un modèle documentaire générique, et l'intégration de modèles pédagogiques spécifiques, dans une perspective de massification. Ce modèle a été conçu à partir d'une approche théorique depuis l'état de l'art (séparation fond/forme, séparation contenu/scénarisation et association information/actions) et d'une approche empirique depuis nos expérimentations (XF01 et SCENARI). Le résultat de ce travail est le méta-modèle SP/UL qui propose une approche méthodologique et technologique afin de représenter logiquement l'information multimédia pédagogique (sous forme d'Unités Logiques), de distribuer l'information au sein de scénarii pédagogiques (sous forme de Schémas Pédagogiques), et de présenter l'information pour la manipuler (sous forme de Feuilles de Comportement).

---

**TITLE.**

Elements for industrial design of instructional digital medias

---

**ABSTRACT.**

The increased usage of digital documents and the emergence of new needs in the field of institutional education and professional training have produced a skyrocketing development of instructional digital documents. We submit an industrial design model that aims to conciliate a generic documentary meta-model with specific pedagogical models in a mass-production context. Our research is based on a theoretical approach of state of the art concepts (content/form separation, content/scenario separation and content/action association) and on an empirical approach from practical experiments (XF01 and SCENARI). The result of our work is the Pedagogical-Schema & Logical-Unit meta-model which proposes a methodological and a technological framework that: logically represents multimedia and pedagogical information (as Logical-Units), distributes information through pedagogical scripts (as Pedagogical-Schemas) and presents information so that it can be manipulated (as Interaction-Sheets).

---

**DISCIPLINE.**

Informatique

---

**MOTS-CLÉS.**

ingénierie documentaire - support numérique - contexte pédagogique - conception - modélisation - structuration logique - interactivité - scénarisation pédagogique - industrialisation

---

**ADRESSE DU LABORATOIRE.**

Heudyasic  
Université de Technologie de Compiègne  
BP 20529 - 60205 Compiègne Cedex

---

