

## Chapitre X

# Indexation sémantique et propagation du savoir

### X.1. Introduction

Je vous raconterai deux histoires... Dans la première, je résumerai la recherche d'un modèle pour le phénomène de la propagation du savoir par explication-finalisée par ma thèse de doctorat [ROS 99]. Je vous introduirai ensuite dans le laboratoire d'un chercheur- architecte, construisant des instruments pour la facilitation de l'éducation. Cet effort fut finalisé par la conception de l'architecture d'un "système d'exploitation pour la télé-éducation" (TELOS- [ROS 06]) et dirigé par le prototypage (à l'aide de mon inestimable partenaire, le développeur Val Rosca)- d'un gestionnaire de "fonctions pédagogiques" (GEFO - [ROS 03]). L'autre "histoire" est un rapport imaginaire (écrit en 2100...) sur la physiologie de la communauté cognitive des "costudieux", basée sur "le miroir distribué actif" (un successeur du système GEFO...)

Je recours à cette formule inédite parce que je me considère dans une situation difficile. Malgré les efforts déposés et ma sensibilité pour l'intelligibilité du texte explicatif, les essais de communiquer ma vision n'ont pas été trop réussis. Et ce n'est pas seulement la complexité du sujet qui m'a placé dans cette désagréable posture. Je crois avoir trouvé des explications supplémentaires: l'exotisme de ma construction intellectuelle et le tribut payé à la transdisciplinarité. Dans l'époque de la spécialisation, du professionnalisme développé sur la verticale des domaines, les synthèses systémiques interdisciplinaires sont difficiles [ROS 00]. Naviguant (avec les inévitables risques de superficialité) dans tant de domaines (psychologie et sciences cognitives, théorie de la communication, sémiotique, multimédia, logique et épistémologie, sciences de l'éducation, téléinformatique, théorie de la négociation et

## 2 Titre de l'ouvrage

de la décision, etc.) - dans l'espoir de coaguler l'image unitaire du phénomène poursuivi - je me suis... isolé. Pour rendre la situation encore plus délicate, mes primitives (valeurs éthiques, options et intérêts philosophiques, principes épistémologiques) sont plutôt "exotiques". Comme je l'ai mentionné ailleurs [ROS 04], la compréhension de ce texte serait facilitée par une meilleure connaissance de celui qui vous le propose. Mais l'exposition argumentée des "paradigmes personnels" prendrait trop de place, pour provoquer des polémiques prévisibles.

J'ai choisi le compromis de ce "témoignage condensé". Préfaçant la présentation des histoires avec l'énumération des principes qui m'ont guidé. Ils représentent l'arrière- plan de mes recherches sur la modélisation et l'instrumentation de l'éducation et peuvent offrir une clé d'interprétation - à celui qui s'accommode à leur forme "aphoristique". Le lecteur qui ne les digère pas bien- peut les éviter. Ils ne sont pas essentiels à la logique de mon discours, mais utiles à sa rhétorique. J'espère que les formules suggérées restent intéressantes pour des autres contextes, cadres interprétatifs et espaces de valeurs. À la fin, je présenterai une synthèse conceptuelle, qui peut être sédimentée à partir des narrations précédentes, illustrée par elles- ou être utilisée comme référence. Étant donné l'espace réduit et l'aire vaste des sources (multidisciplinaires) d'inspiration, les renvois "bibliographiques" signalent des textes approfondissant les idées exposées ici (bien d'entre eux seront groupés sur mon site : [www.ioanrosca.com](http://www.ioanrosca.com)).

### **X.2. Principes directeurs, idées polarisatrices, primitives de ma démarche**

**1 Démocratisation de la recherche (construction) du sens.** La connaissance (compréhension, modélisation) profonde de la réalité extérieure, l'organisation (compréhension) supérieure de notre univers intérieur et l'enrichissement de leur rapport - sont des moyens, mais, en même temps, des buts de l'existence individuelle et collective. L'humanité s'est émancipée et s'élève en démocratisant la recherche du sens (sur une pluralité de pistes : science, physiologie, religion, esthétique etc.). L'intensification de la recherche humaine réclame l'amélioration des possibilités de participation des individus à l'effort collectif de signification et des stratégies d'intermédiation et de "contamination" intellectuelle.

**2 Progrès ou conservation: relations circulaires entre "modèle" et "réalité".** La modélisation (description) des phénomènes, manifestés ou imaginaires, peut les orienter en conformité avec certaines valeurs et buts (soutenant "l'émancipation", "l'évolution", "le progrès"). La réalité mérite d'être observée (modélée) - même si on aime la conserver (répondant aux sensibilités "écologiques"). Entre "réalité" et "modèle" se tisse un cercle d'influences réciproques (accentué lorsque le "modèle" du phénomène est utilisé comme instrument par les participants) - avec des conséquences comportementales majeures. Le système réalité - miroir a sa physiologie globale, son propre destin. D'ici découlent les promissions de la modélisation... et ses responsabilités.

**3 Dualité structure/processus: existence/transformation, adaptation/évolution, ontogenèse/phylogenèse.** Les entités physiques et conceptuelles liées par de relations (influences) créent des unités systémiques et déterminent leur comportement (physiologie). D'autre part, les processus physiques et cognitifs sédimentent des structures (entités et relations). Une vision systémique complète doit refléter la dualité existence- transformation, utilisant des modèles de "structures- en processus". Le regard structurel - sur la composition des "états" - doit être renforcé par le regard "historique" - qui poursuit l'évolution du système et offre des explications "longitudinales". L'adaptation et l'évolution d'une structure sont intimement liées, définissant sa "vie" d'"entité" systémique. L'ontogenèse de l'être (du concept vécu individuellement, de l'objet) et la phylogenèse de l'espèce (du concept vécu collectivement, de la cascade de production des objets) - sont des processus entremêlés.

**4 Individu en société: dualité cognitive.** Comme le métabolisme d'une cellule coexiste avec celui de l'organisme qui l'englobe (s'influençant réciproquement), le métabolisme cognitif individuel interfère avec celui de la communauté cognitive humaine, au milieu duquel il est "situé". La communication entre deux personnes peut être vue comme un rapport entre deux systèmes cognitifs distincts mais aussi comme manifestation de la physiologie cognitive du système- espèce. L'acte fondamental de l'explication peut être perçu comme une relation (sémantique) entre deux personnes- mais aussi comme extension de la reproduction, assurant l'évolution spirituelle, par propagation du savoir.

**5 La connaissance, comme système communicationnel** La phénoménologie affirme l'unité de la paire objet observé - sujet observateur. Nous pouvons élargir cette vision pour tenir compte du caractère partagé de la connaissance, incluant, dans un tout unitaire, le sujet représenté, le symbole représentant et la paire humaine qui communique sur le sujet, utilisant la représentation. Nous obtenons ainsi une acception dynamique-systémique du savoir, qui peut orienter les recherches sur l'ingénierie des connaissances.

**6 Bipolarité de l'explication; la consonance expert-novice.** "L'explication"- se base sur la consonance cognitive vécue par la paire humaine. Synchrones ou asynchrones, sonore, textuel ou graphique, direct ou à distance, plus ou moins profond (efficace)- le rapport explicatif entre un "expert" et un "novice" est un phénomène essentiellement bipolaire. Les observations du constructivisme concernant la logique de l'explication- du côté de l'apprenant, doivent être étendues en regardant le phénomène du côté de l'enseignant - et être combinées avec une vision du dipôle pédagogique- comme tout unitaire. Cette orientation mène à des "environnements d'apprentissage - communication - enseignement".

**7 Le spectre large de "l'assistance" et sa métamorphose.** Le concept "d'assistance" - couvre une vaste gamme de significations. Il peut s'agir d'une simple "information" - la livraison d'un message opportun et intelligible. Quand la compréhension des concepts est difficile- il y a des besoins d'"éclaircissement". Si cela est opportun, le bénéficiaire est aidé à "apprendre" les informations - pour

#### 4 Titre de l'ouvrage

pouvoir les réutiliser à sa guise. À la place des messages (ce qu'il y a à faire, comment, avec quels instruments) on peut lui fournir des outils ("l'équiper") ou lui "faciliter" le travail avec ceux existants. Les systèmes de "support" évolués permettent la combinaison de ces possibilités. J'appelle "métamorphose" le passage d'un système d'une posture d'assistance à une autre - sans quitter l'enchaînement des opérations en cours.

**8 Pas de deux pour monter la spirale "faire - connaître".** L'explication peut consister dans le partage des actions. Pour faire, il faut savoir faire. Mais pour cela, il faut exercer, faisant- apprenant, montant la spirale de "l'expérience". Une forme puissante d'assistance est d'opérer en "pas de deux" : l'expert fait parce qu'il sait, le novice sait progressivement - parce qu'il est aidé à faire. On peut utiliser des paires novices - ordinateur (l'expert est représenté par un simulateur) ou le travail en "triple commande" : l'expert intervient quand l'ordinateur ne peut plus faire face. D'où l'intérêt pour l'étude de la "triangulation pédagogique de l'action"

**9 Intelligence distribuée et téléinformatique synaptique.** Les qualités intrinsèques d'un assistant humain (bien choisi, disponible et bien intentionné) sont difficiles à simuler. La posture d'émetteur est multipliable- par la diffusion du "message" conçu- mais celle d'auditeur de l'élève (ou de partenaire interactif) - bien plus difficilement. L'artificialisation des assistants est problématique aussi sur le plan étique. Les réalisations "reproductibles"- accomplies au nom de "l'efficacité"- peuvent abaisser la qualité de l'enseignement et devraient être utilisées avec circonspection et pour des justifications valides (coûts, experts inaccessibles, etc.). Mais avant de coopérer ou de communiquer, les partenaires de l'instruction doivent s'équiper, se trouver et se mettre d'accord. Et après- ils doivent mettre à jour le modèle qui soutient la coordination. Au lieu de dégrader le dipôle explicatif, le réseau d'ordinateurs peut rendre des services de contact, contrat et gestion. L'infrastructure synaptique "d'appareillement" émancipe la physiologie du cerveau collectif et - en conséquence - de l'individu (si on évite la dégénération par satellisation...)

**10 Complexité, perplexité, pragmatisme.** L'ingénierie de la chaîne de "cycles de vie" (de la plate-forme de fabrication A, des "instruments auteur" B - produits avec A, des explications (leçons) C - préparées avec B, des connaissances D obtenues à l'aide de C par les élèves E- utilisables ou évaluables dans le contexte F) suppose une démarche "phylogénétique": préparer des systèmes "arrière-grand-mère" pour qu'ils puissent produire des systèmes "grand-mère" avec lesquels on puisse concevoir des systèmes "mère" qui puissent engendrer les systèmes de "connaissances- enfants". L'ambition de l'approche systémique se paie donc avec l'affrontement de la complexité. La résolution rigoureuse est problématique. Même quand elle est possible, les dépenses d'énergie peuvent dépasser ce qu'on en gagne. Le nombre impressionnant: d'éléments et étapes, d'aspects et dimensions, de critères et méthodes- impose la simplification des modèles, stratégies et instruments, conformément à une orientation "pragmatique" : les services les plus utiles par les

moyens les plus abordables. Veillant à l'optimisation du rapport effort / résultat- quand les ressources sont limitées.

#### **11 Versatilité "paradigmatique"; liberté et cohérence; macro - pédagogie.**

Le point de vue pragmatique est ouvert vers des "paradigmes" culturels variés. Une leçon peut adopter une stratégie particulière : d'offrir aux élèves la liberté maximale, jusqu'à les encadrer strictement. Un professeur peut se spécialiser dans un "rituel didactique" - adapté au domaine et au contexte. Un concepteur peut construire des instruments explicatifs pour des autodidactes, présentateurs, partenaires de communication ou travail coopératif. La politique d'une institution (communauté) peut combiner les approches "émergentes" (l'utilisateur- apprenant entouré par des moyens de support) avec celles "planifiées" (l'implémentation de scénarios et stratégies préétablies). À part la micro-pédagogie investie dans des explications ponctuelles et la pédagogie d'une leçon, l'agrégation des "programmes" (ensembles de leçons recommandés à un groupe ou à une personne) est un acte macro-pédagogique délicat, qui doit être conçu par des experts. Un système de large utilité, où des "solistes" avec postures, buts et principes variés puisse collaborer selon plusieurs formules- doit soutenir autant la pratique du jazz que l'orchestration symphonique...

**12 Didactique ou instrumentation? Épistémologie transdisciplinaire ?** Les difficultés de l'ingénierie de l'éducation sont liées aux limites de sa modélisation. Il y a de motifs profonds pour lesquels nous ne disposons pas d'une science de la "technologie éducationnelle"- combinant les facettes instrumentales et sémantiques. Nous sommes forcés à regarder un phénomène unitaire par la multitude de prismes d'une grande variété de domaines, chacun ayant ses primitives, épistémologie, langage, paradigmes, expériences, rituels, modèles et priorités. Cette situation produit une dispersion des observations et des formules, l'espace second de la réflexion étant plus compliqué que celui primaire- du phénomène observé. Une démarche transdisciplinaire s'imposerait, pour refaire l'unité de la cible de l'observation, coagulant son modèle. Mais le programme du mouvement transdisciplinaire [NIC 96] n'est pas encore renforcé par un projet d'épistémologie. Nous payons les conséquences de cette lacune.

### **X.3. Entremêler la pédagogie et l'instrumentation : l'histoire d'une recherche**

#### ***X.3.1. Une modélisation problématique***

La première partie de ma thèse de doctorat [ROS 99] est dédiée à l'analyse de ma propre expérience d'élève, étudiant, professeur, formateur en industrie, auteur de leçons, livres et cours de formation professionnelle, organisateur et coordonnateur de centres de perfectionnement, critique de manuels, méthodes et systèmes d'enseignement, théoricien de la modélisation du phénomène d'explication. Elle décrit la perception progressive de la complexité. La conscientisation précoce du fait

## 6 Titre de l'ouvrage

que j'étais exposé "à l'instruction"- à cause de mon implication dans les débats sur la modernisation de l'enseignement de l'arithmétique en Roumanie. Les difficultés générées par cette mise en garde, à cause de laquelle j'ai supporté mal, comme étudiant, les expériences pédagogiques malheureuses. L'intérêt croissant pour la didactique, renforcé par ces exigences et frustrations. Les essais d'enseigner et de rédiger avec qualité (efficacité) didactique. La méditation sur la clé des explications réussies. Mes expériences d'explicateur et les révélations qu'elles m'ont produit sur la multitude des facteurs qui conditionnent la résonance explicative. Le désir de comprendre et de modéliser le phénomène, dans toute sa complexité.

Je me suis engagé dans la recherche de l'explication de l'explication, comme pédagogue en quête de compréhension (du miracle didactique, de "l'ingénierie sémantique", de "l'instrumentation intellectuelle"). Si je n'avais pas pratiqué en parallèle l'ingénierie technique (électronique et télécommunication, programmation), je ne me serais probablement pas ouvert vers le problème de l'instrumentation technique de l'éducation. Mais la tâche de mettre au point un système de formation-information pour une grande entreprise, distribuée dans toute la Roumanie, m'a confronté frontalement au problème de l'ingénierie de l'instruction à distance. J'ai saisi que, à part l'effort didactique, le complémeant, il est bénéfique de munir le système éducatif avec des instruments de facilitation. Même le crayon bien aiguisé, le tableau-noir propre, l'éponge, le boulier, la craie colorée, la salle de classe lumineuse, les pupitres commodes - ne sont pas négligeables - dans l'économie globale du processus éducationnel. Pour ne plus parler des instruments plus sophistiqués (microscope, projecteur, téléviseur, ordinateur, etc.) et des moyens "annexes" comme : environnements de composition, outils de gestion des activités et des expertises etc.).

En conséquence, sur toute la période allouée à la thèse (1993-1999) j'ai accordé une grande importance au prototypage de laboratoire. J'ai investigué des aspects comme: sens et modalité d'expression; composition du discours (sériel, parallèle et sur plusieurs pistes); dialogue synchrone et asynchrone; décision, négociation et coordination; réaction, adaptation et intelligence; action et simulation; gestion des informations; mélange entre instruction, documentation, coopération et expérience, techniques et instruments d'"authoring", rapport entre fabrication, composition et utilisation, évaluation, optimisation et réduction des coûts etc. J'ai essayé de comprendre les formules existantes et d'explorer des nouvelles pistes pour la modélisation et l'instrumentation de la propagation du savoir, dans une série des projets: "Multimédia métamorphique", "Stéréo- explication", "Meta-démonstrateur", "Instruction à triple contrôle", "TaxiNet", "StereoTudor".

Mais, au moment où j'ai attaqué la modélisation unitaire des *processus explicatifs* - il m'est devenu évident que la plus difficile tâche du théoricien est la fusion des problématiques: didactique et instrumentale [ROS 00]. Celui qui cherche les lois d'une ingénierie globale pour la chaîne des processus qui influencent l'apprentissage, doit attaquer des problèmes redoutables, comme: "Avec quelles stratégies et moyens faut-il équiper les technologues A et les méthodologues B, qui veulent doter (avec de

méthodes et des instruments de composition et de gestion) un public d'auteurs C et des gestionnaires D, qui organisent des systèmes d'instruction, dans le cadre desquels, un groupe d'assistants E puisse instruire un ensemble d'élèves F, de façon que ceux-ci puissent obtenir une amélioration G de leurs compétences, dans le domaine de connaissances H- saut nécessaire pour accomplir les performances I dans les contextes J - et tout cela, de façon optimale, selon les critères K, vérifiables par les méthodes L".

L'ambition théorique de ma thèse avait été trop grande, menant à une perplexité - que j'ai essayé de structurer, sur une "carte des difficultés". J'ai exposé les efforts et le mécontentement face aux modèles existants et aux résultats propres. La seule façon de m'acquitter, partiellement, de la tâche assommée (adoptée à la suite des discussions méthodologiques- épistémologiques passionnantes avec mon directeur de thèse [MOR 00] ) a été la segmentation du modèle de l'assistance éducative, par sa "projection" sur deux plans distincts: un- dédié à la didactique et l'autre- à l'instrumentation. [ROS 99].

### ***X.3.2. Entre recherche, développement et pratique***

Orgueil théorique blessé, je me suis retourné vers la pratique... Mais, les difficultés de la modélisation ont des implications majeures sur l'ingénierie de l'éducation. Un effort d'amélioration E n'est pas pertinent quand : "A (situation initiale)<B (situation améliorée)"...mais quand "A+E<B" ! La profondeur et la faisabilité peuvent entrer en contradiction. Veillant à l'optimisation des rapports effort/résultat, je me suis demandé : comment rendre le réseau des ordinateurs le plus utile aux élèves, professeurs, assistants, concepteurs, gestionnaires, technologues impliqués dans la cascade éducationnelle? Comment gérer l'univers des instruments et des formules disponibles- pour mieux les mettre en valeur?

Armé par les vécus, expériences, études et convictions signalés, je me suis attaché (à Montréal) à des équipes impliquées dans des ambitieux projets de recherche. Ce qui a occasionné... une nouvelle série de constatations, frustrations, réorientations. J'ai saisi l'écart entre la recherche et la pratique qu'elle est supposée assister et émanciper. Aliéné par des politiques douteuses, le "fourneau académique" produit plus de publications que des solutions.... Des prétendus "bénéficiaires" (qui n'ont pas initié le projet et n'ont pas été impliqués dans la définition progressive des "objectifs")- sont consultés vers la fin, pour "évaluer et valider" le respect des spécifications virtuelles- selon des méthodologies sophistiquées). Parmi ceux qui visent l'instrumentation des activités pédagogiques nous pouvons rencontrer: des chercheurs universitaires à faibles préoccupations pédagogiques, des étudiants produits par un enseignement de masse (où les expériences de résonance explicative profonde se font de plus en plus rares), des analystes qui regardent le phénomène à travers la bibliothèque...

## 8 Titre de l'ouvrage

Sur la table qui étalait (pendant les séances d'analyse), le modèle du générateur de "tutoriels interactifs intelligents", conçu par un group d'informaticiens dédiés à l'IA, [[www.iro.umontreal.ca/labs/HERON/SafariWeb/safariFrancais.htm](http://www.iro.umontreal.ca/labs/HERON/SafariWeb/safariFrancais.htm)], les humains n'apparaissent que dans la zone extérieure au "système", réservé aux "utilisateurs". En vain j'ai signalé l'intégrité du système cognitif, composé par des gens et des ordinateurs, en plaidant pour que l'intelligence des personnes soit mise en valeur par les synapses de l'informatique, l'ordinateur (agent programmable) étant traité comme une interface homme - homme. Une telle vision contrevenait au paradigme du moment. J'ai du quitter l'équipe, après avoir exprimé publiquement mes réserves, lors du congrès ITS'96 (tenu à Montréal)...

Mes essais d'orienter la recherche vers l'étude des phénomènes, au lieu de développer de nouveaux produits, convenaient peu aux "partenaires industriels". L'analyse de la dégénérescence des rituels pédagogiques par une "technologisation" pilotée par des intérêts corporatistes, ne peut pas être faite dans des projets subventionnés par ces compagnies. Elles impriment un style "secrèteux", contraire aux intérêts du savoir, siphonnent des fonds publics, confisquent gens, idées et prototypes et parlent "progrès" - comme arme de marketing. Elles préfèrent la stratégie des "livrables", le temps étant gaspillé dans des minutieux tests et dépannages et les ressources absorbées par les salaires des programmeurs. La posture de chercheur - architecte - coordonnateur devient pénible, quand les projets oscillent ambiguëment entre "prototype" et "produit". Où quand le "dialogue" doit enjamber l'abîme qui sépare des chercheurs- expérimentant des nouveaux principes (publiables), complexés par le langage et la position des programmeurs- et les besoins de spécifications claires, des derniers. La contradiction d'intérêts peut jaillir dans la planification du travail: s'il peut décrire complètement ce qu'il faut construire, le chercheur a fini sa mission! Conscient de tout cela, essayant de mettre (en valeur) tous mes chapeaux, de concevoir l'architecture avec l'œil hybride d'un chercheur-bénéficiaire- ingénieur - j'ai assommé la provocation du système TELOS.

### ***X.3.3. Le prototype GEFO, le système TELOS et le projet LORNET***

En novembre 2001, j'ai participé [ROS 01] à la conférence de fermeture des projets financés par le réseau TeleLearning. À la fin d'un cycle dédié à la stimulation de l'utilisation de l'Internet dans l'enseignement canadien, l'enthousiasme s'était tempéré. La complexité de la tele-informatisation de l'éducation, avait montré ses dents... L'institut LICEF avait participé à cet effort, continuant ses projets. EXPLORA [PAQ 02] est une plate-forme pour la gestion des activités dans un campus virtuel (débutant par celles administratives- comme l'inscription des étudiants- et finissant par le suivi des cours en ligne - assisté par un système conseiller [LUN 02]). Elle est utilisée pour le campus virtuel de la Téléuniversité de Montréal et expérimentée par diverses communautés de pratique. Des autres projets (<http://www.licef.teluq.quebec.ca/fr/index.htm>) visent des instruments et des



méthodes pour la conception de cours et de systèmes d'instruction: MOT-AGDI (éditeurs de graphes représentant des structures de connaissances, des scénarios pédagogiques, des plans de médiatisation et diffusion - [PAQ 03]) ADISA (atelier distribué d'ingénierie des systèmes d'apprentissage - permettant leur planification conformément à la méthode MISA-[PAQ 01]). J'avais eu la tâche de proposer un plan d'intégration des composantes et des idées développées par LICEF, dans un tout cohérent qui puisse interopérer avec d'autres systèmes. Dans le projet SavoirNet j'ai étudié le passage de la plate-forme centralisée EXPLORA vers la posture de fournisseur de "services". Le projet EDUSOURCE a étudié le lien entre les répertoires de ressources pédagogiques, indexées par des metadonnées xml.

Sur le site dédié aux projets Tele-learning, j'avais observé qu'ils avaient abordé en parallèle des problèmes similaires, produisant des idées et des systèmes, sans assurer leur compatibilité. Connectables, mais sans coagulation physiologique. Le réseau "pan-canadien" n'avait pas ajouté une couche pédagogique cohérente au-dessus des couches communicationnelles d'Internet. Cela a inspiré ma proposition au congrès: la reprise des travaux, mais visant cette fois-ci la corrélation des efforts et l'élimination des redondances. Ça n'avait pas de sens de mettre au point une pléthore de systèmes de gestion des dossiers académiques, d'éditeurs de cours, de gestionnaires de bases de données documentaires, etc. La tendance vers les "Web Services" promettait une solution plus intéressante: l'interconnexion des sites capables de fournir des services à une communauté des campus virtuels. Des nouveaux problèmes apparaissaient: la gestion de l'accès, la confidentialité, les droits d'auteur, la concurrence, le besoin d'autonomie pour les systèmes raccordés, etc. Il fallait définir l'architecture "du système d'opération pédagogique distribué" (les protocoles, les services de base, etc.). Établir la stratégie d'implémentation d'une politique qui mène progressivement à l'interopérabilité entre les entités liées au système et respectant ses normes. C'était une provocation majeure.

Les participants ont reçu mon intervention avec intérêt. J'ai été invité à détailler mon plan. Après des dialogues entre les centres universitaires intéressés et les habituels efforts pour obtenir la subvention (conduits par M. Gilbert Paquette)- le projet LORNET (learning object repository network) a été approuvé. J'ai eu l'occasion de matérialiser mes idées, comme architecte conceptuel du système TELOS (tele-learning operating system). Je rappelle ici les principes que j'ai énoncés dans le document de vision [<http://www.lornet.org/docs/telos.pdf>]:

"1[] Déplacer l'accent de l'informatique distribuée appliquée à l'éducation vers l'éducation soutenue par la télé- informatique. 2 [] trouver des contextes ou l'apprentissage en réseau a lieu et montrer qu'il se passe mieux après l'intervention (l'assistance) conçue en LORNET 3 [] En plus de fournir des formules et des instruments d'assistance, LORNET devrait donc concevoir, utiliser et offrir des outils pour observer, comprendre et décrire l'éducation distribuée. 4 [] Le succès [] ne viendra pas seulement de leur structure optimale mais surtout de l'efficacité de leur utilisation 5 [] une vision d'ingénierie éducationnelle globale, où la partie télé-

informatique n'est qu'une composante du système à optimiser. [] 6 Les livrables conceptuels pourraient survivre à la désuétude prévisible des implémentations informatiques[] 7 [] obtenir des effets importants sur le plan conceptuel avec des efforts réduits sur celui du développement. 8 []faire de la veille informationnelle pour éviter les développements inutiles et agréger de modules externes dans les prototypes TELOS. 9 [] plusieurs modules alternatifs [] accessibles sur le « BUS de services » et mises en relations en fonction du contexte et de la formule de fonctionnement adoptée. 10. [] sa batterie de formules, son langage [] améliore la coordination du système d'humains et d'outils (formant le « processeur distribué ») travaillant pour la réussite d'un phénomène d'éducation. []"

En partant de ces principes j'ai élaboré l'architecture du système TELOS, [ROS 06] que je ne peux présenter ici que de façon succincte.

**1. Une communauté de services.** TELOS doit soutenir l'interaction entre divers systèmes ("learning sites", "virtual campuses", "learning management systems", "learning application servers", "learning object repositories", "knowledge management systems", "support systems" etc). Il doit mettre en contact les "clients" avec les "fournisseurs", mettre à la disposition des bénéficiaires une collection (bibliothèque) d'utilités. Les processus peuvent être considérés à trois niveaux de granularité: des opérations élémentaires, des cycles de vie "ontogénétiques" et des chaînes de fabrication "phylogénétiques". Dans une opération élémentaire, un utilisateur (homme ou machine, interne ou externe au TELOS) peut lancer un service, demandant un agent (interface) approprié au noyau TELOS; le noyau coordonne la communication entre l'agent demandeur et l'agent exécuteur - en utilisant un protocole spécifique TELOS.

**2. Cycle de vie des "ressources". Agrégation réursive.** Pendant l'édition, un compositeur crée une ressource reproductible (une "classe")- et la "publie", en lui attachant une fiche de caractérisation (incluant l'indexation sémantique). Dans la phase de particularisation un administrateur peut dériver un certain nombre "d'instances" et les activer. Quelqu'un trouve la ressource, lance une session d'utilisation, produisant des connaissances et des traces. La phase d'analyse permet l'observation des données et les réactions correctrices.

Ces cycles de vie (qui peuvent s'emboîter récursivement), interviennent aussi dans le cas des "agrégations" (ROS 02): la composition d'un nouvel objet en groupant, intégrant ou orchestrant des composantes déjà enregistrées. La fabrication des agrégats peut exiger "l'encapsulation" d'une ressource "primaire". La ressource "secondaire" ainsi obtenue sera facilement repérable, utilisable dans des contextes techniques variés et incorporable dans des agrégats (problème que nous avons étudié dans le prototype ION et qui s'est avéré très difficile).

**3. La cascade principale de production.** Implique une série d'agrégations enchaînées. Les ingénieurs peuvent enrichir l'usine centrale ("core") qui permet la fabrication (par des technologues et des gestionnaires) de certains systèmes

d'instruction (LKMS - learning and knowledge management systems)- pour divers bénéficiaires. Les concepteurs utilisent un LKMS pour concevoir des applications (LKMA- learning and knowledge management applications), particularisées ensuite par des responsables locaux. L'"utilisation" des LKMA cause l'évolution des connaissances des apprenants et peut produire aussi des résultats matériels (traces, notes, ressources éditées par les apprenants, annotations sur la qualité des services etc. Ces produits (LKMP- learning and knowledge management products) peuvent être utilisés dans l'étape d'analyse (feed-back, gestion des modèles et des portfolios des apprenants etc.). La caractéristique principale du TELOS est donc la soutenance d'une ingénierie transversale, qui raccorde les divers paliers de design.

**4. Utilisation de la couche "K" pour le mode émergent.** Inspiré par une série de projets que j'avais conduit (systèmes d'appareillement offre-demande, de licitation, de recommandation, etc.) j'ai voulu exploiter les mécanismes de repérage du partenaire (homme ou machine) pertinent et disponible. J'ai introduit dans l'architecture "la couche K" (des connaissances) en l'utilisant dans l'indexation de toutes les composantes, pour réaliser "l'agrégation sémantique" des activités "émergentes" (la cascade des opérations est établie par les participants équipés avec des instruments de repérage, aidés par des agents automatiques et ayant accès aux "répertoires de ressources" [PAQ 04]). Ces facilités réclament l'explicitation "de la demande de connaissance" et de "l'offre de l'assistance". Entrent aussi en jeu des méthodes développées dans les Sciences de l'information et renforcées par des nouvelles techniques comme "les ontologies" et "le web sémantique" [DAV 03].

**5. Les fonctions et l'indexation du mode orchestré.** Je voulais instrumenter sémantiquement la coopération pédagogique d'après un scénario prédéfini, mais adaptatif. Les systèmes d'ordonnancement et de coordination (CSCW, DSS, etc.), même spécialisés en éducation (IMSLD, EML- [KOP 02], [MAR 04]) soutiennent plutôt la coopération d'une équipe constituée, et non pas sa formation - en fonction de nécessités et disponibilités fluctuantes. Ils ne disposent donc pas de mécanismes puissants de "matching pédagogique", basés sur l'explicitation des connaissances et des compétences évolutives. En continuant mes préoccupations [ROS 96]) et en saisissant l'importance du lien entre la représentation des activités et celle des connaissances impliquées, j'ai proposé les "fonctions référencées sémantiquement"- gérées à l'aide du prototype VAL (renommé GEFO [ROS 03]).

Une fonction est une agrégation procédurale, qui rassemble : la chaîne des opérations à exécuter (par un ou plusieurs acteurs, dans une ou plusieurs sessions, représentées sur un seul plan ou placées en plusieurs sous-graphes), les acteurs prévus (qui seront concrétisés par des participants différents dans chaque instance d'exécution), les ressources à utiliser ou à produire (qui peuvent être concrétisées de diverses façons). Le cycle de vie d'une fonction passe par l'édition du modèle, la déclaration et la particularisation des instances, l'exécution et l'analyse des résultats.

Le point fort de la chaîne de "reproduction des procédures" est la physiologie riche du système formé par le modèle est la réalité qu'il reflète et influence. Une fonction peut jouer des rôles variés dans la phase d'exploration, si elle y a été

préparée pendant l'édition: (1) Oriente les acteurs impliqués dans l'action qui observent la chaîne des opérations et lisent les documents de support connectés à certains nœuds. (2) Surveille et guide l'utilisateur, s'il introduit des informations sur son avancement et répond à certaines questions (3) Facilite le lancement et la manipulation des ressources connectées (qu'elle agrège donc dynamiquement) (4) Facilite l'orchestration des humains et des agents machine, la gestion des activités pédagogiques et la gestion pédagogique des activités. (5) Rends des services de filtrage, sélection, conseils, appareillement et mise en garde- si la concrétisation des participants et des ressources s'établit pendant l'exécution.

Pour réaliser ce comportement, chaque élément (opération, acteur, ressource) est caractérisé par des compétences par rapport à divers sujets. La gestion des compétences (voir chapitre X.5), combinée avec l'utilisation des instruments de recherche et d'appareillement, peut orienter la concrétisation des composantes pendant l'édition ou l'exécution d'une fonction. Les agents machine peuvent aussi profiter de l'explicitation sémantique, pour guider leurs interventions

Les ressources et les participants sont choisis (à partir des disponibilités et conformément à certains algorithmes de sélection )- de manière à satisfaire les "conditions de compétence" de chaque opération. Dans le cas général, quand le saut de compétence envisagé (ca- assumé, cv- visé) est soutenable par un ensemble de composantes de support pouvant assurer des progrès (ca<sub>i</sub>, cv<sub>i</sub>) on peut formuler de conditions comme: "ca<sub>1</sub> ≤ ca ≤ cv ≤ cv<sub>1</sub> ", "la réunion des intervalles (ca<sub>i</sub>, cv<sub>i</sub>) couvre un intervalle qui contient ca et cv " etc. Chaque "concrétisation" (d'une ressource ou d'un acteur) change "l'équilibre sémantique" de l'opération concernée et influence la sélection des autres composantes et les réactions automatiques (comme dans une "machine à états"). Par exemple, après avoir précisé la compétence "o" nécessaire pour exécuter une opération, on décide la compétence de l'acteur apprenant envisagé: (C<o). Puis, on peut: 1 Déclarer le saut (Ca-Cv) à couvrir par l'instrument de support (par exemple Ca=C, Cv=o); continuer en concrétisant cet instrument théorique avec une ressource (par exemple, tel que ca ≤ Ca ≤ Cv ≤ cv); finir la chaîne en choisissant un participant (dont la compétence réelle c satisfait, par exemple: ca ≤ c ≤ o ≤ cv ≤ v). 1a Choisir le participant avant de chercher les ressources convenables. 2 Concrétiser d'abord le participant; déclarer ensuite un instrument générique; chercher pendant l'exécution la ressource pertinente. Après l'exécution, on peut faire la mise à jour de la compétence c vers sa valeur finale o.

**6. Metafonctions. L'utilisation du prototype GEFO.** Au cours de la rédaction de l'architecture TELOS, j'ai exploré et validé les concepts clef (l'indexation sémantique et son utilisation dans la coordination des activités) à l'aide d'un prototype-noyau organisé autour du gestionnaire de ressources ION et du gestionnaire de fonctions VAL. J'ai utilisé aussi ce montage pour les démonstrations dédiées à l'explication de l'architecture et de la physiologie proposée- que j'ai illustré avec des... "metafonctions". On peut modéliser ainsi les chaînes des opérations système, pour les utiliser comme instruments de démonstration ou de support. Le gestionnaire de fonctions peut manœuvrer ses propres "cas d'utilisation". Traité

comme fonction, le schéma de la figure suivante, pourrait devenir un instrument de coordination générale du système TELOS:

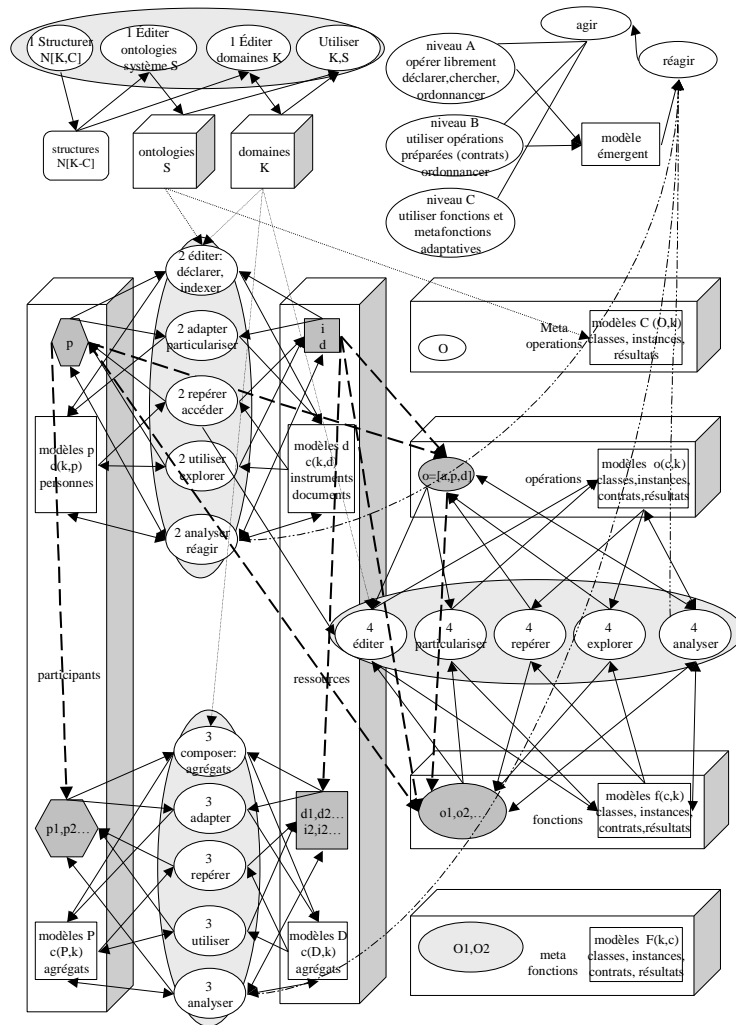


Figure X.1 La physiologie globale "communauté- modèle"

Vu comme simple figure, ce schéma appuie les tribulations de "l'histoire" qui suit...

#### **X.4 "Rapport sur la communauté des costudieux"**

*Mise en garde.* Je doute que TELOS devienne le système nerveux des communautés cognitives du futur... Le scénario de science-fiction exposé plus-bas illustre seulement les intuitions sur le métabolisme cognitif collectif qui ont orienté ma recherche. Le lecteur peut imaginer le climat dans lequel aura été produit le "Rapport sur la communauté des costudieux liés par le miroir actif distribué"... Il pourrait s'agir d'une analyse de routine, sur le fonctionnement d'une infrastructure de la société de demain... Ou d'une description faite par un espion, pour une communauté concourante, dans un monde divisé par métabolismes cognitifs... Du journal d'un visiteur d'une autre planète... D'un rapport fait pour un futur Big Brother, intéressé dans l'annihilation des sectes cognitives résistantes, propageant leurs "ondes d'apprentissage" en dehors de l'Institut de la Vérité... Ou par contre, de la Méthode employée par cet Institut... La particularisation du domaine impliqué par les processus d'instruction décrits n'était pas nécessaire. Les exemplifications relatives aux "Séries" - ne sont faites que pour concrétiser les suggestions. Vous pouvez imaginer la propagation de connaissances: politiques (informer les citoyens d'une démocratie participative), juridiques (justifier la présomption de connaissance de la loi), économiques (assurer une compétition entre des gens bien informées), philosophiques (recherche et définition coopérative du sens), mystiques (résonances soutenant des croyances collectives), médicales (prévention et combat des maladies), pratiques (utilités domestiques, etc.), écologiques (compréhension et défense collective de la nature) etc. Le "rapport", très dense, n'est pas une initiation et suppose des connaissances multiples (rappelées sommairement jusqu'ici et dans le paragraphe 5). Je ne suis pas entré dans les méandres de toutes les possibles utilisations du système TELOS-GEFO. Je n'ai essayé que de parcourir le filon principal des idées illustrées lors des précédentes démonstrations, relevant les principes du "co-étude" et du "miroir actif" et signalant brièvement des aspects collatéraux.

Le présent rapport présente la physiologie du savoir à l'intérieur de la communauté distribuée des "costudieux", tel qu'elle a été comprise par des moyens spécifiques.

##### **X.4.1. Étude des cas**

Poursuivons l'activité du membre X, le 18 mars 2100.

Il déclare au début qu'il entre en jeu de sa propre initiative (il aurait pu: avoir un mandat dans le cadre d'un contrat pédagogique, être disposé à répondre à une demande d'aide). La posture qu'il assume dans la première session est d'apprenant, avec identité déclarée et profil exposé aux modifications (il aurait pu entrer comme visiteur non-identifié, ou exposer son profil seulement en lecture). Il désire donc que le système active des mécanismes d'optimisation relatifs à son profil et fasse la mise à jour- à la suite des activités.

Il veut approfondir des connaissances (K) sur les Séries (du domaine "Analyse mathématique"), partant de l'état actuel de sa compétence (Cax =définition des séries, exemples, critère nécessaire de convergence) et voulant atteindre un niveau

supérieur ( $C_{vx}$ = critères de convergence pour les séries à termes positifs - bien compris et appliqués).

Une fois connecté, il agit au niveau 1 (des "contacts libres") : il cherche les ressources adéquates, en utilisant des instruments de repérage (simples ou sophistiqués). Il peut préciser : le saut de compétence visé, les préférences de communication et de format (français, document hypertexte), les préférences didactiques (exposition claire, avec beaucoup d'exemples), les conditions administratives (sans payement - pour un utilisateur comme lui), les conditions techniques de son contexte local. S'étant identifié, le système peut utiliser son profil pour lui proposer des valeurs par défaut dans certains champs- valeurs que X peut modifier, signalant des intentions spéciales pour la séance en cours. Éventuellement, il aurait pu utiliser l'occasion pour modifier ses préférences générales). La modification des compétences aurait pu déclencher des mécanismes de clarification - testes en ligne, avertissement des responsables etc. (en fonction du protocole qui gouverne l'autorité des respectives évaluations).

À la suite de l'exécution de la requête, X obtient une liste, avec plusieurs liens vers des documents. Avant de choisir et de consulter le document Y1, il veut savoir s'il y a un assistant disponible, qui puisse l'aider dans la compréhension de son texte. Il fait une nouvelle recherche, précisant : assistant de "bonne" qualité, disponible pour une séance gratuite de 2 - 4 heures, par chat explicatif, traitant des problèmes de compréhension liés à l'utilisation du document Y1 pour apprendre le domaine K. Malheureusement, la réponse est une liste nulle. X revient, cherchant un assistant pour le document Y2. Le même insuccès. Alors il fait une demande "d'analyse" et obtient une liste de suggestions. Ça aurait été bien si celle-ci avait commencé par une série de documents accessibles, couvrant la plage  $C_{ax} - C_{vx}$ , respectant toutes les conditions et étant renforcés par des assistants disposés à les expliquer en ligne. Malheureusement, aujourd'hui X n'a pas de chance. Il n'obtient que des alternatives imparfaites : une liste de documents qui couvrent le saut de compétence, mais qui ne sont pas soutenus par des tuteurs. Une autre, sur laquelle ces derniers existent, mais : ne sont pas libres aujourd'hui, ne parlant pas français, expliquent trop sommairement ou impliquent des coûts. Un autre segment signale les assistants appropriés, mais qui préfèrent le dialogue asynchrone, à base des emails- dans lesquels ils présentent la "leçon". Et ainsi de suite...

Parfois, X aime bien chercher son chemin, modifiant la requête jusqu'à ce qu'il arrive à un bon compromis. Mais aujourd'hui, il n'a pas le temps pour jouer appareillage... Il décide de passer au niveau 2, cherchant des contacts préparés ou "contrats pédagogiques" (basés sur des opérations ou des fonctions pluri- opération ayant toutes les ressources- instruments, documents, personnes de support- précisées et garanties)- qui assurent des sauts de compétence  $C_a - C_v$  pour la connaissance K. Le repérage d'un "bon contrat" tient compte des objectifs, des préférences et des flexibilités de l'utilisateur. Il fallait trouver ceux qui couvrent le saut désiré par X ( $C_a \leq C_{ax} \leq C_{vx} \leq C_v$ ) dont les "conditions contractuelles" soit satisfaites au moment de la recherche et garanties au long de la "transaction d'assistance". Les

mécanismes de sélection des "contrats" (opérations et fonctions préparées) peuvent être simples (facilitant les calculs) ou très complexes - sollicitant à fond la puissance de calcul du réseau d'ordinateurs. X est habitué à des requêtes du genre : "propose-moi, en accord avec mon profil, la couverture du saut de compétences visé, utilisant le nombre minimum de ressources (opérations) possibles" ou "la famille de ressources qui résout mon problème à prix minimal (ou qualité maximale, ou meilleur rapport qualité/prix). Mais, aujourd'hui... X ne réussit ni par cette voie. Il semble qu'il n'existe pas de contrat dont les conditions soit satisfaites. La "granularité" du sujet est probablement trop grande. X suppose que l'explication des Séries peut être faite par une variété d'activités (énonciations et démonstrations de théorèmes, problèmes d'application etc.)- ordonnancées de plusieurs façons. Il est possible que des combinaisons (document - assistant) soit disponibles pour les sous - opérations. Mais X ne devine pas la segmentation...

Il passe alors au niveau 3 d'utilisation du système. Il appellera à la flexibilité des contacts adaptables. Il lance une nouvelle requête, précisant, à part le saut de compétence visé, quelques caractéristiques de la fonction recherchée : l'auteur (ou le style pédagogique préféré), le type des opérations (démonstrations, applications, vérifications), le mode d'exploration etc. Il obtient la liste des fonctions qui correspondent (présentent les critères de convergence des Séries conformément à l'approche pédagogique et au mode d'adaptation désiré). Il choisit celle dont l'auteur est le mieux côté (par rapport à ses préférences)- même si elle couvre une gamme un peu plus large que nécessaire (commence avec la définition des Séries et porte vers des connaissances supplémentaires: séries doubles, séries de puissances etc.). Mais au moins, une partie des opérations enchaînées peuvent le conduire (didactiquement) à la compréhension des critères de convergence. Il ouvre donc une "instance d'exploration" pour la fonction choisie et déclenche les hostilités...

Pour la première opération de la chaîne (rappel des notions concernant les séquences) la fonction n'intervient que de façon informative: X peut consulter les indications sur ce qu'il est supposé connaître (ou devrait relire - mais la lecture en soi -si nécessaire- se fait à l'extérieur du système). Au moment où il considère la récapitulation terminée, X peut "cocher" l'opération, la déclarant accomplie. En fonction du mode d'exploration choisi, plusieurs réactions sont possibles: de l'acceptation de sa déclaration jusqu'à la proposition d'un test de vérification (mesure prévue pour garantir le niveau supposé en aval). La fonction peut brancher, si l'hypothèse de compétence ne se vérifie pas (opérations renforçant les connaissances sur les séquences).

Les opérations suivantes (la définition de la somme d'une Série, la démonstration du critère nécessaire de convergence) décomposées (dans des sous - graphes) en "énonciation"- "démonstration"- "application"- "vérification" supposent un apprenant assisté par les documents explicatifs connectés ou choisis (respectant l'espace des libertés précisé par l'auteur)- parmi ceux disponibles en ligne au moment de l'utilisation. X pourrait consulter les documents connectés- mais s'agissant d'informations connues, il valide ("coche") les opérations immédiatement.



Il passe à l'opération ("critère de D'Alembert" ) ayant la formule (dans le mode de travail choisi): document connecté - assistant connectable. Cela veut dire que l'auteur de la fonction (ou un intervenant subséquent) a déjà lié le document explicatif à cette opération doublement assistée, laissant ouverte la concrétisation de l'assistant en fonction des disponibilités au moment de l'exécution, des conditions fixées par l'auteur et des préférences de l'utilisateur. X peut donc choisir un partenaire sur la liste d'alternatives suggérées par l'agent appareilleur et peut négocier la collaboration avec lui. Où- entrer en relation avec un partenaire sélectionné déjà par l'agent. La mise en contact effective et la collaboration dans la forme établie peuvent être réalisées par la fonction ou en dehors d'elle. À la fin de l'activité, conformément au protocole imposé par le mode de travail, l'opération sera "cochée" par X ou par son partenaire et son niveau de compétence mis à jour (devenant  $cax_2$ ). La collaboration avec l'assistant choisi Y1 peut continuer pour les opérations suivantes de la fonction, ou peut s'interrompre, pour diverses raisons- les partenaires pouvant évaluer chacun la prestation de l'autre). X, par exemple, arrête la coopération avec Y1, en se déclarant assez mécontent...

Il ferme ensuite la session de la fonction pour prendre une pause. Quand il revient, il pourrait essayer se débrouiller sur le mode "libre" ou chercher des "contrats" devenus abordables (son nouveau problème étant le saut  $cax_2-cvx$ ). Enchanté par la vision pédagogique et la versatilité de la fonction utilisée, il préfère reprendre l'instance quittée plus tôt. Il ouvre une nouvelle session et profitant du caractère "métamorphique" de la fonction, change le "mode de travail" de façon que les opérations permettent la concrétisation dans l'ordre inverse: assistant / document. Ensuite, il passe à l'opération suivante ("le critère de Cauchy"). Les agents d'appareillement connectés à cette opération optimisent la recherche de l'assistant, sans devoir tenir compte du document de support attaché par l'auteur de la fonction (cette situation serait apparue si l'opération avait été déclarée -par l'auteur même- de type: assistant connectable - document connectable). L'assistant choisi Y2 peut utiliser le document éventuellement attaché par l'auteur, mais il peut aussi proposer un autre, qu'il détient en espace privé ou qu'il repère sur le réseau (assisté par un agent qui analysant l'équilibre courant des compétences autour de l'opération). Le document choisi est signalé à X, transmis par une autre voie ou connecté par Y2 au nœud de l'opération. Les opérations du genre "autres exercices" laissent à l'assistant la liberté d'établir des problèmes (étapes) supplémentaires. Après la collaboration explicative, l'opération est cochée. Et Y2 se retire...

A partir de ce point, la chaîne des opérations se ramifie. X a le choix (libre ou piloté par un test de vérification) de résoudre quelques problèmes ou de passer à l'exposition d'autres critères de convergence (Raabe, Kummer etc.). Il branche vers la consolidation immédiate des critères D'Alembert- Cauchy. L'auteur a prévu ici une cascade d'opérations- exercices. Certaines opérations ont une topologie simple: document passif connecté - sans assistant). X consulte et déclare la compréhension. Certains instruments peuvent avoir un caractère interactif (graphes de résolution avec des choix, questionnaires etc.) et produire automatiquement la réévaluation des

compétences. Des outils encore plus complexes mettent en jeu les capacités de contrôle automatique (ou en double- commande éducative) des certaines applications (supports de résolution coopérative en paire élève - simulateur ou élève - assistant). Mais ceux-ci supposant la concrétisation d'un partenaire, X préfère terminer son étude en "autodidacte"...

Il sort de la boucle des "exercices" avec un niveau de maîtrise élevé par rapport aux deux critères de convergence (le système recalculant sa compétence globale en Séries et même en Analyse). Mais il est fatigué... Il décide de passer cette session "en attente" et définit ses termes. Lorsqu'une opportunité pour la compréhension des critères restants (assistant idéal, leçon ouverte, etc.) apparaîtra - un agent de veille l'annoncera (ou le connectera, s'il le trouve disponible).

En ce moment même, libérée de la pression des "Séries", X (qui fait partie d'un groupe de stagiaires apprenant à programmer dans des équipes distribuées) se laisse attrapé par l'invitation de participer à une session de travail coopératif, dans le cadre d'un projet-exercice (orchestré par une autre fonction)- où il jouera (apprendra) aujourd'hui le rôle de "team leader". C'est son plaisir ou son devoir... Certains contrats (invitations) ne sont pas initiés par les participants. Les déclarations des disponibilités (intérêts) permettent à des acteurs et des agents responsables de l'utilisation des ressources et de la propagation des connaissances- de "planifier" des activités, en "allouant" les ressources. Les rôles sont distribués alors globalement entre les opérations et les fonctions formant une certaine "étape" de la "campagne d'apprentissage collectif".

Les mécanismes et les formules qui assurent, en tout moment, l'équilibre entre : l'établissement et le respect des conditions contractuelles, l'intégrité des transactions en cours, l'optimisation des allocations (élèves, assistants, documents) pour les instances d'apprentissage adaptatif ouvertes et la résolution des requêtes libres - sont encore mal comprises par l'auteur de ce rapport... Je n'ai pas encore pu établir s'ils sont arrivés à cette physiologie complexe par un processus d'agglutination progressive (d'en bas en haut) ou d'extension à partir d'un noyau (embryon) central- ni si ces processus ont été pilotés par des formules explicitables et réutilisables. Aussi il ne m'est pas possible de réaliser si la mise à jour scrupuleuse (qui conditionne la qualité des planifications, des contrats, des adaptations, du repérage et de l'appareillement) est due à la culture participative de la communauté ou à des incitatifs (soutenus par les puissantes possibilités d'évaluer les contributions).

Mais je vois qu'après avoir utilisé le système, X paye / honore sa dette envers la communauté- exécutant des opérations pour l'enrichissement du "modèle collectif distribué". Dans la limite de ses mandats et de son autorité, il pourrait: raffiner un domaine de connaissance (ou celui connexe des procédures qui assurent son apprentissage), ajouter des ressources ou améliorer l'indexation de celles existantes, fabriquer des agrégats, modifier son profil ou évaluer des autres participants, composer d'opérations et fonctions adaptatives- ou particulariser leurs ressources jusqu'à en définir des contrats.

Aujourd'hui, X a choisi l'édition d'une explication de la déclaration fiscale personnelle. Il part du modèle qu'il avait édité l'année passée, étudiant d'abord la façon dont sa fonction a été utilisée et appréciée. Il décide d'enrichir avec des explications sur les éléments introduits par la nouvelle législation (ajoutés déjà par quelqu'un à l'ontologie correspondante) et de refaire l'orchestration, tenant compte des nouvelles compétences et disponibilités déclarées dans la base des participants et des ressources. Il prolonge la chaîne des opérations, avec les branchements et vérifications opportunes. Il choisit la topologie des opérations (élève, instruments, documents de support, assistants). Il précise les connaissances que chaque opération implique (prétend et approfondit) et décide le jeu de compétences. Il établit le mode de concrétisation des ressources et de l'exécution (par exemple, fixant l'ordre : "l'utilisateur ouvrira l'instance s'il a les connaissances nécessaires; puis il choisira l'assistant définit par mes attributs en fonction des disponibilités d'intervention immédiate ou différée; puis il cherchera un document qui optimise l'équilibre final de compétences" etc.). Il concrétise quelques ressources- parmi lesquelles un formulaire interactif, apparu récemment sur le réseau- et choisit les protocoles pour la manipulation coopérative (élève - assistant) du formulaire interactif. Finalement, il décide les formes de feed-back.

Les fonctions- modèle, permettent la concrétisation progressive, en restreignant les filtres de sélection ou en précisant des éléments- pour dériver des fonctions de plus en plus "particulières"- chacune tenant compte des restrictions établies en amont et précisant les libertés laissées en aval. X arriverait à un "contrat fermé"- s'il complétait toutes les concrétisations- y inclus celle de l'"apprenant" (pour laisser une possibilité d'adaptation, il peut recourir à des acteurs "recommandateurs"). Le seul acteur de la fonction préparée qui n'est pas concrétisé (d'habitude l'élève, mais peut être un assistant) devient l'"utilisateur" potentiel, le client du "contrat ouvert", librement repérable. Mais X ne choisit pas le chemin des "contrats" mais celui des fonctions adaptables. Étant le citoyen d'une fédération, il prévoit des flexibilités pour ceux qui utilisent une autre langue, en plaçant dans sa fonction, des acteurs et des agents de translation. Il aurait pu laisser la tâche de "particularisation" à quelqu'un d'autre. Il aurait pu inviter en jeu un partenaire expert en traductions- utilisant les capacités d'édition coopérative- pour composer les versions sur place.

Avant de clore le programme du jour, X consulte le résumé de ses actions et de ses résultats et s'informe sur les nouveautés- au niveau des mécanismes système. Il lit un document sur les conversions des références et des formats techniques qui permettent l'utilisation des textes de l'année 2000 sur support CDROM... Il parcourt ensuite une métafonction qui démontre l'utilisation de la nouvelle version de l'éditeur de "contrats".

Enfin il se découple du système, parce qu'il a programmé des activités, rencontres, lectures et méditations intimes pour le reste du jour... Il reviendra demain... Je ne sais pas encore si dans un rêve ou dans un cauchemar...

Signature indéchiffrable "

## X.5. Synthèse des concepts mis en jeu

**1. Connaissance, réalité et langage.** En dépit des considérations dispersées dans une littérature multidisciplinaire, la définition de la "connaissance" est problématique. Harcelé par des questions (quel est le rapport entre un concept, ses représentations symboliques et la réalité qu'il représente?; comment agit un concept-abstrait (non vécu) comme pont entre les concepts ressentis par des humains?; comment est traité, pendant la résonance sémantique, le système de signes qui appartient au "langage" et compose un "message"?; comment est encadrée et enrichie une connaissance par les "structures de domaine"?; comment peut-on bâtir un curriculum en partant d'une collection de narrations explicatives?; comment évolue "une connaissance" comme partie d'un espace cognitif évolutif et comme système englobant ses sous-concepts évolutifs?; dans quels "jeux de langage" prend-elle sens [WIT 03]?; quels attributs peut-elle avoir et de combien de types peut-elle être?; quels sont les mécanismes de traduction entre deux langages, les principes d'organisation d'un langage universel et de description de la structure d'un langage- dans un métalangage?; quel est le spécifique des communications homme-homme, homme-machine et machine-machine et comment peuvent-elles être combinées?; etc.)- et avisé sur le paradoxe de la définition du "mot" par des mots... je préfère considérer "la connaissance" comme notion primaire, avec un spectre proche de celui courant:

*(1) la connaissance (voir aussi savoir, sujet, concept, notion, terme, idée)= vécu cognitif, reflétant une certaine réalité (extérieure ou psychique) perçue dans un certain contexte, exprimée par un fragment de langage (mot, expression, description), comprise par les membres d'une communauté- qui l'encadrent dans certains domaines et peuvent la défaire en sous-composantes.*

Heureusement, l'ingénierie des connaissances peut opérer sans leur définition formelle. Le processus de communication permet l'utilisation des représentations, le sens étant récupéré au moment de l'interprétation. Par "le mot" qui la représente, la connaissance vive est reflétée dans la glace d'une réification. Les mots et les expressions qui composent les "messages" se basent sur un repère sémantique nommé "langage"- capital culturel bâti par coexistence et éducation. La similitude des situations extérieures et des vécus psychiques, permet la communication inter-culturelle (par "traduction" des messages).

**2. L'organisation "des domaines de connaissances" et leur utilisation comme repère.** Sur la base du repère naturel du langage, peuvent être bâtis, conformément à des normes d'organisation variées- des domaines (espaces) de connaissances. Ces systèmes, établissant des relations entre les représentations, modélisent (déclarent) des relations entre les connaissances représentées (et entre les réalités qu'elles reflètent). Elles peuvent donc enrichir (expliciter) "le sens" d'une connaissance et peuvent être utilisées comme repères, vers lesquelles on fait de renvois (références). On obtient un nouveau mode "d'identification" (signalisation, explication) d'une

connaissance  $k$  en remplaçant (accompagnant) son nom avec sa position (coordonnée) à l'intérieur d'un espace:  $k(d)$ . L'utilité d'une telle "référence", dépend de l'expressivité de l'emplacement de la notion dans un domaine et du contexte d'utilisation (la notion de "poisson" peut gagner plus par placement dans une taxonomie- comme fils du nœud "animal", que comme mot clé- dans une fiche pour la "soupe de la maison"...)

Les diverses formes d'organisation des "repères de connaissance" (et en conséquence, du processus de référencement et du repérage) ont, chacune, leurs qualités. Une "classification" (taxonomie, catalogue, arbre) facilite l'orientation et l'"héritage" des attributs connectés aux nœuds (compétences, etc.). Les structures (relationnelles, XML)- raffinent la gestion. L'organisation de type "dictionnaire" accélère le repérage des termes. Même les renvois vers un thesaurus ou une collection de textes- peuvent s'avérer utiles. Les structures hypertextuelles avantagent la navigation. Les langages de description déclarative- mettent en valeur la récursivité, pour soutenir des inférences. Les modélisations par graphes introduisent des liens typés (de composition, de précédence, etc.) suggestives pour l'humain et utiles pour des déductions mécaniques. Le meilleur potentiel d'inférence (assistance) automatique est obtenu quand le repère est organisé conformément à une logique "compréhensible" par l'ordinateur- d'où l'intérêt pour les ontologies.

Indépendamment de l'organisation d'une structure des connaissances, chaque notion incluse, peut être référencée (dans le but d'identification ou d'explication) en précisant : la norme  $N_d$  d'organisation (par nom unique, adresse du document descripteur ou une référence vers une ontologie des normes), le repère (domaine) de référence (nom unique, adresse du document qui le contient ou position dans une ontologie des domaines) et l'adresse interne  $a(d)$  de la connaissance ("le chemin") à l'intérieur du domaine :

$$(2a) kd = [Nd, d, a(d)]$$

Une connaissance  $K$  peut être référencée par rapport à deux repères, partiellement ou totalement similaires (basés ou non sur la même norme  $N_d$ ) ou -si elle a des connotations multiples- à deux (ou plusieurs) repères (domaines) différents, auxquels elle appartient et qui lui complètent la signification:

$$(2b) kD = [kd1, kd2...]$$

**3. Les attributs d'une connaissance.** À part le placement dans un "domaine" ("cœur" dans "anatomie", "volonté" dans "psychologie", etc.), on peut caractériser une connaissance par des attributs comme: A1 (cognitive/ physique/ affective/ sociale), A2 (déclarative/ procédurale/ contextuelle), A3 (analytique/ synthétique), A4 (particulière/ générale), A5 (douteuse/ hypothétique/ prouvée), A6 (importante/ accessoire/ insignifiante) etc. On arrive à des descriptions comme:

$$(3a) kA = (sociale, procédurale, analytique, générale, prouvée, importante...)$$

Si les repères d'attributs sont considérés connus (capital culturel augmentant celui du langage) on peut éviter l'encombrement de leur identification (en créant des ambiguïtés : indésirables ou fertiles). Le moins "populaire" est un repère "attributif"

Ai, le plus justifié est de le structurer et identifier précisément, selon une norme de caractérisation attributive (Na). La résolution du chaque attribut, peut être assimilée à une référence (par exemple "procédurale"= deuxième alternative dans A2: déclarative/ procédurale/ contextuelle). On arrive à des formules similaires aux cas pluri- domaines:

$$(3b) kA = [ka1, ka2, \dots]$$

**4. Décomposition en sous domaines.** Une connaissance peut être expliquée par une "décomposition" S : sous- espace notionnel organisé selon une norme Ns (qui peut donc jouer le rôle de référence pour le sous- concepts k1, ...kn):

$$(4a) kS = [Ns, S(k1, k2 \dots kn)]$$

Pour une description riche, on peut combiner la localisation dans des domaines, la caractérisation par attributs et la décomposition en sous- concepts:

$$(4b) k = [kD, kA, kS] = [Nd, Na, Ns] [kd1, kd2 \dots ka1, ka2, \dots S(k1, k2, \dots kn)]$$

**5. Extensions: relations face à une connaissance.** Les références simples aux connaissances (qu'on rencontre souvent dans l'indexation des documents, la modélisation des expertises, etc.) peuvent laisser lieu à des équivoques. Sont elles faites pour identifier la connaissance ou pour l'expliquer? Signalent-elles qu'elle est nécessaire pour effectuer une certaine opération ou ce qu'on gagne à la suite de l'exécution? Qu'une personne la détient (complètement?) où la vise? Qu'un document ou assistant la suppose ou qu'ils peuvent l'expliquer? L'utilisation superficielle des références "k" (voir les formules 2-3) cache une démarche binaire (je sais/je ne sais pas) : implicitement, ce qui est référé est supposé connu. Ce réductionnisme élude le caractère graduel et la richesse de nuances de "l'apprentissage". Dans un système de support à l'éducation, c'est justement l'évolution de la compréhension de chaque sujet et des contributions à cette compréhension qui doivent être observées. On a besoin de descriptions qualitatives et quantitatives du rapport entre une personne et une connaissance.

Entre les participants aux processus éducatifs p et une connaissance k on peut définir de multiples relations (ou prédicats) binaires ou "n-aires" (qui peuvent aussi être vues comme opérations potentielles impliquant la connaissance) identifiées par des expressions comme : "la connaît", "peut l'appliquer", "peut l'évaluer", "peut chercher des informations sur elle", "peut l'expliquer au public P", "peut faciliter sa compréhension à ceux qui ont le niveau x et veulent atteindre le niveau y", "peut composer des textes explicatifs à son sujet, dans un format z", "peut recommander des ressources de support" etc. Certaines de ces relations peuvent être ensuite caractérisées à leur tour par des attributs comme : attirant/ neutre/ désagréable, exercée/ en cours d'assimilation/ envisagée, éphémère/pour moyen terme, pour long terme, etc.). Un attribut quantitatif peut être le "degré de profondeur de la réalisation" - évalué face à une certaine échelle. On obtient ainsi des caractérisations pour les rapports potentiels ri(p,k), conformément à un repère descriptif Nr :

$$(5a) kR = [Nr, kr1, kr2 \dots]$$

Nous considérerons deux exemples de telles "extensions de K"- qui peuvent intervenir fructueusement dans la gestion des compétences. La première [BLO 56] a été initiée pour introduire des "habiletés" universelles, qui puissent être vues comme des relations à part entière (pour soutenir des inférences qualitatives fines) et - dans le même temps- comme une mesure de compétence pour la relation "savoir":

(5b)  $Nrbloom = [saisirK, comprendreK, appliquerK, analyserK, synthetiserK, evaluerK] = savoirK (saisir/ comprendre/ appliquer / analyser/ synthetiser / evaluer)$

La principale limitation des spectres d'habiletés de "type Bloom" est qu'ils ne reflètent pas le jeu de "postures" qui intervient dans le métabolisme cognitif d'une communauté. Pour observer l'équilibre des compétences autour des opérations pédagogiques, on a besoin de caractérisations qui nous mènent à l'extension:

(5c)  $Nrposture = [savoirK, viserK, expliquerK(x,y), decrireK(x,y), evaluerK(x,y), recommanderK(x,y)]$ - ou les parenthèses signifient que le prédicat dépend des "niveaux de maîtrise" (voir le point suivant) détenu (x) et visé (y) par un élève à qui p pourrait expliquer (décrire, évaluer, recommander) la connaissance k.

On pourrait identifier "k" avec "savoir k". Les deux extensions définissent des "méta - connaissances", qui peuvent être apprises, ont leur "niveau de maîtrise", et engendrent des extensions: "apprendre à expliquer", "expliquer comment recommander" ( utiles dans des situations comme la formation des formateurs).

En résumé:

(5d)  $k = [kD, kA, kS, kR] = [Nd, Na, Ns, Nr] [kd1, ...ka1, ..., S(k1...), r1 ...]$

**6 Compétences: niveau de maîtrise et déploiement vectoriel.** Les exécutions des opérations (relations personne - objet de type "utilise", "produit", "modifie") peuvent être caractérisées quantitativement par un indice (niveau) de réussite. Similairement, les relations R de l'espace des paires (personne, connaissance) - du "sait" global jusqu'aux diverses "habiletés" et "postures"- peuvent être évaluées par un "niveau de maîtrise" m, face à une échelle M

(6a)  $c(sait(p,k)) = [Msait, m(Msait)]; c(explique(p,k)) = [Mexp, m(Mexp)] ...$

L'organisation des repères de compétence soulève des problèmes difficiles (voir les recherches sur la mesure et l'évaluation en éducation). Peut-on vraiment utiliser les "habiletés" comme mesure de compétences universelle pour la relation "savoir"? Comment évalue-t-on le rapport entre faire et savoir- faire? Comment mesure-t-on la maîtrise des diverses habiletés et postures? Peut-on utiliser une échelle uniforme, pour permettre la déduction des compétences "globales" pour les connaissances décomposées en habiletés, postures et sous - connaissances?

Ces complications peuvent engendrer une gestion fine des compétences, difficile à instrumenter. Ce n'est pas par hasard que l'enseignement a fait appel à des *échelles simples d'évaluation uniforme* M (0-1, 0-10, 0-100, A-F etc). Une fois l'échelle M choisie, on peut exprimer sur sa base les "maîtrises" pour chaque habileté ou posture ri obtenant une caractérisation vectorielle de la compétence du participant p:

(6b)  $cr(p,k) = [M, mr1, mr2, ...]$

(6b1)  $crbloom(p,k)=[M, msaisir/ mcomprendre/ mappliquer/ manaliser/ msynthetiser / mevaluer]$

(6b2)  $crposture(p,k)=[M, msavoir, mviser, mexpliquer(mx,my), mdecire(mx,my), mevaluer(mx,my), mrecommander(mx,my)]$ - mx et my étant les niveaux entre lesquels pourrait progresser l'élève assisté.

Une autre caractérisation fine peut se baser sur la décomposition de K (voir les formules 4). On peut préciser, pour chaque sous- connaissance, si p la détient ou non (logique binaire 0- 1) ou- son niveau de maîtrise, sur une échelle utilisée uniformément pour toutes les composantes (homogénéité parfois problématique):

(6c)  $cs(p,K)=[S(k1, \dots kn), M, mk1, mk2 \dots mkn]$

(par exemple, en échelle binaire, le vecteur (1,1,0,0,0) précise que p maîtrise les premières 2 parties- des 5 dans lesquelles se décompose K)

Les caractérisations de type 6b et 6c doivent être combinées si on veut déployer la compétence par posture (habiletés) et par sous - connaissances, obtenant des matrices de compétences:

(6d)  $crs(p,k)=[M, m(ri,kj) R, S]$

À part ces descriptions, on a souvent besoin d'une évaluation globale de la compétence relative à K- déclarée directement ou déduite des compétences composantes, à l'aide d'une formule f:

(6e)  $cm(p,k)=[M,m(M)]=f(m(r1),m(r2)\dots)=f(m(k1),m(k2)\dots)=f(m(ri,kj) R, S)$

**7 Explications et équilibre de compétences.** A la base d'une échelle simple de compétence globale, on peut introduire une relation d'ordre ( $c1 \leq c2$  si  $m1 \leq m2$ ). Une explication (discours, "leçon") potentielle peut être caractérisée par le "saut de compétence" (par rapport au sujet "atomique" K)- qu'elle suppose produire: ( $c1$ ,  $c2$ ). Mais les étudiants impliqués concrètement n'ayant pas le niveau  $c1$  (mais  $c1$ ) ni les intentions  $c2$  (mais  $c2$ ) l'explication effective actionne comme un opérateur  $L(c)$  portant l'apprenant du  $c1$  à un niveau  $L(c1)$  qui peut différer de  $c2$  et même de  $c2$ , car les présomption théoriques sur les effets de la leçon ne peuvent avoir qu'une valeur statistique. Pourtant, l'explicitation des compétences combinée avec de mesures de vérification permettrait à l'instruction de surveiller "l'équilibre de compétences". Dans le cas d'une mesure simple, on peut observer des situations :

(7a)  $L(c1) = c2$  (efficace, pouvant aller jusqu'à  $c2$ - si  $c1 \leq c1 \leq c2 \leq c2$ )

$= c2$  (partiellement approprié- si  $c1 \leq c1 \leq c2 \leq c2$ )

$= c1$  (inutile- si  $c1 \leq c2 \leq c1 \leq c2$  ou inabordable- si  $c1 < c1$ )

Pour de compétences déployées, les relations et les opérations se compliquent. Un sujet décomposé  $K = S(k1, k2, \dots kn)$  et une métrique binaire 0-1 (identifiant donc la compétence de P avec le sous - espace des connaissances qu'il détient) mènent à :

(7b1)  $cs(p,K)=[bk1, bk2 \dots bkn]$  (ou  $bki=1/0$  si  $ki$  est/n'est pas connue)

On peut définir : "l'ordre des compétences", "la compétence de la leçon" et "l'effet de la leçon" :

(7b2)  $cs1 \leq cs2$  si  $b1ki \leq b2ki$  pour tous les  $i$

(7b3)  $cL=(l1, l2, \dots ln)$  ou  $li = 1$  si la leçon explique la sous-connaissance  $ki$



(7b4)  $c2=cL(c1)=c1+cL$  (ou la "somme" sur chaque coordonné est "ou logique": une sub-connaissance existe déjà ou apparaît à cause de la leçon.

Pour arriver à des instruments de calcul intéressants, l'organisation  $Nc$  des compétences doit être corrélée avec les structures  $Nd$  (des ontologies dont  $k$  fait part) et  $Ns$  (de la décomposition de  $K$ ) - la continuation récursive des raisonnements étant facilitée si  $Ns = Nd$ .

La décomposition en postures (6b2) peut mener à des conditions de compétence associées à une opération de niveau  $o$ , abordée par un apprenant de niveau  $a$ , assisté par un enseignant capable de réaliser des sauts ( $e1, e2$ ) et par un document de support capable de soutenir des évolutions ( $d1, d2$ ) permettant des observations comme:

(7c1)  $e1 <= c < o <= e2$  ou  $d1 <= c < o <= d2$  - une composante semble suffisante

(7c2)  $e1 < c < d1 < e2 < o <= d2$  - l'enseignant peut porter l'apprenant dans la plage d'efficacité du document Etc....

**8 Le choix des repères de connaissances et compétences.** La gestion des connaissances et des compétences se complique si on considère [ROG 04] des problèmes comme la mise à jour des versions ou la possibilité de rencontrer (dans un évènement éducationnel) des éléments indexés sur des repères ou des normes différentes. L'ingénierie des compétences devra trouver des solutions (traductions, fusions etc.) et recourir à un dénominateur commun structurel  $N$  qui permette la caractérisation du système des connaissances  $K$ , d'éléments  $E$  (Personnes, Documents ou Opérations) et des compétences  $C$ - intégrées dans le système global:

(8a)  $G=[N, K, E, C(E,K)]$

D'autres aspects significatifs peuvent intervenir. L'estimation de la compétence de quelqu'un, représente quoi? Son opinion sur ce qu'il sait? Le résultat d'une évaluation formelle? Le point de vue d'une institution? L'opinion d'un autre? Émise en quelles conditions, avec quel mandat et quelle crédibilité? Pour dépasser ces ambiguïtés, on introduit une nouvelle dimension: la source d'autorité  $A$ :

(8b)  $G=[N, A, K, E, C(E,K,A)]$

On arrive à "l'explication" :

(8c) *Compétence= description du rapport entre une personne (ou une entité qui la représente) et une connaissance, déclarée par une certaine autorité, pouvant monter sur une échelle de "maîtrise", déployable en "habiletés" et "postures pédagogiques", permettant un traitement récursif - dans le cas d'une décomposition.*

Indifféremment de l'organisation du repère  $N$ , le référencement mènera à des "coordonnées sémantiques", dont l'évolution reflète l'apprentissage et peut orienter les interventions pédagogiques. En pratique, la complexité du problème impose des simplifications, en continue reconsidération. Tandis que la théorie affronte un problème provocateur de synthèse interdisciplinaire: "Comment organiser un repère sémantique évolutif qui soutienne une certaine physiologie de référencement-appropriée pour un certain projet d'instruction distribuée?"

## Introduction

J'ai dédié des longs efforts à comprendre et à modéliser le système (processus) de l'éducation distribuée, en me heurtant aux difficultés exposées dans ma thèse de doctorat. À part la description du phénomène, j'ai abordé son ingénierie, concevant des systèmes de support (TaxiNet, TELOS etc.) pour les acteurs impliqués dans la chaîne éducative- qui combinent l'assistance sémantique et instrumentale. Essayant de faciliter la propagation des "ondes de savoir", j'ai utilisé la "couche de connaissances" pour référencer toutes les composantes utilisées dans des "agrégations" (regroupements, intégrations, orchestrations): personnes, documents, et activités. J'ai organisé cette "intégration sémantique" - sur toute la gamme des stratégies de coopération - de l'utilisation libre des "dépôts de ressources pédagogiques" jusqu'à la coordination des opérations complexes par des "graphes de fonctions"- préétablies ou adaptables. J'ai prospecté des utilités intéressantes (l'intermédiation de l'association, de la communication et de la coopération pédagogique, automatismes de repérage et d'appareillement etc.) mettant en valeur des "synapses" télé - informatiques. J'ai mis en évidence des critères d'organisation des "repères sémantiques" (connaissances et compétences) facilitant l'explicitation et l'assistance de l'apprentissage. J'ai investigué ces problèmes en travaillant (avec Val Rosca) autour du prototype illustratif GEFO-TELOS. Extrayant les idées principales des démonstrations faites avec cet instrument, j'imagine ici un scénario futuriste, pour mettre en évidence la physiologie visée par ma recherche, déroulée sur la base de principes (critères) personnels- exposés laconiquement.

## Bibliographie

- [BLO 56] Bloom, B.S. (Ed.), *Taxonomy of Educational Objectives, the Classification of Educational Goals, Handbook 1: Cognitive Domain*, New York: David McKay Company Inc., 1956.
- [DAV 03] Davies J. Fensel D, Van Harmelen, F., *Towards the Semantic Web, Ontology-Driven Knowledge Management*, Wiley, 2003
- [KOP 02] Koper R., Modeling units of study from a pedagogical perspective – The pedagogical metamodel behind EML , <http://www.eml.ou.nl/introduction/articles.htm>, 2002]
- [LUN 02] Lundgren-Cayrol K., Paquette G., Miara A., Bergeron F., Rivard J., Rosca I., *Explor@ Advisory Agent: Tracing the Student's Trail*. Proceedings of WebNet'2001, Orlando FL, October 2001, W. Fowler, J. Hasebrook (eds.) pp. 802-808.
- [MAR 04] Marino O., Paquette G., Rosca I., De la Teja I., Leonard M., Contamine J, Rogozan D., *Les langages de modélisation pédagogique : un pont entre l'ingénierie pédagogique et les systèmes de diffusion de la formation en ligne*. 72e congrès AGFAS, 2004
- [MOR 00] Morin A, Rosca I., *L'explication a-t-elle encore sa place dans les communications pédagogiques informatisées ?* Congrès AGFAS, 2000
- [NIC 96] Nicolescu B. *La transdisciplinarité - Manifeste*, Éditions du Rocher, Col. "Transdisciplinarité", Monaco 1996
- [PAQ 01] Paquette G., Rosca I., De la Teja I., Léonard M., Lundgren-Cayrol K., *Web-based Support for the Instructional Engineering of E-learning Systems*, Proceedings of WebNet'2001, Orlando FL, October 2001, W. Fowler, J. Hasebrook (eds.) pp. 981-987.
- [PAQ 02] Paquette G, Rosca I, *EXPLORA2, An open educational operating system for managing learning objects repositories* CANARIE Workshop, Deuxième Atelier national canadien sur le cyberapprentissage, Montréal, 25-26 février 2002
- [PAQ 03] Paquette G., Rosca I. *Modeling the delivery physiology of distributed learning systems*. Technology, Instruction, Cognition and Learning (TICL) ,v1, No2, 2003
- [PAQ 04] Paquette G., Rosca I., *An Ontology-based Referencing of Actors, Operations and Resources in eLearning Systems* SW-EL, 2004
- [ROG 04] Rogozan D., Paquette G., Rosca I. *Évolution de l'ontologie utilisée comme référentiel sémantique dans un système de téléapprentissage;* " Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et l'Industrie". Compiègne : Université

de Technologie de Compiègne, 243-249, <http://archive-edutice.ccsd.cnrs.fr/edutice-00000723>, 2004

[ROS 06] Rosca I., Paquette G., Mihaila S. Masmoudi A. “*TELOS, a service-oriented framework to support learning and knowledge Management*” E-Learning Networked Environments and Architectures: a Knowledge Processing Perspective, S. Pierre (Ed), Springer-Verlag (2006- in press)

[ROS 05] Rosca I , *Instrumentation de la gestion des connaissances au sein d'une communauté de pratique sur le Web sémantique* Symposium REF-2005, Montpellier- Environnements informatisés pour l'éducation et la formation scientifique et technique : modèles, dispositifs et pratiques, 2005

[ROS 04] Rosca I., *Réflexions sur les conditions personnelles de la modélisation de l'explication; ou l'usage de l'introscope en modélisation systémique* Les sciences de l'éducation En Questions, de l'Université d'Aix, No3, 2004

[ROS 03] Rosca I., Rosca V. *GEFO- démonstration des principes d'orchestration pédagogique*, Rapports de recherche, consultables a [www.ioanrosca.com/educatie/gefo](http://www.ioanrosca.com/educatie/gefo)

[ROS 02] Rosca I., Paquette G., *Organic Aggregation of Knowledge Objects in Educational Systems*, Canadian Journal of Learning Technologies, Volume 28-3, Fall 2002, (pp. 11-26)

[ROS 01] Rosca I., Paquette G, *Le systèmeExplora2*, Congrès TeleLearning, Vancouver 2001

[ROS 00] Rosca I , Morin A, *Une vision systémique de l'explication en formation* Actes Colloque du Cipte (Technologie éducative : la formation des maîtres et des professeurs aux NTIC) Congrès Acfas, 2000

[ROS 99] Rosca, I., *Vers une vision systémique du processus de l'explication; Récit d'une recherche sur l'intégration de la pédagogie, de l'ingénierie et de la modélisation-* thèse de doctorat, Montreal, <http://www.ioanrosca.com/educatie/these>, 1999

[ROS 96] Rosca I., Morin,A , *Peut-on redécouvrir le dialogue entre l'enseignant et l'apprenant dans le processus de l'instruction informatisée?* (Actes Colloque du Cipte, Congrès Acfas, 1996,) *Nouvelles technologie et formation*, Educatechnologiques, 1997

[Wit 03] Witgenstein L. *Recherches phylosophiques*, Humanitas, Bucarest, 2003

## **Annexe**

### **X.4.2 Description générale**

Je commence avec la présentation des éléments de base, reflétées dans "le miroir active" et le flux global des opérations.

Les phénomènes impliquent: des personnes participantes  $p$  ("des costudieux" en posture d'élève, enseignant, auteur, recommandateur, évaluateur, ingénieur, gestionnaire, etc.) des objets ressource  $r$  (instruments utiles  $i$ , documents de support  $d$ , etc.), des agrégats des personnes  $P$  et de documentes  $D$ , des opérations  $o$  - simples ou enchaînées dans des cascades fonctionnelles  $f$ . Ces entités "primaires" sont décrites dans "des fiches signalétiques", qui contiennent une grande variété d'attributs (pour diverses circonstances) et permettent l'organisation dans des "répertoires" de "ressources secondaires" interconnectées. Chaque entité peut être repérée, procurée, utilisée et évaluée - indépendamment du répertoire dans lequel est placée.

À la base de l'utilisation du "miroir - active" (le modèle qui reflète les phénomènes cognitifs et en même temps les influence) on trouve la déclaration des "domaines de connaissances  $K$ ", structurées conformément à certaines normes d'organisation  $N_k$  et utilisées comme référence (repères sémantiques). Pour suivre l'évolution de la compréhension, sont définies aussi des structures  $N_c$  de caractérisation des "compétences".

La deuxième phase est l'indexation sémantique des certains éléments des repertoires du système par des participants ayant ce mandat, éditant des champs structurés conformément à la norme  $[K-C]$ . Les compétences des personnes sont nuancées en fonction de leur posture par rapport à une connaissance (apprenant, enseignant, auteur, recommandateur, etc.). Celles attachées aux documents de support - précisent le niveau supposé et atteignable par leur utilisateur. Les compétences déclarées sont mises à jour continuellement et sont utilisées pour le repérage des ressources opportunes.

L'indexation des opérations (activités) répertoriées (qui ont déclaré ou connecté des personnes et des ressources de support- pour faciliter les exécutions ) - est plus complexe. Des mécanismes qui assurent "l'équilibre sémantique" entrent en jeu. Ils permettront à l'exécutant d'actionner - en apprenant, compensant les insuffisances de compétence par l'apport pédagogique des ressources de support connectées.

Les processus d'apprentissage proprement-dits, se déroulent sur la base de l'indexation sémantique, conformément à des formules de comportement variées et flexibles, organisées sur trois niveaux. Au niveau "libre", chaque participant choisit la meilleure ressource (personne, document) trouvable à un moment donné, négocie

son obtention (l'accès), la procure ou l'utilise à distance. Au deuxième niveau, ces tâches sont facilitées à l'aide des "opérations" préparées (et garanties) - des "contrats" - dont l'ordonnancement est établi librement, en fonction des nécessités. La cascade des opérations établie ad hoc, peut être observée (en temps réel ou a posteriori) par des personnes ayant ce mandat, soutenues par des instruments qui d'interceptent les actions. Le résultat de l'observation du phénomène est un "modèle" utilisable pour des réactions ou comme source d'inspiration pour la planification des chaînes (fonctions) analogues. Le troisième niveau, basé sur les "fonctions", est utile quand la chaîne des opérations réclame une orchestration pédagogique, pensée par un expert et adaptable au contexte d'utilisation.

Dans la phase "d'édition", les concepteurs des "modèles de fonction" déclarent l'enchaînement des opérations, fixent leur topologie (ajoutent les acteurs et les instruments de support) précisent les compétences proposées pour les opérations, les acteurs et les ressources. Pendant la "particularisation", un administrateur crée une nouvelle "instance de fonction" en opérant des "concrétisations" adaptées au contexte d'exécution envisagé et veillant à optimiser l'équilibre de compétence. Pendant "l'exécution de la fonction", les apprenants réalisent les opérations indiquées, profitant des services offerts par les documents et les participants de support (connectés pendant les étapes antérieures ou en temps réel- par les agents machine qui surveillent l'équilibre des compétences).

Les résultats de l'exécution éducative (matériels mais surtout cognitifs) permettent une analyse finale et peuvent conduire (automatiquement ou par l'intervention de quelqu'un ayant ce mandat) à diverses réactions: mise à jour des fiches de compétence, modification des instances ou modèles de fonctions- ou même changements des référentiels de connaissances et de compétences.

Il y a une multitude de variations du processus décrit plus haut. Pour identifier une formule de fonctionnement global, "les costudieux" utilisent la notion de "mode de travail". Ils sont habitués à représenter la physiologie d'un mode par une "metafonction"- utilisant pour la coordination de la chaîne de gestion du système le même mécanisme d'orchestration que pour les procédures pédagogiques. On obtient des modèles comme celui de la figure X.1. Pour transformer ces modèles en metafonctions complètes (sur la base du repère de connaissances et compétences système et de l'indexation des acteurs et des objets intervenant dans la gestion du système ) on indexe les opérations système ordonnancées, on connecte les ressources prévues pour le support du mode, on passe à sa particularisation pour un contexte donné. Puis on lance le mode en exécution (ce qui suppose la fabrication et la gestion des fonctions sous sa coordination) et éventuellement on analyse les résultats de son fonctionnement. Cette vision récursive, permet aux "costudieux" d'utiliser aussi les formules d'apprentissage évolutives pour l'amélioration continue de la physiologie du système et l'organisation de son assistance.

### ***X.4.3 La gestion des connaissances et de la structure de compétences***

"Les costudieux" utilisent une norme de base  $N[K,C]$  comme dénominateur commun pour l'organisation des connaissances et des compétences. Celle-ci accommode une riche variété de problèmes pouvant apparaître. (voir par X.5). Pour l'organisation des structures de connaissances, elle met en jeu les mécanismes évolués d'explicitation des relations entre concepts (préparant les inférences) et d'ingénierie (versions, fusions, etc.) de la technique des "ontologies". Elle permet la combinaison de la caractérisation des connaissances, par placement dans des domaines - repères et par énumération d'attributs. Elle combine l'évaluation synthétique des compétences (par le niveau global de "maîtrise") avec des caractérisations qualitatives. Elle propose des formules de calcul, pour la compétence par rapport à un concept, en fonction des compétences pour ses sous-concepts. Elle distribue la compétence sur un spectre "d'habilités". Elle définit les principaux postures pédagogiques face à l'assimilation d'une connaissance (élève, assistant, auteur etc.). Elle contient des protocoles pour résoudre les conflits d'autorité entre diverses sources d'évaluation des compétences.

Étant donné l'importance critique de la norme de base, sa modification (imposée par des nécessités d'adaptation et amélioration) est assujettie à des protocoles rigoureux et peut être faite (à la suite des analyses approfondies) seulement par des acteurs spécialisés, avec l'accord de la communauté, exprimé par des mécanismes démocratiques. Tout cela est fixé dans la "constitution" de la communauté cognitive, à la base de laquelle "les costudieux" ont développé leurs structures. En se considérant liés par cet accord fondamental, ils acceptent difficilement sa modification. Les mécontents peuvent passer à une autre communauté ou peuvent fonder une, basé sur une nouvelle constitution. Cela ne veut pas dire que le système ne permet pas l'utilisation d'un élément extérieur (participants, ressources) ou la sollicitation des services par des systèmes externes. Des instruments variés ont été prévus pour faciliter ces collaborations. Parmi eux, ceux liés à la "traduction" des repères de connaissance et compétence - jouent un rôle central.

Les participants ayant le mandat (droit) de définir l'espace sémantique commun (respectant la norme  $[K,C]$ , les règles de travail coopératif et de résolution des conflits) éditent de nouveaux documents décrivant des structures de connaissances. Celles -ci peuvent être ensuite utilisées comme référentiel (par exemple, dans la déclaration des compétences indexant les ressources) chaque connaissance étant identifiée par sa location dans les documents - repère. La réédition des repères (corrections ou développement du domaine représenté) demande attention, pour ne pas perturber les indexations déjà faites. La reingénierie sémantique (révision des locations, utilisation des "versions" pour un repère, etc.) dispose de méthodes et instruments de support.

Fidèles à la vision duale individu - communauté, "les costudieux" encouragent l'extension de l'espace de connaissance commun mais aussi le développement des espaces personnelles (ou celles des sous - communautés). Les références aux repères

"locales" sont interprétées sans problèmes, dans le cadre des opérations qui n'impliquent que des personnes qui les comprennent et des documents et des opérations indexées sur leur base. Mais quand dans une chaîne instructive interviennent des composantes qui ne sont pas au "courant" avec les structures de référence locales impliquées, entrent en fonction des mécanismes comme: invocation d'un assistant pertinent ou d'un document explicatif, conversion automatique des coordonnées vers un repère commun, "fusion" entre les repères sémantiques d'origines différentes, etc.)

L'indexation des ressources et des opérations par rapport aux repères sémantiques partagées respectant la norme de base assure le fonctionnement optimal des mécanismes d'assistance. La définition et l'utilisation des repères basés sur des autres normes (listes simples, "thesaurus", hypertexte, bases relationnelles, etc.)- en dépit des problèmes d'interopérabilité créés- est permise, pour éviter l'uniformisation de la physiologie cognitive et permettre son adaptation aux divers contextes, nécessités et goûts. Le prix de cette ouverture, est le recours aux instruments sophistiqués (convertisseurs et combinateurs de normes, traducteurs de coordonnées, etc.)

Les complications assumées par les "costudieux" dans l'organisation de la couche K peuvent être comprises rappelant le fait qu'ils ne le considèrent pas seulement un moyen (pour orchestrer la propagation des connaissances dans la communauté de ceux qui veulent l'apprendre) mais aussi un résultat-but (de l'activité d'une communauté qui cherche / fabrique du sens, élargissant continuellement ses connaissances). Les structures de la couche K et les indexations faites sur leur base, représentent, appuient et capitalisent la connaissance vivante, distribuée dans les esprits des participants.

#### ***X.4.4 L'indexation des participants***

Les processus instructifs (émergentes ou planifiés) peuvent entraîner, comme acteurs opérant en diverses postures, des participants de plusieurs types (personnes, collections, catégories, équipes, agents) - sélectionnés parmi ceux inscrits dans les répertoires correspondants. Leur choix pertinent, suppose la déclaration préalable, dans les champs des fiches de caractérisation à côté des informations générales sur chaque participant, des informations qui peuvent influencer la décision (négociation) de son implication (intérêts, disponibilités, prétentions, préférences, ressources personnelles, restrictions linguistiques et techniques, etc. ).

De pair avec sa carte, un participant (ressource primaire) forme la "ressource secondaire" qui le représente dans le système- utilisable par le repérage. La relation entre les deux entités peut être enrichie. Par exemple, si l'objet secondaire prévoit des voies de communication avec le participant qu'il représente (modélise), il devient une interface d'accès. Le noyau de la modélisation du participant pour des nécessités instructives, consiste dans l'explicitation de ses compétences (générales et dans des domaines particuliers), définies pour chaque posture possible (apprenant, enseignant,



évaluateur, auteur, recommandateur, etc.). La compétence pour une posture d'élève - exécutant, est la paire de maîtrises Ca-Cv (niveau atteint- niveau visé), pour celle d'assistant ou d'auteur de document explicatif (accommodant un apprenant de compétence Ca-Cv ) est Cexp(Ca-Cv) (on peut aussi parler du niveau de maîtrise explicative vers lequel l'explicateur veut progresser).

A part les compétences spécifiques (domaines particuliers) sont aussi définies des compétences générales: d'apprentissage, d'enseignement, de composition, de recommandation, etc. À la base d'une ontologie générale "didactique" peuvent aussi être déclarées les préférences pédagogiques (style agréé pour apprendre ou enseigner). Le choix d'un certain partenaire peut aussi dépendre de ses préférences (particularités) communicationnelles, définies sur une ontologie spécifique. On traite de même, la sélection sur des critères techniques. Même les considérations administratives et pragmatiques (droits, mandats, temps disponible, prix prétendu etc.) sont gérées à l'aide des ontologies spécifiques, sur lesquelles opère l'indexation des champs correspondants. Parmi les participants, certains sont responsables des opérations système (organisation des repères sémantiques, indexation, composition des metafonctions, passerelle externe, etc.). - fait signalé dans leur fiche, par des compétences définies sur l'ontologie du métabolisme global (réglementée par la constitution des "costudieux")

Le principal type d'intervenant est la *personne*. La zone "sémantique" de sa fiche est organisée conformément à la norme de base [K,C]. Elle précise explicitement les compétences dans chaque domaine de connaissance pour lequel on veut une implication du "miroir", au niveau de granularité opportun (pour l'économie d'effort descriptif). Les déductions sur la compétence par rapport à un concept, quand on connaît les compétences par rapport à des autres (avec lesquels il est associé, dans lesquels il se décompose ou desquels il fait partie) sont opérés automatiquement, sur la base des capacités d'interférence des normes utilisées pour les ontologies repère. Les compétences ainsi déduites, peuvent être modifiées par des déclarations explicites - ce qui va aussi entraîner la modification des résultats déductibles. Par exemple, le fait que quelqu'un connaît "l'Analyse" au niveau de maîtrise 7, porte par défaut à la conclusion qu'il sait les "Séries" au même niveau, mais cette présomption peut être corrigée (modifié) vers la valeur 10 (en produisant éventuellement un ajustement 7,1 de la compétence globale en "Analyse").

Un autre type d'acteur potentiel est le *groupe (la collection)* de personnes - utilisable dans les situations où on désire une liberté limitée (administrativement) pour l'exécutant de certaines opérations. Le groupe peut être établi par énumération, chaque personne étant considérée avec ses caractéristiques, inclusivement ses compétences (on peut aussi introduire des restrictions de "similitude"- si on veut assurer une homogénéité du comportement). Une solution plus flexible est la définition des *catégories* - par des fiches de caractérisation similaires (dans la zone sémantique) à celles qui décrivent une personne (compétences et préférences- de la catégorie définie). Elle appuie le processus progressif de "concrétisation" de l'intervenant, qui commence dans la phase d'édition

d'une fonction et finit pendant l'exécution. La vérification de l'appartenance à une catégorie (et donc du droit de participer- en son nom ) peut être faite au moment de l'instruction, en fonction de la situation des compétences d'un candidat.

Les "équipes" sont conçues pour les situations (autres que la coopération apprenant-enseignant) ou une opération peut ou doit être abordée par plusieurs participants, agissant de façon concurrente (selon des formules comme "l'un d'entre eux, n'importe lequel " ou "l'un après l'autre, dans cet ordre" ou "simultanément et symétriquement" ou " simultanément, mais avec des rôles différents ") -. À part les champs spécifiques (structure de l'équipe, le protocole de "floor-control", etc.) les fiches de caractérisation de équipes peuvent englober une zone sémantique.

La collection, la catégorie ou l'équipe, sont des exemples "d'agrégations de personnes", qui peuvent être gérées dans des répertoires séparés.

Le dernier type de participant qui peut concrétiser un acteur, c'est "l'agent"- un intervenant (humain ou artificiel) qui agit au nom d'un autre. Les agents informatiques peuvent déclencher diverses opérations, selon le programme élaboré par leur concepteur, au nom du participant qui les a mandatés et à l'appui de celui assisté. Ils ont des descriptions de compétence similaires à l'acteur représenté, mais aussi des champs spécifiques (qui déclarent les conditions d'intervention, les règles respectées, les concepteurs et les personnes représentées). Ils peuvent entrer dans la composition des agrégats mixtes (homme-machine).

L'évaluation initiale de compétence, marquée dans la fiche gérée par les répertoires de participants, peut être modifiée ultérieurement (automatiquement ou avec la validation d'un responsable) pour tenir compte d'une activité (d'apprentissage), faite dans le cadre ou à l'extérieur du système. Entrent en fonction alors les mécanismes de correction des inconsistances éventuellement créés en aval.

#### ***X.4.5. Les instruments et l'indexation des documents***

Les ressources matérielles impliquées dans les processus d'instruction (ou de préparation de l'instruction) comme outils de travail, produits des activités ou en double rôle (d'objet utilisé et modifié) sont de plusieurs types (objets, applications, documents, automates interactifs, systèmes) et peuvent être placées dans des répertoires collectifs et personnels (portfolios).

Elles sont partageables, respectant des protocoles administratifs (régulant le droit de propriété et de l'accès et la négociation de la procuration et de l'utilisation) et techniques (interopérabilité, adaptation aux conditions d'utilisation). Pour faciliter le repérage, à part les champs généraux étudiés en bibliothéconomie (identificateur, auteur, adresse, dimension, version, date de publication, etc.) et les champs dédiés aux aspects techniques et administratifs (avec des références aux ontologies spécifiques)- la fiche de caractérisation de chaque ressource- a des champs de référence sémantique. L'ensemble ressource primaire - fiche descriptive, forme une "ressource secondaire", gérable informatiquement. La manipulation *des objets*

physiques (non interfacés informatiquement) se réduit à leur déclaration, repérage et négociation, le reste des opérations étant extérieur au système.

Dans le cas des *"applications"* informatiques, "le contrôleur distribué de ressources" qui équipe l'infrastructure du système, s'occupe, après la découverte de la ressource, de la mise au point des conditions techniques nécessaires pour son utilisation (à distance ou localement) dans le contexte appelant. Lorsque'il est possible, le modèle de la ressource primaire est enrichi avec des facilitations d'accès et manipulation, devenant une vraie "interface", une couche qui "enveloppe" le noyau primaire et peut intermédiaire son utilisation. Sur la base de ses "méthodes" la ressource secondaire peut être manipulée à distance par un participant ou même par une autre ressource (ou agent). L'existence de la couche intermédiaire permet aussi la manipulation coopérative des certaines ressources, leur pilotage en double commande (expert- novice, agent-novice) ou en triple commande (expert - agent - novice) et l'utilisation des "batch de commandes" (dont l'exécution manipule la ressource" démonstrativement). Ces méthodes sont souvent utilisées dans le monde des "costudieux" pour l'apprentissage coopératif des procédures.

L'ambiguïté de la distinction entre " documents" et "application" en informatique (les applications pouvant incorporer des textes explicatifs et être considérées "documents" pour les éditeurs qui les ont produit)- nous fait signaler que le terme **document** est utilisé au sens courant - d'objet porteur de message.

Pour résoudre l'ambiguïté entre la lecture d'un document pour formation ou pour information, les "costudieux" considèrent tout document comme geste explicatif. La simple référence aux "connaissances" et aux domaines impliqués par le document, quoique permise, n'est pas recommandée. Sans précisions supplémentaires concernant le sens de la référence, des ambiguïtés se créent, réduisant la marge des interférences. C'est pourquoi on fait recours à des "compétences" (caractérisation du rapport entre un document et une connaissance), similaires à ceux utilisées pour la description (modélisation) des participants qui ont crée le document (comme explicateurs, évaluateurs ou recommandateurs). Nous pouvons donc aussi rencontrer des "compétences" générales (style pédagogique de l'explication utilisée dans le document, media utilisée, langue, public visé, etc.) et des documents - système. Les rééditions des versions peuvent être assimilées à un sort "d'apprentissage"- s'ils modifient la compétence explicative.

L'agrégation des instruments et des documents peut être gérée dans un répertoire séparé.

Un paramètre spécial - "le degré d'interactivité"- permet la promotion d'un document (application) au statut d'"automat d'instruction". Une composition de type "leçon en ligne" a des caractéristiques de document (vise un saut de compétence) mais aussi d'une application interactive. Le degré de réactivité à partir duquel l'automate est promu à la condition "d'agent" et déplacé dans le répertoire des participants, n'est pas clair. Même confusion sur le classement des "**systèmes**" d'instruction complexes et, sur la gestion du rapport entre une ressource agrégat (collection, fusion) et les ressources documentaires qu'il englobe. "Les fonctions"

ont par exemple un caractère hybride: elles sont des objets (porteurs de messages), mais modélisent des processus.

Comme dans le cas des participants, l'évaluation de compétence avec laquelle le document a été initialement indexé, (selon un protocole de résolutions des situations qui peuvent apparaître en aval, dans les opérations qui ont connecté le document sur la base de l'ancienne indexation) peut être reprises - dans le désir de raffiner la description ou à la suite d'un feed-back correcteur. D'autres méthodes pour gérer l'indexation impliquent des versions ou des annotations.

#### ***X.4.6. Le fonctionnement au "niveau libre"***

Une bonne partie de l'évolution du système cognitif des "costudieux" a lieu au niveau "libre" en mode émergent- ce qui offre aux participants le maximum de liberté.

Les conditions d'une opération d'apprentissage (ou de préparation des instruments) une fois accomplies, démarre la suite des mini actions qui réalisent le processus: le repérage des ressources de support (participants, instruments ou documents), la négociation du service d'assistance (conformément aux conventions et protocoles établis), la procuration des objets qui doivent être utilisés localement ou des interfaces qui permettent leur manipulation à distance, l'entrée en communication (synchrone ou asynchrone) avec des partenaires assistants. La communication (collaboration) éducative proprement dite suit, allant de la simple lecture (ou du simple chat) jusqu'aux formes évoluées - comme le travail coopératif - instructif. Après la séance informative, on réalise les annotations et les mises à jour appropriées (la modification des compétences de l'opérateur, des notes regardant le comportement et les compétences des éléments de support, etc.). D'autres informations sont produites et enregistrées par les senseurs infiltrés dans la couche intermédiaire des diverses ressources secondaires (en respectant les règles de confidentialité convenues et applicables à chaque situation).

Les mécanismes d'interception, déclaration, annotation et validation entrent un jeu, pour que l'évènement de l'opération et son effet final (le changement de la connaissance vivante - dans le cas de l'apprentissage ou de l'infrastructure - dans le cas des opérations auxiliaires) soient reflétés dans la "mémoire" collective (l'espace des composantes déclarées, l'espace des ressources gérées, l'histoire des évènements). La mise à jour scrupuleuse du modèle qui reflète et influence l'évolution de la communauté modelée (faite par les "costudieux" même pour des processus d'apprentissage ou d'instrumentation qui ont eu lieu en dehors du système), entretient la pertinence de l'utilisation du miroir synaptique. Nous déduisons que le "paradoxe de prisonniers" (l'intérêt de chacun d'utiliser le plus mais d'être utilisé le moins) a été dépassé, probablement à l'aide du fait que le "miroir" trahit les dérivations des principes participatifs de la communauté.

Des mécanismes et instruments spécifiques (planification, demande - offre, licitation, etc.) traitent le problème de la "concurrence" (qui apparaît lorsqu'une personne ou un objet sont sollicités simultanément dans plusieurs opérations). Quand un même élément est engrené dans une cascade d'opérations successives, on peut penser qu'il existe un lien entre elles. L'exécution d'une cascade par la même personne suggère un processus d'apprentissage (exécution) unitaire, décomposé en étapes. Observant qu'un participant A adresse un message de type "test" à B, qui retourne un message de type "réponse" à A, qui, ensuite, réplique avec un message "évaluation", auquel B répond avec une "contestation", adressée à C, qui envoie ensuite une "validation" à A et B, à la suite de laquelle A change la compétence "officielle" de B - on peut intuitivement la manifester d'une certaine "fonction d'évaluation". Si la série se répète souvent et on constate des difficultés de coordination, on peut déduire que la chaîne en question vaudrait être modélisée, optimisée et gérée par une nouvelle fonction.

#### ***X.4.7 L'utilisation des opérations (fonctions) et des contrats basés sur elles***

"Le miroir active" ne reflète pas seulement des entités et des connaissances mais représente aussi explicitement les activités dans lesquelles celles-ci sont impliquées, en les modélisant par des "opérations" (agrégations procédurales d'éléments et de règles impliqués dans la réalisation d'une activité) ou des "fonctions" - cascade d'opérations avec effet global unitaire

Entre la situation de liberté maximale (dans laquelle chacun cherche les ressources nécessaires) et la situation de cohérence maximale (dans laquelle toutes les étapes des processus éducatifs s'exécutent conformément à un plan préétabli) - ils existent des besoins intermédiaires. Les "costudieux" sont intéressés, même quand ils ne planifient pas des cascades complexes d'activités, de préparer tout ce qu'il est nécessaire pour la réussite de chacune: la sélection des ressources matérielles et humaines d'assistance, la résolution de la négociation et de l'accès vers elles, la préparation de la coopération et de la coordination. L'utilisateur d'une "opération" (ou "fonction") complètement préparée (un "contrat") n'a plus qu'à la choisir du répertoire de celles disponibles et de "l'exécuter" : tel qu'indiqué, utilisant les ressources connectées, mettant en valeur ses connaissances et apprenant, déclarant la finalisation et opérant les réactions de rigueur (modification de compétences, évaluation de l'assistance, etc.).

L'existence d'une bibliothèque d'opérations simples, permet aussi la simplification de la composition des fonctions: l'éditeur de fonctions enchaîne des opérations existantes dans le répertoire du système, s'occupant seulement de la logique de la cascade. Au lieu de travailler au niveau des éléments, il agrège directement des procédures, utilisant des "opérations" (qui agrègent déjà des personnes et des objets réalisant des activités). Une "opération" est donc la plus simple représentation d'une procédure (avec un seul chaînon). Au cas où on veut la

détailler en sous-activités, elle sera représentée par une fonction. Et ses cycles de vie: édition, paramétrisation, exécution - peuvent être représentées (gérés) par "metafonctions". Vue globalement, la fonction peut être considérée comme une opération (repérable et utilisable comme tel, intégrable dans un agrégat procédural supérieur). On peut donc parler d'une dualité opération - fonction comme des "ressources - procédurales" et la physiologie des opérations est étroitement liée de celles de fonctions.

La clé du mode d'organisation des "costudieux" est le rapport circulaire entre les processus (cognitifs) vécus par la communauté C et leur modélisation dans le "miroir - actif". Cela permet la reproduction, plus ou moins fidèle, des procédures. Dans des phases "d'exécution", le modèle de la procédure est utilisé comme moyen pour l'orientation des acteurs impliqués dans des processus (modification des objets, des connaissances des participants, etc.) . L'intervention du modèle est plus ou moins "active": à partir de la suggestion narrative faite à l'utilisateur, passant à de la mise en contact de deux ou plusieurs entités extérieures (au miroir) et l'intermédiation de leur communication (coordination), jusqu'au pilotage des éléments de la réalité par des "agents" installés dans le miroir.

D'autres fois, le rapport s'inverse: "le miroir" devient la cible des opérations préparatoires (leur influence sur la réalité pouvant se manifester ultérieurement): la modification des repères de connaissance et de compétence, l'édition d'un domaine de connaissances, la déclaration des nouvelles ressources et participants, éditions et particularisations d'opérations et de fonctions, insertions de diverses informations sur les ressources, les participants et les opérations (indexation des compétences), etc. Pour éviter les inconsistances, la violation de la confidentialité, les polémiques et les désinformations occasionnés par la modification du modèle, des protocoles ont été mis au point. Dans certains situations, le modèle n'est pas mis à jour sans la validation d'un responsable ou même sans l'exécution de procédures spécifiques d'évaluation et vérification. L'opération en direction du miroir (l'organisation de la structure O) est vue aussi comme but en soi (la croissance du "capital synaptique" de la communauté, l'émancipation de la physiologie cognitive collective).

La relation réalité - miroir est bi-directionnelle et définit une physiologie globale. À part les changements déclaratifs (à l'édition), le modèle O est modifié (par feed-back) pendant son utilisation, suite à des constatations faites par des utilisateurs ou des personnes et agents de surveillance. Un exemple de processus, balayant entre la réalité et le miroir et déterminant "le mode de vie" d'une opération- c'est la concrétisation progressive de ses éléments. Un élément peut débiter (à l'édition) avec une caractérisation large (à limite - seulement la signalisation de sa présence. Il peut être décrit plus restrictivement (par exemple, un groupe ou une catégorie). Dans d'autres situations, l'élément (participant ou document) peut être précisé du début. Les responsables (administrateurs) intermédiaires peuvent opérer des précisions supplémentaires. Ils le feront d'autant plus restrictivement qu'ils connaissent exactement dans quel contexte l'instance sera utilisée (éventuellement par qui - la personne respective préférant la simplicité à la liberté de choix). Par

contre, s'ils ont des raisons pour croire que certaines allocations de ressources pourront (devront) être optimisées en temps réel (pendant l'exécution), ils limiteront la précision au niveau approprié. Les dernières manifestations du processus de concrétisation, peuvent avoir lieu pendant l'exécution (mais avant la réalisation de l'action centrale): la connexion des documents par des évaluateurs, des partenaires par les recommandateurs, ou de concrétisations faites par l'élève ou par les agents automatisés, en fonction des disponibilités au moment de l'opération, etc.

Dans le cas des ressources informatiques, la distinction réalité - miroir, n'est plus très claire. Un "éditeur de texte" fait partie du monde C (comme instrument primaire), même s'il est placé dans l'ordinateur, à côté du modèle du monde C. Par une gestion soignée, on peut éviter les confusions entre l'éditeur X et son représentant x dans le modèle. Mais les paradoxes frappent à la porte! Nous pouvons nous demander, par exemple, si le modèle doit aussi refléter la réalité de son utilisation? Si non (dans le miroir, le miroir ne se voit pas, même si l'on utilise quand on fait quelque chose devant lui) alors... au moment de l'utilisation du modèle du phénomène, se crée une réalité plus riche que le phénomène modélisé...).

Une "opération" est un "agrégat procédural", axé autour d'une activité (similaire à la façon dans laquelle une proposition est axée autour d'un verbe). Ce pour cela que "son cycle de vie" peut passer par des étapes similaires aux autres agrégations (des compositions englobant systématiquement des entités composantes): édition, particularisation, utilisation, analyse. Pendant l'édition le modèle de l'opération (qui, en grandes lignes, déterminera son comportement en exécution - sauf certains détails, qui pourront être fixés lors des phases suivantes) est conçu et enregistré dans le répertoire des modèles d'opérations. Pendant l'étape de "particularisation", un autre participant, prépare l'utilisation du modèle de l'opération dans un contexte particulier, en opérant des concrétisations d'éléments ou des précisions plus restrictives) et dérivant du modèle initial une ou plusieurs "instances". Pendant la phase d'exécution (en fonction de droits d'accès prévus), un "utilisateur" ouvre une instance et réalise l'activité prévue. Il utilise le modèle de l'opération, en fonction du niveau de connexion à la réalité eu par celle -ci: instrument de suggestion, de mise en contact, d'intermédiation de la communication, de coordination de la coopération, du pilotage de l'activité, de surveillance et mise à jour des modèles. L'observation et les réactions peuvent être faites dans une étape ultérieure, sur la base de l'analyse des résultats.

Dans le cas d'édition des fonctions, ces considérations s'appliquent à chacune une des opérations composantes. Les aspects qui interviennent en plus (types de liaison entre les nœuds opérationnels, sous-graphes, branchments, confluences, boucles etc.)- se rapportent à l'organisation de la cascade opérationnelle et sont largement développés dans la littérature dédiée à la modélisation des chaînes procédurales (flowchart, workflow management, algorithms, etc). On quitte maintenant ces problèmes, intéressants mais classiques, pour décrire la structure d'une opération élémentaire et son indexation.

La plus simple "topologie" d'un modèle d'opération T[o] se résume à signaler (en langage naturel ou par référencement à une ontologie des procédures) a procedurii (activitatii) "o" pe care o semnaleaza operatia. À part l'identification "du verbe" o, on peut utiliser des "compléments" descriptifs, pour compléter la fiche de caractérisation d'une opération (la description de ce qui doit être fait, la signalisation des connaissances impliquées par l'opération et des compétences réclamées et réalisées par ceux qui l'exécutent). On obtient, une opération o(k,c) indexée (sémantiquement) - qui enrichit le monde des ressources "secondaires". À part la procédure centrale o, la topologie simple peut aussi signaler des partenaires de travail (coopératif), des objets utilisés, produits ou modifiés pendant l'opération- qui n'intervient cependant pas dans son "équilibre de compétences" (exemple T[o-p2,r3]). Une version étendue de la topologie T[oa] suppose l'explicitation de l'exécutant de la procédure ("l'acteur" sujet) - extension utile pour définir le filtre d'accès à l'opération ou l'introduction d'un "avatar" qui représente graphiquement l'exécutant.

Si on prévoit l'intervention d'un partenaire pour aider l'exécutant: participant (personne, groupe, catégorie, équipe, agent) ou document de support- alors il doit être mentionné explicitement comme acteur de support et la topologie devient Top ou Tod. IL y a des situations où on souhaite l'intervention simultanée de plusieurs explicateurs humains, de plusieurs documents ou des combinaisons d'explicateurs et de documents, menant à des topologies comme: T[opd], [Top1,p2], T[od1d2], T[o.p1..pn,d1,..dn]. De telles situations peuvent être résolues parfois en décomposant l'opération dans des étapes avec des formules plus simples (voir les fonctions). Toujours par décomposition en étapes pourrait être résolues des situations comme: "Quelqu'un évalue les besoins d'un élève, puis compose un document de support et l'attache à l'opération ou recommande un document existant." Mais, si on désire que ce processus soit considéré unitaire, la topologie devient T[o,e,a,d] sau T[o,e,r,d]

#### ***X.4.8 Equilibre sémantique, adaptation et services du miroir actif***

Un délicat problème de modélisation est celui du "jeux de compétences" qui oriente le processus de concrétisation progressive, le noyau du fonctionnement du "miroir actif". Poursuivons-les, dans divers topologies.

La plus simple combinaison (Toa) semble menacée par un paradoxe: si l'acteur sait comment exécuter une opération- il n'apprend rien en la faisant, s'il ne sait pas- il ne peut pas l'exécuter. En réalité, les humains peuvent exécuter des opérations pas seulement parce qu'ils en sont capables et intéressés, mais aussi pour améliorer leur compétences, en exersant (auto-instruction, sans bénéficier d'autre support que l'équipement approprié. Donc, si une référence à un domaine de connaissances opérationnelles signale l'exécution de l'opération (ko) , alors un



exécutant P peut avoir une certaine compétence, évoluant à partir de la valeur précédente à l'exécution (ci, éventuellement 0-nulle) vers celle ultérieure (cf, éventuellement 1-parfait). Plusieurs exécutions peuvent être justifiées, pour atteindre progressivement un niveau cible. À part la composante "par défaut" supposée par l'exécution, peuvent entrer en jeu (comme compétences nécessaires, et améliorées par l'exercice en cours) des connaissances dans divers domaines  $K_j$  (par exemple l'application dans la résolution d'un problème de certaines notions, théorèmes et méthodes -dont la connaissance et aussi renforcée par application). Ainsi, à part l'ordre "naturel" de concrétisation de la topologie o-a (on décide d'abord l'opération à exécuter et ensuite l'élève) on peut rencontrer des situations d'allocation renversée: on décide d'abord l'élève et ensuite, en tenant compte de ses besoins de progrès dans un domaine  $K_j$ , on choisit l'opération qui assure ce progrès, par exercice.

Une autre importante topologie est Toae (opération- apprenant- explicateur). Cela implique toujours une connaissance par défaut koa(e) (exécuter l'opération dans la topologie à assistant humain) et éventuellement des autres compétences de a ( $K_{joifa}$ ), nécessaires et améliorées par l'exercice de o entre les niveaux i et f. Les qualités de l'assistant d'un apprenant qui exerce o entre les niveaux i et f sont appréciées par la compétence ckeaoif qui peut avoir une évolution causée par l'exercice courant. Cette fois la concrétisation des éléments de la topologie (établie sur la chaîne édition-particularisation-exécution) peut varier, en fonction de diverses conditions, objectifs et stratégies. La chaîne o-e-a permet d'abord le choix des explicateurs qui peuvent réaliser les objectifs o, et ensuite le filtrage auprès des élèves qui peuvent être servis par un certain explicateur. La chaîne o-a-e correspond à la situation où l'assistant est ajouté à la fin, son choix en fonction de ses particularités pouvant être optimisé. Des autres enchaînements (e-o-a, e-a-o, a-e-o, a-o-e) correspondent à des situations où l'opération se décide dans le cadre d'un programme d'amélioration des connaissances  $K_j$  impliquées par o, ou de valorisation de certains assistants.

Le cas de la topologie Toad est analogue. Cette fois le saut de compétence ckoad(i,f) réalisé par l'exercice de l'opération l'aide du document d (qui porte directement sur o, ou à des connaissances  $k_j$  nécessaires) est soutenu par d- à la place de l'explicateur humain (d représente son auteur, dans les limites de l'interactivité mécanique). La concrétisation o-d-a permet le choix des documents de support et ensuite le filtrage des élèves qui peuvent s'en servir. Le parcours o-a-d correspond à la situation du document ajouté à la fin, pour une optimisation. Les suites (d-o-a, d-a-o, a-d-o, a-o-d) correspondent à des situations comme : la valorisation des documents importants à usage général ou appartenant à un apprenant, etc)

La topologie complexe Toade suppose une double assistance, provoquant le saut de compétence ckoad(i,f): intervention de l'explicateur e, en parallèle (corrélation) avec l'utilisation du document d. Ainsi elle dépend des capacités coordonnées de la paire document-assistant: ckeadoif(i,f), ckdaeoif(i,f). Il y a

maintenant une grande richesse de trajectoires (politiques) de concrétisation: o-e-d-a (on choisit d'abord l'explicateur, qui choisit ses moyens et ensuite ses élèves), o-d-e-a (choix des explicateurs qui savent utiliser un certain document) o-a- e-d (on cherche un assistant idéal pour un certain élève et ensuite on équipe la paire avec le document de support optimal) etc . En général nous pouvons rencontrer un nombre quelconque d'explicateurs et de documents- mais la gestion de leur intervention et de l'équilibre de compétence se complique. Un travail par étape pourrait s'avérer opportun: on opère d'abord dans un contexte aed pour réaliser un premier saut et on passe ensuite à un deuxième contexte etc.

*X.4.9. Utilisation des fonctions et des opérations adaptatives- à suivre*