

## **Instrumentation de la gestion des connaissances au sein d'une communauté de pratique sur le Web sémantique**

**Ioan Rosca, Télé-université**

### ***1 Introduction: instrumentation sémantique des processus d'instruction distribuée***

Le système TELOS - que nous construisons dans le projet LORNET- vise la facilitation des processus éducationnels qui impliquent les communautés distribuées, connectées par Internet. Il offre un support pour la gestion du cycle de vie des ressources pédagogiques, à partir de leur création, jusqu'à l'observation des résultats de leur utilisation.

La possibilité du contact et du partage des ressources à distance, l'utilisation des instruments de coordination et des capacités naturelles de communication- permettent déjà une forme de coopération éducative, qui n'exige pas l'exécution de scénarios préétablis ou l'indexation des messages et des composantes. Cette formule permet l'organisation des répertoires de ressources et l'enchaînement émergent des opérations en fonction des nécessités- mais offre peu de support à la coordination et à l'optimisation.

Pour dépasser les obstacles de communication, on peut prévoir des services d'interprétation (traductions, références aux dictionnaires, matériaux explicatifs etc.)- en liant les messages aux espaces de connaissances- utilisés comme référentiels. En recourant à un "repère sémantique", par rapport auquel sont référés les documents, les participants et les activités disponibles- on offre aux acteurs impliqués des nouvelles possibilités de synchronisation.

Les diverses formes d'organisation des repères sémantiques et du processus de référencement (indexation) ont, chacune, leurs qualités. Une "classification" (taxonomie, catalogage) permet l'orientation facile et l'héritage des attributs. L'utilisation des textes structurés ou des fiches de métadonnées, - raffinent les possibilités de repérage. Même l'organisation de type "dictionnaire" (thesaurus) ou le renvoi vers une collection de textes - peuvent être utiles. Mais un meilleur potentiel d'assistance automatique est obtenu si le repère sémantique est organisé conformément à une logique explicite pour l'ordinateur- d'où l'intérêt pour les ontologies.

Les références aux "connaissances" peuvent avoir divers attributs qualitatifs et quantitatifs, devenant des "compétences" évolutives, qui permettent l'évaluation et l'orientation du processus d'apprentissage- cible.

Une autre manière d'instrumentation utilise l'orchestration des procédures instructives à l'aide des modèles (scénarios) édités par un concepteur, adaptés par les administrateurs des instances, exécutés par les participants (qui apprennent en faisant) et produisant des données analysables. Moins flexible que la formule émergente, cette alternative offre aux participants des nouvelles facilités pour: s'informer ou faire des observations sur les opérations à réaliser, recevoir des conseils en conséquence, accéder aisément aux ressources matérielles et humaines opportunes, se synchroniser avec les partenaires.

En combinant l'organisation procédurale avec la coagulation du sens apportée par l'utilisation d'un référentiel sémantique unique pour les opérations, les acteurs et les ressources impliqués, on arrive à une représentation mixte que nous appelons "carte de fonction" (métaphore empruntée à la biologie). L'"interprétation" des références ouvre au système des nouvelles possibilités d'intervention: le contrôle des accès, l'adaptation de l'assistance, la recommandation des ressources, la mise en garde des intervenants, l'analyse post-opératoire et la mise à jour des "modèles des utilisateurs". Chaque "concrétisation" (d'une ressource ou d'un acteur) change "l'équilibre sémantique" de l'opération concernée et influence les "équations" de sélection des composantes et les réactions automatiques.

La physiologie du référencement s'entremêle étroitement avec celle des fonctions, même quand celles-ci sont définies de façon émergente. La gestion de l'évolution de l'ontologie- repère doit être corrélée avec la gestion des ressources indexées. Ces facilités sont essentielles pour soutenir l'apprentissage continu dans les communautés de pratique. Le processus d'indexation peut être exprimé par un métalangage (méta-ontologie) et modélisé par des métafonctions spécifiques. Ces modèles peuvent prévoir des feed-back corrigeant le référencement ou même le référentiel. Les modifications du repère réclament des solutions pour la mise à jour des anciennes coordonnées (restrictions, conseils, corrections automatiques etc.).

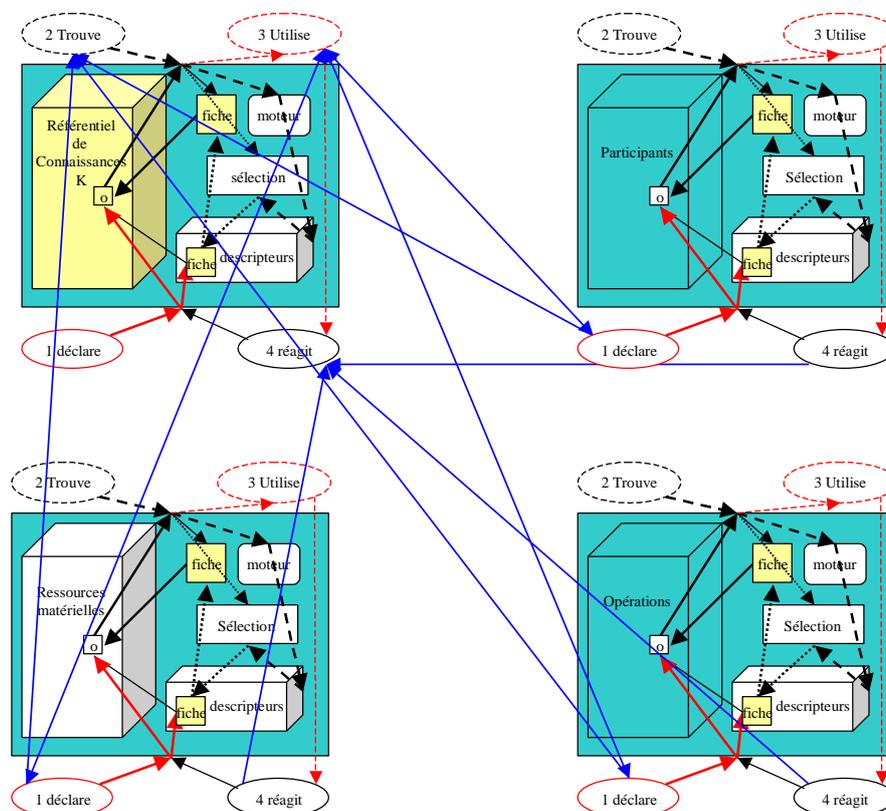
Au-delà de l'analyse de l'utilisation des repères sémantiques existants, nous saisissons un problème provocateur de synthèse : comment organiser un repère sémantique évolutif qui soutienne une certaine physiologie de référencement, appropriée pour certaines projets d'instruction distribuée?

## 2 Utilisation des références sémantiques

### a Référencer les participants, les ressources et les activités par rapport à un même repère

L'ingénierie cohérente des systèmes d'éducation distribuée réclame des instruments appropriés de modélisation et de gestion des phénomènes explicatifs, reflétant (facilitant) la spirale "savoir faire- faire-savoir faire mieux- faire mieux...". La manifestation extérieure des actions est accompagnée des processus cognitifs. Les agrégations structurelles (ressources combinées) procédurales (activités enchaînées) et sociales (partenaires coordonnés) suppose (dans l'arrière- plan) une agrégation du sens, une intégration sémantique. Dans le cas des phénomènes éducatifs, la synthèse sémantique est encore plus importante, elle n'est pas seulement un moyen, mais le but même du processus.

Les humains réussissent la coagulation et la synchronisation par communication "naturelle"- préparée par une longue socialisation. Pour la gestion des phénomènes socio- cognitifs complexes, les outils de facilitation du partage des objets et des opérations doivent être accompagnés par des instruments facilitant le partage du sens. Les acteurs "machine" ne peuvent pas intervenir dans ce processus sans avoir la possibilité de se référer à un espace de modélisation sémantique.



La figure révèle "l'agrégation sémantique" qui résulte implicitement par l'utilisation d'un référentiel (repère) sémantique unique pour indexer toutes les ressources placées dans les répertoires d'un système: les bibliothèques des documents (et des autres objets pédagogiques), des participants (apprenants et facilitateurs potentiels), et des opérations (activités).

La maîtrise d'une "connaissance" peut être caractérisée sur diverses échelles de "compétences".

A un certain moment, chaque ressource référencée a des coordonnées sémantiques par rapport à un ou plusieurs domaines de connaissances et une échelle d'habileté.

Le processus d'apprentissage se traduit par une évolution de ces coordonnées.

Cette organisation permet les recherches globales de ressources, les processus complexes d'appariement et les réactions de feed-back sémantique (à partir de l'utilisation des ressources vers leur description)

Le premier pas est l'organisation (selon divers principes) de l'espace de connaissances K qui sera utilisé comme repère. La figure suppose l'utilisation des fiches descriptives pour les connaissances (placées dans le répertoire pendant la phase de déclaration). Une connaissance peut être repérée à l'aide d'un moteur de recherche qui fournit une sélection à partir de laquelle on peut la choisir et l'inspecter. L'utilisation peut consister dans le référencement d'une ressource par rapport à cette connaissance. Pendant la phase de réaction, certaines corrections du positionnement et des descripteurs- peuvent être opérées.

Le référencement des participants (exécutants, apprenants, assistants) peut parcourir un cycle similaire. Pendant la déclaration, qui suppose l'utilisation du bloc K, chaque participant est décrit par une fiche signalétique qui contient une partie dédiée à la caractérisation des connaissances possédées, envisagées ou explicables aux autres. Après le repérage et l'activation d'un participant, des réactions peuvent avoir lieu, à partir de la mise à jour de son modèle, jusqu'à la correction du repère utilisé.

Le référencement des ressources matérielles (documents, instruments etc.) ou des opérations qui pourraient être enchaînées dans une procédure- a lieu de façon similaire. Les connaissances déclarées dans la fiche descriptive peuvent signaler le savoir nécessaire pour utiliser la ressource (participer à une opération) ou gagnées par l'utilisation de la ressource (exécution de l'activité).

Le déroulement de l'indexation, décrit plus haut, peut avoir lieu de façon continue, émergente. Dans l'alternative de l'utilisation des scénarios pédagogiques, l'indexation par rapport au système K peut avoir lieu pendant l'édition des cartes de fonctions et sera mis en valeur pendant leur exécution (voir le chapitre 3).

## **b L'organisation des repères sémantiques**

La structuration des espaces de connaissances -de manière à constituer (par référencement) la base d'une coagulation sémantique pour une communauté de pratique- pose des problèmes théorétiques profonds et interdisciplinaires. Plusieurs domaines (philosophie, linguistique, sociologie, sémiotique, psychologie, théorie des communications, théorie de l'éducation, logique et épistémologie, informatique, théorie de l'information, bibliothéconomie etc.) se sont impliqués dans l'étude des multiples aspects à éclairer :

Quel est le rapport entre un concept et la réalité qu'il représente (objet, processus, attribut)?

Qu'est ce que c'est "une connaissance" et comment évolue-t-elle comme partie d'un univers cognitif?

Quels attributs peut-elle avoir et de combien de types peut-elle être? (cognitive/ physique/ affective/ sociale, déclarative/ procédurale/ contextuelle, analytique/ synthétique, possédée/ en cours d'assimilation/ envisagée, particulière/ générale, éphémère/ stable, interne/ explicitée, individuelle/ partagée/ standardisée, claire/ imprécise/ vague, autonome/ dépendante/ encadrée, supposée/ hypothétique/ prouvée, importante/ accessoire)?

Comment on distingue le savoir réel de quelqu'un de sa perception sur ce savoir, de l'opinion d'un autre à ce sujet ou de sa validation formelle par une institution ?

Comment agit le signe d'un concept, abstrait, non vécu, comme pont entre les concepts ressentis par des humains concrets et comment est traité, pendant la résonance sémantique, le système des signes qui composent un message?

Quel est le spécifique des communications homme- homme, homme- machine et machine- machine et comment peuvent-elles être combinées?

Quelles sont les mécanismes de traduction entre deux langages, les principes d'organisation d'un langage universel et de la description de la structure d'un langage, dans un métalangage?

Comment peut-on structurer ou expliquer un curriculum évolutif, en partant d'une collection évolutive de narrations explicatives?

Comment peut-on observer et instrumenter le rapport entre faire et savoir- faire?

Cette complexité impose une approche pragmatique, basée sur des simplifications conscientes, en continue reconsidération.

Indifféremment du mode d'organisation du repère sémantique, le référencement mènera à des "coordonnées sémantiques", dont l'évolution orientera les interventions pédagogiques.

Pour le passage d'un repère à un autre, des moyens de conversion ont été envisagés. Des normes ont été proposées pour assurer une plus large interopérabilité.

La pratique a établi plusieurs formules d'organisation de l'espace - repère:

a Collection de textes (descriptions en langage naturel) dans lesquelles des mot clefs peuvent être repérés à l'aide des moteurs de recherche et qui sont, éventuellement, catalogués, ou organisés de façon hypertextuelle.

b Collection de textes structurés ( bases de données textuelles).

Les documents et les autres ressources éducatives peuvent être décrites dans des fiches de métadonnées, gérées selon les procédures d'"indexation" mises au point en bibliothéconomie.

d Dictionnaires, taxonomies, langages de description déclarative et récursive, graphes de connaissances (basées sur de liens de composition, spécialisation et instanciation)

d Modèles procédurales ("workflows", arbres de tâches, etc. )- graphes basés sur des liens de précédence et de participation- qui pourraient être vues comme une forme directe de description de la connaissance procédurale qui correspond à leur exécution

Chaque type d'organisation a ses qualités et ses limites, pouvant être jugé en fonction d'un contexte d'application, selon plusieurs critères: ergonomiques (facilité de conception et d'utilisation- par exemple, la disposition hiérarchique permet l'héritage des références) économiques (coût réduit de la construction et de l'entretien), expressivité et raffinement (par exemple, l'organisation structurée des textes améliore les qualités du repérage), etc.

L'accent mis sur l'interopérabilité et la réingénierie et les possibilités d'inférences automatiques- recommandent l'utilisation des "ontologies" comme support sémantique.

### **c Les compétences et l'explicitation de l'apprentissage**

Les connaissances peuvent avoir divers attributs (déclarables dans une fiche signalétique) En partant de la problématique signalée plus haut, nous pouvons arriver à des descriptions comme:

*K (cognitive, déclarative, analytique, particulière, etc.)*

Parfois, l'espace des alternatives pour un certain critère peut être ordonné, de façon à permettre certaines déductions. L'introduction d'une mesure quantitative - quand elle est possible- offre les meilleurs possibilités d'inférence. Les catégories comme celles de Bloom peuvent être vues non seulement comme des potentiels attributs pour certaines connaissances, mais aussi comme une classification possible de toute connaissance, opérant, de façon homogène, une granulation fine de l'espace des concepts.

Les "compétences" expriment le rapport entre une ressource R et la connaissance K à laquelle on veut la référer, décrivant la paire (R,K). Leurs attributs ne caractérisent donc pas la connaissance K en soi, mais la posture de R par rapports à elle. La problématique signalée dans le paragraphe précédant nous mène à des caractérisations comme:

*[RK] (possédée, stable, claire, autonome, prouvée, importante, etc.)*

Si on ajoute des considérations contextuelles (comme : supposée pour X/ prétendue par Y/ validée par Z)- nous pouvons arriver à des descriptions complexes des connaissances, des références et des compétences :

**KD (knowledge descriptor)**= (k1,k2, .....) - les attributs d'une connaissance

**KL (knowledge locator)**=[A1,A2,A3] – où: A1- norme de l'organisation du repère, A2- l'adresse du document référentiel respectant la norme A1, A3- l'adresse interne de la notion, dans référentiel A2

**KR (knowledge reference)**= [KL,KD]

**C=[X, KR, B] (compétence)** où X- élément référencé, KR –la connaissance visée, B (c1, c2....) - les attributs de la compétence

A mesure que le phénomène éducatif se matérialise (passe de l'état de projet envisagé vers l'état d'exécution analysée) - les compétences des participants évoluent. Cette évolution produit une continuelle modification des coordonnées par rapport au repère, ce qui explicite l'apprentissage.

Le choix de la structure descriptive des compétences est donc un problème important et délicat, que nous avons abordé par expérimentation.

Ainsi, pour le prototype GEFO qui a équipé la première version du système TELOS, nous avons recouru à un espace de connaissances hiérarchique (pour que les compétences par rapport aux nœuds "père" se propagent vers les nœuds "fils"), la structure de référence étant éditée de diverses façons.

Nous avons expérimenté plusieurs repères d'habileté: une description qualitative basée sur l'échelle de Bloom, raffinée par une métrique décimale -utilisable par les participants humains, combinée avec une mesure simple (échelle graduée de 0 à 100) - utilisée pour les décisions automatiques. Cette dernière échelle, exprimant de manière naturelle le niveau de maîtrise, nous a permis l'expérimentation de certains mécanismes d'intervention humaine et automatique: analyser les équations sémantiques, opérer des sélections (appareiller) etc.

Nous avons donc dépassé la métrique binaire: connu/ inconnu - supposée par l'absence d'une échelle graduelle d'habileté. Un raffinement supplémentaire serait apporté par l'utilisation des mesures floues.

### ***3 L'orchestration des scénarios pédagogiques***

#### **a Gestion des procédures par des "cartes de fonctions"**

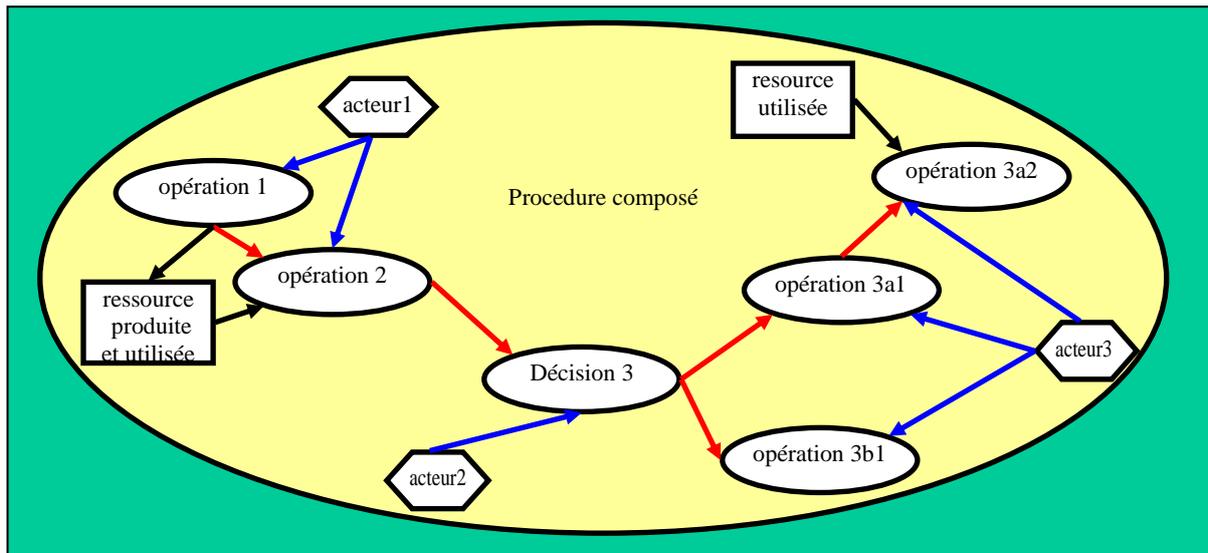
Dans les systèmes d'instruction, nous rencontrons souvent de situations où des chaînes d'activités doivent être modélisées: les scénarios pour des procédures à apprendre- gérables pédagogiquement, des procédures pédagogiques (qui représentent explicitement les interventions des assistants), des procédures auxiliaires à exécuter ( la construction du référentiel des connaissances, la conception et la diffusion des ressources etc. ), des processus cognitifs (apprentissage) etc.

Nous disposons déjà d'une multitude de formules, de standards et d'instruments pour la représentation et la gestion des chaînes d'activités procédurales par graphes : "diagrammatic task representation", "flowchart and workflow modeling", "use case and activities diagrams" etc). L'accent mis sur l'orchestration des activités (dans des domaines comme le CSCW) est actuellement accompagné par l'étude des connaissances impliquées par les opérations. On vise ainsi la gestion de la "couche sémantique" qui forme le capital cognitif d'une institution et le raffinement du support offert aux exécutants.

Mais l'organisation d'une couche sémantique évolutive, corrélée avec l'utilisation des graphes procédurales, est encore plus intéressante dans le cas de l'apprentissage par action. Elle réclame une synthèse entre les travaux en CSCW et CAI, que j'ai appelé CSCE- computer supported cooperative explanation (Rosca, 1999).

Tout en observant les travaux d'intégration des standards de modélisation et des principes de la technologie de l'instruction comme EML ou IMSLD (Wiley, 2002,. Koper 2002), mes travaux se sont concentrés sur les aspects liés à la coordination des participants qui coopèrent pour réaliser les activités représentées.

Les "cartes de fonction" ont été introduites pour faciliter cette orchestration.



- L'exemple illustré plus haut montre la composition d'une fonction:
- 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 dans les divers contextes de l'exécution
  - les attributs des opérations, des acteurs et des ressources

Comme pour tout agrégat (Paquette, Rosca, 2002), le cycle de vie d'une fonction passe par l'édition du modèle, la déclaration et l'adaptation des instances, l'exécution et l'analyse des résultats (voir aussi les documents d'architecture TELOS). Les concrétisations des acteurs et des instruments peuvent être faites progressivement, pendant ces phases.

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) La fonction est utilisée comme un guide pour l'orientation des acteurs impliqués dans l'action. L'interprète du modèle observe la chaîne des opérations, lit les documents de support connectés dans certains nœuds. L'action réelle a lieu dans un monde séparé de la fonction.
- (2) L'utilisateur introduit des informations sur l'exécution, répond à certaines questions, ce qui facilite l'observation et l'assistance automatique (synchrone ou asynchrone) de son comportement
- (3) La fonction facilite le lancement et la manipulation des ressources connectées (qu'elle agrège dynamiquement). Elle peut même opérer automatiquement sur ces ressources, si un agent de contrôle a été programmé à ce but.
- (4) Quand une procédure est coopérative, en agissant comme un "whiteboard" de synchronisation, la fonction facilite la coordination de l'orchestre des participants humains et des agents machine, combinant la gestion des activités pédagogiques et la gestion pédagogique des activités.
- (5) Si la concrétisation des participants et des ressources n'est pas préparée avant mais s'établit pendant l'exécution, la fonction rend des services de filtrage, sélection, conseils, appariement et mise en garde.

Pour réaliser ce comportement, chaque élément d'une fonction (opérations, acteurs, ressources) est caractérisé par un groupe d'attributs, parmi lesquels certains forment la référence sémantique, matérialisant l'apprentissage.

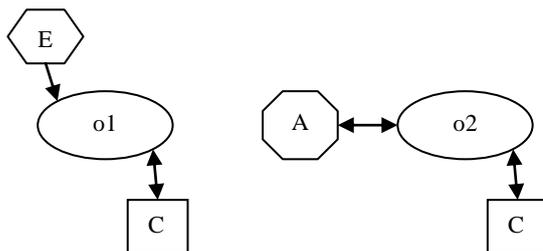
## b Référencer les fonctions: équilibre et équation sémantique

Nos recherches sur la modélisation et l'instrumentation des systèmes d'éducation (Rosca , 1999) , (Paquette, Rosca et autres 2001) (Paquette, Rosca, 2004) et l'observation des travaux sur l'indexation sémantique (Davies, 2003) ont mis en évidence l'importance du lien entre la représentation des activités et celle des connaissances impliquées, en me conduisant à la **fonction pédagogique référencée sémantiquement** (Rogozan, Paquette, Rosca, 2004) .

L'explicitation des processus cognitifs corrélés avec les activités pédagogiques suppose le référencement sémantique des composantes de la fonction, par rapports à divers sujets. Prenons l'exemple d'une carte de fonction représentant le processus de dépannage d'un téléviseur, visant l'apprentissage par exécution en paire explicative. Une telle carte peut utiliser plusieurs références : une ontologie pour les composantes électroniques ou pour le fonctionnement des téléviseurs, un graphe sur les méthodes de dépannage, etc.

Les participants humains à la vie d'une fonction partagent les significations, en éditant et en interprétant des références. La gestion des références sémantiques, combinée avec l'utilisation des instruments de recherche et d'appareillement, peut soutenir la concrétisation des composantes pendant l'édition ou l'exécution d'une fonction. Les ressources et les participants impliqués sont choisis (à partir des disponibilités et conformément à certains algorithmes de sélection ) - de manière à satisfaire les conditions de compétence (équilibre sémantique). Les agents machine peuvent profiter de l'explicitation sémantique, pour guider leurs interventions (filtrer l'accès ou alerter les participants, faire des recommandations sur les moyens de support, activer des conseils, etc.).

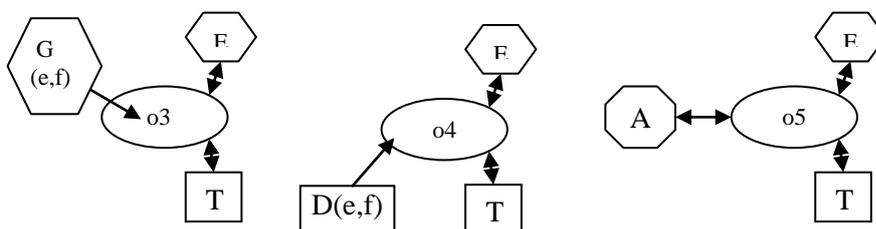
Un premier cas est celui d'une opération à but pragmatique (sans intention pédagogique):



Pour agir de façon satisfaisante sur la cible C, l'exécutant humain "E" (ou l'agent machine "A") doivent satisfaire une condition de compétence:

$c \geq o$  (la compétence de l'exécutant doit dépasser celle requise par l'opération)

L'acceptation d'une situation  $c < o$  peut signaler un cas d' auto- instruction (apprentissage par expérience) et justifier une mise à jour du modèle de compétence de l'exécutant.



Un cas plus intéressant pour un système instructif est celui d'un exécutant-apprenant E, qui devrait être aidé par un guide humain G (un document de support D, un agent machine A) capables de faire progresser leur utilisateur du niveau de compétence i vers un niveau f- pour pouvoir exécuter l'opération sur la cible T et avancer dans la chaîne procédurale.

Les conditions de compétence pour un tel cas sont:

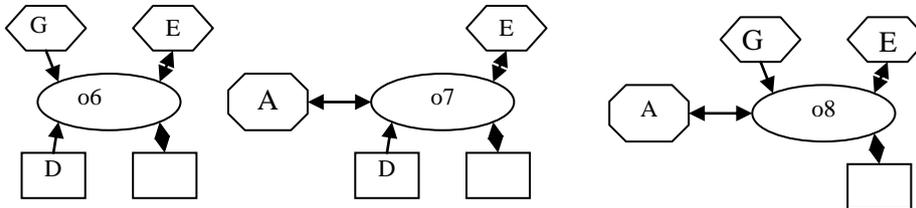
$c < o$  exprime l'utilité pédagogique de l'opération et la pertinence du support

$i < c < o < f$  le moyen d'assistance est capable de faire évoluer la compétence, du niveau i au niveau f , couvrant le déficit c-o ; après l'exécution assistée, nous pouvons supposer que la compétence c a atteint le niveau o et faire la mise à jour approprié dans le modèle de l'exécutant courant.

Les paramètres c, i et f changent pendant le processus de concrétisation des participants et des ressources. A tout moment, l'analyse de la situation des compétences autour d'une opération peut montrer les déséquilibres et piloter des mesures correctives:

- c>=o** pour cet opérateur, l'exécution se passera sans apprentissage (support inutile)
- f < c < o** l'assistance offerte par cette ressource n'est pas appropriée pour cet opérateur
- i<=c<f<o** assistance utile mais insuffisante (laisse découvrir un seuil o-f)
- c<i<o<=f** assistance inabordable par un seuil i-c
- c<i<f<o** l'assistance se heurte d'un seuil initial i-c et laisse un seuil final o-f

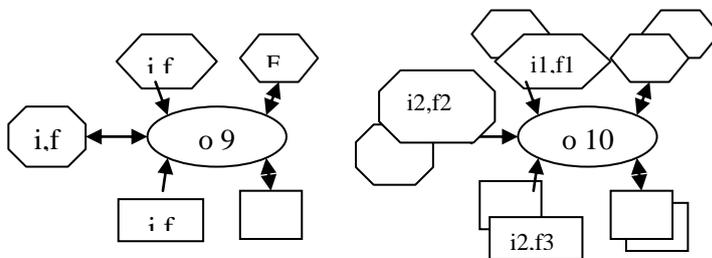
Dans le cas du support mixte (guide et document, agent et document, guide et agent, etc.)



l'analyse de compétences se complique:

- i1<=c<o<=f1** ou **i2<=l<o<=f 2** une seule composante de support est suffisante
- i1<c<i2<f1<o<=f2** l'opérateur est porté par la première composante vers la plage d'efficacité de la deuxième etc.

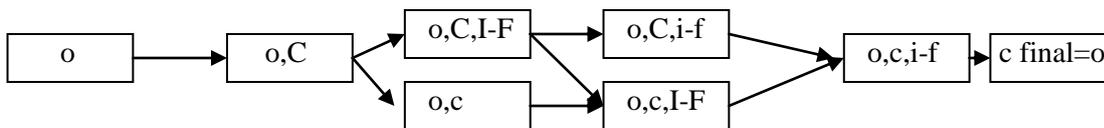
Dans le cas général, quand le besoin de compétence est assuré par un ensemble de composantes de support:



nous obtenons des conditions d'équilibre encore plus complexes comme:

- "la réunion des intervalles (ik,fk) couvre un intervalle qui contient c et o "**
- "la compétence o doit être assurée par un nombre (coût) minimum des ressources".**

En résumé, l'exécution et les résultats cognitives d'une opération dépendent de l'équilibre de compétence entre: l'exécutant (apprenant), les assistants humains, les documents et les agents de support. La situation se précise progressivement, selon un certain parcours (comme dans une "machine à états")



Ainsi, après avoir précisé la compétence "o" nécessaire pour l'exécution, on peut décider la compétence théorique du l'apprenant envisagé: "C". Puis, on peut déclarer le seuil I-F à assurer par l'instrument de support ou, concrétiser le participant (donc la compétence réelle "c"). Dans le premier cas (C,I-F), on peut continuer en concrétisant d'abord l'instrument de support (donc, les valeurs réelles i-f) et finir la chaîne en choisissant le participant (donc la valeur "c") en fonction des autres paramètres; ou, concrétiser d'abord l'exécutant (donc "c") et finir la chaîne en choisissant l'instrument (donc i-f) en conséquence. Après l'exécution, on peut faire la mise à jour de la compétence c vers la valeur finale o.

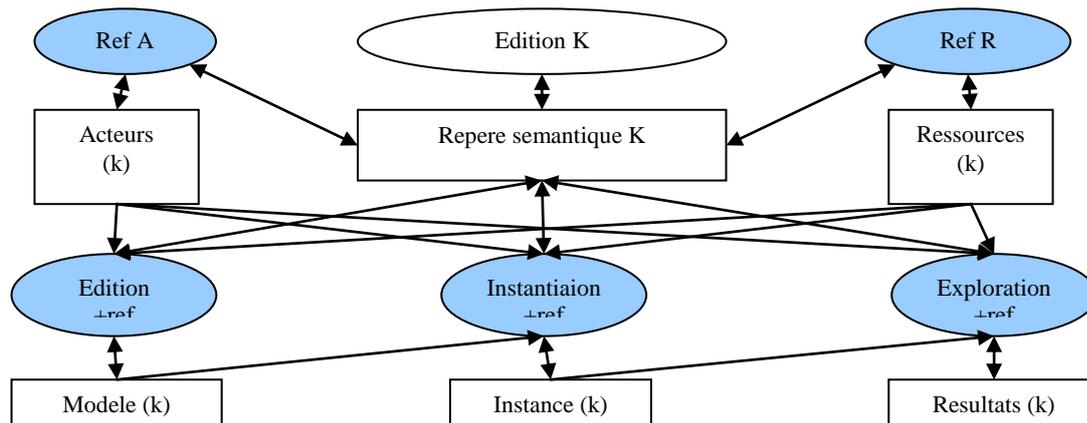
Tout changement de la topologie de l'opération, d'un intervenant ou d'un attribut cognitif peut affecter l'équilibre des compétences et devrait être observé par un service d'analyse. Celui-ci peut soutenir des services de sélection, recommandation, conseils et alerte, guidant le processus de concrétisation. La subtilité de ces algorithmes est un incitatif pour l'utilisation des fonctions indexées sémantiquement.

## 4 La physiologie du processus de référencement

### a Évolutions corrélées d'une fonction et du référencement; émergence dans les communautés de pratique

Le flux du référencement d'une fonction met en évidence l'interférence entre le cycle de vie de la ressource- fonction et les autres cycles de vie : celui du repère (édition et utilisation) et des ressources (humaines et matérielles) agrégées (y inclut le référencement opéré pendant leur déclaration et utilisé pendant l'exécution de la fonction).

La chaîne: édition du repère- indexation des composantes- édition de la fonction- concrétisation des ressources - exécution de l'instance- correction des références et du repère - se prête à une description faite dans un langage spécifique (meta-ontologie du référencement) ou a une représentation procédurale gérée par une fonction ("metafonction de référencement")



Les étapes sont:

- un concepteur définit une ontologie K, comme base pour l'agrégation cognitive
- des experts en personnel d'une institution (ou les membres de la communauté) évaluent les compétences des participants potentiels, par rapport au repère K
- des experts dans le contenu des ressources indexent (à la base de K) les compétences nécessaires pour les utiliser et obtenues par leur utilisation
- des concepteurs de fonctions éditent l'enchaînement des opérations, fixent leur topologie, ajoutent les acteurs et les instruments abstraits, précisent (à la base du repère K) les compétences proposées pour les opérations, les acteurs et les ressources
- un administrateur crée une nouvelle instance et opère certaines concrétisations (des ressources et des acteurs), utilisant des outils de support qui permettent des choix appropriés pour satisfaire les conditions de compétence; si les ressources disponibles ont été référées par rapport à des repères (ontologies) différentes, des services de translation ou d'agrégation doivent être mis en jeu
- les participants, fixés pendant les étapes précédentes ou s'inscrivant en cours de route, interviennent dans l'exécution de l'instance, profitant des services offertes par les agents machine qui surveillent l'équilibre des compétences : conseil, sélection, appareillage, recommandations, alertes etc.
- le modèle des compétences des apprenants et mis à jour, après l'exécution.
- les erreurs constatées dans les références des participants et des ressources sont corrigées (voir le sens double des flèches, dans la figure); on peut demander même des modifications (ajouts, corrections etc.) du repère K- utilisé comme référentiel; mais ces modifications doivent conserver l'intégrité des références faites préalablement, ce qui peut justifier certaines restrictions. Des services de conseil, d'alerte et de modification automatique des anciennes coordonnées peuvent s'avérer utiles, voir nécessaires (Rogozan, Paquette, Rosca, 2004).

Les besoins d'émergence dans l'ingénierie pédagogique gérées par les acteurs eux-mêmes au sein d'une communauté de pratique (et dans l'enseignement par projet) compliquent encore plus la gestion du référencement évolutif et interactif des modèles des activités et des connaissances (compétences) (Klein, 2001). Les transformations des coordonnées sont plus ou moins automatisables, en fonction de la portée des modifications (changement d'une connaissance, modification de l'échelle des compétences etc.) et du mécanisme d'édition et de mise à jour du repère (sans gestion des modifications, signalisation des modifications dans le fichier primaire, signalisation des modifications dans un fichier spécial).

## 5 Problématique de recherche

Les considérations précédentes signalent une multitude de pistes de recherche:

Comment peut-on gérer les espaces référentiels hybrides (ensemble composé de structures arborescentes, d'ontologies, de descriptions procédurales, de fiches de métadonnées- provenant de diverses sources)?

Comment faut-il penser la définition des compétences, pour combiner les aspects qualitatives et quantitatives, permettre plusieurs niveaux de granulation et agrandir l'expressivité pédagogique des coordonnées évolutives?

Comment peut-on corréler les trois processus d'évolution: des ressources pédagogiques, de leur référencement et de l'espace sémantique utilisé comme repère?

Comment doit-on organiser une bibliothèque de metafonctions dédiées à la gestion du sens et la meta-ontologie correspondante?

Comment peut-on observer et soutenir l'équilibre sémantique, dans le système complexe et labile d'équations généré par l'exécution d'une fonction à structure topologique évolutive?

Les communautés apprenantes sont obligées souvent de modéliser (structurer) des domaines de connaissance, dans le même temps que leur application et leur explication. L'amélioration des stratégies de gestion des ontologies évolutives utilisées comme référentiel pour l'information, la coordination et l'apprentissage- répondrait aux besoins croissants d'apprentissage continu et collectif.

Enfin, en posant la question : "Quelle est la structure du repère de connaissances et de compétences qui satisfasse de façon optimale un besoin de référencement?" - nous attaquons un problème difficile de synthèse, dont la solution représenterait un progrès significatif dans la théorie de l'instrumentation de l'instruction.

## Quelques références

- Davies, J. Fensel, D., Van Harmelen, F. (2003) *Towards the Semantic Web, Ontology-Driven Knowledge Management*, Wiley, 288 pages
- Klein, M. and Fensel, D. (2001) *Ontology versioning for the semantic web*, International Semantic Web Working Symposium (SWWS), 2001.
- Koper R. (2002). Modeling units of study from a pedagogical perspective – The pedagogical metamodel behind EML Retrieved march 2002 from <http://www.eml.ou.nl/introduction/articles.htm>.
- Paquette, G. & I.Rosca. (2004) *An Ontology-based Referencing of Actors, Operations and Resources in eLearning Systems SW-EL/2004*
- Paquette, G. & I.Rosca. (2002). *Organic Aggregation of Knowledge Objects in Educational Systems*, Canadian Journal of Learning Technologies, Volume 28-3, Fall 2002, (pp. 11-26)
- Paquette, G., Rosca, I., De la Teja, I., Léonard, M., & Lundgren-Cayrol, K. (2001). *Web-based Support for the Instructional Engineering of E-learning Systems*, Paper presented at WebNet'01 Conference, Orlando
- Rogozan, D, Paquette G, Rosca I (2004) *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. [OAI : oai:archive-edutice.ccsd.cnrs.fr:edutice-00000723\_v1] - <http://archive-edutice.ccsd.cnrs.fr/edutice-00000723>
- 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 1999; <http://www.iro.umontreal.ca/~rosca/index.htm>
- Wiley D.A. (2002). *Connecting learning objects to Instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy*. In Wiley (Ed) *The Instructional Use of Learning Objects*. Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications of Technology, Bloomington, Indiana, 281 pages.