

Le canal de transfert de connaissances.

Application aux agoras virtuelles

Gérard Beuchot - Michel Filippi

Octobre 2002

Table des matières

1.	Introduction :	2
2.	Caractéristiques et besoins des « agoras virtuelles »	2
3.	Information, connaissance et processus cognitifs	4
3.1.	Définitions	4
3.2.	Evaluation des connaissances et Utilité	7
4.	Transfert de connaissance point à point	9
4.1.	Caractéristiques du canal de communication	9
4.2.	Le canal de transfert de connaissance point à point	9
4.3.	Le canal multipoint ; difficultés de la boucle de retour	10
5.	Codage de l'information canonique	11
5.1.	Réseaux sémantiques : Codage et évaluation de l'information	12
5.1.1.	Taille du réseau sémantique et évaluation de l'information contenue	12
5.1.2.	Codage des concepts et des relations	12
5.2.	Application aux agoras virtuelles	14
5.2.1.	Modalités du transfert de connaissance	14
5.2.2.	Caractéristiques des agoras virtuelles nécessaires pour l'enseignement à distance	15
5.2.3.	Représentation de la métaconnaissance	16
5.2.4.	Prise en compte de la pertinence et de l'enjeu	16
5.2.5.	Possibilités de boucles de retour	17
6.	Conclusion et perspectives	18
7.	Références	19
8.	Annexes	20
8.1.	Annexe 1 : Concepts de base : arbre d'héritage	20
8.2.	Annexe 2 : Exemple de réseau sémantique appliqué à la connaissance et l'information	22
8.3.	Annexe 3 : Exemple de glossaire associé à un domaine (ici « Connaissance »)	23

1. Introduction :

Une des notions les plus fécondes mises en place par la théorie de l'Information est le " canal de communication " qui modélise le transfert d'informations entre source émettrice et source collectrice en faisant apparaître la nature et les points d'action des perturbations : bruit et défauts du canal. Ce modèle permet de définir les moyens et les endroits où placer les composants qui vont améliorer, voire optimiser le transfert d'informations, par exemple en permettant de spécifier des filtres adaptés au bruit ou des filtres de prédistorsion correspondants aux défauts du canal physique. Tout canal de communication est modélisable par un canal point à point ; on peut en effet toujours remplacer un canal multipoint par un ensemble de canaux point à point même si ce remplacement peut poser des problèmes dans le cas où on fait l'hypothèse de l'existence d'un canal retour.

Le modèle de canal de transfert de la connaissance que nous exposons se réfère à l'épistémologie constructiviste telle qu'elle a été conçue par les travaux de J.Dewey [Vanderstraeten98], J.Piaget et L.Vitgovsky et à ses applications pour la formation telles qu'elles ont été, par exemple, élaborées par J.Brunner et le GCTV. Le constructivisme affirme que toute connaissance, au sens large, est le résultat d'une production par celui qui connaît. Cette production provient de l'utilisation de structures conceptuelles par des agents épistémiques qui les considèrent comme viables dans le champ de leur expérience actuelle, au sein de leur tradition de pensée et de langage. Elle fournit à ces agents la capacité à (sur)vivre dans un environnement donné [Glaserfeld91].

Tout canal de transfert de connaissances sera donc un outil qui permet à des agents épistémiques (qu'ils soient des humains ou des machines, nous allons au-delà de la définition de Glaserfeld) de produire de la connaissance afin de s'adapter à un environnement particulier, celui de l'agora.

Bien que généralement on admette une différence de nature entre connaissance et information, surtout si celle-ci est comprise dans le sens strict que lui donne la théorie de l'Information, il est possible de modéliser le transfert de connaissances sur le modèle du transfert d'informations. Le transfert de connaissances utilise principalement le canal informationnel mais il en utilise d'autres comme le canal symbolique ou " socialisation " au sens que lui donne I. Nonaka [Nonaka96] [Spencer97]. *C'est pourquoi on affirmera que le canal de transfert de connaissances est nécessairement multimodal.*

Le concept de connaissance peut avoir des acceptions variées en fonction du domaine dans lequel il est utilisé. Pour garder cohérence et précision à notre étude, nous restreignons notre domaine d'application aux agoras virtuelles dont l'objectif essentiel est précisément le transfert de connaissances.

Tout canal multimodal pouvant être remplacé par un ensemble de canaux point à point, nous modéliserons d'abord le canal de transfert de connaissances comme un canal point à point puis nous étudierons son extension au mode multipoint qui est celui le plus utilisé dans les agoras virtuelles.

2. Caractéristiques et besoins des « agoras virtuelles »

Nous désignons sous le concept générique d'" agora virtuelle " des environnements de communications permettant l'échange d'informations et/ou de connaissances, la prise de décision et la conception en commun de nouveaux objets, etc. Ces espaces d'échange utilisent des moyens relevant des Technologies de l'Information à travers un réseau de télécommunications, en particulier Internet (web, messagerie, forum, téléconférence, etc.). Ils sont utilisés par des communautés réelles, celles qui ont une matérialité indépendante du réseau d'échange, ou virtuelles, celles dont la matérialité est le réseau. Le terme " agora " a été choisi par analogie avec l'Agora grecque ; il a aussi été introduit avec un sens très voisin, dès 1978, dans le rapport Nora-Minc. Les agoras virtuelles peuvent annoncer des objectifs différents mais possèdent toutes des caractéristiques communes. Dans tous les cas il s'agit à

travers leur fonctionnement de recueillir, de classer, de stocker, de créer et de diffuser des connaissances.

Les agoras virtuelles sont des environnements dans lesquels toute production de connaissance est possible mais nous ne nous intéressons qu'à celles qui produisent ce qui permet une science ou la pratique d'un art, d'un métier. On trouvera parmi ces agoras les campus virtuels ou intranets pédagogiques, les systèmes de gestion de connaissances des entreprises [Ermine1996], ou des "agoras de recherche" spécifiques à des laboratoires ou à des projets inter-laboratoires. Nous pouvons regrouper ces différents types de systèmes non seulement parce qu'ils ont des objectifs semblables, appliqués à des populations différentes, mais aussi parce qu'une modélisation montre qu'il est aisé de rattacher les classes des objets principaux qui les constituent dans des superclasses communes bien identifiées.

Pour établir ce modèle nous sommes partis d'une modélisation détaillée des intranets pédagogiques que nous avons réalisée et de la description des systèmes de gestion de données des entreprises donnée par J.L. Ermine [Ermine96]. Nous avons ensuite essayé de dériver de ce modèle le modèle potentiel d'un « agora de recherche ».

Dans les « agoras de recherche », le milieu culturel est implicite et semble correspondre à un domaine qui peut être étendu à un très grand nombre d'utilisateurs. Cependant l'expérience montre que les définitions des concepts ou les présupposés sont très spécifiques à une petite équipe voire à un chercheur isolé. Il peut même y avoir des difficultés de compréhension au sein d'un même laboratoire, surtout s'il est pluridisciplinaire. Cette difficulté est très grande dans les collaborations interlaboratoires, utilisant des langues différentes, comme dans les grands projets européens. Notre expérience personnelle de contrats de recherche pluridisciplinaires régionaux puis européens nous a montré qu'une partie très importante du temps (de l'ordre de un an) est utilisée pour établir un domaine de connaissances réellement commun.

Dans les agoras virtuelles, les superclasses de base que nous pouvons retenir sont : l'information, la connaissance, le contenu, l'utilisateur, la source (d'information ou de connaissance), le support de communication, l'apprentissage et l'évaluation. Chacune de ces superclasses se spécialise en quelques classes et sous-classes, elles aussi génériques des agoras virtuelles. Cette décomposition en classes est indiquée en annexe 1.

A titre d'exemple nous pouvons montrer comment les classes des ensembles « utilisateur » et « sources » se déclinent pour un Agora de recherche et pour un Intranet pédagogique.

Classes de l'agora virtuelle	Intranet pédagogique	Agora de recherche
Coordonnateur	enseignant responsable d'une discipline	directeur de laboratoire chef de projet
Valideur externe	????	rapporteur
Valideur interne	autre enseignant étudiant ?	directeur de recherche
Tuteur	enseignant responsable du suivi d'un étudiant	directeur de thèse responsable d'étudiant en DEA
Apprenant	étudiant	chercheur
Créateur	chercheur enseignant-chercheur	chercheur
Auteur	enseignant	vulgarisateur
Administrateur	responsable technique de l'Intranet pédagogique	responsable technique de l'Agora virtuelle

Source interne	rapport interne publication d'un membre du laboratoire (cas d'une structure « Département-Laboratoire associé » ou « enseignant-chercheur »)	rapport interne, publication d'un membre du laboratoire
Source externe	document bibliographique ouvrage d'un autre enseignant de même discipline	document bibliographique

Une telle modélisation fait apparaître que, dans un domaine d'application donné, certaines classes héritent de plusieurs classes de l'Agora virtuelle ou ne sont que très peu prises en compte dans les réalisations existantes (ou le monde réel...)

Dans tous les cas la modélisation de la connaissance proprement dite peut être la même car elle est fortement déterminée par la mise en œuvre des technologies de l'Information et de la Communication. Ce modèle a été présenté dans [Benadi 2001].

Un problème essentiel des agoras virtuelles est issu de son caractère propre : en général l'apprenant va rechercher dans l'agora une information ou une connaissance dont, par définition, il ne connaît que peu ou rien encore et sur laquelle il ne possède en général que des (méta)informations très sommaires, en particulier dans le cadre d'un système pluriculturel et/ou multilingue. Il va donc souvent devoir « charger » des informations pas ou peu pertinentes avec le risque non seulement de perte de temps mais aussi d'acquérir des connaissances inadaptées au contexte souhaité.

Pour contourner, au moins en partie, cette difficulté, il nous semble indispensable de pouvoir obtenir rapidement une connaissance suffisante sur le contenu réel de la connaissance transférée. Une solution simple, l'utilisation de mots-clés ou d'un résumé ; se révèle à l'usage insuffisante, en particulier dans le cadre d'un domaine culturel mal précisé ou d'une langue plus ou moins maîtrisée. En particulier ces solutions n'offrent pas différents niveaux de détail échelonnés entre les mots clés et le texte complet, sauf à utiliser un outil automatique d'extraction des concepts et de création de résumés d'une taille donnée, à partir d'un texte donné (comme Copernic Summarizer), outils qui présentent encore des limites importantes dans certains contextes.

Les réseaux sémantiques nous semblent apporter une meilleure solution : ils comportent non seulement des mots-clés (concepts) mais aussi les relations entre eux et permettent d'avoir automatiquement, en fonction des besoins exprimés, une vue plus ou moins étendue du contenu en donnant un degré d'importance aux concepts et aux relations. Leur structure simple et systématique permettrait par un codage adéquat (à créer...) afin de mieux résoudre le problème du plusiculturalisme ou du multilinguisme. Nous reviendrons ci-dessous sur cette possibilité..

3. Information, connaissance et processus cognitifs

3.1. Définitions

Dans un premier temps nous devons définir les objets que doit traiter le canal de transfert de connaissances : connaissances, informations, savoirs, savoir-faire, symboles, etc. Leurs définitions sont nombreuses, variées et, certaines fois, elles nous donnent l'impression de ne désigner que ce que nous appelons de manière générale « connaissance ». Cependant, on peut disposer ces termes les uns par rapport aux autres pour signaler des étapes précises du « transfert de connaissances », le terme de « connaissance » désignant alors dans cette expression l'état d'un émetteur qu'un observateur retrouve dans un collecteur. Nous n'utiliserons et n'exposerons que les définitions de ces objets qui conviennent à notre projet de modélisation. Ces définitions seront articulées autour de la problématique de l'Information comme objet théorique « comment créer du sens à partir du non-sens ? » [Blouin99].

L'objet le plus difficile à définir dans notre contexte est « connaissance », cet état que l'on retrouve à chaque extrémité du canal de transfert. Sa définition paraît dépendre de conditions d'utilisation et d'énonciation et l'usage que nous faisons de ce terme de manière commune montre

bien que sa signification précise est contextuelle. La connaissance que décrit la psychologie est-elle la connaissance que désigne la philosophie lorsqu'elle parle de l'homme connaissant, ou est-elle celle manipulée par la gestion de connaissance ou l'intelligence artificielle ? Pour le philosophe Karl Popper tout ce que produit l'homme est connaissance [Popper1991]. Cette production est faite à partir d'informations apportées sous différentes formes par les environnements externes et internes.

G.Ifrah [Ifrah94] définit *l'information comme un " couple constitué d'une représentation matérielle qui en constitue le formant, et d'un ensemble d'interprétations qui en constitue le formé, dont la nature, événementielle, consiste en un changement d'état qui, par l'occurrence de cette représentation matérielle, provoque l'activation du champ interprétatif correspondant, selon les règles fixées par un code préétabli. "* La théorie de l'Information, bien que reconnaissant cette nature duale, ne prend en compte que le formant, grandeur mesurable par la quantité d'information.

Pour R. Escarpit [Link-Pezet1999], linguiste, la *" condition nécessaire pour que de l'information soit produite dans un réseau de communication où circule de l'énergie est qu'au moins un observateur humain ou de type humain, rationnel, conscient, capable de prévision et doté de libre-arbitre soit inclus dans le dispositif. "* Chaque observateur est un ensemble de postulats (probabilité d'apparition), de règles sociales (pertinence ou probabilité de lien entre deux événements séparés ou parties séparées d'événements), d'intérêts (enjeu ou motivation, probabilité d'objectifs). L'instant où le flux d'énergie interfère avec l'observateur est un événement. La valeur informationnelle d'un événement sera estimée selon trois paramètres : quantité d'information, pertinence (valeur situationnelle), effet (valeur d'enjeu). L'interférence produit de la connaissance parce que l'état de l'observateur (qui est un collecteur dans un modèle de canal de transfert) se modifie en raison de la " mémoire " dont il fait preuve. Cet état de mémoire fait que les informations transmises par l'intermédiaires des événements ne sont plus indépendantes les unes des autres. Cette " mémoire " est un processus permettant le souvenir et l'oubli et non pas une simple trace, sens qu'a mémoire dans " canal de transmission à " mémoire " " tenant compte des relations entre les éléments successifs d'un même message (processus markovien d'ordre supérieur à 1). Ce modèle est semblable à celui que décrit Karl Popper : il n'y a de production de connaissances que si le producteur a des attentes a priori qui sont satisfaites ou non par un événement.

De manière commune, dans les agoras virtuelles, l'émetteur estime que ce qu'il manipule, ce qu'il injecte dans le canal est de la connaissance. Mais pour le collecteur ce qui lui parvient n'est au mieux que de l'information, dans le sens trivial du terme. Or, l'émetteur souhaite retrouver dans le collecteur les connaissances qu'il croit avoir injecté en amont. Mais ce qu'il a injecté est soumis au test de la réalité de l'observateur, ici le collecteur : d'abord celui-ci teste ses attentes, ensuite il teste la validité générale de ce qu'il récolte (pourvu qu'il en ait la capacité). Le collecteur se comporte donc vraiment comme un observateur poppérien : il produit de la connaissance en fonction de ses attentes et de la possibilité de généraliser ou non (donc de falsifier) ce qu'il a collecté. Le canal de transfert n'est donc pas un " tuyau " ou un " réservoir " qui alimente le collecteur mais ce qui permet au collecteur d'expérimenter, de tester, de falsifier ce qui lui parvient. En conséquence, l'état du collecteur bien informé ne peut être identique à l'état de l'émetteur. L'émetteur ne peut donc estimer la valeur informationnelle d'un événement qu'il a produit à partir de sa connaissance qu'en tenant compte de l'évolution de l'état du collecteur sans pouvoir fixer des valeurs a priori. Ceci implique la mise en œuvre d'un canal de retour. Alors, comme souhaité, à la fin du processus de transfert, on peut espérer qu'émetteur et collecteur seront dans des états de connaissance analogues (on peut même espérer que l'état de connaissance du collecteur sera supérieur à celui de l'émetteur).

Le canal de transfert véhicule de l'information, codée sur un signal, laquelle n'existe qu'en présence d'un observateur ou collecteur. Cette présence permet une rencontre, crée un événement donc produit de l'information qui, traitée par le collecteur, devient de la connaissance. L'information introduite par l'émetteur a du sens pour ce dernier, mais le signal transmis n'en porte que le formant, du " non-sens ", qui constitue un événement reçu par le collecteur. Celui-ci reconstruit une information (formé et formant) en fonction d'un état a priori que nous avons caractérisé comme attente.

Dans les agoras spécifiques qui nous intéressent la connaissance de l'émetteur est un savoir, la pratique de connaissances dans un contexte particulier. L'émetteur souhaite obtenir du collecteur le même état de savoir. On suppose que cet état de savoir résulte de la diffusion le long du canal de transfert de tout le formé que possède l'émetteur. Peut-on décrire ce formé ? Le savoir est une pratique cognitive qui n'existe que dans une totalité ordonnée au sein de laquelle sont portés des jugements et des raisonnements qui sont parcourus au moyen de la pratique. Il se constitue sur un espace d'ordre (épistémè), porte sur une catégorie d'objets, maintient ensemble des concepts donnés et est susceptible d'une archéologie c'est-à-dire d'une analyse de ce qui le rend possible ici et maintenant [Foucault91]. Le savoir est donc un discours, un continuum d'énoncés subtilement transformés qui ordonne, exclu, fait apparaître les figures importantes de la pratique, change les concepts ou leur importance, et fait de celui qui l'énonce le familier d'un domaine pratico-théorique, celui qui le maîtrise et qui est reconnu par ses pairs. Le fait que tout savoir est discursif n'implique pas qu'il soit explicite, il est en général, pour une grande part, une connaissance tacite [Stenmark01]. Le formé est donc pour une grande part tacite.

La connaissance explicite, est composée d'éléments cognitifs et techniques qui correspondent aux modèles mentaux, aux schémas et aux patterns formalisés, tout ce qui peut être rationnellement mobilisé pour faire face à des situations de travail différentes ou nouvelles, ou pour créer des connaissances nouvelles. C'est cela qu'en grande partie les Technologies de l'Information transfèrent, un savoir décontextualisé, des connaissances sans leurs conditions d'existence, de pratique. Ainsi, le long du canal de transfert, par un enchaînement d'opérations, les savoirs décontextualisés deviennent de l'information transformée en événements afin de produire de la connaissance grâce à l'activité du collecteur. Cette connaissance est transformée à nouveau en un discours, elle est prise dans ce qui la rend possible ici et maintenant et devient alors savoir et savoir-faire. Mais ce nouveau discours ne peut être celui de l'émetteur. Les états de l'émetteur et du collecteur ne sont alors pas analogues. Comment décrire les conditions du discours, les connaissances tacites de l'émetteur pour les transmettre de façon rationnelle alors qu'elles sont tacites donc apparemment peu accessibles de manière externe ?

L'Esthétique nous fournit, par analogie, un modèle de compréhension. H. Wölfflin, esthéticien allemand (XIXe siècle) a tenté d'expliquer la notion de progrès esthétique. Nous voyons que les œuvres d'art changent selon leurs auteurs, selon le temps mais se regroupent en famille qui forment un style. Un style marque des différences dans la construction de l'œuvre. On fait l'hypothèse que ces différences révèlent des changements dans la connaissance des principes de construction et un progrès de l'œuvre d'art vers l'imitation parfaite de la réalité. Cependant l'examen de dessins préparatoires montre que tous les artistes savent imiter la réalité au moyen de la copie mais qu'ils imposent à cette copie des règles de transformation plus ou moins claires. Wölfflin fait l'hypothèse que toute œuvre d'art porte en elle un exemple de ces règles de transformation et il nomme cela "œil". Le spectateur ne peut apprécier l'œuvre d'art que si elle est déformée selon l'attente provoquée par ce même "œil" qu'il porte en lui, qu'il connaît donc implicitement. L'"œil" est la trace historique, synchronique et diachronique, des conditions de l'expression et de la réception de l'œuvre d'art. On constate que l'"œil" évolue de manière autonome, s'organise en séries et se transmet par des voies qui ne sont pas exclusivement celles des œuvres d'art. On supposera que les conditions du discours, ou contexte, sont l'expression générale de cet "œil" et qu'elles sont donc autonomes bien qu'intégrées à un objet.

Un autre exemple fameux montre que dans certains cas les savoirs technologiques sont tellement dépendants des conditions du discours que sans elles il n'y a pas de connaissance explicite pour les détenteurs de ce savoir (recherches sur les savoirs des ouvriers riveteurs du chantier naval de Port de Bouc). Dans cet exemple l'"œil" est l'atelier et il est la condition locale des savoirs des ouvriers du chantier naval. L'atelier est indépendant des connaissances explicites des ouvriers (ici quasiment réduites à zéro). Tous ces exemples montrent que les conditions locales du discours ont une forme que l'on peut décrire (l'algorithme de l'"œil" par exemple). Il faut donc que le canal de transfert soit capable d'identifier cette forme et de la transmettre au collecteur comme l'œuvre d'art transmet à l'observateur les conditions de sa réception même si elles sont déjà présentes dans celui qui la contemple. Cet "œil" s'apparente à la connaissance symbolique (liée à la connaissance sémantique) décrite par Dan Sperber [Sperber 1974]. La connaissance symbolique est "un dispositif cognitif

autonome, agissant conjointement avec le dispositif perceptif et le dispositif conceptuel ” et qui participe à la constitution du savoir et au fonctionnement de la mémoire.

Puisque la connaissance explicite ne se transmet que par une série de transformations, il est probable que les conditions du discours se transmettent de la même manière. Admettons qu’une des entrée (input) de la connaissance symbolique est une sortie (output) défectueuse du dispositif conceptuel rattaché à la connaissance sémantique [Sperber 1974]. Cette connaissance symbolique

fonctionne alors comme un mécanisme de contre-réaction couplé au dispositif conceptuel et permet la construction du savoir du collecteur (Figure 1). Cet exemple suggère que le transfert de connaissance est un processus dynamique bouclé. Or ce type de processus est analogue, en partie, à un système autopoïétique décrit par

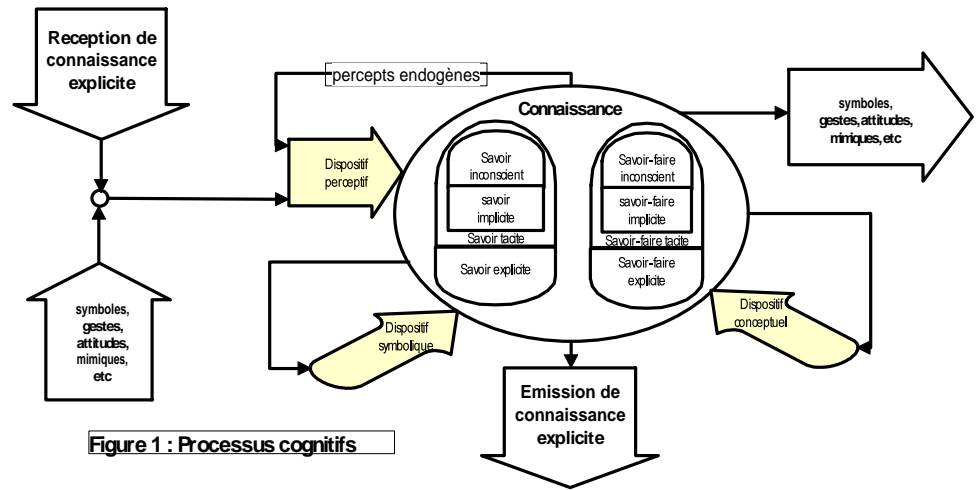


Figure 1 : Processus cognitifs

F. Varela et H. Maturana. Pour l'épistémologie constructiviste c'est sur ce modèle que l'homme produit de la connaissance. Le canal de transfert de connaissances que nous avons décrit fonctionne donc comme un exemple de système autopoïétique. Le modèle est bien en accord avec l'épistémologie constructiviste donc il se réclame.

La description donnée par Nonaka et Takeuchi [Nonaka96] [Spencer97] de la dynamique du transfert de connaissances dans un groupe est une circulation basée sur quatre mécanismes (Figure 2) :

La *Socialisation*, du savoir tacite au savoir tacite (la partage sur le lieu du travail, l'apprentissage),

L'*Extériorisation* ou *Articulation*, du savoir tacite au savoir explicite (métaphores, concepts, hypothèses, modèles, analogies),

La *Combinaison*, des savoirs explicites (gestion électronique documentaire, réseaux des connaissances),

L'*Intériorisation*, du savoir explicite au savoir tacite à un niveau plus élevé (l'organisation apprenante),

Connaissance	individuelle	collective
tacite	Socialisation	Articulation
explicite	Intériorisation	Combinaison

Le diagramme de la table inclut des flèches indiquant des flux : une flèche horizontale de gauche à droite dans la ligne 'tacite' (Socialisation), une flèche horizontale de droite à gauche dans la ligne 'explicite' (Intériorisation), une flèche verticale descendante de 'Articulation' à 'Combinaison', et une flèche verticale ascendante de 'Intériorisation' à 'Socialisation'.

Figure 2 : Modèle de Nokana et Takeuchi

C'est un processus en spirale qui prend en compte la récursivité des mécanismes, et figure la dynamique phénoménale que manifeste un système autopoïétique.

3.2. Evaluation des connaissances et Utilité

La connaissance en elle-même n'est pas une grandeur mesurable. Pourtant une des tâches des formateurs est d'évaluer les savoirs des apprenants, celle des recruteurs d'évaluer les savoirs et les savoir-faire des candidats à un poste, et celle des entreprises est d'évaluer le savoir nécessaire de ses différents membres.

On sait que tout état de connaissance est indépendant d'un langage formalisé. Aucun état de connaissance ne peut être entièrement traduit par un langage formalisé quelconque. On ne peut donc pas définir une échelle universelle de connaissance, créer une langue formalisée universelle, pour comparer des savoirs entre eux ou dans des domaines et des cultures différentes. Ainsi les entreprises qui mettent en œuvre un système de gestion des connaissances considèrent celles-ci comme partie du capital de l'entreprise au même titre que ses biens mobiliers et immobiliers, donc comme une richesse, bien qu'aucun moyen ne permette de leur attribuer une valeur économique objective et quantifiable, en dehors donc du contexte [Amidon95]. Mais cette évaluation économique a peu de sens dans un contexte éducatif.

Nous proposons d'évaluer les connaissances par un paramètre général: l'utilité. L'utilité n'a de sens que dans un contexte parfaitement décrit : métier spécifique, programme scolaire, compétence particulière, etc. L'utilité peut aussi bien être économique que technique ou culturelle. Elle doit prendre en compte la pertinence de la connaissance évaluée et sa valeur d'enjeu. Si on peut exprimer l'utilité espérée de la connaissance acquise par l'apprenant " U_a ", on notera " U_e " l'utilité effective de la connaissance à évaluer. On désignera par " K_a " la différence entre la connaissance antérieure de l'apprenant " K_i " et sa connaissance nouvelle " K_n ".

La connaissance (savoir) transmise diffère de la connaissance attendue. Celle-ci n'est que partiellement transmise, mais d'autres éléments, non prévus, sont souvent acquis. Bien qu'il n'y ait pas forcément de relation linéaire entre connaissance attendue et connaissance acquise, on notera par commodité et en première approximation, la connaissance acquise comme une proportion $Q.K_a$ de la connaissance attendue, Q pouvant être inférieur ou supérieur à un.

En supposant que l'on sache comment évaluer, par des tests, la réalisation de projets etc., la connaissance K et en définir l'utilité U , l'évaluation de la connaissance étant largement subjective, le problème est de savoir qui va :

- définir cette utilité $U_a(K_a)$
- évaluer la connaissance acquise
- évaluer l'utilité effective $U_e(K_n)$

Dans un système centré sur l'apprenant, comme le modèle LTSA [LTSA01], on semble supposer que c'est celui-ci qui définit ses propres objectifs et détermine l'utilité attendue de la connaissance qu'il va acquérir.

En formation initiale, il en a très rarement les moyens, car ceci suppose qu'il est capable d'évaluer l'utilité de ce qu'il ne connaît pas encore. En formation professionnelle, ce n'est généralement pas non plus le cas; c'est l'entreprise, représentée par le directeur de la formation (ou l'ANPE...) qui envoie en formation (voir la notion de donneurs d'ordre dans le modèle LTSA). L'expérience montre que ces donneurs d'ordres sont souvent incapables de préciser cette utilité qui doit permettre d'orienter la formation, en décidant de la connaissance à transmettre et de ses modalités. En pratique ce rôle relève souvent de l'enseignant responsable du cycle de formation ou d'un expert du domaine (au sens large), qui interviennent comme conseil. Il est aussi nécessaire de tenir compte du moment où l'utilité effective $U_e(K_n)$ de la connaissance K_n est mesurée.

Juste à la fin de l'apprentissage, il est difficile à l'apprenant de l'évaluer par lui-même. L'enseignant ou l'expert, s'ils pouvaient déterminer l'utilité attendue $U_a(K_a)$ seraient en mesure de déterminer $U_e(K_n)$.

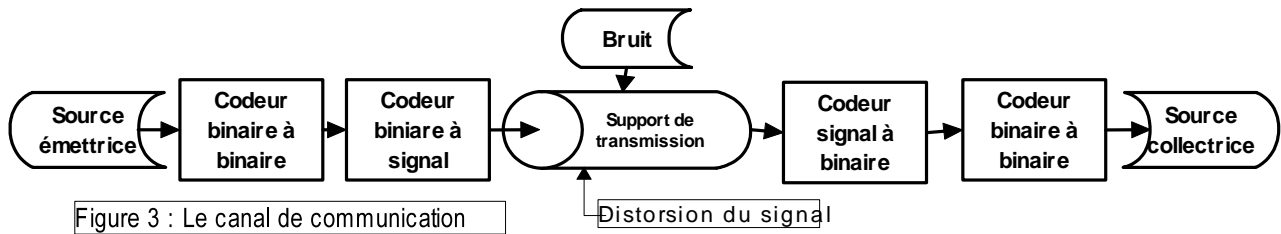
A moyen terme l'apprenant, ayant mis en œuvre cette connaissance soit dans l'entreprise soit après réalisation de projets pratiques assez longs en milieu scolaire, peut évaluer et exprimer cette utilité.

Ce retour d'expérience, comparé de manière statistique à l'évaluation réalisée à la fin de la formation, est utilisable pour évaluer le processus d'apprentissage.

4. Transfert de connaissance point à point

4.1. Caractéristiques du canal de communication

Le canal de communication de la théorie de l'information formalise le transfert d'information entre une source émettrice et une source collectrice (Figure 3) [Beuchot01].

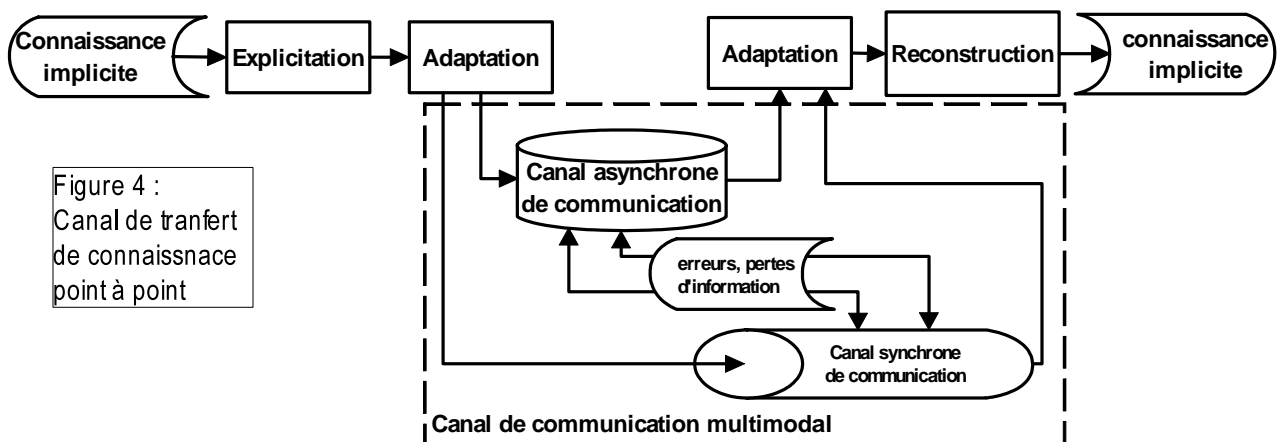


L'information est adaptée à l'émission par un double codage : codage binaire à binaire qui met en forme l'information, en particulier en évitant la redondance par un codage binaire à binaire, (plus ou moins) optimal, (compression), puis adapte, par le codage binaire à signal, cette information dans un signal transmissible sur le support de transmission. A la réception on réalise les transformations inverses. Les perturbations, bruit et déformation du signal, s'introduisent dans le circuit de données. Il n'y a pas de différence de nature entre signal "utile" et bruit : le récepteur décide ce qui, pour lui, est le signal "utile". Le codage signal à binaire, chargé en particulier d'optimiser ou au moins d'améliorer le rapport signal sur bruit, introduit des distorsions supplémentaires dans le signal reçu, qui devront être compensées avec celles introduites par le support de transmission.

La théorie de l'Information ne prend que très peu en compte le temps. Le canal est équivalent à une mémoire ayant une certaine capacité. En considérant la quantité d'information traitée par unité de temps, on utilise simplement le taux de la source, entropie par unité de temps, et le débit du canal. Une méthode, pour améliorer la fiabilité de l'information transmise, consiste à utiliser un canal de retour pour demander la répétition d'un message en cas de perte ou d'erreur détectée. Ce canal est de même nature que le canal direct.

4.2. Le canal de transfert de connaissance point à point

Nous pouvons construire un schéma équivalent pour le transfert de connaissances (Figure 4). Si nous considérons un transfert utilisant les technologies de l'Information et de la Communication, le support de transmission est réalisé par un canal de communication multiple, qui peut utiliser un même support de transmission mais plusieurs codages adaptés aux différentes formes de l'information à transmettre.



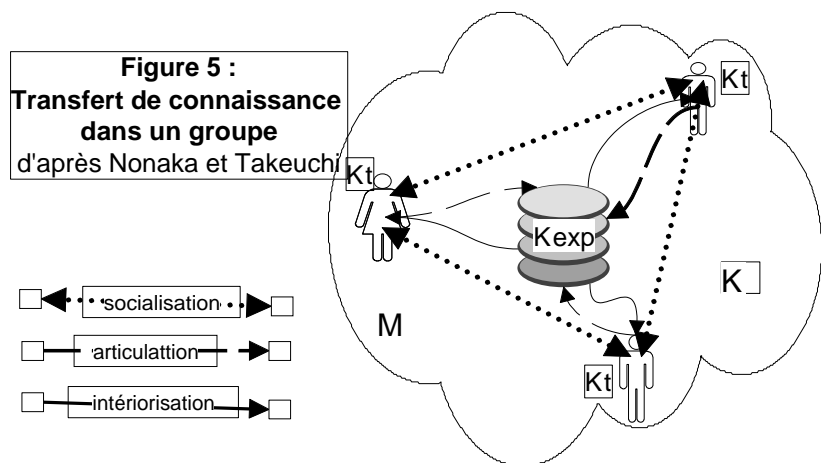
La nature multimodale de la connaissance, nous oblige à prendre en compte de manière plus précise la dimension temporelle, en considérant que le canal peut permettre non seulement un transfert asynchrone, mais aussi un transfert synchrone. En effet les fonctions de socialisation et d'externalisation (ou articulation) chargées de l'échange de connaissance tacite, basées en grande partie sur des gestes, intonations, attitudes, etc., (exemple de l' "œil" ou des conditions du discours) sont plus efficaces si l'individu émetteur peut observer en temps réel, les réactions de même type provenant du récepteur. Un canal synchrone pour la voie directe et la voie de retour est donc souhaitable.

Ce modèle de canal de communication montre que nous disposons de deux endroits pour réaliser l'adaptation de la connaissance. Comme pour le canal de communication, ce dispositif d'adaptation doit prendre en compte les caractéristiques du canal proprement dit et celles du collecteur. Cependant celui-ci étant constitué par un individu, il est très difficile de définir des caractéristiques a priori et objectives : le système devra être adaptatif. Côté collecteur, on devra tenir compte de tout ce qui correspond à des caractéristiques individuelles alors que côté émetteur pourront être traitées des caractéristiques collectives correspondant à des catégories d'utilisateurs. Ainsi on pourra créer plusieurs représentations des connaissances à transmettre adaptées à différents canaux de communication, par exemple ses performances ou ses propriétés de codage, et pour des types de collecteurs différents tant au point de vue cognitif (mémoire visuelle, auditive, connaissance préalables, etc.) que des interfaces personne-système disponibles. [Benadi2001]

Nous devons aussi pouvoir prendre compte la pertinence des connaissances à transmettre. Il faut donc caractériser celles-ci non pas seulement par la discipline et la matière auxquelles elles se rattachent, mais aussi par le niveau de complexité, le contexte d'étude, les connaissances préalables nécessaires, etc. : toutes ces informations doivent accompagner le contenu proprement dit pour permettre au collecteur de n'avoir à traiter qu'un minimum d'informations non pertinentes.

4.3. Le canal multipoint ; difficultés de la boucle de retour

Le transfert de connaissance, dans les applications envisagées, est rarement réalisé entre deux individus, utilisant un canal multimode point à point. Si on se restreint à une transmission asynchrone, peut-on réaliser une communication multipoint en mettant en œuvre un ensemble de canaux point à point ? La connaissance à transmettre est déposée sur un ou plusieurs serveurs de différents types : web, messagerie électronique, groupware, etc. qui permettent de transférer non seulement des données mais aussi des messages audiovisuels enregistrés. Chaque récepteur peut les consulter par des canaux point à point (Figure 5). La boucle de retour peut utiliser le même type de canaux. Cependant l'interaction dans les modes non explicites risque d'être peu efficace et difficile à utiliser en pratique si le nombre d'interlocuteurs n'est pas très faible. On peut envisager d'utiliser un canal synchrone multipoint utilisant un système de téléconférences (vidéoconférence, tableau blanc partagé, éditeur partagé, télépointeur, ...) multipoint.



5. Codage de l'information canonique.

Afin de ne pas prendre en compte, dans l'évaluation, des contextes plus ou moins utiles et redondants, il est souhaitable de coder la connaissance explicite à transmettre sous la forme d'une « information canonique ». Nous entendons ici par information canonique sa forme la plus simple (au sens mathématique du terme), la plus compacte, parmi toutes les formulations équivalentes, celle qui peut être considérée comme sa aussi sa « classe résiduelle ». Cette définition est beaucoup plus stricte et restrictive que celle correspondant à la « formulation la plus simple, la plus typique, celle que tout le monde reconnaît, n'importe où dans le monde, comme étant bien celle qui doit désigner cette chose et qui est reconnue par la communauté comme étant la même chose pour tous ». Un résumé idéal pourrait correspondre à cette forme canonique s'il ne présente aucune ambiguïté dans l'interprétation qu'en donnerait n'importe quel utilisateur.

Si nous utilisons un réseau sémantique, les concepts doivent être définis, si nécessaire en dehors du réseau. Nous pouvons ranger les concepts en trois classes : les concepts irréductibles, les concepts primitifs et les autres concepts qui peuvent être définis à partir des précédents grâce au réseau sémantique lui-même. Les concepts primitifs sont ce qui représente un domaine d'existence : à ce titre ils paraissent fondamentaux, présents de tout temps, définis ou constitués par rien d'autre qu'eux-mêmes. Ce sont par exemple le temps, l'espace, etc. En ce sens ils ne peuvent avoir ou n'ont pas besoin de définition explicite précise. Les **concepts irréductibles** sont équivalents à ce qui fait clôture¹ d'un système sur un domaine d'existence. Ainsi ils sont soit uniques, un seul concept peut faire clôture, soit liés et déterminés par d'autres concepts pour cette clôture. Ils peuvent aussi être reliés à d'autres clôtures systémiques introduisant ainsi un « foisonnement » conceptuel sur un domaine. En pratique ils peuvent être défini par l'intermédiaire des concepts primitifs et d'autres concepts irréductibles dans des domaines reliés, dans lesquels ils sont considérés comme irréductibles. (On prendra garde de ne pas établir de cycles (cercles vicieux) entre ces concepts (par exemple définir l'information à partir du message et le message à partir de l'information comme dans de nombreux dictionnaires...).

Les autres concepts sont alors des objets qui définissent l'état instantané de l'intérieur du système, donc sa dynamique : ils peuvent être ajoutés ou modifiés à l'intérieur du système. Ainsi un réseau sémantique devra faire référence à ou être accompagné d'un glossaire définissant les concepts irréductibles seulement, pour éviter toute redondance inutile.

Les relations posent un problème similaire. Certaines sont « primitives » et n'ont pas besoin d'être définies (ou ne peuvent pas l'être...) par exemple « est un », « a un » ou « possède un », « est une partie de », « est différent de », etc. D'autres sont irréductibles sur un domaine de connaissance donné et devront être définies avec précision ; par exemple en mathématique « est élément de », « appartient à ». D'autres enfin pourront être définies, dans un domaine de connaissance, à partir de relations primitives ou irréductibles et éventuellement de concepts du domaine (qui ne les utilisent pas), par exemple, en mathématique, « est équivalent à » sous-entend des propriétés de réflexivité, symétrie et transitivité Une relation définie sur un domaine peut avoir une définition différente, ou un sens beaucoup plus large, dans un autre domaine. Les relations réductibles pourront être explicitées par une définition complexe ou un graphe de méta-connaissance.

¹ Nous considérons ici la notion de clôture au sens de Varela, qui considère qu'un système autonome est opérationnellement clos si son organisation [au sens abstrait] est définie par des processus dépendant récursivement les uns des autres pour la génération et la réalisation des processus eux-mêmes, et constituant le système comme une unité reconnaissable dans l'espace (le domaine) où les processus existent. Ainsi dans un domaine donné, les concepts irréductibles ne font jamais référence à d'autres concepts non primitifs définis dans une autre domaine. On pourra reconnaître les éléments d'un ensemble à des signes caractéristiques de cet ensemble et non par opposition à d'autres ensembles ou à leurs caractéristiques.

5.1. Réseaux sémantiques : Codage et évaluation de l'information

5.1.1. Taille du réseau sémantique et évaluation de l'information contenue

Si nous utilisons la notion de réseau sémantique, nous pouvons considérer que l'évaluation de l'information qu'il contient dépend du nombre des concepts et des relations qui les lient. Nous supposons que le graphe est connexe et antisymétrique (c'est à dire que deux sommets sont reliés par au maximum un arc orienté)². En effet si on suppose le graphe symétrique, les deux relations entre les deux sommets d'un couple étant duales (par exemple « est inclus dans » et « comprend »), la seconde n'apporte aucune information si on connaît la première.

Si le réseau contient N concepts liés, représentés par N sommets, le nombre de relations, représentées par les arcs, est :

au minimum de (N-1) dans le cas où chaque sommet est de degré 1 ou 2 (son extrémité n'a que de 1 ou 2 arcs raccordés) selon qu'il est terminal ou intermédiaire. C'est le cas des réseaux arborescents comme les cartes de concepts au sens strict,

au maximum de (N-1)*N/2 dans le cas d'un réseau complètement connecté, c'est à dire dans lequel chaque sommet, de degré (N-1), est relié à tous les autres.

Le nombre de relations (arcs) R tient donc compte du nombre de concepts (sommets). R est compris entre (N-1) et (N-1)*N/2.

Pour évaluer, et non mesurer, la connaissance nous postulerons, qu'en première approximation, R est proportionnel à l'information canonique contenue dans le réseau sémantique.

On peut ainsi caractériser l'information canonique par le nombre de concepts N et un facteur $C=R/N$, que nous appelons « taux de connexité ». Ce double paramétrage peut fournir une évaluation de la quantité d'« information canonique » contenue dans le réseau sémantique codant la connaissance explicite à transférer. Si nous admettons qu'un réseau sémantique utilisable peut avoir au maximum quelques milliers de nœuds, la quantité d'information pour le représenter sera de quelques millions d'octets au maximum.

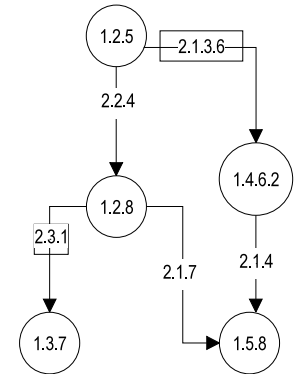
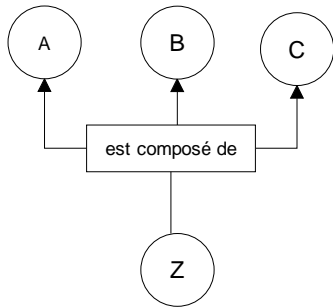
L'information canonique doit toujours être un énoncé pour lequel il n'existe aucun terme, aucune relation implicite connue seulement de l'émetteur ou du récepteur. Les seuls concepts sous-entendus doivent être des concepts primitifs. Les autres doivent être exprimés ou trouvables dans un endroit connu. Il en est de même pour les relations qui auraient un sens particulier (autres que primitives) Cela pose donc le problème du lien entre la connaissance canonique et les conditions du discours, donc les conditions de son existence et de son application.

Ainsi, par exemple, dans le cas d'un système dynamique, l'information canonique se résume à ses équations d'évolution et à l'état initial. Toute description des évolutions futures, pouvant en être déduites, est redondante.

5.1.2. Codage des concepts et des relations.

² Un tel graphe est-il suffisant ou doit-on supposer qu'il est nécessaire qu'un couple de sommets puisse être relié par plusieurs arcs orientés ? Dans ce cas il sera nécessaire d'introduire des graphes p-appliqués, au pris d'une complexité beaucoup plus grande.

Les concepts, relations, situations, etc.) peuvent être codés de manière standard sous forme d'objets grâce à la notation de syntaxe abstraite ASN.1. [Iso 8825/8825] Un objet peut être codé par une structure de données contenant un champ nom, un champ identificateur et un champ descripteur. Celui-ci est un texte libre qui permet de donner une courte description des caractéristiques de l'objet. Pour les identificateurs, ASN.1 définit deux types universels : « descripteur d'objet » et « identificateur d'objet ». L'identificateur d'objet permet de le désigner de manière unique et non ambiguë par une chaîne codifiée de caractères. Par exemple 1.3.6.1.2.1 identifie la MIB-2 (Base d'information commune à tous les systèmes gérés dans l'administration de réseaux et de systèmes) et 1.3.6.1.2.1.1.1 identifie un descripteur de système³ dans la MIB-2. Ce codage a été prévu pour permettre un usage universel ; il suppose des organismes d'enregistrements pour éviter des définitions multiples pour un même identificateur. Il permet l'usage de synonymes ou le multilinguisme, les objets auraient le même identificateur, ou plusieurs définitions pour un même mot qui aurait plusieurs identificateurs selon le contexte.



Cette technique de codage élémentaire, créée à l'origine pour l'Administration de Réseaux et de Systèmes permet de définir des objets quelconques de manière unique au monde et non ambiguë a été reprise pour d'autres applications et fourni une solution appropriée pour avoir des concepts utilisables par quiconque.

Ce codage est assez très redondant, ne serait-ce que pour permettre la multiplicité des organismes d'enregistrements. Un codage optimal de type Huffman, aisément mis en œuvre par des algorithmes de compression, permettrait d'identifier chaque objet par une quantité d'information plus faible. Un gros dictionnaire bilingue contient plus de 500 000 traductions... Un alphabet de mots de 24 bits permet de coder plus de 16 000 000 de concepts. On peut donc estimer qu'un objet pourrait être identifié par une information d'un vingtain de bits.

Les types des relations peuvent aussi être codées comme des objets. Leur étude reviendrait à énoncer un grand nombre de relations précises qui seraient à la disposition de tous. Dans un réseau sémantique, une relation peut être identifiée par un triplet : « objet origine, type de la relation, objet extrémité » et le réseau sémantique est l'ensemble de ces triplets. Chaque triplet est codé par l'ensemble ordonné (tableau) des trois identificateurs représentant les objets reliés et le type de la relation, soit une information de quelques dizaines de bits après codage optimal (compression).

Le réseau sémantique est codé comme l'ensemble (non ordonné) de ces triplets, accompagné éventuellement des descripteurs des objets et relations qui ne sont pas déjà définis de manière externe (dans une base de données équivalente à un glossaire qui définirait les concepts d'un domaine de connaissance). Ceci suppose qu'un réseau sémantique puisse toujours être codé sous forme d'un graphe dans lequel les sommets sont seulement des concepts et que les relations soient représentables par les arcs. A priori, cette condition peut sembler très restrictives et certaines relations semblent ne

³ Ce descripteur de système est nommé sysDescr et décrit par :

```

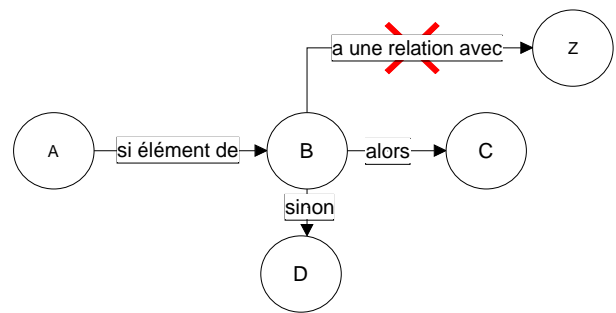
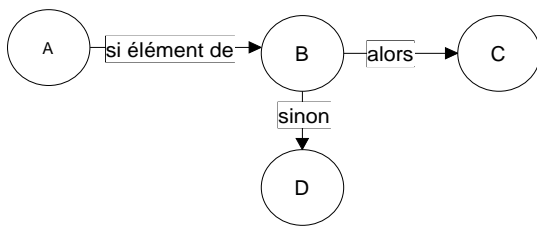
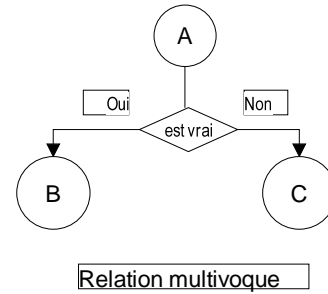
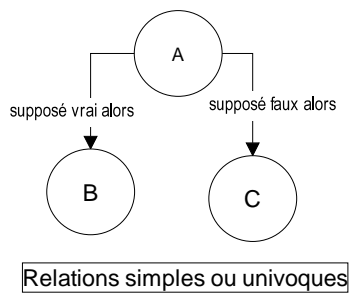
sysDescr OBJECT-TYPE
    SYNTAX DisplayString (SIZE (0..255))
    DESCRIPTION
  
```

"A textual description of the entity. This value should include the full name and version identification of the system's hardware type, software operating-system, and networking software. It is mandatory that this only contain printable ASCII characters."

```
 ::= { system 1 }
```

system est codé par : 1.3.6.1.2.1.1 et sysDescr par : 1.3.6.1.2.1.1.1

par être univoques, mais relier plusieurs concepts source à un concept cible ou un concept source à un concept cible. Une reformulation de ces relations permet de transformer une relation multiple en K relations simples comme illustré sur les exemples ci-dessous.



Les relations conditionnelles, de type « si...alors ...sinon ... » peuvent aussi être décomposées en relations simples. Toutefois celles-ci ne sont plus indépendantes et le nœud central qui les lie ne peut plus être relié à d'autres nœuds par d'autres relations simples. Ils peuvent tout juste être cibles de **relations de même type**. Si ces nœuds correspondent à des concepts qui doivent être reliés par ailleurs, nous devons introduire des nœuds « clones » pour les dédoubler.

L'analyse du graphe peut faire apparaître des points (sommets) d'articulation ou des sous-graphes d'articulation (tels que si on enlève un tel sommet, ou un tel sous-graphe, le graphe est décomposé en 2 graphes connexes). Ces sommets sont critiques dans le réseau sémantique car ils sont à la jointure entre des sous-ensembles cohérents dont ils constituent l'interface.

5.2. Application aux agoras virtuelles

5.2.1. Modalités du transfert de connaissance

Soit à construire une nouvelle connaissance (par exemple concevoir un objet O) par un monde M ayant une connaissance initiale K et présentant pour lui une utilité U. Si M est un individu, K est la somme de sa connaissance tacite et de la connaissance explicite à sa disposition.

Si M est un groupe, K est la somme de la connaissance tacite du groupe, que J. Smith [Jermann96] nomme connaissance intangible ($\leq \sum$ connaissances tacites des membres, = si les membres sont complémentaires, c'est à dire n'ont aucune connaissances tacites en commun) et de la connaissance explicite (connaissance tangible) disponible pour M.

Quatre cas sont envisageables (Figure 6) :

K est suffisante. Par combinaison et mise en œuvre de ses connaissances, le concepteur M conçoit l'objet O, réalisable et testable, dont on peut donc évaluer l'utilité U réelle.

K est insuffisante, mais il existe une connaissance Ke dans un monde Me (partie du monde M complémentaire à M) qui peut être acquise. Cette connaissance doit être explicite. En effet s'il s'agissait d'une connaissance tacite détenue par Me, celui-ci devrait être réuni à M pour créer un monde M+ ayant la connaissance $K^+ = K + Ke$ par transfert direct, selon le modèle de Nonaka et Takeuchi.

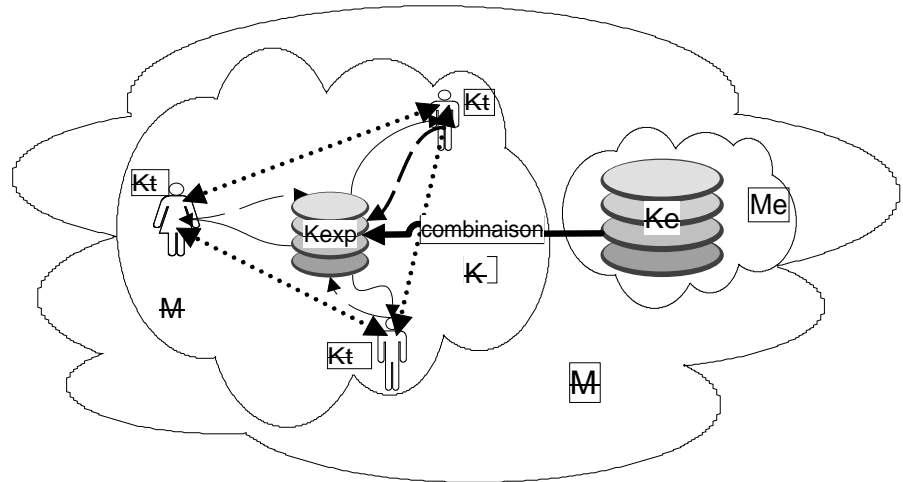


Figure 6 : Transfert de connaissance entre agoras virtuelles

Si la connaissance est explicite, le monde M acquiert la connaissance Ke sans union d'un monde Me (à l'aide d'une Agora virtuelle par exemple).

K est insuffisante et il n'existe pas de connaissance externe qui puisse être acquise. Il doit y avoir création de connaissance à l'intérieur de M. (Eureka ! Archimedeus dixit). On peut dire que cette émergence d'une nouvelle connaissance a été suscitée par le besoin induit par l'objet à créer O.

K est insuffisante et aucune connaissance nouvelle n'émerge: le problème posé ne peut être résolu.

En pratique dans les trois premiers cas où la conception aboutit, l'objet O créé ne répond pas forcément totalement à l'utilité espérée Ue mais seulement dans une proportion Q. L'objet résultant est conçu par un processus le plus souvent abductif. Si plusieurs solutions sont possibles, on peut choisir la meilleure en tenant compte de l'utilité réelle Q.U et du coût C de réalisation.

5.2.2. Caractéristiques des agoras virtuelles nécessaires pour l'enseignement à distance.

Nous pouvons induire de cette analyse les caractéristiques de l'environnement à fournir au monde M. Dans une pédagogie par projets, la taille des mondes M ou M+ (M + enseignant tuteur) est de quelques individus, en général de 4 à 9 (4 à 8 apprenant et un enseignant). Le dispositif à concevoir doit donc être adapté à cette taille ou à un ensemble de quelques mondes M.

La connaissance tangible interne doit être stockée sur un serveur facilitant non seulement sa consultation mais aussi sa création par les membres de M de manière à faciliter le transfert de connaissance à l'intérieur de M.

Les apprenants doivent aussi avoir accès à des informations ou des connaissances externes. Leur recherche est facilitée par l'usage de moteurs de recherche. Si plusieurs mondes travaillent en parallèle sur des projets similaires, cette recherche passera par l'utilisation d'un serveur proxy, pour n'avoir pas à rechercher à la source, plusieurs fois la même information.

La communication à l'intérieur de M+ est primordiale. Elle ne peut être réduite à des moyens asynchrone (courriel, forum) pour avoir une réactivité immédiate, dans les discussions entre les membres de M. Une communication asynchrone pourra être utilisée dans les phases préparatoires ou pour alerter ou consulter l'enseignant tuteur. Celui-ci pourra utiliser ce moyen pour répondre ou décider de communiquer en temps réel.

Un système de communication synchrone multipoint doit donc être mis en place. Au minimum il s'agit d'un système de "tchatte (chat)" qui n'utilise qu'une communication textuelle. Il est souhaitable toutefois de disposer d'un système de téléconférence (vidéoconférence + tableau blanc

partagé + éditeur et/ou applications partagées). L'expérience montre que le média principal pour créer un niveau suffisant de téléprésence est le canal vocal [Sandoz98]. Un système d'audioconférence efficace semble à peu près indispensable. La visioconférence est surtout utile pour prendre contact et vérifier en un coup d'œil la présence et l'activité d'un membre de M^+ . Un éditeur partagé permet de rédiger de manière collective un document. L'utilisation du tableau blanc permet la conception graphique coopérative. Les applications partagées sont déterminées par l'objet O à concevoir.

Notons une difficulté pratique, si les informations ou les applications partagées sont elles-mêmes multimédia. L'environnement technique de chaque membre devra permettre d'une part d'effectuer la tâche demandée et d'autre part de communiquer. [Sandoz00]

5.2.3.Représentation de la métaconnaissance

Les agoras virtuelles sont des canaux de transfert de connaissances mais rien ne nous oblige à y coder l'information sous forme canonique. Ceci aurait pour intérêt de la coder sous un volume minimal donc d'en réduire stockage et temps de transfert, mais au détriment d'une lisibilité immédiate à la réception. Un tel code imposerait d'utiliser un décodage capable de restituer cette information sous une forme adaptée aux utilisateurs. Un tel un codage-décodage est envisageable [Benadi 2002] mais son utilisation avec une information canonique pose encore des problèmes très difficiles à résoudre.

Par contre nous avons noté comme indispensable de pouvoir disposer au collecteur d'une métaconnaissance décrivant de manière unique, non ambiguë, le contenu de la connaissance explicite transférée et indiquant de manière précise son domaine d'existence. Une telle information n'a besoin de contenir que le « noyau » de l'information canonique et un ensemble d'informations, hors de son domaine d'existence propre, permettant de préciser celui-ci : nom de ce domaine, langue, étendue du document (nombre de concepts, nombre de relations) tels qu'ils sont perçus par l'auteur. Un résumé peut jouer ce rôle mais un réseau sémantique, par son formalisme et sa structure rigoureuse, nous donne une meilleure solution. En particulier il peut être reconstruit automatiquement pour avoir des niveaux de détails différents en fonction d'un choix de concepts et de relation. Il pourra aussi être déformé pour mettre en avant certains concepts. (Les logiciels permettant de créer automatiquement des résumés permettent de ne pas tenir compte de certains concepts mais garde la même la structure du document initial).

Jusqu'ici nous nous avons supposé que la connaissance explicite prise en compte était stable, qu'elle n'était pas soumise à une chaîne de transformation. Si elle est complétée ou modifiée, le réseau sémantique va aussi être modifié par ajout de sommets et ajout, suppression ou déplacement d'arcs. Ces modifications rendent compte de l'accroissement de la connaissance et l'évaluation des différences entre états successifs peut rendre compte de l'évolution de la connaissance dans un groupe qui la construit⁴.

5.2.4.Prise en compte de la pertinence et de l'enjeu.

Les autres facteurs permettant d'évaluer la connaissance explicite sont la pertinence et l'enjeu. Ces grandeurs sont codées sur un intervalle $[0, 1]$.

⁴ V.V. Nalimov a appliqué un modèle probabiliste pour modéliser la fonction d'un signe dans la sémantique d'un système de signe, en particulier comment était créée la signification d'un mot. (in [Dodic-Crnkovic2004]). Il propose de faire intervenir une lecture probabiliste « A la phase d'évolution initiale, zéro, il existe un texte initial représenté symboliquement par $pV0(u)$. Au cours de l'évolution, ce texte se révèle être un récepteur prêt à percevoir un texte $pV0(u|y)$ qui existait comme pouvoir potentiel dirigeant l'évolution dans la situation y . Dans une telle interprétation, la fonction $pV0(u)$ peut être considérée comme un filtre du récepteur. En conséquence de l'interaction avec le texte initial ... le texte ultérieur $pV0(u|y)$ émerge comme un filtre de deuxième plan évolutif. Nous le représentons symboliquement par la formule $pV0(u|y) \rightarrow pV1(u)$. Ce n'est pas le texte initial mais le filtre qui se transforme au cours de l'évolution. »

La pertinence et l'enjeu ne dépendent normalement que du collecteur. Toutefois, l'auteur ou un tiers, par exemple un donneur d'ordre pourra affecter une valeur d'enjeu et/ou une pertinence à une connaissance à transmettre. Ceci lui permet d'indiquer au collecteur quelle importance il affecte à un concept ou, éventuellement, une relation entre concepts. Le collecteur pourra affecter ses propres « poids ». On obtient ainsi différentes versions de la métaconnaissance associée à une connaissance donnée. Cette métaconnaissance peut servir d'information de retour (feedback informationnel) vers l'auteur ou le donneur d'ordre, permettant à celui-ci de savoir comment la connaissance transmise est perçue par le collecteur. Si un collecteur retransmet la même connaissance à un autre collecteur, il pourra lui associer la métaconnaissance initiale et sa propre version. Cette métaconnaissance doit donc être « signée ».

Pour permettre d'indiquer ces « poids », chaque objet représentant un concept et une relation devra contenir un attribut supplémentaire indiquant son importance (pertinence/enjeu) du point de vue de l'émetteur. Cet attribut est utilisable pour délivrer des versions plus ou moins détaillée du réseau sémantique, permettant au collecteur d'avoir une vue plus ou moins complète du contenu afin d'en évaluer plus rapidement et aisément la pertinence.

La pertinence doit pouvoir être évaluée par le collecteur (éventuellement par un tiers). Pour cela un ensemble de connaissances explicites doit être muni d'indicateurs sur son contenu, permettant de déterminer, a priori, si ces connaissances sont pertinentes dans un contexte donné.

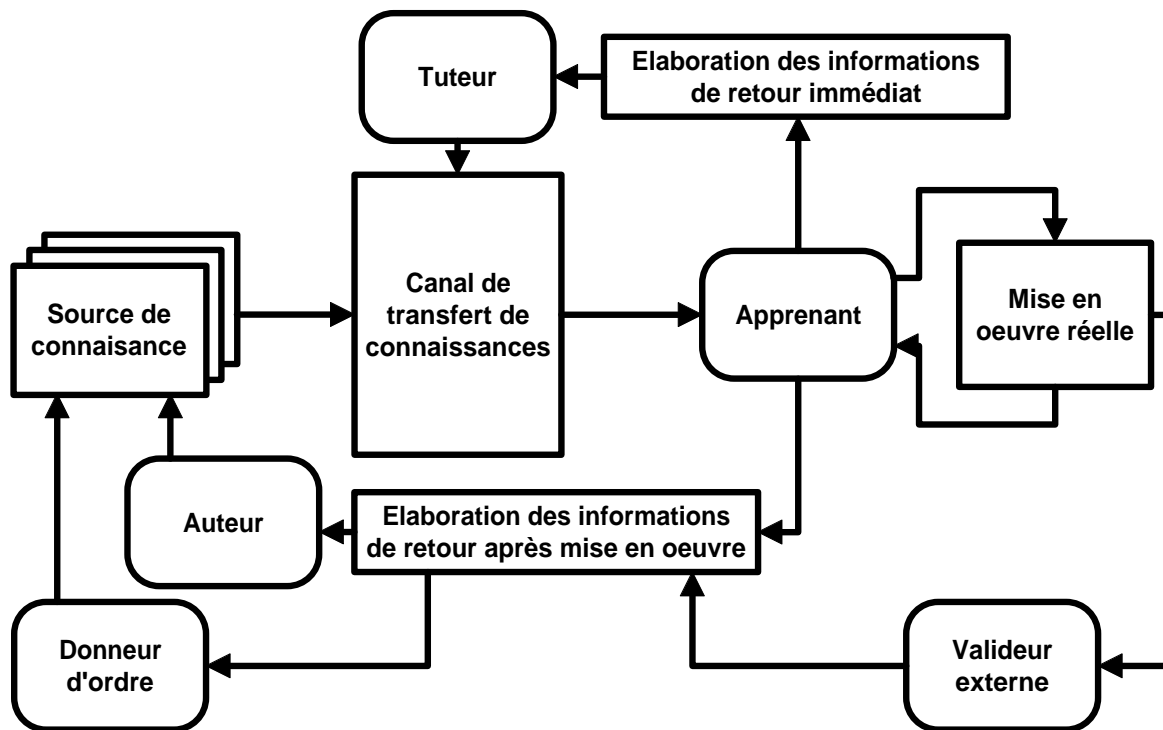
Ces indicateurs, qui sont des métaconnaissances : sont représentables par une liste de mots clés ou mieux par un réseau sémantique ou une carte de concepts . Ce réseau (ou cette carte) est un autre graphe ayant seulement une intersection avec le graphe représentant l'information canonique correspondante Le réseau sémantique des métaconnaissances fait en effet référence à d'autres ensembles de connaissances reliés. Si on tient compte des poids valorisant la pertinence et/ou l'enjeu, le graphe de métaconnaissance pourra avoir une forme plus ou moins détaillée en fonction de seuils affectables à ces paramètres mais aussi des formes différentes en fonction de l'instance de ces paramètres prise en compte.

5.2.5.Possibilités de boucles de retour

Nous avons noté la nécessité de boucles de retour pour favoriser le transfert de connaissance implicite, mais aussi pour évaluer le processus d'apprentissage. Les différentes versions des réseaux sémantiques soit donnant une version résumée formelle de la connaissance explicite que l'on souhaite transférer, soit de la métaconnaissance associée constituent des informations de retour pertinentes. En tenant compte non seulement des informations disponibles durant le processus d'apprentissage, ou immédiatement après, mais aussi après une phase assez longue de mise en œuvre nous disposons de deux boucles de retour avec des constantes de temps et une utilité différentes.

La boucle immédiate va servir à la source pour évaluer comment la connaissance transférée est appréhendée par le collecteur, au moyen des versions de réseaux sémantiques qu'il élabore. Un tuteur pourra agir par des canaux annexes pour assister le collecteur, lui indiquer des sources de connaissances annexes ou préalables, compléter la connaissance transmise, éventuellement agir sur le canal lui-même etc. Dans cette boucle on ne remet pas en cause la connaissance à transmettre et les valeurs de pertinence/enjeu fixées à priori par l'auteur ou le donneur d'ordre.

Après une mise en œuvre d'une durée significative, l'information renvoyée rend compte de la pertinence et des enjeux réels, après confrontation de la connaissance à une utilisation réelle. Dans ce cas l'auteur ou le donneur d'ordre va pouvoir, si nécessaire, modifier de manière pertinente la connaissance à transmettre et la métaconnaissance associée.



6. Conclusion et perspectives

Partant d'une analyse du transfert de connaissances, nous avons tenté de modéliser celui-ci par un canal construit sur un modèle analogue au canal de communication et destiné à nous guider dans la construction des agoras virtuelles. Pour construire celles-ci les conditions du discours qui les parcourt doivent être exposées le plus clairement possible. Il faut donc abandonner l'espoir de pouvoir placer dans ces agoras le modèle " vrai " de ce qu'est connaître, savoir, etc. Mais nous devons garder l'espoir de pouvoir évaluer quantitativement la connaissance transmise sans pour autant devenir des behavioristes de caricature.

Nous n'avons fait qu'effleurer le problème de l'évaluation quantitative de la connaissance transmise. Celle-ci pourrait être quantifiée par le produit : information canonique*pertinence*enjeu. Ces deux derniers paramètres sont quantifiables dans une échelle de 0 à 1 et l'information canonique est exprimée en bits.. Celle-ci serait codée dans un code optimal dans le codage binaire à binaire du canal de communication. Nous proposons de coder cette information canonique, forme la plus réduite du message, par un réseau sémantique qui est susceptible de fournir une représentation universelle standardisée. Nous proposons une technique de codage basée sur une description objet et la syntaxe abstraite ASN.1. Sa mise en œuvre suppose la création d'un organisme chargé d'enregistrer et de diffuser le codage des concepts et des relations. Notons que la nomenclature fournie par LOM pourrait servir de point de départ à ce codage.

Cette canonisation est-elle en pratique possible? Qu'elle est la part de connaissance transmise par la redondance apparente du message ? Notons que la réalisation d'agoras virtuelles réellement adaptatives à leurs utilisateurs en tenant compte de toutes leurs caractéristiques posent également un problème équivalent au plan qualitatif. La pertinence et l'enjeu ou la motivation sont des critères plutôt subjectif mais il est possible d'en donner une évaluation approchée pour un individu ou des groupes. Ceci implique aussi que la connaissance émise soit systématiquement accompagnée d'indicateurs permettant au collecteur d'en évaluer la pertinence en fonction de ses motivations ou enjeux. Nous pensons que ces questions méritent d'être approfondies et que des solutions partielles d'évaluation du qualitatif transféré par des systèmes de transfert de connaissances sont à mettre en place.

7. Références

- [Amidon95] Amidon D.M. The Momentum of Knowledge Management
http://www.entovation.com/momentum/mom_fr.htm
- [Beuchot] Beuchot G. Introduction à la théorie de l'information. INSA de Lyon, Dpt Informatique
http://gerard.beuchot.free.fr/Reseaux/Theorie_Info/default.htm
- [Beuchot] Beuchot G. Téléinformatique . INSA de Lyon, Dpt Informatique
http://gerard.beuchot.free.fr/Reseaux//Osi-4--6/service_presentation.htm
- [Benadi01] Benadi S., Ramel J-Y., Beuchot G. Structuration XML de documents pédagogiques dans un système de télé-enseignement. IHM-HCI Lille 2001. Lille. p. 123-126 Vol 2. Septembre 2001
- [Blouin99] Au delà du discours idéaliste de l'information
<http://pages.globetrotter.net/charro/HERMES3/blouin1.htm>
- [Dodig-Crnkovic04] Dodig-Crnkovic G. Philosophy of Information, a New Renaissance and the Discreet Charm of the Computational Paradigm Computing and Philosophy Conference E-CAP Pavia Italie 2004
- [Ermine96] Ermine J.L. Les systèmes de connaissances . ed. Hermes 1996
- [Foucault66]. Foucault M. Les mots et les choses Ed. Gallimard 1966
- [Glaserfeld91] Glaserfeld E. von, Cognition, Construction of Knowledge and Teaching in M.R. Matthews (Eds.) History, philosophy, and science teaching: Selected reading. New York: OISE Press.
- [Hachette] Encyclopédie en ligne
- [Herschbach95] Herschbach D.R. Technology as Knowledge: Implications for instruction - Journal of technology Education 7(1) 31-42
- [Ifrah94] Ifrah G. Histoire universelle des chiffres R. Laffont Ed. 1994 Vol. 2
- [Le Moigne] Le Moigne J.L. Science des systèmes Article dans Encyclopédie Universalis
- [Link-Pezet99] Link-Pezet J., De la représentation à la coopération : évolution des approches théoriques du traitement de l'information. Solaris", n° 5, janvier 1999.
<http://biblio-fr.info.unicaen.fr/bnum/jelec/Solaris/d05/5link-pezet.html>
- [LTSA] Learning Technology Standards Committee <http://ieeeltsc.org/>
- [Nonaka97] Nonaka I. Organizational Knowledge Creation - Knowledge Advantage Conference 11/1997
- [Link-Pezet89] Link-Pezet J., De la représentation à la coopération : évolution des approches théoriques du traitement de l'information. <http://biblio-fr.info.unicaen.fr/bnum/jelec/Solaris/d05/5link-pezet.html>
- [Portrait de mots] Encyclopédie en ligne
- [Smith94] Smith, J.B. (1994) . Collective Intelligence in Computer-Based Collaboration. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum cité in [Jermann96] <http://tecfa.unige.ch/~jermann/staf/colin-1.html>
- [Sandoz98] Sandoz F., Gradinariu L., Beuchot G., Collaborative Distance Training : Architecture of a Demonstrator ISCC'98 Third IEEE Symposium on Computers and Communications Athènes 29 juin au 2 juillet 1998
- [Sandoz00] Sandoz-Guermond F., Beuchot G., Prévot P. RACE un environnement de travail coopératif à distance adaptatif . TICE2000 Troyes. 18-20 Octobre 2000
- [Sperber74] Sperber D. Le symbolisme en général Hermann Ed 1974
- [Stenmark01] Stenmark D. The relationship between Information and Knowledge Proceeding of IRIS Ulvik Norvège 8/2001
- [Vanderstraeten98] Vanderstraeten R., Biesta G. Constructivism, Educational Research, and John Dewey 20th World Congress of Philosophy, Boston, Massachusetts August 10-15, 1998

8. Annexes

8.1. Annexe 1 : Concepts de base : arbre d'héritage

- Information
- Connaissance
 - Connaissance tacite
 - Savoir
 - Savoir-faire
 - Compétence
 - Connaissance explicite
 - Connaissance préalable
 - Connaissance créée
 - Connaissance acquise
 - Connaissance nouvelle
- Contenu
 - Fond (aspect sémantique) / Matière
 - Forme (aspect morphologique)
 - Discipline – Sous-discipline
 - Description
 - Indexation/Taxonomie
 - Métadonnée
 - Grain d'information
 - Objet (multimédia) de connaissance
- Support de la communication
 - Outil
 - Serveur Web
 - Butineur
 - Messagerie
 - Forum
 - Téléconférence
 - Codage
 - Interface Personne-Système (ou homme-machine ou personne-environnement)
- Utilisateur
 - Coordonnateur
 - Tuteur
 - Créateur
 - Inventeur ?
 - Expert ?
 - Rédacteur
 - Auteur
 - Adaptateur
 - Vulgarisateur
 - Valideur

- Évaluateur
- Apprenant/Apprenti
 - Profil de connaissance
 - Profil modal
- Administrateur
- Source (d'information ou de connaissance)
 - Source interne (à la communauté des utilisateurs enregistrés)
 - Source externe (vers ou depuis d'autres communautés)
 - Émetteur
 - Collecteur
- Évaluation
 - Auto-évaluation
 - Évaluation interne (par la communauté des utilisateurs enregistrés)
 - Évaluation externe (par d'autres communautés)
- Apprentissage
 - Processus d'apprentissage
 - Environnement d'apprentissage

8.2. Annexe 2 : Exemple de réseau sémantique appliqué à la connaissance et l'information:

identificateur	identificateur	sommets																	
			Concept	Réseau sémantique	Information	Information canonique	Graphe	domaine de connaissances	domaine d'existence	Concepts irréductibles	Concepts primitifs	définition	connaissance explicite	classe	Classe de concepts	Oobjet_1	Oobjet_2	Identificateur d'objet	relation
iso.afnor.ut.insa-lyon.icct.concept.concept	1.2.3.1.1.1.1	Concept		est un nœud de											sont divisés en trois	hérite de	Contenu interprétatif attaché à		
		Réseau sémantique					est codé sous la forme de												
iso.afnor.ut.insa-lyon.icct.concept.information	1.2.3.1.1.1.3	Information																	
iso.afnor.ut.insa-lyon.icct.concept.information.information_canonique	1.2.3.1.1.1.3.5	Information canonique		est représentable par	formulation la plus compacte de														
		Graphe																	
		Domaine de connaissances	comporte un ensemble de																
		Domaine d'existence																	
		Concepts irréductibles	héritent de					sont les éléments de base de	font clôture d'un				doit recevoir une						
		Concepts primitifs	héritent de						représentent				ne peut recevoir de						
		Définition																	
		Connaissance explicite			est codable sous la forme de														
		Classe																	
		Classe de concepts												hérite de					
		Objet_1																	
		Objet_2																	
		Identificateur d'objet															code unique attaché à		
		relation	lie sémantiquement deux	est un arc de													hérite de		
iso.afnor.ut.insa-lyon.icct.relation.xxx.yy	1.2.3.1.1.2.5.9	faire clôture																	
iso.afnor.ut.insa-lyon.icct.relation.aaa.bb.ccc	1.2.3.1.1.2.5.9.2	coder																	

8.3. Annexe 3 : Exemple de glossaire associé à un domaine (ici « Connaissance »)

Experimental ICTT 1.3.1.6.1.3.99

Connaissance OBJECT-TYPE

SYNTAX DisplayString (SIZE (0..255))

::= (ICTT 5}

connaissance_2 OBJECT-TYPE

SYNTAX DisplayString (SIZE (0..255))

DESCRIPTION

- Activité intellectuelle de celui qui vise à avoir la compétence de quelque chose, qui étudie afin d'en avoir la pratique. Cette compétence elle-même. Ce que l'on sait après avoir appris.

::= (connaissance 2}

connaissance_3 OBJECT-TYPE

SYNTAX DisplayString (SIZE (0..255))

DESCRIPTION

(souvent au pluriel) Ensemble de notions constituant une science ou ensemble de ce qu'il faut savoir pour pratiquer un art, un métier ; ensemble de ce que sait une personne dans une ou plusieurs disciplines.

::= (connaissance 3}

codage OBJECT-TYPE

SYNTAX DisplayString (SIZE (0..255))

DESCRIPTION

Transformation d'une suite de symboles issus d'une source d'information en une autre suite de manière à adapter cette information à un canal de transmission.

::= (connaissance_3 3}

réseauSémantique OBJECT-TYPE

SYNTAX DisplayString (SIZE (0..255))

DESCRIPTION

Formalisme de représentation des connaissances tenant compte de leur sens, sous forme de graphes. Les nœuds du graphe représentent des concepts (objets ou événements) et les arcs, des relations entre ces concepts.

::= (codage 1}

carteConceptuelle OBJECT-TYPE

SYNTAX DisplayString (SIZE (0..255))

DESCRIPTION

Formalisme de représentation graphique, en deux dimensions, généralement sous forme arborescente, de la structure conceptuelle d'une discipline ou d'une partie d'une discipline telle que perçue par un ou plusieurs individus.

::= (codage 2}

Exemple de codage:

RéseauSémantique OBJECT IDENTIFIER ::=

{org dod internet experimental ICTT connaissance connaissance_3 codage 1

soit 1.3.6.1.3.99.5.3.3.1