

De l'analyse de la matière à l'évaluation des apprentissages : fondements théoriques d'une recherche

Christian Barrette
Professeur d'anthropologie
Cégep Ahuntsic

Jean-Pierre Regnault
Professeur de biologie
Cégep Montmorency

En procédant à une analyse de la matière qui respecte les principes d'organisation et de traitement de l'information en jeu dans le processus d'apprentissage, il est possible de générer simultanément du matériel utile à la planification et à la prestation de l'enseignement ainsi qu'à l'évaluation des apprentissages.

Nous avons remis, en janvier 1992, le rapport d'une recherche subventionnée par le PAREA¹ dont l'objectif était de jeter les bases d'un système informatisé d'auto-évaluation formative faisant appel à des techniques de représentation des connaissances élaborées en psychologie cognitive et en intelligence artificielle. Nous étions alors motivés par la problématique de l'aide à l'apprentissage, en particulier par le désir de disposer d'instruments d'évaluation formative efficaces, c'est-à-dire permettant, entre autres, de fournir une rétroaction signifiante.

En travaillant dans cette voie nous avons réalisé que la question de l'évaluation, et notamment celle de l'évaluation formative, ne pouvait être coupée du cadre de la **planification de l'enseignement** et en particulier de l'une de ses étapes : **l'analyse de la matière à enseigner**. Notre proposition est alors devenue celle d'un logiciel qui permettrait simultanément d'effectuer l'analyse de la matière et de produire du matériel d'auto-évaluation.

Planification de l'enseignement

La planification constitue un ensemble d'opérations préalables à l'enseignement proprement dit. Elle est effectuée dans le but de déterminer les meilleures stratégies d'enseignement et d'apprentissage². Au cours de cette opération les enseignants :

- analysent les besoins de formation ;
- déterminent les objectifs d'apprentissage ;

- analysent la matière à enseigner ;
- déterminent les stratégies d'enseignement adéquates ;
- construisent les tests nécessaires à la vérification de l'atteinte des objectifs.

Notons que c'est au sein de ce processus de planification intégrée que se situe l'évaluation formative. Elle en est un élément essentiel puisque cette forme d'évaluation permet de vérifier l'efficacité des processus d'enseignement et d'apprentissage tout en maintenant les élèves en situation d'apprentissage actif, visible, observable, voire mesurable³. Les formes et le contenu de l'évaluation formative découlent directement de l'analyse de la matière.

Les premiers instruments et leurs carences

Les premiers instruments de planification pédagogique ont été développés par Bloom⁴ puis par Gagné⁵. Ces instruments ont contribué à améliorer l'efficacité pédagogique en insistant sur les objectifs à atteindre exprimés en termes de tâches à accomplir. Mais, avec le temps, ils ont montré des carences qui en limitent la portée. Selon Jones, Li et Merrill⁶, ces carences sont de trois ordres.

Les premières relèvent de la taille de l'unité de matière analysée lors de la planification : elle est trop petite pour permettre la compréhension des phénomènes complexes. La conséquence de cette première carence, c'est un enseignement qui ne révèle pas la nature systémique des ensembles abordés.

Les deuxièmes concernent l'absence d'un modèle de représentation des connaissances : cette absence a conduit à mettre l'insistance sur les éléments du contenu comme tels plutôt que sur le jeu des relations entre éléments de contenu. Le résultat, c'est l'activation chez les élèves de processus de mémorisation parcellaire au détriment de processus plus élevés de synthèse.

Enfin, *les troisièmes carences portent sur le processus même de planification* qui se fait par opérations successives et séparées au lieu de se faire sous forme d'opérations bien intégrées. Le résultat de cette façon de procéder, c'est un hiatus entre l'analyse de la matière et les modalités de l'évaluation. Ainsi, par exemple, il peut arriver qu'on interroge les élèves sur des aspects de la matière qui n'ont pas été vus alors que des pans entiers de matière ne figurent dans aucune évaluation.

La création de nouveaux instruments de planification

Ces critiques ont guidé la création d'une nouvelle génération d'instruments de planification de l'enseignement. On en trouve notamment l'expression chez Palkiewicz⁷, chez Brien⁸ ainsi que chez Jones, Li et Merrill⁹, des auteurs dont nous nous sommes inspirés pour élaborer notre modèle théorique d'analyse de la matière.

Ces nouveaux instruments de planification reposent sur le postulat cognitiviste que l'apprentissage correspond à la structuration

de la mémoire et donne naissance à des modèles mentaux. Plus précisément, de nombreux pédagogues, influencés notamment par Ausubel¹⁰, croient aujourd'hui qu'apprendre est un processus dynamique dans lequel les nouvelles informations sont intériorisées et les anciennes sont modifiées selon certains principes d'organisation et de traitement.

Ces nouveaux instruments de planification sont intimement liés à l'acquisition de compétences, c'est-à-dire aux capacités intellectuelles nécessaires à l'accomplissement d'une tâche donnée. Ils sont principalement caractérisés par :

- un modèle fonctionnel des opérations cognitives ;
- une grille d'analyse de contenu servant à examiner la structure, les relations et les interrelations au sein de la matière à enseigner ;
- le respect de la nature systémique du savoir ;
- un modèle intégré de représentation des connaissances ;
- l'intégration des opérations effectuées à chacune des étapes de l'enseignement : analyse de la matière, prestation de l'enseignement et évaluation des apprentissages.

Une des caractéristiques fondamentales de ces instruments de planification est donc de permettre l'intégration, chez l'étudiant, des opérations cognitives, des activités d'apprentissage et d'évaluation et, du côté des enseignants, de l'analyse des besoins de la clientèle, de l'analyse de la matière, de la production des médias d'enseignement et, enfin, de la préparation des différentes formes d'évaluation

Notre modèle de représentation des connaissances

Les sciences cognitives, et spécialement la recherche sur l'intelligence artificielle, nous ont fourni les instruments de développement d'un modèle de représentation des connaissances convenant à notre projet.

L'originalité de ce modèle réside principalement dans le fait qu'il permet de procéder simultanément à une analyse du contenu disciplinaire et au choix des connaissances à enseigner en mettant en lumière la nature des relations de ces connaissances entre elles et avec les opérations cognitives qu'elles requièrent. De plus, l'analyse effectuée pour la planification de l'ensei-

gnement sert en même temps à produire du matériel d'évaluation. La transparence est totale et permet de ne rien laisser dans l'ombre, comme cela risque de se produire quand la planification et la préparation des questions d'évaluation sont effectuées séparément, parfois à plusieurs jours ou à plusieurs semaines d'intervalle.

Les trois points d'appui de notre modèle sont :

- une typologie des connaissances ;
- une typologie des opérations cognitives ;
- un éventail d'outils de représentation des connaissances faisant appel à la schématisation.

Typologie des connaissances

Nous avons pris comme point de départ une des typologies des connaissances proposées par la recherche sur l'intelligence artificielle et maintenant largement employée dans le domaine de l'éducation¹¹. Cette typologie propose de distinguer trois types de connaissances¹² : les connaissances déclaratives ; les connaissances procédurales et les métaconnaissances.

● *Connaissances déclaratives*

Les connaissances déclaratives sont des connaissances de définition. Considérées comme des connaissances statiques, elles réfèrent au « quoi » des objets et correspondent à ce que l'on en sait. Elles forment ce savoir qui permet de distinguer les objets les uns des autres, notamment par leurs attributs discriminants, par les rapports collatéraux ou de filiation qu'ils entretiennent avec d'autres classes d'objets.

Le travail de certains théoriciens de la connaissance, surtout celui de Vogel¹³, nous a amenés à raffiner la typologie des connaissances en distinguant, à l'intérieur des connaissances déclaratives, celles que nous avons appelées les connaissances empiriques et celles que Vogel a appelées les connaissances taxonomiques d'une part et les connaissances actinomiques d'autre part.

Les **connaissances empiriques** sont ces connaissances déclaratives qui permettent de saisir un objet par ses attributs ou par les attributs d'un autre qui lui sert d'exemple.

Les connaissances que Vogel qualifie de taxonomiques relèvent des attributs et des états discriminants qui caractérisent les objets. Elles forment un savoir classificatoire, autrement dit des taxonomies. L'intérêt de ces taxonomies réside dans le fait qu'elles permettent de regrouper des taxèmes, c'est-à-dire des unités conceptuelles, de façon hiérarchique, selon les propriétés caractéristiques qu'ils partagent. Ces connaissances, nous les nommons **connaissances hiérarchiques**.

Par opposition aux connaissances taxonomiques, les connaissances actinomiques, selon Vogel, traitent du fonctionnement des objets, des transformations internes ou externes qu'ils assurent ou qu'ils subissent. Les actinomies représentent des actions et traduisent des changements d'état, des transformations. Ainsi, l'analyse d'un phénomène permet de révéler l'agent, l'objet en état initial, l'objet en état final et d'autres éléments utiles à la compréhension de la transformation. Ces connaissances, nous les nommons **connaissances actantielles**.

La distinction entre ces trois types de connaissances déclaratives permet d'identifier les opérations cognitives qui sont mises en œuvre lors de l'identification et de la définition d'un objet (connaissances empiriques), lors de la mise en ordre statique des objets par leurs attributs discriminants (connaissances hiérarchiques) et lors de l'analyse des transformations que ces objets réalisent ou subissent (connaissances actantielles). En évaluation, cet apport nous paraît important dans la mesure où il permet de distinguer des opérations cognitives de nature différente et qui, par le fait même, ne devraient pas être confondus.

● *Connaissances procédurales*

On qualifie de procédurales les connaissances déclaratives choisies dans un contexte particulier pour résoudre un problème donné. Pour illustrer cette notion, prenons l'exemple d'une personne qui désire connaître la consommation moyenne d'essence de son automobile. Sachant que Montréal et Québec sont distantes de 265 km, et que pour effectuer le trajet son automobile a consommé 25 L d'essence, elle peut établir la consommation en litres pour cent kilomètres par la règle de trois et savoir que la consommation moyenne de son auto sur une grande route est de 9,4L/100 km. L'individu commence par identifier la nature du problème (calculer la consommation) ; il

se demande ensuite comment, c'est-à-dire à l'aide de quelles connaissances, il peut le résoudre ; ensuite, il utilise les connaissances déclaratives appropriées, c'est-à-dire, ici, la distance, la consommation et le principe de la règle de trois.

Les connaissances procédurales sont donc des connaissances dynamiques. Elles réfèrent au « comment ». Elles impliquent toujours plus qu'un rappel ou une utilisation telle quelle des connaissances déclaratives. En intelligence artificielle, on dit que les connaissances procédurales expriment l'expertise d'un individu dans un domaine. En d'autres termes, elles sont à l'origine du savoir-faire. C'est grâce à ce type de connaissances que des faits nouveaux peuvent être déduits des données initiales d'un problème et que des solutions peuvent être apportées à des problèmes particuliers. Ces connaissances, nous les nommons **connaissances résolutoires**.

● *Métaconnaissances*

La métaconnaissance peut se définir comme « la prise en charge par un individu de son propre fonctionnement cognitif¹⁴ ». C'est « une forme de connaissance que le sujet a de sa propre activité cognitive, connaissance qui porte sur les buts et les stratégies qu'il utilise pour atteindre ceux-ci¹⁵ ». Plus précisément, les métaconnaissances sont des connaissances qui portent sur les mécanismes d'acquisition des connaissances. Elles génèrent des buts ; elles évaluent, elles conditionnent et modifient les autres types de connaissances. Ce qui distingue la métaconnaissance des autres connaissances, ce n'est donc pas son degré de complexité mais son objet : l'auteur du savoir lui-même. La métaconnaissance utilise l'auto-évaluation pour développer sinon la conscience, du moins l'autodétermination.

Nous accordons une grande importance aux métaconnaissances, surtout parce qu'elles sont une connaissance de soi et qu'elles s'assimilent ainsi à l'auto-évaluation. Leur rôle dans l'apprentissage est évident¹⁶, mais il l'est moins dans la formalisation des savoirs à transmettre. C'est pourquoi nous n'utilisons pas ce type de connaissances dans notre modèle d'analyse de la matière.

● *Des choix à faire*

Au moment où un enseignant décide d'utiliser, dans son analyse de la matière, une

typologie des connaissances semblable à celle que nous venons de présenter, il éprouve immédiatement de la difficulté à préciser la nature d'une unité de savoir : est-elle empirique, actantielle, hiérarchique ou résolutoire ?

En fait, il n'y a pas, à proprement parler, de savoirs strictement empiriques, hiérarchiques, actantiels ou résolutoires. Ils sont l'un ou l'autre selon le traitement qu'on en fait, lequel est lié au but que l'on poursuit. Tout est une question de but et de contexte, établis à la suite d'une évaluation de la situation, ce qui implique une certaine forme d'auto-évaluation puisque le professeur ne peut jamais s'abstraire de l'examen qu'il fait du contexte : il en est partie prenante.

Par exemple, dans un cours sur la pomiculture, le professeur pourrait :

- décrire les caractéristiques des pommes ;
- établir la classification des différentes sortes de pommes ;
- analyser les phénomènes bio-chimiques de la maturation des pommes.

Il peut, dans son cours, se limiter au premier traitement ou les faire tous les trois ; au moment de l'évaluation, il peut poser des questions sur les caractéristiques des pommes, faire établir une classification ou demander d'expliquer la maturation. Comment fera le professeur pour déterminer la nature d'une connaissance dans ce cours ? Comment fera-t-il, par exemple, pour définir l'unité de savoir « pomme » ? Tout dépend des buts qu'il s'est fixés, des connaissances préalables de ses élèves, des opérations cognitives qu'il souhaite développer ou évaluer, bref des choix effectués au cours de la première étape de la planification de son enseignement.

But et contexte établissent donc un certain type de traitement, c'est-à-dire un certain type de relations entre les unités de savoir. Ces relations prennent la forme de

propositions où le verbe spécifie la nature de la relation. Ainsi, on ne traite pas de la pomme de la même façon dans la proposition « la pomme rouge délicieuse se caractérise par sa chair blanche et sucrée » et « la pomme McIntosh et la pomme rouge délicieuse font partie des pommes à longue durée de conservation ». Dans le premier cas, la proposition exprime des caractéristiques ; dans le second, elle exprime une relation de classification. La nature d'un savoir provient donc des relations qu'il entretient avec d'autres savoirs dans un certain contexte établi en fonction d'un but. On retrouve ici un principe d'analyse systémique bien connu selon lequel un élément d'un système est défini par les rapports qu'il entretient avec les autres éléments.

Il importe donc de concevoir que l'analyse d'un domaine constitue non une identification de la nature des savoirs mais un choix dans les traitements possibles qu'on peut leur appliquer.

Typologie des opérations cognitives

Chacun des types de connaissances utiles à l'analyse de la matière (empirique, hiérarchique, actantiel et résolutoire) renvoie donc à un type de traitement. Or, chacune de ces mises en relation implique un certain nombre d'opérations cognitives distinctes. Selon leur degré de complexité, on peut même présenter une hiérarchie de ces opérations, ce qui implique une hiérarchie des connaissances. Cette hiérarchie n'est toutefois pas linéaire. Il faut, à l'instar d'auteurs comme Francisco Varela¹⁷ et Jan Palkiewicz, insister sur le fait qu'aucun niveau n'est refermé sur lui-même. Tous ces niveaux débouchent les uns sur les autres ; toujours ouverts, ils sont constamment accessibles.

Nous inspirant de J. Palkiewicz¹⁸, nous avons élaboré une typologie des opérations cognitives qu'on peut faire correspondre aux types de connaissances que nous avons retenues.

Typologie des opérations cognitives

Niveau de connaissances	Empirique	Hiérarchique	Actantiel	Résolutoire
Opérations cognitives	Nommer Définir Reconnaître Identifier Mémoriser	Classer Ordonner Décomposer Généraliser Spécifier	Décrire Analyser	Inférer Déduire Induire Relier

Outils de représentation graphique des connaissances

Une des retombées les plus intéressantes des recherches d'inspiration cognitive dans le domaine pédagogique est l'idée de recourir à des schémas pour traduire les relations qui s'établissent entre les unités de savoir. La forme la plus connue demeure les réseaux de concepts. Mis au point par Novak et Gowin, les réseaux de concepts ont déjà fait l'objet d'applications

expérimentales au collégial¹⁹; d'autres auteurs²⁰ ont toutefois suggéré des schémas aux formes plus variées. Au sens général, ces schémas sont des réseaux sémantiques, représentés sous forme de diagrammes. Ils représentent des concepts et les relations entre ces concepts.

Dans notre modèle, nous avons choisi une représentation pour chacun des quatre niveaux de traitement des connaissances :

- (énoncé empirique) et schéma rayonnant ;
- arbre hiérarchique ;
- schème actantiel ;
- carte résolutoire.

Il est à noter que ces représentations graphiques peuvent être utilisées autant comme moyens d'enseignement que comme moyens d'évaluation des apprentissages.

Les niveaux de traitement du contenu et la planification

À partir de l'identification du **niveau** auquel on veut traiter le contenu, on peut identifier une **unité sémantique**, une **représentation graphique**, une **performance attendue** de l'élève ainsi que les **opérations cognitives** en jeu dans l'apprentissage.

Le niveau de traitement empirique

L'unité sémantique qui correspond au niveau empirique est le concept. Notons que le concept peut faire référence à un objet réel aussi bien qu'à un objet abstrait ou imaginaire.

En enseignement, le traitement empirique ne requiert habituellement pas de traduction graphique particulière. Il peut être fait par le professeur sous forme d'énoncés de définition caractérisant les concepts traités et il peut être évalué par des questions objectives. En revanche, pour rappeler la collection des caractéristiques essentielles et des exemples utiles à l'identification d'un concept, l'élève ou l'enseignant peut faire appel à une représentation graphique connue sous l'appellation de **schéma rayonnant**.

Ainsi, dans son cours de paléo-anthropologie, l'enseignant pourra traiter d'un certain nombre d'attributs et d'exemples relatifs aux *hominidés* à l'aide d'énoncés comme : *La capacité crânienne élevée caractérise les hominidés* ou *L'australopithèque est un exemple d'hominidés*. Il pourra aussi, tout comme l'élève, utiliser un schéma pour représenter l'ensemble des énoncés empiriques relatifs à un concept.

Au niveau empirique, l'élève devrait être capable de reconnaître les concepts, d'en identifier les attributs et d'établir une relation entre un concept et son exemple. Les opérations cognitives en jeu sont des opérations qui construisent le réel.

Composantes de notre modèle de représentations des connaissances

Niveau de traitement	Unité sémantique	Représentation graphique	Performances attendues	Opérations cognitives
Empirique	Concept	(Énoncé) Schéma rayonnant	Reconnaissance des concepts et identification de leurs attributs Relation d'exemple	Nommer Définir Reconnaître Identifier Mémoriser
Hiérarchique	Taxème/phase	Arbre	Compréhension des rapports de classification, de composition et de séquence	Classer Ordonner Décomposer Généraliser Spécifier
Actantiel	Sème	Schème	Maîtrise des rôles remplis par des concepts subissant ou assurant une transformation	Analyser Décrire
Résolutoire	Nœud	Carte	Intégration des connaissances par la maîtrise des rapports des trois niveaux sous-jacents	Inférer Déduire Induire Relier

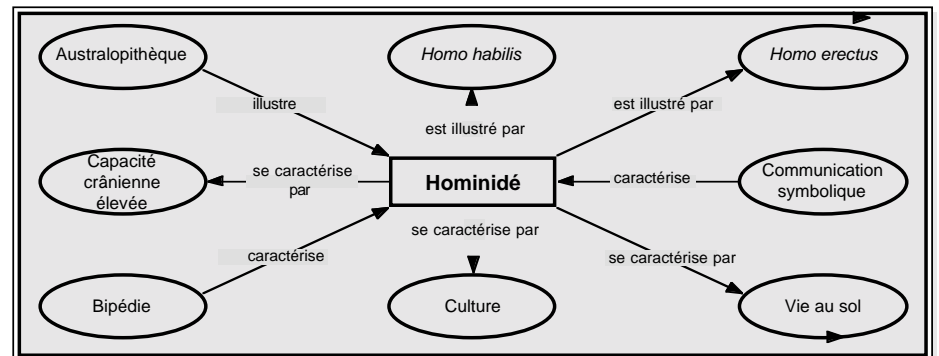


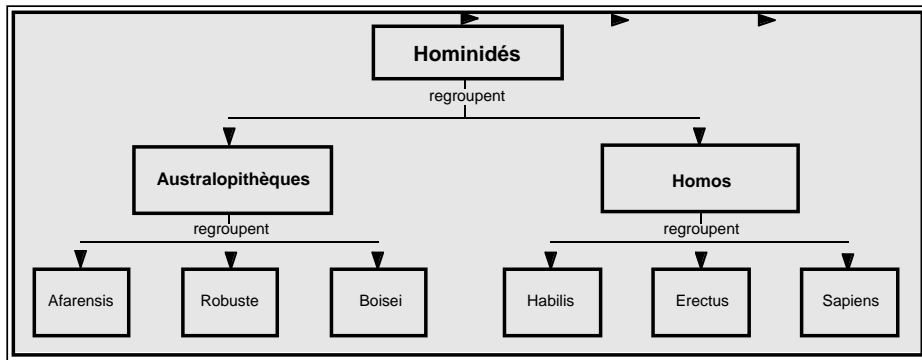
Schéma rayonnant regroupant autour d'un même concept des propositions de nature empirique

Le niveau de traitement hiérarchique

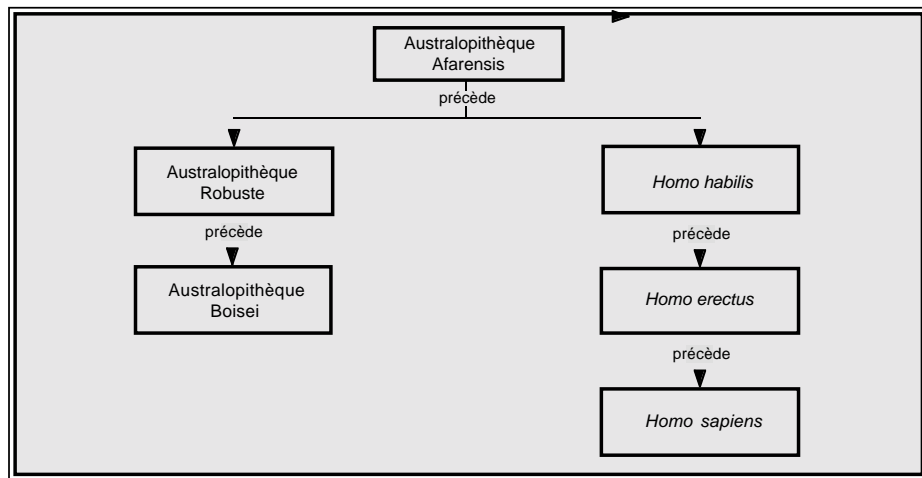
Les taxèmes ou les phases sont les unités sémantiques qui correspondent au niveau hiérarchique. Le savoir hiérarchique se représente sous la forme **d'arbre** ou de séquence. Un arbre est composé d'unités – ou nœuds – nommés taxèmes. De ces nœuds partent des ramifications qui révèlent la filiation taxonomique. Ces ramifications sont des liens qui traduisent les relations de classification, de décomposition ou de séquence entre les unités.

Dans l'exemple présenté ici, les mêmes taxèmes peuvent être présentés comme les phases d'une séquence.

Au niveau hiérarchique l'élève doit comprendre les rapports de classification, de composition et de séquence. Les opérations cognitives qui sont en jeu sont des opérations de mise en ordre (classer, ordonner, décomposer, généraliser, spécifier).



Arbre hiérarchique de classification des taxèmes relatifs aux hominidés



Arbre hiérarchique de la séquence des phases évolutives des hominidés

Le niveau de traitement résolutoire

À ce niveau, l'esprit ne recourt à rien que l'élève ne sait déjà. La connaissance résolutoire renvoie uniquement à ce qui est déjà disponible à la suite de la découverte empirique, de la mise en ordre hiérarchique ou de l'analyse actantielle, en en faisant une synthèse.

La synthèse remplit deux fonctions. Dans un premier temps, elle sélectionne parmi les connaissances déclaratives celles qui interviendront dans la résolution du problème. Dans un deuxième temps, elle agence ces connaissances déclaratives par des liens dans un ordre tel qu'elles conduisent à la solution du problème. Tel un mouvement perpétuel qu'illustrent certaines œuvres d'Escher, le niveau de la synthèse résolutoire débouche toujours sur les autres niveaux et permet d'y retourner constamment.

La connaissance résolutoire se représente dans un réseau que nous avons appelé **carte** (page suivante). Il s'agit d'une représentation très proche du réseau de concepts mis au point par Novak et Gowin. Elle présente les caractéristiques essentielles d'un réseau sémantique, tel que défini par Lindsay et Norman²¹. Une carte contient des unités, appelées des nœuds, et des liens. À l'instar de l'arbre, la carte traduit la nature d'un lien par un verbe. On ne devrait y retrouver que les nœuds et les liens essentiels à la résolution du problème.

À ce niveau, l'élève devrait être capable d'intégrer ce qu'il a appris aux trois autres niveaux en faisant appel à des opérations cognitives de synthèse.

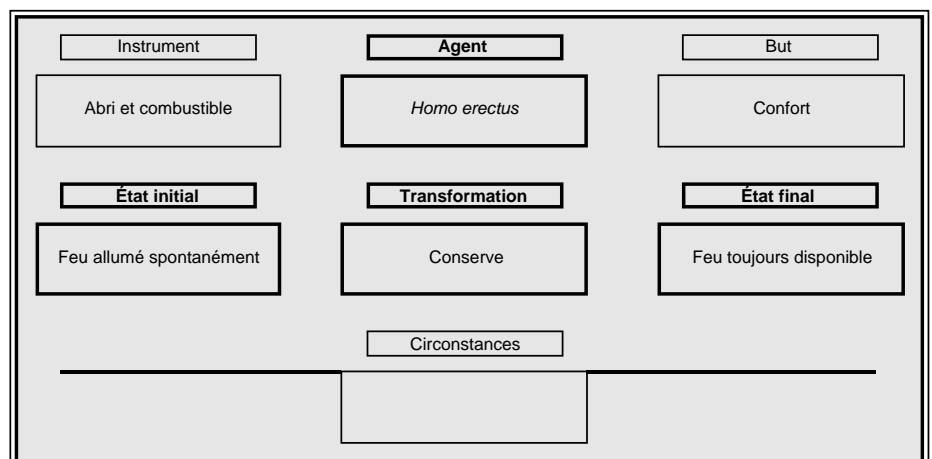
Le niveau de traitement actantiel

La connaissance actantielle porte sur des transformations. Elle permet la compréhension de changements d'état liés aux transformations que subissent les objets. Elle permet d'étudier le rôle d'un certain nombre d'éléments de la transformation que nous appelons sèmes ; nous en avons retenu six :

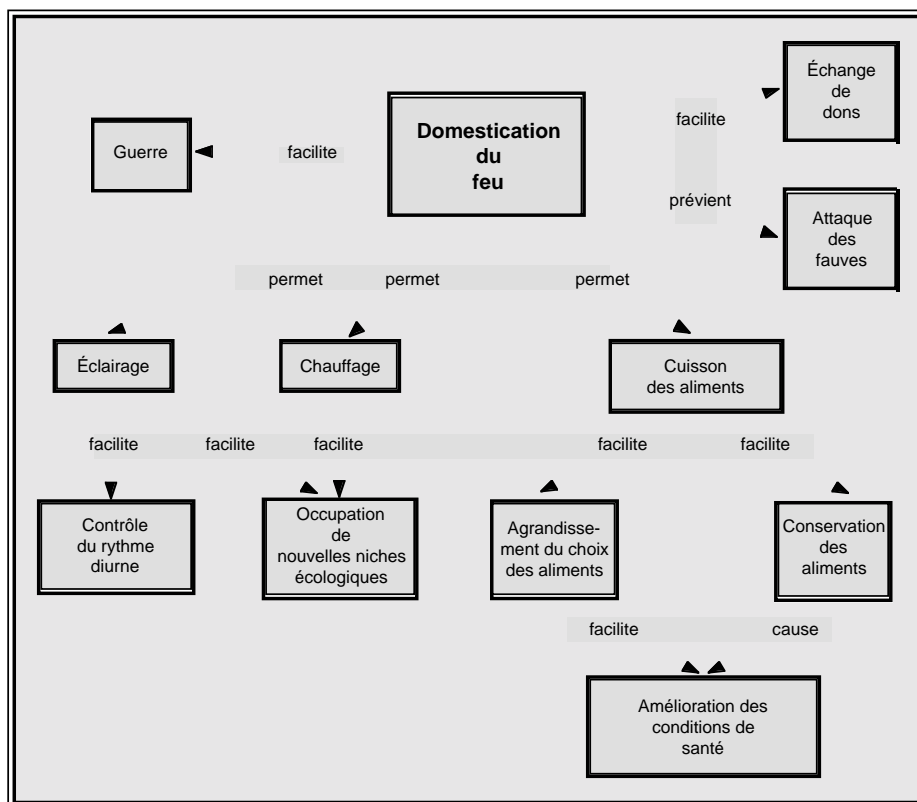
- ❑ l'agent, qui est responsable de la transformation ;
- ❑ l'état initial, qui réfère à l'objet avant la transformation ;
- ❑ l'état final, qui renvoie à l'objet après la transformation ;
- ❑ l'instrument, élément facultatif que peut utiliser l'agent ;
- ❑ les circonstances, élément facultatif précisant les conditions, le contexte de la transformation ;
- ❑ le but, élément facultatif réservé aux agents auto-déterminés.

On représente graphiquement la connaissance actantielle par un **schème**.

Au niveau actantiel, l'élève doit démontrer qu'il maîtrise les rôles que jouent des concepts dans une transformation ; il doit faire appel à des opérations cognitives d'analyse.



Schème actantiel de la domestication du feu par *Homo erectus*



Carte résolutoire de la synthèse de la domestication du feu

Du complexe au simple

Nous proposons qu'un professeur procède à l'analyse de sa matière en faisant appel au modèle de représentation des connaissances décrit ici qu'il appliquera à ce que nous appelons un domaine. Un domaine peut être un chapitre ou un autre ensemble structuré de connaissances. Le produit de ce travail d'analyse sous formes de schémas, fournira des médias utilisables lors de l'enseignement ainsi que du matériel d'évaluation formative et sommative. Il nous apparaît important que l'analyse soit entreprise à partir du niveau le plus élevé d'intégration des connaissances. Ce point de départ oblige à rester dans une perspective systémique et évite l'atomisation des connaissances.

Le professeur débute son analyse en définissant un certain nombre de performances. Ces performances traduisent des tâches à accomplir, des problèmes à résoudre et des compétences à utiliser.

Après avoir défini une performance, le professeur rédige une question de type résolutoire, c'est-à-dire une question de synthèse, et trace la carte de sa solution. La question se présente sous forme d'un

énoncé de problème et la carte contient des nœuds qui sont soit des actèmes, soit des taxèmes, soit des concepts et des relations entre ces nœuds. Les relations sont nommées à l'aide de verbes appropriés. Cette carte servira à préparer la prestation, mais elle pourra aussi être utilisée comme moyen visuel en classe ou comme instrument d'évaluation pour vérifier la capacité de l'étudiant à répondre au problème posé.

Une fois la carte réalisée, le professeur développe les nœuds qu'il désire voir maîtriser préalablement aux niveaux actantiel, hiérarchique et empirique. Pour chaque actème, il remplit un schème actantiel ; pour les taxèmes ou les phases, il construit un ou plusieurs arbres hiérarchiques. Enfin, pour les concepts à maîtriser au niveau empirique, il prépare des énoncés ou des schémas rayonnants. Encore une fois, ces développements sous forme de schémas peuvent servir de moyens visuels et d'instruments d'évaluation.

Conclusion

La méthode de planification exposée ici a déjà été utilisée par les auteurs auprès de sept groupes d'étudiants des programmes

de Sciences humaines, de Techniques de diététique et de Soins infirmiers des collèges Montmorency et Ahuntsic. Elle a également été présentée, dans le cadre d'activités PERFORMA, à une vingtaine d'enseignants qui l'ont utilisée à leur tour, en tout ou en partie, en classe. Les résultats de ces premières utilisations sont très encourageants si l'on se fie aux commentaires des utilisateurs.

À l'heure actuelle, nous complétons le devis de production d'un logiciel²² baptisé *Copilote* qui repose sur le modèle fonctionnel théorique que nous venons de décrire. Ce logiciel permettra aux enseignants et aux enseignantes de créer du matériel d'auto-évaluation informatisé en même temps qu'ils effectueront l'analyse de leur matière. Il leur offrira divers outils adaptés à chacun des niveaux de traitement des connaissances.

En plus d'inviter l'étudiant à naviguer dans un domaine structuré, *Copilote* lui offrira une rétroaction signifiante et de forme variable selon les niveaux. Celle qui accompagne les questions du niveau empirique sera immédiate et automatique : elle portera sur l'exactitude de la réponse. Pour les niveaux hiérarchique, actantiel et résolutoire, la rétroaction, déclenchée à la demande de l'utilisateur, comparera alors les réponses de l'élève à celles du professeur-concepteur. La rétroaction assurera le déclenchement d'activités métacognitives : à tout moment, l'utilisateur verra ce qu'il maîtrise et ce qu'il ne maîtrise pas. Il le verra question par question au niveau empirique ou à l'intérieur de structures intégrées avec les différentes représentations graphiques que constituent les arbres, les schémas et les cartes. Comme il aura accès à tous les niveaux d'un ensemble assurément intégré et systématique, il développera des réflexions sur les liens particuliers et globaux qu'entretiennent les concepts et il pourra identifier ses réussites et ses faiblesses. Voilà qui fera de *Copilote* un véritable outil intégré et systémique. ▣

NOTES ET RÉFÉRENCES

1. BARRETTTE, C. et J.-P. REGNAULT, *Copilote. Plan de développement d'un système informatisé d'auto-évaluation formative*, Montréal, Collège Ahuntsic, 1992, 162 p.
2. BRIEN, R., *Design pédagogique, introduction à l'approche de Gagné et de Briggs*, Sainte-Foy, Éditions Saint-Yves, 1989, 132 p.

3. HOWE, R., « Formules pédagogiques et évaluation formative : une combinaison gagnante », dans *Pédagogie collégiale*, vol. 4, n° 4, mai 1991, p. 8-13.
4. BLOOM, B. S. (Ed.) et al., *Taxonomie des objectifs pédagogiques. Tome 1 : domaine cognitif*, Montréal, Éducation Nouvelle, 1969, 233 p.
5. GAGNÉ, R. M., *The Conditions of Learning*, 4e édition, New York, CBS College Publishing, 1985, 361 p.
6. JONES, M., Z. LI et M. D. MERRILL, « Domain Knowledge Representation for Instructional Analysis », dans *Educational Technology*, octobre 1990, p. 7-32.
7. PALKIEWICZ, Jan, « Développement de la pensée et de l'action responsable dans une perspective d'acquisition de compétences au collégial », dans *Les actes du 10e colloque annuel de l'Association québécoise de pédagogie collégiale*, Québec, juin 1990, 9 p.
8. BRIEN, R., *Science cognitive et formation*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 1990, 130 p.
9. *Op. cit.*
10. AUSUBEL, D. P., *Educational Psychology: a Cognitive View*, New York, Rinehart and Winston, 1968, 685 p.
11. GAGNÉ, E. D., *The cognitive psychology of Science Learning*, Boston, Little Brown & Company, 1985, 374 p.
12. GALLAIRE, H., « La représentation des connaissances », dans *La recherche*, vol. 16, n° 170, octobre 1985, p. 1240-1248.
13. VOGEL, C., *Génie cognitif*, Paris, Masson, coll. Sciences cognitives, 1988, 196 p.
14. PINARD, A., « Cognition et métacognition : les recherches sur le développement de l'intelligence », dans *Interface*, novembre-décembre 1987, p. 21.
15. DESROSIERS-SABBATH, R., *Comment enseigner les concepts. Vers un système de modèles d'enseignement*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 1984, p. 50.
16. CARON, J. et al., *La métacognition et l'aide à l'apprentissage. Éléments d'intervention pédagogique*, Montréal, Collège Ahuntsic, 1991, 10 fascicules.
17. VARELA, J. F., *Autonomie et connaissance. Essai sur le vivant*, Paris, Seuil, coll. La couleur des idées, 1989, 248 p.
- VARELA, J. F., *Connaître les sciences cognitives. Tendances et perspectives*, Paris, Seuil, 1988, 123 p.
18. *Op. cit.*
19. Voir en particulier LOISELLE, R. et S. ROULEAU, *Les réseaux de concepts au laboratoire*, Laval, Collège Montmorency, avril 1991, 121 p. et BRETON, J., « La schématisation des concepts : un instrument de développement des habiletés conceptuelles au collégial », dans *Pédagogie collégiale*, vol. 4, n° 3, février 1991, p. 18-23.
20. JONES, B. F., J. PIERCE et B. HUNTER, « Teaching Students to Construct Graphic Representations », dans *Educational Leadership*, vol. 46, n° 4, décembre 1988-janvier 1989, p. 8 et suiv.
21. LINDSAY, P. H. et D. A. NORMAN, *Traitement de l'information et comportement humain. Une introduction à la psychologie*, Montréal, Éditions Études Vivantes, 1980, p. 380-415.
22. Dans le cadre du programme de production de matériel pédagogique informatisé de la DGEC.