



Université du Québec à Montréal

Doctorat en Informatique cognitive

DIC 9410

Présentation du projet de recherche

Hiver 2005

Olavo MENDES
MENO14075107

Projet de recherche

**La construction collaborative d'ontologie
par un réseau d'experts, dans une nouvelle
discipline scientifique : le Génie logiciel**

Directeur de recherche : Alain Abran

Codirecteur de recherche : Johanne Saint-Charles

Table des Matières

Liste des Figures	ii
Liste des Tableaux	ii
Résumé	iii

Chapitre 1 - Introduction

Introduction	1
1.1 Mise en contexte	2
1.1.1 Le projet SWEBOK	2
1.1.2 La maturité d'un domaine scientifique et l'émergence d'un corpus des connaissances	4
1.2 Problématique de recherche	5
1.2.1 La vérification des connaissances et descriptions contenues dans SWEBOK	5
1.2.2 L'absence d'une méthodologie pour la révision et l'évolution des connaissances de SWEBOK	5
1.2.3 L'absence d'études décrivant les dynamiques de groupe qui s'établissent lorsque les experts du domaine interagissent dans le cadre des processus de révision des connaissances	6
1.3 Justification	6
1.4 Objectifs du projet de recherche proposé	7
1.4.1 Objectif général	7
1.4.2 Objectifs spécifiques	7
1.5 Extrants du projet	9
1.6 Utilisateurs des résultats	9

Chapitre 2 - Revue des écrits scientifiques : état des connaissances

2.1 Volet informatique	10
2.1.1 Introduction	10
2.1.2 L'absence d'une ontologie de domaine pour le génie logiciel	11
2.1.3 Ontologies et la maintenance logicielle	12
2.1.4 Vers une ontologie du génie logiciel	13
2.1.5 Les méthodologies de construction d'ontologies	16
2.1.6 Synthèse	18
2.2 Volet cognitive - communicationnelle	18
2.2.1 Les dynamiques prenant place au sein du groupe	20
2.2.2 Théorie de l'activité	23
2.2.3 La cognition distribuée	23
2.2.4 Synthèse	24

Chapitre 3 - Proposition d'une solution

3.1 Introduction	25
3.2 Le cadre conceptuel	26
3.3 Le cadre opérationnel	26
3.4 Hypothèses de travail	24
3.5 Méthodologie de recherche	27
3.5.1 Stratégie de recherche	27
3.5.2 Justificative des choix réalisés pour la stratégie de recherche retenue	28

Chapitre 3 - Proposition d'une solution (suite)

3.6 La solution proposée.....	29
3.6.1 Les deux volets du projet de recherche: informatique et cognition-communication.....	29
3.6.2 Principales phases faisant partie de la stratégie de recherche retenue	30
3.6.3 Vue générale du volet informatique.....	32
3.6.4 Vue générale du volet cognitif - communicationnel	34
3.6.5 Les aspects communicationnels.....	36
3.6.6 Eléments d'information permettant décrire les activités faisant partie du processus de V&E...	38
3.7 Plan de développement.....	39
3.8 Méthode de validation des résultats.....	40
3.9 État d'avancement des travaux	41
3.10 Étapes encore à accomplir.....	42

Chapitre 4 - Conclusion

4.1 Contributions originales envisagées avec ce projet	43
4.2 Obstacles à franchir	44
Références bibliographiques utilisées.....	46

Liste des Figures

1.1 Domaines de connaissance / Knowledge Areas (KAs) du corpus des connaissances du génie logiciel .	3
1.2 Mise en contexte des objectifs couverts par ce projet de recherche	7
2.1 Les différents niveaux de connaissance d'une ontologie du génie logiciel (Wille et al., 2004).....	14
2.2 L'approche de construction d'ontologie adoptée (Mendes et Abran, 2004)	18
2.3 Le modèle communicationnel des groupes restreints (Saint-Charles et Mongeau, 2004)	22
3.1 Cadre conceptuel du projet de recherche : Volet informatique.....	26
3.2 Cadre conceptuel du projet de recherche : Volet cognition - communication.....	26
3.3 Cadre opérationnel : volet informatique.....	26
3.4 Cadre opérationnel : volet communication - cognition.....	27
3.5 Les principales phase du projet de recherche (éclatement niveau I)	30
3.6 Phases intégrant la stratégie de recherche retenue (éclatement niveau II)	31
3.7 Validation croisée des connaissances à travers les sous-domaines de connaissance de SWEBOK	32
3.8 Détails du processus de validation et d'extension de l'ontologie du génie logiciel	33
3.9 La description du processus de construction/ validation et d'extension d'une ontologie.....	35
3.10 Les processus communicationnels au sein des activités de construction de l'ontologie.....	36
3.11 Les interactions communicationnelles (d'après Roulet (1987), Kerbrat (1990) et d'Astous (1999))....	37
3.12 Éléments impliqués dans la description du processus de construction / V&E d'une ontologie	38

Liste des Tableaux

1.1 Extrants du projet de recherche	9
1.2 Utilisateurs des résultats	9
2.1 Méthodologies de construction d'ontologie et leurs étapes.....	17
3.1 Caractérisation de la stratégie de recherche.....	28
3.2 Aspects liés au volet cognitif du projet	29
3.3 Plan de développement du projet de recherche.....	39
3.4 Résumé des techniques de validation utilisées.....	40
3.5 Activités complétées et activités à accomplir pour le développement du projet de recherche	41

Résumé

Cette recherche comporte deux volets (informatique et cognitif-communicationnel) qui permettront d'atteindre l'objectif principal de bâtir une méthodologie pour la révision structurée du Guide SWEBOK. Cette méthodologie, basée sur l'ontologie du génie logiciel, permettra l'exploitation "intelligente" des connaissances contenues dans SWEBOK, et confèrera une systématique et un certain degré d'automatisme aux révisions réalisées. Cela contribuera à rendre le processus plus efficace, par rapport aux méthodes heuristiques utilisées présentement. Pour ce faire, il sera question d'étudier et de modéliser les activités cognitives et communicationnelles sous-jacentes au processus de validation de connaissances, réalisé par un groupe d'experts du domaine. La compréhension des dynamiques spécifiques qui s'établissent au sein du groupe d'experts permettra d'identifier les enjeux critiques du processus de validation de connaissances et de proposer des pistes favorisant la réduction des points de blocage et l'amélioration de l'efficacité globale du processus.

Le Guide SWEBOK résulte d'un effort conjoint à l'échelle internationale impliquant plusieurs centaines de participants (experts du domaine, praticiens, académiciens, chercheurs, représentants d'association et entités gouvernementales), qui a permis la construction progressive d'un consensus autour des sous-domaines de connaissance (KA) du génie logiciel, ainsi que les connaissances et principales références associées à ces sous-domaines. Bien que des directives et procédures aient été mises en place pour assurer l'homogénéité des descriptions produites, le contenu du guide varie néanmoins, en style et niveau de description. En 2003, un premier effort d'harmonisation du vocabulaire a été entamé, de façon très heuristique toutefois. Il reste donc à créer une méthodologie pour assurer la révision systématique et contrôlée du vocabulaire utilisé et du niveau de détail des descriptions contenues dans le guide, à travers les dix KAs.

Par ailleurs, cette problématique n'est pas unique à SWEBOK. On la retrouve aussi chez ISO (International Standards Organisation) qui se voit confrontée à l'harmonisation des descriptions utilisées dans les normes techniques produites, car celles-ci sont développées à la pièce, par des groupes de travail indépendants, à des moments différents et suivant des objectifs différents. La «ré-synchronisation» des normes techniques internationales constitue un problème majeur, qui n'a pas été réglé à l'heure actuelle. Il est donc pertinent de s'intéresser à traiter la problématique identifiée ci-dessus.

Une procédure de révision structurée basée sur des ontologies, permettrait d'analyser et d'exploiter la richesse sémantique contenue dans le guide et d'utiliser les résultats de cette analyse pour améliorer la structuration et le contenu de celui-ci. Cette procédure serait enchâssée à l'intérieur d'une méthodologie de révision structurée des connaissances et assistée par une ontologie de domaine. Les étapes et les activités de cette méthodologie seront formulées en tenant compte des recommandations dégagées lors de la modélisation des activités communicationnelles et cognitives sous-jacentes au processus de validation de connaissances, réalisé par un groupe d'experts. Cette approche contribuerait à : 1) faciliter le processus d'harmonisation du vocabulaire utilisé dans SWEBOK; 2) améliorer l'efficacité et la qualité globale du processus et 3) contribuer à la ré-écriture des prochaines versions SWEBOK, en identifiant à partir de l'analyse des vérifications croisées, les éléments à modifier.

1. Introduction

Le projet SWEBOK – Software Engineering Body of Knowledge – a permis de faire émerger (à travers des panels d'experts du domaine utilisant la technique Delphi), le consensus autour des sous-domaines de connaissance (KAs) qui intègrent le génie logiciel, ainsi que les contenus et principales références associées à chacun de ces sous-domaines. Le Guide SWEBOK est le résultat de huit années d'efforts pour dépister, répertorier et structurer (sous forme d'une taxonomie) des descriptions, organisées par thèmes, concernant le corpus des connaissances du génie logiciel, qui se trouve disséminé dans des centaines de sources externes.

Bien que des directives et procédures aient été mises en place pour assurer l'homogénéité des descriptions produites, le contenu du guide varie néanmoins, en style et en niveau de description. En 2003, un premier effort d'harmonisation du vocabulaire a été entamé, de façon très heuristique toutefois.

Cette constatation nous amène au cœur de la problématique, à laquelle ce projet de recherche s'intéresse : l'absence, à l'heure actuelle, d'une méthodologie détaillée, assistée par des outils informatiques, capable d'assurer la révision structurée et l'harmonisation des connaissances contenues, ainsi que la gestion de l'évolution des connaissances de domaine consignées dans le Guide SWEBOK.

Notre recherche a pour objectif de bâtir une méthodologie pour la révision structurée (assistée par une ontologie) des descriptions contenues dans le Guide SWEBOK, capable d'améliorer l'efficacité globale du processus, par rapport aux méthodes heuristiques présentement utilisées. Pour ce faire, il sera question d'observer et de modéliser les activités cognitives et communicationnelles sous-jacentes au processus de validation de connaissances, réalisé par un groupe d'experts, et d'utiliser ensuite cette compréhension du processus pour identifier les enjeux et les éventuels points de blocage de celui-ci.

Les ontologies, par leur propre nature, constituent un outil de choix pour assister au travail d'harmonisation des connaissances envisagé. Une méthodologie de révision structurée basée sur des ontologies, (qui s'inscrirait à l'intérieur d'un cadre plus large d'activités, s'intéressant à la gestion de l'évolution des connaissances dans SWEBOK), permettrait d'analyser et d'exploiter la richesse sémantique contenue dans le guide et d'utiliser les résultats de cette analyse pour améliorer la structuration et le contenu de celui-ci.

L'utilisation d'une telle approche contribuerait à : 1) faciliter le processus d'harmonisation du vocabulaire utilisé dans SWEBOK; 2) améliorer l'efficacité et la qualité globale du processus et 3) contribuer à la ré-écriture des prochaines versions SWEBOK, en identifiant, à partir de l'analyse des vérifications croisées, les éléments à modifier.

Par ailleurs, cette problématique n'est pas unique à SWEBOK, car on la retrouve aussi chez ISO (International Standards Organisation). En effet, cette organisation se voit aussi confrontée à la même problématique d'harmonisation des descriptions utilisées dans les normes techniques produites, car celles-ci sont développées à la pièce, par des groupes de travail indépendants, à des moments différents et suivant des objectifs différents.

La ré-synchronisation des normes techniques internationales constitue un problème majeur, sous la responsabilité du SC 7/WG 5 de ISO/IEC JTC1/SC7 (ISO, 2005), qui n'a pas encore été réglé à l'heure actuelle. Il est donc pertinent de s'intéresser à traiter cette problématique.

Le présent document s'organise autour de quatre chapitres principaux. Le chapitre I, après une mise en contexte, introduit la problématique de recherche, suivie des objectifs (généraux et spécifiques) envisagés par ce projet de recherche. Ensuite, l'on justifie pourquoi il est pertinent de s'intéresser à la problématique soulevée et l'on identifie les extrants de ce projet de recherche, ainsi que les bénéficiaires de ces résultats.

Au chapitre II, une revue des écrits scientifiques est présentée concernant les ontologies et les dynamiques sous-jacentes aux processus de groupe. Ensuite, la problématique sera mise en perspective, par rapport aux résultats de la revue de l'état de l'art réalisée.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation de notre proposition de solution: les cadres conceptuels et opérationnels relatifs à ce projet de recherche sont posés, les hypothèses de recherche présentées et la méthodologie adoptée pour la réalisation du projet est exposée et justifiée. Ensuite, sont présentés la solution proposée, le plan de développement à être utilisé et les méthodes pour la validation des résultats. Pour clore ce chapitre, seront présentés l'état actuel d'avancement des travaux, ainsi que les étapes qui sont encore à accomplir, avant d'entreprendre la rédaction de la thèse.

Au quatrième chapitre sont présentées les différentes contributions originales envisagées avec la réalisation de ce projet, ainsi que les défis et les obstacles auxquels nous serons confrontés au cours de cette réalisation. Pour clore le document, sont présentées les principales références bibliographiques utilisées.

1.1 Mise en contexte

1.1.1 Le projet SWEBOK

Le projet SWEBOK - Software Engineering Body of Knowledge (Abran 2000; Abran et al., 2000, 2000a; <http://www.swebok.org>) – est une collaboration entre: 1) l'IEEE Computer Society, 2) l'UQAM (Département d'informatique); 3) l'ETS – Département de génie logiciel et 4) ISO – International Standards Organisation. Cette collaboration a impliqué littéralement des centaines d'individus provenant des domaines aussi variés que l'industrie, le milieu académique, des sociétés professionnelles, des organismes responsables de l'élaboration de normes techniques, des auteurs et des centres de recherche ayant une renommée internationale dans le domaine du génie logiciel.

SWEBOK représente un effort très significatif d'intégration et de stratification de connaissances (déclaratives et procédurales) qui se trouvaient éparpillées dans une myriade de documents (communications, articles, livres, rapports, normes techniques, etc.) ou encore sous forme de

connaissances d'expertise (connaissances de background) chez les experts /chercheurs du domaine.

Cinq objectifs ont motivé l'équipe de SWEBOK : 1) Caractériser le contenu du domaine du génie logiciel; 2) Produire et rendre disponible un corpus des connaissances du domaine; 3) Promouvoir une vision consistante, à l'échelle internationale du génie logiciel; 4) Positionner le domaine et définir leurs frontières par rapport à d'autres disciplines, et finalement, 5) Bâtir les fondations pour le développement de curriculum et de matériel instructionnel destinés à la certification dans le domaine du génie logiciel (Dupuis et al. 1997, 1999, 1999a; Bourque, et al., 1999, 99a, 99b, 2000, 2002; Abran, 2000; Abran et al., 2000, 2000a, 2000b).

SWEBOK a permis de construire le consensus, utilisant la technique Delphi (Dupuis et al., 1997) autour des : 1) sous-domaines de connaissance représentant le génie logiciel; 2) contenus et principales références associées à chaque sous-domaine; 3) disciplines scientifiques impliquées dans chaque sous-domaine. Au total, dix sous-domaines de connaissance (fig.1.1) ont été identifiés dans le domaine du génie Logiciel, à savoir : 1) Analyse des requis fonctionnels; 2) Conception; 3) Construction du logiciel; 4) Tests; 5) Évolution et maintenance; 6) Gestion de la configuration; 7) Analyse de la qualité; 8) Outils et méthodes; 9) Processus; 10) Gestion du génie logiciel (Dupuis et al., 1997; Jabir et al, 1998; Bourque, et al., 1999).

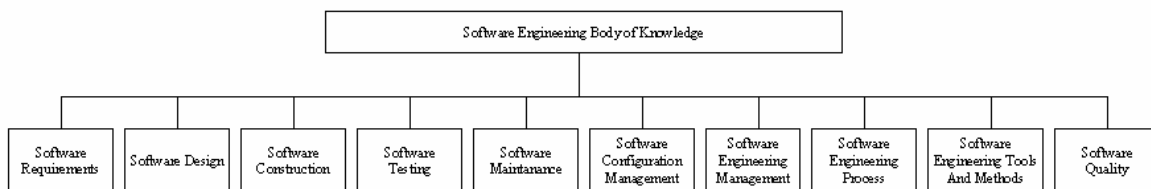


Figure 1.1 – Domaines de connaissance / Knowledge Areas (KAs) du corpus de connaissance du génie logiciel

Le processus pour développer le consensus comprend trois phases : 1) *Strawman* - Septembre 1998, impliquant 33 participants (Bourque et al., 1998); 2) *Stoneman* - Mai, 2000, impliquant 195 participants (Bourque et al., 1999, 2000); 3) *Ironman* - intégration des leçons apprises sur le terrain et révision - un total de 378 participants (incluant experts du domaine, praticiens, académiciens, chercheurs, représentants d'association et entités gouvernementales, etc.), en plus des pays membres du sous-comité ISO en génie logiciel ont participé au processus de révision et de l'établissement du consensus pour cette phase (Bourque, et al., 2000, Abran et al. 2000). La phase 3 est terminée et une édition du Guide SWEBOK a été terminée en Mai 2004. La prochaine édition du guide sera publiée au cours de 2005 aussi en format papier et deviendra une norme technique internationale ISO (TR1975). Les résultats de SWEBOK sont disponibles au public à travers le site Internet <http://www.swebok.org> afin d'être utilisés par des professionnels en industrie, formateurs, chercheurs, etc.

Ainsi, le Guide SWEBOK fournit une description validée, résultant d'un large consensus concernant le contenu du génie logiciel en tant que discipline scientifique (ainsi que leurs limites), assurant aussi un accès par thème au corpus de connaissance externe, soutenant la discipline (Mendes & Abran, 2005).

Toutefois, pour que ces connaissances faisant partie du Guide SWEBOK puissent être plus facilement *réutilisables* dans des applications ou *directement* exploitables par des systèmes informatiques ou des agents intelligents, il sera nécessaire de les structurer progressivement à l'aide d'*ontologies*, pour décrire de façon plus adéquate certains processus spécifiques tel que la mesure de la taille d'un logiciel.

1.1.2 La maturité d'un domaine scientifique et l'émergence d'un corpus des connaissances

Ce projet de recherche s'inscrit à l'intérieur d'un cadre plus large, où il est question du cycle de maturation d'une nouvelle discipline scientifique et de l'émergence de son corpus des connaissances (Kakihara et Carsten Sørensen, 2001). Le génie logiciel, bien que ses origines remontent aux années 60 (*Stabilizing era*: Glass, 1997), peut être considéré comme une nouvelle discipline en émergence, si l'on compare à d'autres disciplines comme la philosophie ou les mathématiques (en particulier la logique) qui, âgées de plus 2500 ans, remontent à la période grecque classique.

Il n'est pas la seule nouvelle discipline, d'autres étant aussi en émergence telles : l'ingénierie des connaissances, l'ingénierie génétique, les nanotechnologies, la neurobotique, etc. Ces disciplines posent des défis particuliers lorsqu'on essaie de dresser une carte du domaine, compte tenu des aspects suivants : 1) leur relation avec les disciplines scientifiques d'où proviennent, à des degrés variables, des concepts, principes et méthodes; 2) leurs frontières qui ne sont pas toujours nettement identifiables (interpénètrent parfois d'autres disciplines scientifiques), caractérisant un processus de croissance encore en plein essor, pas encore stabilisée dans plusieurs sous-domaines; 3) utilisation d'une terminologie (appellations des concepts et leurs définitions) qui varie d'un chercheur ou d'une étude à l'autre, ce qui rend difficile, voire impossible, la comparaison de certains résultats empiriques.

Dans une nouvelle discipline, lorsqu'on procède de façon non systématique et non ordonnée, plusieurs décennies sont nécessaires avant qu'un consensus concernant le corpus des connaissances (BOK) de celle-ci puisse émerger. Dans le cas du projet SWEBOK, par la manière même dont il a été structuré et produit - utilisant la technique Delphi et au moyen de plusieurs cycles impliquant des panels d'experts - un large consensus, à l'échelle internationale, a pu être progressivement construit, permettant l'émergence par consensus, du corpus des connaissances du domaine. Cette démarche a contribué à réduire significativement la durée du cycle de maturation du génie logiciel en tant que discipline scientifique.

Toutefois, ce corpus des connaissances est loin d'être statique et évolue de façon continue, en résultat des nouvelles recherches développées dans le domaine du génie logiciel. Une méthodologie de gestion de l'évolution de SWEBOK qui inclurait la vérification et validation des nouvelles connaissances intégrées dans le guide, par rapport à celles déjà existantes et l'analyse des impacts causés, est donc nécessaire. Cette constatation nous amène à notre problématique de recherche, exposée à la prochaine section.

1.2 Problématique de recherche

1.2.1 La vérification des connaissances et descriptions contenues dans SWEBOK

Le Guide SWEBOK, comme il a été précisé à la section 1.1 a impliqué la participation de certaines d'experts à travers la réalisation de panels plusieurs cycles Delphi, objectivant la construction progressive d'un consensus concernant le corpus des connaissances du génie logiciel.

Compte tenu de la variété, de l'étendue et de la complexité des thèmes traités constituant les dix domaines de connaissance du génie logiciel, les experts qui ont participé aux panels dans chaque domaine de connaissance (possédant des compétences reconnues dans ce domaine), ont gardé un focus centré essentiellement sur le contenu du sous-domaine (KA) sur lequel ils ont été appelés à intervenir et les divers chapitres de SWEBOK ont été développés de façon plutôt indépendante les uns des autres.

Bien que des directives et procédures aient été mises en place pour assurer la cohérence et l'homogénéité des descriptions produites ainsi que pour garder une vue d'ensemble, il faut se rendre à l'évidence que le contenu du guide varie grandement, en style et niveau de description (Mendes & Abran, 2005).

Ainsi, dû au fait que les sous-domaines de connaissance du Guide SWEBOK ont été développés et édités de façon indépendante les uns des autres, et que l'harmonisation réalisée a été très préliminaire, il est encore possible de rencontrer dans le guide (Sicilia et al., 2005; Mendes & Abran, 2005):

- Différents niveaux de détail des descriptions à travers les divers domaines de connaissance;
- Différences significatives en style et contenu, à travers les chapitres;
- Différences par rapport à l'utilisation du vocabulaire. L'utilisation de certains termes dans des contextes différents menant ainsi à des significations très différentes pour le même terme: des termes comme qualité, design, mesure, V&V à travers les chapitres du guide SWEBOK;
- Différences par rapport à la complétude et l'exactitude des définitions: définitions parfois ambiguës ou superficielles;

1.2.2 L'absence d'une méthodologie pour la révision et l'évolution des connaissances de SWEBOK

Compte tenu que le contenu des descriptions faisant partie des dix domaines de connaissances de SWEBOK, varie grandement en style et niveau de détail, un premier effort d'harmonisation du contenu du guide a été mené en 2003-2004, de façon très heuristique toutefois. L'harmonisation a été faite principalement par thèmes et il n'y a pas eu de vérification croisée à travers les différents KAs.

Cette constatation nous amène au cœur de la problématique de recherche de ce projet : à l'heure actuelle il n'y a pas de méthodologie, capable d'assurer de façon détaillée, structurée et systématique, la révision des connaissances de SWEBOK. Cette problématique s'inscrit à l'intérieur d'une problématique encore plus générale s'intéressant à la gestion de l'évolution des connaissances contenues dans le Guide SWEBOK. En plus de la planification des rencontres périodiques (à chaque deux ans) de l'équipe chargée de la

révision et de l'évolution du contenu de SWEBOK, il serait nécessaire de développer une méthodologie et des outils informatisés pour assister le processus de révision des connaissances de SWEBOK, afin d'améliorer l'efficacité globale et la qualité du processus de révision/évolution du contenu du guide.

1.2.3 L'absence d'études décrivant les dynamiques de groupe qui s'établissent lorsque les experts du domaine interagissent dans le cadre des processus de révision des connaissances

Les experts du domaine qui réalisent la révision des connaissances d'un artefact (comme le Guide SWEBOK), sont d'abord et avant tout des humains qui, afin d'atteindre un objectif commun, mettent en jeu à travers leurs interactions plusieurs dynamiques, par exemple : 1) production (pour accomplir certaines tâches menant à l'objectif commun envisagé); 2) communicationnelle (surtout verbale); 3) d'influence interpersonnelle; 4) cognitive (par la formation d'un système cognitif distribué) et émotif; 5) structurelle (par la structuration des interactions). À l'heure actuelle il y a très peu d'études approfondissant les dynamiques de groupe qui ont lieu lors d'un processus de révision des connaissances d'un artefact logiciel. Il serait utile de comprendre ce processus : comment cette dynamique entre les experts affecte les résultats obtenus ?

1.3 Justification

L'importance de la problématique soulevée – l'absence d'une méthodologie détaillée, assistée par des outils informatiques, capable d'assurer la révision structurée et systématique des connaissances contenues, ainsi que la gestion de l'évolution des connaissances de domaine consignées dans le Guide SWEBOK – découle principalement des raisons suivantes :

- Comblent le besoin découlant de l'inexistence à l'heure actuelle d'une procédure pour la révision structurée et systématique des descriptions contenues dans SWEBOK, capable d'être appliquée systématiquement assurant l'harmonisation du vocabulaire et des niveaux de description;
- Contribuer à une validation additionnelle des connaissances contenues dans SWEBOK, au moyen de vérifications croisées entre les divers chapitres. Ces validations, s'ajouteraient à celles déjà faites de manière périodique par l'équipe de révision de SWEBOK, assurant une cohérence accrue aux connaissances faisant partie du Guide SWEBOK (Mendes & Abran, 2005);
- Contribuer au processus d'évolution du corpus de connaissance du génie logiciel en améliorant l'efficacité et la qualité du processus d'harmonisation du vocabulaire utilisé (et à l'identification des impacts des changements proposés ou apportés) favorisant la réduction du temps nécessaire à l'obtention d'un consensus autour de l'utilisation des concepts et définitions dans SWEBOK.
- Contribuer à améliorer les connaissances à propos des dynamiques qui se produisent au sein d'un groupe d'experts, lorsque ceux-ci en tant que groupe, réalisent certaines tâches leur permettant d'atteindre un objectif commun : la révision des connaissances.

- Finalement, cette problématique d'harmonisation du vocabulaire et des niveaux des descriptions n'est pas unique à SWEBOK. En effet, on la retrouve aussi chez ISO (International Standards Organisation), car les normes techniques sont développées à la pièce, par des groupes de travail indépendants, à des moments différents et suivant des objectifs différents. La ré-synchronisation des normes techniques internationales constitue un problème majeur, sous la responsabilité du SC 7/WG 5 de ISO/IEC JTC1/SC7 (Software and system engineering - Architecture Management), qui n'a pas encore été réglé à l'heure actuelle. La méthodologie de révision structurée proposée, servira comme intrant au groupe de travail sur l'harmonisation des normes du sous-comité ISO/IEC JTC 1/SC 7/WG 5 et pourra contribuer à l'harmonisation du vocabulaire utilisé à travers les différents groupes de travail de ISO en génie logiciel. Il est donc pertinent de s'intéresser à traiter la problématique soulevée.

1.4 Objectifs du projet de recherche proposé

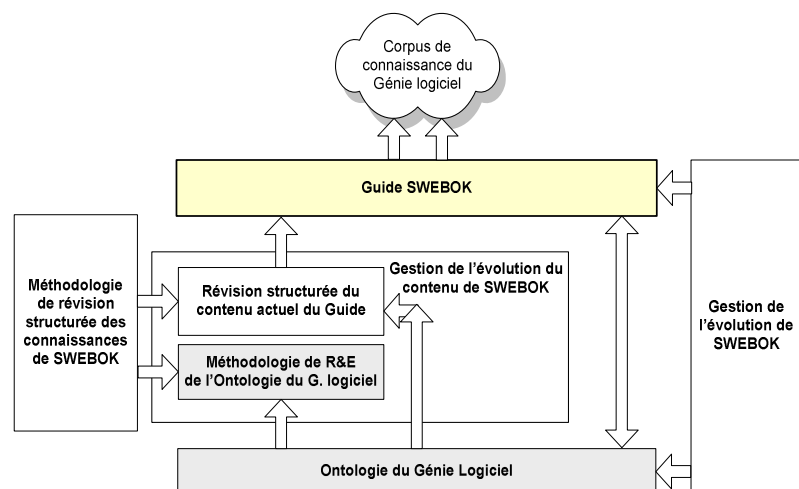
1.4.1 Objectif général

Compte tenu de la problématique identifiée, ce projet de recherche a pour objectif général de bâtir une méthodologie pour la révision structurée du Guide SWEBOK. Cette méthodologie, basée sur l'ontologie du génie logiciel, permettra l'exploitation "intelligente" des connaissances contenues dans SWEBOK et confèrera un certain degré d'automatisme aux révisions réalisées, rendant le processus plus efficace, par rapport aux méthodes heuristiques utilisées présentement. Pour ce faire, il sera question d'observer et de modéliser les interactions sous-jacentes au processus de révision des connaissances par les experts du domaines (sous une perspective cognitive et communicationnelle), afin d'identifier les enjeux et les points de blocage du processus. Ces pistes, contribueront à formuler une procédure pour guider la révision structurée.

1.4.2 Objectifs spécifiques

Ce projet de recherche constitue en fait la première phase d'un projet parapluie qui s'intéresse au développement d'une méthodologie et des outils informatisés pour assurer la gestion de l'évolution des connaissances de SWEBOK. La figure 1.2 positionne cette méthodologie de révision structurée des connaissances SWEBOK à l'intérieur de ce cadre plus large d'activités, s'intéressant à la problématique de la gestion de l'évolution des connaissances dans SWEBOK, de façon à assurer que ce processus soit plus efficace et plus contrôlé et plus aisé pour sa réalisation.

Figure 1.2 – Mise en contexte des objectifs couverts par ce projet de recherche



Les ontologies, par leur propre nature, constituent un outil de choix pour assister au travail d'harmonisation des connaissances envisagé, car les concepts, termes, définitions et relations qu'elles contiennent sont basés d'abord et avant tout sur un consensus. Les descriptions contenues dans le Guide SWEBOK (SWEBOK - ISO TR 19759) contiennent de très importants éléments, nécessaires à la construction d'une ontologie représentative du domaine (génie logiciel): 1) les concepts pertinents du domaine (résultant d'un large consensus entre les experts du domaine); 2) les termes/ appellations utilisés pour se référer à eux; 3) leur définition; 3) leur contexte d'utilisation, et finalement une certaine structuration, imbriquée dans les descriptions en format texte qui constituerait un point de départ pour la construction des hiérarchies ISA (généralisation – spécialisation) et PartOf (relations tout – partie, partonomique ou non-partonomique).

Puisque la démarche adoptée pour la construction de SWEBOK a permis la construction progressive d'un large consensus auprès des participants au projet, par rapport aux connaissances et la structuration du domaine du génie logiciel, le contenu du guide représente un très important point de départ et constitue tout naturellement une source d'informations privilégiée pour traduire le consensus développé par SWEBOK à propos du corpus des connaissances du domaine sous forme de règles (utilisant la Logique de description ou les Frames), dans une ontologie de domaine pour le génie logiciel (Sicilia et al., 2005).

Une méthodologie de révision structurée basée sur des ontologies, permettrait d'analyser et exploiter la richesse sémantique des connaissances consignées dans SWEBOK, et d'utiliser les résultats de cette analyse pour améliorer la structuration et le contenu de celui-ci.

En effet, une telle procédure de révision basée sur des ontologies assurerait une exploitation "intelligente" réalisée par des systèmes informatique, des connaissances disponibles, ainsi qu'une systématique et un certain degré d'automatisme des révisions réalisées (ex : propagation automatique des modifications à travers les différentes sections de SWEBOK), contribuant à déceler plus aisément les éventuelles ambiguïtés et inconsistances existantes dans les descriptions du Guide SWEBOK, ainsi qu'à assurer une harmonisation plus systématique et plus contrôlée du vocabulaire (les concepts, leurs appellations, leurs définitions), par des validations croisées à travers les 10 domaines de connaissance (KAs).

Le segment touché par notre projet de recherche - montré en gris à la figure 1.2 - vise essentiellement à rencontrer les objectifs spécifiques suivants [AI]: Volet informatique [AC]: Volet cognitif :

- Développer l'ontologie du génie logiciel en tant que discipline scientifique [VI];
- Observer et analyser le processus de construction (validation et extension - V&E) d'une ontologie [VC];
- Modéliser les interactions du groupe d'experts lors du processus de V&E d'une ontologie [VC];
- Identifier les enjeux sous-jacents au processus de V&E (dans une perspective communicationnelle et de cognition distribuée) [VC];
- Formuler des pistes menant à des recommandations, afin d'améliorer la conduite du processus de construction d'une ontologie [VI];

- Utiliser les leçons apprises pour proposer et développer une méthodologie de révision structurée basée sur des ontologies, pour la révision des connaissances consignées dans SWEBOK [VI];
- Appliquer cette méthodologie structurée, assistée par l'ontologie du génie logiciel, pour la révision des connaissances à l'intérieur d'un chapitre de SWEBOK [VI].

1.5 Extrants du projet

Au cours de ce projet de recherche, les artefacts suivants seront produits (tableau 1.1):

Tableau 1.1 – Extrants du projet de recherche

1. Ontologie de domaine du génie logiciel (niveau conceptuel)
Validée à plusieurs niveaux d'instances représentatives (à travers cycles internes et externes de validation et extension), par des panels d'experts et praticiens du domaine.
2. Ontologie de domaine du génie logiciel (niveau opérationnel)
Ontologie de domaine, validée, implantée dans un serveur, opérationnalisée pour deux domaines de connaissance, à être utilisée dans le processus de validation structurée de SWEBOK pour le <i>proof of concept</i> .
3. Modèle du processus de V&E d'une ontologie (perspectives: cognitive et communicationnelle)
Modèle des principales activités cognitives de haut niveau et communicationnelles, sous-jacentes au processus de construction / V&E collaborative d'une ontologie.
4. Liste des principaux enjeux critiques sous-jacents au processus de V&E
Principaux enjeux critiques identifiés pouvant occasionner un blocage du processus de construction/V&E collaborative d'une ontologie.
5. Méthodologie pour la révision structurée de SWEBOK
Méthodologie basée sur des ontologies pour la révision structurée des connaissances dans SWEBOK.
6. Résultats de l'application de la méthodologie de révision structurée à SWEBOK
Résultats de l'application de la méthodologie de révision structurée à SWEBOK basée sur l'ontologie du génie logiciel (application à un domaine de SWEBOK en tant que "proof of concept").

1.6 Utilisateurs des résultats

Les résultats de ce projet intéresseront et seront utiles, entre autres, aux groupes d'utilisateurs suivants :

Tableau 1.2 – Utilisateurs des résultats

Experts et réviseurs de SWEBOK
Experts et praticiens intéressés au processus de révision et d'évolution du corpus de connaissance du génie logiciel, à travers un processus d'évolution continue et programmée.
Concepteurs de systèmes à base d'ontologies
Concepteurs et développeurs de systèmes d'apprentissage à distance (ayant comme contenu le génie logiciel), ou de systèmes impliquant la catalogage ou l'utilisation d'objets pédagogiques dans le domaine du génie logiciel.
Développeurs de méthodologies en génie logiciel
Chercheurs oeuvrant dans le développement de méthodologies dans le domaine du génie logiciel
Utilisateurs finaux de systèmes à base d'ontologies
Éducateurs et formateurs de systèmes d'apprentissage ayant besoin de dépister, de consulter et d'intégrer des ressources pédagogiques annotées; Étudiants dans le domaine du génie Logiciel, étudiants gradués, praticiens/professionnels (4+ années d'expérience) intéressés à passer des processus/examens d'accréditation. Utilisateurs finaux de systèmes utilisant ontologies (du génie logiciel) pour assister les recherches.
Utilisateurs de méthodologies en génie logiciel
Éducateurs et praticiens, utilisant des méthodologies pour des applications spécifiques.
Les comités ISO
Les groupes de travail de ISO/IEC JTC1/SC7. Ces groupes bénéficieront de l'harmonisation du vocabulaire utilisée dans toutes les normes, qui sont développées à la pièce.

2. Revue des écrits scientifiques : État de l'art

2.1 Volet informatique

2.1.1 Introduction

L'ontologie existe en tant que sous-domaine de connaissance relevant de la philosophie (avec la métaphysique et l'éthique) depuis l'antiquité grecque, et s'intéresse à l'étude de l'être qua être (l'être considéré dans une perspective la plus abstraite et général possible). Deux grandes questions animent l'Ontologie en tant que discipline scientifique: l'étude du possible (Qu'est-ce qu'il y a ?); et l'étude de la nature du possible (Quelles sont les choses qui existent ? Quelle est la nature de ces choses/ types d'entités ? Quelles sont les caractéristiques les plus générales qu'une chose doit posséder pour être considérée comme une entité dont on reconnaît l'existence ?) (Ackrill, 1963; Ricoeur, 2000; Grondin, 2004).

L'introduction des ontologies dans le domaine de l'informatique s'est faite au début de années 90, à travers la communauté de la Représentation de connaissances/Intelligence artificielle (IA), par l'entremise d'un projet DARPA appelé « Knowledge Sharing Initiative » (Neches et al.,1991). Compte tenu que les systèmes à base de connaissance étaient très coûteux à développer, tester et maintenir, il a été question de partager et de réutiliser les connaissances formellement représentées et disponibles dans les bases de connaissances, au lieu de recommencer à zéro à chaque nouveau projet. Dans ce contexte, les ontologies ont permis de «...définir les termes et les relations de base du vocabulaire d'un domaine ainsi que les règles indiquant comment les combiner de façon à pouvoir étendre le vocabulaire» (Neches et al.,1991). Elle est donc un artefact qui traduit une certaine vue parcellaire de la réalité (conceptualisation), créé dans le but d'établir un vocabulaire commun capable de traduire la compréhension que les individus ont concernant la signification de certains termes/concepts et leurs définitions, permettant ainsi leur partage et réutilisation. Ainsi, une ontologie décrit une conceptualisation formelle et explicite d'un certain domaine (une parcelle de la réalité externe), réalisant un inventaire (dont le niveau de détail dépend du but que l'on se donne), des entités pertinentes et des relations entre elles (Mizoguchi, 1992, 1995).

Plusieurs définitions d'ontologie coexistent actuellement dans la littérature. Guarino (1998) en a analysé sept, chacune apportant une nuance ou précisant davantage certains aspects/dimensions. Dans le cadre de ce projet, la définition adoptée sera (Guarino et Giaretta, 1995): « une spécification explicite, formelle et partielle d'une conceptualisation ». Cette conceptualisation - description intensionnelle - est le résultat d'un consensus à l'intérieur d'un groupe ou d'une communauté et intègre les éléments suivants : 1) les concepts pertinents du domaine; 2) leurs définitions; 3) les termes utilisés pour les nommer; 4) les relations qu'ils entretiennent avec d'autres concepts (généralisation – spécialisation, agrégation, composition, instanciation, association, etc.); 5) les propriétés définissant les concepts.

Par rapport au sujet de conceptualisation, les ontologies peuvent être classifiées, de façon résumée, comme : 1) Ontologies de représentation; 2) Ontologies générique ou haut niveau; 3) Meta-ontologies; 4) Ontologies de domaine; 5) Ontologies de tâche; 6) Ontologies d'application (Guarino, 1997; Mizoguchi, 1992, 1995, 1996; Gómez-Pérez, 1999; Uschold et Gruninger, 1996). Dans le cadre de ce projet de recherche nous sommes intéressés au processus de construction d'une ontologie de domaine.

2.1.2 L'absence d'une ontologie de domaine pour le génie logiciel

À l'heure actuelle, le génie logiciel, ne possède que des ontologies partielles développées très récemment, décrivant de façon fragmentaire certains sous-domaines tels la maintenance, mesure et qualité logiciel (Kitchenham, et al. 1999; Ruiz, 2004; Martin et Olsina, 2003, Wille et al., 2003). Une ontologie de domaine pour l'ensemble de la discipline, résultant d'un consensus à propos des concepts utilisés, leurs définitions, leurs interrelations, etc., n'existe pas présentement. Une telle ontologie de domaine en plus de rendre explicites tous les présupposés et les contenus sémantiques associées aux concepts utilisés dans le domaine du génie logiciel, permettrait aussi l'inférence computationnelle et favoriserait le développement d'applications dans les pôles d'utilisation suivants (Uschold & Gruninger, 1996; Gómez-Pérez, 1999; Gruninger & Lee, 2002; Guarino et Welty, 2002) : 1) **Communication** entre personnes, organisations et systèmes informatiques, par la mise en place d'un vocabulaire commun, accepté de façon consensuelle (l'engagement ontologique); 2) **Partage et réutilisation** de connaissances déclaratives et procédurales du domaine du génie logiciel dans des systèmes à base de connaissances; 3) **Interopérabilité** de plateformes et de systèmes qui dans l'avenir se baseront sur cette ontologie de domaine (basés sur des engagements sémantiques et ontologiques) et finalement 4) "Compréhension" des connaissances (inférence computationnelle) par des systèmes informatiques (Guarino, 1998; Gruber, 1993; Bachimont, 2000).

À l'heure actuelle ce sujet éveille un grand intérêt auprès des praticiens et chercheurs oeuvrant dans le domaine du génie logiciel (Schultz, 2003; Kitchenham et al., 1999; Qasem, 2001; Wille et al., 2003,2004; Mendes et Abran, 2004, 2005; Sicila et al., 2005; Garzás et Piattini, 2005).

Plusieurs initiatives ont déjà été entamées pour répondre à ce besoin. Toutefois, les résultats de recherche disponibles jusqu'ici ont produit, pour la plupart, des sous-ontologies ou des ontologies d'un sous-domaine du génie logiciel (Kitchenham et al., 1999; Schultz, 2003; Ruiz 2003; 2004), ayant pour caractéristique le fait d'être *locales*, produites par des individus ou organisations pour usage privé ou pour des fins de recherche, afin de tester certaines idées. Ces ontologies en plus de n'être pas rendues publiques dans leur intégralité, ne bénéficient pas d'une large acceptation, car elles ne traduisent qu'une certaine perspective à propos d'un sous-domaine de connaissance, sur lequel les auteurs développent leurs intérêts de recherche

2.1.3 Ontologies et la maintenance logicielle

Le domaine de la maintenance logicielle a été l'un des premiers où des sous-ontologies ont été proposées, avec les travaux de Kitchenham et al. (1999), Ruiz (2004), Deridder (1999, 2002) et April (2005).

Kitchenham (1999) a élaboré une ontologie préliminaire de la maintenance du logiciel – une ontologie de tâche – présentée sous la forme d'un modèle UML, visant à identifier les facteurs contextuels pouvant influencer les résultats d'études empiriques sur la maintenance.

Ruiz et al. (2004) proposent une ontologie de la maintenance composée essentiellement de trois sous-ontologies : 1) une sous-ontologie décrivant les artefacts logiciels qui sont la cible du processus de maintenance; 2) une sous-ontologie décrivant le processus de maintenance et finalement 3) une sous-ontologie décrivant les ressources impliquées dans le processus de maintenance. Par rapport aux artefacts logiciels (code ou documentation associée) qui sont objet du processus de maintenance, la sous-ontologie décrit leur structure interne ainsi que les éléments qui le caractérisent (taille, âge, maturité, composition, type d'application, caractéristiques de qualité, etc.). Le processus de maintenance quant à lui est décrit par un certain nombre d'éléments (type, intrants, extrants, performance, caractéristiques de qualité) et par une taxonomie de types d'activités de maintenance : investigation, modification (corrective ou perfective (prévention de problèmes, changements de requis, changements au niveau de l'implémentation), retirement et migration. Finalement, les ressources impliquées dans le processus de maintenance appartiennent à trois catégories: ressources humaines, matériel et logiciel et sont décrites par un certain nombre d'éléments (type, description, requis, performance, caractéristiques de qualité). April (2005) a développé des extensions aux sous-ontologies de maintenance, afin d'approfondir et enrichir le niveau de description du processus de maintenance, des artefacts sous maintenance ainsi que ressources requises, proposées initialement par Kitchenham et al. (1999) et Ruiz (2004).

Une autre modalité d'utilisation d'ontologies dans le domaine de la maintenance logicielle est proposée par Deridder (2002) qui a constaté qu'une quantité importante de connaissances demeurent implicites, imbriquées à l'intérieur des artefacts logiciels développés (ex : diagramme de classes), en tant que liens que les différents artefacts maintiennent entre eux, les connaissances considérés "*common sense*" par les *stakeholders*, les experts du domaine ou les développeurs, qui ne jugent nécessaire de les mentionner ou les objectiver (en mettant par écrit), car ça va de soi selon eux. Ainsi, lorsque un produit logiciel est finalement rendu à la phase de maintenance, plusieurs de ces connaissances ne sont plus disponibles, car les détenteurs de celles-ci ne se rappellent plus de certains détails ou parfois ne sont même plus dans l'entreprise. Selon Deridder, les ontologies peuvent contribuer à régler ce problème en rendant ces connaissances explicites en tant que concepts dans une ontologie et en les rattachant aux artefacts logiciels au moment où ils sont créés dans les phases d'analyse, conception ou réalisation techniques.

Ces informations attachées aux artefacts faciliteraient les activités de maintenance et réutilisation subséquente. D'autre part, Deridder et Wouters, 1999, préconisent l'utilisation d'ontologies, intégrées à des environnements CASE (tel Rational Rose), pour améliorer la communication entre les informaticiens et lever le doute à propos de la signification à attribuer à certains mots/concepts (le langage naturel permettant des ambiguïtés), au cours des activités de développement, vérification et validation des artefacts logiciels.

2.1.4 Vers une ontologie du génie logiciel

Qasem (2001, 2005), remarque qu'en dépit du fait d'une ontologie sembler constituer le choix intuitif pour représenter les connaissances d'un corpus qui évolue dynamiquement, l'on rencontre encore très peu d'applications d'ontologies dans le domaine du génie logiciel. Il souligne aussi l'absence d'une ontologie de domaine pour le génie logiciel. Par conséquent, il a démarré le projet WOSE – Web-enabled Ontology of Software Engineering – un environnement de travail collaboratif qui permettra aux experts du domaine du génie logiciel, bien que dispersés géographiquement à l'échelle internationale, de se rencontrer virtuellement (à travers le réseau Internet) et de travailler de façon collaborative dans la construction d'une ontologie du corpus des connaissances du génie logiciel. Cet environnement collaboratif une fois complété, permettrait de dépister des fragments d'ontologies éventuellement existantes sur le web (décrivant des sous-domaines du génie logiciel), de les rendre disponibles (accès à distance) pour réutilisation total ou partielle, de les inspecter visuellement, de détecter des éventuelles inconsistances logiques dans les ontologies qui devront être intégrées / fusionnées et finalement les intégrer ou les fusionner (Qasem, 2001).

Wille, Abran, Desharnais, et Dumke (2003), d'autre part, ont été les premiers à examiner la possibilité d'exploiter les connaissances consignées dans le Guide SWEBOK, objectivant la construction d'une ontologie pour l'un sous-domaines du génie logiciel - la qualité logicielle (SWEBOK KA11). Leurs résultats préliminaires (Wille et al., 2003), identifient le concept de qualité (et leurs multiples sous-concepts); analysent la terminologie utilisée pour se référer à celui-ci; vérifient comment il est utilisé à travers les dix sous-domaines de connaissances de SWEBOK et finalement, proposent une première structuration hiérarchique pour le concept de qualité logiciel, le reliant à d'autres concepts pertinents, ainsi qu'en identifiant les types de liens.

Dans Wille, Dumke, Abran, et Desharnais (2004), les auteurs posent les premières réflexions concernant l'intérêt de la construction d'une ontologie pour le génie logiciel et l'opportunité de le faire, à partir du corpus des connaissances consensuel colligé par SWEBOK. Ils soulignent un défi majeur auquel les participants au début des travaux du Projet SWEBOK ont été confrontés, concernant l'absence d'une terminologie du domaine génie logiciel ayant une acceptation de façon plus large. SWEBOK au cours des panels Delphi a contribué à la construction d'un tel consensus à propos du vocabulaire utilisé dans le domaine. Ensuite les auteurs approfondissent la réflexion concernant la construction d'une ontologie de domaine, utilisant

SWEBOK comme source primaire de connaissances, exploitant le consensus construit au long des huit années de travaux de SWEBOK à propos du corpus de connaissance du domaine génie logiciel et proposent une approche pour la construction d'une telle ontologie.

Un certain nombre particularités et d'obstacles qui se posent dans le processus de construction de l'ontologie, sont identifiés. Parmi ceux-là il serait à souligner : 1) l'impossibilité d'une transposition "directe" des descriptions de SWEBOK en langage naturel, aux concepts et définitions que l'ontologie contiendra; 2) l'existence d'une immense "toile" reliant les concepts, contenant des multiples liens internes (entre sous-sections, sections ou chapitres) et externes (vers les références pointant vers le corpus des connaissances externe). Cela empêche l'accès direct d'un usager à un concept ou à une référence spécifique qui lui est rattachée; 3) un nombre relativement réduit de niveaux de l'ontologie

SWEBOK, lorsque comparée

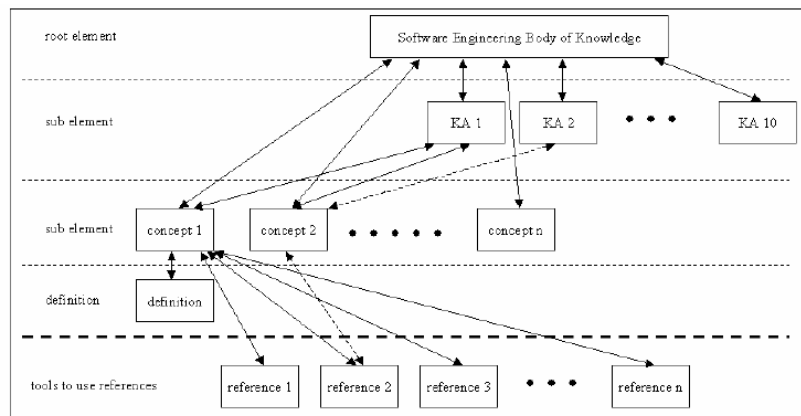


Figure 2.1 – Les différents niveaux de connaissance d'une ontologie du génie logiciel (Wille et al., 2004)

à d'autres ontologies de domaine (comme celle du domaine médical ou des marchés électroniques).

Ensuite après une analyse des langages disponibles pour l'opérationnalisation de l'ontologie, le choix préliminaire se concentre sur DAML+OIL. Finalement, les auteurs analysent la contribution d'une ontologie de domaine, construite à partir des connaissances colligées dans SWEBOK, pour le développement de systèmes d'apprentissage et formation à distance dans le domaine du génie logiciel.

Mendes et Abran (2004) approfondissent les réflexions entamées par Wille et al. (2004) concernant l'intérêt et l'opportunité de construction d'une ontologie pour l'ensemble du domaine du génie logiciel, utilisant SWEBOK comme source primaire, complémentée par des normes techniques ISO et IEEE et analysent les méthodologies de construction d'ontologie proposées dans les écrits scientifiques, pour enfin abstraire et identifier un certain nombre d'étapes fondamentales à respecter, dans une méthodologie pour la construction de l'ontologie envisagée. Les auteurs envisagent d'utiliser OWL comme langage pour l'opérationnalisation de l'ontologie du génie logiciel et présentent des résultats préliminaires pour niveaux supérieurs de l'ontologie, utilisant ce langage.

Dans Mendes et Abran (2005 – Article accepté) les auteurs présentent les premiers résultats globaux d'une ontologie du génie logiciel (encore au niveau conceptuel à ce stade-ci), contenant plus de 6.000 concepts reliés par des liens normalisés, pour l'ensemble des dix domaines de connaissance faisant partie du corpus des connaissances du génie logiciel. Un processus de validation réalisé à plusieurs niveaux (interne et externe) représentatifs du domaine est proposé, impliquant la participation de praticiens et d'experts du domaine. De plus, l'utilisation de cette ontologie est évoquée pour l'harmonisation du vocabulaire et du niveau des descriptions employées dans le Guide SWEBOK, à travers un processus de vérifications croisée des concepts utilisés à travers les divers chapitres de SWEBOK. Il est évoqué aussi, l'utilisation de ces résultats pour améliorer la structuration du Guide SWEBOK lors des prochaines révisions programmées.

Enfin, Sicila et al. (2005) reconnaissent que 1) SWEBOK représente une étape importante dans la construction d'un consensus autour du contenu du génie logiciel en tant que domaine de connaissances; 2) que les ontologies sont les outils appropriés pour traduire le consensus acquis, sous forme de règles logiques pouvant être utilisées/exploitées par des applications informatiques et 3) que le contenu des descriptions de SWEBOK ne peut pas être simplement directement traduit du format texte vers des éléments dans une ontologie, car les définitions en langage naturel ne sont pas formelles et requièrent un certain degré d'interprétation par un humain et parfois, le recours directement aux sources (contenues dans le corpus des connaissances externe), mentionnées dans les références.

Les auteurs démarrent présentement un projet – Onto-SWEBOK – pour la construction d'une ontologie SWEBOK, basée exclusivement à partir des connaissances colligées dans SWEBOK, à être utilisée dans une variété d'applications pratiques, incluant : 1) le développement de méta-données basées sur cette ontologie pour la description des objets d'apprentissage dans le domaine du génie logiciel; 2) l'intégration avec des ontologies de haut niveau comme OpenCyc et 3) des descriptions formelles de frameworks en génie logiciel comme le *Processus Unifié* en termes de conceptualisations plus génériques, afin de pouvoir les comparer (Sicila et al., 2005).

Pour en conclure, Sicila et al., (2005) à la lumière de certains résultats de recherche de Wille et al.(2003) et Mendes et Abran (2004), proposent d'utiliser l'ontologie SWEBOK à l'intérieur d'une procédure de révision structurée des descriptions de SWEBOK, afin de dépister des ambiguïtés ou des définitions trop superficielles. De plus, la mise à jour périodique du contenu de l'ontologie SWEBOK devrait contribuer à assurer à leur tour, à un arrimage pour les révisions de contenu et d'évolution du Guide SWEBOK. Les futurs travaux comprendront la continuation du développement de l'Ontologie SWEBOK ainsi que la mise au point d'une interface de recherche basée sur cet ontologie pour assister le processus de révision du guide.

2.1.5 Les méthodologies de construction d'ontologies

Le processus de construction d'une ontologie est un processus complexe, impliquant la participation dans les différentes phases du processus, de plusieurs types d'intervenants détenant des expertises, des perspectives et un degré de familiarité avec les ontologies très divers, ex : l'ingénieur de connaissances (l'ontologiste), les experts du domaine dans lequel l'ontologie sera développé, les futurs utilisateurs et éventuellement des utilisateurs indirects (*stakeholders*) (Fikes, 1999, Uschold, 1995; Staab et al., 2001).

L'ensemble des étapes qui doivent être exécutées lors de la construction d'une ontologie ne doivent pas être faites de façon improvisée, *ad hoc*, sous peine de, à chaque fois qu'on aura à étendre ou à intégrer l'ontologie construite avec d'autres, d'avoir à dépenser une significative quantité de temps et d'efforts additionnels pour retravailler et harmoniser les concepts, leurs définitions, ainsi que leurs interrelations.

La gestion de cette complexité exige la mise en place de processus de gestion, surtout pour les projets de développement d'une certaine taille, afin de contrôler les coûts et le risque, et d'assurer la qualité tout au long du processus de construction. Ainsi, nous devons chercher à utiliser des méthodologies de construction d'ontologies capables d'assurer un guidage efficace et d'évaluer les décisions prises concernant les choix ontologiques (Guarino et Welty, 2002)

Ces méthodologies doivent pouvoir offrir un guidage de façon cohérente, systématique et contrôlée tout au long du processus de construction/intégration de l'ontologie, afin produire à la toute fin, des ontologies possédant un niveau de qualité assuré. Malgré cela, à l'heure actuelle, il n'existe pas encore de consensus à propos des étapes du processus de construction d'une ontologie, ni des meilleures pratiques à adopter lors de ce processus, ou encore, des normes techniques régissant le processus de développement des ontologies. Certains critiques du processus de développement d'ontologies affirment que, même à l'heure actuelle, le processus demeure beaucoup plus un art que le résultat d'une démarche rigoureuse d'ingénierie (Guarino et Welty, 2002).

Une recension des écrits, a permis de dénombrer une cinquantaine de méthodologies et approches de développement d'ontologies existantes à l'heure actuelle et une vingtaine objectivant plus particulièrement la construction d'ontologies à partir de zéro. Une méthodologie étant considérée comme ensemble de principes de construction systématiquement reliés, appliqués avec succès par un auteur dans la construction d'ontologies. L'analyse des processus de développement des méthodologies de construction d'ontologies recensées, montrée au tableau 2.1, en prenant compte du découpage et du séquençement des étapes, ainsi que des activités réalisées et des extrants produits dans celles-ci, a permis de caractériser et d'organiser les différentes activités les unes par rapport aux autres (Mendes, 2004). Pour cela il a été utilisé le découpage d'activités montré ci-dessous, inspiré de celui proposé par Gomez-Pérez et al., (1996, 1999); Fernández-López et al.(1997) dans Methontology, lui-même basé dans la norme IEEE 1074-1995.

Tableau 2.1 – Méthodologies de construction d'ontologie et leurs étapes

Étapes	Activités de Pré construction	Spécification	Acquisition de connaissances	Conceptualisation	Ontologisation	Intégration	Opérationnalisat.	Évaluation	Déploiement et Utilisation	Maintenance	Documentation	Gestion Config.	Autres activités Post construction
Approche collaborative (Holsapple, 2002)		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓				
Approche Unifiée (Uchold et Gru, 96)		✓	✓	✓	✓		✓	✓					
Capture automatique (Aussenac, 2000)													
Capture automatique (Maedche, 2000)													
Cyc Project (Lenat et Guha, 1990)			✓	✓	✓		✓						
Enterprise Model Ontology Project (Uchold & King, 1995, 96)		✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓		
IDEF 5 (KSBI)		✓	✓	✓	✓		✓	✓					
KACTUS Projct (Bernaras et al. 1996)		✓			✓		✓	✓					
Kassel, 2002													
MENELAS (Bouad et al., 1994)					✓								
Méthode (Dieng et al., 2001)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Méthode (Furst, 2002)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Méthode (Noy & McGuinness, 2001)		✓		✓	✓	✓	✓	✓					
Méthodologie à trois couches (Mizoguchi, 2002)				✓	✓								
Methontology (Fernandez-Lopéz et al., 1997)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Mikrokosmos (Mahesh, 1995, 96)				✓	✓								
Modèle en V (Stevens, 2001)		✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓		
On-To-Knowledge (Staab et al., 2001)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		
Ontolingua (Farquhar et al., 1995, 96, 97)						✓							
Physsys (Borst et al., 1996)													
Plinius (Mars et al., 94; van der Vet, 1995)		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓				
SENSUS Project (Swartout et al., 1997) -			✓		✓	✓	✓						
TOVE Project (Gruninger & Fox, 1996) (OntoWeb)		✓	✓	✓	✓		✓	✓					

Légende : [■] : Activités réalisées dans une seule et même étape, selon la méthodologie

[|] : Séparation de deux étapes dans l'ontologie

Dans Mendes et Abran (2005 – Article accepté) une approche de construction d'ontologies (montrée à la figure 2.2) est proposée. Par rapport au découpage des activités proposé (Mendes, 2004) il a été ajouté des cycles de validation externe, utilisant des experts du domaine pour assurer de la robustesse à la phase de construction du consensus autour des concepts, termes, définitions et liens entre concepts que l'ontologie doit contenir, ainsi que leur structuration dans des hiérarchies du type IsA et PartOf. De plus dans l'approche proposée les activités qui sont au cœur du processus de construction (conceptualisation et ontologisation) sont réalisées en deux étapes : Étape 1 : construction d'une proto-ontologie du génie logiciel. Étape2 : validation et extension de cette proto-ontologie. Notre hypothèse de travail est que cela contribuerait à augmenter l'efficacité globale du processus, lorsque cette méthode est comparée à celle de laisser les experts démarrer à partir de zéro, avec des feuilles blanches de papier et le corpus des

connaissances agréées pour le domaine du génie logiciel (complémenté éventuellement par d'autres sources d'appui, comme les normes techniques).

2.1.6 Synthèse

Cette section a réalisé un survol des écrits scientifiques recensés, concernant les ontologies, leurs applications dans le domaine du génie logiciel, la problématique et l'opportunité découlant de l'inexistence d'une ontologie de domaine pour le génie logiciel et des méthodologies et approches existantes pour la construction d'ontologies. Lorsqu'on analyse et l'on place en perspective ces résultats de recherche, il est possible de dériver les conclusions suivantes : 1) La construction d'une ontologie de domaine pour le génie logiciel, contribuera à intégrer et harmoniser les sous-ontologies et les ontologies locales qui sont en train d'être développées et à avoir un effet synergique sur plusieurs recherches utilisant ontologies dans des domaines tels la maintenance, la mesure et la qualité logiciel; 2) SWEBOK a dépisté, colligé et structuré dans un processus permettant la construction d'un consensus autour des connaissances faisant partie du corpus du génie logiciel. Cette source extrêmement riche d'informations doit être mise à profit, pour la construction d'une ontologie de domaine; 3) Cette ontologie à son tour pourra contribuer à une vérification structurée des connaissances contenues dans le guide, ainsi qu'à l'harmonisation du vocabulaire et des niveaux de description. Cela contribuera à leur tour au processus de réécriture des prochaines versions SWEBOK, en identifiant à partir d'analyses plus systématiques et plus contrôlées, les éléments à changer dans le guide; 4) Des processus de révision structurée plus efficaces que les méthodes heuristiques utilisées actuellement, favoriseront des révisions plus aisées et plus approfondies du corpus des connaissances du domaine, contribuant à sa maturation.

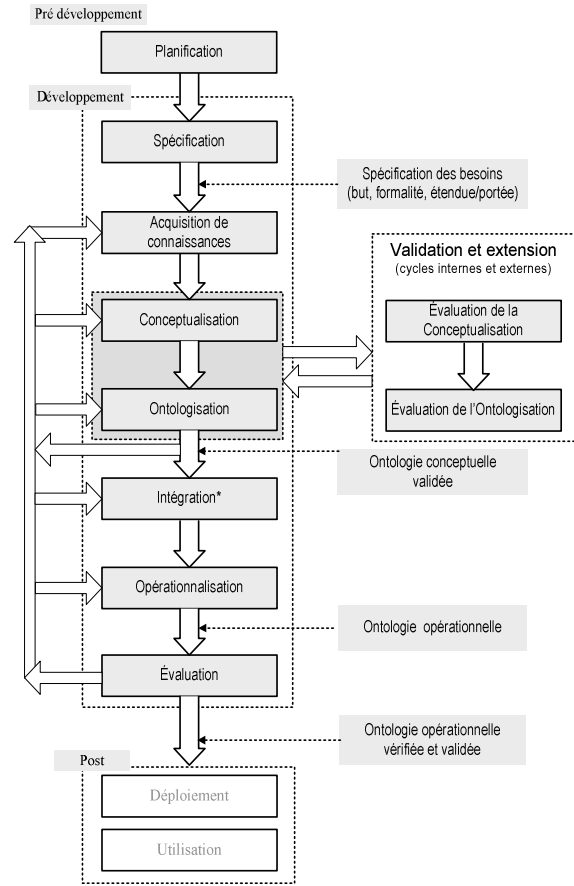


Figure 2.2 – L'approche de construction d'ontologie adoptée (Mendes et Abran, 2004)

2.2 Volet cognition - communication

La construction d'une ontologie est un processus réalisé essentiellement par des humains qui, à travers diverses modalités d'interactions (communications verbales, interinfluences, processus cognitifs distribués,

activités de production, etc.), réalise de façon ordonnée et structurée un ensemble d'activités, en suivant des normes et des règles (de bienséance (tacites, institutionnelles ou sociales), techniques ("*best practices*" du domaine), etc.), afin d'atteindre un but commun : la production d'un artefact logiciel.

Ce processus de construction est considéré par les chercheurs du domaine comme étant encore très artisanal, plutôt qu'un processus d'ingénierie bien défini et contrôlé (Gómez Pérez et Rojas, 1999). Les dynamiques (cognitives, communicationnelles, etc.) qui prennent naissance au sein du groupe formé par les experts du domaine et les ingénieurs de connaissances (ontologistes) lorsqu'ils développent une ontologie, n'ont pas été suffisamment étudiées ni comprises de façon approfondie. Les interactions qui se produisent au sein d'un groupe peuvent être étudiés selon plusieurs approches/dimensions Arrow, McGrath et Berdahl (2000) et Saint-Charles et Mongeau (2004) en identifient six: 1) production; 2) interinfluence; 3) cognitive; 4) structurale; 5) médiation et 6) aspects socio-affectifs.

La revue des écrits scientifiques portant sur le processus de construction des ontologies révèle que les dimensions cognitive et communicationnelle des interactions entre les experts lors de la construction d'une ontologie, n'ont jamais été prises en compte de façon plus approfondie, isolées ou conjointement. Cette absence néglige un aspect fondamental du processus, car ces phénomènes sont intrinsèquement et indissociablement liés à la nature humaine.

Dans le cadre de cette recherche, nous sommes intéressés à comprendre et à modéliser un sous-ensemble des dynamiques qui se produisent lorsque un groupe d'experts réalise la construction/V&E collaborative d'une ontologie. Nous avons retenu deux dimensions d'analyse qui pourraient s'avérer prometteuses en fonction des objectifs envisagés, pour être en mesure de comprendre les phénomènes mis en jeu lors de la construction d'un ontologie, à savoir : 1) **dimension communicationnelle** : s'intéressant aux interactions sociales qui se produiront (surtout verbales, car leur processus d'interprétation comporte moins d'ambiguïtés) et 2) **dimension cognitive** : s'intéressant surtout au système cognitif distribué qui se forme - permettant le traitement des informations, l'élaboration des représentations communes, le partage et la mémorisation des représentations produites par les membres groupe.

Plus spécifiquement, la problématique dans laquelle le volet cognitif prend racine est la suivante : 1) comment la dynamique cognitive-communicationnelle qui s'établit entre les experts affecte les résultats obtenus ? 2) les interactions au sein du groupe sont-elles résultat d'un processus exclusivement rationnel ou est-il soumis à d'autres facteurs comme : interinfluences entre les participants, leadership, habilités d'argumentation, etc. ? 3) comment les experts construisent-ils des représentations communes à travers leurs interactions ? 4) comment sont partagées les représentations construites en commun, permettant

l'émergence d'un consensus entre les experts ? 3) quels sont les éléments déterminant/favorisant l'émergence d'un système cognitif distribué efficace au sein du groupe ?

Ces problématiques imbriquées au sein du processus de construction d'ontologies, relèvent des dimensions cognitive et communicationnelle qui dépassent un cadre recherche purement informatique et nous invitent à aller observer *in situ*, comment le processus de construction d'une ontologie se déroule, afin de mieux comprendre les dynamiques qu'y se produisent, ainsi que les points de blocage potentiels. Cette observation de la réalité permettra une meilleure compréhension et description/modélisation des activités cognitives et communicationnelles sous-jacentes au processus de construction/V&E d'une ontologie, qui permettra par la suite formuler des pistes afin d'optimiser la conduite du processus.

2.2.1 Les dynamiques prenant place au sein du groupe

Les experts participant au processus de construction/V&E de l'ontologie du Génie logiciel forment un «groupe restreint» (en fonction du nombre d'individus : [4 - 20]) (Saint-Charles, 2004) qui, par la mise en commun des efforts, connaissances et d'expertises (différentes et complémentaires) permet d'atteindre des objectifs dont l'ampleur ou la complexité ne seraient pas à la portée d'un individu seul. Dans ce contexte, la communication est un élément fondamental – autant d'un point de vue fonctionnel, pour l'accomplissement des tâches, que constitutif, car le groupe lui-même émerge à partir de la communication entre les membres – permettant l'émergence de plusieurs modalités d'interaction au sein du groupe, qui se présente comme une structure de coconstruction des «réalités» : 1) cognitives (intra et inter-personnelles); 2) de production; 3) d'influence interpersonnelle; 4) d'organisation et structuration; 5) spatiotemporelles; 6) affectives, etc. (Saint-Charles et Mongeau, 2004).

Les interactions qui se produisent au sein du groupe peuvent être étudiés selon plusieurs approches/dimensions. Une revue des écrits scientifiques réalisée par Arrow, McGrath et Berdahl (2000) et approfondie par Saint-Charles et Mongeau (2004) identifient six perspectives/visions (d'autres étant également possibles) qu'on peut avoir d'un groupe : 1) **production** (le groupe comme un lieu de production, créant de nouvelles informations, représentations, décisions, produits, etc.); 2) **interinfluence** (le groupe comme lieu de rencontre des perceptions, des intérêts et des ressources des membres, parfois divergents, parfois similaires); 3) **cognitive** (le groupe comme lieu d'acquisition d'information, de traitement distribué des informations, de construction de consensus, d'élaboration des représentations communes, de partage d'informations, d'apprentissage, et finalement de transfert et rétention d'informations entre les membres; 4) **structurale** (l'organisation des relations et des tâches, objectivant l'organisation et le développement du groupe); 5) **médiation** (les forces et les contraintes politiques, organisationnelles et techniques s'exerçant sur le groupe à partir de son contexte externe) et finalement, les 6) **aspects socio-affectifs** (les attractions,

répulsions et émotions qui marquent les relations interpersonnelles au sein du groupe ou avec son environnement externe).

Dans le cadre de cette recherche, compte tenu des objectifs envisagés, deux dimensions seront privilégiées, la communicationnelle et la cognitive, les éléments d'information résultant de la première permettant d'inférer et de comprendre les processus (de haut niveau) de la dimension cognitive, qui prennent place lors de la construction/ V&E d'une ontologie. La dimension cognitive dans l'étude des interactions en groupes a pour objet d'étude le traitement d'informations réalisées collectivement par le groupe, ainsi que les représentations élaborées par les membres. Deux courants de recherche en découlent de cette approche : 1) l'**instrumental**, où l'on cherche à comprendre comment se font les échanges d'information entre les membres et comment les membres apprennent les uns des autres et 2) le **symbolique**, qui s'intéresse à cerner quelles constructions symboliques ou fantasmatiques émergent du groupe (Saint-Charles et Mongeau, 2004).

Le courant instrumental voit l'individu membre d'un groupe sous la perspective d'un système de «traitement d'informations», doté de fonctionnalités cognitives (comme attention/filtrage d'informations, mémorisation de court et long terme, rappel, reconnaissance et traitement d'informations, prise de décision, transfert d'informations, etc.) et capable de d'interagir avec les autres membres du groupe sous une base cognitive de traitement des informations nécessaires à atteindre un certain objectif commun au groupe (production, création, loisir ...). Les thèmes de recherche dans ce courant incluent : 1) la prise de décision en tant que résultat d'un traitement d'informations (Tindale, 1989, 2003; Davis et al., 1989); 2) le degré de consensus des membres (*social sharedness*) (Kameda et al., 2002); 3) le partage d'informations et la performance du groupe (Laughlin et al., 1991, 98); 4) la rétention d'information en mémoire dans les individus vs les groupes (Hollingshead et al., 1998, 2003); 5) la cognition distribuée (Hinsz et al., 1997; Resnick et al., 1991); 6) l'apprentissage et la rétention d'informations (Hollingshead et Brandon, 2003); 7) le rôle de la communication et des interactions dans le partage des informations (Hollingshead et Brandon, 2003; Pavitt, 2003). Le courant symbolique, d'autre part, s'intéresse entre autres à étudier l'usage des symboles par les membres du groupe - comment le langage et les symboles affectent les membres du groupe (Burke (1966); Enos (1981) - et à la création et partage de représentations au sein du groupe (Frey et Sunwolf, 2004; Shields et Cragan, 1995).

Les recherches réalisées sur les groupes, depuis les années 30, privilégient généralement l'analyse d'une seule dimension - production, interinfluence, cognitive, structurale, médiation ou socio-affective - du phénomène des groupes. Cette approche mène à la vision parcellaire de la réalité, ne permettant pas d'établir une vue d'ensemble sur la totalité des processus qui se produisent en simultané et

s'interinfluencent sans cesse (Saint-Charles et Mongeau, 2004). Il existent plusieurs modèles de groupes restreints, décrits dans la littérature, les plus connus étant le modèle des phases (Tuckman, 1965; Tuckman et Jensen, 1977) qui décrit les étapes de l'émergence d'un groupe, le modèle pragmatique et systémique de Landry (1988), le modèle de la complexité de Arrow, Mcgrath et Berdahl (2000). Ces modèles ont été développés dans une perspective relativement unidimensionnelle.

Pour contrer cette faiblesse et afin de prendre en compte d'autres dimensions qui interviennent dans les interactions se produisant au sein d'un groupe, un «modèle *communicationnel* des groupes restreints» a été proposé par Saint-Charles et Mongeau (2004). Ce modèle, montré à la figure 2.3, conçoit le groupe comme émergeant à partir des d'interactions qui se produisent entre ses membres et entre le groupe et le contexte externe socio- technique, dans lequel il s'insère.

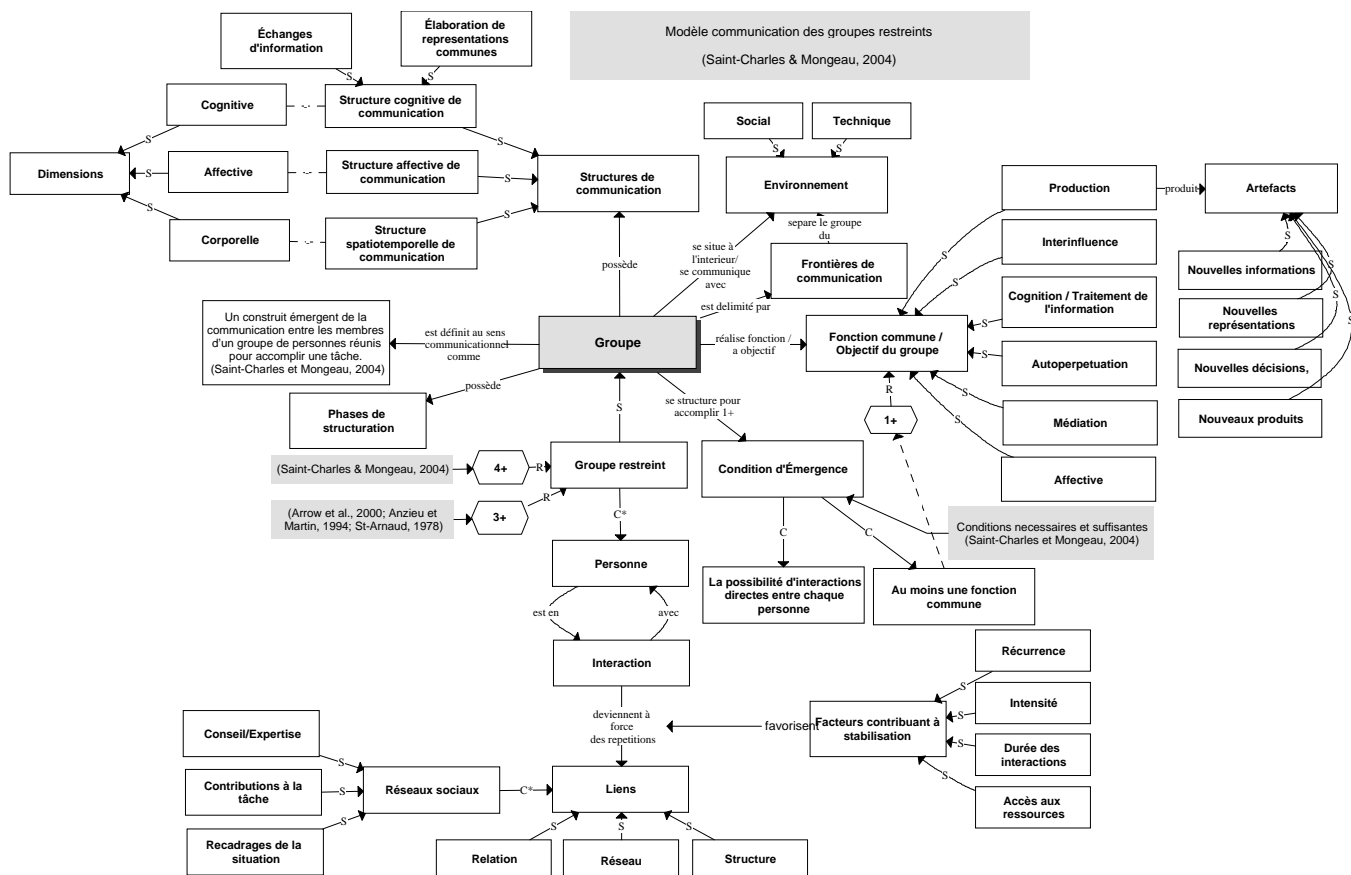


Figure 2.3 – Le modèle communicationnel des groupes restreints (Saint-Charles et Mongeau, 2004)

Ces interactions, qui s'établissent permettant l'émergence du groupe, se structurent selon trois dimensions - cognitive, affective et physique/spatiotemporelle - qui coexistent et s'influencent mutuellement.

Deux conditions sont identifiées comme étant nécessaires et suffisantes à l'émergence d'un groupe (Saint-

Charles et Mongeau, 2004): 1) la possibilité d'interactions *directes* entre chaque membre du groupe et 2) l'existence d'*au moins une* fonction commune – une opération ou une transformation – partagée et atteinte par la mise en commun des efforts, connaissances et expertises des membres du groupe (Mongeau, 1981). Ces fonctions communes dérivent des six dimensions identifiées par les études sur les groupes et sont les suivantes : production, interinfluence, traitement de l'information, autoperpétuation, médiation et affective.

La fonction de **production** correspond à la dimension «système de production», étant souvent associée à l'objectif explicite du groupe et mène à la production/création d'artefacts (nouvelles informations, représentations, décisions, produits). La fonction d'**interinfluence**, résulte de la rencontre des perceptions, des intérêts et des ressources des membres et à leurs impacts mutuels, dans la mesure où les membres d'un groupe ne partagent pas tous les mêmes perceptions, manières de faire, représentations du monde, intérêts ou les mêmes attractions et répulsions. La fonction **traitement d'information**, quant à elle, correspond à la dimension «système cognitif» du groupe, résulte de l'application des fonctions cognitives sur des informations et des connaissances provenant de l'environnement externe ou stockées en mémoire (individuelle, de groupe ou externalisée à travers artefacts techniques) (Saint-Charles et Mongeau, 2004). Les autres fonctions ne seront pas mentionnées, dans la mesure où elles sont moins pertinentes par rapport à la perspective et aux objectifs qu'on se donne dans cette recherche.

2.2.2 Théorie de l'activité

Il serait à souligner que les interactions communicationnelles et les activités cognitives (intra-personnelles et distribuées) qu'émergeront au sein du groupe d'experts se dérouleront à l'intérieur d'un certain contexte socio-culturel-technique qui peut influencer et colorer celles-ci à plusieurs niveaux : historique, culturel, social, organisationnel/ académique, ainsi qu'à travers la culture prévalente dans la discipline Génie logiciel (et leur sous-domaines de connaissance). Cette dimension socio-culturelle-technique de la cognition est privilégiée dans la Théorie de l'activité (Leontiev, 1978; Vigotsky, 1981; Engeström, 1987; Kaptelinin, 1996; Kuuti, 1996), qui conçoit la cognition humaine comme étant, d'abord et avant tout, insérée et influencée par les contextes institutionnels, sociaux, culturels/techniques et historiques dans lesquels elle se passe. Les recherches sur les groupes, reconnaissent aussi l'influence des structures sociales et techniques dans lesquelles le groupe s'insère et en dépend, et sur lesquelles il exerce à leur tour une certaine influence sur leur développement et contributions possibles (Saint-Charles et Mongeau, 2004).

2.2.3 La cognition distribuée

Au contraire de la conception traditionnelle de l'esprit, qui considère la cognition comme un phénomène localisé, expliqué en termes de traitement de représentations symboliques réalisé au niveau intra-individuel par un système symbolique physique (Newell & Simon, 1976; Fodor et Pylyshyn, 1988), l'approche

distribuée de la cognition, développée par Hutchins et collaborateurs (Flor et Hutchins, 1992; Hutchins, 1995) revendique que la cognition humaine serait mieux expliquée comme un phénomène distribué (Rogers et Ellis, 1994; Rogers, 1997; Rogers et Scaife, 1997) à travers : 1) les interactions sociales; 2) les interactions entre les acteurs humains et les artefacts (psychologiques ou outils technologique) (Rizzo et Marti, 1998); 3) les représentations internes et externes et 4) les influences de l'environnement (sociales, culturelles, organisationnelles). Selon Hutchins (1995), les frontières classiquement acceptées comme séparant l'individu de son contexte/environnement externe doivent être assouplies et qu'à la place d'utiliser l'individu isolé comme unité d'analyse du système cognitif, l'individu devrait être considéré plutôt comme engagé activement dans des activités construites collaborativement et situé dans un environnement soumis à des influences culturelles et historiques. La cognition est vue comme un processus émergent qui se déroule à la fois à l'intérieur des individus et entre ces individus (George, 2001).

2.2.4 Synthèse

Cette section a présenté un survol des écrits scientifiques recensés, concernant : 1) les approches/dimensions d'étude des phénomènes de groupe; 2) le modèle communicationnel des groupes restreints; 3) la théorie de l'activité et, finalement 4) l'approche distribuée de la cognition.

En mettant en perspective ces résultats de recherche, il est possible de dériver les conclusions suivantes : 1) par rapport aux six approches ou visions qu'on peut avoir des groupes, nous adopterons dans cette recherche une **perspective cognitiviste** instrumentale pour analyser les interactions qui se produisent entre les membres du groupe d'experts; 2) le modèle de communication pour les groupes restreints sera utilisé comme cadre référentiel pour situer et décrire les phénomènes cognitifs, à partir des interactions communicationnelles observées. Notre perspective sera donc **communicationnelle – cognitive**, les éléments de la première permettant d'éclairer et de comprendre les interactions qui se produisent entre les membres du groupe vues sur une perspective cognitiviste; 3) les recherches en cognition distribuée font état de l'émergence d'un système cognitif distribué au sein d'un groupe, par la mise en commun des capacités cognitives (traitement d'informations) ainsi que connaissances et expertises (connaissances stockées) des membres du groupe. Nous essayerons de caractériser ce système distribué, finalement 4) la théorie de l'activité souligne l'influence du contexte socio-culturel dans lequel le groupe s'insère sur les activités de celui-ci et la participation des artefacts (techniques ou psychologiques) en tant qu'éléments médiateurs de la cognition. Dans le cadre de cette étude nous sommes intéressés par le processus de construction des représentations communes, dans un contexte de génie logiciel, à travers les interactions collaboratives réalisées par les experts au cours du processus de V&E de l'ontologie du génie logiciel (l'objet/artefact motivateur)

3. Proposition d'une solution

3.1 Introduction

La problématique générale de ce projet de recherche (identifiée à la section 1.2) s'intéresse à la gestion de l'évolution des connaissances contenues dans SWEBOK (qui permet un accès par thèmes au corpus de connaissance du génie logiciel). Cette problématique est très récente et très peu étudiée jusqu'ici. La problématique spécifique s'intéresse au développement de procédures capables d'assurer la révision systématique et structurée des connaissances des descriptions contenues dans SWEBOK.

Compte tenu de cette problématique, l'approche de solution qui a été retenue pour ce projet de recherche met à profit l'utilisation des ontologies en tant qu'outil pour assister un processus de révision structurée capable d'exploiter de façon systématique et "intelligente" la richesse sémantique des connaissances contenues dans le Guide SWEBOK et de déceler plus aisément et systématiquement les opportunités pour harmoniser le vocabulaire et améliorer l'homogénéité des descriptions dans SWEBOK.

La solution envisagée privilégie le développement d'une méthodologie pour la révision structurée des connaissances de SWEBOK, basée sur une ontologie du génie logiciel. Les mises à jour périodiques de cette ontologie, réalisées à partir de sources externes, assureront un important feed-back pour la révision programmée du contenu du guide, à travers des vérifications croisées sur le contenu de SWEBOK.

Pour que cela puisse être réalisé, une ontologie du génie logiciel devra être développée, car à l'heure actuelle il n'existent que des ontologies *locales*, produites par des individus ou des organisations pour usage privé ou semi-public, ne traduisant que des connaissances de certains sous-domaines du génie logiciel.

L'ontologie à être développée sera ensuite validée par des panels d'experts du domaine, afin d'assurer qu'un consensus aussi large que possible soit établi par rapport aux concepts et liens entre concepts qu'elle véhiculera. Le consensus ainsi construit assurera par conséquent, la validité et la représentativité de l'ontologie de domaine résultante. L'ontologie ainsi construite, sera utilisée à l'intérieur d'une méthodologie de révision structurée et validée aussi en pratique, utilisant comme banc d'essai, le contenu de SWEBOK.

Une étude descriptive-analytique du processus de validation et d'extension (V&E) de l'ontologie du génie logiciel (constituant le volet cognitif de ce projet de recherche) permettra de caractériser et d'avoir une compréhension plus approfondie concernant ce processus de V&E, qui devra être répété périodiquement (à chaque deux ans) pour le cadre d'un processus d'évolution programmée du Guide SWEBOK. Les résultats de cette description du processus de construction / V&E de l'ontologie permettront une compréhension plus approfondie des principaux aspects cognitifs et communicationnels mis en jeu au cours de ce processus. Cela permettra de modéliser le processus de construction/V&E de l'ontologie, ainsi que l'identification des

principaux enjeux critiques dans ce contexte. Des pistes menant à des recommandations seront produites à partir des enjeux identifiés, visant améliorer les pratiques adoptées actuellement, pour la construction/extension d'une ontologie.

3.2 Le cadre conceptuel

Le cadre conceptuel sous-jacent à ce projet de recherche, pour les volets informatique et cognition-communication est donc le suivant (figures 3.1 et 3.2):

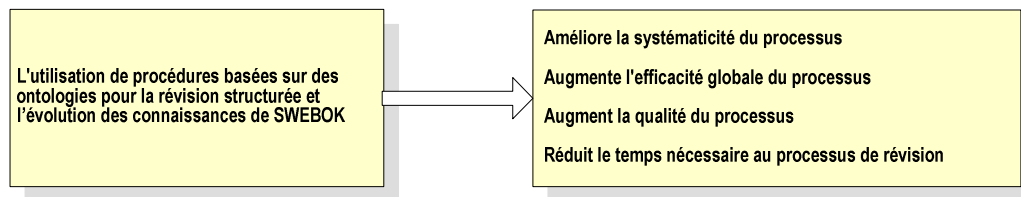


Figure 3.1 – Cadre conceptuel du projet de recherche : Volet informatique

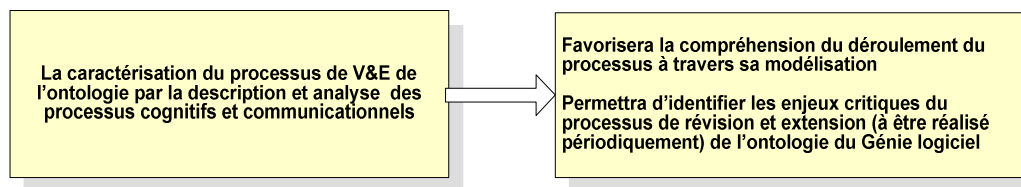


Figure 3.2 – Cadre conceptuel du projet de recherche : Volet cognition - communication

3.3 Le cadre opérationnel

À partir du cadre conceptuel proposé, il est possible dégager le cadre opérationnel (montré aux figures 3.3 et 3.4) qui guidera le développement de ce projet de recherche.

L'utilisation d'une méthodologie basée sur des ontologies, destinée à assurer la révision structurée des connaissances de SWEBOK, favorisera : 1) l'augmentation du nombre de concepts retrouvés, requérant harmonisation (lorsque comparée à la méthode heuristique utilisée actuellement); l'augmentation de l'efficacité des validations croisées de concepts à travers les KAs (toujours par rapport à la méthode heuristique utilisée actuellement) et finalement 3) favorisera l'obtention d'une plus grande homogénéité des descriptions contenues dans SWEBOK, par la détermination des sections ou KAs qui ont besoin d'être retravaillées.

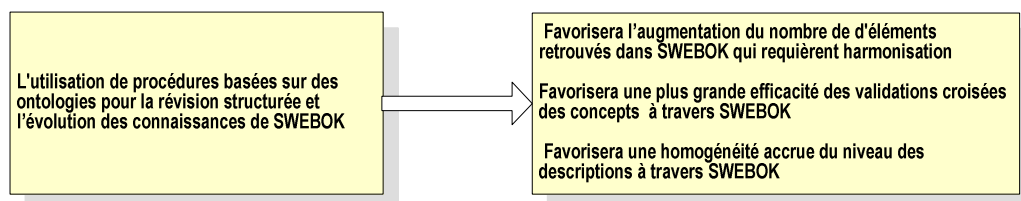


Figure 3.3 – Cadre opérationnel : Volet informatique

Au volet communication-cognition, la caractérisation du processus de V&E de l'ontologie (par la description et analyse) des processus cognitifs et communicationnels sous-jacents permettra d'identifier à partir de l'analyse des actions posées par les intervenants (utilisant les techniques d'analyse ESDA (Sanderson, et Fisher 1994; Fisher et Sanderson 1996; McKean, 2004; Smith et Kay Smith, 1993; Tukey, 1977) et des techniques utilisées pour l'étude des réseaux sociaux (Sage, , 2000; Saint-Charles, 2001)), les principaux processus cognitifs et de communications sous-jacents.

Cela permettra la modélisation du processus et l'identification de certains enjeux critiques dans ce contexte, et ensuite, la proposition des pistes pour favoriser l'amélioration de l'efficacité du processus de V&E d'une ontologie.

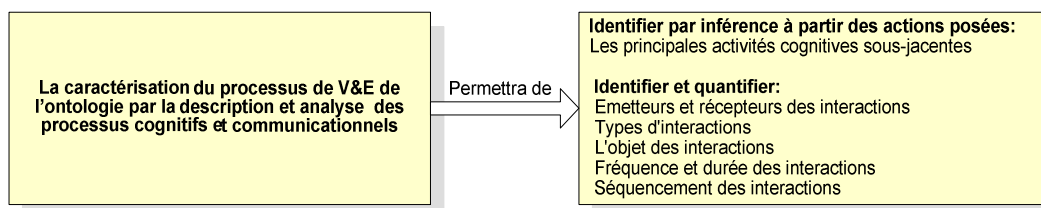


Figure 3.4 – Cadre opérationnel : Volet communication - cognition

3.4 Hypothèses de travail

Les hypothèses de travail sous-jacentes à cette étude sont les suivantes :

(H1) Une procédure de révision structurée basée sur des ontologies favorisera l'efficacité globale du processus de révision de SWEBOK : L'utilisation d'une méthodologie, - assistée par un outil à base d'une ontologie du génie logiciel – pour la révision structurée de SWEBOK, favoriserait l'amélioration de la systématisme, du contrôle et de l'efficacité globale du processus de révision des connaissances contenues dans SWEBOK et permettrait dans l'avenir, à d'autres groupes d'experts de mieux performer.

(H2) Les dynamiques au sein du groupe et les enjeux du processus de construction/V&E d'une ontologie : La compréhension plus approfondie des dynamiques cognitives et communicationnelles qui se produisant au sein d'un groupe d'experts, lorsque ceux-ci réalisent la construction/V&E collaborative de l'ontologie du Génie logiciel (à être utilisée dans la révision structurée des connaissances de SWEBOK) contribuera à l'identification des enjeux et à la formulation des pistes favorisant l'amélioration du processus de construction d'ontologies.

3.5 Méthodologie de recherche

3.5.1 Stratégie de recherche

Pour répondre aux questions de recherche retenues, la stratégie de recherche utilisée sera la suivante :

Tableau 3.1 – Caractérisation de la stratégie de recherche

Volet Informatique	
Approche (Design method)	Recherche développement
Volet cognition – communication	
Approche (Design method)	Recherche savoir : Qualitative
Type de recherche (Purpose)	Descriptive à dominante analytique (axe : cognition-communication)
Site de réalisation	Laboratoire
Niveau de contrôle	Quasi-expérimental
Mode d'investigation	Étude de cas
Dimension temporelle	Étude transversale (cross-sectional)

3.5.2 Justificative des choix réalisés pour la stratégie de recherche retenue

Volet informatique

Par rapport au volet informatique, ce projet de recherche suivra un devis classique de recherche développement, car il impliquera la production d'un artefact logiciel qui permettra d'amorcer le processus d'observation, analyse et modélisation mentionné.

Volet cognition-communication

Le projet de recherche à être développé suivra un devis de recherche savoir du type qualitatif (analyse de cas) (Emory, 1985; Cooper et Schindler, 2003; Dupuis, 2002), à dominante descriptive, car nous sommes intéressés à observer, comprendre et décrire/modéliser les principales actions et interactions faisant partie d'une dynamique spécifique qui se passe dans une réalité : comment un groupe d'experts interagissant au cours des séances de construction/V&E d'une ontologie, construisent une représentation commune, que sera objectivée sous forme d'un artefact : l'ontologie du génie logiciel. D'autre part, puisque ce processus, bien que comportant plusieurs cycles de V&E pour les divers segments de l'ontologie, ne sera fait qu'une seule fois (produisant en extrant l'ontologie du génie logiciel), ce devis de recherche ne comportera que l'observation et l'analyse d'un seul cas de construction d'ontologie. Par rapport au site de réalisation, il sera du type laboratoire. L'on essayera de reproduire en milieu contrôlé (afin de mieux observer les événements qui prendront place pendant les séances de V&E), certaines des conditions existantes dans un milieu naturel externe (ex : une équipe développant une ontologie dans une entreprise). Par rapport au niveau de contrôle exercé, une approche quasi-expérimentale sera utilisée. Cela assurera un contrôle de certaines variables (profil des participants, sources d'information utilisées, thèmes traités à l'intérieur de SWEBOK, etc.) et un *certain* contrôle sur la sélection et l'affectation des experts aux groupes de V&E. Finalement, par rapport à l'échelle de temps l'étude sera "cross-sectional", car en fonction des objectifs envisagés et du temps alloué à la partie expérimentale du projet, une étude longitudinale ne serait pas applicable (Emory,

1985; Cooper et Schindler, 2003; Dupuis, 2002). Ainsi, le devis de recherche qui semble le plus approprié, compte tenu des objectifs envisagés pour le volet cognitif, est le suivant : recherche du type qualitative basée sur une étude de cas, utilisant une approche à dominante descriptive – analytique, réalisée en laboratoire, avec un niveau de contrôle quasi-expérimental et transversale par rapport à l'échelle de temps.

3.6 La solution proposée

3.6.1 Les deux volets du projet de recherche : informatique et cognition-communication

Ce projet de recherche s'inscrit dans le domaine de l'informatique et plus spécifiquement dans celui du génie logiciel, dans la mesure où il a pour objectif de développer une méthodologie basée sur un artefact logiciel (l'ontologie du génie logiciel), pour la révision structurée des connaissances consignées dans le Guide SWEBOK, lui-même permettant un accès par thème au corpus des connaissances du génie logiciel.

D'autre part, ce projet de recherche s'inscrit pleinement dans le cadre d'une recherche en informatique cognitive, dans la mesure où il s'intéresse à modéliser (identifiant, analysant et classifiant) les principales activités cognitives et communicationnelles liées au processus de construction/V&E d'une ontologie.

Ce projet s'insère plus spécifiquement, dans le deuxième axe de recherche du Programme d'informatique cognitive de l'UQAM - *Modélisation des connaissances et des stratégies de résolution de problèmes* – ayant comme thématique la modélisation des activités cognitives et communicationnelles se déroulant au sein d'un groupe/équipe de travail en informatique dans un processus de V&E d'un artefact logiciel.

Le volet cognitif dans ce projet apparaît aussi relié aux aspects suivants :

Tableau 3.2 – Aspects reliés au volet cognitif du projet

<p>L'ontologie en tant qu'artefact cognitif</p> <p>L'ontologie du génie logiciel, que sera construite, sera un artefact cognitif dans la mesure où elle, comme <i>outil de représentation de connaissances basés sur le paradigme symbolique</i>, contribuera à : 1) amplifier ou améliorer certaines capacités cognitives (ex : la compréhension et l'utilisation consistante des concepts du génie logiciel); 2) rendre plus facile et moins sujet à des erreurs d'interprétation sémantique, la communication de ces concepts entre agents intelligents humains ou logiciels; 3) modifier le contenu de connaissances nécessaires à l'élaboration de l'activité. Cela a pour résultat de rendre plus aisée l'activité cognitive à accomplir et contribue à faciliter le partage et la réutilisation des connaissances (déclaratives et procédurales).</p>
<p>L'ontologie comme agent d'extériorisation de la mémoire</p> <p>Les recherches en cognition située (Agre et Chapman, 1987; Rosenschein et Kaelbling, 1995; Suchman, 1987) et en cognition sociale (Klein, 2002; Fiske et Taylor, 1991; Kunda, 1999) indiquent qu'il y a un usage cognitif "opportuniste" des structures existantes dans l'environnement externe, afin d'extérioriser leur mémoire et d'alléger leur tâches cognitives. Pour ce faire, cet environnement externe (social ou physique) doit présenter certaines caractéristiques particulières, ex : emplacement, disposition, forme, structure organisationnelle. Une ontologie, en tant que artefact cognitif, rend possible ce processus d'extériorisation de la mémoire, dans la mesure où elle permet de corporifier et d'extérioriser vers l'environnement les connaissances humaines consensuelles à propos d'un certain segment de la réalité (sous forme de concepts, appellations, définitions, interrelations entre concepts, structuration des concepts).</p>

Tableau 3.2 – Aspects reliés au volet cognitif du projet (suite)

<p>L'existence d'une <i>cognition collective distribuée</i> à l'intérieur du groupe d'experts participant au processus de V&E / construction collaborative</p> <p>Lorsque les experts sont engagés dans le processus de construction collaborative d'une ontologie, ils forment un « système cognitif distribué », résultant de l'association des capacités cognitives individuelles. Selon Hutchins (1995, 99), le système cognitif étendu qui se forme comprend: 1) les individus engagés dans la poursuite d'un but commun, 2) l'environnement externe comprenant des artefacts et représentations, externes (inter-individus) et internes (intra-individuel); Ce système cognitif distribué est aussi identifié par Arrow Mcgrath et Berdahl (2000), dans leur modèle des groupes restreints, comme permettant au groupe, à travers son «réseau des membres», d'atteindre un certain objectif commun (le projet du groupe) par la réalisation de tâches «réseau du travail». Le système cognitif distribué ainsi formé a des <i>propriétés émergentes</i>, dû aux interactions synergiques entre leurs composants individuels (le tout étant est plus grand que l'ensemble des parties).</p>
<p>Activité incitée par un artefact cognitif: l'ontologie de domaine du génie logiciel</p> <p>La théorie de l'activité - Leontiev (1978), Luria et Rubenstein, inspirés par les travaux de Vigostky (1981) - est un cadre référentiel interdisciplinaire qui peut être utilisé pour décrire et analyser les activités collectives. Selon ce cadre, la cognition humaine émerge à partir de l'internalisation des interactions (activités) existantes entre l'individu et l'environnement qui l'entoure.</p> <p>Cet environnement comprend le sujet (un ou plusieurs individus engagés dans des activités, le but à atteindre (l'objet final des actions), les artefacts/outils médiateurs utilisés (physiques ou psychologiques/représentations mentales), ainsi que les règles (principes, normes, conventions, etc.) régissant les interactions sociales et le partage du travail (horizontal et vertical). L'aspect central de la théorie de l'activité est l'unité existante entre 1) la cognition, 2) l'activité, 3) les artefacts/outils qui vont rendre possible cette activité.</p> <p>Dans ce cadre, l'ontologie en construction constituera l'artefact cognitif médiateur des activités réalisées par un groupe d'individus et fonctionnera comme point de convergence/focalisation des activités cognitives de l'ensemble des participants (les experts du domaine) au processus de construction / V&E de l'ontologie.</p>

3.6.2 Principales phases faisant partie de la stratégie de recherche retenue

Les principales phases constituant les volets informatique et cognitif de ce projet de recherche, permettant d'atteindre les objectifs spécifiques fixés à la section 1.4.2 seront maintenant présentées et discutées.

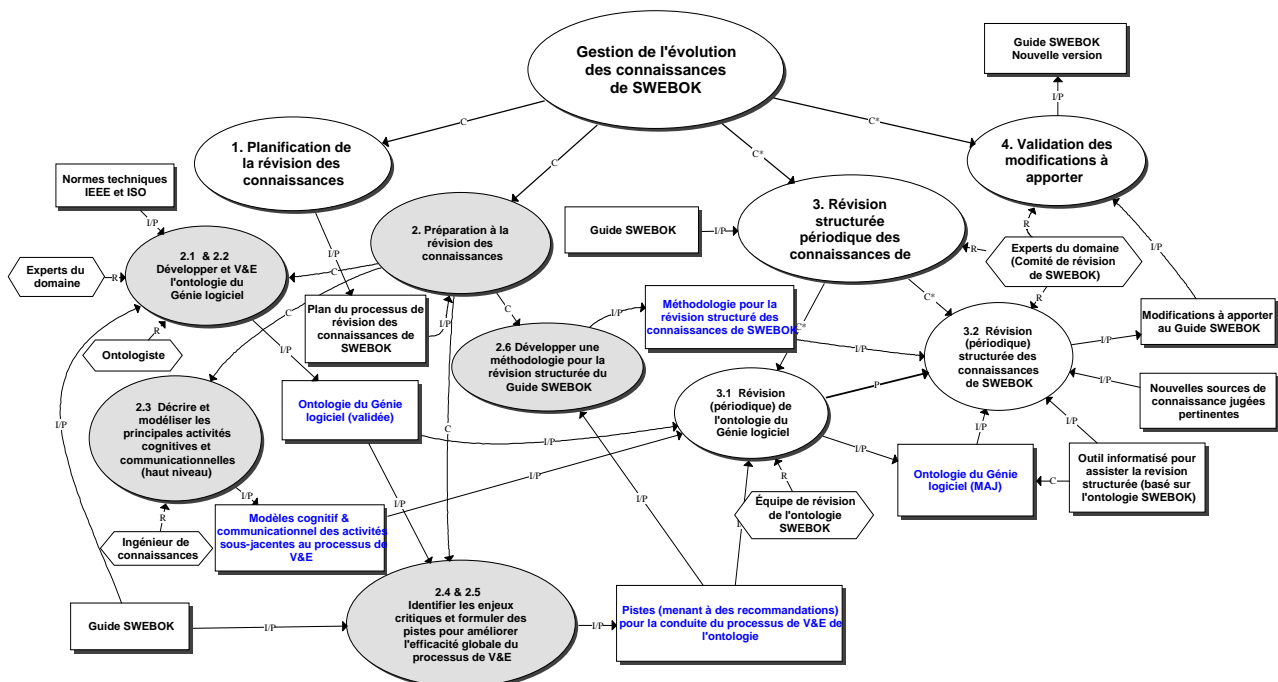


Figure 3.5 – Les principales phases du projet de recherche retenue (éclatement niveau I)

Comme il a été mentionné à la section 1.4.2, le développement d'une méthodologie pour la révision structurée des connaissances contenues dans SWEBOK s'insère à l'intérieur d'un cadre plus large d'activités s'intéressant au développement d'une méthodologie et des outils informatisés pour assurer la *gestion de l'évolution des connaissances* de SWEBOK, de façon plus efficace, plus contrôlée, et plus aisée. Ce programme de recherche sera réalisé en collaboration avec l'Université de l'Alcala de Henares en Espagne.

Les segments montrés en gris aux figures 3.5 et 3.6 seront développés à l'intérieur de notre projet de recherche et constitueront essentiellement les activités suivantes ([VI]: Axe informatique [VC]:Axe cognitif) :

Phase I :

- Développer une proto-ontologie de domaine pour le génie logiciel [VI] : Activité 2.1;
- Valider et étendre (V&E) la proto-ontologie construite [VI] : Activité 2.2;

Phase II:

- Décrire, analyser et modéliser le processus de V&E d'une ontologie (selon une perspective cognitive-communicationnelle) [VC] : Activité 2.3;
- Identifier les enjeux critiques du processus et formuler de pistes afin améliorer la conduite du processus de V&E d'une ontologie (pour améliorer l'efficacité) [VI] : Activité 2.4 & 2.5;

Phase III:

- Développer une méthodologie pour la révision structurée des connaissances consignées dans SWEBOK [VI] : Activité 2.6 (Obs : en collaboration avec l'Université de Alcalá de Henares);
- Tester et valider in situ (SWEBOK) cette méthodologie pour la révision de deux domaines de connaissance de SWEBOK [VI] : Activité 2.7.

La figure 3.6 présente un premier niveau d'éclatement, montrant les détails des macro-activités qui seront réalisées au cours du développement de ce projet de recherche :

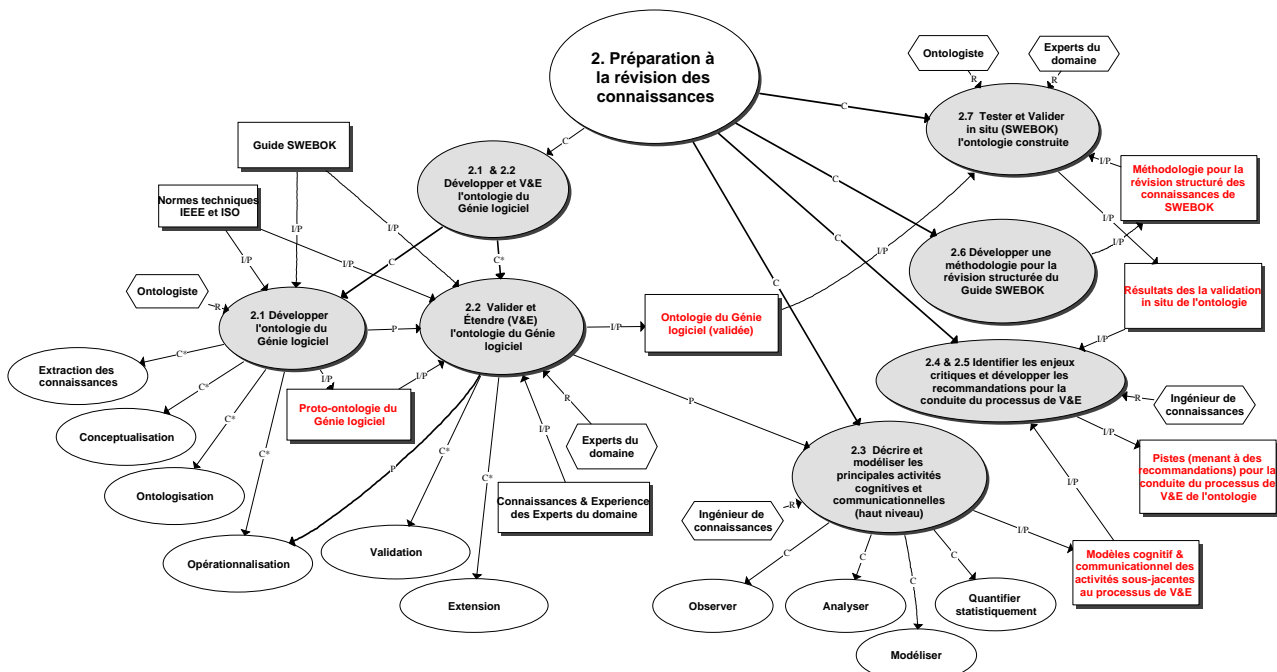


Figure 3.6 – Phases intégrant la stratégie de recherche retenue (éclatement niveau II)

3.6.3 Vue générale du volet informatique

Par leur propre nature, les ontologies constituent un outil de choix qui pourrait être employé pour assister le travail d'harmonisation détaillé et systématique des connaissances contenues dans SWEBOK. En effet, l'utilisation d'une ontologie de domaine du génie logiciel à l'aide d'un outil informatique, permettant l'accès et la consultation en ligne, pourrait contribuer à l'obtention d'une homogénéité et d'une cohérence accrues à l'intérieur des dix domaines de connaissance de SWEBOK, par rapport au vocabulaire et aux niveaux de description utilisés.

Une approche de révision structurée basée sur des ontologies serait en mesure d'exploiter la richesse sémantique des connaissances consignées dans SWEBOK (ainsi que dans les sources documentaires référencées dans le guide) et la vérification des connaissances par des corrélations croisées à travers les divers chapitres du guide. Les résultats de cette analyse seront utilisés pour améliorer la structuration et le contenu du guide. Cette approche sera donc utilisée dans la formulation de notre solution.

La figure 3.7 illustre l'apport des ontologies dans la vérification croisée de connaissances dans SWEBOK. Par exemple, un concept C_1 présent au premier chapitre de SWEBOK (Introduction au guide), peut réapparaître aux chapitres deux (Software Requirements) et au chapitre 11 (Software Quality). Un système de révision de connaissances basé sur une ontologie du domaine, permettrait de reconnaître par exemple, que l'usage du concept C_1 au chapitre 2 est fait dans un contexte quelque

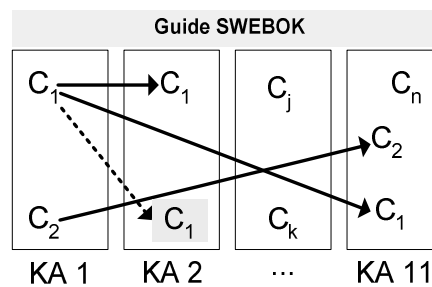


Figure 3.7 – Validation croisée des connaissances à travers les sous-domaines de connaissance de SWEBOK

peu différent de celui de chapitre 1 ce que impliquerait des significations différentes à attribuer dans les deux cas. Le concept C_2 dans l'exemple, posséderait la même signification lorsque utilisé aux chapitres 1 et 11.

Les activités faisant partie du s trois phases composant ce projet de recherche, seront discutées brièvement :

Activité 2.1 : Il est nécessaire de bâtir une ontologie de domaine pour le génie logiciel, car elle est inexistante à l'heure actuelle. Cette activité sera réalisée par une seule personne, à partir des connaissances dépistées, structurées et validées par les participants du Projet SWEBOK depuis 1997) et de certaines normes techniques (ex : pour l'obtention des définitions éventuellement non disponibles dans SWEBOK des normes techniques d'une portée plus générale comme la IEEE 610-12-1990 Glossaire du génie logiciel pourront être employées, ou encore des normes plus spécifiques comme la ISO/IEC 9126-1 - 1999, Qualité logiciel) et produira en extrant une proto-ontologie (contenant autant que possible les dix

domaines de connaissance de SWEBOK). Elle sera réalisée de façon itérative, car au fur et à mesure qu'on avancera à travers les KAs de SWEBOK, et que les concepts du domaine commenceront à se placer les uns par rapport aux autres, il y aura un feed-back sur les KAs antérieurs. Cette activité sera assistée par des outils pour : 1) compléter l'extraction de connaissances à partir d'un corpus de texte (utilisés comme validation additionnelle, pour assurer (autant que possible) que l'ensemble des concepts pertinents du domaine ait été bien identifié et capturé; 2) conceptualiser et d'ontologiser et, finalement 3) l'opérationnaliser la proto-ontologie du génie logiciel. La proto-ontologie ainsi construite constituera l'intrant de l'activité 2.2 (validation et extension par des experts du domaine).

Activité 2.2 : La proto-ontologie construite, sera ensuite objet de plusieurs cycles successifs de validation et d'extension. Cette phase (présentée en plus de détails à la figure 3.8, comportera deux étapes: 1) Validation de la proto-ontologie à un niveau interne (séances pilote de V&E : UQAM - ETS); 2) Validation à un niveau externe. Cette activité sera réalisée de manière collaborative, à travers une série de panels impliquant des praticiens (4+ années d'expérience dans le domaine du génie logiciel) et des experts du domaine analysé, afin de permettre l'émergence d'un consensus de plus en plus large (à plusieurs instances représentatives du domaine et à plusieurs instances représentatives) sur les concepts et leur structuration à l'intérieur de l'ontologie du génie logiciel. Les experts utiliseront comme documents de référence pour le processus de validation et extension (V&E) de l'ontologie le Guide SWEBOK et les normes techniques, ainsi que leurs connaissances et expérience du domaine. Cette phase sera aussi réalisée selon une stratégie itérative et les leçons apprises seront utilisées pour perfectionner le protocole à adonter pour les réunions de V&E de l'ontologie.

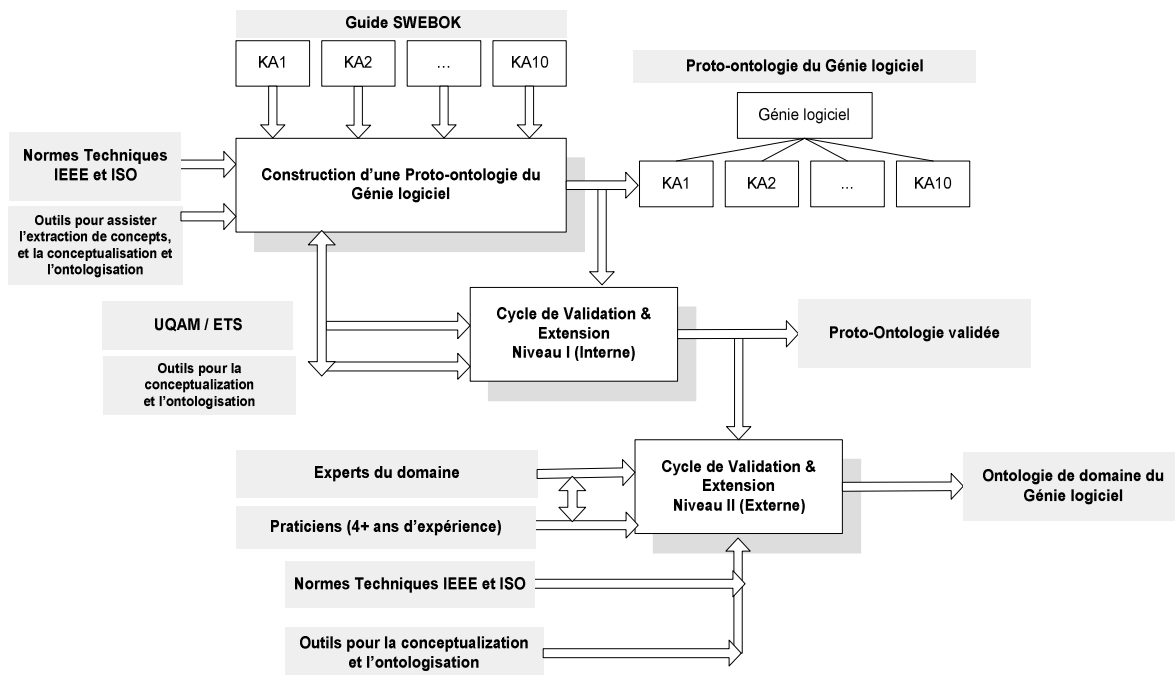


Figure 3.8 – Détails du processus de validation et d'extension de l'ontologie du génie logiciel

Activité 2.3 : Sera décrite à la prochaine section au volet cognitif-communicationnel.

Activité 2.4 et 2.5 : Suite à la modélisation du processus de V&E (décrite au volet cognitif du projet), les résultats seront analysés et utilisés pour identifier les *key issues* impliquées dans le processus de V&E. Ensuite, seront formulées des recommandations spécifiques destinées à améliorer le processus le processus de V&E collaborative des contenus de SWEBOK. Les recommandations jugées pertinentes, à la fin du cycle d'itérations de V&E seront intégrées et structurées et serviront d'intrant à la proposition d'une méthodologie destinée à améliorer le processus de construction / V&E de l'ontologie du génie logiciel.

Activité 2.6 : **Utiliser les leçons apprises pour proposer et développer une méthodologie.** À partir des analyses des observations faites et des leçons apprises, une méthodologie pour la révision structurée des **connaissances consignées dans SWEBOK** sera proposée. Le développement de la méthodologie de révision structurée des connaissances du Guide SWEBOK, sera développé en collaboration avec les chercheurs de l'Université de Salamanca (Espagne). L'utilisation de cette méthodologie sera assistée par un outil (une interface de recherche à base de l'ontologie du génie logiciel), contribuera à améliorer l'efficacité du processus de révision / d'évolution continue du contenu de SWEBOK dans l'avenir, permettant à d'autres groupes d'experts de mieux performer.

Activité 2.7 : Afin de vérifier en pratique le concept des révisions structurées, la méthodologie de révision structurée sera utilisée pour la révision des connaissances à l'intérieur d'un chapitre de SWEBOK et les résultats obtenus seront ensuite analysés par rapport à leur efficacité et systématisme. Une attention particulière sera portée à la vérification croisée des connaissances utilisées à travers plusieurs domaines de connaissance dans SWEBOK, afin d'améliorer l'harmonisation et la cohérence entre les chapitres du guide par rapport au vocabulaire utilisé et aux niveaux de description.

3.6.4 Vue générale du volet cognitif - communicationnel

Pour atteindre l'objectif envisagé de **décrire le processus** de construction /V&E de l'ontologie du génie logiciel, les activités permettant d'atteindre cet objectif seront maintenant présentées et discutées.

Activité 2.3: Dans cette macro-activité sera réalisée l'observation et l'analyse aboutissant à la modélisation des activités cognitives et communicationnelles. Le modèle développé permettra d'identifier et de décrire les activités cognitives et les interactions communicationnelles liées au processus de construction/V&E de l'ontologie, et d'analyser le processus mettant en perspective les enjeux critiques du processus de V&E. Pour rencontrer cet objectif, des enregistrements vidéo réalisés lors des séances de V&E de la proto-ontologie du génie logiciel seront utilisés, les données contenues seront extraites, encodées, traitées statistiquement, et finalement analysées, de façon à caractériser le processus et à identifier par la suite les éléments principaux. Cette phase comporte, dans un premier niveau d'éclatement, trois activités

imbriquées, (montrées à la figure 3.9), à savoir : 1) observer; 2) analyser; 3) modéliser.

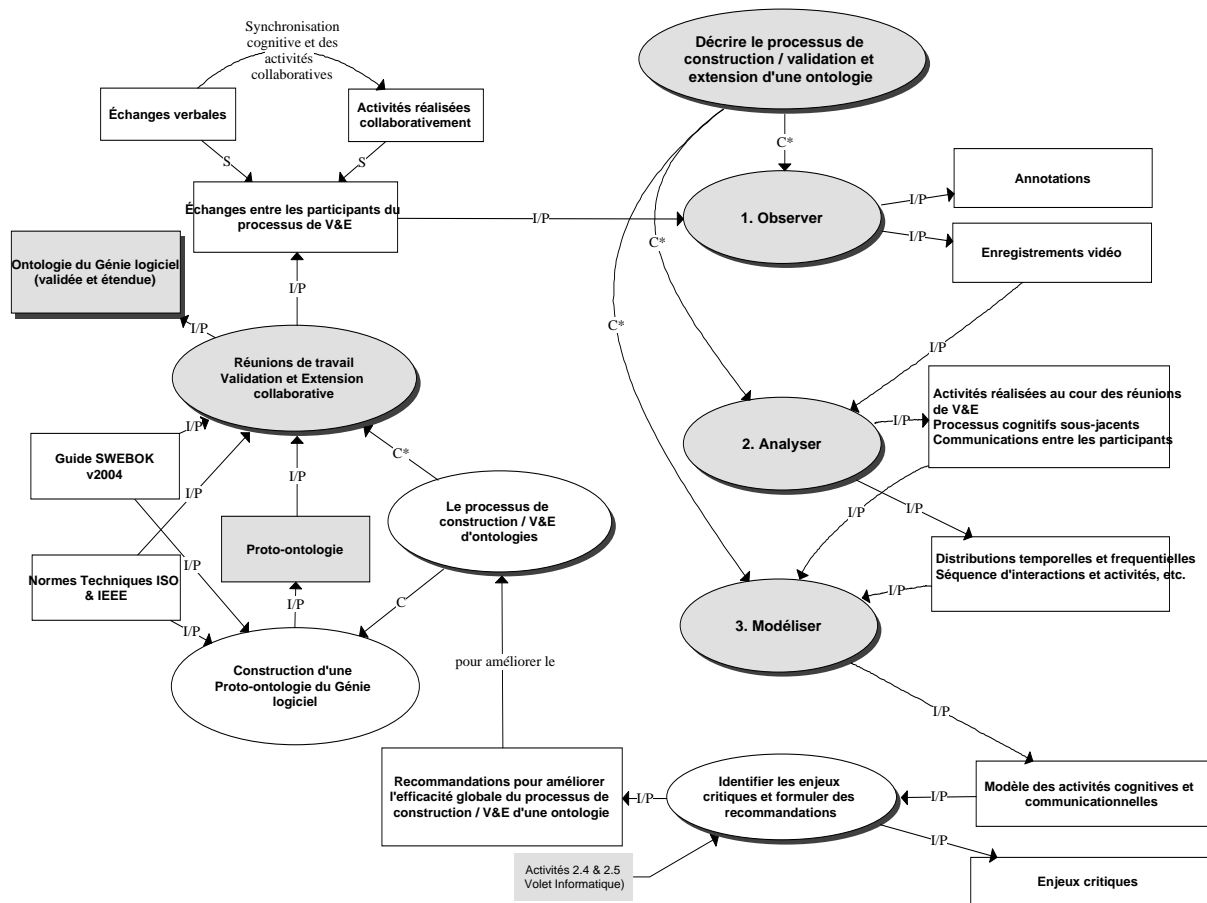


Figure 3.9 – La description du processus de construction/ validation et d’extension d’une ontologie (inspiré de d’Astous, 1999)

Observer : Dans cette première activité à l’intérieur du processus global – Décrire le processus de construction/V&E – il est question d’observer comment les experts du domaine se prennent pour la construction/V&E de l’ontologie du génie logiciel. Ainsi, des enregistrements vidéo seront réalisés au cours de ces séances, afin de capturer les échanges (activités réalisées et interactions communicationnelles) qui auront lieu entre les participants. Les séquences vidéo enregistrées, cueillies sur DVD ou MiniDV, seront utilisées comme intrant à l’activité d’analyse qui suivra.

Analyser : cette activité reçoit comme intrant les données empiriques brutes (enregistrements vidéo et annotations) et réalise l’extraction (par visualisation des séquences vidéo et lecture des annotations) et l’encodage formel des données, à des intervalles de temps prédéfinis, utilisant des schémas de codage (grille de catégories d’activités cognitives, et d’activités communicationnelles), dans des formats permettant l’exploitation subséquente par des outils logiciels. Ensuite, une série d’analyses seront réalisées afin d’identifier et de caractériser les activités réalisées au cours des réunions de travail de V&E, d’identifier les

activités de communication verbale découlant des interactions entre les participants, ainsi que les activités cognitives sous-jacentes, par inférence déductive à partir des interactions identifiées ci-dessus. L'extrait de cette activité sera des séquences de données (représentant les activités réalisées et les séquences d'interaction et activités), présentées sous forme de distributions temporelles et fréquentielles. Des techniques d'analyse qualitative et quantitative seront employées et utilisées dans cette étape (analyse des interactions communicationnelles et cognitives distribuées, analyse des protocoles, ESDA).

Modéliser : dans cette activité un modèle des activités cognitives et communicationnelles sera bâti à partir des données provenant des analyses qualitatives et quantitatives. Ce modèle permettra d'approfondir la compréhension sur les diverses activités du processus de construction de l'ontologie et d'identifier de façon préliminaire et de mettre en perspective, certains des enjeux critiques associés au processus construction de l'ontologie.

Ces trois activités (observer, analyser, modéliser) seront répétées de façon itérative, à travers plusieurs cycles de réunions de façon à permettre la vérification/confirmation de certains résultats intermédiaires et une validité externe accrue des résultats finaux, concernant la description du processus de construction / V&E d'une ontologie. Une fois stabilisés les résultats, à la fin des cycles d'observation et d'analyse, l'on devra mettre en perspective les résultats obtenus et identifier les principaux intrants, extrants, activités et sous-activités dans le processus modélisé. Ensuite l'on progressera vers l'activité 2.4 (volet informatique) où, à la lumière des apprentissages réalisés sur le processus de construction/V&E, l'on procédera à la formulation de pistes favorisant l'amélioration de l'efficacité globale du processus (à partir de la liste finale d'enjeux critiques jugés pertinents).

3.6.5 Les aspects communicationnels

Cette section présentera les aspects théoriques sous-jacentes à la macro-activité : Décrire le processus de construction/V&E. Pour ce faire, l'on commencera par présenter un méta-modèle qui situe les activités et cognitives au sein du processus analysé de construction/V&E d'une ontologie (figure 3.10).

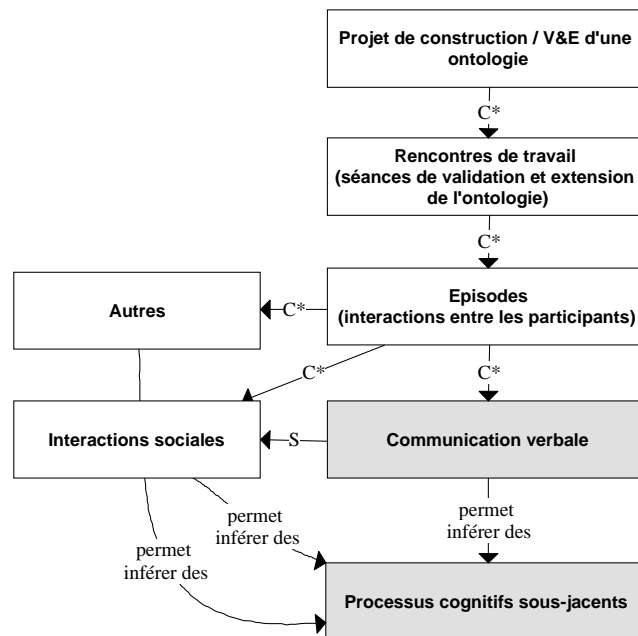


Figure 3.10 – Les processus communicationnels au sein des activités de construction de l'ontologie

La construction d'une ontologie requiert une ou plusieurs rencontres de travail (selon la portée, taille et la complexité de l'ontologie) pour la construire à partir de zéro ou pour la valider et l'étendre (en partant d'une proto-ontologie ou de sous-ontologies déjà existantes). Ces séances de travail mettent en jeu une série d'interactions entre les participants dans le processus de construction (actions réalisées, interactions, processus cognitifs individuels ou distribués, communications verbales etc.), nécessaires à la synchronisation cognitive ainsi qu'à une synchronisation des actions nécessaires à la construction progressive de certains artefacts. La figure 3.11 montre l'éclatement du processus d'interaction communicationnelle, modélisé d'après Roulet et al. (1987), Kerbrat-Orecchioni (1990) et d'Astous (1999).

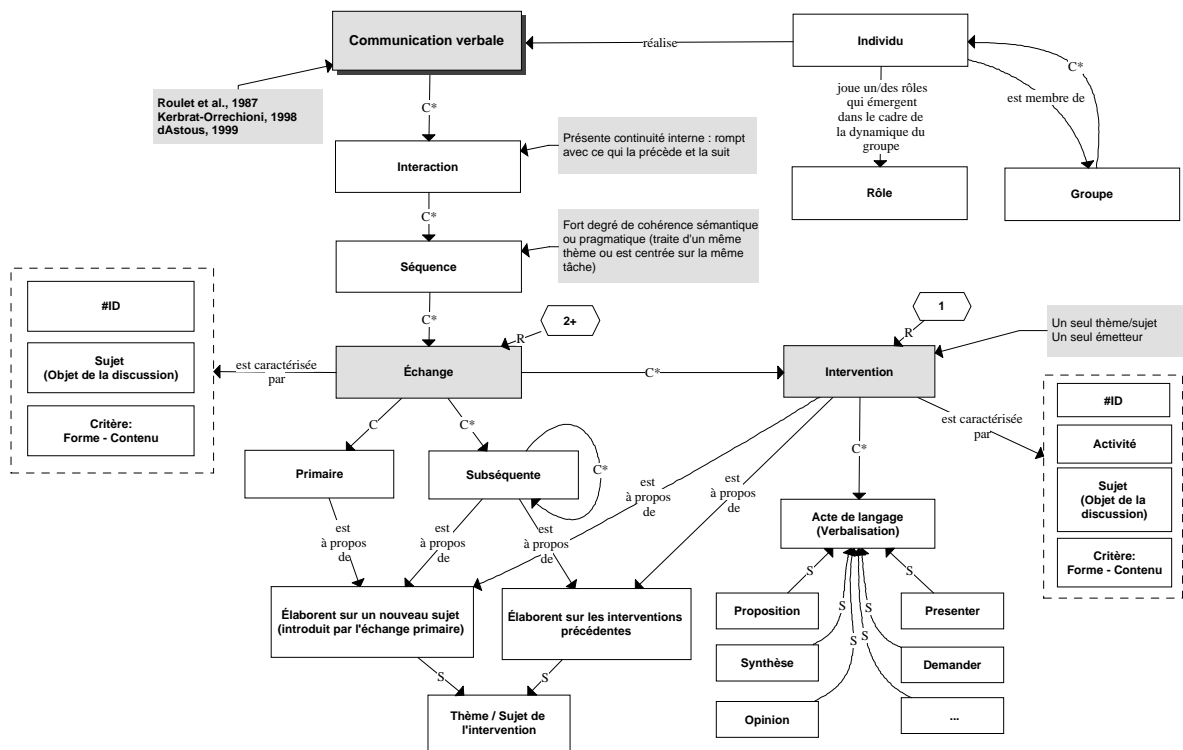


Figure 3.11 – Les interactions communicationnelles (d'après Roulet (1987), Kerbrat (1990) et d'Astous (1999))

Les participants d'une séance de construction / V&E d'une ontologie jouent certains rôles pré-établis (ex : responsable par la conduite de la séance, facilitateur du processus, expert du domaine, réviseur, etc.), interagissant les uns avec les autres – surtout par la voie verbale - pour remplir le mandat qui leur a été confié. Ces communications verbales se composent de plusieurs interactions verbales caractérisées par une continuité interne et une rupture avec l'interaction précédente (Roulet et al., 1987; Kerbrat et Orrechioni, 1990; d'Astous, 1999). Ces interactions verbales à leur tour sont composées d'un certain nombre d'échanges verbaux. Ces échanges débutent par un échange primaire (introduisant un nouveau sujet, qui démarre l'échange) et sont suivis d'un ou de plusieurs échanges subséquents, à propos du sujet introduit ou des interventions réalisées précédemment (par le propre acteur ou pour un autre participant). Un échange comporte plusieurs interventions, émises par les participants au processus, *généralement* à tour de rôle.

Une intervention à son tour comporte un ou plusieurs actes de langage (ex : proposer, synthétiser, demander, présenter, etc.). Elle porte sur un seul thème et est réalisée par un seul émetteur. Le détail des éléments d'information caractérisant les échanges et les interventions est présenté à la figure 3.11.

3.6.6 Éléments d'information permettant décrire les activités faisant partie du processus de V&E

Afin de pouvoir décrire le processus de construction / V&E d'une ontologie, à partir des actions posées par les divers participants au cours des activités faisant partie de ce processus, il est nécessaire de recueillir et d'analyser un certain nombre d'éléments d'information permettant de caractériser une activité générique. Le méta-modèle décrivant une activité générique réalisée à l'intérieur du processus de construction / V&E d'une ontologie, est présenté à la figure 3.12.

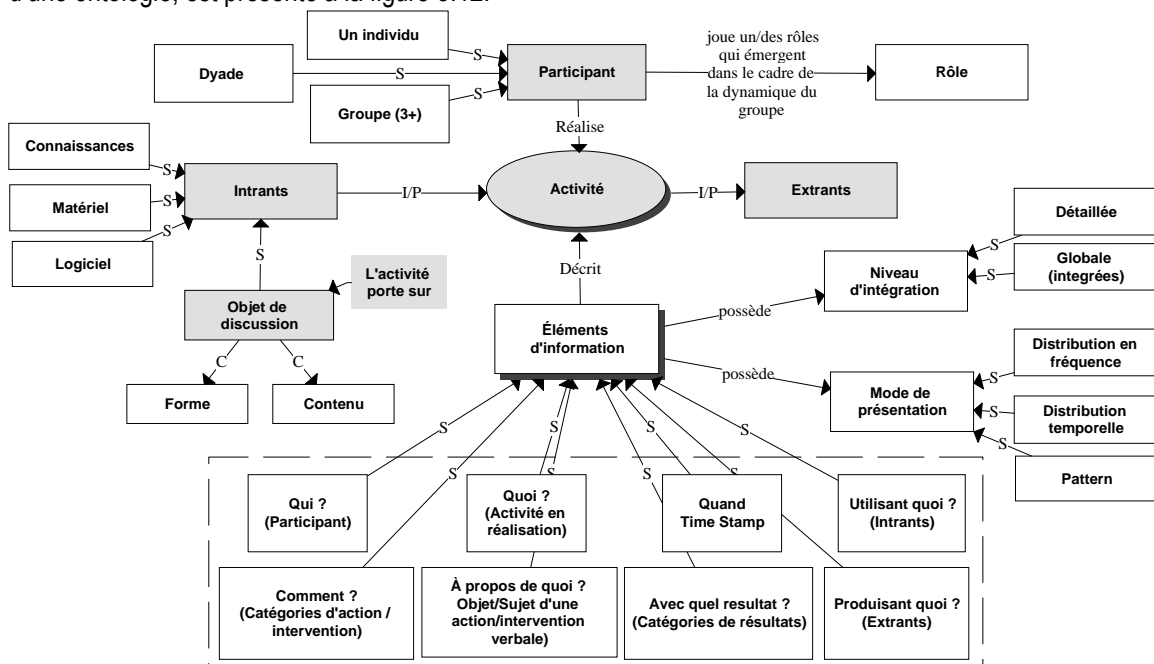


Figure 3.12 – Éléments impliqués dans la description du processus de construction / V&E d'une ontologie

Pour décrire une activité générique du processus de V&E, on envisage répondre aux questions suivantes :

- (Qui ?) **Participant** : Individu (identification);
- (Fait Quoi ?) **Activité** : une taxonomie sera développée, pour les activités cognitives;
- (Quand ?) **Quand ?**: time stamp;
- (Utilisant quoi ?) **Intrant** : ressources (matériel, logiciel, etc.) et artefacts (documents, etc.);
- (A propos de quoi ?) **objet/sujet d'une action/intervention** : Objet sur lequel porte l'action / le sujet de intervention verbale
- **Comment ?**: une taxonomie sera développée, pour les interactions verbales/sociales;
- **Avec quel résultat ?**: catégories de résultats (positif/succès, négatif/échec, neutre);
- (Produisant quoi ?) **Extrant** : artefacts (documents, fichiers).

Pour ce faire, les éléments d'information ci-dessus devront être cueillis/déduits lors de l'encodage des enregistrements vidéo. Deux codeurs indépendants seront utilisés, afin d'assurer la validité interne. Un accord inter-juge de 80% ou plus sera utilisé comme critère d'acceptation des séquences codées.

Les taxonomies cognitives et d'interaction verbales/sociales seront développées en prenant pour base les taxonomies dépistées dans la revue des écrits scientifiques, notamment, celles des auteurs suivants : Bloom et al., 1956; Romiszowski, 1981; Pitrat, 1990; Schreiber et al., 1993; Breuker et Velde, 1994; Robillard et al. 1995, 97, 98, d'Astous, 1999; Anderson et Krathwohl, 2001; Paquette, 2002; Saint-Charles et Mongeau, 2004. Celles-ci seront fusionnées et étendues, en fonctions de nos besoins.

3.7 Plan de développement

Les activités qui seront accomplies au cours de ce projet de recherche sont présentées au tableau 3.3.

Tableau 3.3 – Plan de développement du projet de recherche

#	Activités du projet
	Axe Informatique
0	Revue de littérature : ontologies, méthodologies de développement et langages pour l'opérationnalisation
1	Développer une proto-ontologie du génie logiciel
1.1	Spécification, saisie des connaissances, conceptualisation, ontologisation de la proto-ontologie à partir de SWEBOK
1.2	Compléter l'extraction des concepts du domaine à l'aide d'outils d'analyse automatique de corpus de texte
2	Valider la proto-ontologie construite , par des cycles successifs de validation (et d'extension)
2.0	Séance pilote de V&E (validation et extension) de la proto-ontologie
2.1	Séances de V&E de la proto-ontologie: niveau interne
2.2	Séances de V&E de la proto-ontologie: niveau externe (plusieurs cycles)
1.3	Assembler l'ontologie de domaine du génie logiciel (autant que possible pour les 10 domaines de connaissance)
1.4	Opérationnaliser l'ontologie du génie logiciel (OWL)
3	Formuler des recommandations pour la conduite du processus de V&E de l'ontologie à partir des résultats de 3.2 (Axe Cog-Co)
4	Proposer une procédure de révision structurée des connaissances dans SWEBOK à partir des leçons apprises
5	Appliquer cette méthodologie (assistée par l'ontologie du génie logiciel), pour la révision d'un chapitre de SWEBOK
6	Valider les résultats de l'utilisation de l'ontologie du génie logiciel
7	Rédaction d'un document et présentation des résultats finaux
	Axe Cognition - Communication
0	Activités préparatoires à l'observation du processus de construction / V&E d'une ontologie
0.1	Bâtir un cadre référentiel, à partir des théories dépistées dans la revue de littérature pour analyser les processus sous-jacents à la V&E collaborative
0.2	Identifier, de façon préliminaire, les principales activités cognitives et communicationnelles
0.3	Développer les outils pour la description des participants et des activités du processus de construction / V&E d'une ontologie
0.3.1	Développer un questionnaire pour caractériser les intervenants
0.3.2	Développer une grille pour catégoriser des activités/processus cognitifs de haut niveau
0.3.3	Développer une grille pour catégoriser les activités/processus communicationnels
1.	Observer le processus de construction / V&E d'une ontologie
1.0	Préparation à la cueillette de données
1.1	Cueillette de données : enregistrement vidéo des interactions entre les participants
2.	Analyser les données observées, provenant du processus de V&E d'une ontologie
2.1	Prétraitement des données : Encoder les données
2.1.1	Identifier et visualiser les séquences vidéo
2.1.2	Transcrire les séquences vidéo (optionnelle)
2.1.3	Coder les enregistrements ou transcriptions
2.1.4	Ré-évaluer des codages présentant conflits
2.2	Analyser qualitativement les données
2.3	Traiter quantitativement les données
2.3.1	Quantifier des activités réalisées
2.3.2	Quantifier des processus communicationnels
2.3.3	Quantifier, par inférence, des processus cognitifs sous-jacents
2.3.4	Valider les résultats obtenus par rapport aux données observées/encodées
3.	Modéliser les activités cognitives et communicationnelles
3.1	Développer des modèles (pour les processus cognitifs et de communication)
3.2	Identifier les enjeux critiques sous-jacents au processus de construction / V&E d'une ontologie

3.8 Méthode de validation des résultats

La stratégie pour la validation des résultats, sera inspirée de Landry, Malouin et Oral (1985) et se déroulera en quatre niveaux, à savoir : 1) conceptuel; 2) logique; 3) expérimental et 4) opérationnel.

Validation conceptuelle : A pour but d'assurer la pertinence des présupposés et hypothèses sous-jacentes au modèle conceptuel, des contraintes identifiées et des simplifications réalisées.

Validation logique : A trait à la capacité du modèle formel de décrire correctement et de manière précise la situation problématique telle qu'elle est définie dans le modèle conceptuel, assurant qu'aucun élément important ou qu'aucune variable significative n'a été laissée de coté. Évalue aussi la cohérence interne et l'effet produit par le langage de modélisation choisi sur ce processus de formalisation.

Validation expérimentale : Les modèles formels sont produits dans le but de produire et de tester des solutions possibles. Se rapporte à la qualité et à l'efficacité de ces mécanismes de résolution algorithmiques, heuristiques ou expérimentaux.

Validation opérationnelle : Assurer la qualité et l'applicabilité des solutions et des recommandation, compte tenu de la situation problématique, des utilisateurs et de l'usage qui en est fait.

Le tableau 3.4, résume les techniques de validation employées pour les divers artefacts produits.

Tableau 3.4 – Résumé des techniques de validation utilisées

Artefacts produits	Validation			
	Conceptuelle	Logique	Expérimentale	Opérationnelle
Proto-ontologie génie logiciel (concep.)	✓ RE, COE	✓ RE, COE		
Ontologie du génie logiciel (opérat.)		✓ CO	✓ RL, ST, CO	✓ CO
Grilles de codification	✓ RE	✓ RE, CO		
Encodage des enregistrements vidéo			✓ AIC	
Modèle du processus de V&E	✓ RE	✓ RE, CO		
Enjeux critiques : processus de V&E	✓ RE	✓ CO	✓ CO	✓ CO
Méthodologie de révision structurée	✓ RE	✓ CO	✓ COE	✓ CO

Techniques de validation employées:

[RE] : Comparaison des résultats avec ceux dépistés dans le recensement des écrits scientifiques, SWEBOK, Normes techniques (ISO, IEEE);

[CO] : Convergence d'opinions des experts;

[COE] : Convergence d'opinions des experts du domaine

[ST] : Suivi à la trace

[RL] : Raisonnement logique

[AIC] : Accord inter-codeurs

3.9 État d'avancement des travaux

Par rapport à l'état d'avancement des travaux de recherche, en fonction de la démarche de recherche que nous avons retenue pour atteindre les objectifs spécifiques, il serait à souligner que, en plus de la revue des écrits scientifiques du domaine (SWEBOK , méthodologies de développement d'ontologies, processus cognitifs et communicationnels humains) et des définitions méthodologiques par rapport à la façon de développer ce projet, une étape majeure de celui-ci est déjà accomplie: le développement d'une ontologie préliminaire pour le génie logiciel. À l'heure actuelle, plus de six mille concepts faisant partie du domaine génie logiciel ont été identifiés et reliés entre eux par des liens normalisés. L'accomplissement de cette phase est le résultat d'un effort majeur, compte tenu de l'ampleur et de la complexité de la tâche.

Le tableau 3.5, présente une vue globale des activités accomplies jusqu'ici.

Tableau 3.5 – Activités complétées et activités à accomplir pour le développement du projet de recherche

#	Activité	État
Axe Informatique		
0	Revue de littérature : ontologies, méthodologies de développement et langages pour l'opérationnalisation	Réalisé
1	Développer une proto-ontologie du génie logiciel	
1.1	Spécification, saisie des connaissances, conceptualisation, ontologisation de la proto-ontologie	Réalisé
1.2	Compléter l'extraction des concepts du domaine à l'aide d'outils d'analyse automatique de corpus de text	En cours
2	Valider la proto-ontologie construite, par des cycles successifs de validation (et d'extension)	Initié
1.3	Assembler l'ontologie de domaine du génie logiciel (autant que possible pour les 10 KAs	À faire
1.4	Opérationnaliser l'ontologie du génie logiciel (OWL)	À faire
3	Dériver des recommandations pour la conduite du processus de V&E de l'ontologie à partir des résultats de	À faire
4	Proposer une procédure de révision structurée des connaissances dans SWEBOK à partir des leçons appris	À faire
5	Appliquer cette méthodologie (assistée par l'ontologie du génie logiciel), pour la révision d'un chapitre de SW	À faire
6	Valider les résultats de l'utilisation de l'ontologie du génie logiciel	À faire
7	Rédaction d'un document et présentation des résultats finaux	À faire
Axe Cognition - Communication		
0	Activités préparatoires à l'observation du processus de construction / V&E d'une ontologie	En cours
0.1	Bâtir un cadre référentiel, à partir des théories dépistées dans la revue de littérature pour analyser es processus sous-jacents à la V&E collaborative	À faire
0.2	Identifier, de façon préliminaire, les principales activités cognitives et communicationnelles	Réalisé
0.3	Développer les outils pour la description des participants et des activités du processus de construction / V&E d'une ontologie	En cours
0.3.1	Développer un questionnaire pour caractériser les intervenants	En cours
0.3.2	Développer une Grille pour catégoriser des activités/processus cognitifs de haut niveau	En cours
0.3.3	Développer une Grille pour catégoriser les activités/processus communicationnels	En cours
1.	Observer le processus de construction / V&E d'une ontologie	À faire
2.	Analyser les données observées, provenant du processus de V&E d'une ontologie	À faire
3.	Modéliser les activités cognitives et communicationnelles	À faire

Plusieurs de ces activités ont fait objet de communications dans des conférences ou encore, de publication dans des revues scientifiques internationales, pour présenter les résultats de recherche obtenus jusqu'ici. D'autres résultats ont été déjà soumis à des conférences ou revues internationales :

Psyché, V., Mendes, O., Bourdeau, J., **Apport de l'ingénierie ontologique aux environnements de formation à distance**. Revue STICEF Vol 10, 2003

L'article présente une introduction à l'ontologie avec ses origines dans la philosophie occidentale, les définitions les plus utilisées présentement et introduit les principaux éléments contenus dans une ontologie. Ensuite, les relations entre l'intelligence artificielle et l'ingénierie ontologique sont identifiées et discutées, et un survol des méthodologies et des outils d'ingénierie ontologique est présenté. Finalement, l'article explore le potentiel de l'ontologie et de l'ingénierie ontologique pour augmenter "l'intelligence" dans les environnements de formation à distance, ainsi que dans la conception de ces environnements.

Mendes, O., **Méthodologies de construction d'ontologies : une analyse comparative des étapes essentielles**, Congrès de l'ACFAS, Colloque : Informatique Cognitive : Nouvelles Avenues de Recherche Montréal 12 Mai 2004

L'article propose un cadre conceptuel permettant d'organiser et positionner les différentes méthodologies de construction d'ontologies recensées et développe une analyse comparative détaillée des méthodologies de développement d'ontologie existants, examinant les découpages proposés, les activités réalisées à chaque étape, ainsi que les intrants et extrants produits. Malgré les différences d'appellation, forme de découpage et contenu des étapes, un certain nombre d'activités (qui peuvent éventuellement être raccourcies ou amalgamées) demeurent néanmoins toujours présentes dans le développement d'une ontologie, à savoir : 1) la spécification, 2) la conceptualisation, 3) l'ontologisation, 4) l'opérationnalisation et 5) l'évaluation.

Mendes, O., Abran, A., **Software Engineering Ontology: A Development Methodology**, Position Paper Metrics News 9:1, August 2004 p68-76

Cet article présente la problématique et les objectifs envisagés de notre projet de recherche. Il définit ensuite la méthodologie à adopter pour la construction d'une ontologie de domaine du génie logiciel. Des résultats préliminaires sont présentés utilisant le langage OWL, à titre d'illustration.

Mendes, O., Abran, A., **Issues in the development of an ontology for an emerging engineering discipline**, SEKE 2005 Taiwan (Article accepté)

Le guide pour le corpus des connaissances du génie logiciel (SWEBOK - ISO TR 19759) fournit une description validée du contenu du génie logiciel en tant que discipline scientifique, ainsi que leur délimitations, organisée sous forme d'une taxonomie contenant dix domaines de connaissance, assurant aussi un accès par thème au corpus de connaissance externe, soutenant la discipline. Ces descriptions varient beaucoup en style et contenu. Une approche d'analyse basée sur des ontologies sera utilisée pour analyser la richesse sémantique de ce corpus des connaissances ainsi que pour améliorer sa structuration. L'article présente et discute, les premiers résultats de la proto-ontologie du génie logiciel développée contenant plus de 6000 concepts reliés entre eux par des liens normalisés, pour assister la démarche de vérification croisée des connaissances contenues dans SWEBOK.

3.10 Étapes encore à accomplir

Les étapes encore à accomplir avant la rédaction *finale* de la thèse, sont indiquées aussi au tableau 3-5.

4. Conclusion

4.1 Contributions originales envisagées avec ce projet

Les principales contributions découlant de ce projet de recherche, peuvent être résumées comme suit :

- Le développement d'une ontologie de domaine pour le génie logiciel (niveau conceptuel) validé à plusieurs niveaux d'instances représentatives par des panels d'experts du domaine. Une telle ontologie de domaine était, jusqu'ici, inexistante. Cette ontologie du génie logiciel sera opérationnalisée pour deux domaines de connaissance de SWEBOK;
- Contribuer à la description des principaux processus cognitifs et communicationnels de haut niveau sous-jacents à la construction / V&E collaborative d'une ontologie et à l'identification des principaux enjeux critiques pouvant constituer des éventuels points de blocage au processus; L'application conjointe des techniques de ESDA et de réseaux sociaux utilisés pour cette description constitue un choix original et comble une certaine absence d'écrits scientifiques décrivant les interactions au sein de l'équipe sous une perspective cognitive –communicationnelle. Les réflexions menées au cours de la modélisation du processus de V&E, seront utiles pour dériver des recommandations afin d'améliorer les pratiques présentement adoptées pour la construction / V&E d'une ontologie;
- Le développement d'une méthodologie à être adoptée pour la révision des connaissances contenues dans le Guide SWEBOK. Cette méthodologie permettra de combler le besoin découlant de l'inexistence, à l'heure actuelle, d'une procédure pour la révision structurée et systématique des connaissances et descriptions contenues dans SWEBOK;
- Contribution au processus de réécriture des prochaines versions SWEBOK, en identifiant à partir de l'analyse et des validations croisées, réalisées de façon plus systématique et plus contrôlée, les éléments à changer dans le guide. De plus, les résultats de cette recherche pourront aussi contribuer à la création de synthèses à propos des connaissances existantes dans SWEBOK, synthèses qui n'étaient pas disponibles avant, obtenues partiellement à travers l'analyse/raisonnement sur les concepts du domaine (et de leurs interrelations) existant dans SWEBOK;
- Finalement, l'ontologie du génie logiciel et la méthodologie proposée pour la révision structurée de connaissances dans SWEBOK serviront comme intrant au groupe de travail SWG5 de ISO/IEC JTC1/SC7. Compte tenu que les normes techniques internationales ISO sont développées à la pièce, de façon non intégrée, par des groupes de travail indépendants, à des moments différents

dans le temps et suivant des objectifs différents, la consolidation de ces normes constitue un problème majeur à ISO qui n'a pas encore été complètement réglé.

La méthodologie que sera développée pour harmoniser le vocabulaire et le niveau des descriptions du corpus de connaissance référencé par SWEBOK reste valable à l'intérieur du domaine en question - le génie logiciel – et pourra contribuer à l'effort d'harmonisation des normes récemment entamé chez ISO, sous la responsabilité du SC 7/SWG 5 (Special Working Group 5). Cet effort, entamé dans le cadre d'une stratégie de ré-synchronisation des normes techniques ISO, a pour objectif l'harmonisation du vocabulaire des différentes normes techniques développées par le sous-comité ISO/IEC JTC 1/SC 7 (Information technology - Software and system engineering).

4.2 Obstacles à franchir

Pour que la réalisation de ce projet de recherche puisse s'accomplir selon la planification établie et atteindre les résultats escomptés, un certain nombre d'obstacles auxquels nous serons confrontés, devront être réglés auparavant. Nous avons déjà identifié un certain nombre d'obstacles relevant de l'ampleur et la complexité de certaines activités qui restent encore à accomplir. Ces obstacles identifiés incluent :

- Le principal problème auquel nous sommes par ailleurs déjà confrontés, dans les étapes réalisées jusqu'ici, est lié au **nombre trop élevé des concepts à manipuler** faisant partie du domaine à traiter. Il a été nécessaire de restreindre dans une première phase, à traiter seulement le contenu du Guide SWEBOK. Toutefois ce contenu réfère à un très vaste corpus de texte, comprenant articles scientifiques, rapports techniques, livres, chapitres de livres, normes techniques, etc.. Toutefois, afin d'éclaircir les éventuelles ambiguïtés et d'enrichir le contenu de la proto-ontologie produite, dans une deuxième temps il serait nécessaire de compléter la proto-ontologie validée du génie logiciel par des apports provenant des sources sélectionnées appartenant au corpus de connaissance du génie logiciel.
- Une **ontologie présuppose un consensus** à propos de la perspective qu'elle véhicule, ainsi que des concepts qu'elle contient, leur appellation et leur définition. Ainsi, pour faire émerger ce consensus, un certain nombre de personnes représentatives du domaine devraient être impliquées dans la réalisation de ce projet. Le cas échéant on risquerait de construire une ontologie qui n'a qu'une validité "locale" et qui sera peu utilisée par la suite. Complexité : moyenne
- Séances de V&E de l'ontologie : réussir à **obtenir la participation des experts** du domaine, dans des réunions pour la validation et extension de l'ontologie. Ce problème découle des faits suivants :
 - 1) difficulté d'organiser les rencontres de travail, car on aura à faire à des personnes qui sont très

sollicitées, possédant un agenda très rempli; 2) la majorité demeure à l'extérieur du Québec et même du Canada; 3) l'absence d'un budget spécifiquement alloué à ces réunions de V&E de Complexité : majeure

- **Productivité des réunions de validation** : Les sous-ontologies de chaque sous-domaine de connaissance sont d'assez large taille, impliquant parfois autour de 1000 concepts reliés par des dizaines, voire centaines de liens spécifiques. Cela pose une contrainte majeure dans le nombre de concepts, définitions et qui pourront être examinés et validés au cours d'une séance de travail. Complexité : majeure
- **Obtenir des définitions pour les concepts** contenus dans l'ontologie, afin qu'elles soient acceptées par les experts. Pour régler ce problème nous utiliserons des normes techniques ISO et IEEE. Toutefois une norme comme IEEE 610.12-1990 ne contient que 1500+ définitions. Il faudra la compléter avec d'autres normes techniques Complexité : moyenne
- **Ontologie opérationnelle** : L'ampleur de l'activité de codification à réaliser - axiomes définissant les propriétés et restrictions pour chaque concept - pour obtention d'une ontologie opérationnelle, même pour un sous-ensemble des domaines de connaissances (KAs). Complexité : majeure

Par rapport au volet cognitif-communicationnel, les obstacles identifiés incluent :

- **L'absence d'études** concernant la description des activités cognitives sous-jacentes au processus de construction d'une ontologie. Par conséquent, dans ce projet nous avons adopté une approche descriptive-analytique, afin d'identifier au fur et à mesure des travaux, les éléments qui caractérisent ce processus. Complexité : moyenne
- Avoir des **schémas de codage** (grilles de codification) suffisamment détaillés, capables de capturer avec une certaine finesse les activités cognitives et communicationnelles, mais sans tomber dans un schéma trop détaillé, car cela nuirait à la performance du processus d'application du codage (réalisée par des humains). De même, le **questionnaire** destiné à caractériser les intervenants ne doit pas être trop détaillé (et par conséquent trop long), car cela nuirait aux réponses à être données par les experts qui ne sont pas particulièrement intéressés aux aspects de ce projet liés à la modélisation cognitive. Leur intérêt principal étant surtout relié à l'obtention d'un produit final (l'ontologie de domaine du génie logiciel) qu'ils pourront utiliser (et en être bénéficiaires) dans l'avenir. Complexité : moyenne
- **Modélisation des activités cognitives** : puisqu'il s'agit essentiellement d'**activités intra-personnelles** (se passant à l'intérieur de la tête des individus), ces processus ne seront pas

directement visibles, ne pouvant être inférés qu'indirectement par les actions réalisées et les questions posées. Cette portion visible est, un peu comme un iceberg, beaucoup plus réduite, se manifestant par les questions posées visant à comprendre quelque chose, les résumés des interactions orales par rapport à ce qui a été dit, pour permettre la synchronisation cognitive des participants, etc. Complexité : majeure

- Compte tenu du temps alloué à la réalisation de cette recherche, et à de facteurs liés et à des contraintes budgétaires le **nombre de réunions de V&E devra être limité**. Cela occasionnera des impacts non négligeables: 1) Le nombre de domaines de connaissance (KAs) qu'on réussira à traiter; 2) la possibilité que dans ces réunions certains événements rencontrés lors de la construction d'une ontologie, **ne se produisent simplement pas, afin de pouvoir être détectés**, dû au nombre réduit d'expérimentations qu'on pourra réaliser (cela aura un impact sur la représentativité des résultats obtenus), et finalement 3) si jamais le nombre d'intervenants participant à ce projet est réduit, cela pourrait compromettre l'analyse de interactions sociales-communicationnelles qui s'établiront au cours des réunions (même en utilisant des techniques pour des groupes restreints). Complexité : majeure

5. Références bibliographiques utilisées

- Abran, A. 2000. "Building a Guide to an Engineering Body of Knowledge", *World Computer Congress WCC2000 - ICS2000*, Beijing, China, August 21-25, 2000, 46 p.
- Abran, A.; Bourque, P.; Dupuis, R.; Moore, J.W.; Tripp, L.L. 2000. "The Emerging Consensus on the Software Engineering Body of Knowledge in Jornadas de Ingenieria del Software - *Jornadas de Bases de Datos JISBD'2000* ., Valladolid, Espagne, November 8-10, 2000a, 9 p.
- Abran, A.; Dupuis, R.; Bourque, P.; Moore, J.W.; Tripp, L.L., "Guide to the Software Engineering Body of Knowledge - Overview and Applications", *Jornadas de Ingenieria del Software - Jornadas de Bases de Datos JISBD'2000*, Valladolid, Espagne, November 8, 2000, 57 p.
- Ackrill, J. L., 1963. "Aristotle's Categories and De Interpretatione". Traduction avec commentaires par J. L. Ackrill. Clarindon Aritotle Series, Clarindon Press, Oxford, 1963
- Agre, P.,Chapman, D.,1987. "An implementation of a theory of activity" *The Proceedings of the Sixth NationalConference on Artificial Intelligence, American Association for Artificial Intelligence*. Seattle: Kaufmann, pp. 268–272.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Benjamin B. S., Bloom, B. S., 2001., Benjamin B. S., " A taxonomy for learning, teaching, and assessing : a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives ". Editors, Lorin W. Anderson, David R. Krathwohl ; contributors, Peter W. Airasian et al
- April, 2005 Thèse Doctorat - Chapitre 9 (en préparation), ETS - Département de Génie logiciel et technologies de l'information
- Arrow, H., Mcgrath, J. E. et Berdahl, J. L. 2000. *Small Group as Complex Systems*, Thousand Oaks, Californie, Sage Publications.
- Bachimont, B., 2000. "Engagement sémantique et engagement ontologique : conception et réalisation d'ontologies en Ingénierie des connaissances". In J. Charlet & M. Zacklad & G. Kassel & D. Bourigault Eds.), *Ingénierie des connaissances, évolutions récentes et nouveaux défis*. Paris.
- Bloom, B. S., 1956. " Taxonomy of Educational Objectives : The Classification of Educational Goals ". Handbok I: Cognitive Domain, New York, Longman
- Bourque, P.; Dupuis, R.; Abran, A.; Moore, J. W.; Tripp, Leonard; Shyne, K.; Pflug, B.; Maya, M.; Tremblay, G., 1998. "Guide to the Software Engineering Body of Knowledge - A Straw Man Version, Montréal, September.
- Bourque, P.; Dupuis, R.; Abran, A.; Moore, J.W.; Tripp, L.L., 1999. "Guide to the Software Engineering Body of

- Knowledge - A Project Overview in International Conference on Software Technology: Software Quality, CITS, Curitiba, Brazil, May 17-21, 1999a, 58 p.
- Bourque, P.; Dupuis, R.; Abran, A.; Moore, J.W.; Tripp, L.L., 1999. "The Guide to the Software Engineering Body of Knowledge", *IEEE Software*, vol. 16, no. 6, November/December, 1999b, pp. 35-44.
- Bourque, P.; Dupuis, R.; Abran, A.; Moore, J.W.; Tripp, L.L., 2000. "The Emerging Consensus on the Software Engineering Body of Knowledge", World Computer Congress WCC 2000, Beijing, China, August 21-25, 9 p.
- Bourque, P.; Dupuis, R.; Abran, A.; Moore, J.W.; Tripp, L.L.; Wolff, S., "Fundamental Principles of Software Engineering - A Journey in Journal of Systems and Software, vol. 62, 2002, pp. 59-70.
- Breuker, J. et Van de Velde W., 1994. "Common KADS Library of Expertise Modelling", Amsterdam, IOS Press, 360p.
- Burke, K., 1966. "Language as symbolic action: Essays on life, literature, and method", Berkeley, CA, University of California Press.
- Cooper Donald R. et S., Shindler Pamela 2003. "Business Research Methods 8th Edition, McGraw-Hill Higher Education Series, McGraw-Hill ISBN 0-07-249870-6
- d'Astous, Patrick, 1999. "Approche de mesure et d'analyse des réunions de révision technique du processus de génie logiciel", Département de Génie électrique et de génie informatique, Université de Montréal.
- Davis, J.H., Kameda, T., Parks, C., Stasson, M. et Zimmerman, S., 1989. "Some social mechanics of group decision making: The distribution of opinion, polling sequence, and implications for consensus". *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 57, pp. 1000-1014.
- Deridder, D. et Wouters, B., 1999. "The Use of Ontologies as a Backbone for Software Engineering Tools", *Fourth Australian Knowledge Acquisition Workshop (AKAW'99)*, 5-6 December, Sydney Australia.
- Deridder, D., 2002. "A Concept-Oriented Approach to Support Software Maintenance and Reuse Activities". *5th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE2002)*, 11-13 Setembre, Maribor (Eslovenia)
- Dupuis, R., 2002. "MIG 9100 Méthodologie de la Recherche Appliquée". UQAM - Maîtrise en Informatique de Gestion – Automne 2002
- Dupuis, R.; Bourque, P.; Abran, A.; Moore, J.W., "Principes fondamentaux du génie logiciel: Une étude Delphi in Le génie logiciel et ses applications", *Dixièmes journées internationales GL97*, Paris, 3-5 décembre, 1997.
- Dupuis, R.; Bourque, P.; Abran, A.; Moore, J.W.; Tripp, L.L., "Related Disciplines Currently Being Considered by the Guide to the Software Engineering Body of Knowledge Project", *Forum for Advancing Software engineering Education FASE*, vol. 9, no. 11, November 15, 1999a.
- Dupuis, R.; Bourque, P.; Abran, A.; Wolff, S.; Moore, J.W., "Progress Report on the Fundamental Principles of Software Engineering", 4th International Software Engineering Standards Symposium, ISESS'99, Curitiba, Brazil, May 17-21, 1999, 1 p.
- Emory William C. 1985. "Business Research Methods", 3rd Edition. Homewood, IL, R. D. Irwin, Richard D Irwin Inc. Irwin Series in Information and Decision Sciences ISBN 0-256-03009-X
- Engeström, Y., 1987. "Learning by expanding", *Oriente - Konsultit*, Helsinki.
- Enos, R.L., 1981. "Heuristic and eristic rhetoric in small group interaction: An examination of quasi-logical argument" in G. Zigelmueeller et J. Rhodes, *Dimensions of argument: Proceedings of the Second Summer Conference on Argumentation*, Annandale, VA, Speech Communication Association, pages 719-727.
- Fernández-López, Gómez-Pérez et Juristo, 1997. "Methontology : From Ontological Art Towards Ontological Engineering". Spring Symposium Series on Ontological Engineering. AAAI97, Stanford, USA
- Fikes, R., Farquhar, A., 1999. "Distributed Repositories of Highly Expressive Reusable Ontologies", *IEEE Intelligent Systems* January/February, 73-79, 1999
- Fisher, C. et Sanderson, P. M., 1996. "Exploratory Sequential Data Analysis: Exploring Continuous Observational Data", *Interactions* March 1996, vol. 9: 25-34
- Fiske et Taylor, 1991. Susan Fiske et Shelley Taylor, "Social Cognition" McGraw-Hill Books, New York, NY, 1984, 1991 2nd edition
- Fiske S. et Taylor S., 1991. "Social Cognition", McGraw-Hill Books, New York, NY, 2nd edition
- Flor, N.V. et Hutchins E., 1992. "Analyzing Distributed Cognition in Software Teams: a Case Study of Collaborative Programming During Adaptive Software Maintenance". In *Empirical Studies of Programmers: Fourth Workshop*, eds. J. Koenemann-Belliveau, T. Moher. NJ: Ablex., 1992
- Fodor J.A., Pylyshyn, Z., 1988. "Connectionism and Cognitive Architecture: A Critical Analysis" *Cognition*, 28: 3-71, 1998
- Frey, L.R. et Sunwolf., 2004. " The Symbolic-Interpretive Perspective on Group Dynamics". *Small Group Research*, vol. 35, no 3, pp. 277-306.
- Garzás J. et Piattini M. 2005. "An Ontology for Microarchitectural Design Knowledge", *IEEE Software* 29: p.28 -33

- George, S., 2001. "Apprentissage collectif à distance. SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet", Thèse de doctorat, Université du Maine au Mans, 11 juillet
- Glass, Robert L., 1997. "In the Beginning: Recollections of Software Pioneers", Wiley-IEEE Computer Society Press, 328 pages, ISBN 0-8186-7999-9, November 1997.
- Gomez-Pérez, A., 1999. "Ontological Engineering: A State of the Art", Facultad de Informatica, Universidad Politecnica de Madrid, 1999 <http://citeseer.nj.nec.com/444416.html>
- Gomez-Perez, A., Fernandez, M. et De Vicente, A.J., 1996. "Towards a Method to Conceptualize Domain Ontologies", ECAI-96 Workshop on Ontological Engineering, Budapest
- Grondin, Jean, 2004., "Introduction à la Métaphysique". Les Presses de l'Université de Montréal, 384 p. ISBN 2-7606-1874-9
- Gruber, T., 1993. "Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing", in Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation, edited by Nicola Guarino and Roberto Poli, Kluwer Academic Publishers
- Gruninger et Lee, 2002. "Ontology Design and Applications", *Communications of the ACM*, February 2002, 45(2), 1-2, 2002
- Guarino, N., Welty, C., 2002. "Evaluating Ontological Decisions with Ontoclean", *Communications of the ACM*, February 2002, 45 (2), 61-65, 2002
- Guarino N., 1998. "Formal Ontology and Information Systems", FOIS 1998, Trento, Italy IOS Press
- Guarino, N., 1997. "Understanding, building and using ontologies", *International J. Human-Computer Studies* 46, 293-310, 1997
- Guarino, N., Giaretta, P., 1995. "Ontologies and Knowledge Bases Towards a Terminological Clarification", N.J.I. Mars ed.), Towards Very Large Knowledge Bases, IOS Press 1995, Amsterdam
- Hinsz, V.B., Tindale, R.S. et Vollrath, D.A., 1997. "The emerging conception of groups as information processors". *Psychological Bulletin*, vol. 121, pp. 43-64.
- Hollingshead, A.B. et Brandon, D.P., 2003. "Potential Benefits of Communication in Transactive Memory Systems". *Human Communication Research*, vol. 29, no 4, pp. 607-615.
- Hollingshead, A.B., 1998. "Retrieval processes in transactive memory systems". *Journal of Personality and Social Psychology Bulletin*, vol. 74, pp. 659-671.
- Huchins, E., 1999. "Cognitive Artifacts", *The MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences* MIT Press, Cambridge, MA, pp.126-127, 1999.
- Hutchins, E., 1995. "Cognition in the Wild", The MIT Press Cambridge MA, 1995
- ISO JTC 1 SC7, 2005
<http://www.iso.org/iso/en/stdsdevelopment/tc/tclist/TechnicalCommitteeDetailPage.TechnicalCommitteeDetail?COMMID=40>
- Jabir; Moore, J.W.; Abran, A.; Bourque, P.; Group, Business Planning; Dupuis, R.; Hybertson, D.; Jacquet, J.-P.; Köller, A.; Lowry, E.; Tripp, L.L., "A Search for Fundamental Principles of Software Engineering", *Computer Standards and Interfaces*, vol. 19, no. 2, March, 1998, pp. 155-160.
- Kakahara, Masao & Sørensen, Carsten, 2001. "EXPLORING KNOWLEDGE EMERGENCE". *Conference on Managing Knowledge: Conversations and Critique* 10 -11th April 2001, University of Leicester Management Centre, United Kingdom
- Kameda, T., Tindale, R.S. et Davis, J.H., 2002 "Cognitions, preferences, and social sharedness: Past, present, and future directions in group decision making". in S. L. Schneider et J. Shanteau, *Emerging perspectives on judgment and decision research*, Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Kaptelinin, V., 1996. "Activity Theory: Implications for Human-Computer Interaction", in Bonnie Nardi (editor) *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, pp. 107 - 110, The MIT Press, Cambridge, MA, 1996
- Kerbrat-Orecchioni Catherine, 1990. "Les Interactions Verbales", Tome I. Paris Armand Colin. Collection Linguistique ISBN 2-200-31274-1
- Kitchenham, B., et al. 1999. "Towards a software maintenance ontology", *Journal of Software Maintenance: research and Practice*, 11: p.365-389, NRC 44124.
- Klein, O., 2002. "Notes de cours sur la Cognition Sociale", Université Libre de Bruxelles Service de Psychologie Sociale, 2002
- Kunda, Z., 1999. "Social Cognition : Making Sense of People", The MIT Press Cambridge MA, 1999
- Kuuti, K., 1996. "A Framework for HCI Research", Chapter 2 in *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, edited by Bonnie A. Nardi, ISBN 0-262-14058-6, The MIT Press, Cambridge, MA, 1996

- Landry, M., Malouin J. L., ORAL M., 1985. "La Validation des modèles en recherche opérationnelle", *Revue AFCET/INTERFACES*, Vol.31, pp. 9-20
- Landry, S., 1988. "Le processus d'émergence de la structure du pouvoir dans les groupes restreints : la place des femmes et la place des hommes". Montréal, *Communication*, Université du Québec à Montréal.
- Laughlin, P.R., Bonner, B. L., & Altermatt, T. W., 1999). "Collective versus individual induction with single versus multiple hypotheses". *Journal of Personality and Social Psychology Today*, vol. 75, pp. 1481-1489.
- Laughlin, P.R., Vanderstoep, S.W. et Hollingshead, A.B. 1991. "Collective versus individual induction: Recognition of truth, rejection of error, and collective information processing". *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 61, pp. 50-67.
- Leontiev, A.N., 1978. "Activity, consciousness and personality", NJ: Prentice-Hall. 1978
- Martin M. et Olsina, L. 2003. "Towards an Ontology for Software Metrics and Indicators as the Foundation for a Cataloging Web System". *Proceedings of the First Latin American Web Congress (LA-WEB'03)* p. 103, November 10 - 12, 2003 Santiago, Chile
- McKean, M , 2004 "Exploratory Sequential Data Analysis: A Review of Literature", http://coe.sdsu.edu/ed690/docs/m05_sdaltirev.pdf
- Mendes, O., 2004, "Méthodologies de construction d'ontologies : une analyse comparative des étapes essentielles", *Congrès de l'ACFAS, Colloque : Informatique Cognitive : Nouvelles Avenues de Recherche*, Montréal 12 Mai 2004
- Mendes, O., Abran, A. 2004. "Software Engineering Ontology: A Development Methodology", *Position Paper, Metrics News* 9:1, August, p.68-76.
- Mendes, O., Abran, A. 2005. Issues in the development of an ontology for an emerging engineering discipline", *SEKE 2005* Taiwan, Article accepté.
- Mizoguchi et Vanwelkenhuysen, 1995. Mizoguchi, R., Vanwelkenhuysen, J., "Task Ontology for Reuse of Problem Solving Knowledge" *Proceedings of KB&KS'95*, pp. 46-59, 1995
- Mizoguchi R. et al., 1992 "Task Ontology and its use in a task analysis interview system- Two level mediating representation in MULTIS" *Proceedings of the JKAW* pp. 185-198, 1992
- Mizoguchi R. et Ikeda M. ,1996. "Towards Ontological Engineering" *Technical Report, AI-TR-96-1*, ISIR, Osaka University
- Mongeau, P., 1981. " La pensée systémique : concepts". *L'orientation professionnelle*, vol. 17, no 1, pp. 9-52.
- Neeches et al., 1991. "Enabling Technology for Knowledge Sharing" *AI Magazine*, Volume 12 No. 3, Fall 1991, pp.36-56.
- Newell et Simon, 1976. Allen Newell, Herbert A. Simon. "Computer science as an empirical inquiry: symbols and search." *Communications of the ACM*, 19:113-126, 1976.
- Paquette G. 2002. "Modélisation des connaissances et des compétences, pour concevoir et apprendre", Montréal, Presses de l'Université du Québec
- Pavitt, C. (2003). " Why we have to be reductionists about group memory". *Human Communication Research*, vol. 29, pp. 592-599.
- Pavitt, C., 2003. " Why we have to be reductionists about group memory". *Human Communication Research*, vol. 29, pp. 592-599.
- Pitrat, J., 1993. "Penser l'informatique autrement". Hermès, Paris.
- Psyché, V., Mendes, O., Bourdeau, J., 2003, "Apport de l'ingénierie ontologique aux environnements de formation à distance", *Revue STICEF* Vol 10, 2003
- Qasem, A. 2001. Qasem, A., "A prototype DAML + OIL Ontology IDE" *Semantic Web Working Symposium Position Papers*, <http://www.semanticweb.org/SWWS/program/position/>
- Qasen, 2005 "WOSE project", <http://www.java-emporium.com/projects/wose/>
- Resnick, L.B., Levine, J.M. et Teasley, S.D., 1991. "*Perspectives on socially shared cognition*". Washington, DC, American Psychological Association.
- Ricoeur, P., 2000. "Dictionnaire de la philosophie". *Encyclopaedia Universalis*, Albin Michel, Paris, 2044 p, ISBN 2-226-11461-0
- Rizzo et Marti, 1998. Antonio Rizzo and Patricia Marti "Distributed Cognition and Artifacts", 1998 <http://www-sv.cict.fr/cotcos/pjs/TheoreticalApproaches/DistributedCog/DistCognitionpaperRizzo.htm>
- Robillard, P N et P, d'Astous 1997. "La Mesure des Activités Collaboratives Retrouvées lors d'une réunion de révision technique du processus de génie logiciel", *Rapport Technique*, École Polytechnique de Montréal
- Robillard, P N, P, d'Astous, et al. 1995. "An Empirical Method Based on Protocol Analysis to Analyse Technical Review Meeting", *IEEE Computer* 28: 17-26

- Robillard, P N, P, d'Astous, et al. 1998. "Measuring Cognitive Activities in Software Engineering", *International Conference of Software Engineering*, Kyoto, Japan
- Rogers Y. et Ellis, J., 1994. "Distributed Cognition: an alternative framework for analyzing and explaining collaborative working", *Journal of Information Technology* 9 : 2, pp119 – 128, 1994
- Rogers Y. et Scaife M., 1997. "Distributed Cognition", <http://www-sv.cict.fr/cotcos/pjs/TheoreticalApproaches/DistributedCog/DistCognitionpaperRogers.htm>
- Rogers, Y., 1997. "A Brief Introduction to Distributed Cognition", <http://www.cogs.susx.ac.uk/users/yvonner/papers/dcog/dcog-brief-intro.pdf>
- Romiszkowsky, A. J. 1981. "Designing Instructional Systems", Kogan Page et Nichols Publishing, Londres, 415p.
- Rosenschein et Kaelbling, 1995. Rosenschein, S., and L. Kaelbling. "A situated view of representation and control", dans P. A. Agre and S. Rosenschein, Eds., *Special Issue on Computational Research on Interaction and Agency, Artificial Intelligence* 1995.
- Roulet, E., 1987. "L'articulation du discours en français contemporain". École de Genève.
- Ruiz F., Vizcaino A., Piattini M., Garcia F., 2004. "An ontology for the management of software maintenance projects", *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, Vol. 14, No. 3, 2004, 323-349
- Ruiz, F., Vizcaino, A., Piattini, M. y Garcia, F., 2004. "An Ontology for the Management of Software Maintenance Projects". *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, Vol. 14, No. 3 (2004) 323-349.
- Sage, John, 2000. "Social Network Analysis: A Handbook", 2nd Edition. London SAGE Publications Ltd ISBN 0-7619-6339-3
- Saint-Charles, J., 2001. "Pouvoir informationnel, structure formelle et réseau émergent dans une organisation", Thèse de doctorat, Montréal : Université du Québec à Montréal.
- Saint-Charles, J., et Mongeau, P., 2004. "Le groupe comme phénomène de communication", Cours COM9010, Université du Québec à Montréal.
- Sanderson, P M et C, Fisher 1994. "Exploratory Sequential Data Analysis: Foundations", *Human-Computer Interaction* 9: 251-317
- Schreiber, 1993. "KADS: A Principled Approach to Knowledge-Based System Development". Volume 11 of Knowledge-Based Systems Book Series. Academic Press, London, 1993. ISBN 0-12-629040-7.
- Schultz, 2003 Requirements analysis ontology http://protege.stanford.edu/mail_archive/msg04018.html
- Shields, D. et Cragan, J, 1995. "Symbolic Theories in Applied Communication Research". Bormann, Burke, and Fisher, Cresskill, N.J., Hampton Press.
- Sicila et al., 2005 "The Evaluation of ontological representations of the SWEBOK as a revision tool" article soumis à SEKE, 2005
- Smith, J B, Kay Smith, D, et al. 1993. "Automated Protocol Analysis", *Human-Computer Interaction* 8: 101-145
- Staab, S. Studer, R., Schnurr, H-P., Sure, Y., 2001, "Knowledge Process and Ontologies", *IEEE Intelligent Systems*, January/February, 26-34, 2001
- Suchman, L. A., 1987. "Plans and Situated Action", New York Cambridge University Press. (1987).
- Tindale, R.S, 1989. "Group vs. individual information processing: The effects of outcome feedback on decision-making". *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, vol. 44, pp. 454-473.
- Tindale, R.S., Kameda, T. et Hinsz, V.B. 2003. "Group Decision Making". in M. A. Hogg et J. Cooper, *Sage handbook of social psychology*, London, Sage
- Tukey, J W 1977. "Exploratory Data Analysis", Reading, MA, Addison-Wesley,
- Tuckman, B.W., 1965. "Developmental sequences in small groups". *Psychological Bulletin*, no 65, pp. 384-399.
- Tuckman, B.W. et Jensen, M.A.C. 1977. "Stages of small-group development revisited". *Group and Organizational Studies*, no 2, pp. 419-427.
- Uschold M. et Gruninger M., 1996. Ontologies: Principles, Methods and Applications. *Knowledge Engineering Review*, Vol 11 No 2 pp. 93-113, June 1996.
- Uschold, M. and Martin K., 1995. Towards a Methodology for Building Ontologies. *Proceedings of IJCAI95's Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*. 1995.
- Vigotsky, L. 1981. "The instrumental method in psychology". In J. Wertsch (ed.), *The concept of activity in Soviet psychology*. Armonk, NY: Sharpe, 1981
- Wille, C., Abran, A., Desharnais, J-M., Dumke, R., 2003. "The Quality concepts and subconcepts in SWEBOK: An ontology challenge" *13^d International Workshop in Software Measurements*, Montréal, Sept. 23, 2003 p. 18
- Wille, C., Dumke, R., Abran, A., Desharnais, JM. 2004. E-Learning Infrastructure for Software Engineering Education: Steps in Ontology Modeling for SWEBOK , *Software Measurement European Forum* , Rome, Italy.