

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE
À L'OBTENTION DE LA
MAÎTRISE EN GÉNIE CONCENTRATION PERSONNALISÉE
M.Ing.

PAR
Jean-Louis QUÉGUINER

CONCEPTION ET MISE EN PLACE SUR LE WEB D'UN SYSTÈME INTERACTIF
D'AIDE À LA DECISION UTILISANT DES BASES DE CONNAISSANCES

MONTRÉAL, LE 12 DÉCEMBRE 2011

©Tous droits réservés, Jean-Louis Quéguiner, 2011

©Tous droits réservés

Cette licence signifie qu'il est interdit de reproduire, d'enregistrer ou de diffuser en tout ou en partie, le présent document. Le lecteur qui désire imprimer ou conserver sur un autre media une partie importante de ce document, doit obligatoirement en demander l'autorisation à l'auteur.

PRÉSENTATION DU JURY

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

M. Miresco, directeur de mémoire
Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Francis, codirecteur de mémoire
Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Lefebvre, président du jury
Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Cloutier, examinateur externe
Chargé de cours à l'École de technologie supérieure

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 30 NOVEMBRE 2011

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Au terme de cette maîtrise, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire, Monsieur le Professeur Edmond T. Miresco, ing. Ph.D de l'École de Technologie Supérieure de Montréal, Directeur de l'administration et de la vie étudiante, qui a accepté de m'accueillir dans son programme de recherche, et m'a guidé tout au long de mes travaux. À travers ses remarques et ses conseils, il a apporté un soutien indispensable à la réussite de mes études. Ses expertises en informatique de gestion, en systèmes experts, et en programmation des outils d'aide à la décision ont été d'une grande aide.

Je voudrais également témoigner ma reconnaissance à mon co directeur de recherche Monsieur le Professeur Adel Francis, ing. PhD. à l'École de Technologie Supérieure de Montréal, pour son accueil et soutien inconditionnel lors de mes recherches. Travailler avec lui au sein du laboratoire de Planification de la Construction a été pour moi un honneur car il m'a ouvert les yeux sur l'avenir des logiciels de planification de la construction. Ses remarques et conseils avisés m'ont permis d'avancer à grands pas dans mes recherches.

Je remercie également tous mes collègues de laboratoire de génie de la Construction qui ont su m'encourager et me faire partager leurs remarques constructives.

Mes reconnaissances vont également à Éliza, ma fiancée qui, avec son soutien et ses encouragements précieux, a rendu ce mémoire possible.

Enfin, je salue ma famille qui m'a accompagné et appuyé dans mes démarches tout au long de mes études, afin que mes projets se réalisent.

CONCEPTION ET MISE EN PLACE SUR LE WEB D'UN SYSTÈME INTERACTIF D'AIDE À LA DECISION UTILISANT DES BASES DE CONNAISSANCES POUR

Jean-Louis QUÉGUINER

RÉSUMÉ

La facilité grandissante de la communication entre les intervenants d'une équipe de projet n'a pas résolu le problème de la capitalisation des connaissances malgré l'apparition de l'Internet.

La construction d'une logique d'exécution adaptée aux projets lors de la phase de conception est souvent une étape répétitive.

Nous chercherons à fournir une méthodologie de conception d'un outil d'aide à la décision basé sur des connaissances en ordonnancement dont le but est de générer des échéanciers. Ces connaissances seront capitalisées à une grande échelle grâce au Web.

Notre premier objectif sera de stocker et gérer des connaissances portant sur la logique d'ordonnancement. Les planificateurs pourront contribuer à l'amélioration continue du système de décision en maintenant les connaissances sur une base publique.

Nous mettrons ensuite en place un protocole d'évaluation et de consolidation des connaissances par des experts désignés au sein du système.

Enfin nous présenterons l'outil d'aide à la décision basé sur les connaissances, pour la génération d'une logique d'ordonnancement.

Nous développerons donc une méthodologie de conception d'un SIAD dans un environnement Web 2.0. Nous étudierons la conception de la base de connaissances, du système d'inférence, de l'outil d'ingénierie des connaissances et des comportements de l'interface.

L'application de cette méthodologie aboutira sur la conception d'un prototype.

Une validation sera effectuée à travers la construction d'une base de connaissances de 4000 activités permettant de s'assurer de la fonctionnalité du prototype. L'environnement Web permettra ensuite de le valider à grande échelle à travers des tests d'application effectués en simultané à travers le monde.

mots clés : planification, outils d'aide à la décision, base de connaissances, Web

CONCEPTION ET MISE EN PLACE SUR LE WEB D'UN SYSTÈME INTERACTIF D'AIDE À LA DECISION UTILISANT DES BASES DE CONNAISSANCES

Jean-Louis QUÉGUINER

ABSTRACT

Despite the emergence of the Internet, the increasing ease of communication between stakeholders among a project team has not solved the issue of knowledge capitalization.

The construction of the execution logic adapted to project during the design phase is repetitive.

We will seek to provide a methodology to design a tool for decision support based on scheduling knowledge of with the aim of generating schedules. Knowledge is capitalized on a large scale through the web.

The first objective of this work will be the storage and the management of knowledge concerning the scheduling logic. Thus planners can contribute to the continuous improvement of the decision-making system by maintaining the public knowledge base.

Then we will establish a protocol for the evaluation and the consolidation of knowledge by experts appointed in the system.

Finally, we present the tool of decision support based on knowledge, to generate a logical ordering. So we will develop a methodology for designing a DSS in a web2.0 environment. We will study the design of the knowledge base, the inference system, the knowledge engineering tool and the behavior of the interface.

The implementation of this methodology will lead to the design of a prototype.

Validation will be done through the building a knowledge base of 4000 activities to ensure the functionality of the prototype. The validation at a large scale through application tests conducted simultaneously throughout the world thanks to the Internet.

key words : scheduling, decision support system, knowledge base, Web

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE BIBLIOGRAPHIQUE – ÉTAT DE L’ART	7
1.1 Communication visuelle sur la planification	7
1.2 Revue bibliographique portant sur les SIAD	9
1.3 État de l’art concernant les bases de connaissances.....	12
1.4 Revue bibliographique concernant les bases de données	15
1.5 Revue bibliographique portant sur le wiki web	19
1.6 Conclusion	22
CHAPITRE 2 PRINCIPE DU SIAD ET INGÉNIEURIE DES CONNAISSANCES POUR L’ORDONNANCEMENT DES ACTIVITÉS	23
2.1 Introduction.....	23
2.2 Principe du SIAD.....	23
2.2.1 Délimitation du champ de l’étude.....	23
2.3 Ingénierie de la connaissance pour la planification	24
2.3.1 Architecture du SIAD dans un contexte non structuré	24
2.4 Validation des connaissances à l’échelle du Web.....	25
2.5 Principe de la base de connaissances pour la précédence.....	27
2.6 Valeur ajoutée du SIAD.....	29
2.7 Représentation des connaissances d’ordonnement.....	30
2.7.1 Principales représentation existantes possiblement adaptables	30
2.7.2 Gestion de la hiérarchisation des connaissances dans le domaine de la planification	35
2.7.3 Modélisation de la préséance dans le cas d’une inclusion pour le stockage de la logique dans une base de données.....	37
2.8 Gestion des décisions au sein du SIAD	39
2.8.1 Processus de sélection vertical.....	39
2.8.2 Processus de sélection horizontal.....	39
2.8.3 Application par un exemple	40
CHAPITRE 3 INGENIERIE DES EXIGENCES DU SIAD BASÉ SUR LES CONNAISSANCES	43
3.1 Introduction et objectif.....	43
3.2 Méthodologie de construction d’un SIAD.....	43
3.3 Analyse des fonctions attendues pour le SIAD WIXPERT vis-à-vis des utilisateurs.....	45
3.3.1 Le marché des outils de planification.	45
3.3.2 Résultats attendus vis-à-vis des outils existants.....	47
3.3.3 Le rôle des utilisateurs dans le système WIXPERT	47

3.4	Découpage du modèle de représentation de la connaissance pour l'adaptation à une base de données	50
3.5	Composition du SIAD WIXPERT	51
3.5.1	Éléments de conception du SIAD.....	51
3.5.2	Intégration du SIAD WIXPERT dans un environnement Web.....	52
3.6	Modélisation conceptuelle et fonctionnelle des données	55
3.6.1	Introduction et objectifs.....	55
3.6.2	Méthodologie.....	55
3.6.3	Résolution des axiomes	61
3.6.3.1	Résolution de l'axiome 1 et 2 portant sur la précédence.....	61
3.6.3.2	Résolution de l'axiome 3 portant sur les jalons de début et de fin de projet.....	63
3.6.3.3	Résolution de l'axiome 4 portant sur la parenté des nœuds pour l'inclusion.....	64
3.6.3.4	Résolution de l'axiome 5 portant sur les types de nœuds	65
3.6.3.5	Résolution de l'axiome 6 portant sur les nœuds de type inclusion	66
3.6.4	Résolution de l'axiome 7 pour la gestion de l'état des modèles de décisions	67
3.6.5	Relation ternaire pour la gestion des décisions basées sur les connaissances des décisions pour les axiomes 8 et 9.	68
3.6.6	Adaptation de l'entité <i>Nœud</i> pour répondre aux exigences du marquage hiérarchique	69
3.7	Conclusion.....	70
CHAPITRE 4 CONCEPTION DU PROTOTYPE WIXPERT		71
4.1	Introduction	71
4.2	Architecture du système	71
4.2.1	Langage Orienté-Objet.....	71
4.2.2	Système de gestion de bases de données (SGBD).....	72
4.2.3	Configuration serveur retenue	72
4.3	Architecture des données.....	73
4.3.1	Application de la transformation du modèle conceptuel au modèle physique.....	73
4.4	Interface avec l'utilisateur	75
4.4.1	Développement d'une extension jQuery pour la représentation de la préséance dans un navigateur internet.....	77
4.4.2	Interactions avec l'utilisateur	79
4.5	Conclusion.....	80
CHAPITRE 5 APPLICATIONS ET ANALYSES		81
5.1	Introduction	81
5.2	Présentation du cas d'étude	81
5.3	Adaptation des cas d'études à notre système	81
5.4	Interaction en l'utilisateur et le module de gestion des connaissances	82

5.4.1	Navigation dans le SIAD	82
5.4.2	Module de gestion des connaissances.....	84
5.4.2.1	Tableau de bord de l'utilisateur pour le module de gestion des connaissances.....	84
5.4.2.2	Action sur le modèle de connaissances.....	85
5.4.2.3	Création, édition et suppression d'un nœud.....	86
5.4.2.4	Expansion d'un nœud SOOM/XOR ou Inclusion	88
5.4.2.5	Construction et destruction des liens de précedence.....	88
5.4.2.6	Création et gestion de règles de décision transversales	90
5.4.2.7	Création et gestion des commentaires.....	92
5.4.3	Module de gestion décisionnel.....	93
5.4.3.1	Tableau de bord de l'utilisateur pour le module de gestion des décisions	93
5.4.4	Le module de prise de décisions	96
5.5	Exportation et résultats issus du SIAD	97
5.6	Module de gestion du SIAD	99
5.6.1	Gestion des utilisateurs	99
5.7	Aspect collaboratif.....	101
5.8	Conclusion	102
CONCLUSION.....		103
RECOMMANDATIONS		107
ANNEXE I	EXEMPLE DE VUE DU LOGICIEL X-PERT DE MIRESCO (1994)..	109
ANNEXE II	CAS D'UTILISATION D'IMPORTANCE LOGIQUE MAJEURE	111
ANNEXE III	SOUS-CAS D'UTILISATION D'IMPORTANCE LOGIQUE MAJEURE	113
ANNEXE IV	CAS D'UTILISATION D'IMPORTANCE LOGIQUE MINEURE	121
ANNEXE V	SOUS-CAS D'UTILISATION D'IMPORTANCE LOGIQUE MINEURE	125
ANNEXE VI	PRINCIPE DU MARQUAGE, DE LA DESELECTION ET DE LA SUPPRÉSSION HIERARCHIQUE	127
ANNEXE VII	LISTE DES AXIOMES ÉLABORÉS AU COURS DE L'ÉTUDE.....	131
ANNEXE VIII	EXEMPLE DU FICHER DE NOEUD EXCAV.NOD DE X-PERT	135
ANNEXE IX	EXEMPLE DU FICHER DE PRÉCEDENCE EXCAV.PRE DE X-PERT	137

ANNEXE X	LISTE DES FICHIERS CONSTITUANT LA BASE DE CONNAISSANCES DE L'ORDONANCEMENT DES ACTIVITÉS DE CONSTRUCTION DANS X-PERT	139
ANNEXE XI	MODÉLISATION CONCEPTUELLE DES DONNÉES.....	141
ANNEXE XII	MODÈLE PHYSIQUE DE DONNÉES.....	143
ANNEXE XIII	EXEMPLE DE FICHER NEUTRE D'EXPORT POUR LE CLIENT	145
ANNEXE XIV	SCRIPT SQL DE GÉNÉRATION DE LA BASE DE DONNÉES.....	147
ANNEXE XV	OBJECTIFS FUTURS DES OUTILS DÉCISIONNELS POUR LA PLANIFICATION DE LA CONSTRUCTION	154
BIBLIOGRAPHIE		155

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1 Cadre des SIAD tiré de (Gorry et Scott Morton, 1971).....	10
Figure 1.2 Les évolutions des outils d'aide à la décision tiré de (Arnott et Pervan, 2005)	10
Figure 1.3 Architecture 5 axes pour les supports décisionnels basés sur les connaissances tirées de Marakas (1999).....	13
Figure 1.4 Parallèles du modèle hiérarchique avec la méthode CPM/PERT tiré de Bachman (1969)	16
Figure 1.5 Diagramme entités-relations pour l'analyse de l'information dans une entreprise manufacturière tiré de (Chen, 1976)	17
Figure 1.6 Hiérarchie des classes et la hiérarchie d'agrégation tiré de (Won, 1990).....	17
Figure 1.7 Architecture d'une application Web tiré de (Senthilkumar, Varghese et Chandran, 2010)	19
Figure 2.1 Intervention de l'utilisateur dans le processus de décision de X-PERT tiré de (Miresco, 1994)	25
Figure 2.2 Héritage des acteurs.....	27
Figure 2.3 Schéma des connaissances nécessaires à l'élaboration d'une base de connaissances pour l'ordonnancement des activités de construction	28
Figure 2.4 Représentation GERT du lancement de deux véhicules tiré de(Pritsker, 1966)	31
Figure 2.5 Diagramme DCPM de Crowston, Thompson et Luther (1967)	32
Figure 2.6 Méthode PERT généralisée adaptée de Miresco (1994)	33
Figure 2.7 Adaptation par Miresco (1994).....	34
Figure 2.8 Exemple de WBS (PMI).....	36
Figure 2.9 Principe des poupées russes appliqué à l'ordonnancement.....	37

Figure 2.10	Modélisation de l'inclusion pour un nœud d'inclusion normale	37
Figure 2.11	Modélisation de l'inclusion pour un nœud de type choix unique	38
Figure 2.12	Modélisation de l'inclusion pour un nœud de type choix multiple.....	38
Figure 2.13	Gestion des décisions au sein du SIAD	41
Figure 3.1	Adaptation de la méthodologie de Gupta et al. (2006) pour l'ingénierie des outils d'aide à la décision basés sur la connaissance	44
Figure 3.2	Gestion des doubles relations entre activités sous Ms Project	46
Figure 3.3	Gestion des doubles relations entre activités sous GanttProject.....	46
Figure 3.4	Éléments de représentation UML pour les cas d'utilisation	48
Figure 3.5	Les différents modules du SAID WIXPERT (diagramme des cas d'utilisation représentation les interactions utilisateurs-système).....	48
Figure 3.6	Schéma simplifié de l'architecture MVC dans le cas du SIAD WIXPERT basé sur le Web	54
Figure 3.7	Représentation d'un modèle conceptuel de données (Avison, 1991b).....	56
Figure 3.8	Modélisation conceptuelle des données pour la précédence	62
Figure 3.9	Modélisation fonctionnelle de processus de vérification de l'intégrité de la précédence	63
Figure 3.10	Modélisation fonctionnelle pour l'ajout des jalons de début et de fin de projet	64
Figure 3.11	Modélisation conceptuelle de la parité des nœuds dans une relation d'inclusion.....	64
Figure 3.12	Adaptation de l'entité nœud à la gestion des niveaux de profondeur	65
Figure 3.13	Modélisation conceptuelle des données pour les types de nœuds	65
Figure 3.14	Modélisation conceptuelle des nœuds de début et de fin d'inclusion par rapport au type de nœud père	66
Figure 3.15	Modélisation fonctionnelle du processus d'ajout d'un nœud avec un comportement d'inclusion.....	67
Figure 3.16	Adaptation de l'entité modèle de décision au processus de soumission et de validation	68

Figure 3.17	Modélisation conceptuelle des données pour le système de gestion des décisions pour l'ordonnancement basé les connaissances d'ordonnancement ...	69
Figure 3.18	Adaptation de l'entité nœud pour le marquage hiérarchique	69
Figure 4.1	Exemple d'une relation entre deux entités sur un modèle conceptuel de données	73
Figure 4.2	Principe de la représentation de la relation de préséance pour les activités sur nœud dans un environnement HTML5.....	78
Figure 5.1	Navigation dans le SIAD WIXPERT	83
Figure 5.2	Tableau de bord de l'utilisateur pour le module de gestion des modèles de connaissances.....	85
Figure 5.3	Menu contextuel des fonctions de construction des connaissances et représentation des connaissances.....	86
Figure 5.4	Fenêtre de création d'un nœud.....	86
Figure 5.5	Fenêtre d'édition d'un nœud.....	87
Figure 5.6	Boite de dialogue de confirmation de suppression d'un nœud	87
Figure 5.7	Allure du contenu d'un nœud de type <i>inclusion</i>	88
Figure 5.8	Construction d'un lien logique entre deux activités.....	89
Figure 5.9	Suppression d'une relation entre deux activités.....	89
Figure 5.10	Fenêtre d'ajout de règles de décision transversales	90
Figure 5.11	Visualisation d'une des règles de décision déclenchées par le nœud 174 (PREPARATION DU SITE).....	91
Figure 5.12	Visualisation d'une des règles de décision déclenchées par une décision sur un des nœuds du modèle de décision.....	91
Figure 5.13	Fenêtre d'ajout de commentaires	92
Figure 5.14	Bulle pour les commentaires du nœud PREPARATION DU SITE.....	93
Figure 5.15	Tableau de bord pour le module de gestion décisionnel	94
Figure 5.16	Création d'un système de décision basé sur le modèle publique n°11.....	94
Figure 5.17	Allure du SIAD basé sur un modèle de connaissances pour la construction	97

Figure 5.18	Gestion des erreurs de sélection des nœuds dans le processus de décision.....	97
Figure 5.19	Importation du fichier de décision sur un tableur.....	98
Figure 5.20	Importation du fichier de décision sur le logiciel de planification Ms Project...	98
Figure 5.21	Ajout d'utilisateur	99
Figure 5.22	Visualisation des utilisateurs	100
Figure 5.23	Visualisation des droits des utilisateurs.....	100
Figure 5.24	Gestion des permissions d'action en fonction des rôles des utilisateurs.....	101
Figure 5.25	Gestion des permissions d'action spécifiques à un utilisateur	101
Figure 5.26	Statistiques d'utilisation du SIAD en fonction des pays et des langues.....	102
Figure 5.27	Ébauche d'une interface d'un outil d'aide à la décision spécifique à la planification de la construction.....	154

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ACO : access control object

AJAX : asynchronous Javascript and XML

ARO : access request object

BI : Business Intelligence

CPM : critical path method

DCPM : decision critical path method

DOM : Document object model

FK : clé étrangère (foreign key)-traduit une contrainte d'intégrité

GDSS : Group decision support system

GERT : grafical valuation and review technique

HTML : hypertext markup language

LOB : Line of balance

LSM : linear scheduling model

MCD : modèle conceptuel de données

XX

MPD : modèle physique de données

OLAP : On-line analytical processing

PERT : program evaluation and review technique

PHP : hypertext preprocessor

PK : clé primaire (primary key) – traduit une contrainte d'entité

Sd : diagramme de séquence

SGBD : système de gestion de bases de données

SID : Système d'information décisionnel

SIAD : système interactif d'aide à la décision

SQL : structured query language

UML : unified modeling language

XML : extensible markup language

INTRODUCTION

Malgré la facilité grandissante de la communication entre les intervenants d'une équipe projet ou plus généralement au sein d'une société, le stockage, l'organisation, mais surtout la capitalisation des connaissances deviennent de plus en plus complexes du fait de la quantité d'information à traiter.

De nombreux outils ont été / sont déportés vers l'Internet. En matière de planification et de gestion de la construction, les logiciels ont proliféré sur la toile. Cependant, ces applications déportées pour faciliter l'accès et le maintien à jour des données (Bachman, 1965; 1969; Bertino et Martino, 1993; Chen, 1976; Codd, 1970a; Metaxides et al., 1971; Senko et al., 1973) n'ont pas résolu le problème de l'échange de l'expertise que dans certains domaines (Arnott et Pervan, 2005).

Les décideurs ressentent toujours le besoin de valider leurs décisions ou du moins de faire reposer celles-ci sur une expertise déjà établie et vérifiée (Cooper et Saydam, 2003; Marakas et Elam, 1997).

Les outils informatiques d'aide à la décision représentent un marché fleurissant surtout depuis l'apparition de l'Internet et des moyens de communication modernes (Kracklauer, Mills et Seifert, 2004; Solomon, 2004).

Dans le domaine de la planification de projet, peu de systèmes favorisant le partage de connaissances ont été développés, et encore moins concernant les aides à la décision pour l'ordonnement des activités.

La planification d'un projet est une étape primordiale en gestion de la construction. Dans l'avant-projet, la définition des contraintes logiques entre les activités, l'estimation des durées, l'affectation des ressources représentent un temps et un risque (donc un coût) important pour l'entreprise.

Le temps passé à fournir la logique adaptée aux conditions initiales du système est une étape répétitive pour une équipe de gestion. En effet bien qu'un projet soit par définition unique, dans bien des cas l'étude de la planification a déjà été faite sur des projets similaires et pourrait être réadaptée à des problèmes semblables. Prenons un exemple : certes il existe quelques variantes dans la logique de l'ordonnancement des activités entre routes à faible débit et une route à forte utilisation. Il reste néanmoins vrai que globalement, la construction des routes d'un même type dans une région suit une logique de planification similaire (Ngongang, 1998). Il en est de même avec les travaux de construction de bâtiments comme le montrent les travaux de Miresco (1994).

Miresco (1994; 1991; 1992; 1996; 1989; 1995a; 1995b; 1996; 1991; 1993) a déjà proposé un outil d'aide à la décision basé sur les connaissances de l'ordonnancement des activités qui, en se basant sur les conditions initiales du problème (par exemple la localisation du site), permet de fournir une première planification adaptée au cas d'étude.

En évitant le travail de répétition et de validation systématique auprès d'un expert pour chaque projet, le système permet de gagner du temps et de diminuer les risques en même temps que les coûts (Cooper et Saydam, 2003; Harrison, 2008; Turban et Aronson, 2000).

Du fait de la plateforme sur laquelle cet outil a été développé, il présente certaines limites de fonctionnalité qu'il n'était pas possible de concevoir, voire d'imaginer à cette époque.

En effet, le modèle de décision issu de la base de connaissances est difficilement validé par un superviseur/expert car la logique d'exécution est stockée dans un système de fichiers. De plus, à cause de ce stockage par fichiers, les connaissances sont difficilement partageables et les décisions ne peuvent être conservées en mémoire que le temps d'une session.

Enfin, le fait qu'il s'agisse d'un système monoposte exploitant des fichiers stockés localement ne permet pas le travail simultané de plusieurs équipes sur la même base de connaissances.

Notre étude a pour objectif d'adapter le système **X-PERT** de (Miresco)déjà existant dans l'environnement des nouvelles techniques de l'information.

Le premier objectif est de capitaliser des connaissances portant sur les contraintes d'exécution des projets de construction. Cet objectif sera réalisé en développant un outil s'inspirant fortement de la philosophie du Wiki, il permettra de stocker et de gérer simultanément les données liées à la logique d'exécution de plusieurs projets de construction sur une même base de connaissances. Suivre la philosophie Wiki (What I Know Is) est une nouveauté dans le domaine de la construction car il n'existe actuellement pas de plateforme permettant une lecture et une écriture collaborative des connaissances, elles même contrôlés par la communauté. Ainsi les imperfections et inexactitudes des connaissances sont rapidement détectées et corrigées. Avec ce type de système adaptés pour la représentation de l'ordonnancement des activités, il serait donc possible de faire travailler plusieurs personnes ou équipes sur un même modèle de connaissances. La mise à jour et le maintien en état sont des conditions toutes aussi importantes que l'acquisition et le partage des connaissances (Davenport et Prusak, 1997; Grover et Davenport, 2001; Jones, 1982; Zhidan, 2010). Ce système sera donc évolutif et permettra le maintien et la mise à jour d'une même base de connaissances par tous les membres d'une communauté ou d'une compagnie quelques soient le lieu et/ou le matériel de l'utilisateur dans une logique d'amélioration continue de la connaissance.

Dans le domaine de la planification, l'ordonnancement des activités repose souvent sur les connaissances et l'expérience d'un seul individu. Ainsi, pour assurer la validation de ces bases de connaissances, l'administrateur du système peut désigner des experts parmi les utilisateurs du Wiki dont le rôle est de valider ou d'autoriser les modifications, Ainsi que d'apporter des recommandations sur les modèles de connaissances.

Notre second objectif est donc de mettre en place un protocole d'évaluation et de validation par un expert, afin de consolider les connaissances ainsi obtenues. Il faut comprendre que la

validation des données se fait à travers le wiki mais n'est jamais définitive car elles sont en amélioration continue. Cependant l'expert désigné peut attester de la validité de la base de connaissances jusqu'à une date donnée (date de revue). Ainsi nous présenterons explicitement à l'utilisateur les connaissances contenues dans le système ainsi que l'indice de qualité de la connaissance affiché (un code couleur pourra être utilisé pour différencier les connaissances déjà certifiées par l'expert et celles qui ne le sont pas).

Le troisième objectif est d'exploiter ces connaissances sous forme de modèles de décisions collaboratifs à la manière d'un wiki. Les planificateurs pour un projet similaire pourraient alors obtenir un ordonnancement des activités adapté aux données du problème grâce aux modèles de décision pour la logique d'exécution définis lors de l'élaboration collaborative de la base de connaissances.

L'accessibilité des modèles de décision basés sur les connaissances peut se présenter sous deux formes ; soit les connaissances sont publiques et accessibles à l'ensemble des utilisateurs qui s'inscrivent sur la plateforme ; soit elles sont privées et peuvent rester confidentielles dans l'enceinte d'une corporation grâce à des droits d'accès, ce qui permet pour une société de capitaliser ses connaissances sans risquer de les diffuser aux concurrents.

Bien que l'outil d'aide à la décision **X-PERT** de Miresco respecte déjà ce troisième objectif, notre système tend à faciliter ce processus grâce à l'exploitation des outils de l'Internet.

L'évolution de l'Internet, du Web, des interfaces et interactions avec les utilisateurs, des mentalités et des stratégies de développement des sociétés vis-à-vis de ces nouvelles techniques d'information nous portent à croire que l'informatique dématérialisée est un choix de plus en plus opportun dans le développement des applications métiers. Les aspects sociaux et interactifs favorisent la capitalisation des connaissances par le partage et l'échange des données développées dans le Web 2.0, ce qui semble particulièrement adapté à notre problématique (Lee, Hendler et Lassila, 2001).

Le développement des outils d'aide à la décision basés sur les connaissances possède une architecture très particulière, car ces-derniers permettent de répondre à des problèmes que l'algorithmique seule ne peut pas résoudre et n'ont pas de solutions envisageables sans l'apport d'une expertise humaine complémentaire, qu'elle vienne de la construction des connaissances ou de l'utilisateur dans une moindre mesure (Beemer, 2010; Burstein et al., 2008; Gorry et Scott Morton, 1971; Keen et Morton, 1978; McGraw et Harbison-Briggs, 1989).

Ainsi nous développerons une méthodologie de conception d'un tel outil dans un environnement Web fortement interactif. L'architecture du système est en effet garante de la fiabilité et de la qualité de la connaissance partagée, transmise et exploitée. Elle doit donc faire l'attention d'un travail spécifique (Gouarné, 1997) dont l'objectif est l'analyse des besoins au niveau de la base de connaissances, du système d'inférence, de l'outil d'ingénierie des connaissances ou des comportements de l'interface (Marakas, 1999; Wang, 1997).

Les résultats issus de l'application de cette méthodologie nous fourniront une base pour la conception d'un prototype (Avison, 1991b; Cockburn, 2000; Date, 2004; Highsmith et Cockburn, 2001; Piechocki, 2007).

Il est nécessaire de garder à l'esprit l'objectif principal de notre étude qui est de fournir un système exploitable. L'acquisition des connaissances pour le fonctionnement d'un tel outil fera donc l'objet d'une partie puisque la connaissance est la raison même de l'existence du système (Beemer et al., 2008; Miresco, 1994; Ngongang, 1998).

La validation du prototype se fera à travers des tests d'application effectués simultanément depuis différents postes situés partout à travers le monde. La construction d'une base de connaissance de plus de 4000 activités issue des travaux de Miresco (1994) permettra de s'assurer de la fonctionnalité du prototype.

CHAPITRE 1

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE – ÉTAT DE L'ART

1.1 Communication visuelle sur la planification

Traditionnellement, la représentation de l'ordonnancement des opérations de construction pour les projets non-répétitifs utilise des modèles basés sur l'approche graphique. Souvent, une telle représentation se fait à l'aide de graphiques à barres ou des réseaux.

Les réseaux ont été initialement développés pour modéliser une planification logique sans échelle de temps, ce qui limite leur utilisation dans le domaine de la planification de la construction (Antill et Woodhead, 1990; Balaguru, Naaman et Ramakrishnan, 1977a; McGough, 1982a).

De nombreux chercheurs ont étudié le modèle de représentation graphique à l'échelle du temps pour les projets non répétitifs (Balaguru, Naaman et Ramakrishnan, 1977b; Lannone et Civitello, 1985; Mason, 1984; McGough, 1982b; Melin et Whiteaker, 1981; Miresco, Beliveau et Gilbert, 1987; Rahbar, 1984).

Leurs méthodes peuvent être classées en deux groupes principaux: ceux qui présentent des diagrammes de relations dans lesquels chaque activité est tracée sur une ligne indépendante résultant en une utilisation non optimale du plan de travail, et ceux qui ne présentent le temps à l'échelle des réseaux et ne proposent pas de méthodologie structurée pour l'arrangement graphique.

En pratique, la majorité des projets les plus récents sont représentés par un diagramme à barres qui montre les dépendances existants entre les activités. Cependant, le principal inconvénient est la difficulté à lire les lignes de dépendance, souvent très denses, se coupant

entre elles et se croisant avec les lignes d'activité. Par conséquent, la planification de projet sur un écran d'ordinateur devient une tâche difficile d'autant plus lors d'un processus de décision (Fisk, 2003b).

Les recherches liées aux opérations de construction de modélisation pour les projets linéaires et répétitifs ont été basées sur l'approche de la ligne d'équilibre (LOB) afin d'assurer la continuité du travail pour les équipages et les ressources. De nombreuses modifications ont été apportées afin d'améliorer cette méthode : la réduction de la durée, du coût des ressources et la relaxation des pauses (Ioannou et Srisuwanrat, 2007), la combinaison du travail et du temps (Lucko, 2008), la fusion des méthodes du chemin critique du CPM avec la LOB (Suhail et Neale, 1994), la méthode d'ordonnancement linéaire (LSM) (Ioannou et Harris, 2003), ou encore l'application informatique de la méthode du LOB avec Cyclone ou SIREN (AbouRizk et Halpin, 1990; Bolivar et Halpin, 1998; Huang et Halpin, 1995; Kavanagh et D. P, 1985; Lutz, Halpin et Wilson, 1994; Vanegas, Bravo et Halpin, 1993).

Ces méthodes présentent un fort intérêt pour les projets linéaires horizontaux, comme les projets routiers, et permettent facilement de suivre les taux de variation de progression à travers le LSM. Cependant, l'application à des projets répétitifs ou verticaux présentent des limitations, comme l'incapacité à montrer graphiquement les relations de travail. Il n'est donc pas envisageable d'exploiter de telles représentations dans le cadre de notre étude où les liens de préséance qui traduisent la logique sont le moteur de la représentation de notre système de décision.

On peut donc penser que ces méthodes graphiques de représentation reposant sur des calendriers ne permettent pas de répondre aux exigences d'une représentation purement logique.

Cependant, la représentation des données sous plusieurs approches (ressources, activité, emplacement,...) semble être appropriée pour un outil de prise de décision.

Ainsi l'aspect micro de la théorie chronographique développée par Francis (Francis et Miresco, 2000; Francis, 2004a; Francis et Miresco, 2002c; 2006a; 2006b; 2010) examine les interrelations entre activités en fonction de la quantification de l'avancement en utilisant des divisions internes, les relations s'étendent à des types externes (Début-Début, Début-Fin, Fin-Fin, Fin-Début) et internes (proportionnel à l'avancement des prédécesseurs). Bien que cette représentation puisse être adaptée à notre outil d'aide à la décision, elle présente le désavantage de ne pas être encore connue du public auquel nous adressons notre outils. Or, comme nous l'avons exposé précédemment, l'hostilité de la représentation graphique de la connaissance pour l'utilisateur est la première cause d'échec des systèmes basés sur la connaissance.

1.2 Revue bibliographique portant sur les SIAD

Les systèmes d'aide à la décision représentent un enjeu important pour les entreprises aussi bien du point de vue économique que qualitatif (Kracklauer, Mills et Seifert, 2004; Solomon, 2004).

Le terme d'outil d'aide à la décision est apparu dans le milieu des années 1960 (Anthony, 1965; Mintzberg, Raisinghani et Theoret, 1976; Morton, 1967; Simon, 1977; Turban, 1967). La définition et la classification (*voir* figure 1.1) de tels systèmes a beaucoup variée jusqu'à arriver à maturité une dizaine d'années plus tard (Alter, 1980; Gorry et Scott Morton, 1971; Keen et Morton, 1978).

Actuellement, ce type de système est défini comme un outils permettant de répondre à un problème semi ou non structuré dans un domaine précis grâce à l'analyse de modèles de décision (Klein et Methlie, 1995).

Les SIAD font partie de la famille des systèmes d'information (SI) spécialisé dans l'amélioration des prises de décision au même titre que les SID, OLAP, BI, GDSS (*voir* figure 1.2) (Arnott et Pervan, 2005). Sur la figure 1.2 nous avons mis en évidence les champs de recherche pour lesquels notre SIAD s'applique. Ainsi nous pouvons constater que notre

outil s'approche des systèmes experts avec la gestion des règles de décision, des outils basés sur les connaissances par l'aspect Wiki, ainsi que des SIAD en groupe en utilisant la théorie des bases de données car nous proposons un environnement multi-utilisateur en ligne.

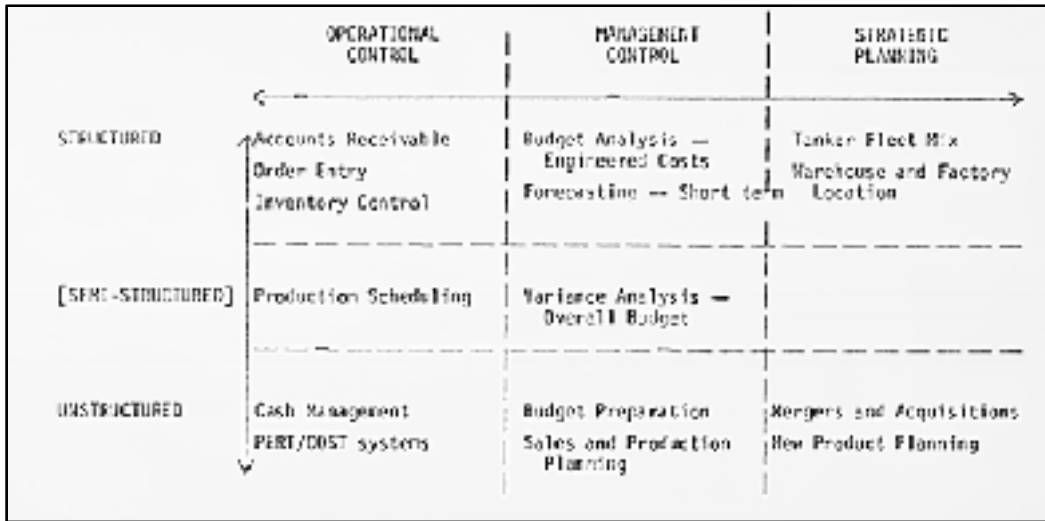


Figure 1.1 Cadre des SIAD tiré de (Gorry et Scott Morton, 1971)

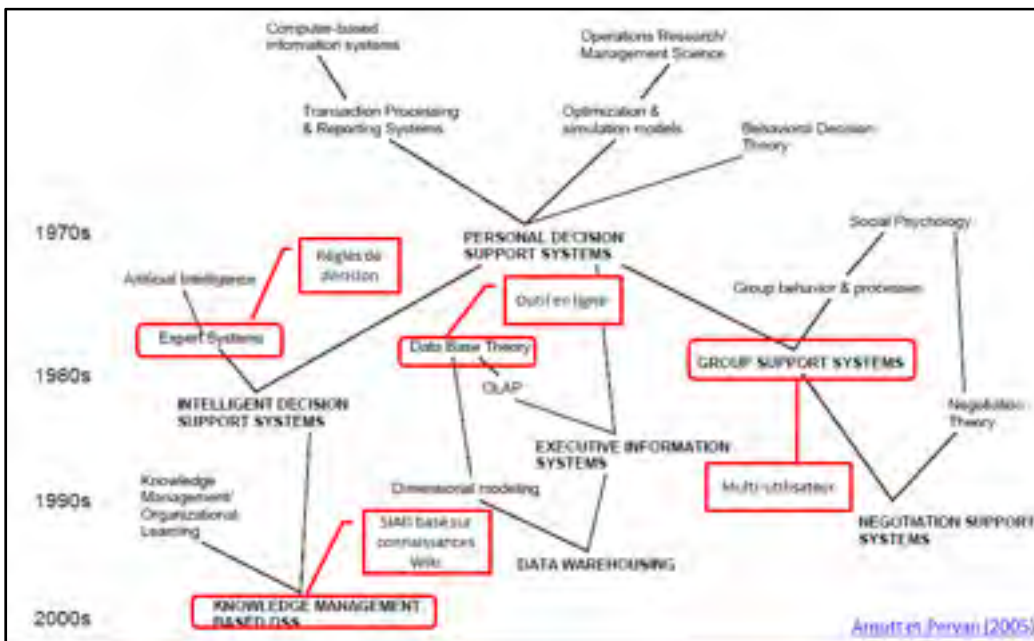


Figure 1.2 Les évolutions des outils d'aide à la décision tiré de (Arnott et Pervan, 2005)

Par la suite, des cadres conceptuels se sont mis en place afin de définir les besoins, les architectures et les méthodologies de conception de tels systèmes (Alter, 1980; Bhargava, Power et Sun, 2007; Cheng et Jiang, 2008; Doumeingts, Chen et Marcotte, 1992; Furtado, 2004; Imhoff, Gather et Morik, 1999; Keen, 1980; Liping, 2005; Marakas, 1999; Solomon, 2004; Zhidan, 2010).

Les premières applications expérimentales des SIAD sont apparues au début des années 1970 (Ferguson et Jones, 1969). Par après, ces systèmes ont été transportés dans le domaine des affaires notamment pour l'aide à la décision pour planification stratégique des entreprises (Cheng et Jiang, 2008; Gerrity, 1971; Holt et Huber, 1969; Klein et Methlie, 1995; Kracklauer, Mills et Seifert, 2004; Power, Burstein et Holsapple, 2008; Sage, 1990; Solomon, 2004; Sprague et Watson, 1979; Wen, Chen et Chen, 2008; Wen, Chen et Pao, 2008). L'application aux différents domaines de l'ingénierie a été beaucoup plus tardive mais on constate aujourd'hui un nombre important d'outils reposant sur le principe de l'aide à la décision.

Le domaine de la planification industrielle (Gebus et Leiviskä, 2009; Klein, Lecomte et Dejax, 1993; Smith et Fletcher, 1990; Verbraeck, 1990a) a fait l'objet de beaucoup d'études. Bien que le domaine de la planification de la construction ne présente pas autant de réalisations, un certain nombre d'outils spécifiques et pointus ont été développés proposant des méthodes de représentation et de conception dont nous pourrions nous inspirer. (Francis, 2002; Francis et Miresco, 2000; Francis et Miresco, 2002b; Grabski et Mendez, 1998; Maliappis et al., 2006; Miresco, 1994; Miresco, 1991; 1992; 1996; Miresco et Chepurniy, 1989; Miresco et Pomerol, 1995a; 1996; Miresco et Windisch, 1991; Miresco, Windisch et Gruia-Gray, 1993; Ngongang et Miresco, 1997a; 1997b; Shan et Xu, 1997; Verbraeck, 1990b; Vinze et Sen, 1991; Wang et al., 2006; Yang, Wang et Zhao, 2009; Zavadskas et al., 2006).

Les SIAD présentent cependant certaines limites, notamment le fait que les solutions ne dépendent pas entièrement de la qualité des algorithmes mais également de la robustesse des

modèles de décision, ce qui pose la question de la validation de ces modèles, de leur paramétrage et de leur évolutivité (Gorry et Scott Morton, 1971; Holt et Huber, 1969; Little, 1970; Turban, 1967).

Les SIAD basés sur les connaissances combiné à l'utilisation du Web et de la philosophie des wikis sont une première réponse à ces limites (Bhargava, Power et Sun, 2007; Maliappis et al., 2006; Zhidan, 2010).

Nous avons vu ici les concepts auquel notre système devra se conformer en utilisant le cadre de Gorry et Scott Morton (1971), l'architecture auquel il devra répondre concernant la partie décisionnelle (Marakas, 1999), ainsi que les attentes des utilisateurs face à un tel produit (Bhargava, Power et Sun, 2007). Nous tenterons d'apporter des améliorations aux systèmes déjà existants en exploitant la notion de base de connaissances combinées à l'outil Web afin de palier à certaines des limites que présentent la plupart des outils précédemment cités.

1.3 État de l'art concernant les bases de connaissances

Plusieurs recherches ont préconisé l'utilisation des connaissances en combinaison avec le support décisionnel en argumentant que la qualité et la fiabilité des décisions ainsi obtenues étaient supérieures (Cooper et Saydam, 2003; Marakas et Elam, 1997).

De plus cet ajout offre la possibilité de comparaison des alternatives et des conséquences issues d'une décision (Cooper et Saydam, 2003).

Ainsi la qualité et la fiabilité des décisions sont améliorées. Le temps de décision s'en trouve diminué et la résolution des problèmes optimisée, ce qui représente un gain important pour les entreprises (Turban et Aronson, 2000).

Cependant, ce type de système présente une complexité supérieure aux systèmes de décision non couplés aux connaissances. En effet il faut considérer le fait que l'outil répond à un besoin et que s'il est nécessaire d'apporter des connaissances pour résoudre un problème de

décision, c'est que celui-ci est semi ou non structuré ce qui empêche une résolution purement algorithmique comme le permettent certains systèmes expert (Beemer, 2010; Burstein et al., 2008; McGraw et Harbison-Briggs, 1989).

De plus, d'un point de vue technique, le processus devient plus complexe car il faut désormais tenir compte du cycle de vie des connaissances depuis leur création jusqu'à leur exploitation sans oublier la maintenance et la validation (Beemer et al., 2008; Jones, 1982; Zhidan, 2010).

Enfin, il faut prendre en compte l'aspect technique car il est nécessaire d'intégrer des modules spécifiques dans l'architecture du système, comme la base de connaissances, le système d'inférence et l'outil d'ingénierie pour l'acquisition et la diffusion des connaissances comme présenté ci-dessous (Dhaliwal et Benbasat, 1996; Marakas, 1999; Wang, 1997).

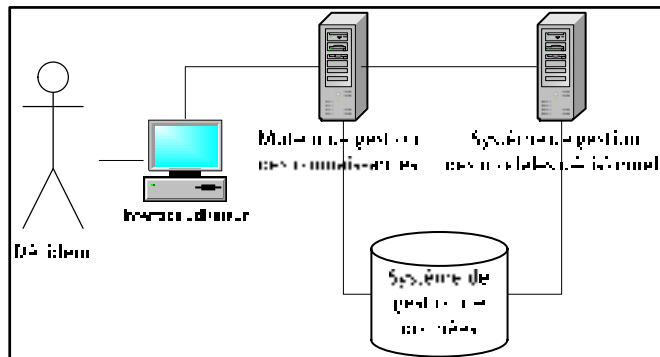


Figure 1.3 Architecture 5 axes pour les supports décisionnels basés sur les connaissances tirées de Marakas (1999)

Plusieurs travaux relatent aussi la difficulté d'acceptation de ce type de systèmes, due à la crainte de l'utilisateur de voir son expertise remplacée par un automate. Bien que l'outil ne puisse pas remplacer complètement l'expertise du décideur du fait même de la nature désordonnée du problème, des recherches ont préconisé d'apporter un soin particulier à l'interaction homme-machine afin de faire ressentir l'utilité et l'implication de l'expertise du décideur dans le processus de résolution du problème (Liker et Sindi, 1997). En effet une des premières causes d'échec lors de l'exploitation des outils d'aide à la décision basé sur les

connaissances est la représentation de celles-ci (Furtado, 2004; Mintzberg, Raisinghani et Theoret, 1976).

Dans ce contexte, un soin particulier doit être apporté à la représentation des connaissances afin de la rendre la plus transparente et la moins hostile possible (Beemer, 2010; Burstein et al., 2008). Il est alors préconisé de se tourner vers une représentation graphique, souvent gage de réussite (Jones, 1982).

Concernant l'aspect collaboratif que nous souhaitons développer plus particulièrement, l'outil Web wiki est l'une des solutions d'avenir facilitant l'acquisition des connaissances et des règles de décision qui les régissent d'une part ; ainsi que le partage et leur diffusion d'autre part (Davenport et Prusak, 1997; Grover et Davenport, 2001; Lee, Hendler et Lassila, 2001).

Il sera donc intéressant d'étudier par la suite l'aspect de gestion des connaissances par des outils adaptés ainsi que les possibilités de communication, d'interaction et de représentation offertes par les nouveaux moyens de communication comme le Web 2.0 qui favorise l'interaction entre les usagers et les données hébergées sur l'Internet.

1.4 Revue bibliographique concernant les bases de données

La structuration et la logique de stockage des données sont des paramètres fondamentaux pour le bon fonctionnement des outils d'aide à la décision basés sur les connaissances. La notion de conception de la base de données doit donc faire l'objet d'une étude à part entière : si elle ne représente pas le premier point de réussite d'un système, qui est l'acceptation de l'utilisateur par la représentation des connaissances (Beemer, 2010; Burstein et al., 2008; Furtado, 2004; Liker et Sindi, 1997), elle en est en revanche son point clé (Gouarné, 1997; Jones, 1982; Tryfona, Busborg et Christiansen, 1999).

Plusieurs études montrent que la phase de modélisation conceptuelle des données est la plus importante dans la conception d'un système d'information car elle permet la détection des erreurs de compréhension et de communication des concepts entre le client exprimant le besoin et le concepteur du système (Avison, 1991b; Golfarelli et Rizzi, 1998; Tryfona, Busborg et Christiansen, 1999).

Il est donc important de comprendre la définition même d'une base de données et l'intérêt de cet outil. Une base de données représente un ensemble autonome et organisé d'informations, et les liens qui les unissent entre elles dans un but commun. Ainsi lorsque la quantité d'information devient importante, il est nécessaire que la base de données repose sur un système de classification permettant de naviguer aisément entre les informations liées.

On comprend alors que la méthode d'organisation, de liaison et de parcours des informations représentent un enjeu important car elle détermine la facilité et les performances avec lesquelles l'utilisateur d'une telle base pourra stocker ou retrouver l'information désirée.

Ainsi depuis la démocratisation des micro-ordinateurs, les modélisations du stockage de données ont beaucoup évolué. Autrefois calqué sur le modèle hiérarchique issu de la classification des dossiers papiers dans des systèmes tiroirs (Bachman, 1965), cette modélisation a évolué vers une organisation en réseau permettant alors de faire des liens

entre des éléments n'appartenant pas au même tiroir, assurant ainsi une représentation plus proche du réel en s'inspirant de la représentation CPM/PERT (voir figure 1.4) (Bachman, 1965; Metaxides et al., 1971).

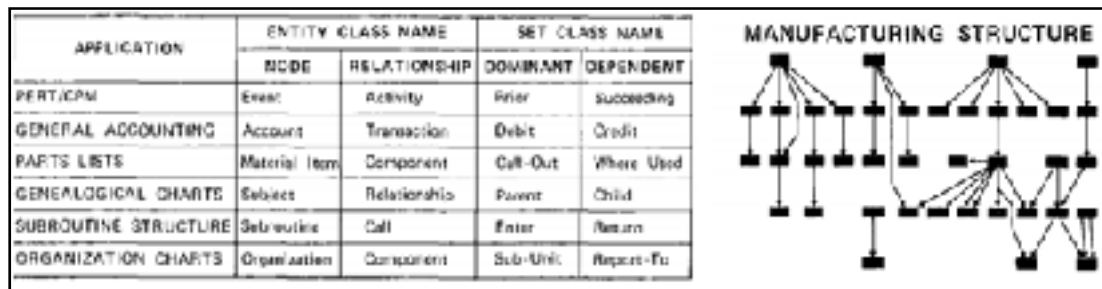


Figure 1.4 Parallèles du modèle hiérarchique avec la méthode CPM/PERT tiré de Bachman (1969)

Malgré les améliorations apportées, ce modèle n'a pas rencontré un succès important parce car il ne s'appuyait pas sur des principes mathématiques prouvant l'intégrité et l'unicité des données, et qu'il ne permettait pas une modélisation indépendante de l'architecture du micro-ordinateur sur lequel les données seront implantées. Le modèle relationnel (Codd, 1970a) dont le nom vient de l'algèbre relationnel dont il est issu, a quant à lui été rapidement soutenu par les grandes firmes informatiques et la communauté scientifique (voir figure ci-dessous) (Avison, 1991b; Chen, 1976; Senko et al., 1973).

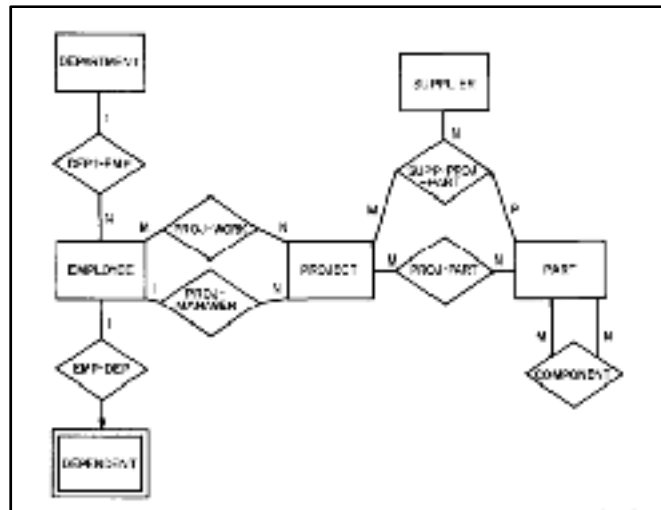


Figure 1.5 Diagramme entités-relations pour l'analyse de l'information dans une entreprise manufacturière tiré de (Chen, 1976)

L'apparition de la programmation orientée-objet dans le début des années 1980 (Cox, 1987) a amené une autre modélisation des données dite orientée objet, basée sur la notion de classe, de méthode et d'état (voir figure 1.6) (Bertino et Martino, 1993; Kim, 1990; Won, 1990).

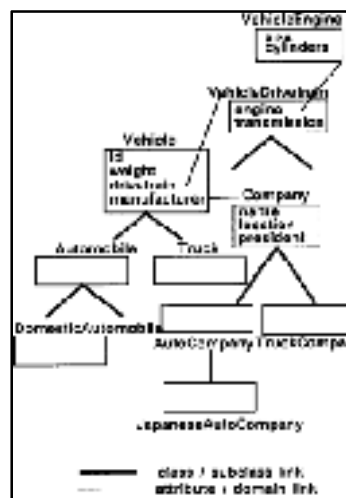


Figure 1.6 Hiérarchie des classes et la hiérarchie d'agrégation tiré de (Won, 1990)

Cependant le développement du web, l'échange des informations par le langage XML (extensible markup language) a remis au jour le modèle hiérarchique (Harrison, 2008).

Les premiers systèmes interactifs d'aide à la décision basés sur les connaissances ne comportaient pas forcément de bases de données physiques. La plupart des systèmes reposaient sur des données stockées sur des fichiers plats.

Beaucoup d'effort ont été faits dans la structuration des données au sein des entreprises, et le modèle conceptuel de données relationnelles proposé par Codd (1970b) a eu un impact majeur sur les systèmes d'aide à la décision dans ce milieu.

La majorité des travaux portant sur la réalisation des outils d'aide à la décision basés sur les connaissances exploitent des modèles relationnels de données évoquant souvent la flexibilité, la stabilité et la connaissance approfondie des principes mathématiques sur lesquels il se base (Chih-Ping, Paul Jen-Hwa et Sheng, 2001; Grabski et Mendez, 1998; Lau, 2005; Laudon et Laudon, 2000; Paradice et Courtney, 1989; Souris, 2003; Wen, Chen et Pao, 2008).

Bien que certaines études (Lau, 2005; Laudon et Laudon, 2000; Liping, 2005; Thomsen, 1997) orientent leurs choix vers la modélisation orientée-objet, la méthodologie générale de conception est encore jeune et peu exploitée (Liping, 2005; Shim et al., 2002).

1.5 Revue bibliographique portant sur le wiki web

Nous avons vu précédemment l'importance de la communication des connaissances dans le processus de décision. Nous avons également constaté que certaines limites présentées par les SIAD pouvaient être résolues par des solutions techniques nouvelles comme le Web.

Le Web représente le protocole Hypertext public fonctionnant sur l'internet. Ce système se base sur un fonctionnement de question-réponse avec des serveurs applicatifs qui hébergent des scripts de calcul et des algorithmes de communication avec les serveurs de données comme le présente la figure 1.7.

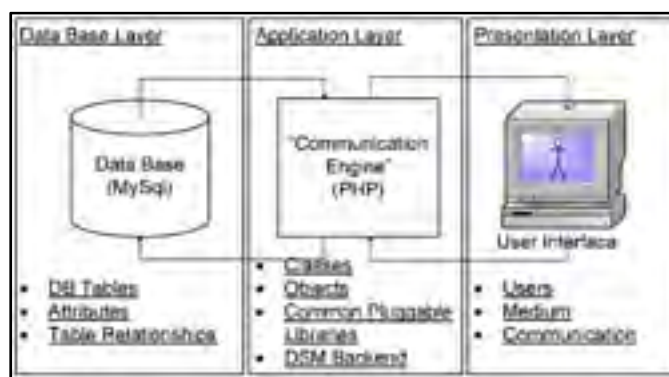


Figure 1.7 Architecture d'une application Web tiré de (Senthilkumar, Varghese et Chandran, 2010)

Walker et Betts (1997) affirment que l'évolution des techniques de l'information (TI) a un impact fondamental dans l'évolution du secteur de la construction mondiale. Le World Wide Web est spécifiquement identifié comme la clé du changement dans les prochaines années dans l'industrie de la construction (Lam et Chang, 2002; Lin, Wang et Tserng, 2006; Senthilkumar, Varghese et Chandran, 2010; Stewart et Mohamed, 2004).

Cette révolution a déjà commencé avec les systèmes de gestion de projet basé sur le web qui sont de plus en plus nombreux. Il apparaît que le centre de la discussion doit se baser sur la transmission d'informations entre les acteurs du projet (Nitithamyong, 2006). Par conséquent, il devient nécessaire d'envisager la possibilité qu'il y aura des variations dans les configurations matérielles, les versions du système d'exploitation ou taille de l'écran.

Les sites connectés ou les systèmes de collaboration ont tous tendance à se tourner vers l'utilisation de l'Internet ou du Web. En conséquence, les systèmes de planification en ligne se sont multipliés pour répondre aux besoins croissants de mobilité des utilisateurs. Les appareils portables sont de plus en plus facilement connectés à Internet et sont en train de devenir des outils de visualisation, de contrôle et de suivi (Anumba et Aziz, 2006; Pena-Mora et Hari Dwivedi, 2002; Scott, 2001; Zucker, Uematsu et Kamada, 2005).

Le besoin croissant d'homogénéisation des formats d'échange de données tels que XML (Chan et Leung, 2004; Issa et Mutis, 2006) est un problème particulièrement adaptable à la programmation web. En effet, le manque de standardisation des données a été un obstacle majeur pour l'informatique des projets intégrés de recherche en construction (Chassiakos et Sakellaropoulos, 2008).

Une tendance à la dématérialisation des outils informatiques et des systèmes d'information (serveurs de bases de données, serveur applicatif, cloud computing) indique une forte évolution de la demande d'accès aux données indépendamment de l'emplacement des moyens par lesquels l'utilisateur souhaite récupérer ces données. Un autre argument est la demande croissante de la compatibilité des sites avec des appareils mobiles. Le nombre de visites sur le web en utilisant ce type de dispositif prouve une fois encore la nécessité de dématérialiser les outils d'accès aux données (Dossick et Sakagami, 2008).

Les développements informatiques au cours des dernières années, en particulier dans le domaine de la construction, ont apporté de nouvelles questions sur les méthodes utilisées dans la conception collaborative (Koch et Firmenich, 2006; Senthilkumar, Varghese et Chandran, 2010), la surveillance (Alshawi et Ingirige, 2003; Chassiakos et Sakellaropoulos, 2008; Chassiakos et Sakellaropoulos, 2005; Deming et Chuanrong, 2009; Thorpe et Mead, 2001; Wu, 2010b), et/ou le contrôle et la planification (Ji, Moselhi et Alkass, 2006a; Kuo, Tsai et Kang, 2011; Maurer et al., 2000; Mendonca F. et al., 2004; Moselhi, Li et Alkass, 2004).

En ce qui concerne le suivi et la planification pour la construction, beaucoup de recherches ont été menées sur la visualisation de la planification dans un environnement web (Alshawi et Ingirige, 2003; Ballard et Koskela, 1998; Becerik, 2004; Chassiakos et Sakellaropoulos, 2008; Oracle, 2009; Seaman et al., 2003; Senthilkumar, Varghese et Chandran, 2010).

L'interaction entre l'utilisateur et la machine est l'un des principaux problèmes soulevés par la technologie Web basée sur HTML/JavaScript lors de l'implantation d'applications dans le domaine de la construction (Hernandez, 2009; Nyrhinen et Mikkonen, 2009). Cette technologie n'a pas été conçue à l'origine pour un aspect dynamique. Toutefois, l'offre croissante des frameworks Javascript, dont le but est de faciliter l'interactivité entre le client et le navigateur, tend à réduire ces limites.

Les conditions pour la réussite des outils reliés à la planification appliqués à l'industrie de la construction ont déjà été étudiées (Alshawi et Ingirige, 2003; Nitithamyong, 2006; Wu, 2010a). Le fait qu'aujourd'hui certains de ces systèmes précédemment étudiés aient disparu prouve la nécessité de comprendre les attentes de l'utilisateur à la fois visuellement et en termes de communication, en appliquant les normes décrites par le World Wide Web Consortium (W3C) pour l'échange, la représentation et l'interaction avec les données.

Des stratégies d'implantation de systèmes d'aide à la décision basés ou non sur les connaissances (Alavi et Leidner, 2001; Beemer, 2010; Bhargava, Power et Sun, 2007; Lau, 2005; Maliappis et al., 2006; Wang, 1997; Wen, Chen et Pao, 2008; Yang, Wang et Zhao, 2009; Zhidan, 2010) et de planification de la construction dans un environnement Web ont déjà fait l'objet de plusieurs recherches (Alshawi et Ingirige, 2003; Becerik, 2004; Hazeyama et Komiya, 1994; Hui, 2008; Ji, Moselhi et Alkass, 2006b; Nitithamyong, 2006; Reenskaug, 1979; Scott et al., 2008).

Cependant à notre connaissance il n'existe pas d'outil d'aide à la décision basés sur les connaissances appliqué au domaine de la planification de la construction dans un environnement Web.

1.6 Conclusion

Nous avons étudié dans un premier temps les différentes approches visuelles de la planification ce qui nous a permis d'identifier les représentations les plus adaptées pour notre problème.

Dans un second temps nous avons cherché à caractériser les champs de recherche auquel notre SIAD correspondait afin de comprendre les limites auquel le système peut se trouver confronter. Cela nous a également permis de faire un état de l'existant afin de s'inspirer des méthodologies de conception utilisées dans les précédents systèmes.

Par la suite, l'étude de l'architecture d'un système exploitant des bases de connaissances a été étudiée nous a permis de comprendre les enjeux et les limites de tels systèmes. Ainsi nous avons déduit qu'un soin particulier devait être apporté à la gestion de l'interactivité de l'utilisateur avec les connaissances.

L'étude de l'existant concernant le champ de recherche des bases de données nous a permis de comprendre les points forts de chacune des représentations et de chacune des solutions de stockage existantes. Le choix de la modélisation et de la plateforme physique de gestion des données se fera en étroite relation avec les observations ainsi faites.

Enfin nous avons montré ici l'aspect innovant du système que nous proposons ; en effet bien qu'un certain nombre d'outil en ligne existe aucun ne permet actuellement une capitalisation des connaissances dans le domaine de la planification. De plus, peu d'outil d'aide à la décision existent dans ce domaine, et les outils en ligne sont encore plus rares.

CHAPITRE 2

PRINCIPE DU SIAD ET INGÉNIEURIE DES CONNAISSANCES POUR L'ORDONNANCEMENT DES ACTIVITÉS

2.1 Introduction

Dans cette partie nous allons traiter des principes du SIAD, en particulier de la place qu'a l'expertise humaine au sein d'un tel système, des préceptes de validation à grande échelle pour un outil ayant un comportement vis-à-vis des connaissances proche d'un wiki ; enfin nous présenterons les choix de représentation des connaissances d'ordonnancement pour notre système.

2.2 Principe du SIAD

2.2.1 Délimitation du champ de l'étude

Les outils informatiques de planification sont très largement utilisés en gestion de projets en particulier dans le domaine de la construction (Lam et Chang, 2002; Liberatore, Pollack-Johnson et Smith, 2001). Très souvent, ceux-ci reposent sur une logique d'organisation visuelle du type diagramme à barre avec lien de précédence, car elle fournit une représentation temporelle des activités assez efficace, bien qu'elle n'exploite pas pleinement la surface d'affichage (Francis, 2004b; 2006; Francis et Miresco, 2002a).

Avoir une vision globale de la logique de planification dans un projet devient vite difficile du fait du nombre d'activités et de liens entre elles.

Les diagrammes de type CPM/PERT permettent de rendre cohérente l'essentiel des activités de planification en fournissant une représentation logique des problèmes pas ou peu

structurés de la planification. La plupart des systèmes résolvent la partie structurée du problème en se basant sur des modèles théoriques de la planification comme la recherche du chemin critique, la durée totale du projet, la gestion des durées et des délais ou encore la gestion des calendriers et des ressources.

2.3 Ingénierie de la connaissance pour la planification

2.3.1 Architecture du SIAD dans un contexte non structuré

Ainsi on considère dans l'architecture du SIAD que *l'homme* est lui-même un élément du système. Nous pourrions même ajouter qu'il est l'élément clé du système, car même si son analyse est guidée par les propositions apportées par l'outil, il n'est pas envisageable pour le SIAD seul de fournir une planification adaptée au problème désordonnée et exploitable pour un projet de construction donné. *L'homme* est l'élément manquant qui permet de traduire les aspects non structurés du problème en une décision exploitable par la logique de planification représentée dans notre système par un diagramme PERT décomposable en sous-ensembles d'activités ordonnées.

L'ordonnancement des activités tient de l'expérience et du savoir-faire du gestionnaire. Ce couple est plus communément appelé expertise et est propice à l'aide à la décision (Abdulrezak N, 2001; Cheng et Jiang, 2008).

En ce qui concerne le domaine de la construction, il est difficile de se passer de l'expertise et de l'analyse du gestionnaire dans ce processus de décision, ainsi que pour l'ordonnancement des activités.

Un projet est par définition unique, il n'est donc actuellement pas possible d'automatiser le processus décisionnel sans intervention humaine. Il ne s'agit pas de passer des ordres de bourse automatiques (investir oui/non, vendre oui/non) en se basant sur des intrants bien définis (valeur du produit), car ici les intrants sont complexes et souvent difficilement

chiffrables, et demandent une analyse d'un nombre de paramètres trop important et plus ou moins interdépendants (volonté du client, évaluation des sols, système légal pour l'obtention de permis de construire, normes en vigueur, accessibilité du chantier...). La figure 2.1 présente l'intervention de l'utilisateur dans le processus de décision pour le SIAD **X-PERT** de Miresco (1994).

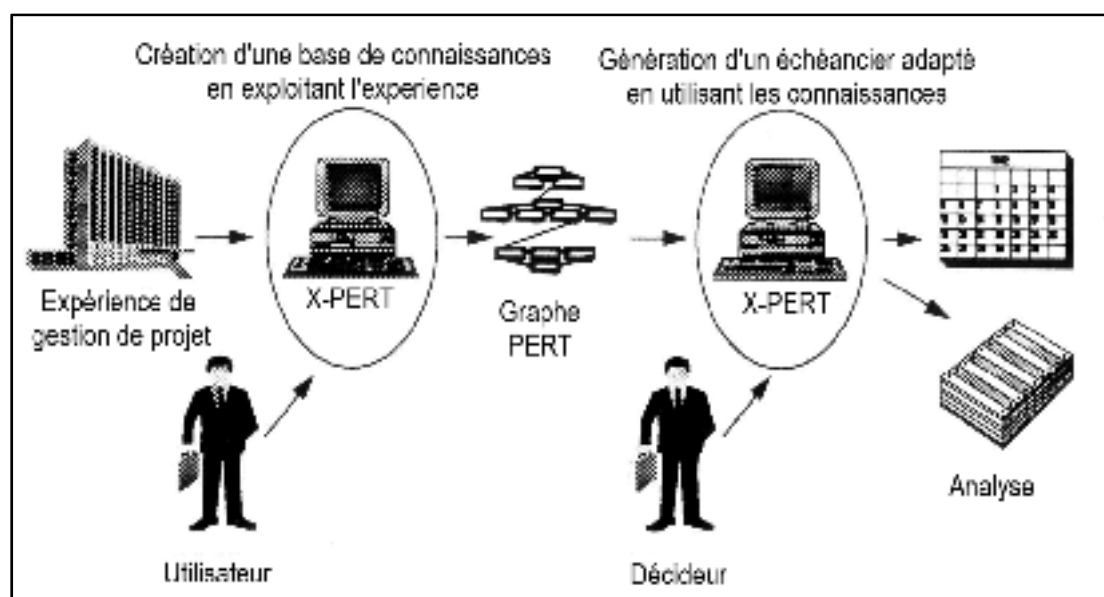


Figure 2.1 Intervention de l'utilisateur dans le processus de décision de **X-PERT** tiré de (Miresco, 1994)

2.4 Validation des connaissances à l'échelle du Web

La confiance dans la qualité des données lors de l'exploitation de systèmes basés sur les connaissances est un point crucial qui reflète sa qualité et facilite son acceptation par l'utilisateur. Dans l'industrie, cette confiance est souvent démontrée par l'appartenance à un ordre professionnel ou une certification (ISO par exemple). Dans le cas de notre SIAD nous ne pouvons proposer un tel niveau d'exigence à l'échelle du Web. Cependant, à l'image des wikis il est possible de contrôler le partage des ressources par un processus de soumission de ces dernières à un acteur digne de confiance que nous nommerons dans la suite de notre système *l'expert*. *Le membre* peut faire partager ses connaissances, mais la preuve de la qualité des données mises en commun doit se faire par l'approbation d'un membre supérieur

au sein du système. Ce membre supérieur bien que nommé *expert* ne l'est pas par le fait que ces connaissances sont systématiquement supérieures à celle du membre, mais plutôt par rapport à la confiance et la responsabilité qu'il a vis-à-vis de la communauté.

Rapporté à l'échelle de l'entreprise, ce type de fonctionnement pourrait s'appliquer à une proposition de soumission d'une base de connaissances à l'ensemble du bureau de gestion. Cependant avant de diffuser ce type de connaissances, il est nécessaire de contrôler et de faire approuver ces dernières par un membre gestionnaire senior voire même la direction.

Dans notre système nous avons désigné cette entité comme « Expert » (composée d'une personne ou d'un groupe de personnes) qui pourrait représenter la direction ou le membre senior dans le cas d'une implémentation au sein d'un bureau de consultation en gestion de projets de construction par exemple. Nous pouvons donc constater un comportement d'héritage entre les acteurs du SIAD (Piechocki, 2007).

Dans notre cas nos quatre acteurs sont les suivants:

1. le *Visiteur* qui accède à la page d'accueil mais ne peut en aucun cas intervenir sur la base de connaissances ;
2. le *Membre* qui possède un compte lui permettant de consulter et de contribuer à la base de connaissances. Il peut aussi effectuer des décisions ;
3. l'*Expert* qui possède un compte qui lui permet superviser et de valider les bases de connaissances;
4. l'*Administrateur* : il possède un compte lui permettant de gérer les acteurs du système.

Nous voyons ici que certains rôles peuvent réutiliser les attributions d'autres rôles. Afin de favoriser la réutilisation et éviter la duplication des cas d'utilisation, on définit les héritages suivants :

- a) l'acteur *Administrateur* hérite du comportement de l'*Expert* alors toutes les actions disponibles pour l'*Expert* le seront pour l'*Administrateur* ;
- b) de même, l'acteur *Expert* hérite du comportement du *Membre* et de tous ses droits ;

- c) enfin la notion d'héritage est transitive entre les acteurs ainsi le cas (a) combiné au cas (b) amène la déduction suivante : *Administrateur* accède à tous les cas d'utilisation de *Membre*. Nous avons représenté ces relations d'héritage dans la figure ci-dessous.

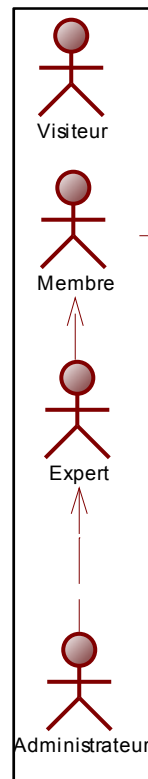


Figure 2.2 Héritage des acteurs

2.5 Principe de la base de connaissances pour la précédence

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la base de connaissances représente l'expertise d'un domaine donné ; c'est un tout formé de plusieurs connaissances. Dans notre système nous parlerons parfois de base de connaissances et de modèle de décisions (ou modèle de connaissances) aussi il est important de ne pas faire l'amalgame entre ces deux éléments : le modèle de décision est un élément nécessaire de la base de connaissances mais pas suffisant car les recommandations et validations des experts en font également partie. La figure 2.3 illustre cette subtilité.

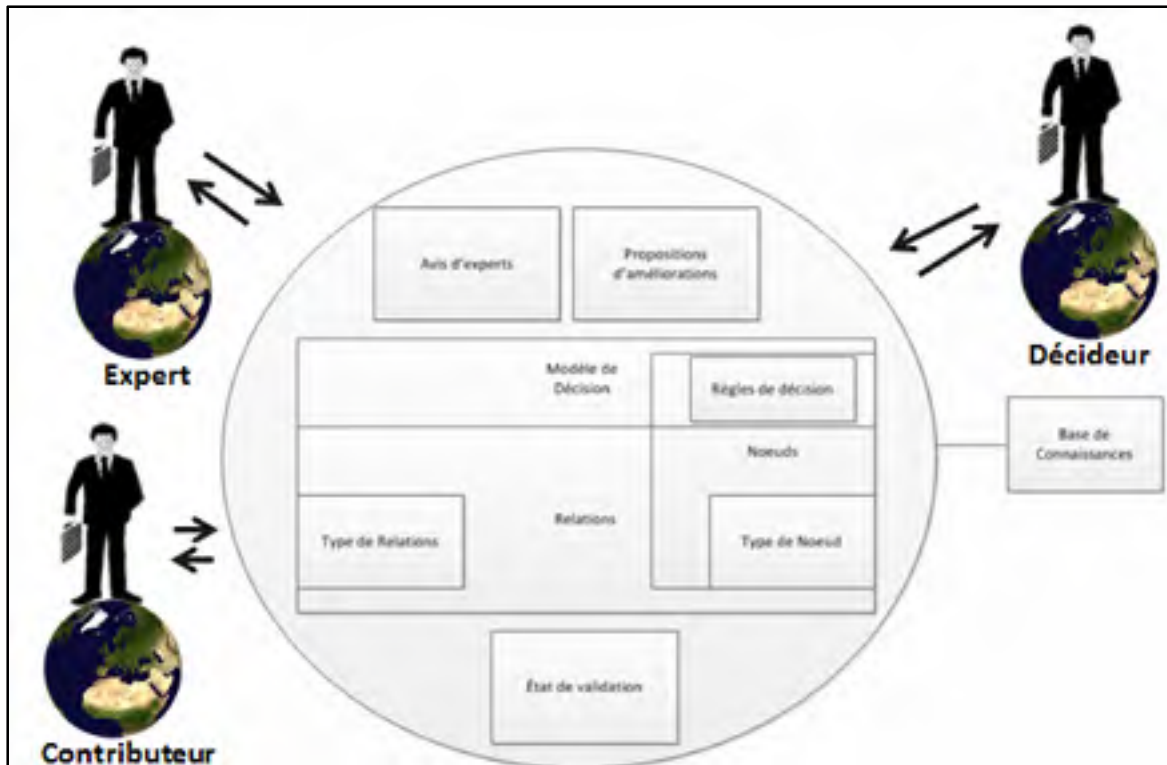


Figure 2.3 Schéma des connaissances nécessaires à l'élaboration d'une base de connaissances pour l'ordonnancement des activités de construction

Il est à noter que malgré le fait que le système ne soit alimenté actuellement que par une base de connaissances en ordonnancement des activités de construction, il serait facile de construire et gérer d'autres bases de connaissances en planification à des fins de décision.

Un certain nombre de bases de connaissances ont été proposées pour l'ordonnancement des activités de construction (Gevarter, 1987; Hendrickson, 1987; Kraiem, 1988; McGartland, 1985; Miresco, 1994; Miresco et Chepurniy, 1989; Miresco et Pomerol, 1995a; 1995b; 1996; Sharma, 2009; Thornberry et Simons, 1988), de conception (Adeli, 1988; Akhras, 1989; Hojjat, 1986; Samikian et Miresco, 1990), l'entretien (Miresco et Windisch, 1991) ou la gestion de la qualité de la construction (Miresco, Windisch et Gruia-Gray, 1993). Plusieurs études ont également établi des bases de connaissances routières qui seraient adaptables à notre système (Miresco, 1987; Ngongang, 1998; Ngongang et Miresco, 1997a; 1997b).

Au vu du nombre important de domaines concernés, nous cherchons à proposer un système dont l'adaptation à d'autres domaines de la planification sera aisée. Ainsi Echeverry (1991) a proposé une méthode de séquence et un lexique des activités de construction. Notre SIAD utilise donc une représentation standardisée de l'ordonnement par logique graphique basée sur la théorie de Miresco (1994) issue du PERT. Notre système doit être capable d'accumuler des connaissances par une interface graphique similaire à la représentation finalement obtenue lors de la restitution des connaissances au décideur, afin de s'assurer de la cohérence de celles-ci. En effet, il n'est pas concevable d'entrer les données pour la construction de la base de connaissances à travers des lignes de commande ou de simples interfaces de texte sans résultats visuels immédiats, car l'utilisateur ne pourrait alors pas constater directement l'influence de ses modifications ou ajouts sur la base de connaissances en cours de construction. La construction d'une interface utilisateur graphique adaptée à la représentation de l'ordonnement représente donc un enjeu majeur de l'étude comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 1.

2.6 Valeur ajoutée du SIAD

La définition d'une planification afin de visualiser le déroulement de la mise en œuvre d'un projet est une tâche essentielle qui s'effectue la plupart du temps en avant-projet.

Les durées sont souvent non-déterminées à ce moment car le projet reste encore vague (on ne connaît pas encore tous les budgets, ni tous les équipements...). Aussi, la valeur ajoutée de cette opération est surtout le séquençage des activités et la construction d'une structure facilitant la navigation des intervenants à travers la planification. Miresco (1994) expose que l'aspect répétitif de cette opération à chaque nouveau projet représente une perte temps car, bien qu'il existe des variantes pour chaque projet, il serait possible d'exploiter l'existant afin de diminuer le temps passé à l'établissement de nouvelles séquences d'activités et par la même occasion d'atténuer significativement les risques d'erreurs ou d'oublis lors de cette manœuvre.

2.7 Représentation des connaissances d'ordonnement

2.7.1 Principales représentation existantes possiblement adaptables

Comme nous l'avons vu au chapitre 1, il existe plusieurs représentations graphiques pour l'ordonnement des activités et en particulier les méthodes PERT généralisées (Eisner, 1962; Kaufman, Desbazeille et Ventura, 1964), du GERT (Ahuja, 1976; Pritsker, 1966), et de la méthode CPM adaptée aux systèmes décisionnels (DCPM-Decision Critical Path Method) (Crowston, Thompson et Luther, 1967). Elles sont particulièrement adaptées pour la représentation des connaissances de planification dans un SIAD.

Chacune de ces méthodes propose une représentation logique de planification en tenant compte des probabilités d'exécution de chaque tâche. Les contraintes probabilistes dans chacune de ces méthodes sont représentées par des nœuds de type AND, OR inclusif ou OR exclusif. Certaines différences existent cependant entre ces modélisations, en effet la méthode GERT présentée permet de gérer l'aspect répétitif des tâches avec des conditions d'arrêt. La méthode DCPM présentée gère les probabilités d'exécution par calculs stochastiques et correspond plus à une méthode d'optimisation des coûts et des délais qu'à une représentation logique de la planification.

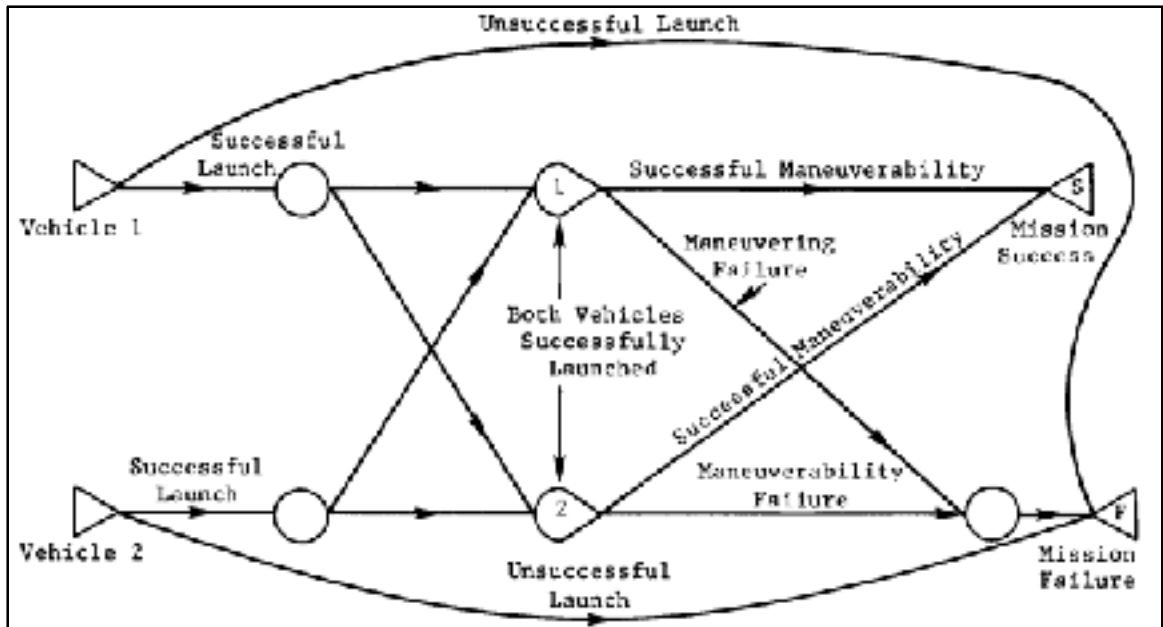


Figure 2.4 Représentation GERT du lancement de deux véhicules tiré de(Pritsker, 1966)

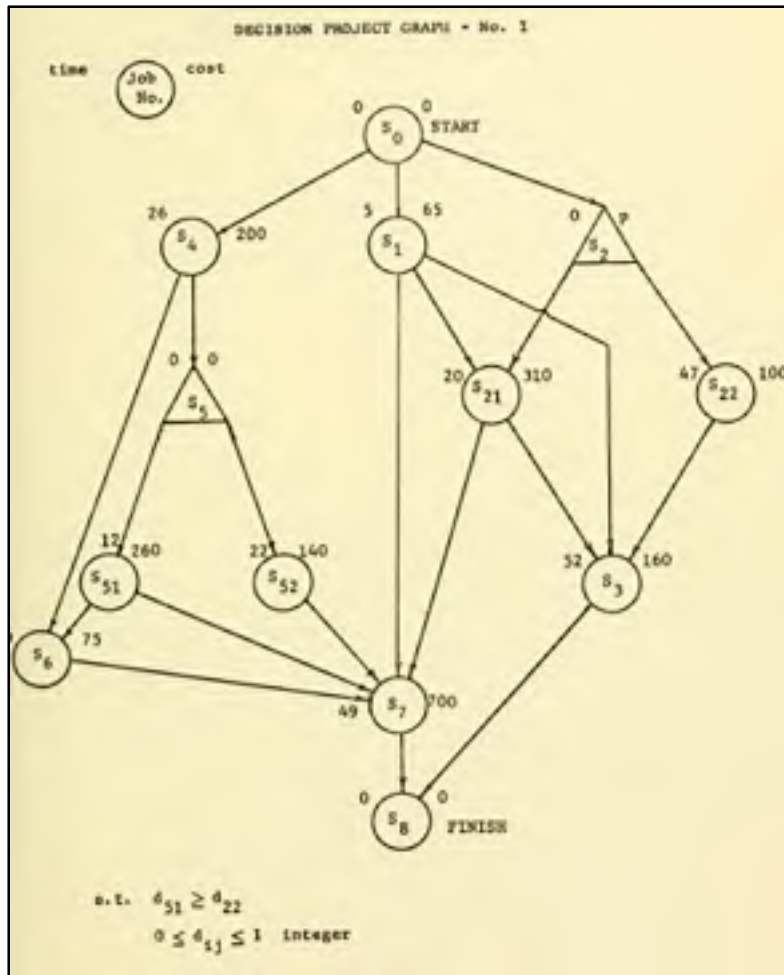


Figure 2.5 Diagramme DCPM de Crowston, Thompson et Luther (1967)

Fisk (2003a) explique que la méthode présente le désavantage pour les planificateurs de ne considérer ni le temps ni les coûts mais seulement l'ordonnancement des activités. C'est donc naturellement que nous jugeons cette technique plus adaptée, surtout la méthode généralisée proposée par Eisner (1962) puis par Elmaghraby (1964).

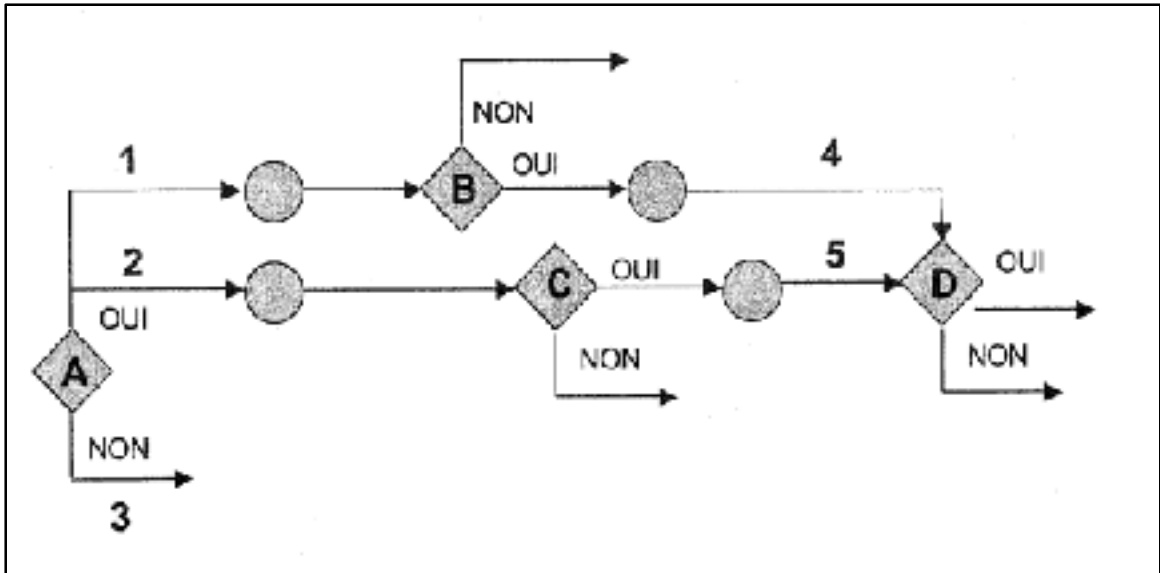


Figure 2.6 Méthode PERT généralisée adaptée de Miresco (1994)

On peut remarquer que la grande différence avec le PERT se trouve dans les nœuds qui représentent des événements pouvant être décisionnels (Francis et Miresco, 2000; Francis et Miresco, 2002b; Francis et Miresco, 2002c; Miresco, 1992; 1996; Miresco et Chepurniy, 1989; Miresco et Pomerol, 1995b; 1996; Miresco et Windisch, 1991; Miresco, Windisch et Gruia-Gray, 1993). Les activités sont représentées par des flèches (AOA – Activity On Arrow). Le gros avantage de cette représentation vient surtout du fait que, grâce aux événements décisionnels, il est possible de considérer que le projet peut théoriquement être considéré comme terminé même si des activités n'ont pas été exécutées. Usuellement, un projet n'est achevé que si toutes ses activités sont terminées.

Miresco (1994) a cependant proposé des adaptations majeures de cette dernière méthode, notamment en simplifiant la notion de probabilité à des événements binaires (Oui/Non), en passant à une représentation du type activité sur nœud pour des raisons de lisibilité (AON – Activity On Node) et en introduisant des types de nœuds reflétant les comportements AND, OR inclusif et OR exclusif présenté dans la méthode GERT et DCPM. Un exemple d'adaptation de la méthode est présenté ci-dessous.

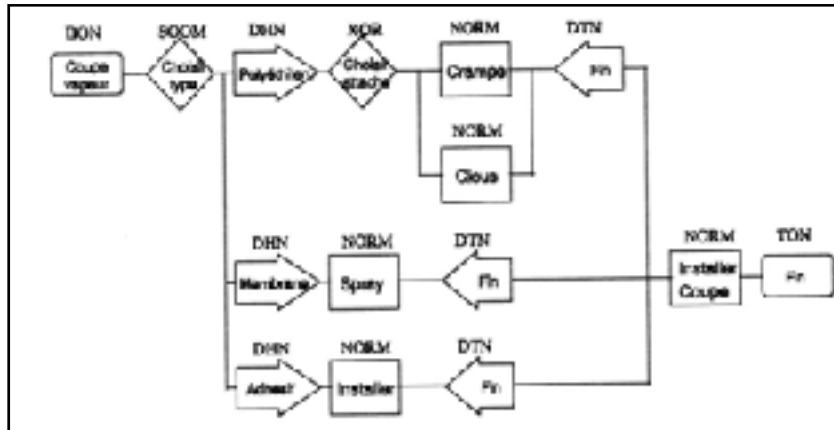


Figure 2.7 Adaptation par Miresco (1994)
de la méthode PERT généralisée pour la décision

Dans cette adaptation les nœuds de type **NORM** représentent des nœuds classiques, ceux de type **SOOM** (Select One Or More) représentent un événement multi-décisionnel, les types **XOR** (eXclusif OR) sont rattachés à une action de sélection unique d'un chemin parmi plusieurs proposés, enfin les nœuds de type **INCLUSION** sont la représentation d'un élément récapitulatif contenant un ou plusieurs sous-ensemble de nœuds. Les détails de ces nœuds adaptés à un contexte de base de données sont présentés dans le chapitre 33.

Notre système se base donc sur l'application précédemment présentée par Miresco (1994) nommée **X-PERT**. Cette appellation rappelle la notion d'expert et l'utilisation de la représentation des connaissances par une méthode PERT adaptée à la décision. La désignation que nous avons retenue pour notre SIAD en est proche : **WIXPERT**.

Cette dénomination se compose de trois éléments :

- **WI** qui rappelle le principe de partage des connaissances dans un environnement Web proche du concept de Wiki ;

- **XPERT** fait référence au SIAD **X-PERT**, où **X-PERT** désigne à la fois la méthode de représentation des connaissances basée sur la méthode **PERT** généralisée et **X** traduit l'expertise apportée par le système au décideur.

Par la suite, **X-PERT** désignera le SIAD de Miresco (1994) et **WIXPERT** notre système basé sur le Web.

2.7.2 Gestion de la hiérarchisation des connaissances dans le domaine de la planification

Le système **X-PERT** de Miresco (1994) est classé dans les SIAD intelligents en suivant la définition de Levine et Pomerol (1990) du fait de la navigation dans une arborescence de décision. De même que **X-PERT**, notre système se base aussi sur une représentation logique issue du **PERT**, et fonctionne également par arborescence par l'utilisation de la notion de nœud ayant un comportement d'inclusion. Ce principe d'inclusion défini par Miresco (1994) sera adapté à notre cas d'étude. Nous étudierons en particulier les défis de stockage d'un tel comportement des nœuds dans une base de données relationnelle.

Miresco (1994) explique que la connaissance de la planification s'organise sous forme hiérarchique, ce qui est confirmé par l'adoption de structure de découpage (WBS) des activités dans la plupart des projets. Ce type de décomposition traduit une hiérarchisation des activités au sein des projets. La hiérarchisation des tâches est donc notion habituelle en gestion de projet. La structuration hiérarchique d'un projet sous forme de tâches récapitulatives est une nécessité pour la gestion de projet de moyenne ou de grande envergure.

Dans le cas d'un SIAD basé sur les connaissances de construction il peut y avoir rapidement plus de 3000 nœuds. Il est donc nécessaire autant pour des raisons visuelles qu'ergonomiques de travailler sur différents niveaux de détails dans la planification. Miresco (1994) et Francis

(2004b) considèrent qu'une représentation en sous-graphe est une solution visuelle adéquate lors de la planification d'un grand nombre d'activités.

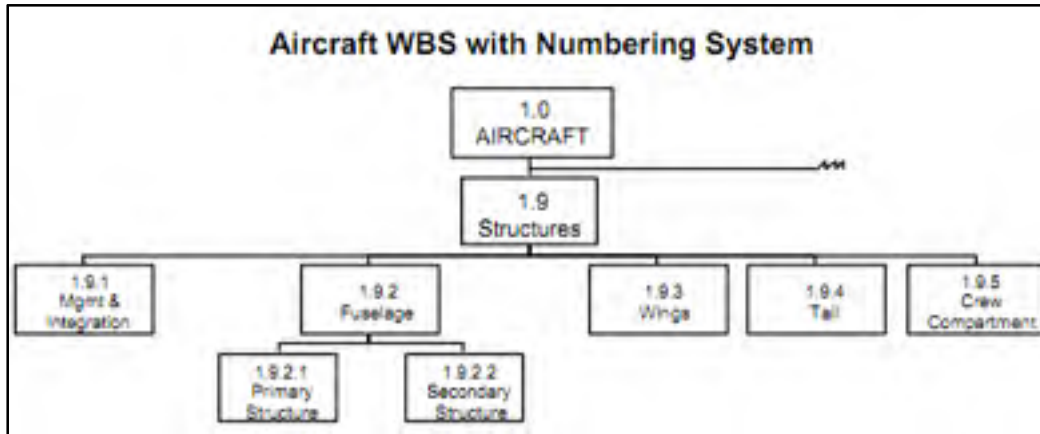


Figure 2.8 Exemple de WBS (PMI)

Le modèle de représentation de la connaissance en planification de Miresco (1994) ne s'appuie pas directement sur ce découpage. Il utilise le principe des poupées russes dont un exemple est donnée figure 2.9. Cette conception est jugée plus naturelle que le WBS du point de vue affichage et interaction avec le décideur surtout pour une hiérarchisation très étendue, et a déjà été étudiée (Jones, 1993). Un nœud présentant un tel comportement sera par la suite dans notre étude défini comme un nœud ayant un *comportement d'inclusion*. Il sera également considéré comme le *père* des nœuds qu'il contient. On attribuera également un niveau de profondeur hiérarchique en partant du principe que la séquence d'activité au niveau du projet global correspond au niveau 1.

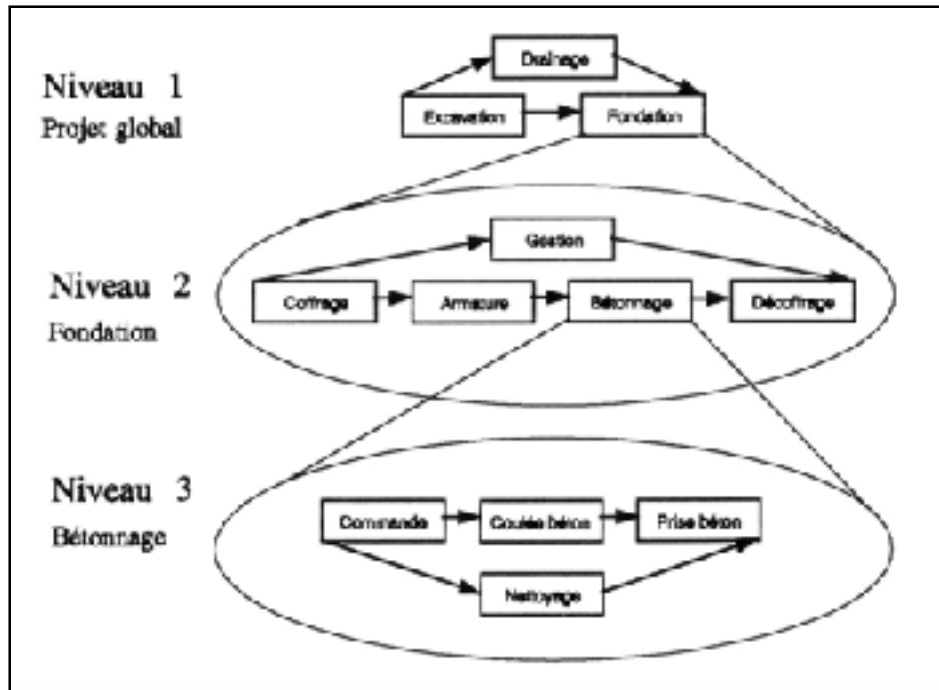


Figure 2.9 Principe des poupées russes appliqué à l'ordonnancement des activités de fondation (Miresco, 1994)

2.7.3 Modélisation de la préséance dans le cas d’une inclusion pour le stockage de la logique dans une base de données

En se basant sur la théorie de Miresco (1994) sur l’inclusion définie précédemment, nous modélisons l’inclusion sous une forme de logique de précédence qui est la suivante :

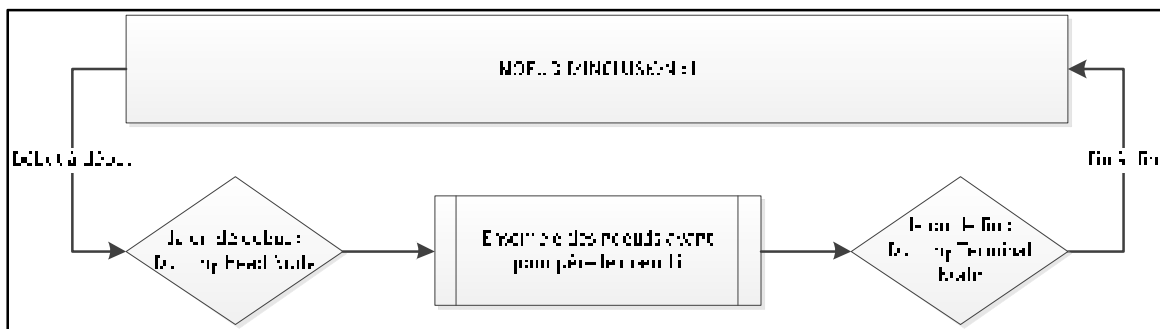


Figure 2.10 Modélisation de l'inclusion pour un nœud d'inclusion normale

L'avantage de cette représentation dans une base de donnée est qu'elle peut s'appliquer à n'importe quel type de nœud contenant une ou plusieurs activités comme les nœuds XOR (voir figure 2.11), ou SOOM (voir figure 2.12). Il suffit d'adapter le comportement des nœuds dans le sous-graphe par rapport à leur fonction.

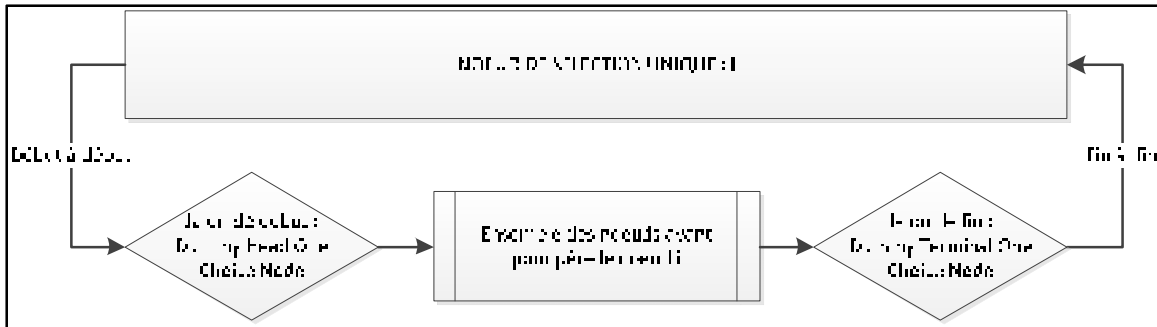


Figure 2.11 Modélisation de l'inclusion pour un nœud de type choix unique

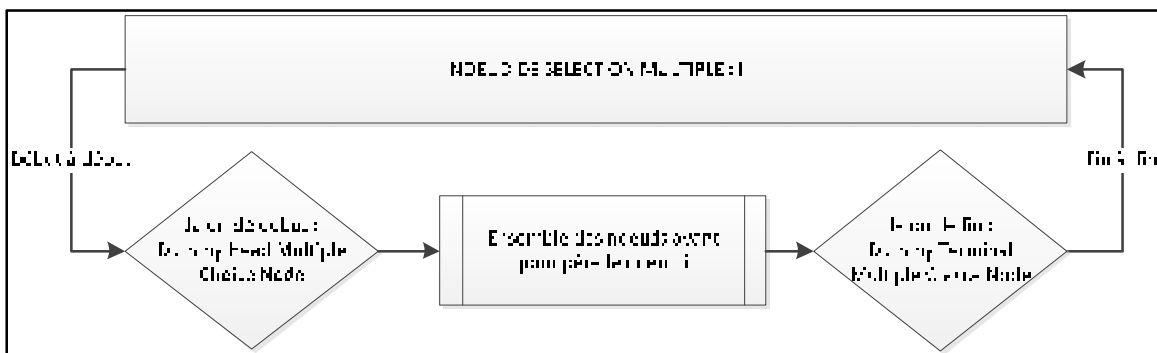


Figure 2.12 Modélisation de l'inclusion pour un nœud de type choix multiple

2.8 Gestion des décisions au sein du SIAD

Le SIAD doit permettre de traduire la logique de structure du projet. Chaque décision prise dans une structure WBS doit être retranscrit dans le reste de la hiérarchie du projet.

Nous nommerons ce processus récursif de sélection/désélection hiérarchique issu d'une décision dans le WBS : « processus de sélection vertical » issu d'une décision.

Par ailleurs, l'outil doit également pouvoir permettre de traduire l'influence de la prise d'une décision dans une branche de la structure WBS sur un autre nœud du projet quelque soit sa position dans la structure du projet. Ces règles de décision en cascade sont issues de la connaissance. Les de/sélection en cascade issues de l'application de ces règles seront désignées comme le « processus de sélection horizontal ».

2.8.1 Processus de sélection vertical

Dans le cas d'un cas de la désélection d'un nœud ayant un comportement d'inclusion, il est nécessaire de désélectionner tous les nœuds dépendant du nœud père. La figure 2.13 présente les conséquences d'une désélection de l'activité 1. On peut voir que les éléments de niveaux de détail WBS inférieurs dans la branche seront également désélectionnés ; c'est la conséquence de la *désélection verticale* issu de la logique hiérarchique du WBS (flèches noires sur la figure 2.13).

2.8.2 Processus de sélection horizontal

Le processus de sélection horizontal permet de traduire la logique transversale d'un projet. Ce type de connaissance ne sera pas représenté graphiquement car elle implique plusieurs niveaux de détail WBS. Elle pourrait également traduire un comportement entre deux nœuds n'ayant pas de parenté dans la structure hiérarchique du projet. eut également remarquer sur cette figure les flèches bleues qui elles traduisent un règle de décision sur le nœud 1.1.3. Les règles de décision sont construites de la manière suivante : le changement de l'état de

sélection d'un nœud dit *déclencheur* A (*trigger*) entraîne la modification de l'état de sélection d'un *nœud cible* B (*affected node*). Il n'est pas obligatoire que l'état de sélection du nœud B ainsi obtenu soit le même que celui du nœud déclencheur B. En d'autres mots : la sélection du nœud A peut entraîner la désélection du nœud B. De plus la règle de décision ne lie les nœuds que pour certains états de sélection donnés par la connaissance. En effet, dans notre exemple bien que l'action de sélection du nœud A influence l'état du nœud B, il n'est pas obligatoire que l'action de désélection du nœud A entraîne une modification de l'état du nœud B.

2.8.3 Application par un exemple

La combinaison de ces deux processus de sélection peut amener à une logique de décision transitive assez complexe. En prenant l'exemple de la figure ci-dessous. Nous avons imaginé deux règles de décision horizontales issues de connaissances où la désélection de l'activité 1.1.3 implique la sélection de l'activité 1.2.2. Nous avons également proposé que la sélection de l'activité 1.2.2 entraîne la désélection de l'activité 2. Il résulte de la transitivité des règles de décisions horizontales que la désélection de l'activité 1.1.3 entraînera la désélection de l'activité 2 et par transitivité de la désélection verticale sur l'activité 2, toutes les activités de niveau de détails WBS inférieur à l'activité seront désélectionnées.

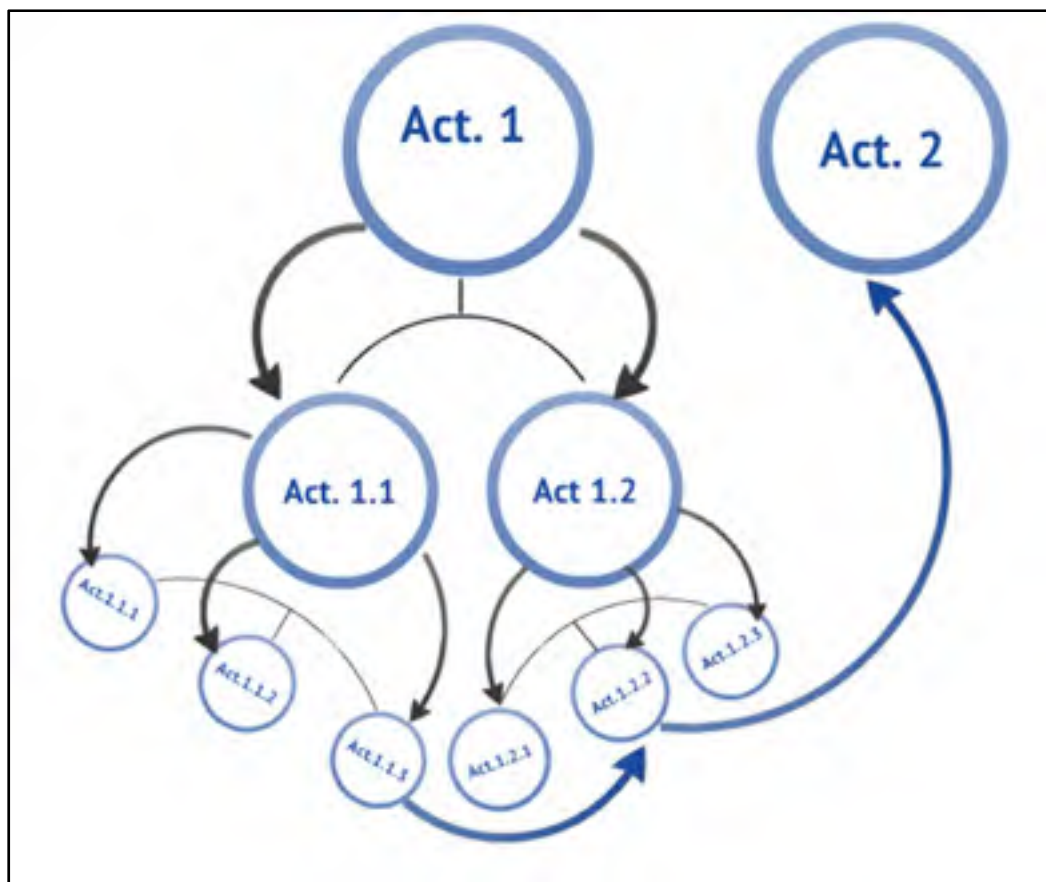


Figure 2.13 Gestion des décisions au sein du SIAD

CHAPITRE 3

INGENIERIE DES EXIGENCES DU SIAD BASÉ SUR LES CONNAISSANCES

3.1 Introduction et objectif

3.2 Méthodologie de construction d'un SIAD

Au cours de notre étude nous suivons la méthodologie d'ingénierie des outils d'aide à la décision définie par Gupta et al. (2006) présentée figure 3.1. Cependant nous ne cherchons dans notre étude qu'à établir un prototype. L'étape d'évaluation des utilisateurs ne sera donc pas traitée dans notre étude. Les détails et les exigences de chacune de ces étapes ont été présentés par Angehrn et Jelassi (1994), Gupta et al. (2006) et Burstein, Holsapple et O'Leary (2008).

Il est important de remarquer que cette méthodologie traite la partie décisionnelle de la construction et ne présente qu'une partie peu détaillée de la méthodologie pour la construction du module cognitif. Nous avons donc rajouté le module d'ingénierie des connaissances (*knowledge engineering*).

Globalement l'étude se déroule en trois étapes :

- l'étude de la représentation de la connaissance de la planification pour un système décisionnel ;
- l'étude des exigences pour la conception du système ;
- et la conception du prototype.

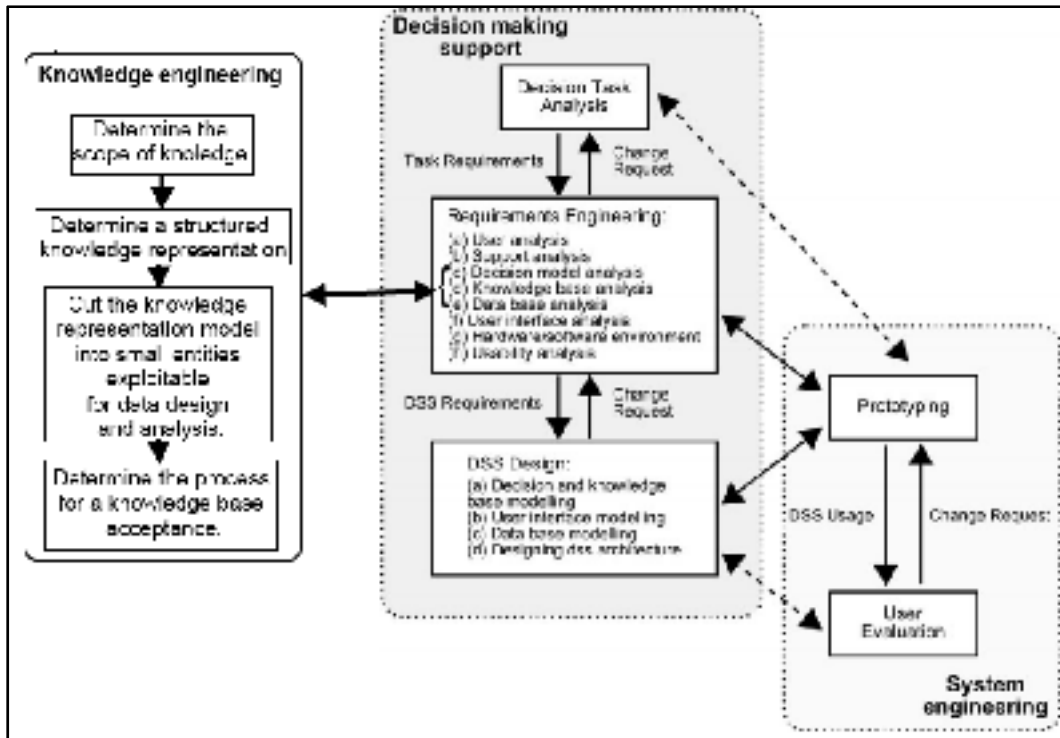


Figure 3.1 Adaptation de la méthodologie de Gupta et al. (2006) pour l'ingénierie des outils d'aide à la décision basés sur la connaissance

En nous référant à cette méthodologie et en particulier à la partie portant sur l'ingénierie des exigences (*requirements engineering*), nous étudierons en premier lieu l'aspect cognitif du système avec la modélisation de la connaissance pour le domaine de la planification. En second lieu, nous verrons les différents utilisateurs du système (a), leurs rôles et leurs activités au sein du SIAD, en particulier dans le processus d'acquisition et de validation des connaissances (fonction d'analyse des supports défini en (b)).

L'étude des modèles de décision est étroitement liée à la représentation des connaissances. C'est pourquoi nous avons relié les points (c), (d) et (e) au module d'ingénierie des connaissances que nous avons ajouté plus haut. Cette partie de l'étude est en fait la construction de la base de connaissances comprenant les connaissances, les règles qui les régissent, toutes issues de l'expertise, ainsi que la validité des données. L'étude du modèle de

représentation des connaissances sera étudiée et nous établirons grâce à ce dernier un modèle de données pour le stockage des bases de connaissances dans un système de base de données.

Par la suite nous ferons une étude de l'interface utilisateur pour transporter le modèle de représentation des connaissances dans un système informatisé pour le Web (f). Nous étudierons en particulier la stratégie à adopter pour gérer les interactions avec l'utilisateur dans un tel environnement. Enfin nous définirons les solutions techniques pour la conception du système.

3.3 Analyse des fonctions attendues pour le SIAD WIXPERT vis-à-vis des utilisateurs.

3.3.1 Le marché des outils de planification.

Nous avons expliqué précédemment que beaucoup de logiciels de planification gérant les aspects ordonnés des problèmes de planification existent déjà, y compris sur le Web. Microsoft Project représente les parts de marché les plus importantes (Fabac et al., 2010). Notre objectif ici n'est pas de fournir un autre système permettant de résoudre une nouvelle fois les problèmes ordonnés liés à la planification. Ces applications informatiques de gestion proposent la résolution de la partie mathématique de la planification (recherche du chemin critique, durée totale du projet, gestion des durées et des délais, gestion des calendriers et des ressources). Cependant, à notre connaissance, il n'existe que peu de systèmes informatiques permettant la gestion et la vérification de la logique de planification présentées au chapitre précédent. Il arrive même bien souvent que ces outils démontrent en pratique des restrictions de la logique d'ordonnancement comme l'illustrent les figures 4.1 et 4.2.

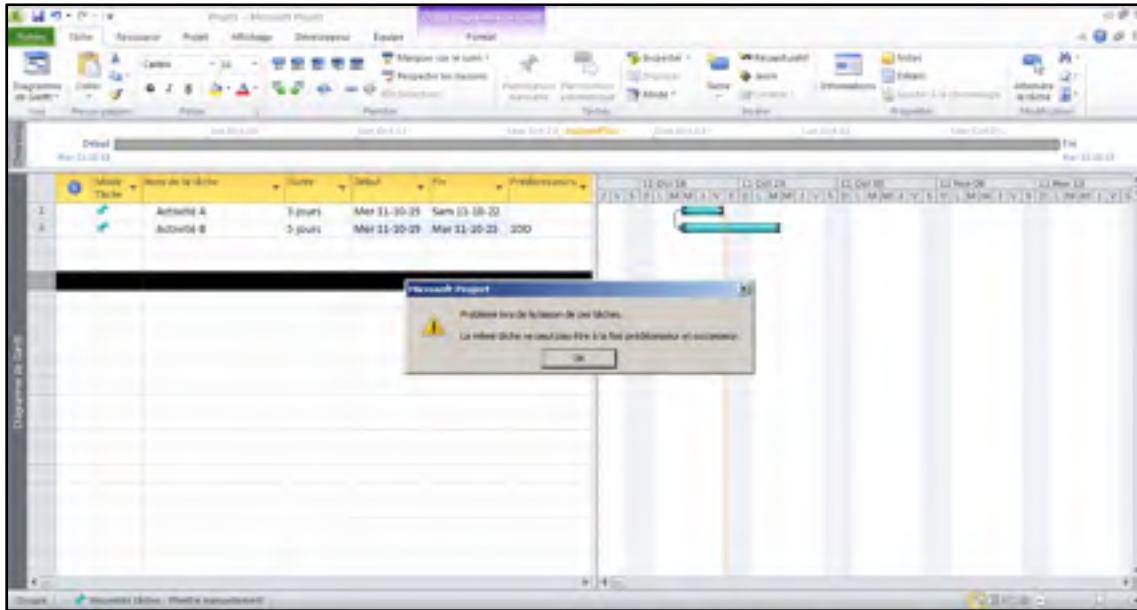


Figure 3.2 Gestion des doubles relations entre activités sous Ms Project

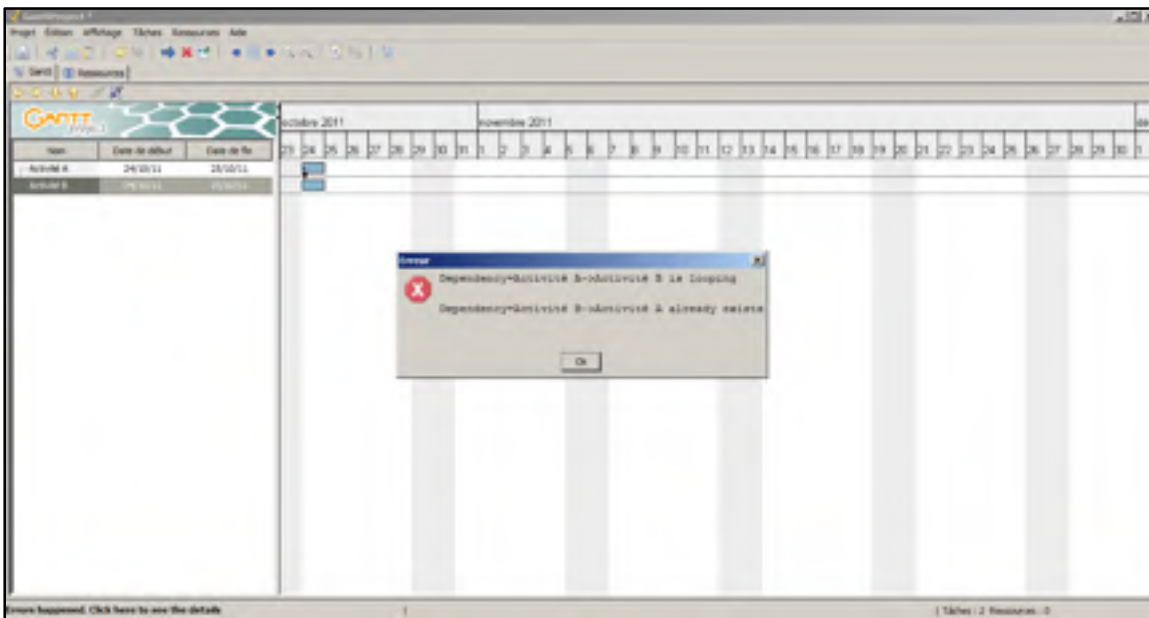


Figure 3.3 Gestion des doubles relations entre activités sous GanttProject

3.3.2 Résultats attendus vis-à-vis des outils existants

Nous cherchons dans notre étude à atteindre facilement le plus grand nombre de planificateurs avec ce SIAD. Le fait d'intégrer le système dans un environnement Web n'est pas suffisant; il est également nécessaire de garder à l'idée que l'objectif final est de fournir un échéancier exploitable par les outils habituels de planification. Nous avons donc choisi pour notre étude de générer les échéanciers dans un format standard facilement exploitable par Microsoft Project et d'autres systèmes de planification similaires. Ainsi il nous a semblé propice de fournir un rendu sous forme tabulaire standardisée (CSV), car ce type de représentation est facilement manipulable et adaptable à la quasi-totalité des systèmes par des transformations simples (par exemple par la modification du nom des champs). Il aurait été également possible de passer par les nouveaux standards de fichiers plats hiérarchiques (XML), mais seules les récentes versions des logiciels les gèrent. De plus les balises utilisées sont spécifiques à chaque logiciel, il est donc difficile d'assurer une compatibilité aussi importante que celle permise par un tableau.

3.3.3 Le rôle des utilisateurs dans le système WIXPERT

Le SIAD que nous cherchons à développer doit pouvoir permettre l'exploitation mais aussi la construction de connaissances. Nous suivons des conventions de notation et de représentation UML (*voir* figure 3.4) issues du langage de modélisation unifiée (UML) (Harrison, 2008; Piechocki, 2007), ainsi que l'approche d'analyse préconisée par Cockburn (2000; 2001). Nous présentons sur la figure 3.5 le diagramme des cas d'utilisation du système global. Bien que le fonctionnement interne du système ne soit pas décrit ici, la formalisation des acteurs et des intentions du système permet de définir une expression du besoin quelque soit l'angle de vision (utilisateurs, données, décisions, construction des connaissances, interface, moteur d'inférence, ...).



Figure 3.4 Éléments de représentation UML pour les cas d'utilisation

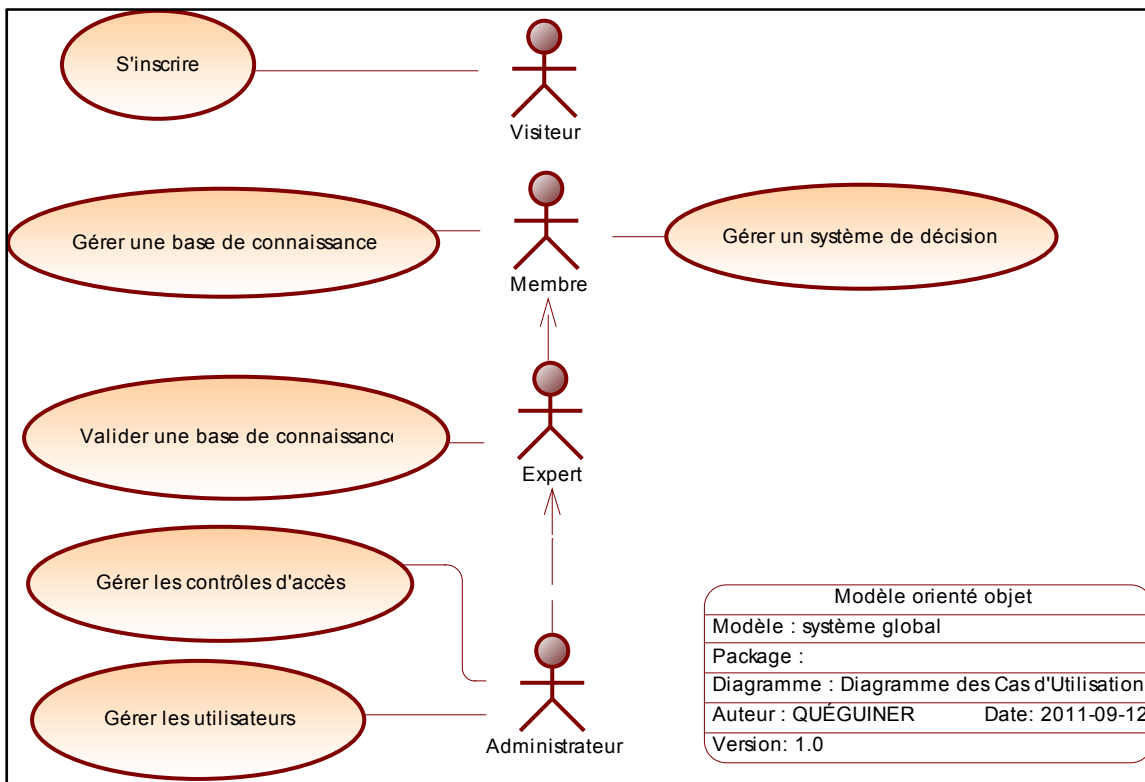


Figure 3.5 Les différents modules du SAID **WIXPERT** (diagramme des cas d'utilisation représentation les interactions utilisateurs-système)

On distingue ainsi que le système se constitue de trois modules exploitant les bases de connaissances et de trois autres modules de gestion de l'environnement du SIAD.

Les quatre modules exploitant les connaissances sont les suivants :

- en premier lieu, le module de gestion des connaissances permet de créer une base de connaissances d'ordonnement des activités, et de peupler cette base ;
- le module de validation des connaissances n'est nécessaire que si le membre décide de soumettre sa base de connaissances au public. Il faut alors étudier cette dernière, de la commenter si nécessaire et de l'accepter si elle ne présente pas d'incohérence ;
- le module de décision (nommé ici gestion des systèmes de décision) permet d'établir des systèmes décisionnels en exploitant des modèles de décision basés sur les connaissances établies dans le premier module ;
- enfin le module d'exportation n'est pas représenté ici comme une entité à part entière car il est considéré comme un résultat de la combinaison des trois précédents modules et n'est donc pas indépendant (en terme technique, ce n'est que le résultat d'une requête croisée entre la base de connaissances et la base de données des décisions).

Les trois modules de gestion de l'environnement du SIAD sont les suivants :

- le module d'inscription d'un nouvel utilisateur ;
- le module de gestion des rôles des utilisateurs qui permet de définir ou de modifier ces derniers – c'est dans ce module que nous pourrions par exemple définir si un *membre* peut se voir attribuer le rôle d'*expert* ;
- et le module de gestion des contrôles d'accès qui permet d'attribuer des autorisations d'action en fonction des rôles – par exemple savoir si un *membre* peut ou non modifier un modèle publique qui ne lui appartient pas. L'intérêt n'est pas évident dans le cadre d'un prototype où l'on connaît les droits des rôles sait qui peut faire quoi dès le départ, mais il est nécessaire de comprendre que l'on cherche un outil proche de l'entreprise et demande aussi une flexibilité au cours l'évolution du système. Il sera donc très simple de définir les droits de chaque groupe d'utilisateur (rôle) en quelques clics lors de l'ajout de nouveaux modules. Par la suite, nous avons détaillé formellement chacun des

cas d'utilisation du système qui sont répertoriés dans les annexes II (page 111) à V (page 125).

Les éléments étudiés dans ce chapitre permettent d'établir les attentes des planificateurs vis-à-vis du comportement du système et des résultats espérés suite au processus de décision.

La construction et la validation des connaissances sont deux processus essentiels qui ont également été modélisés et détaillés dans ce chapitre par des processus standards que nous exploiterons en combinaison avec les autres résultats de nos recherches dans les chapitres suivants. Cela nous permettra d'établir un ensemble d'axiomes définissant le comportement que doivent décrire les différents éléments composant la connaissance en planification. Il sera alors possible de traduire ces axiomes en modèle conceptuel puis physique de données.

3.4 Découpage du modèle de représentation de la connaissance pour l'adaptation à une base de données

Une fois le modèle de représentation des connaissances de la planification déterminé, il est alors possible de le transcrire afin de définir des règles de découpage en éléments simples dans la base de données. Avant d'implanter physiquement le système de données des connaissances de la planification, nous préparons une modélisation conceptuelle de ces dernières, indépendante du support physique qui sera choisi par après.

Le passage du modèle de représentation des connaissances au modèle conceptuel de données se fait par un découpage en entités, puis par l'établissement de règles d'association entre celles-ci selon la théorie de Chen et Codd avec le diagramme entité-relation. Nous avons groupé ces règles par axiomes qui sont récapitulés dans l'annexe vii.

Les résultats de cette modélisation conceptuelle des données pour la base de connaissances, les processus de décision et de validation des connaissances ainsi que les modules de gestion du SIAD sont présentés à l'annexe xii.

3.5 Composition du SIAD WIXPERT

3.5.1 Éléments de conception du SIAD

Notre système **WIXPERT** se compose de trois modules qui communiqueront entre eux. L'architecture ternaire proposée par Levine et Pomerol (1990), Sprague et Watson (1979) et pour les SIAD est aussi soutenue par (Reenskaug, 1979) pour la société XEROX® pour répondre aux besoins d'indépendance entre les données de planification et leur affichage lors de la conception d'un outil de gestion de projet.

Ces trois composantes du système désignées de la façon suivante :

- Le modèle,
- le contrôleur,
- la vue.

Le modèle – élément de gestion du comportement des données

Il a pour but de communiquer avec le système de gestion des données en décrivant le comportement de celles-ci. C'est à partir de ce module que les opérations de création, de lecture, de mise à jour et de suppression des données de connaissances sont effectuées. En revanche la représentation n'est pas abordée dans ce module.

C'est ici que nous définirons le comportement des différents groupes de données. Cette organisation donne alors naissance à la base de connaissances.

En résumé, sans le modèle, les données de connaissances ne forment qu'un amas de connaissances non-exploitable alors que notre système a justement pour but d'ordonner ces dernières, afin d'obtenir une base ayant un sens où toutes les connaissances sont liées pour obtenir une cohérence lors de l'aide à la décision.

La vue – interface homme-machine

Elle a pour objectif de mettre en forme les données issues du modèle pour les rendre compréhensibles par l'utilisateur. Elle n'effectue aucun traitement sur les données. Son autre fonction est également l'interaction avec l'utilisateur. La partie vue doit récupérer les événements (clic, double clic, clic droit, ...) de l'utilisateur sur celle-ci et avertir le contrôleur afin qu'il lance les procédures adéquates.

Dans le cas de notre étude, la vue comprend deux éléments : l'affichage du contenu des connaissances de l'ordonnancement des activités sur une page Web (HTML), et l'interaction avec ces dernières (Javascript).

De plus nous considérerons comme une vue le fichier résultant de la génération des activités de planification issu des décisions.

Le contrôleur – moteur d'inférence

Son rôle est d'assurer la communication entre les différents modules (modèles et vues) et d'enclencher les actions nécessaires au fonctionnement du système. En résumé c'est un contrôleur de flux. Dans le domaine des outils basés sur les connaissances cet élément est désigné comme le moteur d'inférence.

3.5.2 Intégration du SIAD WIXPERT dans un environnement Web.

Les patrons de conception décrivent des solutions générales étudiées pour des problèmes donnés qui se posent régulièrement dans le domaine de la conception de systèmes informatiques.

On trouve ainsi un certain nombre de patrons de conception permettant de répondre à des problèmes courant de construction, de structure ou de comportement des objets constituant le système.

Dans notre cas, nous cherchons une forte indépendance entre les opérations sur les données et la visualisation. L'objectif étant de fournir un prototype, il est important de fournir une

architecture claire et flexible car au cours du développement, la structure des données ainsi que la vue peuvent être amenées à évoluer.

Ce problème est récurrent et le patron de conception Modèle-Vue-Contrôleur décrit une méthode pour répondre aux exigences précédemment citées.

Désormais utilisé dans la majorité des applications, ce modèle de conception est particulièrement adapté aux domaines de la planification car c'est la raison même de son existence (Dobecki, 2010; Ho et Lu, 2005; Leff et Rayfield, 2001; Schuckmann, Schummer et Seitz, 1999; Wei et al., 2009). Cette méthodologie de conception est d'autant plus efficace lorsqu'elle est combinée avec la programmation orientée objet. Le résultat de ce mariage offre une rapidité de conception et de mise en œuvre particulièrement adaptée à la mise en place d'un prototype basé sur les connaissances.

Le schéma d'intégration de l'architecture ternaire pour le SIAD **WIXPERT** dans un environnement Web est présenté figure 3.6.

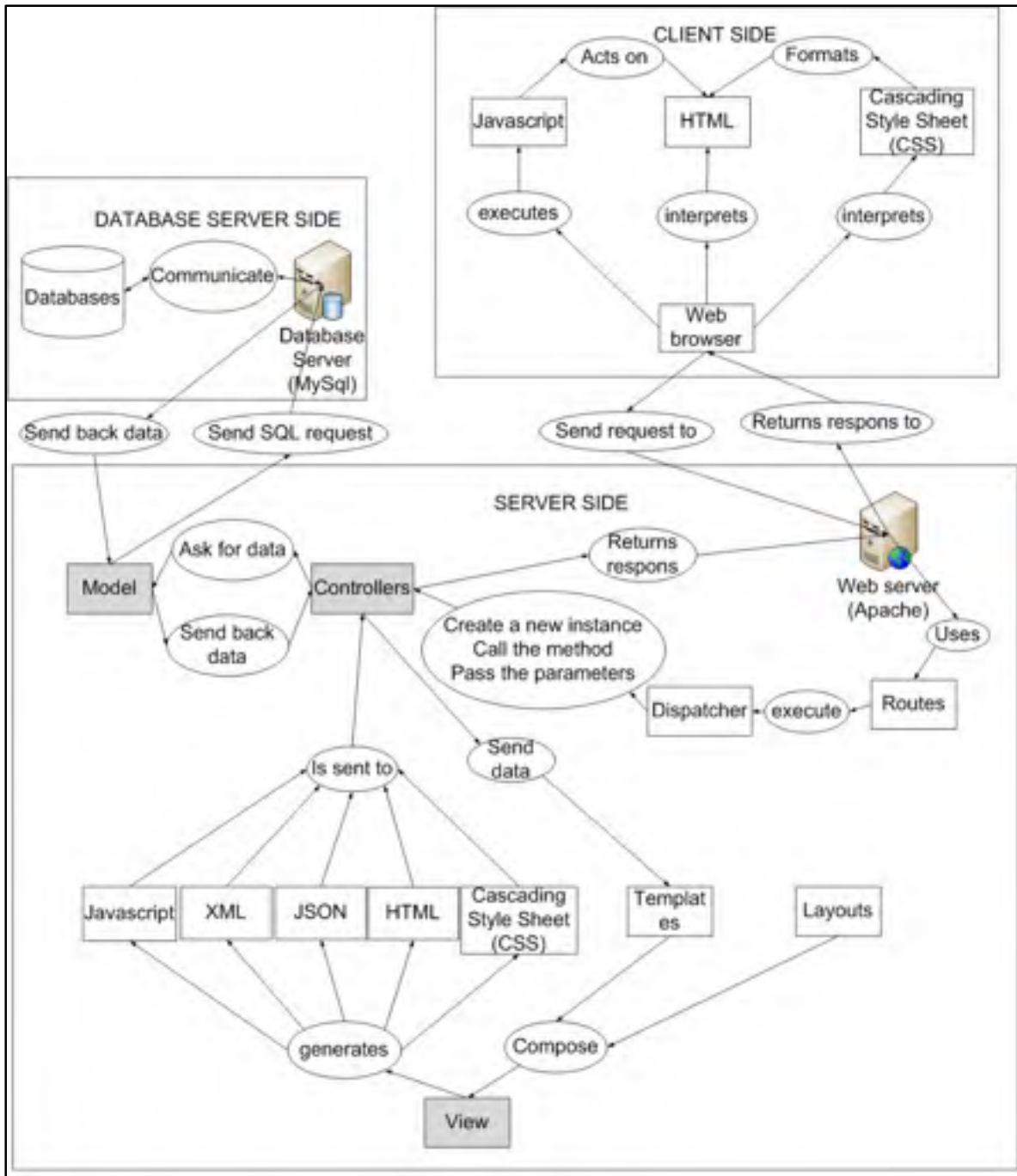


Figure 3.6 Schéma simplifié de l'architecture MVC dans le cas du SIAD **WIXPERT** basé sur le Web

3.6 Modélisation conceptuelle et fonctionnelle des données

3.6.1 Introduction et objectifs

L'objectif de la modélisation conceptuelle des données est de fournir un schéma permettant de détecter les erreurs de conception en amont de la mise en place physique du système de données. Ainsi, à la fin de cette étude, nous analyserons le résultat de notre modélisation ce qui permettra de nous assurer de l'intégrité des données ainsi que de l'unicité de l'information stockée.

Il faudra également s'assurer que tous les axiomes ont été respectés lors de la conception et qu'aucune donnée ne présente d'homonyme (données ayant la même dénomination mais ne représentant pas le même objet conceptuel), ni de synonymes (données stockées deux fois sous deux formes ou deux noms différents).

3.6.2 Méthodologie

Les axiomes définis précédemment peuvent être résolus de deux manières. La plupart du temps, une bonne modélisation des données et de leurs associations suffit à le résoudre. Il est parfois nécessaire d'associer une modélisation fonctionnelle qui, associée aux données, permettra de résoudre l'axiome.

Avant tout, il est nécessaire de bien comprendre le modèle Entité-Relation de Codd et Chen qui s'appuie sur trois éléments :

- les entités représentent les objets de gestion (comme par exemple les nœuds, les modèles de décision ou encore les utilisateurs). Les entités sont la traduction conceptuelle des sujets et des compléments dans une phrase exprimant la logique du système ;
- les relations aussi appelées associations représentent des liens logiques d'appartenance ou d'action entre les entités. Il est également possible d'avoir des associations réflexives entre une entité et elle-même. Les relations sont la traduction des verbes qui lient le ou

les sujets des phrases avec le ou les compléments de la proposition logique avancée. Les relations sont représentées par des éclipses ;

- les cardinalités sont une pondération des liens d'association vus précédemment.

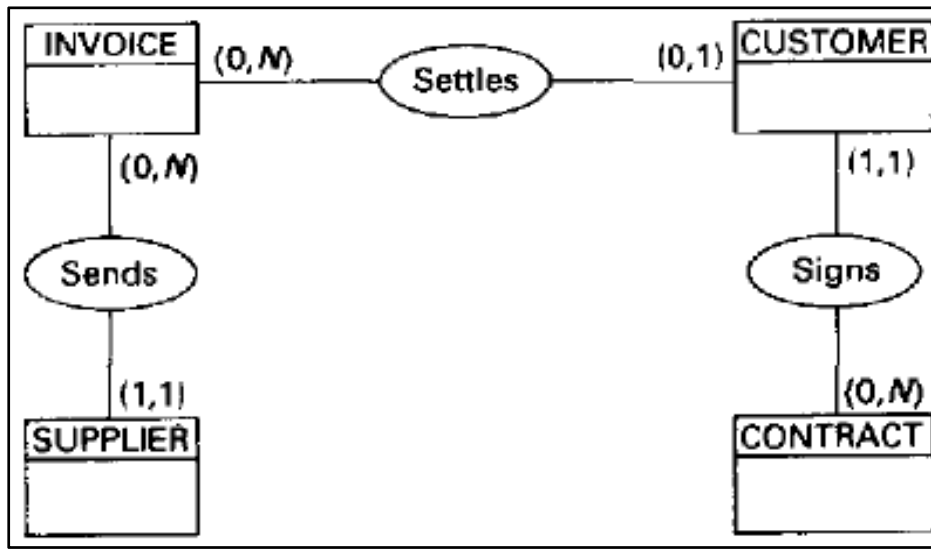


Figure 3.7 Représentation d'un modèle conceptuel de données (Avison, 1991b)

En nous appuyant sur les principes évoqués ci-dessus nous étudierons en premier lieu les axiomes car ils représentent la difficulté du modèle et traitent souvent des concepts au cœur du système. Par la suite, nous bâtirons notre modèle centré sur les résultats issus de l'étude des axiomes.

Quelque soit l'analyse que nous ferons, la procédure est la même. Nous formaliserons le problème sous la forme de phrases courtes ayant un seul sujet, un seul verbe et un seul complément. À chaque phrase nous étudierons la contraposée. L'association évoquée dans la phrase sera exprimée à travers le verbe et sera quantifié par une valeur minimum et une valeur maximum. Ensuite nous créerons des équivalences à partir de ces phrases sous la forme présentée ci-dessous.

PHRASE = SUJET VERBE QUANTIFICATION COMPLÉMENT

SUJET =Entité

VERBE =Association

QUANTIFICATION = Cardinalités

COMPLÉMENT =Entité

Nous avons présenté ici une méthodologie générale de transcription d'exigences exprimées dans le cahier des charges sous forme d'axiome en une modélisation conceptuelle de données. C'est en exploitant cette méthodologie que nous allons résoudre par la suite les axiomes issus de l'analyse des besoins présentés ci-dessous.

Numéro d'axiome	Titre de l'axiome	Type	Définition	Méthode de résolution
PRÉSÉANCE				
1	Précédence	Phrase	Un nœud doit avoir au minimum un et au maximum n prédécesseurs.	MCD
		Contraposée	Un nœud doit avoir au minimum un et au maximum n successeurs.	MCD
		Relation booléenne	Si un nœud n'a pas de prédécesseur réel alors son prédécesseur est le jalon de début de projet.	Algorithmique
			Si un nœud n'a pas de successeur réel alors son successeur est le jalon de fin de projet.	Algorithmique
2	Type de relation	Phrase	Un lien de succession doit avoir au minimum un et au maximum un type de lien.	MCD

Numéro d'axiome	Titre de l'axiome	Type	Définition	Méthode de résolution
		Contraposée	Un type de lien peut avoir au minimum zéro et au maximum n liens de succession.	MCD
		Phrase	Un lien de préséance doit avoir au minimum un et au maximum un type de lien.	MCD
		Contraposée	Un type de lien peut avoir au minimum zéro et au maximum n liens de préséance.	MCD
NŒUDS				
4	Relation d'inclusion	Phrase	Un nœud fils peut avoir au minimum zéro et au maximum un nœud père.	MCD
		Contraposée	Un nœud père peut avoir au minimum zéro et au maximum un nœud fils.	MCD
		État par défaut	Si un nœud n'a pas de père alors son père est le nœud NULL.	MCD
			Si un nœud n'a pas de fils alors son fils est le nœud NULL.	MPD
4	Niveau de profondeur	Phrase	Un nœud peut avoir au minimum zéro et au maximum a un niveau de profondeur.	MCD
		Contraposée	Un niveau de profondeur peut s'appliquer à au minimum zéro et au maximum n nœuds.	MCD
	Comportement	Relation	Un type de nœud a soit un	MCD

Numéro d'axiome	Titre de l'axiome	Type	Définition	Méthode de résolution
	nt des nœuds	booléenne	comportement d'inclusion soit un comportement normal.	
			Un type de nœud peut être ou non verrouillé pour la sélection lors du processus de décision	MCD
5	Nœud de début d'inclusion	Phrase	Un type nœud ayant un comportement d'inclusion au minimum un et au maximum un type de nœud de début d'inclusion.	MCD
		Contraposée	Un type de nœud de début d'inclusion peut avoir au minimum zéro et au maximum un type nœud ayant un comportement d'inclusion.	MCD
6	Nœud de fin d'inclusion	Phrase	Un type nœud ayant un comportement d'inclusion au minimum un et au maximum un type de nœud de fin d'inclusion.	MCD
		Contraposée	Un type de nœud de fin d'inclusion peut avoir au minimum zéro et au maximum un type nœud ayant un comportement d'inclusion.	MCD
5	Type de nœud « choix »	Relation booléenne	Un type de nœud peut avoir ou non un comportement de «choix ».	

Numéro d'axiome	Titre de l'axiome	Type	Définition	Méthode de résolution
			Un type de nœud peut avoir ou non un comportement de « choix multiple ».	MCD
MODÈLE DE DÉCISION				
7	État d'un modèle de décision	Relation booléenne	Un modèle de décision peut être soumis ou non.	MCD
			Un modèle de décision peut être validé ou non	MCD
			Un modèle de décision peut être éditable ou non.	MCD
			Un modèle de décision peut être privé ou publique.	MCD
3	Construction d'un modèle de décision - Jalon de début et de fin de projet	Phrase	Un modèle de décision peut avoir 2 ou n nœuds de décision.	Algorithmique et MCD
		Contraposée	Un nœud de décision ne peut être associé qu'à un et uniquement un modèle de décision.	MCD
SYSTÈME DE DÉCISION				
8	Construction d'un système de décision basé sur un modèle de décision	Phrase	Un système de décision est basé sur un et uniquement un modèle de décision.	MCD
		Contraposée	Un modèle de décision peut servir de modèle pour zéro ou n système de décision.	MCD
CRÉATION DE DÉCISIONS				
9	Construction de décisions	Phrase	Un système de décision est constitué de zéro ou n nœuds à	MCD

Numéro d'axiome	Titre de l'axiome	Type	Définition	Méthode de résolution
			travers un état de sélection.	
		Contraposée	Un nœud peut être sélectionné dans zéro ou n système de décision.	MCD
PROCESSUS DE SÉLECTION HIERARCHIQUE				
10	Suppression ou désélection d'un nœud avec un comportement d'inclusion	Proposition 1	Lors de la suppression d'un nœud avec un comportement d'inclusion tous les nœuds fils doivent être supprimés	Algorithmique
		Proposition 2	Lors de la désélection d'un nœud avec un comportement d'inclusion tous les nœuds fils doivent être désélectionnés	Algorithmique

3.6.3 Résolution des axiomes

3.6.3.1 Résolution de l'axiome 1 et 2 portant sur la précedence

Cet axiome est particulièrement intéressant car il présente une double association de type $n : n$ dont une est réflexive (prédécesseur/successeur). Nous avons nommé les branches de chaque association pour plus de clarté figure 3.8.



Figure 3.8 Modélisation conceptuelle des données pour la précedence

Nous avons décidé d'intégrer un processus de vérification de l'intégrité des relations de précedence au moment de la compilation du modèle de décision. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un système expert, nous avons décidé d'intégrer l'application de certaines règles sur la précedence. Le processus est décrit ci-après.

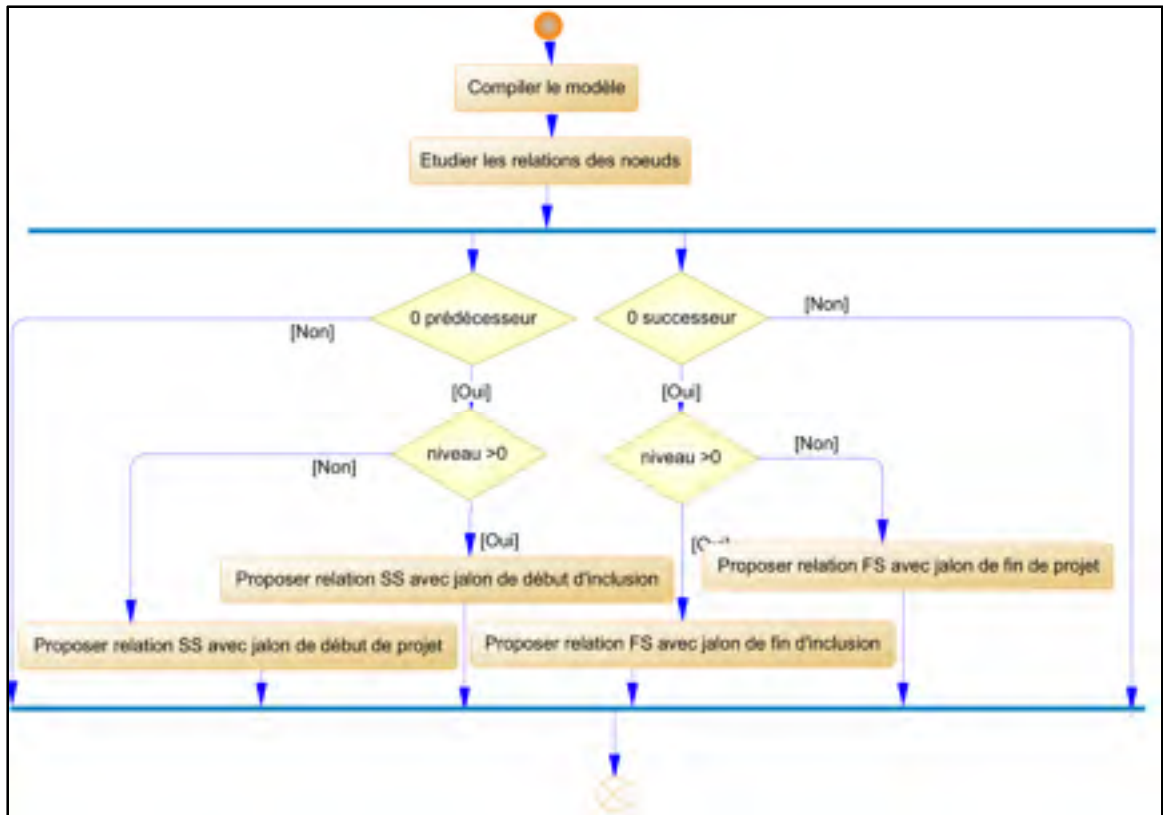


Figure 3.9 Modélisation fonctionnelle de processus de vérification de l'intégrité de la précedence

3.6.3.2 Résolution de l'axiome 3 portant sur les jalons de début et de fin de projet

Nous avons vu précédemment que cet axiome est solvable par une modélisation fonctionnelle. Nous présentons ci-dessous cette modélisation déclenchée par la création d'un modèle de décision. La procédure décrite doit être entièrement automatisée pour assurer l'intégrité de la logique du projet.

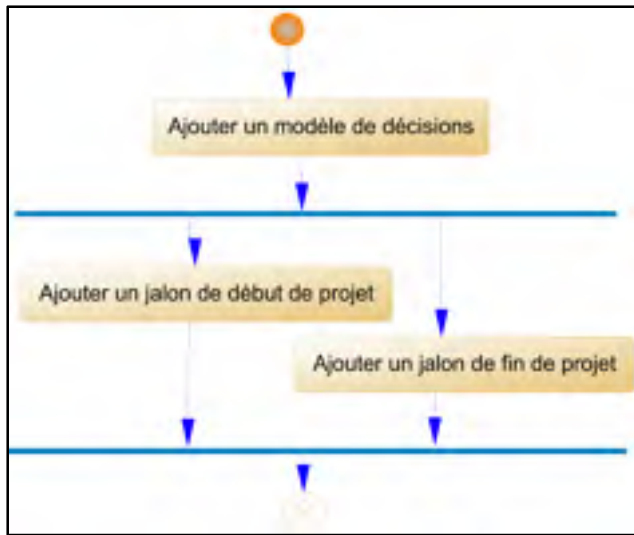


Figure 3.10 Modélisation fonctionnelle pour l'ajout des jalons de début et de fin de projet

3.6.3.3 Résolution de l'axiome 4 portant sur la parenté des nœuds pour l'inclusion

Parité

Nous devons pouvoir retrouver les nœuds fils d'un nœud de type inclusion ce qui nous amène à l'ajout d'une relation de parenté réflexive pour l'entité *Nœud*.

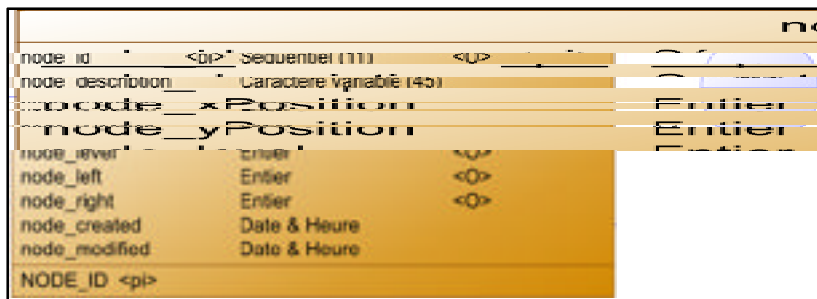


Figure 3.11 Modélisation conceptuelle de la parité des nœuds dans une relation d'inclusion

Gestion des niveaux de profondeur

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la gestion des niveaux de profondeur est un élément nécessaire à la réussite de la compilation du modèle permettant d'extraire la structure hiérarchique du projet (WBS). Il faut donc introduire une variable de niveau de profondeur nommée *node_level*.

nodes			
node_id	<pk>	Séquentiel (11)	<U>
node_description		Caractère variable (45)	
node_xPosition		Entier	
node_yPosition		Entier	
node_level		Entier	<U>
node_left		Entier	<O>
node_right		Entier	<O>
node_created		Date & Heure	
node_modified		Date & Heure	
NODE_ID	<pk>		

Figure 3.12 Adaptation de l'entité nœud à la gestion des niveaux de profondeur

3.6.3.4 Résolution de l'axiome 5 portant sur les types de nœuds



Figure 3.13 Modélisation conceptuelle des données pour les types de nœuds

3.6.3.5 Résolution de l'axiome 6 portant sur les nœuds de type inclusion

Pour gérer le comportement d'inclusion nous avons ajouté deux relations réflexives liants le *type de nœud* ayant un comportement d'inclusion avec un *type de nœud* de début d'inclusion et un *type de nœud* de fin d'inclusion. L'association réflexive *beginExpandNodeType* permet de stocker le type de nœud de début d'inclusion pour un type de nœud donné ayant un comportement d'inclusion. Il en est de même avec l'association *terminalExpandNodeType* pour le type de nœud de fin d'inclusion. Cette double association réflexive est présentée figure 3.14.

La logique de représentation adoptée rend impossible la liaison des nœuds entre différents niveaux, il faut donc faire ces liens entre le nœud d'inclusion et les jalons de début et de fin d'inclusion automatiquement lors de la création du nœud père. Nous avons représenté cette modélisation fonctionnelle figure 3.15.

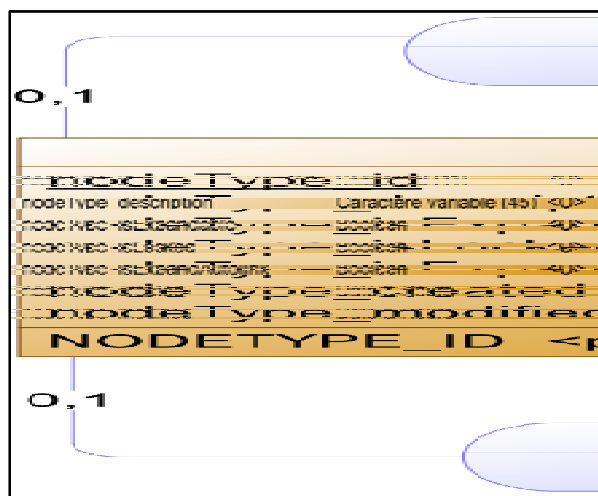


Figure 3.14 Modélisation conceptuelle des nœuds de début et de fin d'inclusion par rapport au type de nœud père



Figure 3.15 Modélisation fonctionnelle du processus d'ajout d'un nœud avec un comportement d'inclusion

3.6.4 Résolution de l'axiome 7 pour la gestion de l'état des modèles de décisions

Nous devons ajouter deux attributs pour l'entité *Modèle de décisions*. Tout d'abord l'attribut *IsSubmitted* qui définit si le modèle a été soumis ou non, et l'attribut *IsValidated* qui définit si oui ou non le modèle a été validé par un membre *Expert* suite à sa soumission.

L'entité *Modèle de décisions* est présentée dans la figure 3.16 ci-dessous.

dmodels			
<u>dmodel_id</u>	<pi>	Séquentiel	<O>
dmodel_description		Caractère variable (45)	
dmodel_isSubmitted		Booléen	
dmodel_isValidated		Booléen	<O>
dmodel_isPrivate		Booléen	<O>
dmodel_isEditable		Booléen	<O>
dmodel_created		Date & Heure	
dmodel_modified		Date & Heure	

Figure 3.16 Adaptation de l'entité modèle de décision au processus de soumission et de validation

3.6.5 Relation ternaire pour la gestion des décisions basées sur les connaissances des décisions pour les axiomes 8 et 9.

Les trois entités pour la gestion de la décision sont le modèle de décisions (*dmodels*), les nœuds qui lui sont associés (*nodes*), et les systèmes de décisions (*decisions*).

Les décisions sont le résultat de la combinaison de l'état de sélection d'un ou plusieurs nœud appartenant à un (et uniquement un) modèle de décision, et de l'appartenance de cet état à un système de décision (*decisions*) représentant un processus de décision regroupant n décisions.

- Le système de décision possède au minimum un et au maximum un modèle de décision ;
- un système de décision possède au minimum zéro et au maximum n nœuds à travers une relation de décision d'appartenance (*decisionsNodes*) aussi appelée sélection ;
- un système de décisions (noté *decisions*) possède des nœuds avec un état de sélection.

Une relation ternaire est ainsi obtenue. Le modèle conceptuel de données complet est disponible en annexe XI.

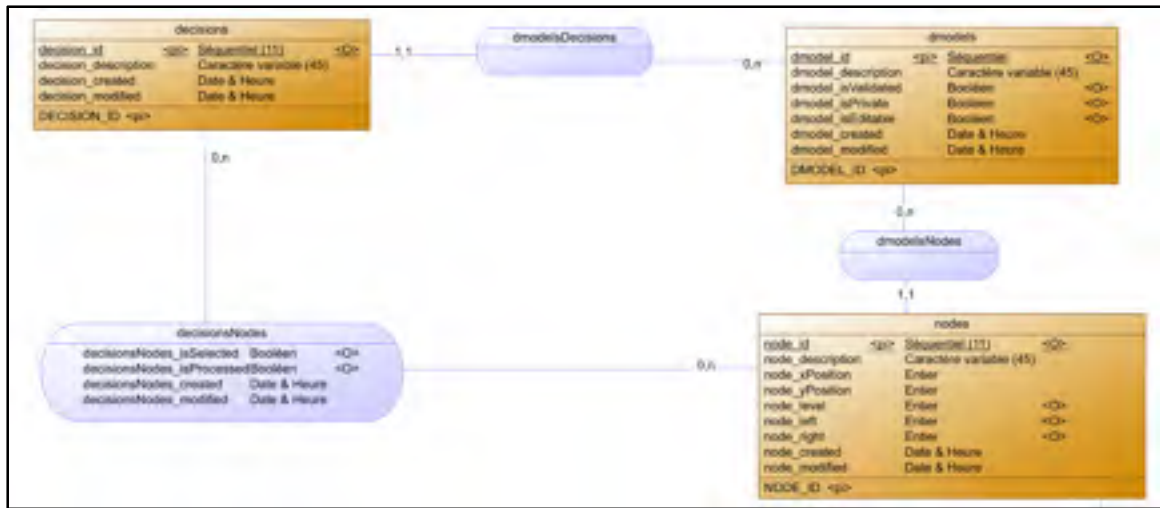


Figure 3.17 Modélisation conceptuelle des données pour le système de gestion des décisions pour l'ordonnement basé les connaissances d'ordonnement

3.6.6 Adaptation de l'entité *Nœud* pour répondre aux exigences du marquage hiérarchique

Nous présentons ci-dessous une organisation des attributs de l'entité Nœud permettant de répondre au marquage hiérarchique présenté dans l'annexe vi. Nous avons donc rajouté trois attributs *node_level* pour représenter le sous-ensemble E' pour l'initialisation ; *node_left* pour le marqueur gauche et *node_right* pour le marqueur gauche. L'objectif du marquage est de fournir un marquage hiérarchique ; en effet le WBS doit résulter d'une requête logique.

nodes		
node_id	Sequentiel (11)	<O>
node_description	Caractère variable (45)	<O>
node_created	Date & Heure	<O>
node_modified	Date & Heure	<O>
node_level	Entier	<O>
node_left	Entier	<O>
node_right	Entier	<O>
node_created	Date & Heure	<O>
node_modified	Date & Heure	<O>
NODE_ID		<pi>

Figure 3.18 Adaptation de l'entité nœud pour le marquage hiérarchique

3.7 Conclusion

Nous avons établis dans un premier temps les besoins du SIAD se basant sur la connaissance. Il a été notamment présenté plus haut les interactions entre les utilisateurs et le système. Par la suite ces analyses ont permis d'établir des axiomes de conception auquel doit se conformer le système pour répondre aux besoins préalablement établis. L'objectif de l'établissement des ces axiomes est d'offrir une vue claire des exigences conceptuelles. Par après nous avons exploité ces éléments en détaillant les processus de création du modèle conceptuel de données ou en proposant des résolutions de ces axiomes par une logique algorithmique.

Ainsi nous nous pu cerner les besoins que nous avons explicités sous une forme claire et concise afin de s'assurer de l'intégrité des données, de la robustesse du modèle et la modularité du système pour la suite. Ceci nous offre les outils nécessaires à la phase de conception présentée ci-après.

CHAPITRE 4

CONCEPTION DU PROTOTYPE WIXPERT

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons convenir d'une architecture pour le système dans une première partie puis nous répondrons aux besoins évoqués précédemment dans une seconde partie.

L'architecture du système sera discutée dans une première partie. Nous établirons la méthode de conception la plus adaptée à notre problème. Dans un second temps, nous présenterons une configuration technique pour l'implémentation du système sur l'internet. Une partie importante du travail d'application physique de la modélisation conceptuelle des données est présentée dans la troisième partie de l'architecture système.

Par la suite, nous présenterons la réponse que nous avons apportée aux besoins exprimés dans le chapitre précédent.

4.2 Architecture du système

4.2.1 Langage Orienté-Objet

Le choix du langage serveur est une étape importante dans le processus de développement car la possibilité de manipulation des concepts d'ordinateur peut changer d'un langage à un autre.

Scott et al. (2008) ont montré que les différences de performances entre les différents langages n'excédaient pas 10%. La familiarité qu'a le développeur avec le langage et la

maniabilité des concepts informatiques seraient des facteurs ayant une influence plus importante dans les performances résultantes (Hui, 2008).

Lors de ce choix, nous devons aussi tenir compte de la facilité de manipulation des données, ce qui nous dirige vers un langage orienté objet. La popularité doit être prise en compte car c'est d'elle que dépendront la facilité de reproduction et l'accessibilité de la recherche.

Ainsi, pour des raisons de facilité d'implantation nous avons choisi de développer le prototype en utilisant l'interpréteur PHP.

4.2.2 Système de gestion de bases de données (SGBD)

Comme précédemment, nous avons cherché un système de gestion de base de données relationnel exploitant les conventions de langage SQL et qui est libre (licence publique générale GNU) afin de rendre notre démarche la plus facilement reproductible possible sans limite financière. De plus nous souhaitons un SGBD populaire dans le monde du Web ayant un fonctionnement multi-utilisateur.

Notre choix s'est donc porté sur MySQL 5.0 (Oracle, 2010) fonctionnant sur la plupart des plateformes.

4.2.3 Configuration serveur retenue

Pour l'implantation du système nous avons choisi une architecture système libre de droit (GNU). Les détails de la configuration retenue sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.1 - Configuration technique du prototype.

Configuration		
Système d'exploitation	Linux CentOS	Release 5.5
Serveur web	Apache	2.2.3
Interpréteur	PHP	5.2.10
Serveur données	MySQL	5.0.77
Système de gestion de bases de données	phpMyAdmin	3.3.8
Serveur courriel	Sendmail	8.116

4.3 Architecture des données

4.3.1 Application de la transformation du modèle conceptuel au modèle physique

Nous avons étudié le modèle conceptuel de données dans le chapitre précédent. Dans cette partie nous allons présenter sa transformation en un modèle physique qui servira pour l'implantation physique de la base MySQL. Dans la section suivante, on notera une relation X:Y ou X représente la cardinalité maximum de l'entité de gauche et Y la cardinalité maximale de l'entité de gauche pour cette relation. Par exemple dans le cas présenté figure 4.1, la relation est dite du type 1 :n.

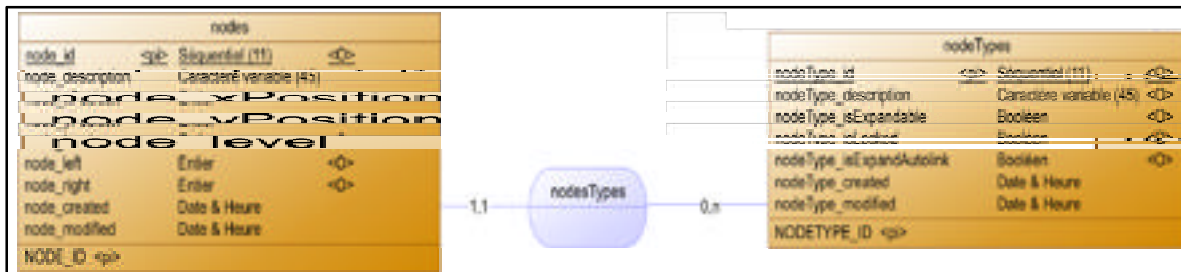


Figure 4.1 Exemple d'une relation entre deux entités sur un modèle conceptuel de données

En suivant les quatre règles de transformation définies par la méthode MERISE (Avison, 1991a) :

1) Transformation d'une entité en table

Une entité dans le modèle conceptuel de données se transforme en table dans le modèle physique de données.

2) Transformation des relations de type 0 : 1 ou 1 : 1 (un à un)

Dans le cas d'une relation du type un à un entre deux entités, les deux tables issues de la règle 1 auront la même clé primaire (PK).

3) Transformation des relations de type 0 : n ou 1 : n (un à plusieurs)

Dans le cas d'une relation du type un à plusieurs entre deux entités, les deux tables issues de la règle 1 auront chacune leur propre clé primaire (PK) mais la table du côté 1 contiendra une clé étrangère (FK) associée à la clé primaire (PK) de la table du côté n.

4) Transformation des n:m (plusieurs à plusieurs)

Dans le cas d'une relation du type plusieurs à plusieurs entre deux entités, une table de jointure est mise en place. La table de jointure contiendra deux clés étrangères (FK) associées chacune à la clé primaire (PK) de chacune des tables issues de la transformation des deux entités en tables depuis la règle 1.

En appliquant les règles de transformations d'un MCD en MPD nous obtenons le modèle physique présenté en annexe xii.

Nous avons utilisé un logiciel de modélisation de données PowerAMC® 15. Ainsi, il a été possible d'appliquer automatiquement les règles de transformation du modèle conçu au chapitre précédent.

PowerAMC® nous a permis de générer un script SQL pour l'implémentation sur le système de gestion de base de données (SGBD) MySQL. Ce fichier est disponible dans l'annexe xiv.

Nous avons vu ici les règles de transformation d'un modèle conceptuel en modèle physique de données définis par la méthode MERISE. Avec l'application de ces règles sur le modèle conceptuel de données défini dans le chapitre précédent en utilisant un logiciel de modélisation, nous avons pu générer un modèle physique de données (MPD) et un fichier de création d'une structure d'une base de données relationnelle standard suivant les procédures standards (SQL).

4.4 Interface avec l'utilisateur

Après avoir défini la configuration de notre système coté serveur, il est nécessaire d'étudier la partie client.

Le client parcourt le Web à travers un fureteur qui envoie une requête au serveur, qui lui-même après exécution d'un script renvoie une page HTML (Hypertext Markup Language) ainsi que d'autres fichiers annexes. Parmi ces derniers, on trouve des fichiers images, des fichiers de mise en forme CSS (Cascading Style Sheet) ainsi que des scripts d'interaction (javascript) entre la page HTML et le navigateur.

C'est l'interprétation de tous ces fichiers que l'on appelle une page Web. Les pages Web interactives reposent principalement sur le moteur d'interaction client. Cette technique est encore jeune et a été conçue à l'origine pour une utilisation occasionnelle mais l'évolution des attentes des utilisateurs rend maintenant son utilisation indispensable. Les limites de cette technique reposent sur un système de navigation dans la page (DOM) qui n'est pas compatible avec tous les moteurs de rendu des navigateurs. De plus, la programmation de cette navigation est très lourde.

Nous avons vu précédemment que les attentes des utilisateurs non respectées représentent la première cause d'échec d'un outil d'aide à la décision. Il est donc important de rendre le

système le plus interactif possible et de fournir une compatibilité et une fiabilité maximale pour l'utilisateur quel que soit son navigateur et son matériel.

La programmation de notre système en répondant à ces contraintes prendrait des années si nous devions programmer tout cet aspect nous-même. Il existe cependant, depuis quelques années, des bibliothèques javascript libres facilitant la clarté de la programmation coté client. La mise en place de certaines fonctionnalités est habituellement fastidieuse et présente des limites de compatibilité avec les différents moteurs de rendu des navigateurs. Les bibliothèques Javascript existantes permettent de résoudre la majorité de ces problèmes.

On distingue principalement trois librairies Javascript : Mootools®, jQuery® et Prototype®. Bien que toutes offrent des fonctionnalités plus ou moins similaires, nous avons choisi jQuery® car c'est actuellement la plus rapide et efficace au point de vue du développement et elle propose un nombre important de compléments. La configuration de l'application côté client est présentée ci-dessous.

Tableau 4.2 Configuration de l'application côté client

Configuration de l'application côté client		
jQuery	1.6.2	Bibliothèque
jQueryUI Plugin	1.8.15	Complément permettant notamment la gestion des glisser déposer
jQuery Form Plugin	2.73	Complément pour faciliter la soumission de formulaire en AJAX
jQuery ContextMenu Plugin	1.1	Complément pour la gestion des menus contextuels

4.4.1 Développement d'une extension jQuery pour la représentation de la préséance dans un navigateur internet.

Bien qu'il existe un certain nombre de compléments de dessin pour la bibliothèque jQuery, nous n'en avons pas trouvé permettant de répondre à nos besoins pour la représentation de l'ordonnancement des activités. La représentation des activités par des nœuds se fait facilement en utilisant les éléments de regroupement HTML *div*. Cependant, la représentation de ligne et de flèches ayant une direction, un module et un sens quelconque dans une page demande une programmation complexe.

Pour cela nous avons exploité les nouvelles fonctionnalités offertes depuis peu avec la récente mise en place de l'HTML5. En particulier l'élément *canvas* spécifique au rendu graphique. Pour dessiner sur un tel élément il faut utiliser une fonction de dessin utilisant des coordonnées en deux dimensions avec des états du type « stylos baissé » « stylo levé ». Ce système convient particulièrement à notre cas d'étude et nous avons développé un complément jQuery adapté à nos besoins en termes de représentation des liens de préséance. Le Principe de la représentation de la relation de préséance pour les activités sur nœud dans un environnement HTML5 est décrit ci-dessous.

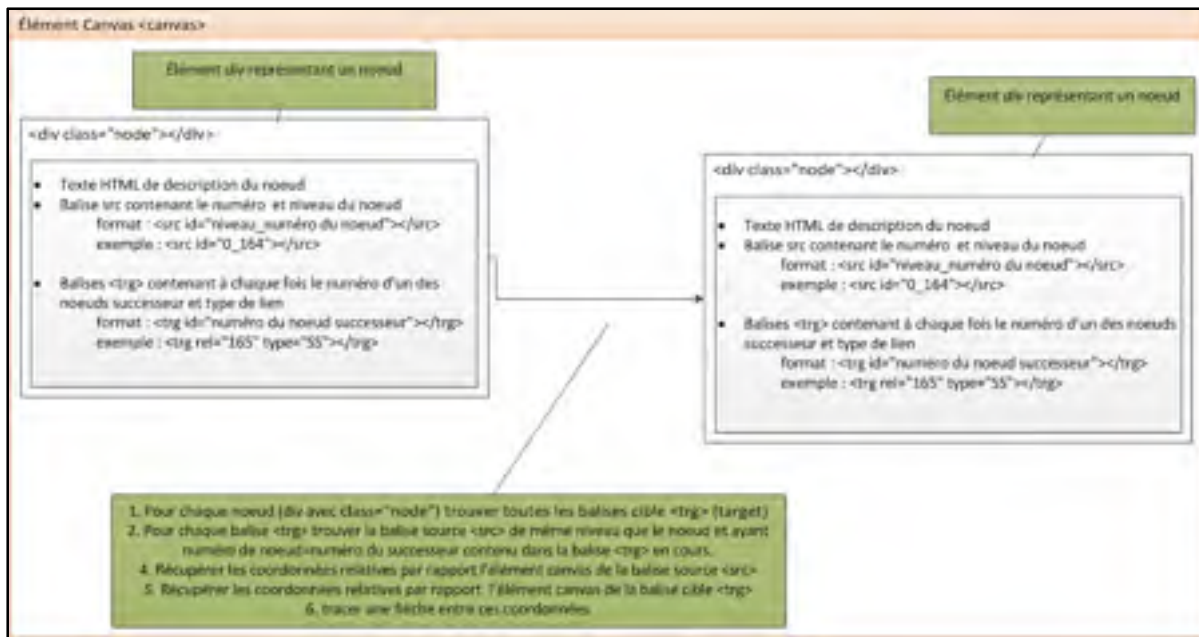


Figure 4.2 Principe de la représentation de la relation de préséance pour les activités sur noeud dans un environnement HTML5

4.4.2 Interactions avec l'utilisateur

a. Enregistrement de la disposition des nœuds d'activités

La disposition des nœuds dans l'espace de travail représente une partie importante de la logique de décision aussi il est nécessaire d'enregistrer cette organisation dans la base de données. Nous avons vu précédemment que chaque nœud possédant un attribut de position verticale (*node_yposition*) et un nœud de position horizontale (*node_xposition*).

L'enregistrement se fait à chaque glisser-déposer grâce à l'envoi de requête AJAX dans le format sérialisé JSON (Crockford, 2006).

b. Gestion de l'action glisser-déposer par les nœuds

Pour gérer l'action de glisser-déposer, nous avons utilisé le complément à jQuery : jQueryUI Plugin.

Nous avons ajouté une classe HTML *node* spécifique pour les nœuds et à travers le complément nous avons défini le comportement glisser-déposer de cette classe.

c. Création de lien de préséance à la volée

Les liens de préséance doivent pouvoir se définir à la volée nous avons donc défini une combinaison de contrôles (*ctrl+clic sur deux éléments de classe node*) qui déclenche l'ouverture d'une fenêtre (AJAX). Cette boîte de dialogue demande le type de lien à créer entre les liens entre les deux nœuds sélectionnés. La réponse est envoyée en AJAX au serveur ce qui permet de conserver la vue en cours. Pour ajouter ce lien sur la vue en cours, nous avons programmé un script qui ajoute une balise cible (*<trg>*) dans le nœud prédécesseur.

d. Suppression de lien à la volée par menu contextuel

De même que précédemment, nous avons défini une combinaison de contrôle (*alt+clic sur deux éléments de classe node*) qui déclenche l'ouverture d'une fenêtre (AJAX) permettant de sélectionner le lien à détruire (car deux nœuds peuvent avoir plusieurs liens). Lors de la

confirmation, la balise cible (*<trg>*) est supprimée du nœud prédécesseur en même temps que l'ordre de suppression est envoyé au serveur en AJAX.

e. Extension d'un nœud ayant un comportement d'inclusion.

Nous avons vu que des nœuds pouvaient présenter un comportement d'inclusion. Nous avons choisi une stratégie pour l'expansion des nœuds par l'ouverture d'une fenêtre à l'intérieur de l'espace de travail en cours. Bien que cette méthode présente certaines limites (l'accumulation de fenêtre ouvertes dans l'espace de travail ralentit considérablement le moteur de rendu), nous avons choisi cette approche car elle permet de conserver la logique d'inclusion dans l'esprit de l'utilisateur.

4.5 Conclusion

Nous avons vu dans cette partie des éléments de réponse aux besoins définis au début de l'étude. Nous avons proposé deux méthodologies de résolution des contraintes imposées par le système ; soit une résolution par l'organisation et la conception des données soit une résolution par la définition d'une logique algorithmique. Par la suite, il a été proposé une approche côté client pour répondre aux contraintes d'interaction et de communication afin d'éviter le rejet du système par l'utilisateur. Il est désormais nécessaire d'appliquer et d'analyser le prototype ainsi obtenu face à des cas d'étude déjà existants.

CHAPITRE 5

APPLICATIONS ET ANALYSES

5.1 Introduction

L'application des modèles précédemment étudiés a permis d'élaborer un prototype que nous présentons dans cette partie. Afin de vérifier et de valider le fonctionnement de l'outil nous avons exploité des connaissances déjà existantes dans le système **X-PERT** ce qui assure une base de connaissances préalablement validée et nécessaire aux tests de fonctionnement.

Dans cette partie nous présentons également les interfaces d'utilisation du système.

5.2 Présentation du cas d'étude

Afin de valider notre système, nous avons appliqué un cas d'étude de planification.

Il s'agit de la base de connaissances de projet de construction de bâtiment qui a servi à valider le prototype **X-PERT** de Miresco (1994).

Nous avons choisi cette base de connaissances car elle a déjà fait l'objet d'une expertise et qu'elle a été développée sous le SIAD **X-PERT**.

5.3 Adaptation des cas d'études à notre système

Nous avons extrait les données de ces deux bases de connaissances en partant de fichiers plats d'échange utilisés dans **X-PERT**.

Il existe deux types de fichiers. Les fichiers .NOD comportent les informations sur les nœuds et les fichiers .PRE sur les relations entre les nœuds (*voir* annexe ix et annexe x).

Nous avons extrait le contenu des différents fichiers à travers un tableau en utilisant un système de macro VB. Nous avons pu ensuite réintégrer les données de la base de connaissances d'ordonnancement des activités de construction de Miresco (1996).

Nous avons testé ensuite cette base de connaissances en effectuant des simulations de décisions. Les résultats ainsi obtenus pour le fichier plat semblent cohérents et facilement exploitables par un traitement de texte ou par un tableur (*voir annexe xiii*).

5.4 Interaction en l'utilisateur et le module de gestion des connaissances

Nous avons décrit précédemment que nos modèles de connaissances doivent être manipulés dans des modules de gestion spécifiques suivant l'action de gestion désirée.

Ces modules sont les suivants :

- le module d'alimentation et de modification des connaissances contenues dans les modèles,
- le module de validation des modèles,
- et le module décisionnel exploitant les connaissances.

Nous avons également présenté au chapitre 1 l'importance de l'interface et de l'interaction entre l'utilisateur et le système. Nous allons donc étudier dans cette partie ces deux paramètres pour chacun des modules cités ci-dessus.

5.4.1 Navigation dans le SIAD

La navigation entre les différents modules du système se fait à travers la barre de navigation supérieure (*voir onglets bleus figure 5.1*) qui permet d'accéder rapidement au tableau de bord du module de gestion des modèles de connaissances (*Models*) et à celui du module décisionnel (*Decisions*).

Les fonctionnalités (en gris figure 5.1) sur les modèles, les nœuds, les types de nœuds ou les types de relations sont également dans ce bandeau et les fonctions spécifiques sont accessibles par menu déroulant.

On peut aussi remarquer que le bandeau de gauche contient les fonctionnalités liées au module de gestion du système en soit. Suivant les droits on peut accéder :

- au système de gestion des membres,
- au système de gestion de base de données,
- au système de gestion des langues,
- au système de gestion des courriels (à venir),
- au système de gestion des statistiques du site,
- à un outil de recherche sur le site,
- à de la documentation.

Enfin, la barre de navigation inférieure permet de personnaliser l’affichage en changeant les couleurs et motifs du fond d’affichage. Elle permet également d’organiser les éléments de la page comme par exemple la barre de navigation gauche afin d’optimiser l’affichage suivant le module dans lequel se trouve l’utilisateur.

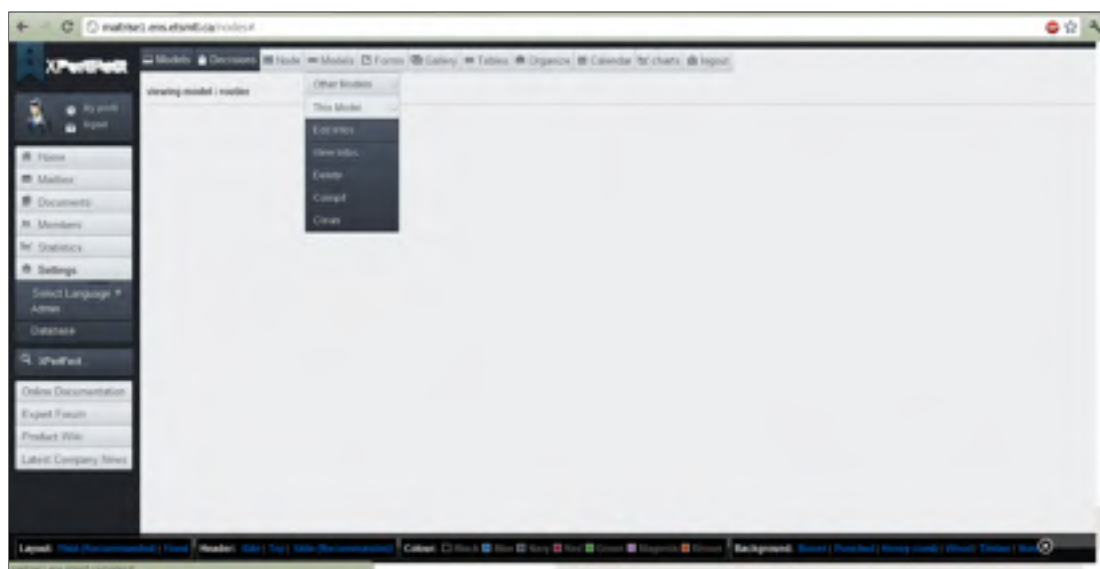


Figure 5.1 Navigation dans le SIAD WIXPERT

5.4.2 Module de gestion des connaissances

5.4.2.1 Tableau de bord de l'utilisateur pour le module de gestion des connaissances

Le tableau de bord pour le module de gestion des connaissances (*voir* figure 5.2) permet à l'utilisateur de visualiser rapidement les informations importantes concernant les modèles auxquels il a accès. Nous pouvons constater que les modèles apparaissent dans trois groupes :

- les modèles publics (visibles de toute la communauté),
- les modèles privés appartenant à l'utilisateur et non visibles de la communauté,
- et les modèles en attente de validation. Cette troisième section n'apparaît que pour les utilisateurs ayant le rôle d'*expert* ou d'*administrateur*.

Chaque modèle de connaissances possède quatre actions accessibles par les boutons à droite. Il est possible de voir et de modifier le modèle (*View*), d'éditer les informations relatives au modèle (*Edit*), de le supprimer (*Delete*), de valider les modifications (*Validate*) suivant les droits et de créer un système de décision basé sur ce modèle de connaissances (*Decision*).

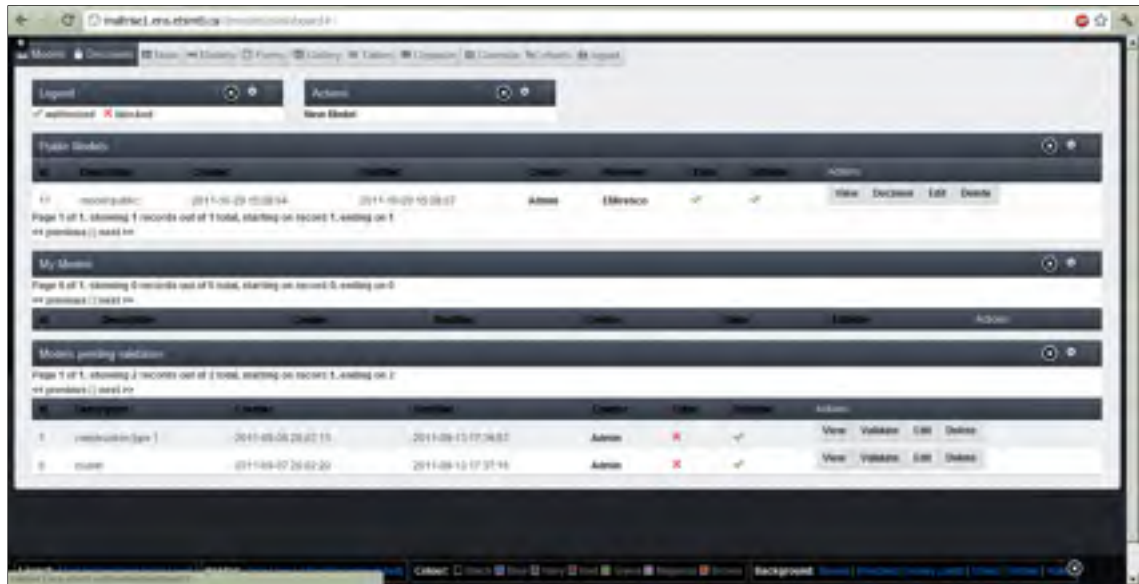


Figure 5.2 Tableau de bord de l'utilisateur pour le module de gestion des modèles de connaissances

5.4.2.2 Action sur le modèle de connaissances

La représentation des connaissances se fait sous la forme présentée au chapitre 2. La figure 5.3 présente le menu contextuel des actions de gestion des connaissances pour un modèle donné. On peut remarquer que les nœuds sont de deux styles différents ; les nœuds grisés représentent les nœuds dont la date de création et de dernière modification est antérieure à la date de revue par un expert désigné du système ; en revanche le style orange indique le nœud a été créé ou modifié à une date antérieure à la dernière revue du ou des experts. Cet élément visuel permet de fournir un indicateur rapide sur la validité des données affichées.

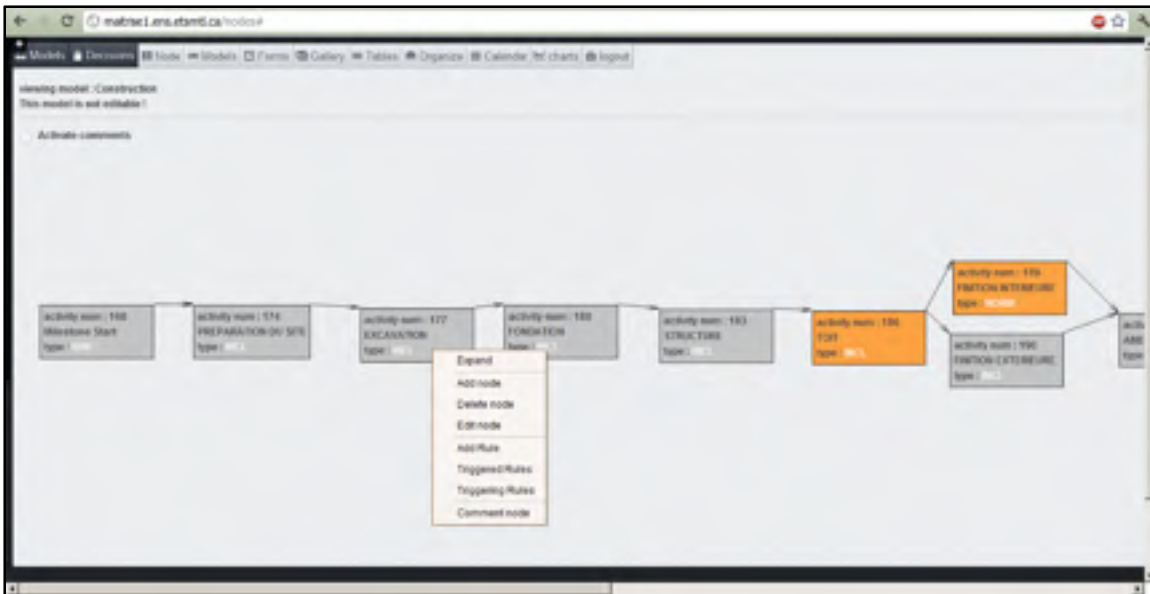


Figure 5.3 Menu contextuel des fonctions de construction des connaissances et représentation des connaissances

5.4.2.3 Création, édition et suppression d'un nœud.

Les figures 6.4 à 6.6 présentent les fonctionnalités du système accessibles depuis le menu contextuel.

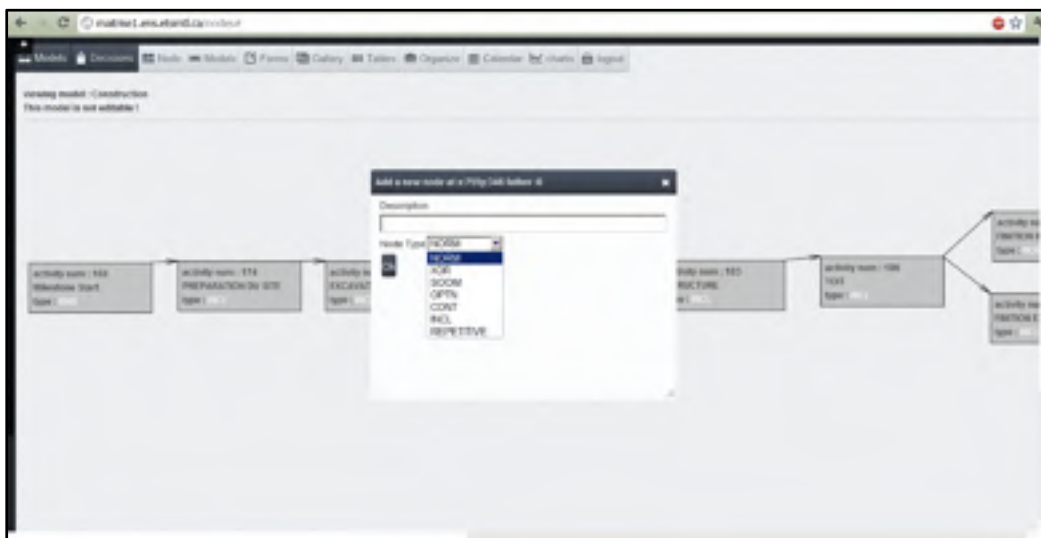


Figure 5.4 Fenêtre de création d'un nœud



Figure 5.5 Fenêtre d'édition d'un nœud



Figure 5.6 Boite de dialogue de confirmation de suppression d'un nœud

5.4.2.4 Expansion d'un nœud SOOM/XOR ou Inclusion

La figure ci-dessous présente l'affichage obtenu dans le cas d'une expansion d'un nœud ayant un comportement d'inclusion.



Figure 5.7 Allure du contenu d'un nœud de type *inclusion*

5.4.2.5 Construction et destruction des liens de précedence

La figure 5.8 montre la fenêtre obtenue pour la création d'un lien logique entre deux activités. On obtient ce menu avec la combinaison *ctrl+clic* sur les deux activités concernées. On peut remarquer que le système propose un lien du type *Internal* qui correspond au lien proportionnel de la théorie de la chronographie de Francis (2006a). Ce type de lien est actuellement converti en lien Début-Début lors de l'export car c'est la fonction qui s'approche de la proportionnalité qu'exprime la relation proportionnelle. La figure 5.9 présente la fenêtre de suppression d'un lien de précedence entre deux activités. Cet affichage est obtenu par la combinaison *alt+clic* sur les deux activités.



Figure 5.8 Construction d'un lien logique entre deux activités



Figure 5.9 Suppression d'une relation entre deux activités

5.4.2.6 Création et gestion de règles de décision transversales

Comme nous l'avons vu précédemment les décisions prises dans une des branches du WBS peut avoir une influence sur d'autres activités au sein du projet quelque soit sa position dans la structure du projet. La figure ci-dessous présente un exemple de création d'une règle transversale où la sélection du nœud 174 (PREPARATION DU SITE) entrainera automatiquement la sélection du nœud 177.1229.1269 (DRAINAGE) qui ne se trouve pas dans la même branche de la structure du projet.

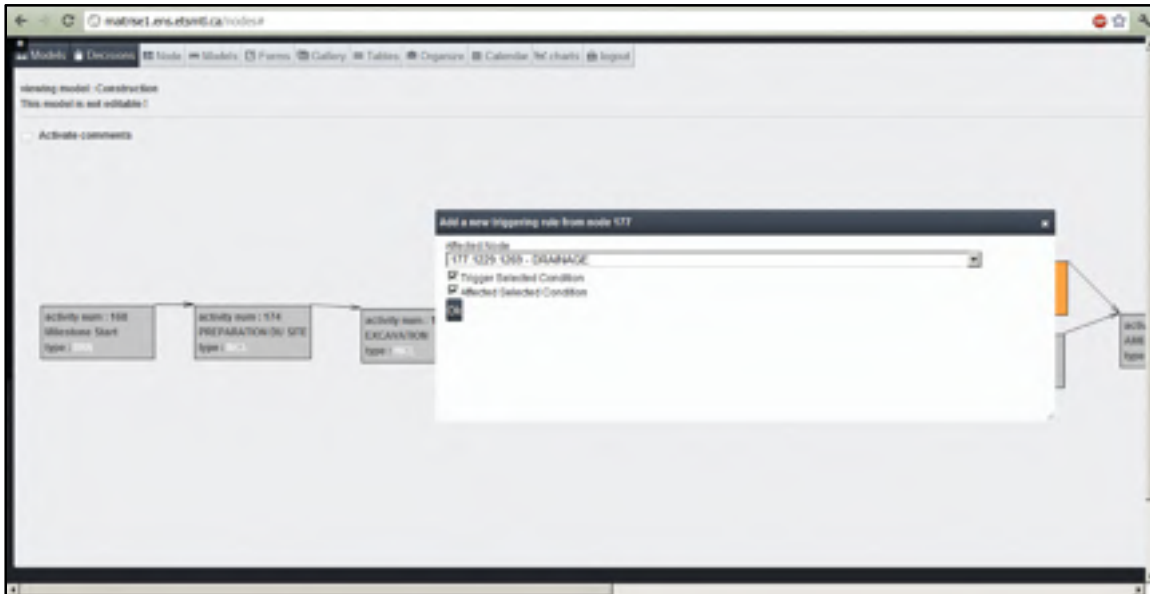


Figure 5.10 Fenêtre d'ajout de règles de décision transversales

Il est à tout moment possible de visualiser les règles de décision liées aux nœuds qui cela soient les règles déclenchantes (*triggering rules*) qui enclenche le processus de selection ou de désélection d'un nœud cible (cf. figure 5.11). Par réciproque, on peut afficher les règles de décision pour lesquelles le nœud est la cible (*triggered rules*) comme sur l'illustre la figure 5.12. Depuis cet affichage il est à tout moment possible de supprimer une règle décisionnel transversale.



Figure 5.11 Visualisation d'une des règles de décision déclenchées par le nœud 174 (PREPARATION DU SITE)



Figure 5.12 Visualisation d'une des règles de décision déclenchées par une décision sur un des nœuds du modèle de décision

5.4.2.7 Création et gestion des commentaires

Nous avons vu précédemment que les commentaires font partie de la base de connaissances. Il est donc possible à tout moment d'ajouter un commentaire sur un nœud grâce au menu contextuel (cf. figure 5.13). L'utilisateur peut aussi choisir d'afficher ou non les commentaires grâce à une boîte à cocher « Activate comments ». Dans le cas où ils sont activés il suffit de rester plus d'une seconde sur le nœud pour que les commentaires s'affichent dans une bulle comme l'illustre la figure 5.14.

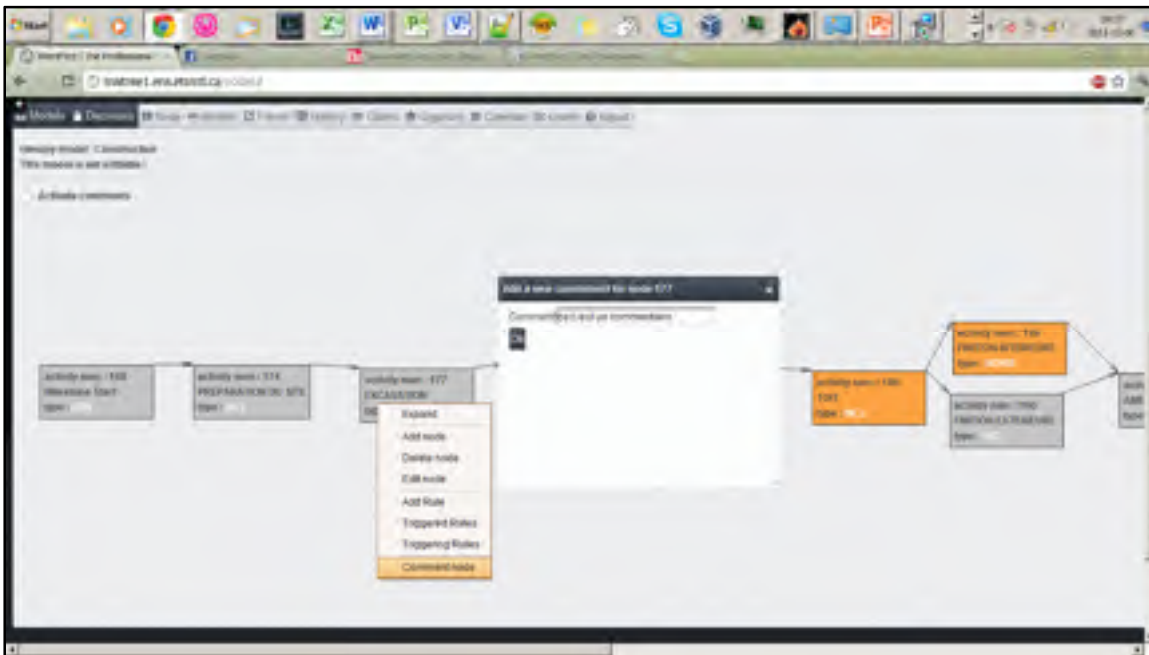


Figure 5.13 Fenêtre d'ajout de commentaires

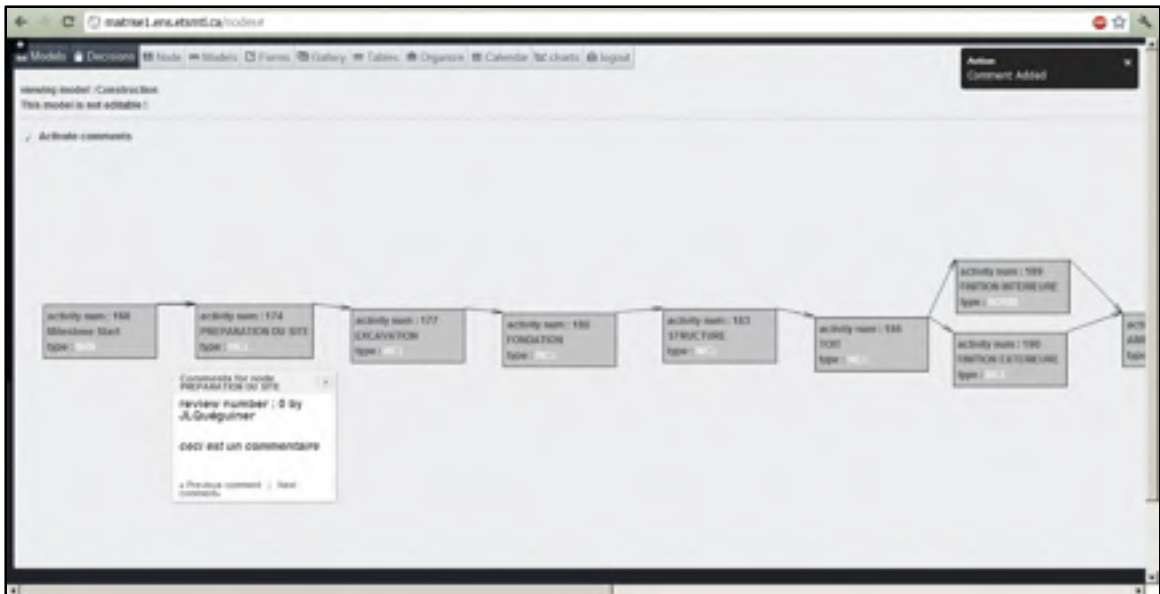


Figure 5.14 Bulle pour les commentaires du nœud PREPARATION DU SITE

5.4.3 Module de gestion décisionnel

5.4.3.1 Tableau de bord de l'utilisateur pour le module de gestion des décisions

Le tableau de bord pour le module de gestion des décisions (voir figure 5.15) permet à l'utilisateur de visualiser rapidement les informations importantes concernant les systèmes décisionnels auxquels il a accès.

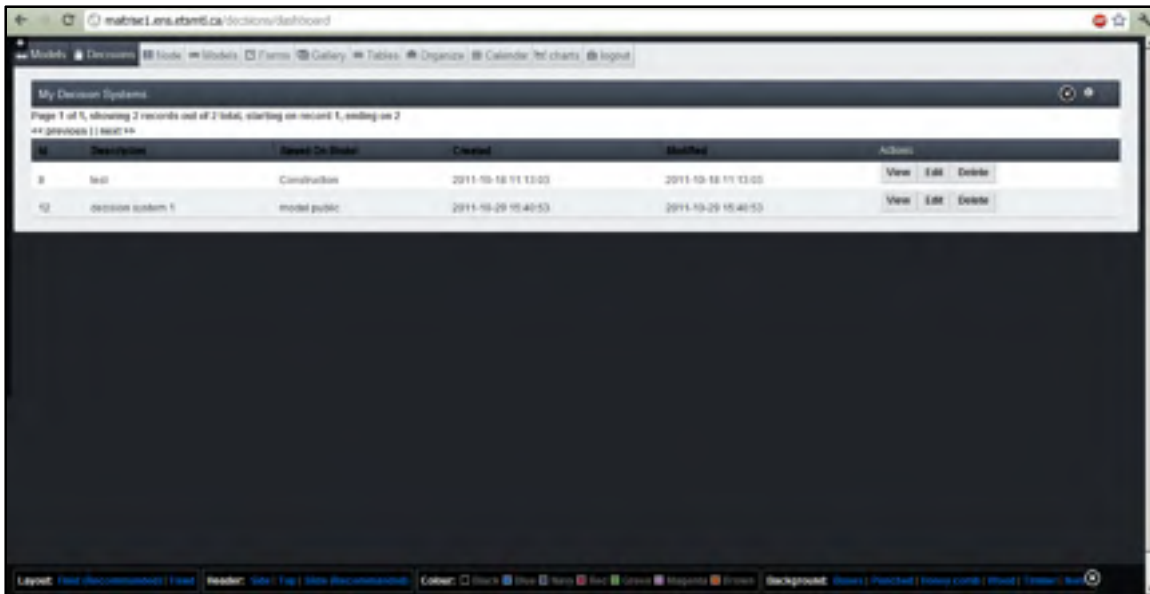


Figure 5.15 Tableau de bord pour le module de gestion décisionnel

La création d'un système décisionnel basé sur un modèle de connaissances se fait grâce au bouton (*Decision*) spécifique à chaque modèle de connaissances. Il est possible de créer autant de systèmes de décision qu'on le souhaite pour chaque modèle.



Figure 5.16 Création d'un système de décision basé sur le modèle publique n°11

Les systèmes décisionnels ainsi obtenus sont dynamiques car ils permettent l'ajout de nœuds et de règles de décisions horizontales au moment des décisions. Ces ajouts alimentent la base de connaissances et sont ensuite disponibles pour le modèle et les tous les systèmes de décision reliés à ce dernier.

5.4.4 Le module de prise de décisions

Après la création du système de décision, on accède au module de prise de décision. Il se compose d'une vue du modèle de connaissances où chaque nœud peut être sélectionné suivant la décision du planificateur. La décision se fait soit par menu contextuel soit par *double clic* sur l'indicateur d'état dans le coin supérieur droit de chaque nœud (*voir* Figure 5.17). Il est également possible de continuer à alimenter la base de connaissances et fournissant des données pendant le processus de décision avec l'ajout de nœuds et de règles de décisions comme le montre la figure 5.18

Sur la figure 5.18 on peut voir la gestion des erreurs de sélection :

- il n'est pas possible d'étendre un nœud s'il n'a pas été sélectionné ;
- si un nœud est de type SOOM, alors il n'est pas possible de sélectionner moins d'un élément fils ;
- enfin dans le cas des nœuds XOR, la sélection d'un nœud fils entraîne automatiquement la désélection des autres nœuds fils ;
- enfin il est à noter que les nœuds jalons (*dummy*) sont automatiquement gérés par le système.

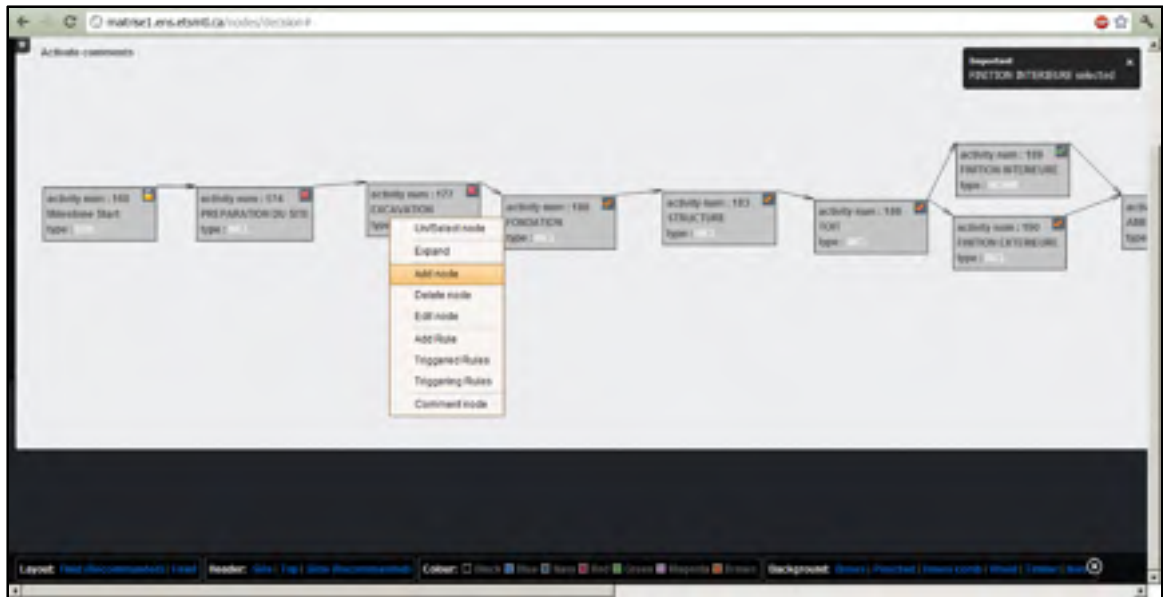


Figure 5.17 Allure du SIAD basé sur un modèle de connaissances pour la construction



Figure 5.18 Gestion des erreurs de sélection des nœuds dans le processus de décision

5.5 Exportation et résultats issus du SIAD

Au cours du processus de décision, il est à tout moment possible d'exporter les décisions déjà effectuées afin d'avoir un aperçu du rendu. Le fichier d'export est un tableau au format standard ouvert CSV (Comma-Separated Values) comme présenté ci-dessous.

La figure 5.20 présente un aperçu du fichier obtenu une fois importé sur un logiciel de planification.

ID unique	Nom de l'activité	Nom	Durée	ID unique d'WBS	Niveau hiérarchique	Échiquier d'État	État
106	Planifié automatiquement	Milestone Start	-	188	1	Non	Du
107	Planifié automatiquement	Milestone End	1	189	1	Non	Du
174	Planifié automatiquement	PRÉPARATION DU SITE	1	174	1	Du	Non
197	Planifié automatiquement	CHOISIR LES OPÉRATIONS	2	174.197	2	Du	Non
205	Planifié automatiquement	CHOISIR L'EMPLACEMENT	1	174.205	2	Du	Non
223	Planifié automatiquement	SITE URBAIN	1	174.205.223	3	Du	Non
223	Planifié automatiquement	Milestone Start	0	174.205.223	3	Non	Du
223	Planifié automatiquement	Milestone End	0	174.205.223	3	Non	Du
227	Planifié automatiquement	ORGANISATION TRAVAIL SITE URBAIN	2	223FD	4	Non	Non
228	Planifié automatiquement	DÉSARMENT DU SITE	1	174.205.223	4	Du	Non
229	Planifié automatiquement	Milestone Start	0	228FD	5	Non	Du
230	Planifié automatiquement	Milestone End	0	174.205.223	5	Non	Du
236	Planifié automatiquement	CHOISIR LES OPÉRATIONS	1	174.205.223	4	Du	Non
1004	Planifié automatiquement	INSTALLER BUREAUX	1	174.205.223	5	Du	Non
1005	Planifié automatiquement	Milestone Start	0	174.205.223	5	Non	Du
1006	Planifié automatiquement	Milestone End	0	1043FD	5	Non	Du
1043	Planifié automatiquement	INSTALLER ROULOTTE	2	1005FD	6	Non	Non
1044	Planifié automatiquement	INSTALLER TRUFFES	1	1043FD	6	Non	Non
1045	Planifié automatiquement	INSTALLER SAU TEMPORAIRE	1	1043FD	6	Non	Non
1046	Planifié automatiquement	VENTILATION DE LA ROULOTTE	2	1044FD;1045	6	Non	Non
1047	Planifié automatiquement	Chauffage/Air Climatise	2	1046FD	6	Non	Non
1008	Planifié automatiquement	ROUTES ACCES	1	174.205.223	5	Du	Non
1009	Planifié automatiquement	Milestone Start	0	174.205.223	5	Non	Du

Figure 5.19 Importation du fichier de décision sur un tableur

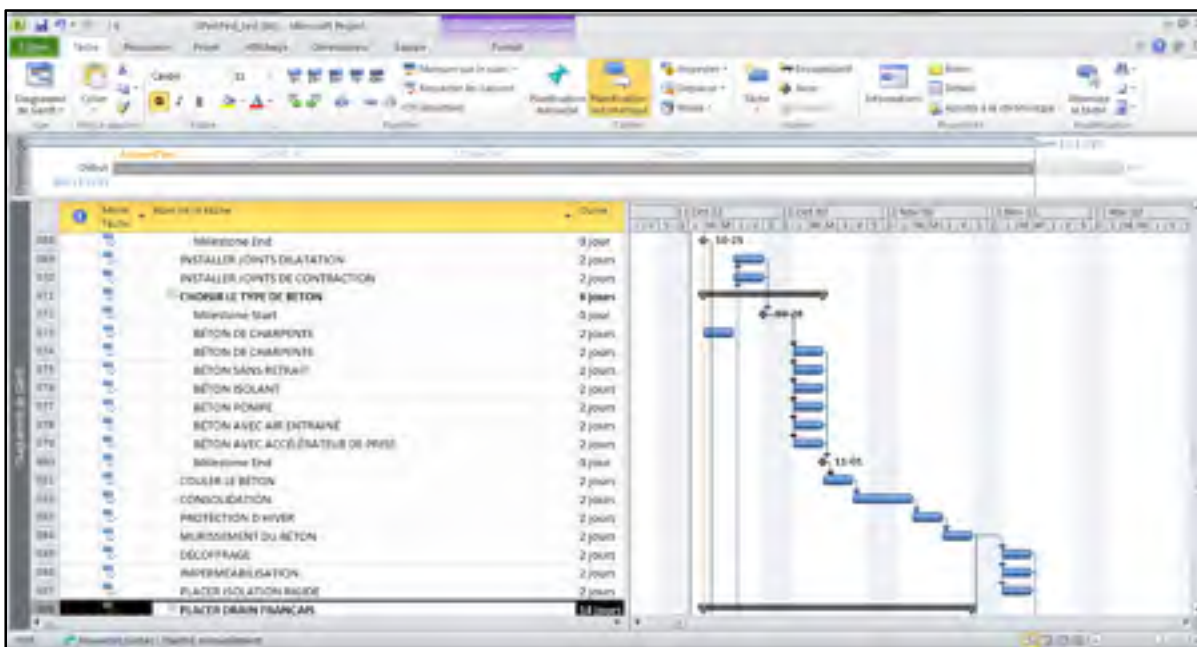


Figure 5.20 Importation du fichier de décision sur le logiciel de planification Ms Project

5.6 Module de gestion du SIAD

5.6.1 Gestion des utilisateurs

Une partie complexe de la mise en place dans un environnement Web d'un système du type Wiki est la gestion des utilisateurs. Les figures 6.16 à 6.18 présentent la gestion des utilisateurs, alors que les figures 6.19 et 6.20 offrent un aperçu des actions permises aux différents rôles (*Administrateur*, *Expert* ou *Membre*) ou à un utilisateur spécifique du système.

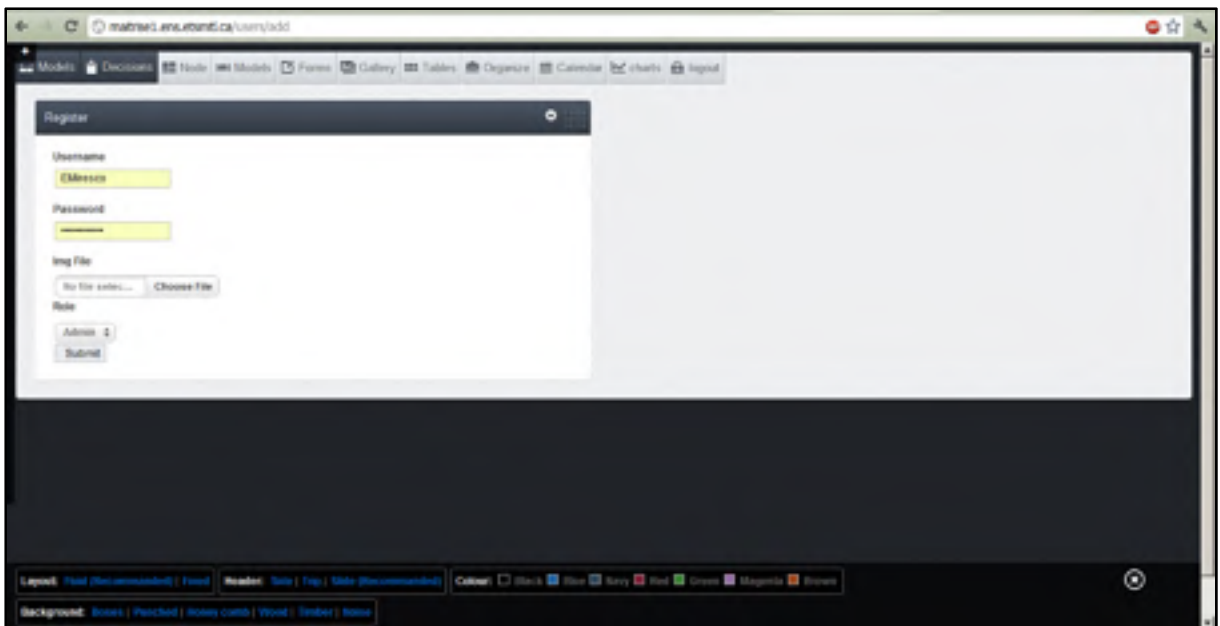


Figure 5.21 Ajout d'utilisateur

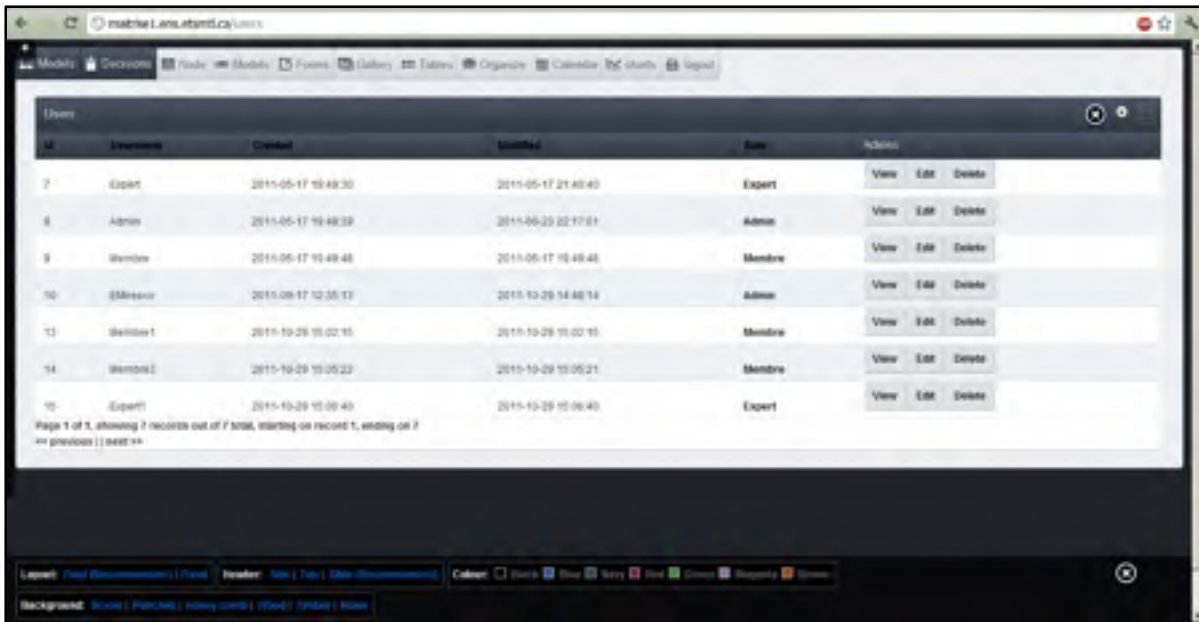


Figure 5.22 Visualisation des utilisateurs



Figure 5.23 Visualisation des droits des utilisateurs

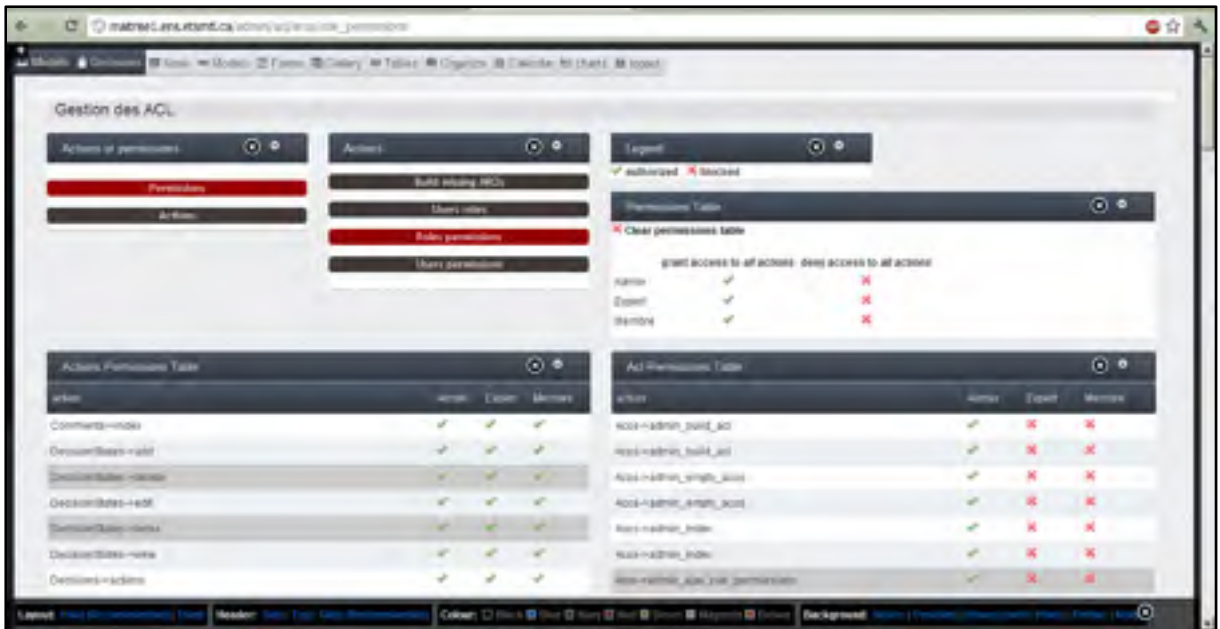


Figure 5.24 Gestion des permissions d'action en fonction des rôles des utilisateurs

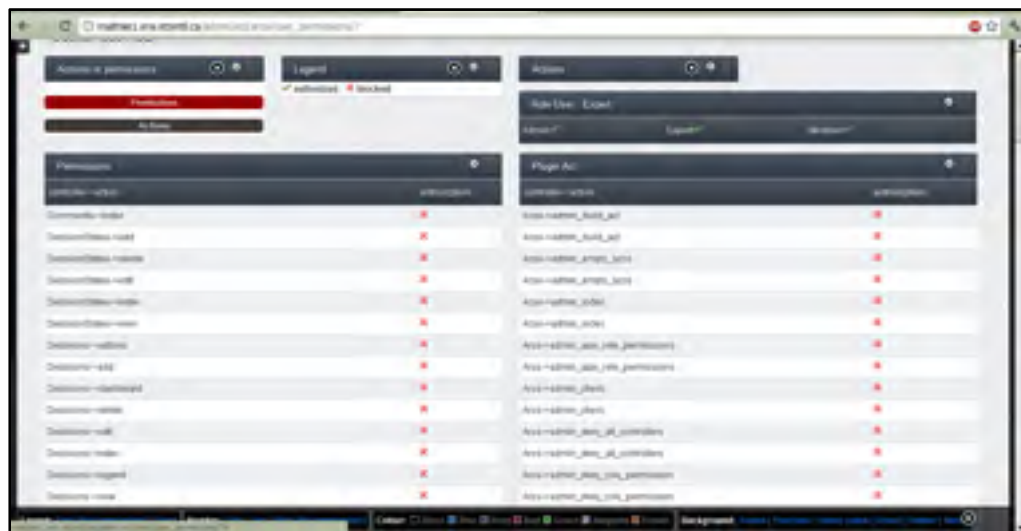


Figure 5.25 Gestion des permissions d'action spécifiques à un utilisateur

5.7 Aspect collaboratif

Pour tester l'aspect collaboratif de notre système, nous avons distribué des accès à plusieurs utilisateurs et nous leur avons demandé de travailler en même temps sur le même modèle de connaissances. Les résultats de ces accès sont présentés ci-dessous.

CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons présenté l'importance de la mise en place d'outils d'aide à la décision dans l'industrie de la construction et en particulier dans le domaine de la planification lors de la gestion de projets. Malgré l'aspect répétitif de la construction d'un ordonnancement logique des activités pour des projets similaires n'étant pas entièrement automatisable de par la nature désordonnée du problème, nous avons montré qu'il était possible de construire un SIAD au sein d'une communauté en favorisant l'échange et la communication afin de limiter les tâches répétitives qu'est la création d'échéancier. Nous avons également proposé un outil contrôlant en partie la validité des données par l'action d'un ou de plusieurs *hommes* ayant une fonction d'expertise au sein du système.

Bien que l'industrie de la construction ne soit pas complètement consciente des avantages que représentent les SIAD, de tels systèmes ont trouvé un public intéressé lorsque les enjeux monétaires étaient chiffrables. Une étude poussée sur l'intégration et la quantification des apports d'outils similaires à **X-PERT** ou **WIXPERT** devrait être menée afin de faciliter leur acceptation auprès des compagnies.

Nous pensons avoir atteint nos objectifs en présentant un prototype fonctionnel basé sur le Web, facilement modulable et évolutif en exploitant des Techniques de l'Information récentes. L'approche graphique de la représentation des connaissances de planification représente un enjeu majeur de communication et d'interaction ainsi nous espérons avoir montré notre volonté d'intégrer encore plus fortement le décideur et l'expert dans la construction des connaissances en les responsabilisant face à leurs choix de conception au sein d'une communauté plus large que ce que ne le permettaient les systèmes existants.

De plus nous avons adapté la modélisation de la représentation de la connaissances en planification de Miresco (1994) dans un environnement de bases de données partagées ce qui

représente un apport important pour de futurs travaux, notamment pour l'intégration de systèmes décisionnels dans les outils de planification existants.

Nous pensons au cours de cet ouvrage avoir également apporté une méthodologie et des modèles de conception de SIAD en ligne exploitables et éventuellement applicables dans d'autres domaines que celui de la planification de la construction. Nous croyons notamment que la présentation des modélisations des bases de connaissances ainsi que des processus de décision et de validation des connaissances dans un environnement de bases de données en ligne représente un apport important dans le champ d'étude des SIAD et plus particulièrement pour le domaine de la construction.

Nous pouvons maintenant, sans apporter de modification de programmation majeure, qualifier notre système comme étant un outil d'aide à la décision de groupe. Car chaque expert dans son domaine (ingénieur électricien, ingénieur structure, ingénieur hydraulique...) peut gérer un sous-graphe de décision qui concerne sa spécialité en même temps que ses collègues. Ceci a pour effet d'optimiser les échéances de rendu de la planification au moment de l'avant-projet et de maximiser l'exactitude de celle-ci.

Bien qu'il s'agisse d'un aspect purement technique ne représentant pas un objectif en soi mais plutôt un moyen d'arriver à nos fins, nous avons développé un module d'affichage interactif pour la logique d'ordonnancement dans un environnement Web ce qui représente un apport pour les outils de planifications en ligne exploitant la technologie Javascript et les normes de l'HTML5.

Par cette étude nous voulons également montré qu'il est possible de transporter les compétences du domaine des TI vers celui de l'industrie de la construction afin de créer des outils efficaces, modernes et productifs.

Enfin, un autre avantage de ce système est la diffusion au plus grand nombre des données de l'expertise de la planification de la construction. Il devient facile pour les étudiants ou les

jeunes ingénieurs de visualiser, de manipuler et de comprendre l'expérience de leurs prédécesseurs, sans se soucier de la validité ou non des connaissances préalablement expertisées.

Nous avons donc présenté ici les intérêts de l'utilisation des SIAD dans l'industrie de la construction de par le gain de temps et la validation établie des données à grande échelle leur exploitation. Nous avons également fourni un prototype fonctionnel exploitant la philosophie Wiki dans le domaine de l'ordonnancement des activités dans l'industrie de la construction. Nous avons aussi proposé un module décisionnel utilisant ces connaissances obtenues à échelle mondiale afin de générer des échéanciers adaptés. La construction et le traitement de tels outils dans un environnement Web HTML5 représente une innovation importante obtenu grâce au transport des compétences du domaine des TI vers celui de la construction.

RECOMMANDATIONS

Nous recommandons à toute personne souhaitant continuer ces travaux de se pencher sur la représentation chronographique ou du moins de chercher à maximiser la compatibilité avec un tel système.

Il serait sûrement intéressant d'étudier la structure du système de données des logiciels de planification déjà existants fonctionnant avec une base de données et non des fichiers.

Il serait alors possible de coupler les deux bases directement en rajoutant en quelque sorte un module décisionnel à des systèmes comme Primavera.

Enfin nous n'avons pas traité les cas de liaisons dynamique entre différents sous-système.

La simulation en temps réel des décisions sur l'échéancier. Il deviendrait alors nécessaire d'avoir une vue dynamique des changements. C'est à ce moment que la représentation chronographique de Francis (2000; 2002c) apporte un complément par rapport au PERT généralisé adapté par Miresco. Il serait alors possible de voir les répercussions en temps réel de chaque choix sur l'ensemble du projet en appliquant à l'ensemble des activités une sorte de filtre basé sur les décisions précédemment prises. Les impacts de coût, d'échéanciers, de ressources, d'équipement et de conception seront alors directement exploitables par le planificateur pour apporter la meilleure décision comme présenté dans l'annexe xv.

ANNEXE I

EXEMPLE DE VUE DU LOGICIEL X-PERT DE MIRESCO (1994)

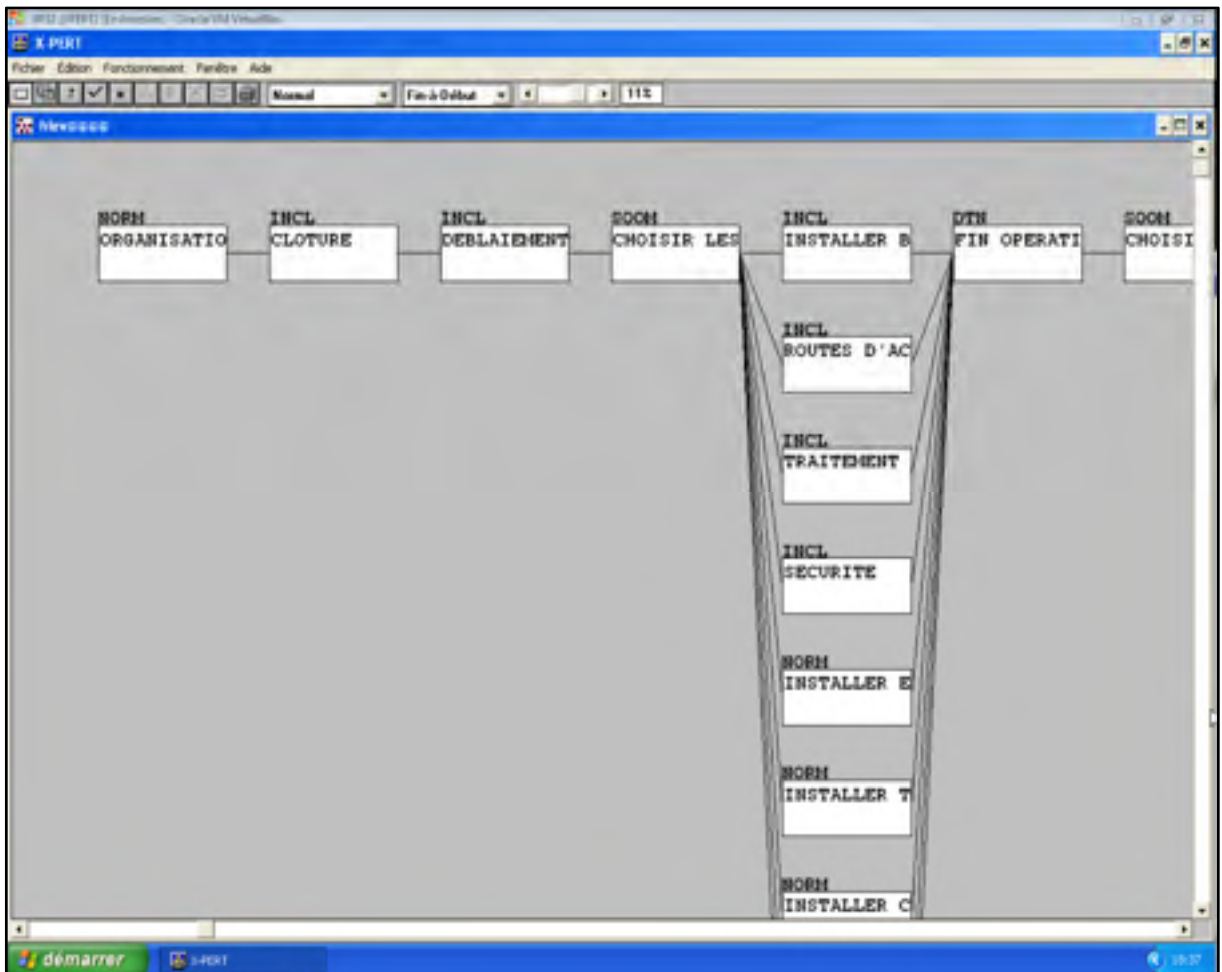


Figure-A I-1 Capture d'écran du logiciel X-PERT de Miresco(1994)

ANNEXE II

CAS D'UTILISATION D'IMPORTANCE LOGIQUE MAJEURE

1 Cas d'utilisation global

1) Descriptions textuelles

Cas d'utilisation : 3 – valider une base de connaissances

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations de validation d'un modèle de décision basé sur les connaissances d'ordonnancement.

Acteurs : les acteurs principaux sont le *Membre* et le membre *Expert*, l'acteur secondaire est le *Système*.

Précondition : le Membre *Expert* est sur la page affichant son tableau de bord.

Le modèle de décision a été soumis par le *Membre* créateur du modèle.

Déclencheur : le Membre *Expert* sélectionne l'opération de « validation » du modèle concerné sur le tableau de bord dans la section « modèle à valider ».

2. Flux d'évènements

Flux normal :

- a. Le renvoi la page de visualisation du modèle à valider.
- b. Le membre *Expert* étudie le modèle.
- c. Le membre *Expert* valide le modèle.
- d. Le *Système* envoie une notification de validation au *membre*.
- e. Le *Système* rend publique le modèle de décision basé sur les connaissances.
- f. Le *Système* redirige l'*Expert* sur son tableau de bord.

Flux alternatif :

- c. Le membre *Expert* refuse le modèle.

- d. Le membre *Expert* suggère des améliorations.
- e. Le *Système* envoie une notification de refus avec les suggestions.
- f. Le *Système* redirige l'*Expert* sur son tableau de bord

2) Description visuelle

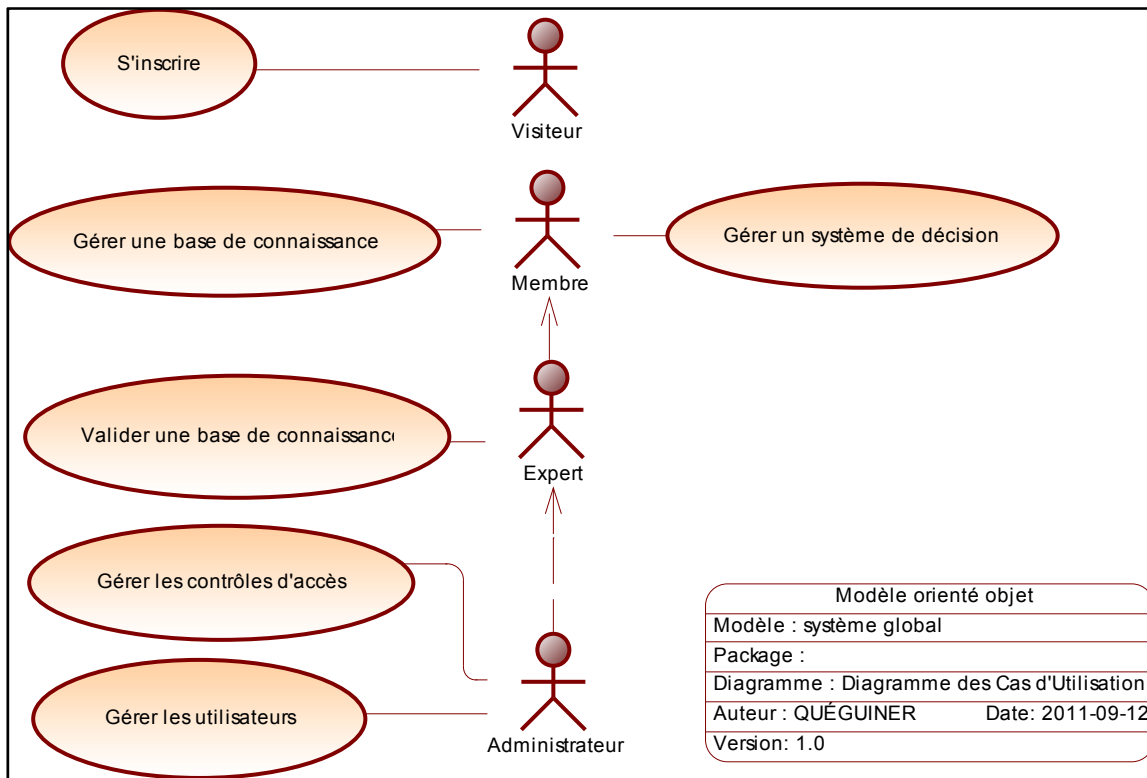


Figure-A II-1 Description visuel du cas d'utilisation général du système **WIXPERT**

ANNEXE III

SOUS-CAS D'UTILISATION D'IMPORTANCE LOGIQUE MAJEURE

1 Sous-système 3 : gérer un modèle de décision basé sur les connaissances

1) Descriptions textuelles

Cas d'utilisation : 3.1 – supprimer un modèle de décision basé sur les connaissances

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit la suppression d'un modèle de décision basé sur les connaissances.

Acteurs : l'acteur principal est le *Membre* et l'acteur secondaire est le *Système*.

Déclencheur : le *Membre* sélectionne « suppression » pour le modèle désiré sur le tableau de bord dans la section « modèles ».

2. Flux d'évènements

Flux normal :

- a. Le *système* demande une confirmation.
- b. Le *Membre* valide la suppression.
- c. Le *système* modifie l'attribut « *IsDeleted* » du modèle à « VRAI »

Flux alternatif 1 :

- a. Le *Membre* annule la suppression du modèle.

Notes : Il est possible que des systèmes de décision aient déjà été construits à partir du modèle de décision à supprimer. Aussi le modèle ne peut être complètement supprimé mais il n'est plus visible ni sur l'espace publique ni sur l'espace privé.

Cas d'utilisation : 3.2 – créer un modèle de décision basé sur les connaissances

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations de création d'un modèle de décision basé sur les connaissances.

Acteurs : l'acteur principal est le *Membre* et l'acteur secondaire est le *Système*.

Déclencheur : le *Membre* sélectionne « nouveau modèle » sur le tableau de bord.

2. Flux d'évènements

Flux normal :

- a. Le *Système* renvoi un formulaire de création de modèle.
- b. Le *Membre* remplit le formulaire.
- c. Le *Membre* définit le modèle comme collaboratif (*dmodel_IsPrivate*=Vrai).
- d. Le *Système* enregistre les données.
- e. Le *Système* renvoi le *Membre* au tableau de bord.
- f. Le Modèle apparaît sur le tableau de bord dans les sections « modèles Privés » et « modèles Collaboratifs ».

Flux alternatif :

- e. Le *Membre* définit le modèle comme privé (*dmodel_IsPrivate* =Vrai).
- f. Le *Système* enregistre les données.
- g. Le *Système* renvoi le *Membre* au tableau de bord.
- h. Le Modèle apparaît sur le tableau de bord dans les sections « modèles Privés » uniquement.

Cas d'utilisation : 3.3 – consulter un modèle de décision basé sur les connaissances

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations d'édition d'un modèle de décision basé sur les connaissances.

Acteurs : l'acteur principal est le *Membre* et l'acteur secondaire est le *Système*.

Déclencheur : le *Membre* sélectionne « voir » pour le modèle désiré sur le tableau de bord dans la section « modèles ».

2. Flux d'évènements

Flux normal :

- a. Le *Système* renvoie la page d'affichage du modèle de décision sélectionné avec les nœuds et les relations entre les nœuds de premier niveau (*node_level=0*).
- b. Le *Membre* navigue dans les nœuds.

Flux alternatif :

- b.1. Le *Membre* modifie le modèle de décision. Les détails de ce cas sont décrits dans les *sous-systèmes 3.3.1 et 3.3.2*

Cas d'utilisation : 3.3.1 – ajouter un nœud dans modèle de décision basé sur les connaissances

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations d'édition d'un modèle de décision basé sur les connaissances.

Acteurs : l'acteur principal est le *Membre* et l'acteur secondaire est le *Système*.

Déclencheur : le *Membre* effectue un clic droit sur dans la fenêtre (de niveau n) et choisit « ajouter un nœud ».

2. Flux d'évènements

Flux normal :

- a. Le *Système* renvoie un formulaire.
- b. Le *Membre* renseigne la description du nœud.
- c. Le *Membre* choisit le type du nœud : « NORM » et valide.
- d. Le *Système* enregistre le nœud dans le modèle avec un niveau égal au niveau de la fenêtre où le clic droit s'est produit (*node_level=n*).
- e. Le *Système* ajoute le nouveau nœud « NORM » dans la fenêtre.

Flux alternatif 1 :

- c.1.1. Le *Membre* choisit le type du nœud : « XOR » et valide.

- c.1.2. Le *Système* enregistre le nœud dans le modèle avec un niveau égal au niveau de la fenêtre où le clic droit s'est produit ($node_level=n$).
- c.1.3. Le *Système* enregistre un nœud supplémentaire de type « BOCN » (Begging One Choice Node) représentant le jalon de début de l'inclusion de sélection unique – le niveau de ce nœud est de niveau $n+1$
- c.1.4. Le *Système* enregistre un nœud supplémentaire de type « TOCN » (Terminal One Choice Node) représentant le jalon de fin de l'inclusion de sélection unique – le niveau de ce nœud est de niveau $n+1$
- c.1.5. Le *Système* ajoute le nouveau nœud « XOR » dans la fenêtre.

Flux alternatif 2 :

- c.2.1. Le *Membre* choisit le type du nœud : « SOOM » et valide.
- c.2.2. Le *Système* enregistre le nœud dans le modèle avec un niveau égal au niveau de la fenêtre où le clic droit s'est produit ($node_level=n$).
- c.2.3. Le *Système* enregistre un nœud supplémentaire de type « BMCN » (Begging Multiple Choice Node) représentant le jalon de début de l'inclusion de sélection multiple – le niveau de ce nœud est de niveau $n+1$
- c.2.4. Le *Système* enregistre un nœud supplémentaire de type « TOCN » (Terminal Multiple Choice Node) représentant le jalon de fin de l'inclusion de sélection multiple – le niveau de ce nœud est de niveau $n+1$
- c.2.5. Le *Système* ajoute le nouveau nœud « SOOM » dans la fenêtre.

Flux alternatif 3 :

- c.3.1. Le *Membre* choisit le type du nœud : « INCL » et valide.
- c.3.2. Le *Système* enregistre le nœud dans le modèle avec un niveau égale au niveau de la fenêtre où le clic droit s'est produit ($node_level=n$).
- c.3.3. Le *Système* enregistre un nœud supplémentaire de type « DHN » (Dummy Head Node) représentant le jalon de début de l'inclusion – le niveau de ce nœud est de niveau $n+1$.

c.3.4. Le *Système* enregistre un nœud supplémentaire de type « DTN » (Dummy Terminal Node) représentant le jalon de fin de l'inclusion – le niveau de ce nœud est de niveau n+1.

c.3.5. Le *Système* ajoute le nouveau nœud « INCL » dans la fenêtre.

Note : On appelle niveau de fenêtre le niveau de profondeur de la représentation

Par exemple si l'on est sur la fenêtre de vue du modèle le niveau est 0.

Si on étend un des nœuds, le niveau s'incrémente ($n=n+1$). Dans notre cas, la fenêtre qui vient de s'étendre est de niveau 1.

Si dans cette fenêtre de niveau on étend un nœud, alors le niveau de la nouvelle fenêtre est 2 et ainsi de suite.

Cas d'utilisation : 3.3.2 – supprimer un nœud d'un modèle de décision basé sur les connaissances

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations suppression d'un nœud dans un modèle basé sur les connaissances.

Acteurs : l'acteur principal est le *Membre* et l'acteur secondaire est le *Système*.

Déclencheur : le *Membre* effectue un clic droit sur un nœud choisit « supprimer le nœud » et confirme.

2. Flux d'évènements

Flux normal :

- a. Le *Système* supprime récursivement le nœud ainsi que toute sa généalogie descendante.
- b. Le *Système* met à jour l'affichage.

Cas d'utilisation : 3.4 – soumettre un modèle de décision basé sur les connaissances

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations de soumission de modèle de décision basé sur les connaissances.

Acteurs : l'acteur principal est le *Membre* et l'acteur secondaire est le *Système*.

Déclencheur : le *Membre* sélectionne « soumettre mon modèle » et confirme.

2. Flux d'évènements

Flux normal :

Le *Système* met le modèle en état d'attente de validation.

Le modèle apparait sur le tableau de bord des *Experts* pour étude et validation.

1) Description visuelle

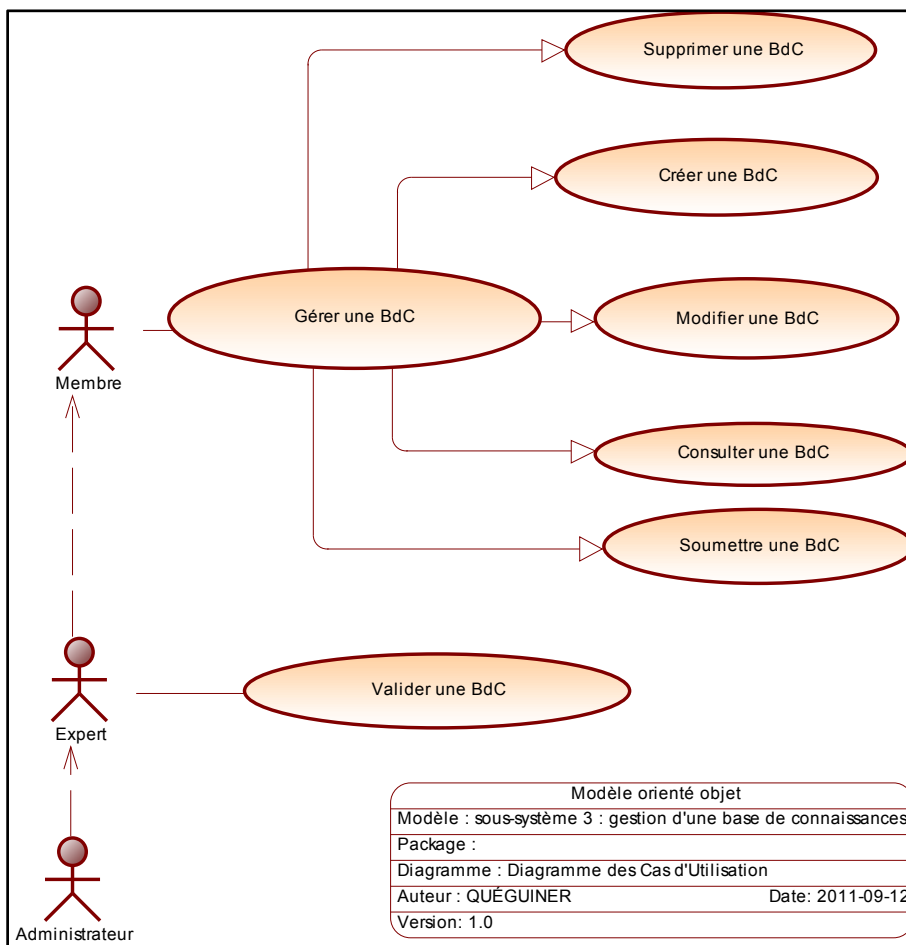


Figure-A III-1 Description visuel du cas d'utilisation de la gestion d'une base de connaissances

2 Sous-système 4 : gestion d'un système de décisions

1) Descriptions textuelles

Cas d'utilisation : 4.2.1 – Élaborer des décisions dans un système de décision basé sur un modèle de décision issu des connaissances

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations de prise de décision pour système de décision basé sur les connaissances.

Acteurs : l'acteur principal est le *Membre* et l'acteur secondaire est le *Système*.

Déclencheur : le *Membre* choisit de sélectionner un nœud.

2. Flux d'évènements

Flux normal :

- a. Le nœud n'est pas sélectionné alors le système le sélectionne.
- b. Le *Système* met à jour l'affichage.

Flux alternatif 1:

- a.1. Le nœud est déjà sélectionné alors le système le désélectionne ainsi que toute sa généalogie descendante.

Note : Bien qu'un nœud ayant un comportement d'inclusion soit sélectionné il n'apparaîtra sélectionné que lorsque tous ses fils auront été traités.

Cette subtilité est obligatoire pour s'assurer du traitement de tous les cas de décision possible dans un système hiérarchique. Les marquages par les paramètres *IsSelected* qui signifie que le nœud a été sélectionné et *IsProcess* qui signifie que tous les fils du nœud ont eux-mêmes été sélectionnés et traité permettent d'éviter les oublis ou les erreurs dans le processus de décision.

Ainsi un nœud de niveau 0 ayant un comportement d'inclusion ne peut être étiqueté comme traité que si tous ses nœuds fils sont sélectionnés et traités.

Notation arithmétique :

soit Nd l'ensemble des noeuds du modèle de décision

soit Nd l'ensemble des noeuds du modèle de décision avec

Axiome 3 :

soit Nd l'ensemble des noeuds du modèle de décision

$\forall i \in Nd$

$IsSelected_i = Faux \Rightarrow IsProcessed_i = Vrai$

Axiome 2 :

soit Nd l'ensemble des noeuds du modèle de décision avec Père_j = i

$\forall i \in Nd, \forall j \in Nd'$

$(IsSelected_i = Vrai) \cap (IsProcessed_j = Vrai) \Rightarrow IsProcessed_i = Vrai$

2) Description visuelle

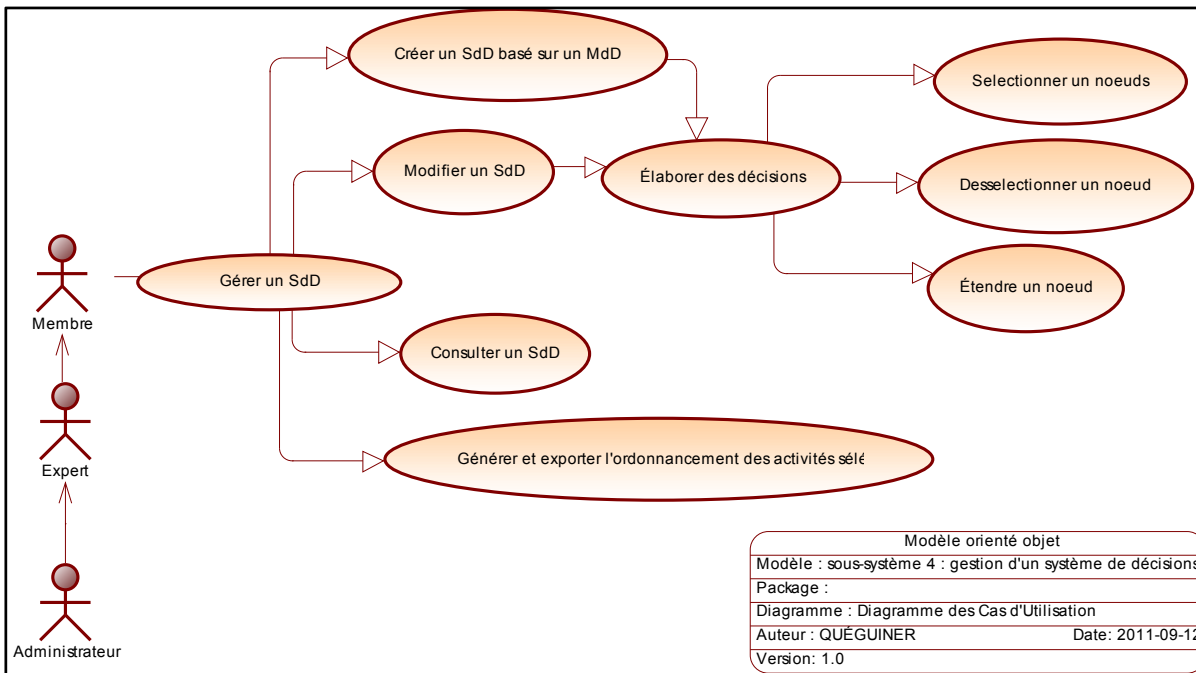


Figure-A III-2 Description visuelle des sous-cas d'utilisation de la gestion d'une base de connaissances

ANNEXE IV

CAS D'UTILISATION D'IMPORTANCE LOGIQUE MINEURE

1) Descriptions textuelles

Normes de présentation visuelle

Cas d'utilisation : 1 – gérer une base de connaissance

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations de création, d'édition et de soumission d'une base de connaissance d'ordonnement.

Acteurs :

L'acteur principal est le *Membre*.

L'acteur secondaire est le *système*.

Précondition : le *Membre* est la page affichant son tableau de bord.

Déclencheur : le *Membre* sélectionne l'opération désirée sur le tableau de bord dans la section « modèle ».

Cas d'utilisation : 2 – gérer un système de décision

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations de création, de consultation, d'édition et d'exportation d'un système de décision basé sur des bases de connaissances d'ordonnement organisé sous forme de modèles de décision..

Acteurs :

L'acteur principal est le *Membre*.

L'acteur secondaire est le *Système*.

Précondition : le *Membre* est la page affichant son tableau de bord.

Déclencheur : le *Membre* sélectionne l'opération désirée sur le tableau de bord dans la section « décision » pour la consultation, l'édition et l'exportation et dans la section « modèle » pour la création.

Cas d'utilisation : 4 – s'inscrire**1. Informations caractéristiques :**

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations nécessaires à l'inscription dans le système.

Les détails de ce cas d'utilisation ne sont pas exposés car ils se trouvent dans à l'extérieur du cadre de notre étude portant sur l'outil de décision basé sur les connaissances partagées.

Acteurs : l'acteur principal est le *Visiteur* ne possédant pas de compte, l'acteur secondaire est le *système* (non détaillé dans cette étude).

Déclencheur : le *Visiteur* sélectionne l'opération « s'inscrire » sur la page d'accueil.

2. Flux d'évènements**Flux normal :**

- a. Le *système* renvoi la page d'inscription.
- b. Le *visiteur* remplit le formulaire.
- c. Le *visiteur* valide le formulaire.
- d. Le *système* envoie un courriel de validation.
- e. Le *visiteur* valide son inscription.
- f. Le *système* active le compte.
- g. Le *système* redirige le *visiteur* sur son tableau de bord.

Cas d'utilisation : 5 – gérer les utilisateurs**1. Informations caractéristiques :**

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations de gestion (création, édition, suppression, blocage) des utilisateurs dans le système. Les détails de ce cas d'utilisation sont exposés dans les sous-cas d'utilisation d'importance logique mineure.

Acteurs : l'acteur principal est l'*Administrateur*, l'acteur secondaire est le *système* (non détaillé dans cette étude).

Déclencheur : l'*Administrateur* sélectionne l'opération souhaitée dans la section de « membre » de l'outil.

Cas d'utilisation : 6 – contrôler les accès en fonction des rôles

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations de gestion des droits d'accès en fonction des acteurs (rôles) dans le système. Les détails de ce cas d'utilisation sont exposés dans les sous-cas d'utilisation d'importance logique mineure.

Acteurs : l'acteur principal est l'*Administrateur*

L'acteur secondaire est le *Système* (non détaillé dans cette étude).

Déclencheur : l'*Administrateur* sélectionne l'opération souhaitée dans la section de « membre » de l'outil.

3) Descriptions visuelles

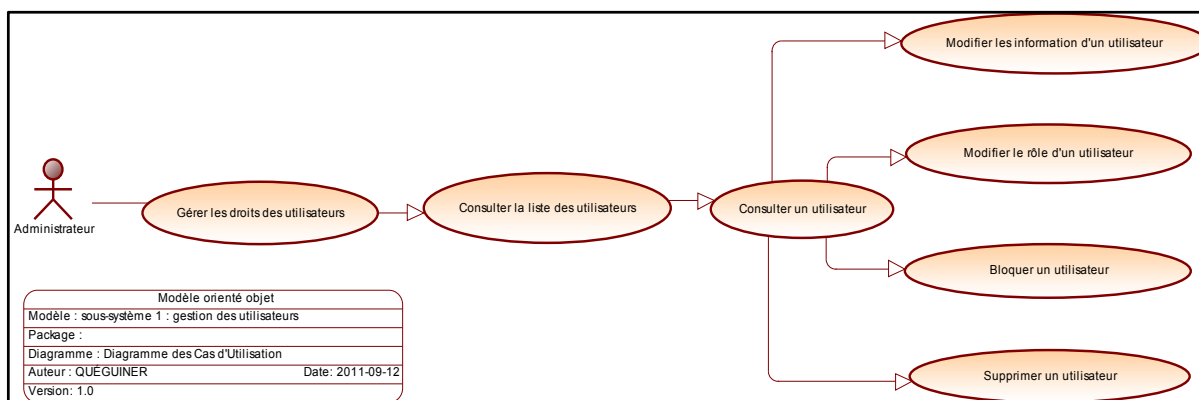


Figure-A IV-1 Sous-cas d'utilisation de la gestion des droits d'utilisateurs dans **WIXPERT**

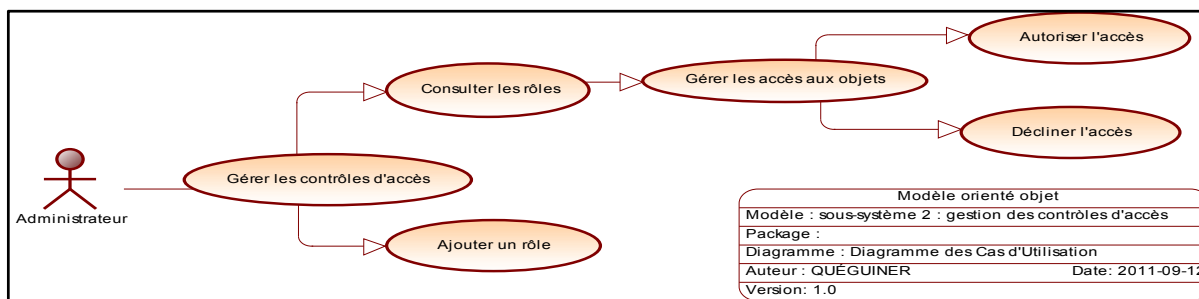


Figure-A IV-2 Sous-cas d'utilisation pour la gestion des contrôles d'accès dans **WIXPERT**

ANNEXE V

SOUS-CAS D'UTILISATION D'IMPORTANCE LOGIQUE MINEURE

Cas d'utilisation : 1.1– s'inscrire

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations nécessaires à l'inscription dans le système.

Les détails de ce cas d'utilisation ne sont pas exposés car ils se trouvent à l'extérieur du cadre de notre étude portant sur l'outil de décision basé sur les connaissances partagées.

Acteurs : l'acteur principal est le *Visiteur* ne possédant pas de compte, l'acteur secondaire est le *système* (non détaillé dans cette étude).

Déclencheur : le *Visiteur* sélectionne l'opération « s'inscrire » sur la page d'accueil.

2. Flux d'évènements

Flux normal :

- a. Le *système* renvoi la page d'inscription.
- b. Le *visiteur* remplit le formulaire.
- c. Le *visiteur* valide le formulaire.
- d. Le *système* envoie un courriel de validation.
- e. Le *visiteur* valide son inscription.
- f. Le *système* active le compte.
- g. Le *système* redirige le *visiteur* sur son tableau de bord.

Cas d'utilisation : 4.1 – créer un système de décision basé sur un modèle de décision basé sur les connaissances

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations de création d'un système de décision basé sur les connaissances.

Acteurs : l'acteur principal est le *Membre* et l'acteur secondaire est le *Système*.

Déclencheur : le *Membre* choisit « créer un système de décision basé sur ce modèle » et confirme.

2. Flux d'évènements

Flux normal :

- a. Le *Système* renvoie un formulaire.
- b. Le *Membre* renseigne la description du système de décision.
- c. Le *Système* renvoie l'utilisateur au module de décision pour le modèle choisit.

Note : cette opération ne peut se faire que sur les modèles de décisions visibles par le *Membre* c'est-à-dire les modèles privés ou les modèles publics.

Cas d'utilisation : 4.3 – Générer et exporter les décisions

1. Informations caractéristiques :

Description : ce cas d'utilisation décrit les opérations d'exportation des décisions.

Acteurs : l'acteur principal est le *Membre* et l'acteur secondaire est le *Système*.

Déclencheur : le *Membre* a choisi l'action « exporter » dans le module de décision.

2. Flux d'évènements

Flux normal :

- a. Le *Système* prend tous les nœuds sélectionnés et les met en format universel.

Le *Système* envoie le fichier plat au *Membre*.

ANNEXE VI

PRINCIPE DU MARQUAGE, DE LA DESELECTION ET DE LA SUPPRESSION HIERARCHIQUE

1. Objectifs

L'objectif est de présenter ici l'application d'une méthode de stockage hiérarchique dans le cas de notre système dans le processus de sélection et de suppression des nœuds ayant un comportement d'inclusion en suivant le processus indiqué par Chandler (2002).

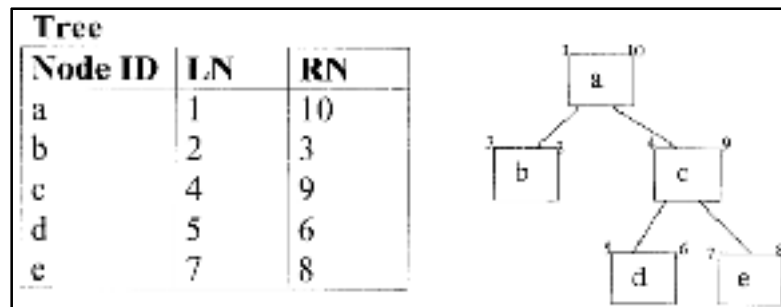


Figure-A VI-1 Principe de marquage hiérarchique dans un système relationnel (Chandler, 2002)

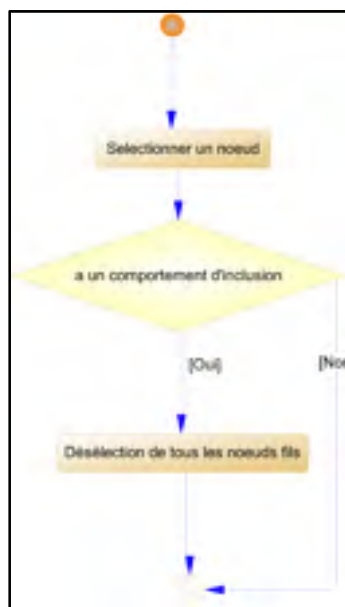


Figure-A VI-2 Principe de sélection hiérarchique

2 Principe de l'application :

Compilation du modèle

La compilation du modèle est nécessaire afin de parcourir récursivement les nœuds et de simuler une structure hiérarchique nécessaire pour les processus de désélection et de suppression des nœuds ayant un comportement d'inclusion.

De plus la compilation a aussi pour but d'analyser les erreurs du modèle notamment les nœuds isolé ne respectant pas les axiomes 1 et 2 présentés précédemment.

Le processus de compilation débouche par la suite sur des suggestions d'amélioration du modèle.

Algorithme de marquage hiérarchique

Pour le marquage hiérarchique, on utilise un algorithme récursif c'est à dire un algorithme s'appelant lui-même. Chaque nœud a deux attributs droite et gauche. Cette séquence de marquage est présenté ci-dessous (*voir* algorithme VI-1).

- **Initialisation :**

Var global Compteur

Compteur = 1

Soit E' le sous-ensemble de E ayant un niveau de nœud 0.

TraiterUnDousEnsemble(E')

Function TraiterUnSousEnsemble(X) :

Pour chaque nœud du Sous Ensemble X:

GaucheNoeud = Compteur

Compteur ++

Si le nœud est du type normal alors

DroiteNoeud = GaucheNoeud + 1 = Compteur

Sinon

Soit Y le sous-ensemble de X créer par l'inclusion

TraiterUnSousEnsemble(Y)

DroiteNoeud = Compteur

Fin de condition

<i>Compteur ++</i> <i>Fin de boucle</i>
--

Algorithme VI-2 Marquage hiérarchique des nœuds par récursivité

Processus de désélection et de suppression

Soit i un nœud de type inclusion en cours de désélection ou de suppression

Soit $Gauche_i$ la valeur de l'attribut gauche du nœud i

Soit $Droite_i$ la valeur de l'attribut gauche du nœud i

On désélectionne/supprime l'ensemble des nœuds ayant une valeur d'attribut gauche compris entre $Gauche_i$ et $Droite_i$.

ANNEXE VII

LISTE DES AXIOMES ÉLABORÉS AU COURS DE L'ÉTUDE

Numéro d'axiome	Titre de l'axiome	Type	Définition	Méthode de résolution
PRÉSEANCE				
1	Précédence	Phrase	Un nœud doit avoir au minimum un et au maximum n prédécesseurs.	MCD
		Contraposée	Un nœud doit avoir au minimum un et au maximum n successeurs.	MCD
		Relation booléenne	Si un nœud n'a pas de prédécesseur réel alors son prédécesseur est le jalon de début de projet.	Algorithmique
			Si un nœud n'a pas de successeur réel alors son successeur est le jalon de fin de projet.	Algorithmique
2	Type de relation	Phrase	Un lien de succession doit avoir au minimum un et au maximum un type de lien.	MCD
		Contraposée	Un type de lien peut avoir au minimum zéro et au maximum n liens de succession.	MCD
		Phrase	Un lien de préséance doit avoir au minimum un et au maximum un type de lien.	MCD
		Contraposée	Un type de lien peut avoir au minimum zéro et au maximum n liens de préséance.	MCD
NŒUDS				

Numéro d'axiome	Titre de l'axiome	Type	Définition	Méthode de résolution
4	Relation d'inclusion	Phrase	Un nœud fils peut avoir au minimum zéro et au maximum un nœud père.	MCD
		Contraposée	Un nœud père peut avoir au minimum zéro et au maximum un nœud fils.	MCD
		État par défaut	Si un nœud n'a pas de père alors son père est le nœud NULL.	MCD
			Si un nœud n'a pas de fils alors son fils est le nœud NULL.	MPD
4	Niveau de profondeur	Phrase	Un nœud peut avoir au minimum zéro et au maximum a un niveau de profondeur.	MCD
		Contraposée	Un niveau de profondeur peut s'appliquer à au minimum zéro et au maximum n nœuds.	MCD
	Comportement des nœuds	Relation booléenne	Un type de nœud a soit un comportement d'inclusion soit un comportement normal.	MCD
			Un type de nœud peut être ou non verrouillé pour la sélection lors du processus de décision	MCD
5	Nœud de début d'inclusion	Phrase	Un type nœud ayant un comportement d'inclusion au minimum un et au maximum un type de nœud de début d'inclusion.	MCD
		Contraposée	Un type de nœud de début d'inclusion peut avoir au minimum	MCD

Numéro d'axiome	Titre de l'axiome	Type	Définition	Méthode de résolution
			zéro et au maximum un type nœud ayant un comportement d'inclusion.	
6	Nœud de fin d'inclusion	Phrase	Un type nœud ayant un comportement d'inclusion au minimum un et au maximum un type de nœud de fin d'inclusion.	MCD
		Contraposée	Un type de nœud de fin d'inclusion peut avoir au minimum zéro et au maximum un type nœud ayant un comportement d'inclusion.	MCD
5	Type de nœud « choix »	Relation booléenne	Un type de nœud peut avoir ou non un comportement de « choix ».	
			Un type de nœud peut avoir ou non un comportement de « choix multiple ».	MCD
MODÈLE DE DÉCISION				
7	État d'un modèle de décision	Relation booléenne	Un modèle de décision peut être soumis ou non.	MCD
			Un modèle de décision peut être validé ou non	MCD
			Un modèle de décision peut être éditable ou non.	MCD
			Un modèle de décision peut être privé ou publique.	MCD
3	Construction d'un modèle de décision - Jalon de début	Phrase	Un modèle de décision peut avoir 2 ou n nœuds de décision.	Algorithmique et MCD
		Contraposée	Un nœud de décision ne peut être associé qu'à un et uniquement un	MCD

Numéro d'axiome	Titre de l'axiome	Type	Définition	Méthode de résolution
	et de fin de projet		modèle de décision.	
SYSTEME DE DÉCISION				
8	Construction d'un système de décision	Phrase	Un système de décision est basé sur un et uniquement un modèle de décision.	MCD
	basé sur un modèle de décision	Contraposée	Un modèle de décision peut servir de modèle pour zéro ou n système de décision.	MCD
CRÉATION DE DÉCISIONS				
9	Construction de décisions	Phrase	Un système de décision est constitué de zéro ou n nœuds à travers un état de sélection.	MCD
		Contraposée	Un nœud peut être sélectionné dans zéro ou n système de décision.	MCD
PROCESSUS DE SÉLECTION HIERARCHIQUE				
10	Suppression ou désélection d'un nœud avec un comportement d'inclusion	Proposition 1	Lors de la suppression d'un nœud avec un comportement d'inclusion tous les nœuds fils doivent être supprimés	Algorithmique
	un comportement d'inclusion	Proposition 2	Lors de la désélection d'un nœud avec un comportement d'inclusion tous les nœuds fils doivent être désélectionnés	Algorithmique

ANNEXE VIII

EXEMPLE DU FICHIER DE NOEUD EXCAV.NOD DE X-PERT

"EXCAV10 " ,"EXCAVATION POUR STRUCTURE " ,0,0,0,2,0,0
"EXCAV20 " ,"CONSULTER LES ANALYSES DU SOL " ,0,1,0,2,0,0
"EXCAV30 " ,"LOCALISER LES SERVICES " ,0,1,1,2,0,0
"EXCAV40 " ,"SUPPORTER STRUCTURES AVOISINANTES " ,11,2,0,2,0,0
"EXCAV210 " ,"CHOISIR LE TYPE DE SOL " ,2,3,0,2,0,0
"EXCAV350 " ,"EXCAVER DANS DU REMBLAI " ,11,4,0,2,0,0
"EXCAV340 " ,"EXCAVER DANS LA TERRE " ,0,4,1,2,0,0
"EXCAV220 " ,"EXCAVER DANS LE ROC " ,11,4,2,2,0,0
"EXCAV380 " ,"AMELIORER LE SOL " ,11,6,1,2,0,0
"EXCAV609 " ,"FIN EQUIPEMENT D'EXCAVATION " ,7,5,1,2,0,0
"EXCAV610 " ,"CHOISIR L'EQUIPEMENT D'EXCAVATION " ,2,7,1,2,0,0
"EXCAV620 " ,"PELLE " ,0,8,1,2,0,0
"EXCAV630 " ,"PELLE RETRO " ,0,8,2,2,0,0
"EXCAV640 " ,"CAMION A BENNE BASCULANTE " ,0,8,0,2,0,0
"EXCAV650 " ,"EXCAVER AU NIVEAU REQUIS " ,0,9,2,2,0,0
"EXCAV659 " ,"FIN OPERATIONS " ,7,10,2,2,0,0
"EXCAV660 " ,"CHOISIR LES OPERATIONS SUIVANTES " ,2,11,2,2,0,0
"EXCAV670 " ,"SUPPORT D'EXCAVATION " ,11,12,1,2,0,0
"EXCAV860 " ,"DRAINAGE " ,11,12,2,2,0,0
"EXCAV1305 " ,"PROTECTION CONTRE L'EROSION " ,0,12,3,2,0,0
"EXCAV1306 " ,"PROTECTION D'HIVER " ,0,12,4,2,0,0
"EXCAV131 " ,"FIN OPERATIONS " ,7,13,2,2,0,0
"EXCAV132 " ,"BASE " ,11,14,2,2,0,0

ANNEXE IX

EXEMPLE DU FICHER DE PRÉCEDENCE EXCAV.PRE DE X-PERT

1,0,0,0,0,0
1,1,0,0,0,0
2,0,1,0,0,0
2,0,1,1,0,0
3,0,2,0,0,0
4,2,3,0,0,0
4,1,3,0,0,0
4,0,3,0,0,0
5,1,4,0,0,0
5,1,4,1,0,0
5,1,4,2,0,0
6,1,5,1,0,0
7,1,6,1,0,0
8,1,7,1,0,0
8,2,7,1,0,0
8,0,7,1,0,0
9,2,8,0,0,0
9,2,8,1,0,0
9,2,8,2,0,0
10,2,9,2,0,0
11,2,10,2,0,0
12,2,11,2,0,0
12,1,11,2,0,0
12,4,11,2,0,0
12,3,11,2,0,0
13,2,12,1,0,0
13,2,12,2,0,0
13,2,12,3,0,0
13,2,12,4,0,0
14,2,13,2,0,0

ANNEXE X

LISTE DES FICHIERS CONSTITUANT LA BASE DE CONNAISSANCES DE L'ORDONNANCEMENT DES ACTIVITÉS DE CONSTRUCTION DANS X-PERT

EXCAV.NOD	EXT880.PRE	FOND25.PRE	INT1550.NOD	INT3310.PRE	LAND30.PRE
EXCAV.PRE	EXT881.NOD	FOND27.NOD	INT1550.PRE	INT3530.NOD	LAND80.PRE
EXCAV132.NOD	EXT881.PRE	FOND27.PRE	INT190.NOD	INT3530.PRE	ROOF.NOD
EXCAV132.PRE	EXT300.PRE	FOND30.NOD	INT190.PRE	INT3620.NOD	ROOF.PRE
EXCAV220.NOD	EXT40.NOD	FOND30.PRE	INT1980.NOD	INT3620.PRE	ROOF1500.NOD
EXCAV220.PRE	EXT40.PRE	FOND35.NOD	INT1980.PRE	INT3730.NOD	ROOF1500.PRE
EXCAV350.NOD	EXT400.NOD	FOND35.PRE	INT2000.NOD	INT3730.PRE	ROOF1570.NOD
EXCAV350.PRE	EXT400.PRE	FOND380.NOD	INT2000.PRE	INT3841.NOD	ROOF1570.PRE
EXCAV380.NOD	EXT480.NOD	FOND380.PRE	INT2010.NOD	INT3841.PRE	ROOF1900.NOD
EXCAV380.PRE	EXT480.PRE	FOND490.NOD	INT230.NOD	INT420.NOD	ROOF1900.PRE
EXCAV40.NOD	EXT590.NOD	FOND490.PRE	INT230.PRE	INT420.PRE	ROOF200.NOD
EXCAV40.PRE	EXT590.PRE	HLEV@@@@.NOD	INT2320.NOD	INT440.NOD	ROOF200.PRE
EXCAV670.NOD	EXT690.NOD	HLEV@@@@.PRE	INT2320.PRE	INT440.PRE	ROOF201.NOD
EXCAV670.PRE	EXT690.PRE	INT.NOD	INT2340.NOD	INT4630.NOD	ROOF201.PRE
EXCAV680.NOD	EXT880.NOD	INT.PRE	INT2340.PRE	INT4630.PRE	ROOF202.NOD
EXCAV680.PRE	EXT880.PRE	INT1000.NOD	INT2430.NOD	INT4720.NOD	ROOF202.PRE
EXCAV860.NOD	EXT881.NOD	INT1000.PRE	INT2430.PRE	INT4720.PRE	ROOF2200.NOD
EXCAV860.PRE	EXT881.PRE	INT1020.NOD	INT2450.NOD	INT4940.NOD	ROOF2760.PRE
EXCAV870.NOD	EXT882.NOD	INT1020.PRE	INT2450.PRE	INT4940.PRE	ROOF2810.NOD
EXCAV870.PRE	EXT882.PRE	INT110.NOD	INT2490.NOD	INT5050.NOD	ROOF2810.PRE
EXT.NOD	EXT883.NOD	INT110.PRE	INT2490.PRE	INT5050.PRE	ROOF2900.NOD
EXT.PRE	EXT883.PRE	INT111.NOD	INT2590.NOD	INT5070.NOD	ROOF2900.PRE
EXT30.NOD	EXT884.NOD	INT111.PRE	INT2590.PRE	INT5070.PRE	ROOF2910.NOD
EXT30.PRE	EXT884.PRE	INT1115.NOD	INT2610.NOD	INT510.NOD	ROOF2910.PRE
EXT300.NOD	EXT885.NOD	INT1115.PRE	INT2610.PRE	INT510.PRE	ROOF30.NOD
EXT300.PRE	EXT885.PRE	INT1120.NOD	INT270.NOD	INT580.NOD	ROOF30.PRE
EXT40.NOD	EXT886.NOD	INT1120.PRE	INT270.PRE	INT580.PRE	ROOF700.NOD
EXT40.PRE	EXT886.PRE	INT1130.NOD	INT2700.NOD	INT710.NOD	ROOF700.PRE
EXT400.NOD	EXT887.NOD	INT1130.PRE	INT2700.PRE	INT710.PRE	SITE.NOD
EXT400.PRE	EXT887.PRE	INT1220.NOD	INT2800.NOD	LAND.NOD	SITE.PRE
EXT480.NOD	FOND.NOD	INT1220.PRE	INT2800.PRE	LAND.PRE	SITE1030.NOD
EXT480.PRE	FOND.PRE	INT1350.NOD	INT2960.NOD	LAND100.NOD	SITE1030.PRE
EXT590.NOD	FOND1140.NOD	INT1350.PRE	INT2960.PRE	LAND100.PRE	SITE220.NOD
EXT590.PRE	FOND1140.PRE	INT1920.NOD	INT3090.NOD	LAND180.NOD	SITE220.PRE
EXT690.NOD	FOND15.NOD	INT1920.PRE	INT3090.PRE	LAND180.PRE	SITE275.NOD
EXT690.PRE	FOND15.PRE	INT1940.NOD	INT3170.NOD	LAND270.NOD	SITE275.PRE
EXT880.NOD	FOND25.NOD	INT1940.PRE	INT3170.PRE	LAND270.PRE	SITE290.NOD

ANNEXE XII

MODÈLE PHYSIQUE DE DONNÉES

La figure présentée ci-dessous est disponible en format original à la fin du mémoire.

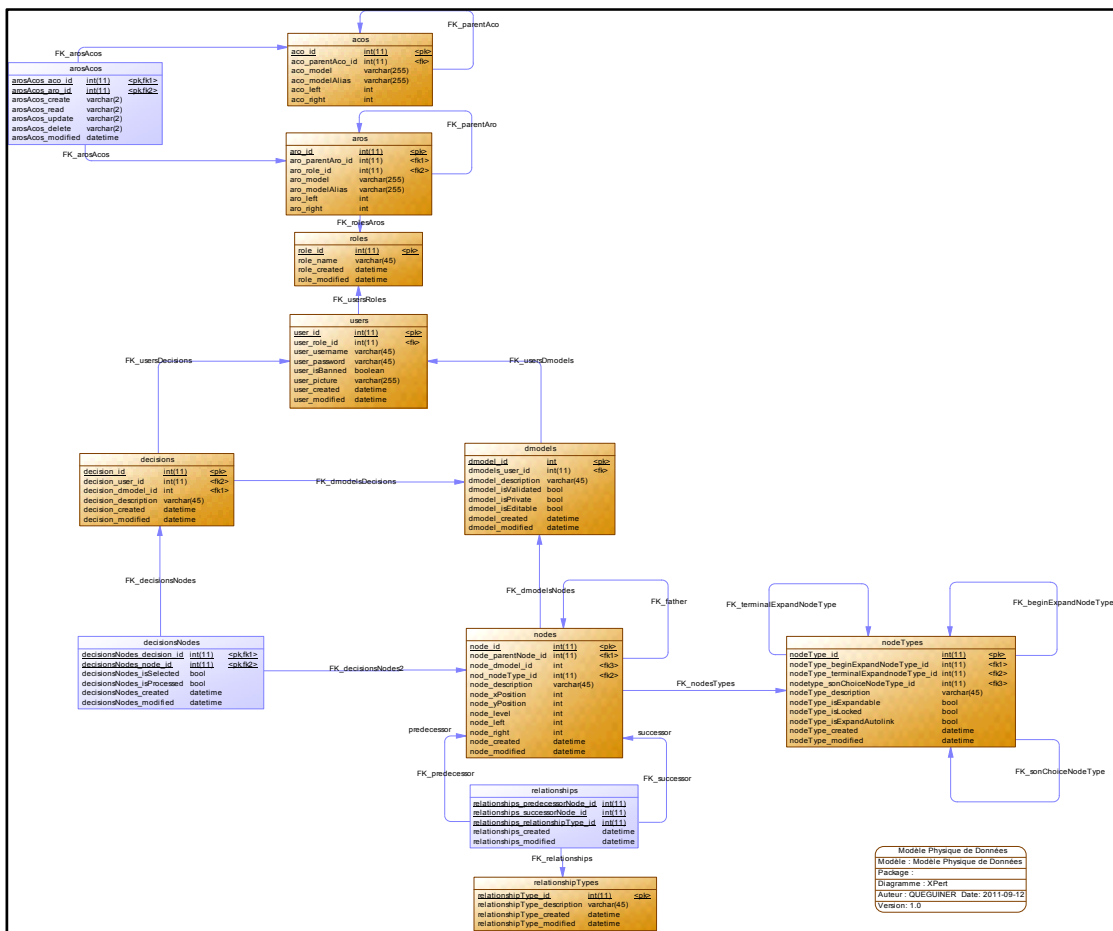


Figure-A XII-1 Modèle physique des données pour le SIAD WIXPERT

ANNEXE XIII

EXEMPLE DE FICHER NEUTRE D'EXPORT POUR LE CLIENT

"N° unique";"Mode_Tâche";"Nom";"Durée";"N° unique des
prédécesseurs";"WBS";"Niveau_hiérarchique";"Récapitulative";"Jalon"
"168";"Planifié automatiquement";"Milestone
Start";"2";"";"168";"1";"Non";"Oui"
"169";"Planifié automatiquement";"Milestone
End";"2";"";"169";"1";"Non";"Oui"
"174";"Planifié automatiquement";"PREPARATION DU
SITE";"2";"";"174";"1";"Oui";"Non"
"175";"Planifié automatiquement";"Milestone
Start";"0";"";"174.175";"2";"Non";"Oui"
"176";"Planifié automatiquement";"Milestone
End";"0";"";"174.176";"2";"Non";"Oui"
"196";"Planifié
automatiquement";"PREPARATION/ORGANISATION";"2";"175FD";"174.196";"2";"
Non";"Non"
"197";"Planifié automatiquement";"CHOISIR LES
OPERATIONS";"2";"";"174.197";"2";"Oui";"Non"
"205";"Planifié automatiquement";"Milestone
Start";"0";"196FD";"174.197.205";"3";"Non";"Oui"
"206";"Planifié automatiquement";"Milestone
End";"0";"210FD;211FD;212FD";"174.197.206";"3";"Non";"Oui"
"207";"Planifié automatiquement";"CHOISIR LE TYPE D'ESSAIS DE
SOLS";"2";"";"174.197.207";"3";"Oui";"Non"
"208";"Planifié automatiquement";"Milestone
Start";"0";"";"174.197.207.208";"4";"Non";"Oui"
"209";"Planifié automatiquement";"Milestone
End";"0";"213FD;214FD;215FD;216FD;217FD";"174.197.207.209";"4";"Non";"O
ui"
"213";"Planifié
automatiquement";"SONDAGE";"2";"208FD";"174.197.207.213";"4";"Non";"Non
"
"214";"Planifié
automatiquement";"CAROTTAGE";"2";"208FD";"174.197.207.214";"4";"Non";"N
on"
"215";"Planifié automatiquement";"FOSSE DE
VERIFICATION";"2";"208FD";"174.197.207.215";"4";"Non";"Non"
"216";"Planifié automatiquement";"TEST DE
PENETRATION";"2";"208FD";"174.197.207.216";"4";"Non";"Non"
"217";"Planifié automatiquement";"EXPLORATION
SISMIQUE";"2";"208FD";"174.197.207.217";"4";"Non";"Non"
"210";"Planifié
automatiquement";"ARPENTAGE";"2";"205FD";"174.197.210";"3";"Non";"Non"

ANNEXE XIV

SCRIPT SQL DE GÉNÉRATION DE LA BASE DE DONNÉES

```
/*=====*/
```

```
/* Nom de SGBD : MySQL 5.0
```

```
/* Date de création : 2011-09-13 16:34:07
```

```
/*=====*/
```

```
drop table if exists acos;
```

```
drop table if exists aros;
```

```
drop table if exists arosAcos;
```

```
drop table if exists decisions;
```

```
drop table if exists decisionsNodes;
```

```
drop table if exists dmodels;
```

```
drop table if exists nodeTypes;
```

```
drop table if exists nodes;
```

```
drop table if exists relationshipTypes;
```

```
drop table if exists relationships;
```

```
drop table if exists roles;
```

```
drop table if exists users;
```

```
/*=====*/
```

```
/* Table : acos
```

```
/*=====*/
```

```
create table acos
```

```
(
```

```
aco_id int(11) not null auto_increment,
```

```
aco_aco_id int(11),
```

```
aco_model varchar(255) not null default NULL,
```

```
aco_model_alias varchar(255) default NULL,
```

```

aco_left int not null default NULL,
aco_right int not null default NULL,
primary key (aco_id)
);
/*=====*/
/* Table : aros
/*=====*/
create table aros
(
  aro_id int(11) not null auto_increment,
  aro_aro_id int(11),
  rol_role_id int(11) not null,
  aro_model varchar(255) not null default NULL,
  aro_model_alias varchar(255) default NULL,
  aro_left int not null default NULL,
  aro_right int not null default NULL,
  primary key (aro_id)
);
/*=====*/
/* Table : arosAcos
/*=====*/
create table arosAcos
(
  aco_aco_id int(11) not null,
  aro_aro_id int(11) not null,
  arosAcos_create varchar(2) not null,
  arosAcos_read varchar(2) not null,
  arosAcos_update varchar(2) not null,
  arosAcos_delete varchar(2) not null,
  arosAcos_modified datetime,

```



```

primary key (aco_aco_id, aro_aro_id)
);

/*=====*/
/* Table : decisions
/*=====*/

create table decisions
(
decision_id    int(11) not null auto_increment,
use_user_id    int(11) not null,
dmo_dmodel_id int not null,
decision_description varchar(45) default NULL,
decision_created  datetime default NULL,
decision_modified datetime default NULL,
primary key (decision_id)
);

/*=====*/
/* Table : decisionsNodes
/*=====*/

create table decisionsNodes
(
dec_decision_id    int(11) not null,
nod_node_id        int(11) not null,
decisionsNodes_isSelected bool not null,
decisionsNodes_isProcessed bool not null,
decisionsNodes_created  datetime,
decisionsNodes_modified datetime,
primary key (dec_decision_id, nod_node_id)
);

```

```
/*=====*/
/* Table : dmodels
/*=====*/
create table dmodels
(
  dmodel_id    int not null auto_increment,
  use_user_id  int(11) not null,
  dmodel_description varchar(45),
  dmodel_isValidated bool not null default NULL,
  dmodel_isPrivate bool not null default NULL,
  dmodel_isEditable bool not null default 1,
  dmodel_created datetime,
  dmodel_modified datetime,
  primary key (dmodel_id)
);

/*=====*/
/* Table : nodeTypes
/*=====*/
create table nodeTypes
(
  nodeType_id    int(11) not null auto_increment,
  nod_nodeType_id3 int(11),
  nod_nodeType_id int(11),
  nod_nodeType_id2 int(11),
  nodeType_description varchar(45) not null,
  nodeType_isExpandable bool not null,
  nodeType_isLocked bool not null default NULL,
  nodeType_isExpandAutolink bool not null default NULL,
```

```

nodeType_created datetime,
nodeType_modified datetime,
primary key (nodeType_id)
);

/*=====*/
/* Table : nodes
/*=====*/
create table nodes
(
node_id      int(11) not null auto_increment,
nod_node_id  int(11),
dmo_dmodel_id  int not null,
nod_nodeType_id  int(11) not null,
node_description  varchar(45),
node_xPosition  int default NULL,
node_yPosition  int default NULL,
node_level      int not null default NULL,
node_left       int not null default NULL,
node_right      int not null default NULL,
node_created     datetime default NULL,
node_modified    datetime default NULL,
primary key (node_id)
);

/*=====*/
/* Table : relationshipTypes
/*=====*/
create table relationshipTypes
(

```

```
relationshipType_id          int(11) not null auto_increment,  
relationshipType_description varchar(45),  
relationshipType_created    datetime,  
relationshipType_modified   datetime,  
primary key (relationshipType_id)  
);
```

```
/*=====*/
```

```
/* Table : relationships
```

```
/*=====*/
```

```
create table relationships
```

```
(  
relationship_predecessor    int(11) not null,  
relationship_successorNode  int(11) not null,  
rel_relationshipType_id     int(11) not null,  
relationships_created       datetime,  
relationships_modified     datetime,  
primary key (relationship_predecessor, relationship_successorNode,  
rel_relationshipType_id)  
);
```

```
/*=====*/
```

```
/* Table : roles
```

```
/*=====*/
```

```
create table roles
```

```
(  
role_id                    int(11) not null auto_increment,  
role_name                  varchar(45) not null,  
role_created               datetime,  
role_modified              datetime,
```

```
primary key (role_id)
);

/*=====*/
/* Table : users
/*=====*/
create table users
(
user_id    int(11) not null auto_increment,
rol_role_id  int(11) not null,
user_username varchar(45) not null,
user_password varchar(45) not null,
user_isBanned boolean,
user_picture varchar(255) default NULL,
user_created datetime not null,
user_modified datetime not null,
primary key (user_id)
);
```

ANNEXE XV

OBJECTIFS FUTURS DES OUTILS DÉCISIONNELS POUR LA
PLANIFICATION DE LA CONSTRUCTION

Figure 5.27 Ébauche d'une interface d'un outil d'aide à la décision spécifique à la planification de la construction

BIBLIOGRAPHIE

- Abdulrezak N, Mohamed. 2001. « Knowledge based approach for productivity adjusted construction schedule ». *Expert Systems with Applications*, vol. 21, n° 2, p. 87-97.
- AbouRizk, Simaan M., et Daniel W. Halpin. 1990. *Probabilistic Simulation Studies for Repetitive Construction Processes*, 116. 4. ASCE, 575-594 p.
- Adeli, H. 1988. *Expert systems in construction and structural engineering*. Chapman and Hall.
- Ahuja, Hira N. 1976. *Construction performance control by networks*, XVII. Coll. « Construction management and engineering ». Toronto: John Wiley & Sons, 636 p.
- Akhras, Georges. 1989. « Expert systems in construction and structural engineering ». *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 16, n° 3, p. 410-411.
- Alavi, Maryam, et Dorothy Leidner. 2001. « Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues ». *MIS Quarterly*, vol. 25, n° 1, p. 107-136.
- Alshawi, M., et B. Ingirige. 2003. « Web-enabled project management: an emerging paradigm in construction ». *Automation in Construction*, vol. 12, n° 4, p. 349-64.
- Alter, Steven. 1980. *Decision support systems : current practice and continuing challenges* Coll. « Addison-Wesley series on decision support ». Reading, Mass. Addison-Wesley Pub.
- Angehrn, Albert A., et Tawfik Jelassi. 1994. « DSS research and practice in perspective ». *Decision Support Systems*, vol. 12, n° 4-5, p. 267-275.
- Anthony, Robert N. 1965. *Planning and control systems; a framework for analysis*. Coll. « Studies in management control », Accessed from <http://nla.gov.au/nla.cat-vn656085>. Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University.
- Antill, J.M., et R.W. Woodhead. 1990. *Critical path methods in construction practice*. Wiley.
- Anumba, C., et Z. Aziz. 2006. « Case studies of intelligent context-aware services delivery in AEC/FM ». In *Intelligent Computing in Engineering and Architecture. 13th EG-ICE Workshop 2006. Revised Selected Papers, 25-30 June 2006*. (Berlin, Germany), p. 23-31. Coll. « Intelligent Computing in Engineering and

- Architecture. 13th EG-ICE Workshop 2006. Revised Selected Papers (Lecture Notes in Artificial Intelligence Vol. 4200) »: Springer-Verlag.
- Arnott, David, et Graham Pervan. 2005. « A critical analysis of decision support systems research ». *Journal of information technology*, n° 2, p. 21.
- Avison, D. E. 1991a. « MERISE: A European methodology for developing information systems ». *Eur J Inf Syst*, vol. 1, n° 3, p. 183-192.
- Avison, D. E. 1991b. « MERISE: a European methodology for developing information systems ». *European Journal of Information Systems*, vol. 1, n° 3, p. 183-91.
- Bachman, Charles W. 1965. « Software for Random Access Processing ». *Datamation*.
- Bachman, Charles W. 1969. « Data structure diagrams ». *SIGMIS Database*, vol. 1, n° 2, p. 4-10.
- Balaguru, N. P., A. E. Naaman et V Ramakrishnan. 1977a. « Cost and Time-Scaled Networks: Graphical Model ». *Journal of the Construction Division*, vol. 103, n° 2, p. 179.
- Balaguru, Perumalsamy N., Antoine E. Naaman et Venkataswamy Ramakrishnan. 1977b. « Cost and Time-Scaled Networks: Graphical Model ». *Journal of construction Division, ASCE*, vol. 103, n° 2, p. 247-258.
- Ballard, Glenn., et Lauri. Koskela. 1998. « On the agenda of design management research ». In *IGLC*. < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V20-48MXTWC-2/2/6421e11ecf83d8a6ebd7d57870b4cfa0> >.
- Becerik, B. 2004. « A review on past, present and future of web based project management & collaboration tools and their adoption by the US AEC industry ». *International Journal of IT in Architecture, Engineering and Construction*, vol. 2, n° 3, p. 233-248.
- Beemer, Brandon A., Frada Burstein, Clyde Holsapple et Dawn G. Gregg. 2008. « Knowledge based systems to support unstructured decisions : a literature review ». *Handbook on Decision Support Systems 1*, vol. I, p. 16.
- Beemer, Brandon Alan. 2010. « Dynamic interaction: A measurement development and empirical evaluation of Knowledge Based Systems and Web 2.0 decision support mashups ». Ph.D. United States -- Colorado, University of Colorado at Denver. In *ProQuest Dissertations & Theses (PQDT)*. < <http://search.proquest.com/docview/527814371?accountid=27231> >.

- Bertino, Elisa, et Lorenzo Martino. 1993. *Object-oriented database systems: Concepts and architectures*, X. Wokingham, England et Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub. Co.
- Bhargava, Hemant K., Daniel J. Power et Daewon Sun. 2007. « Progress in Web-based decision support technologies ». *Decision Support Systems*, vol. 43, n° 4, p. 1083-1095.
- Bolivar, A. Senior, et Daniel W. Halpin. 1998. « Simplified simulation System for Construction Projects ». vol. 124, n° 1, p. 72-81.
- Burstein, Frada, Clyde Holsapple, Brandon A. Beemer et Dawn G. Gregg. 2008. « Advisory Systems to Support Decision Making Handbook on Decision Support Systems 1 ». In., p. 511-527. Coll. « International Handbooks on Information Systems »: Springer Berlin Heidelberg.
< http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-48713-5_24 >.
- Burstein, Frada, Clyde Holsapple et Daniel E. O'Leary. 2008. « Decision Support System Evolution: Predicting, Facilitating, and Managing Knowledge Evolution Handbook on Decision Support Systems 2 ». In., p. 345-367. Coll. « International Handbooks on Information Systems »: Springer Berlin Heidelberg.
< http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-48716-6_17 >.
- Chan, Swee, Lean, et Nga-Na Leung, G. 2004. « Prototype web-based construction project management system ». Vol. 130, p. 9.
2002. *Method of organizing hierarchical data in a relational database*. 6480857.
- Chassiakos, A. P., et S. P. Sakellariopoulos. 2008. « A web-based system for managing construction information ». *Advances in Engineering Software*, vol. 39, n° 11, p. 865-876.
- Chassiakos, Athanasios P., et Serafim P. Sakellariopoulos. 2005. « Time-cost optimization of construction projects with generalized activity constraints ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 131, n° Compendex, p. 1115-1124.
- Chen, Pin-Shan Peter. 1976. « The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data ». *ACM Transactions on Database Systems*, vol. 1, n° 1.
- Cheng, Junmo, et Shasha Jiang. 2008. « Analysis on the Structure of Enterprise Decision Support System Based on Tacit Knowledge Management ». In *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08. 4th International Conference on*. (12-14 Oct. 2008), p. 1-4.

- Chih-Ping, Wei, Hu Paul Jen-Hwa et O. R. L. Sheng. 2001. « A knowledge-based system for patient image pre-fetching in heterogeneous database environments - modeling, design, and evaluation ». *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, vol. 5, n° 1, p. 33-45.
- Cockburn, A. 2000. *Writing effective UseCases*, 1. Addison-Wesley Professional, 304 p.
- Codd, E. F. 1970a. « A relational model of data for large shared data banks ». vol. 13, n° 6.
- Codd, E. F. 1970b. « A relational model of data for large shared data banks ». *Commun. ACM*, vol. 13, n° 6, p. 377-387.
- Cooper, W. D., et C. Saydam. 2003. « A General Decision Support Systems Approach to the Port Scheduling Problem for Pressure Beck Operations ». *Journal of the Textile Institute*, vol. 94, n° 1-2, p. 1-11.
- Cox, Brad. 1987. *Object-Oriented Programming: An Evolutionary Approach*. Addison Wesley p.
- Crockford, D. 2006. « The application/json Media Type for JavaScript Object Notation (JSON) ». *Network Working Group*. p. 10. < <http://www.ietf.org/rfc/rfc4627.txt> >
- Crowston, W. , G. L. Thompson et Gerald Luther. 1967. « Decision CPM: A Method for Simultaneous Planning, Scheduling, and Control of Projects ». *Operations Research*, vol. 15, n° 3, p. 20.
- Date, C. J. 2004. *Introduction aux bases de données*, 8e éd. Paris: Vuibert, xxiii, 1047 p. p.
- Davenport, Thomas, et Laurence Prusak. 1997. *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. Project Management Institute.
- Deming, Zeng, et Wu Chuanrong. 2009. « Decision Support Model and Simulation for Knowledge Transfer in Innovation Networks ». In *Business Intelligence and Financial Engineering, 2009. BIFE '09. International Conference on*. (24-26 July 2009), p. 519-523.
- Dhaliwal, Jasbir S., et Izak Benbasat. 1996. « The Use and Effects of Knowledge-Based System Explanations: Theoretical Foundations and a Framework for Empirical Evaluation ». *Information Systems Research*, vol. 7, n° 3, p. 342-362.
- Dobecki, M. and Zabierowski, W. 2010. « Web-based Content Management System ». In *2010 International Conference on "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science" (TCSET 2010), 23-27 Feb. 2010*.

(Piscataway, NJ, USA), p. 177-9. Coll. « 2010 International Conference on "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science" (TCSET 2010) »: IEEE.

Dossick, C. S., et M. Sakagami. 2008. « Implementing web-based project management systems in the United States and Japan ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 134, n° 3, p. 189-196.

Doumeingts, Guy, David Chen et François Marcotte. 1992. « Concepts, models and methods for the design of production management systems ». *Computers in Industry*, vol. 19, n° 1, p. 89-111.

Echeverry, D. 1991. « Sequencing Knowledge for Construction Scheduling ». *J. Constr. Eng. Manage.*, vol. 117, n° 1, p. 118.

Eisner, H. 1962. « A Generalized Network Approach to the Planning and Scheduling of a Research Project ». vol. 10, n° 1.

Elmaghraby, Salah E. 1964. « An Algebra for the Analysis of Generalized Activity Networks ». *Management Science*, vol. 10, n° 3, p. 21.

Fabac, R., Rados, x030C, evic, x, D. et I. Pihir. 2010. « Frequency of use and importance of software tools in project management practice in Croatia ». In *Information Technology Interfaces (ITI), 2010 32nd International Conference on.* (21-24 June 2010), p. 465-470.

Ferguson, Robert L. , et Curtis H. Jones. 1969. « A Computer Aided Decision System ». *Management Science*, vol. 15, n° 10, Application Series (Jun., 1969), p. 12.

Fisk, Edward R. 2003a. *Construction project administration*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

Fisk, R.E. 2003b. « Construction projects administration ». In., sous la dir. de 7th ed. PrenticeHall, Inc., Upper Saddle River N.J.

Veillez sélectionner un type de document autre que « Generic » afin de faire afficher la référence bibliographique.

Francis, A., et E.T. Miresco. 2000. « Decision support for project management using a chronographique approach ». In *Proceedings of the 2nd International Conference on Decision Making in Urban and Civil Engineering*. (Lyon, France), p. 845-856.

Francis, Adel. 2004a. « La méthode chronographique pour la planification des projets ».

- Francis, Adel. 2004b. *La modélisation chronographique de la planification des projets de construction*. Montréal: École de technologie supérieure, xvi, 331 f. p.
- Francis, Adel. 2006. « Toward a new generation of project management software ». In *Proceedings of the International Conference on Computing and Decision-Making in Civil and Building Engineering*. (Montreal, Canada), p. 3558-3567.
- Francis, Adel, et E.T. Miresco. 2002a. « Amélioration de la représentation des contraintes d'exécution par la méthode chronographique ». In *2002 Challenges Ahead : Proceeding of the CSCE 30th Annual Conference*. (Montréal, Que., 5-8 June 2002), sous la dir. de M.-J. Nollet, et M. Trepanier, p. g-27. Canadian society for Civil Engineering, Montréal, Que.
- Francis, Adel, et E.T. Miresco. 2002b. « Decision Support for Project Management Using a Chronographique Approach ». *Journal of Decision Systems, Special issue JDS-DM in UCE: Decision Making in Urban and Civil Engineering*, vol. 11, n° 3-4, p. 383-404.
- Francis, Adel, et Edmond T Miresco. 2006a. « A chronographic method for construction project planning ». *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 33, n° 12, p. 1547-1557.
- Francis, Adel, et Edmond T miresco. 2006b. « Toward a new generation of project management software ». In *International Conference on Computing and Decision-Making in Civil and Building Engineering*. (Montreal, Canada), p. 3558-3567.
- Francis, Adel, et Edmond T Miresco. 2010. « Dynamic production-based relationships between activities for construction projects' planning ». In *Computing in Civil and Building Engineering Conference*. (Nottingham, UK, 30 June-2 July), sous la dir. de Press, Nottingham University. Vol. 126, p. 251.
- Furtado, V. 2004. « Developing Interaction Capabilities in KnowledgeBased Systems via Design Patterns ».
- Gebus, Sébastien, et Kauko Leiviskä. 2009. « Knowledge acquisition for decision support systems on an electronic assembly line ». *Expert Systems with Applications*, vol. 36, n° 1, p. 93-101.
- Gerrity, T. P. 1971. « Design of Man-Machine Decision Systems : An Application to Portfolio Management ». *Sloan Management Review*, vol. 12, n° 2, p. 16.
- Gevarter, W. B. 1987. « The Nature and Evaluation of Commercial Expert System Building Tools ». *Computer*, vol. 20, n° 5, p. 24-41.

- Golfarelli, Matteo, et Stefano Rizzi. 1998. « A methodological framework for data warehouse design ». In *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Data warehousing and OLAP*. (Washington, D.C., United States), p. 3-9. 294261: ACM.
- Gorry, George Anthony, et Michael S. Scott Morton. 1971. « A framework for management information systems ». *Sloan Management Review*, vol. 13, n° 510-71.
- Gouarné, Jean-Marie (237). 1997. *Le Projet Décisionnel : Enjeux, Modèles, Architectures du Data Warehous*. Eyrolles.
- Grabski, Severin V, et David Mendez. 1998. « Implementation of a knowledge-based agricultural geographic decision-support system in the Dominican Republic: a case study ». *Information Technology & People*, vol. 11, p. 174-193.
- Grover, Varun, et Thomas H. Davenport. 2001. « General Perspectives on Knowledge Management: Fostering a Research Agenda ». *J. Manage. Inf. Syst.*, vol. 18, n° 1, p. 5-21.
- Gupta, Jatinder N. D., Guisseppi A. Forgionne, Manuel Mora T, Alexandre Gachet et Pius Haettenschwiler. 2006. « Development Processes of Intelligent Decision-making Support Systems: Review and Perspective Intelligent Decision-making Support Systems ». In., p. 97-121. Coll. « Decision Engineering »: Springer London. < http://dx.doi.org/10.1007/1-84628-231-4_6 >.
- Harrison, Robert. 2008. « Tools for industrial knowledge modeling and management ». M.A.Sc. Canada, The University of Regina (Canada). In ProQuest Dissertations & Theses (PQDT). < <http://search.proquest.com/docview/304528527?accountid=27231> >.
- Hazeyama, A., et S. Komiya. 1994. « A software project management system supporting the cooperation between managers and workers-design and implementation ». In *Proceedings Eighteenth Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 94), 9-11 Nov. 1994*. (Los Alamitos, CA, USA), p. 44-50. Coll. « Proceedings. Eighteenth Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 94) (Cat. No.94CH35721) »: IEEE Comput. Soc. Press. < <http://dx.doi.org/10.1109/CMPSAC.1994.342834> >.
- Hendrickson, C. 1987. « Expert System for Construction Planning ». *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 1, n° 4, p. 253.
- Hernandez, E. A. 2009. « War of the mobile browsers ». *IEEE Pervasive Computing*, vol. 8, n° 1, p. 82-85.

- Highsmith, J., et A. Cockburn. 2001. « Agile software development: the business of innovation ». *Computer*, vol. 34, n° 9, p. 120-127.
- Ho, K. K. L., et M. Lu. 2005. « Web-based expert system for class schedule planning using JESS ». In *Information Reuse and Integration, Conf, 2005. IRI -2005 IEEE International Conference on*. (15-17 Aug. 2005), p. 166-171.
- Hojjat, Adeli. 1986. « Artificial intelligence in structural engineering ». *Engineering Analysis*, vol. 3, n° 3, p. 154-160.
- Holt, Charles C., et George P. Huber. 1969. « A Computer Aided Approach to Employment Service Placement and Counseling ». *Management Science*, vol. 15, n° 11, p. 573-594.
- Huang, Rong-Yau, et Daniel W. Halpin. 1995. *Graphical-Based Method for Transient Evaluation of Construction Operations*, 121. 2. ASCE, 222-229 p.
- Hui, Y. and Zhongmin, L. 2008. « How to choose server-side scripting languages database servers in Web mining ». In *2008 International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling (KAM), 21-22 Dec. 2008*. (Piscataway, NJ, USA), p. 98-102. Coll. « 2008 International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling (KAM) »: IEEE.
< <http://dx.doi.org/10.1109/KAM.2008.83> >.
- Imhoff, Michael, Ursula Gather et Katharina Morik. 1999. « Development of Decision Support Algorithms for Intensive Care Medicine: A New Approach Combining Time Series Analysis and a Knowledge Base System with Learning and Revision Capabilities ». In *KI-99: Advances in Artificial Intelligence*, sous la dir. de Burgard, Wolfram, Armin Cremers et Thomas Crisaller. Vol. 1701, p. 698-698. Coll. « Lecture Notes in Computer Science »: Springer Berlin / Heidelberg.
< http://dx.doi.org/10.1007/3-540-48238-5_18 >.
- Ioannou, P. G., et R. B. Harris. 2003. « Discussion of "Algorithm for determining controlling path considering resource continuity" by Mohammed A. Ammar and Emad Elbeltagi ». *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 17, n° 1, p. 68-70.
- Ioannou, Photios G., et Chachrist Srisuwanrat. 2007. « Optimal work breaks in deterministic and probabilistic repetitive projects ». In *2007 Winter Simulation Conference, WSC, Dec 9 - 12 2007*. (Washington, DC, United states), p. 2141-2150. Coll. « Proceedings - Winter Simulation Conference »: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
< <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2007.4419848> >.

- Issa, R., et I. Mutis. 2006. « Ontology Based Framework Using a Semantic Web for Addressing Semantic Reconciliation in Construction ». In *Intelligent Computing in Engineering and Architecture*, sous la dir. de Smith, Ian. Vol. 4200, p. 348-367. Coll. « Lecture Notes in Computer Science »: Springer Berlin / Heidelberg.
< http://dx.doi.org/10.1007/11888598_33 >.
- Ji, Li, O. Moselhi et S. Alkass. 2006a. « Internet-based database management system for project control ». *Engineering Construction and Architectural Management*, vol. 13, n° 3, p. 242-53.
- Ji, Li, O. Moselhi et S. Alkass. 2006b. « Internet-based database management system for project control ». *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 13, n° 3, p. 242-253.
- Jones, Chris. 1993. « An integrated modeling environment based on attributed graphs and graph-grammars ». *Decis. Support Syst.*, vol. 10, n° 3, p. 255-275.
- Jones, R.B. 1982. « Expert systems in decision support ». < <http://www.rbjones.com/rbjpub/rbjcv/papers/wp0304.htm> >. Consulté le 12 mai 2011.
- Kaufman, A N, G Desbazeille et E Ventura. 1964. *La methode du chemin critique: application aux programmes de production et d'etudes de la methode P.E.R.T. et de ses variantes*. Paris: Dunod.
- Veuillez sélectionner un type de document autre que « Generic » afin de faire afficher la référence bibliographique.
- Keen, Peter G. W. 1980. « Adaptive design for decision support systems ». *ACM SIGOA Newsletter*, vol. 1, n° 4-5, p. 15-25.
- Keen, Peter G. W., et Scott Morton. 1978. *Decision support systems : An organizational perspective*, xv. Addison-Wesley Pub. Co., 264 p.
- Kim, Won (234). 1990. *Introduction to object-oriented databases XVIII*. Cambridge, Mass. US: MIT Press.
- Klein, Michel, Catherine Lecomte et Pierre Dejax. 1993. « Using a knowledge-based decision support system development environment to implement a scheduling system for a workshop ». *International Journal of Production Economics*, vol. 30-31, p. 437-451.
- Klein, Michel, et Leif Methlie. 1995. *Knowledge-Based Decision Support Systems With Applications in Business: A Decision Support Approach*. John Wiley & Sons.

- Koch, Christian, et Berthold Firmenich. 2006. « Operative models for the introduction of additional semantics into the cooperative planning process ». In *13th EG-ICE Workshop 2006, June 25, 2006 - June 30, 2006*. (Ascona, Switzerland) Vol. 4200 LNAI, p. 376-382. Coll. « Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) »: Springer Verlag.
- Kracklauer, Alexander H., D. Quinn Mills et Dirk Seifert (273). 2004. *Collaborative Customer Relationship Management : Taking CRM to the Next Level*, XI. Coll. « Collaborative CRM is the next generation of CRM. ». Berlin, Allemagne: Springer.
- Kraiem, Z. 1988. « Representing Construction Contract Legal Knowledge ». *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 2, n° 2, p. 202.
- Kuo, C., M. Tsai et S. Kang. 2011. « A framework of information visualization for multi-system construction ». *Automation in Construction*, vol. 20, n° 3, p. 247-262.
- Lam, H. F., et Tse-Yung Paul Chang. 2002. « Web-Based Information Management System for Construction Projects ». *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 17, n° 4, p. 280-293.
- Lannone, A.L, et A.M Civitello. 1985. « Construction scheduling simplified ». *Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliff, N.J.*
- Lau, H. C. W. 2005. « A knowledge-based system to support procurement decision ». vol. 9, n° 1.
- Laudon, C.K. , et J.P. Laudon. 2000. *Management Information Systems: Organization and Technology in the Networked Enterprise*. Englewood Cliffs, NJ.: Prentice-Hall.
- Lee, Berners, J. Hendler et O. Lassila. 2001. « The Semantic Web ». *Scientific American*.
- Leff, A., et J. T. Rayfield. 2001. « Web-application development using the Model/View/Controller design pattern ». In *Proceedings Fifth IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, 4-7 Sept. 2001*. (Los Alamitos, CA, USA), p. 118-27. Coll. « Proceedings Fifth IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference »: IEEE Comput. Soc.
< <http://dx.doi.org/10.1109/EDOC.2001.950428> >.
- Levine, Pierre, et Jean-Charles Pomerol. 1990. *Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts* (1990). Hermès.

- Liberatore, Matthew J., Bruce Pollack-Johnson et Colleen A. Smith. 2001. « Project Management in Construction: Software Use and Research Directions ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 127, n° 2, p. 101-107.
- Liker, Jeffrey K., et Ahmed A. Sindi. 1997. « User acceptance of expert systems: a test of the theory of reasoned action ». *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 14, n° 2, p. 147-173.
- Lin, Yu-Cheng, Lung-Chuang Wang et H. Ping Tserng. 2006. « Enhancing knowledge exchange through web map-based knowledge management system in construction: Lessons learned in Taiwan ». *Automation in Construction*, vol. 15, n° 6, p. 693-705.
- Liping, Sui. 2005. « Decision support systems based on knowledge management ». In *Services Systems and Services Management, 2005. Proceedings of ICSSSM '05. 2005 International Conference on. (13-15 June 2005) Vol. 2*, p. 1153-1156 Vol. 2.
- Little, John. 1970. « Models and managers: The concept of a decision calculus ». *Management Science*, vol. 16, n° 8, p. 466-485.
- Lucko, Gunnar. 2008. « Productivity scheduling method compared to linear and repetitive project scheduling methods ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 134, n° 9, p. 711-720.
- Lutz, James D., Daniel W. Halpin et James R. Wilson. 1994. *Simulation of Learning Development in Repetitive Construction*, 120. 4. ASCE, 753-773 p.
- Maliappis, M. T., K. P. Ferentinos, H. C. Passam, A. B. Sideridis et T. A. Tsiligiridis. 2006. « A web-based intelligent decision support system for low-technology greenhouses ». In *4th World Congress on Computers in Agriculture and Natural Resources, July 24, 2006 - July 26, 2006. (Orlando, FL, United states)*, p. 451-455. Coll. « Computers in Agriculture and Natural Resources - Proceedings of the 4th World Congress »: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Marakas, George M. 1999. *Decision support systems in the twenty-first century*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc.
- Marakas, George M., et Joyce J. Elam. 1997. « Creativity enhancement in problem solving: through software or process? ». *Manage. Sci.*, vol. 43, n° 8, p. 1136-1146.
- Mason, D. 1984. « The CPM technique in construction: a critique ». *Transactions of AACE International*, xx: E.2.1-E.2.10.

- Maurer, F., B. Dellen, F. Bendeck, S. Goldmann, H. Holz, B. Kotting et M. Schaaf. 2000. « Merging project planning and Web enabled dynamic workflow technologies ». *Internet Computing, IEEE*, vol. 4, n° 3, p. 65-74.
- McGartland, M. 1985. « Expert Systems for Construction Project Monitoring ». *J. Constr. Eng. Manage.*, vol. 111, n° 3, p. 293.
- McGough, E. H. 1982a. « Scheduling: Effective Methods and Techniques ». *Journal of the Construction Division*, vol. 108, n° 1, p. 75.
- McGough, Elise Hosten. 1982b. « Scheduling: Effective Methods and Techniques ». *Journal of construction Division, ASCE*, vol. 108, n° 1, p. 75-84.
- McGraw, Karen L., et Karan Harbison-Briggs. 1989. *Knowledge acquisition, principles and guidelines*. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice Hall.
- Melin, John W., et B. Whiteaker. 1981. « Fencing a bar chart ». *Journal of construction Division, ASCE*, vol. 107, n° 3, p. 497-507.
- Mendonca F., Hildeberto S., Kenia Soares B. Jr, Eliseu Castelo B., Arnaldo D., De Siqueira et Fernando S. 2004. « Girassol: A web-based software project management tool ». In *Proceedings of the International Conference on Software Engineering Research and Practice, SERP'04, June 21, 2004 - June 24, 2004*. (Las Vegas, NV, United states) Vol. 1, p. 361-365. Coll. « Proceedings of the International Conference on Software Engineering Research and Practice, SERP'04 »: CSREA Press.
- Metaxides, A. , W. B. Helgeson, R. E. Seth, G. C. Bryson, M. A. Coane, G. G. Dodd, C. P. Earnest, R. W. Engles, L. N. Harper, P. A. Hartley, D. J. Hopkin, J. D. Joyce, S. C. Knapp, J. R. Lucking, J. M. Muro, M. P. Persily, M. A. Ramm, J. F. Russell, R. F. Schubert, J. R. Sidlo, M. M. Smith et G. T. Werner. 1971. *Data base task group report to the CODASYL programming language committee*. New York, NY, USA: ACM.
- Mintzberg, H., D. Raisinghani et A. Theoret. 1976. « The structure of "unstructured" decision processes ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 21, n° 2, p. 29.
- Miresco, E. 1994. *Conception et réalisation d'un système interactif d'aide à la décision basé sur la connaissance pour la gestion de projets de construction de bâtiments*. Université Paris-IX Dauphine.
- Miresco, Edmond T, M Beliveau et P Gilbert. 1987. « New graphical planning representation with ICES-Project 1 ». *Transactions of AACE International*, xx: E.6.1-E.6.7.

- Miresco, Edmond T. 1987. « Micro informatique appliquée a la gestion de projets routiers ». *AQTR*.
- Miresco, Edmond T. 1991. « Knowledge-Based Expert System for Construction Scheduling ». In *American Society of Civil Engineers, Seventh Conference in Computing in Civil Engineering*. (Washington, D.C., mai 1991).
- Miresco, Edmond T. 1992. « Expert System for Scheduling Building Projects ». In *Congrès mondial du bâtiment CIB-92*. (Montréal, Québec, mai 1992).
- Miresco, Edmond T. 1996. « Decision Support System for Multi-Project Scheduling ». In *First International Conference on Computing and Information Technology for Architecture, Engineering and Construction*. (Singapore, 16-17 mai 1996), p. 213-218.
- Miresco, Edmond T., et N. Chepurniy. 1989. « Le développement d'un système expert par la génération de la logique de planification de projets de construction ». In *IASTED International Symposium Expert System Theory & Applications*. (Zurich, Suisse, 26 juin 1989).
- Miresco, Edmond T., et Jean-Charles Pomerol. 1995a. « A Knowledge-Based Decision Support System for Construction Projects Management ». In *6th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. (Berlin, Allemagne, 12-15 Juillet 1995), sous la dir. de 1995, A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, p. 1501-1507.
- Miresco, Edmond T., et Jean-Charles Pomerol. 1995b. « Un modèle de représentation graphique des connaissances pour la gestion de projets de construction ». *Revue internationale en gestion et management de projets*, vol. II, n° 1, p. 12.
- Miresco, Edmond T., et Jean-Charles Pomerol. 1996. « Decision Support System for Planning Construction Projects ». In *Congrès Mondial du Management de Projets 1996*. (Paris, France, 24-26 juin 1996). Vol. II, p. 607-619.
- Miresco, Edmond T., et E.J. Windisch. 1991. « Système expert pour l'entretien ». In *Congrès de l'Association CAO-FAO*. (Montréal, Québec, mars 1991).
- Miresco, Edmond T., E.J. Windisch et J. Gruia-Gray. 1993. « Expert System to Assess the Air Quality in Highrise Buildings ». In *International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering*. (Hawaii, December 1993).
- Morton, Scott. 1967. « Computer-Driven Visual Display Devices - Their Impact on the Management Decision-Making Process ». US, Harvard Business School.

- Moselhi, O., J. Li et S. Alkass. 2004. « Web-based integrated project control system ». *Construction Management and Economics*, vol. 22, n° 1, p. 35 - 46.
- Ngongang, Claude Constant. 1998. *Conception d'une base de connaissances pour l'ordonnancement des activités de construction routière*. Montréal: École de technologie supérieure, xi, 128 f. p.
- Ngongang, Claude, et Edmond T. Miresco. 1997a. « Decision Support System for Planning Roads Construction Projects ». In *7-th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. (Séoul, Corée, août 1997), p. 2183-2188.
- Ngongang, Claude, et Edmond T. Miresco. 1997b. « Knowledge Base for Planning Road Construction Projects ». In *25ème Congrès annuel de la Société Canadienne du Génie Civil*. (Sherbrooke, Québec, 23-25 mai 1997), p. 11-20.
- Nitithamyong, P. 2006 « Success/failure factors and performance measures of web-based construction project management systems: professional viewpoint ». vol. 132, n° 1.
- Nyrhinen, F., et T. Mikkonen. 2009. « Web Browser as a Uniform Application Platform: How Far Are We? ». In *Software Engineering and Advanced Applications, 2009. SEAA '09. 35th Euromicro Conference on*. (27-29 Aug. 2009), p. 578-584.
- Oracle. 2009. « Integration technologies for Primavera Solutions ». ORACLE.
< <http://www.oracle.com/us/products/applications/042740.pdf> >.
- Oracle, MySQL AB /. 2010. *MySQL*. (Version 5.0.77). United States: Oracle Corporation.
< <http://www.mysql.fr/> >.
- Paradice, D B, et J F Courtney. 1989. « Organizational knowledge management. ». *Information Resources Management Journal (IRMJ)*, vol. 2, n° 3, p. 14.
- Pena-Mora, Feniosky, et Gyanesh Hari Dwivedi. 2002. « Multiple device collaborative and real time analysis system for project management in civil engineering ». *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 16, n° 1, p. 23-38.
- Piechocki, Laurent 2007. *UML, le langage de modélisation objet unifié*. Developpez.com, 60 p. < <http://laurent-piechocki.developpez.com/uml/tutoriel/lp/cours/> >. Consulté le 12 décembre 2010.
- Power, Daniel J., Frada Burstein et Clyde Holsapple (121). 2008. *Decision Support Systems: A Historical Overview*. Coll. « Collection Business and Economics », International Handbooks on Information Systems. Springer Berlin Heidelberg, 19 p.

- Pritsker, A. A. 1966. *GERT: graphical evaluation and review technique*. Santa Monica, Calif: Rand Corp. , 138 p.
- Rahbar, F. 1984. « A Scheduling tool for smaller jobs ». *Transactions of AACE International*, xx: E.8.1-E.8.7.
- Reenskaug, Trygve Mikjel H. 1979. *The original MVC reports*. Oslo: The University of Oslo.
- Sage, A. P. 1990. « Knowledge support systems and group decision technology ». In *Systems, Man and Cybernetics, 1990. Conference Proceedings., IEEE International Conference on.* (4-7 Nov 1990), p. 845-850.
- Samikian, A., et Edmond T. Miresco. 1990. « BACEL a Microcomputer Program for the Design of Reinforced Concrete Beams ». In *MIMI 90, IASTED*. (Lugano, Suisse, juin 1990).
- Schuckmann, C., J. Schummer et P. Seitz. 1999. « Modeling collaboration using shared objects ». In *Proceedings of GROUP 99: Conference on Supporting Group Work, 14-17 Nov. 1999.* (New York, NY, USA), p. 189-98. Coll. « GROUP'99. Proceedings of the International ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work »: ACM. < <http://dx.doi.org/10.1145/320297.320319> >.
- Scott, T., T. Michiaki, S. Toyotaro, T. Akihiko et O. Tamiya. 2008. « Performance comparison of PHP and JSP as server-side scripting languages ». In *Proceedings of the 9th ACM/IFIP/USENIX International Conference on Middleware*. (Leuven, Belgium). Springer-Verlag New York, Inc.
- Scott, Tilley. 2001. « Issues in Accessing Web Sites from Mobile Devices ». In., sous la dir. de Bas, Toeter, et Wong Ken Vol. 0, p. 97-97.
< <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/WSE.2001.988791> >.
- Seaman, C. B., M. G. Mendonca, V. R. Basili et Y. M. Kim. 2003. « User interface evaluation and empirically-based evolution of a prototype experience management tool ». *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 29, n° 9, p. 838-50.
- Senko, M. E., E. B. Altman, M. M. Astrahan et P. L. Fehder. 1973. « Data structures and accessing in data-base systems, I: Evolution of information systems ». *IBM Systems Journal*, vol. 12, n° 1, p. 30-44.
- Senthilkumar, Venkatachalam, Koshy Varghese et Ajai Chandran. 2010. « A web-based system for design interface management of construction projects ». *Automation in Construction*, vol. 19, n° 2, p. 197-212.

- Shan, Feng, et Li D. Xu. 1997. « An integrated knowledge-based system for urban planning decision support ». *Knowledge-Based Systems*, vol. 10, n° 2, p. 103-109.
- Sharma, Anamika. 2009. « An interactive visual approach to construction project scheduling ». M.S. United States -- Wisconsin, Civil Engineering. In ProQuest Dissertations & Theses (PQDT).
< <http://search.proquest.com/docview/304923828?accountid=27231> >.
- Shim, J. P., Merrill Warkentin, James F. Courtney, Daniel J. Power, Ramesh Sharda et Christer Carlsson. 2002. « Past, present, and future of decision support technology ». *Decision Support Systems*, vol. 33, n° 2, p. 111-126.
- Simon, Herbert. 1977. *The New Science of Management Decision*. Prentice Hall PTR.
- Smith, P., et E. J. Fletcher. 1990. « The use of decision support systems in manufacturing management ». In *Expert Planning Systems, 1991., First International Conference on*. (27-29 Jun 1990), p. 33-35.
- Solomon, Negash. 2004. « Business intelligence ». *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 13, p. 18.
- Souris, Marc. 2003. *Les principes des systèmes d'information géographique : Principes, algorithmes et architecture du système Savane*.
- Sprague, R. H. Jr., et H. J. Watson. 1979. « Bit by Bit: Toward Decision Support System ». *California Management Review*, vol. XXII, n° 1, p. 8.
- Stewart, Rodney A., et Sherif Mohamed. 2004. « Evaluating web-based project information management in construction: capturing the long-term value creation process ». *Automation in Construction*, vol. 13, n° 4, p. 469-479.
- Suhail, Saad A., et Richard H. Neale. 1994. « CPM/LOB: New methodology to integrate CPM and line of balance ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 120, n° 3, p. 667-684.
- Thomsen, Erik. 1997. *OLAP solutions: building multidimensional information systems*. Coll. « John Wiley & Sons, Inc. ». New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc. .
- Thornberry, H L , et K L Simons. 1988. *Simulation system for construction planning and scheduling*. Coll. « American Society of Mechanical Engineers Paper ». ASME.
- Thorpe, T., et S. Mead. 2001. « Project-specific Web sites: Friend or foe? ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 127, n° 5, p. 406-413.

- Tryfona, Nectaria, Frank Busborg et Jens G. Borch Christiansen. 1999. « starER: a conceptual model for data warehouse design ». In *Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Data warehousing and OLAP*. (Kansas City, Missouri, United States), p. 3-8. 319776: ACM.
- Turban, Efraim 1967. « The Use of Mathematical Models in Plant Maintenance Decision Making ». *Management Science*, vol. 13, n° 6, p. 17.
- Turban, Efraim , et Jay E. Aronson. 2000. *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, 6th. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR.
- Vanegas, Jorge A., Edmundo B. Bravo et Daniel W. Halpin. 1993. *Simulation Technologies for Planning Heavy Construction Processes*, 119. 2. ASCE, 336-354 p.
- Verbraeck, A. 1990a. « Adaptive production planning environments using decision rules and simulation ». In *Expert Planning Systems, 1991., First International Conference on*. (27-29 Jun 1990), p. 147-151.
- Verbraeck, A. 1990b. « A decision support system for timetable construction: automated lesson planning using a special scheduling algorithm ». In *Expert Planning Systems, 1991., First International Conference on*. (27-29 Jun 1990), p. 207-211.
- Vinze, A., et A. Sen. 1991. « Expert assistance for the decision support process using hierarchical planning ». *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, vol. 21, n° 2, p. 390-401.
- Walker, D. , et M. Betts. 1997. « Information technology foresight: the future application of the world wide web in construction ». *Construction Informatics*, vol. 2, n° 3, p. 399-407.
- Wang, Chao, Zhen-Qiang Bao, Chang-Yi Li et Fang Yang. 2006. « Knowledge Update in a Knowledge-Based Dynamic Scheduling Decision System ». In *Knowledge Science, Engineering and Management*, sous la dir. de Lang, Jérôme, Fangzhen Lin et Ju Wang. Vol. 4092, p. 431-441. Coll. « Lecture Notes in Computer Science »: Springer Berlin / Heidelberg.
< http://dx.doi.org/10.1007/11811220_36 >.
- Wang, Huaiqing. 1997. « Intelligent agent-assisted decision support systems: Integration of knowledge discovery, knowledge analysis, and group decision support ». *Expert Systems with Applications*, vol. 12, n° 3, p. 323-335.
- Wang, Xiao-Yun 2008. *PowerAMC Data Modeling and Data Architecture*.(Version 15.3). Logiciel. France: Sybase Inc.

< <http://response.sybase.com/forms/PowerAMC153DA> >.

Wei, C., H. Lin, Liang Li J. et Li J. 2009. « The research of PHP development framework based on MVC pattern ». In *2009 Fourth International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology*, 24-26 Nov. 2009. (Piscataway, NJ, USA), p. 947-9. Coll. « 2009 Fourth International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology »: IEEE.
< <http://dx.doi.org/10.1109/ICCIT.2009.130> >.

Wen, W., Y. H. Chen et I. C. Chen. 2008. « A knowledge-based decision support system for measuring enterprise performance ». *Knowledge-Based Systems*, vol. 21, n° 2, p. 148-163.

Wen, W., Y. H. Chen et H. H. Pao. 2008. « A mobile knowledge management decision support system for automatically conducting an electronic business ». *Knowledge-Based Systems*, vol. 21, n° 7, p. 540-550.

Won, Kim. 1990. « Research directions in object-oriented database systems ». In *Proceedings of the ninth ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART symposium on Principles of database systems*. (Nashville, Tennessee, United States), p. 1-15. 298537: ACM.

Wu, Jian. 2010a. « Study on management information system for construction engineering supervision based on ubiquitous environment ». In *Ubi-media Computing (U-Media), 2010 3rd IEEE International Conference on*. (5-6 July 2010), p. 202-206.

Wu, Jian. 2010b. « Study on management information system for construction engineering supervision based on ubiquitous environment ». In *2010 3rd IEEE International Conference on Ubi-Media Computing (U-Media 2010), 5-6 July 2010*. (Piscataway, NJ, USA), p. 202-6. Coll. « 2010 3rd IEEE International Conference on Ubi-Media Computing (U-Media 2010) »: IEEE.
< <http://dx.doi.org/10.1109/UMEDIA.2010.5544466> >.

Yang, Yushu, Fulin Wang et Jie Zhao. 2009. « Intelligent fertilization decision support system based on knowledge model and WebGIS: Decision for fertilization ». In *Computer Science and Information Technology, 2009. ICCSIT 2009. 2nd IEEE International Conference on*. (8-11 Aug. 2009), p. 232-235.

Zavadskas, Edmundas Kazimieras, Arturas Kaklauskas, Povilas Vainiunas, Ruta Dubakiene, Andrius Gulbinas, Mindaugas Krutinis, Petras Cyras et Liudas Rimkus. 2006. « A Building's Refurbishment Knowledge and Device Based Decision Support System ». In., sous la dir. de Yuhua, Luo, p. 287-294. Springer.
< http://dx.doi.org/10.1007/11863649_35 >.

Zhidan, Wu. 2010. « Decision support system based on knowledge management and web technology ». In *Computer Application and System Modeling (ICCASM), 2010 International Conference on.* (22-24 Oct. 2010) Vol. 14, p. V14-72-V14-75.

Zucker, Daniel F., Michimasa Uematsu et Tomihisa Kamada. 2005. « Content and Web Services Converge: A Unified User Interface ». *IEEE Pervasive Computing*, vol. 4, n° 4, p. 8-11.