

Conception d'un système conseiller intelligent dédié à la modélisation conceptuelle des données

Marie-Michèle Boulet

Résumé: Dans cet article, nous traitons du développement d'un système conseiller intelligent dédié à la modélisation conceptuelle des données. Nous exposons en premier lieu les caractéristiques du domaine d'application soit la modélisation conceptuelle des données. Les principales composantes du système sont ensuite décrites soit la base de connaissances, le modèle de l'utilisateur, le module d'acquisition des connaissances et l'interface avec le monde extérieur.

INTRODUCTION

Pour être en mesure de conseiller une personne sur la démarche à suivre pour résoudre un problème dans un domaine spécifique, il faut non seulement connaître le domaine, mais aussi pouvoir déterminer où la personne se situe dans la hiérarchie de préalables associée ou, en d'autres termes, quel est le niveau de ses connaissances. En fait, le conseiller doit posséder des connaissances ayant trait au processus d'apprentissage et au domaine spécifique tel l'investissement immobilier, la composition musicale ou la modélisation conceptuelle des données (Carroll et McKendree, 1987). En conséquence, un conseiller intelligent se définit comme étant un système informatique, accessible à l'intérieur d'un logiciel d'application et servant à répondre aux questions de l'utilisateur, à lui poser des questions ou à lui enseigner les concepts du domaine dans lequel il oeuvre et à l'intérieur duquel les connaissances sont représentées en termes de structures de préalables. Le conseiller que nous avons développé intervient dans le cheminement d'un utilisateur effectuant une tâche complexe, celle de concevoir un modèle conceptuel de données suivant la méthode Merise à l'aide du logiciel d'application graphique Windows.

Dans un premier temps, nous présentons brièvement le domaine d'application du système conseiller décrit ici soit la modélisation conceptuelle des données. Nous exposons ensuite les éléments nécessaires au fonctionnement d'un système conseiller. Par la suite, nous décrivons comment nous avons

procédé pour tenir compte de ces éléments lors de la conception de la base de connaissances, du modèle de l'usager, du mécanisme d'inférence, du module d'acquisition des connaissances et de l'interface avec le monde extérieur.

La modélisation conceptuelle des données suivant la méthode Merise

Un cours portant sur la modélisation conceptuelle comporte une partie théorique au cours de laquelle les divers concepts et règles propres au domaine sont exposés et une partie pratique au cours de laquelle les étudiants doivent appliquer les concepts théoriques et les règles lors de la résolution de cas décrivant diverses organisations et leurs données. C'est pour aider les étudiants lors de la résolution de ces cas en laboratoire que le système conseiller décrit plus après a été conçu.

Un modèle conceptuel de données est en quelque sorte une photographie de la mémoire d'une organisation. C'est un plan de mémoire servant à représenter l'ensemble des informations nécessaires aux opérations de l'organisation objet d'étude ainsi que les liens entre ces informations. Un modèle conceptuel de données se conçoit à partir des éléments d'information véhiculés dans l'organisation et de sa mission. Dans un modèle conceptuel de données, on illustre à l'aide d'un diagramme des choses identifiables et des associations entre ces choses. Suivant la méthode Merise, ces choses identifiables sont des individus et les associations entre ces choses identifiables sont des relations. Ces individus et ces relations possèdent des propriétés. Les règles d'utilisation des relations sont indiquées par des cardinalités.

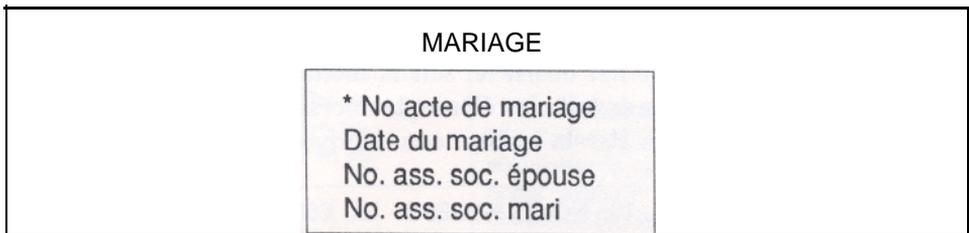
Bien que chaque méthode propose des règles de modélisation, la décision à savoir comment représenter la réalité particulière d'une organisation est une question de perception. A titre d'exemple, prenons le concept de mariage. Il peut être représenté de plusieurs façons, le tout dépendant du besoin de l'organisation pour laquelle le modèle est conçu.

Le concept de mariage peut être représenté à l'aide d'un seul individu-type MARIAGE possédant comme liste de propriétés-types NO ACTE DE MARIAGE, DATE DU MARIAGE, NO. ASS. SOC. EPOUSE et NO. ASS. SOC.

(Figure 1). Si on le représente tel qu'illustré à la figure toute cérémonie de mariage est une nouvelle occurrence de l'individu-type MARIAGE. Il ne peut donc y avoir qu'une seule date de mariage. Cela indique que l'organisation

Figure 1.

Concept de mariage représenté suivant Merise par un seul individu.

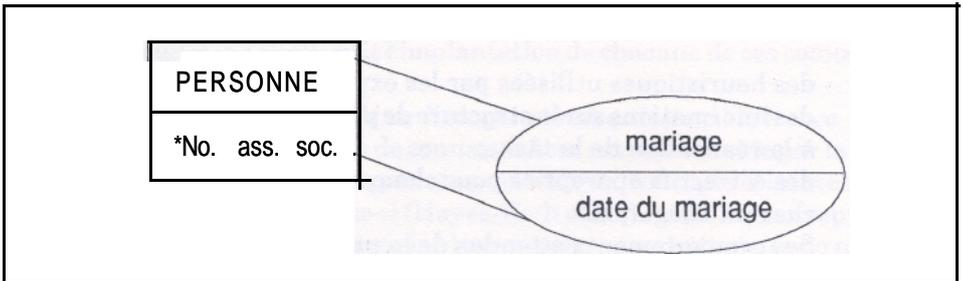


ne veut et n'a besoin de mémoriser que les cérémonies et non pas avec qui une personne est mariée.

Cependant, si le besoin de l'organisation consiste à vouloir connaître avec qui une personne est mariée, la représentation du concept de mariage présentée à la figure 1 est inadéquate. On devra alors utiliser la représentation de la figure 2.

Figure 2.

Concept de mariage représenté par un individu et une relation.



Comme on peut le constater, la décision de représenter la réalité de l'organisation par un individu-type ou une relation-type dépend des besoins des preneurs de décision, c'est-à-dire de quel accès aux données ils ont besoin dans la base de données. Cet exemple nous a permis d'illustrer les difficultés que pose l'enseignement de la modélisation conceptuelle des données.

Délai de réponse d'un système conseiller

Un système conseiller doit être en mesure de réagir de façon prompte à toutes les fois que les interactions usager/logiciel d'application le requièrent. Pour ce faire, il doit continuellement être en mesure de recevoir des données ayant trait à ce que l'utilisateur a fait, fait à un moment précis dans le temps et fera potentiellement dans le futur. Il doit analyser ces données afin de prendre la meilleure décision en regard de ces données et de donner le meilleur feed-back au moment où il est opportun de le faire (Genesereth, 1982; Hill et Miller, 1988; Kaemmerer et Allard, 1987). Parmi les moyens utilisables pour rendre le conseiller capable de fournir le feed-back approprié au bon moment, on trouve la séparation des environnements de conception et d'exécution, l'utilisation de code compilé et de mécanismes de contraintes implantés dans le processus d'inférence permettant d'éviter une explosion combinatoire lors de la recherche. Un des moyens proposés dans la littérature est le découpage de la base de connaissances en parties fonctionnelles (McCalla et coll., 1986). Ce découpage étant fait, le processus d'inférence possède une façon de déterminer quelles parties sont pertinentes et lesquelles ne le sont pas. Cette façon de représenter les connaissances nécessite une connaissance préalable à l'utilisation du système ayant trait au quand et comment une portion de connaissance est utilisée. Ainsi, l'utilisation du savoir par le système est déterminée lors du développement et non pas lors des interactions usager/système-à-base-de-

connaissances (Rowan, 1987). C'est la voie que nous avons suivie et dont nous traiterons plus loin dans le présent article.

Qualité des décisions prises

Un système conseiller étant un outil d'aide et de conseil pour tout usager au moment où il interagit avec un logiciel d'application, non seulement doit-il pouvoir agir dans un délai souvent très court mais aussi avec fiabilité. Pour ce faire, le système doit posséder, en plus d'un algorithme efficace d'inférence, une bonne connaissance du domaine pour lequel il conseille (Rodriguez et Rivera, 1986). Cela comprend les connaissances suivantes:

- z des heuristiques utilisées par les experts du domaine;
- z des informations sur la structure de préalables nécessaires à la réalisation de la tâche;
- z des correctifs appropriés pour chaque faiblesse détectée chez un usager; et
- z des comportements attendus de la part de l'utilisateur.

Chacun de ces aspects a été considéré lors du développement du système conseiller dédié à la modélisation conceptuelle des données.

Gestion des ressources disponibles

Le système doit être en mesure de gérer adéquatement ses ressources. En effet la vitesse de calcul et la taille de la mémoire d'un ordinateur sont des ressources finies. Le conseiller doit donc être en mesure de déterminer à tout moment ce qu'il est pertinent de conserver en mémoire, de calculer, de vérifier à un moment donné dans le temps la qualité de son diagnostic sans pour autant ignorer les tâches courantes réalisées par l'utilisateur. Ainsi, les actions à prendre doivent être sélectionnées par le système en fonction de certains objectifs. Le mécanisme d'inférence à ce titre joue un rôle important. En ce qui a trait à la gestion de l'espace mémoire, il est essentiel de permettre au système d'éliminer et d'archiver toute donnée pertinente (Leitch, 1987).

DONNÉES ET CONNAISSANCES NÉCESSAIRES AU SYSTÈME

Pour fonctionner adéquatement, le système conseiller doit, avant tout, posséder des connaissances. Le système doit en conséquence pouvoir gérer plusieurs bases de connaissances qui peuvent être facilement élaborées, élargies, modifiées et entretenues (Fisher et coll., 1985). Ainsi, il est fortement recommandé de disposer d'outils destinés à l'acquisition des connaissances visant à assister les experts lors la saisie des connaissances, à vérifier et valider ces connaissances nouvellement entrées et à les stocker à l'intérieur de la base de (Sauer et Walsh, 1983). Notre système conseiller dispose d'un

tel module. Le système conseiller doit également être en mesure d'effectuer certaines prédictions concernant le futur à partir des données passées et présentes ayant trait à l'utilisateur (Milne, 1987). Pour ce faire, il doit posséder certaines connaissances de la dynamique du domaine en fonction de diverses considérations (Khanna et Moore, 1986). Nous avons analysé le domaine de la modélisation conceptuelle des données en termes de structures de préalables afin de doter le système conseiller de ces possibilités.

Ainsi, un système conseiller doit posséder une base de connaissances, un modèle de l'utilisateur, un mécanisme d'inférence, un module d'acquisition des connaissances et une interface avec le monde extérieur. Nous présentons sommairement dans ce qui suit l'implantation de chacune de ces composantes.

Base de connaissances, modèle de l'utilisateur et mécanisme d'inférence

La structure d'un domaine de connaissances est représentée par la description de différents objets, composantes, entités ou concepts d'intérêt pour le système et les liens entre ceux-ci (Hayes-Roth et coll., 1983). Pour représenter cette structure, nous avons organisé les connaissances en termes de plusieurs structures arborescentes reliées les unes aux autres et représentant une hiérarchie de préalables conformément à l'hypothèse de l'apprentissage cumulatif. Nous acceptons donc que la condition la plus importante pour avoir l'assurance qu'un apprentissage a été effectué est la maîtrise des capacités préalables (Gagné, 1968; Gagné et coll., 1962). Cela veut dire, qu'en accord avec ces auteurs, nous considérons que chaque personne approche une nouvelle tâche avec une collection différente d'apprentissage d'habiletés préalables et que pour être efficace, un programme d'apprentissage ou de conseil doit prendre en compte ce que la personne sait faire et ce qu'elle ne sait pas faire. Lorsque l'on enseigne, les capacités qu'une personne possède sont évaluées à l'aide de tests diagnostiques (évaluation formative) qui permettent de produire un profil de l'apprenant en fonction d'une structure de préalables. Dans un contexte d'enseignement, le point le plus important est d'enseigner les préalables à une habileté intellectuelle que la personne ne maîtrise pas et de lui donner la possibilité de revoir ces préalables à n'importe quel moment. Dans un contexte de conseil, que ce soit un professeur qui reçoit un apprenant pour un dépannage ou un système conseiller intervenant au moment auquel un utilisateur éprouve certaines difficultés avec un domaine donné, il faut que l'intervenant humain ou informatisé puisse positionner une question posée par ou à l'utilisateur, ou une erreur de ce même utilisateur, à l'intérieur d'une structure de préalables. L'intervenant doit ensuite inférer quelles difficultés pourront potentiellement en découler, en vue d'éliminer de sa mémoire toute donnée non pertinente. Pour implanter, doter le système conseiller de tels mécanismes, nous nous sommes inspirés d'un des outils de l'évaluation formative, le schéma à facettes multiples (Scallon, 1988) pour construire en mémoire d'ordinateur un portrait du profil de l'utilisateur, soit le modèle de l'utilisateur, en ce qui a trait à ses difficultés et ce, afin d'être en mesure de lui prodiguer un conseil ou un enseignement correctif. Comme le système peut anticiper les problèmes

potentiels de l'utilisateur, les explications nécessaires sont chargées en mémoire, évitant ainsi un trop long délai de réponse et une attente trop longue pour l'utilisateur.

Le schème à facettes multiples offre la possibilité d'évaluer de façon précise le degré d'atteinte d'un objectif d'apprentissage de type habileté intellectuelle. Il est conçu en vue de la décision à prendre soit de faire progresser un élève vers d'autres objectifs, soit de l'impliquer dans des activités correctives spécifiques aux difficultés identifiées. Ce modèle permet, à l'aide de facettes, de définir un ensemble d'items et d'en arriver à un tableau de spécifications à deux ou plusieurs dimensions. Par facettes, il faut entendre toute variation introduite au niveau des items servant à évaluer le rendement de l'élève. Au lieu d'utiliser le principe du schème à facettes multiples pour produire des questions pour un test, nous l'utilisons pour rattacher chacune des interventions du système conseiller, permettant ainsi de les situer par rapport à d'autres préalables. Lors de l'acquisition des connaissances pour notre conseiller, nous nous sommes inspirés de tels schèmes pour représenter les connaissances relatives à chaque hiérarchie d'apprentissage établie lors de l'analyse du domaine de la modélisation conceptuelle des données.

Lorsque l'utilisateur élabore un modèle conceptuel de données à l'aide d'un logiciel d'application graphique le système conseiller recueille d'abord un ensemble de données relatives au modèle. Ces données sont emmagasinées suivant les principes de design pédagogique de Gagne (1977). Le but visé par le système conseiller est de permettre à toute personne utilisant un logiciel d'application graphique de recevoir de l'aide lors de la conception d'un modèle conceptuel des données. Ce but se découpe en quatre objectifs d'unité suite à l'analyse du domaine effectuée par Boulet (1988a, 1988b, 1988c) et Boulet et Barbeau (1989). A titre d'exemple, le premier objectif d'unité (O.U.1) identifié par Boulet (1988a) consiste à permettre à un usager de démarrer un processus de modélisation conceptuelle de données. Le deuxième objectif d'unité consiste à permettre à un usager d'identifier et de représenter à l'aide du formalisme Merise les individus d'un modèle conceptuel de données, leur identifiant et leur liste de propriétés. Le troisième objectif d'unité vise à développer les mêmes capacités que celle énoncées pour le deuxième objectif mais cette fois pour les relations d'un modèle conceptuel de données. Le quatrième objectif d'unité consiste à permettre à un usager de poser adéquatement toutes les cardinalités d'un modèle conceptuel de données. Chaque objectif d'unité se décompose en objectifs terminaux. Ainsi, toujours selon Boulet (1988a), l'objectif d'unité 1 se découpe en deux (2) objectifs terminaux. Ces objectifs visent à développer la capacité d'expliquer ce qu'est un modèle conceptuel de données et celle d'établir la liste des propriétés. Chacun des objectifs terminaux est ensuite découpé en objectifs intermédiaires. Le premier objectif terminal mentionné plus avant comporte quatre objectifs intermédiaires (Boulet, 1988a): l'utilisateur doit premièrement définir ce qu'est un modèle conceptuel de données, deuxièmement énoncer la philosophie à la base de la modélisation conceptuelle des données, troisièmement énoncer le rôle du modèle conceptuel de données, et

finalement en énumérer les éléments fondamentaux. Possédant la structure de préalables inhérente à la capacité de concevoir un modèle conceptuel de données, il a été possible d'énoncer les explications associées aux éléments les plus fins de la hiérarchie, c'est-à-dire aux objectifs intermédiaires. Pour ce faire, le principe de séparation des connaissances et des traitements à appliquer a été utilisé. Ainsi, les diverses questions posées par ou à l'utilisateur et les explications fournies sont situées par le système conseiller dans les matrices correspondant à la hiérarchie de préalables associée. Avant de répondre à la question posée par l'utilisateur ou de procéder à l'analyse de la réponse faite par un usager à une question du conseiller, le conseiller examine les valeurs de chacune des matrices et, en fonction du nombre de fois auquel l'utilisateur a préalablement référé au même contenu, décide de répondre directement à la question ou de plutôt lui suggérer la révision d'un ensemble de concepts. Pour l'instant, les seuils de réussite servant à déterminer le nombre de fois que le système conseiller répondra à une même question ont été fixés à 80% suivant la théorie de la maîtrise des apprentissages (Block et Anderson, 1975). L'étape de validation nous permettra d'ajuster ceux-ci.

Illustrons ceci à l'aide d'un exemple simplifié puisqu'il serait très long d'explicitier les changements effectués dans chacune des matrices. Supposons un usager utilisant un logiciel d'application graphique pour élaborer un modèle conceptuel de données suivant la méthode Merise. Cet usager questionne le conseiller sur les cardinalités qu'il a établies. Au fur et à mesure qu'il progresse, un certain nombre de matrices se construisent. Nous illustrerons une partie de celles concernant l'objectif "Associer adéquatement à un contexte un couple de paires de cardinalités".

Tout d'abord, le système construit en mémoire la matrice présentée à la figure 3 puis calcule le nombre total de couples de paires de cardinalités utilisés dans le modèle conceptuel de données en additionnant chacune des cellules de la matrice. Aux fins de notre démonstration, il y en a 60. Le système utilise cette valeur pour déterminer le nombre de consultations permises au total pour les couples de paires de cardinalités soit 16 en vertu du seuil de réussite 80% mentionné précédemment.

Figure 3.

Partie d'une matrice se construisant en mémoire concernant le nombre de couples de paires de cardinalités dans le modèle élaboré par

		Date droite			
		0,n	1,n	1,1	(1,1)
patte	0,n		12	16	
	1,n		20	12	
gauche	1,1				
	(1,1)				

Il peut être observé à la figure 3 que le système possède également des données sur la fréquence de chaque couple de paires de cardinalités soit 12 couples 0,n - 1,n, 16 couples 0,n - 1,1, etc. A partir de ces données une autre matrice, présentée à la figure 4, servant à déterminer le nombre de consultations permises pour chaque couple de paires de cardinalités en fonction du seuil préétabli se construira parallèlement.

Figure 4.
P artie de la matrice ayant trait aux consultations permises à l'usager.

Paire sur		patte droite			1,1	1
		0,n	1,n	1,1		
patte gauche	0,n		3	3		
	1,n		4	3		
	1,1	1,1				

Toujours à partir de la matrice dont la forme est rappelons-le inspirée du schème à facettes multiples, le nombre total de paires de cardinalités utilisées dans le modèle conceptuel de données est calculé en faisant la somme des lignes et des colonnes. La valeur calculée pour la paire 0,n sera 28 et ainsi de suite. En conséquence, les consultations permises pour la paire de cardinalités 0,n considérant le seuil de réussite sera de 6. Deux autres matrices non illustrées ici et dont la forme s'inspire encore une fois du schème à facettes multiples seront élaborées pour d'une part, mémoriser le nombre de cardinalités minimum 0,1, c et n, le nombre de cardinalités maximale 1, c, n, et d'autre part, mémoriser le nombre de consultations permises pour ces éléments à un niveau plus bas de la hiérarchie de préalables.

Avant que ne soit déclenché le processus global d'activation du niveau inférieur, soit les connaissances relatives à l'objectif d'unité 3, l'usager pourra effectuer au total 12 consultations compte tenu que son modèle comporte 60 couples de cardinalités. En fait, ce niveau inférieur réfère à une autre hiérarchie d'apprentissage non illustrée ici.

L'usager utilise 12 fois dans son modèle le couple 1 ,n - 1,1. Ainsi, en vertu du seuil de réussite fixé à 80%, il a droit à 3 consultations concernant spécifiquement ce couple sinon, on le réfèrera au concept de paires de cardinalités. Supposons que notre usager demande au conseiller de lui aider à vérifier si un couple de cardinalités 1,n - 1,1 est valable par rapport à ce qu'il perçoit de la réalité. Toutes les matrices représentant le cheminement de l'usager seront mises à jour tel qu'illustré dans ce qui suit.

En premier lieu, les matrices ayant trait aux consultations effectuées pour chaque couple de paires de cardinalités seront construites; il s'agit du modèle

de l'utilisateur dont un extrait est présenté à la figure 5. Nous nous en tenons ici à la présentation d'une partie de la matrice concernant les couples de paires de cardinalités.

Figure 5.

Partie d'une des matrices ayant trait aux couples de paires de cardinalités correspondant au modèle de l'utilisateur.

		Patte droite			
		0,n	1,n	1,1	(1,1)
gauche	0,n		0	0	
	1,n		0	1	
	1,1				
	(1,1)				

Ainsi, une lecture effectuée par le système lui permet de constater qu'une seule consultation a été effectuée au total pour tous les couples de cardinalités (somme de toute la matrice) et pour le couple 1,n - 1,1 (valeur de l'intersection 1,n - 1,1)

Comme c'est la première fois que l'utilisateur réfère à cet élément de connaissance, le conseiller lui présentera une explication reliée directement à la question posée. Supposons maintenant que le même utilisateur demande à trois autres reprises de valider des couples 1,n - 1,1; même une personne humaine s'interrogerait sur sa compréhension. Une mise à jour continue du modèle de l'utilisateur étant effectuée, la matrice représentant ce dernier contiendra les valeurs présentées à la figure 6.

Figure 6.

Actualisation de la matrice correspondant au modèle de l'utilisateur.

		patte droite			
		0,n	1,n	1,1	(1,1)
gauche	0,n		0	0	
	1,n		0	1	
	1,1				
	(1,1)				

Les résultats des divers calculs effectués par le système lui permettra de se rendre compte que le nombre de consultations effectuées (4) est plus grand que le nombre permis (3) pour le couple 1,n - 1,1 mais que les autres seuils ne

sont pas atteints. Il prendra la décision de diriger l'utilisateur vers la partie de la base de connaissances portant sur les paires de cardinalités, à un niveau plus bas de la structure de préalables. Notons que d'autres matrices vont continuellement se construire et être mises à jour tout au long du cheminement de l'utilisateur.

L'utilisateur peut également décider lui-même et au moment où il le juge utile de consulter une autre portion de connaissances. Afin de lui permettre ces consultations, nous avons conçu une structure d'inspiration Hypertext pour les explications présentées à l'utilisateur. Cette structure d'inspiration Hypertext consiste à afficher en relief les mots correspondant à des notions préalables à la compréhension de l'explication; l'utilisateur peut, à l'aide de la souris, se positionner sur un mot dont il a oublié la signification et appuyer sur le bouton de la souris. Le conseiller à ce moment chargera en mémoire les matrices correspondant aux structures de préalables en cause, vérifiera les valeurs des matrices et affichera les explications pertinentes. Un extrait de contenu d'une intervention du conseiller est présenté dans ce qui suit:

"15% de votre modèle conceptuel de données comporte des couples de paires de cardinalité $0, n - 0, n$. Cela signifie que les deux individus-types (ici le conseiller affiche le nom des individus-types impliqués dans la relation. Nous les appelons ici A, pour l'individu de gauche et B, pour l'individu de droite) A et B peuvent exister dans la mémoire sans que la relation (ici le nom de la relation du modèle conçu par l'utilisateur apparaît. Nous l'appelons R) R n'existe. Par contre, lorsque la relation R existe, les deux..."

Il peut être observé qu'à l'intérieur de l'explication présentée plus haut et référant à un objectif intermédiaire de l'objectif d'unité 4 soit à un couple de paires de cardinalités $0, n - 0, n$, les concepts d'individus-types et de relation sont impliqués. Le concept d'individus-types fait référence à l'un des objectifs intermédiaires de l'objectif d'unité 2 et le concept de relation à l'un des objectifs intermédiaires de l'objectif d'unité 3.

Module d'acquisition des connaissances

Un des buts visés par la conception du module d'acquisition des connaissances est de permettre la collecte de cas réels. Ces cas seront par la suite utilisés lors des interventions du conseiller; ces cas visent à permettre à l'utilisateur de mieux saisir les explications théoriques puisqu'elles seront appuyées d'exemples référant au domaine pour lequel le modèle conceptuel des données est élaboré. Ainsi, un autre des buts visés est de permettre la diffusion de l'expertise ayant trait à l'élaboration du modèle conceptuel des données d'un secteur d'activité particulier.

La décision d'élaborer un module d'acquisition des connaissances de la part d'experts en modélisation conceptuelle des données a rendu nécessaire la détermination d'une structure de présentation des interventions du conseiller. En effet, puisque les experts seront des personnes différentes, s'exprimant

différemment et de surcroît non spécialisées en théorie de la communication, nous devons être en mesure de les encadrer lors de la formulation de leurs exemples, ceci en vue d'assurer une présentation uniforme des explications présentées par le système conseiller. Nous avons en conséquence consulté la littérature ayant trait à la communication dans un cadre d'enseignement et d'apprentissage en vue notamment de fournir aux experts un encadrement optimal.

Les théoriciens de la communication s'entendent sur le fait que, pour qu'un message exprimé par un émetteur, dans notre cas le module d'intervention du conseiller informatisé, soit reçu et enregistré par un récepteur, dans notre cas l'utilisateur du système conseiller en modélisation conceptuelle des données, l'émetteur et le récepteur doivent utiliser le même code. Cependant, l'application de cette théorie est plus complexe lorsque le but de l'émetteur est de faire acquérir de nouvelles notions au récepteur; c'est justement le but de l'émetteur "système conseiller". Il faut à ce moment distinguer dans le vocabulaire du système conseiller les mots du vocabulaire courant connus de l'utilisateur utilisés pour lui transmettre des concepts nouveaux des mots correspondants à l'apprentissage et en conséquence nouveaux pour l'utilisateur et que l'on désire lui faire apprendre.

Les spécialistes de la communication nous recommandent donc de choisir parmi les mots les plus usuels ceux qui serviront à formuler les explications d'un phénomène (Richaudeau, 1975). C'est pour respecter cette théorie issue de diverses recherches que nous avons décidé de rendre possible la présentation par le conseiller informatisé d'exemples ayant trait au domaine pour lequel le modèle conceptuel de données est conçu et, en conséquence, de développer le module d'acquisition des connaissances dont il est question ici.

Les mots dits nouveaux sont ceux spécifiques à chaque matière comme par exemple les termes individu, relation, cardinalité, occurrence, contrainte d'intégrité fonctionnelle utilisés dans le domaine de la modélisation conceptuelle des données. Pour les mots nouveaux, il ne s'agit plus d'adapter le vocabulaire à l'utilisateur mais plutôt de lui apprendre un nouveau vocabulaire tout en tenant compte de ses capacités psychologiques et linguistiques à retenir ceux-ci. Ici encore, les théoriciens de la communication nous recommandent de suivre certaines règles.

- 1- Il faut doser l'apparition des mots nouveaux et veiller à ce que chaque intervention n'en comporte qu'un nombre réduit.
- 2- Il faut bien définir chaque mot nouveau, même s'il s'agit de mots usuels. Les spécialistes de la communication signalent que pour les mots usuels, leur insertion dans une phrase peut suffire à en faire deviner la signification au récepteur; ils précisent qu'il vaut cependant mieux sous-estimer cette faculté du récepteur et s'astreindre soit à faire précéder le nouveau mot usuel d'un mot synonyme, soit le définir en utilisant dans le texte des formules du type "c'est-à-dire" ou "ce qui veut dire.*"

3- Il faut veiller à répéter chacun de ces nouveaux mots au cours de la même intervention (si cela est possible) et au cours des interventions qui suivent.

En fonction de ces considérations, les fonctions du module d'acquisition des connaissances se décrivent comme suit:

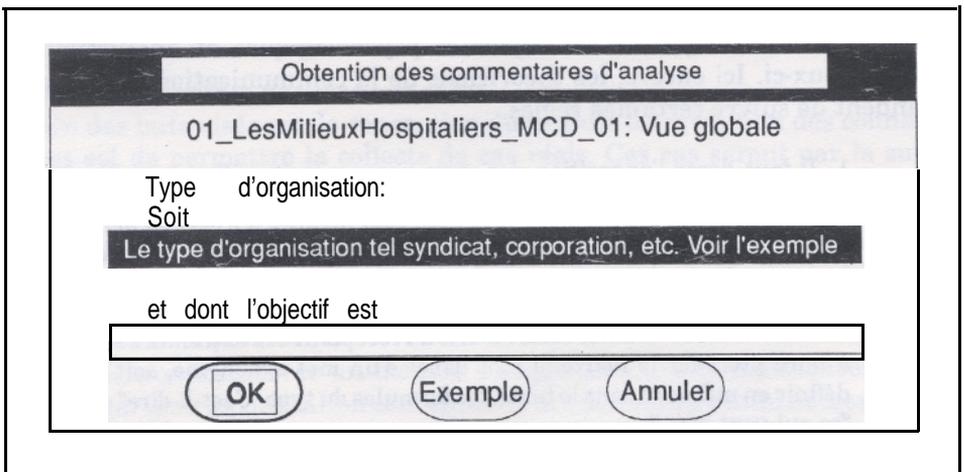
- 1) Le module d'acquisition des connaissances permettra de balayer complètement un modèle conceptuel des données entré par un expert dans le but de recueillir les informations nécessaires à la production d'exemples réels et collant à la réalité que l'usager tente de modéliser.
- 2) Dans le but d'assurer l'uniformité des exemples, le module d'acquisition des connaissances obligera les experts à fonctionner à l'intérieur d'un cadre. Nous décrivons dans ce qui suit cette forme d'encadrement.

En ce qui a trait aux informations utilisées dans les exemples, le premier type sert à situer le contexte du modèle (Figure 7). Ce contexte se présente selon l'ordre suivant:

- 1) Sorte d'organisation;
- 2) Sorte de clientèle;
- 3) Sorte de transaction;
- 4) Description de la transaction et de ce que l'organisation retient de cette transaction; et
- 5) Spécimen de la transaction si applicable.

Figure 7.

Exemple d'une fenêtre du module d'acquisition des connaissances.



Le contexte étant précisé, la partie visant le transfert des connaissances théoriques à leur application pratique est ensuite présentée. Cette partie est composée de phrases utilisées lors des explications théoriques présentées en réponse à certaines questions auxquelles sont ajoutées des phrases ayant trait au contexte. Nous présentons dans ce qui suit, un exemple de structure de ces phrases.

Explication numéro 21170. Tout d'abord, on procède à la présentation du contexte organisationnel selon le principe 1 énoncé plus avant. Par la suite, si un spécimen de transaction effectuée par l'organisation est disponible, il sera graphiquement saisi par le module, et le texte suivant sera par la suite affiché:

L'on peut observer que:

[...] est une occurrence de la propriété-type [...]

[...] est une occurrence de la propriété-type [...]

et ainsi de suite.

Signalons que ce qui est placé entre crochets est précisément ce que l'expert devra compléter.

Interface avec le monde extérieur

La figure 8 (voir page suivante) présente la fenêtre de l'outil de modélisation apparaissant au démarrage. L'installation du système conseiller provoque un ajout à la barre de menu située au haut de la fenêtre soit l'option CONSEILLER. Dans ce qui est illustré, on peut remarquer que l'utilisateur a débuté la conception d'un modèle conceptuel de données. Trois individus ont été créés à l'aide de la palette d'outils située au haut à gauche de l'écran, soit ETUDIANT, ADRESSE ET COURS ainsi qu'une relation SUIT et une autre relation A. Par ailleurs, la figure 9 (voir page suivante) présente l'un des menus présenté à l'utilisateur après qu'il ait indiqué au conseiller qu'il désirait obtenir des informations ayant trait aux cardinalités de la relation SUIT.

CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté les grandes lignes des principes suivis lors de la conception d'un système conseiller intelligent. Dans le futur, d'autres modules seront ajoutés au système. Ainsi, un module d'explication des faiblesses décelées chez l'utilisateur sera ajouté; le système conseiller sera en mesure d'expliquer à l'utilisateur les raisons pour lesquelles il a pris certaines décisions ayant trait, par exemple, à la sélection des explications qui ont été présentées. Une prescription d'apprentissage correctif sera également générée par le système, en fonction du modèle de l'utilisateur et sera présentée à l'utilisateur en termes d'impacts futurs sur sa capacité à effectuer correctement et rapidement un modèle conceptuel de données. Un autre module visant à gérer la présentation des explications à l'écran sera également ajouté; pour l'instant,

Figure 8.

Fenêtre principale de l'outil d'application graphique auquel le conseiller a été greffé.

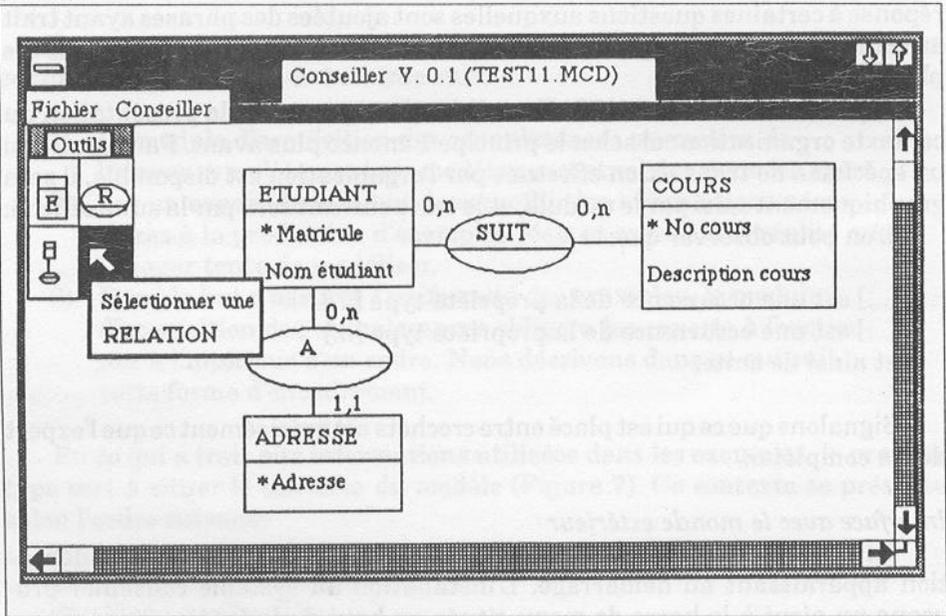


Figure 9.

Partie d'une fenêtre permettant à l'utilisateur d'obtenir des explications.

- Expliquer le couple 0,n-0,n
- Expliquer la paire 0,n de ETUDIANT
- Expliquer la paire 0,n de COURS
- Expliquer la cardinalité minimum 0 de l'individu ETUDIANT
- Expliquer la cardinalité maximum n de l'individu ETUDIANT
- Expliquer la cardinalité minimum 0 de l'individu COURS
- Expliquer la cardinalité maximum n de l'individu COURS
- TERMINER

nous en sommes à la revue de littérature ayant trait aux interfaces personne/machine pour les systèmes conseillers.

RÉFÉRENCES

- Block, J.H., et Anderson, L.W. (1975). *Mastery learning in classroom instruction*. New York, NY: MacMillan.
- Boulet, M.M. (1988a). *Système conseiller: Analyse de l'objectif d'unité 1 "Démarrer un processus de modélisation conceptuelle des données."* Rapport de recherche DIUL-RR-8815. Département d'informatique. Faculté des Sciences et de génie, Université Laval.
- Boulet, M.M. (1988b). *Système conseiller: Analyse de l'objectif d'unité 2 "Identifier et représenter à l'aide du formalisme Merise les individus d'un modèle conceptuel de données, leur identifiant et leur liste de propriétés."* Rapport de recherche DIUL-RR-8816. Département d'informatique. Faculté des Sciences et de génie, Université Laval.
- Boulet, M.M. (1988c). *Système conseiller: Analyse de l'objectif d'unité 3 "Identifier et représenter à l'aide du formalisme Merise les relations d'un modèle conceptuel de données, leur identifiant et leur liste de propriétés."* Rapport de recherche DIUL-RR-8817. Département d'informatique. Faculté des Sciences et de génie, Université Laval.
- Boulet, M.M., et Barbeau, L. (1989). *Cardinalités: Document d'analyse de l'utilisation des cardinalités suivant le formalisme Merise en vue d'élaborer le module d'intervention d'un système conseiller*. Rapport de recherche à paraître. Département d'informatique. Faculté des Sciences et de génie. Université Laval.
- Carroll, J.M., & McKendree, J. (1987, January). Interface design issues for advice-giving expert systems. *Communications of the ACM*, 30 (1), pp. 14-31.
- Fisher, G., Lemke, G., & Schwab, T. (1985). Knowledge-based help systems. *CHI'85 Proceedings*, pp. 161-167.
- Gagné, R.M. (1968, November). Learning hierarchies. *Educational Psychologist*, 6, pp. 1-9.
- Gagné, R.M., Mayor, J.R., & Garstens, H.L., Paradise, N.E. (1962). Factors in acquiring knowledge of a mathematical task. *Psychological Monographs*, 76 (7), pp. 1-19.
- Genesereth M.R. (1982). The role of plans in intelligent teaching systems. In D. Sleeman & J.S. Brown (Eds.) *Intelligent tutoring systems*. London: Academic Press Ltd.
- Hayes-Roth, F., Waterman, D.A., & Lenat, D.B. (1983). *Building expert systems*. Addison-Wesley Publishing Company Inc.
- Hill, W.C., & Miller, J.R. (1988, May). Justified advice: a semi-naturalistic study for advisory strategies. *Proceedings of CHI'88: Human Factors in Computing Systems.*, Association for Computing Machinery, pp. 185-190.

- Kaemmerer, W.F., & Allard, J.R. (1987). An automated reasoning technique for providing moment-by-moment advice concerning the operation of a process. *Review of American Association for Artificial Intelligence*, pp. 16-28.
- Khanna, R., & Moore, R.L. (1987, July). Expert systems involving dynamic data for decisions. *Second International Expert Systems Conference*, Association for Computing Machinery, pp. 34-40.
- Leitch, R.R. (1987, July). Modelling of complex dynamic systems. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers Proceedings*, 134, (4), Pt. D.
- McCalla, G.I., Bunt, R.B., & Harms, J.J. (1986). The design of the SCENT automated advisor. *Computational Intelligence*, 2 (2), pp. 13-27.
- Milnes, R. (1987, July). Artificial intelligence for online diagnosis. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers Proceedings*, 134 (4), Pt. D.
- Richaudeau, F. (1975). *Les secrets de la communication efficace*. Paris: Retz-CEPL.
- Rodriguez, G., & Rivera, P. (1986, July). A practical approach to expert systems for safety and diagnostics. *InTech*, pp. 9-16.
- Rowan, D.A. (1987). On-line fault diagnosis: initial success and future directions. *Proceedings of the ISA'87 International Conference and Exhibit*, pp. 1211-1218.
- Sauers, R., & Walsh, R. (1983). On the requirements of future expert systems. *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, American Association for Artificial Intelligence, pp. 306-320.
- Scallon, G. (1988). *L'évaluation formative des apprentissages: L'instrumentation*. Presses de l'Université Laval: Québec, QC.

AUTEUR

Marie-Michèle Boulet est une professeure agrégée au Département d'informatique, Université Laval, Québec, QC G1K 7P4.

REMERCIEMENTS: Ce projet de recherches bénéficie d'une subvention du Centre Canadien de Recherches sur l'Informatisation du Travail (CCRIT) et d'un support technique de IBM-Canada. Il est une partie d'un projet plus global dont les autres partenaires sont le Conseil National de Recherches Canada, l'Université de Leeds, Price Waterhouse et XA system. Les étudiants gradués Luc Barbeau, Sergio Slobodrian et Jacques ont contribué à la programmation du système.