

FORMALISME DE DONNEES "INDIVIDUEL" (ENTITE-RELATION) :

EXTENSION DES CONTRAINTES.

Yves Tabourier  
animateur du Groupe de travail 135 de l'Afcet  
(Conception des systèmes d'information, collègue GID)

Gamma international  
99, rue de l'Abbé Groult  
75015 Paris

Résumé

L'introduction, dans le "formalisme individuel", de contraintes ensemblistes entre relations constitue moins une nouveauté que le rattrapage d'un retard sur d'autres formalismes. Le Groupe 135 a pu trouver un consensus sur ce terrain, ainsi que sur celui des contraintes d'unicité et de certaines contraintes dynamiques. Il a également fallu apporter des extensions aux anciennes contraintes comme aux nouvelles en raison de l'introduction des sous-types.

Mots clés

Contrainte d'exclusion, contrainte d'inclusion, contrainte de totalité, contrainte d'unicité, entité-relation, formalisme individuel.

Journée Afcet, 15 novembre 1990

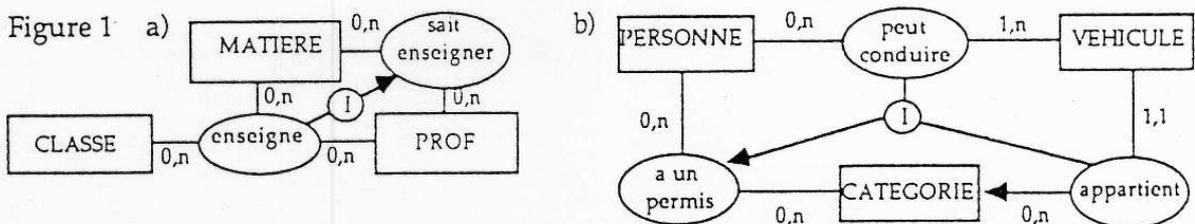
"Le formalisme de données Merise : extensions du pouvoir d'expression"

## Préambule.

Les travaux menés depuis mars 1988 par le Groupe de travail 135 de l'Afcet en s'appuyant sur [Rochfeld/Moréjon 88] et [Tabourier 88], puis [Lé/Peugeot 88], [André/Perrin 88] et [Sibertin-Blanc 88] pour étendre le "formalisme individuel", comportent trois volets : les contraintes d'intégrité, la généralisation/spécialisation (héritage et sous-types) et les procédés d'indentification : ces trois thèmes sont intimement mêlés [Brès 90], [Tabourier 90], et si le présent texte est essentiellement consacré aux contraintes, il est parfois amené à faire référence aux deux autres thèmes [Rochfeld 90], [Sibertin-Blanc 90].

Les contraintes ensemblistes entre relations (contraintes "d'extension").

Ces contraintes constituaient d'autant plus une frustration pour les usagers du formalisme individuel que d'autres comme IA/NIAM [Verheijen & Van Bekkum 82] en disposent depuis longtemps, y compris le formalisme très voisin d'IDA [Bodart & Pigneur 83 & 89]. D'autre part, les contraintes ensemblistes sont fort proches de clauses de logique formelle (par exemple l'inclusion ensembliste équivaut à l'implication logique), d'où l'idée que la prise en compte de telles contraintes est un pas vers la transformation du modèle de données en réseau sémantique. C'est en partie parce que [Tabourier 88] était très orienté dans ce sens, en partie peut-être aussi parce que leur forme était proche de celle d'IDA et NIAM, que le choix du groupe de travail s'est porté vers les propositions de ce texte. La figure 1 montre la représentation de la contrainte d'inclusion (ou d'implication).



Le (I) de la figure 1 a) se lit ainsi : l'ensemble des couples (matière, prof) qui participent à la relation "sait-enseigner" est inclus dans l'ensemble de ceux qui participent à la relation "enseigne", ce qu'en français courant on dirait "pour qu'un prof enseigne une matière à une classe, il faut qu'il sache enseigner cette matière" ; dans un langage logique un peu formalisé on écrirait quelque chose comme :

si enseigne (x : classe, y : matière, z : prof)

alors sait-enseigner (y : matière, z : prof).

La figure 1 b) se lit ainsi : l'ensemble des couples (personne, catégorie) qui participent à la jointure naturelle des relations "peut-conduire" et "appartient" est inclus dans l'ensemble de ceux qui participent à la relation "a-un-permis", ce qu'en français courant on dirait "pour qu'une personne puisse conduire un véhicule qui appartient à une catégorie, il faut qu'elle ait un permis de cette catégorie" ; dans un langage logique un peu formalisé on écrirait quelque chose comme :

si peut-conduire (x : personne, y : véhicule)

et appartient (y : véhicule, z : catégorie)

alors a-un-permis (x : personne, z : catégorie).

Sur ces deux exemples, nous avons défini deux contraintes, chacune du type "inclusion" (I), la première de portée "enseigne" et de cible "sait-enseigner", la seconde de portée composée de "peut-conduire" et "appartient" et de cible "a-un-permis". Dans chacune de ces contraintes, le pivot, non précisé, est

implicitement fait des individus reliés par des pattes à la fois à des relations de la portée et de la cible, à savoir "matière" et "prof" dans la première, et "personne" et "catégorie" dans la seconde. Ces notions sont présentées dans la figure 2, ébauche de ce qu'il est convenu d'appeler un "métamodèle de données", c'est-à-dire un modèle de données capable de supporter la définition d'un modèle de données ; j'espère qu'il est suffisamment explicite.

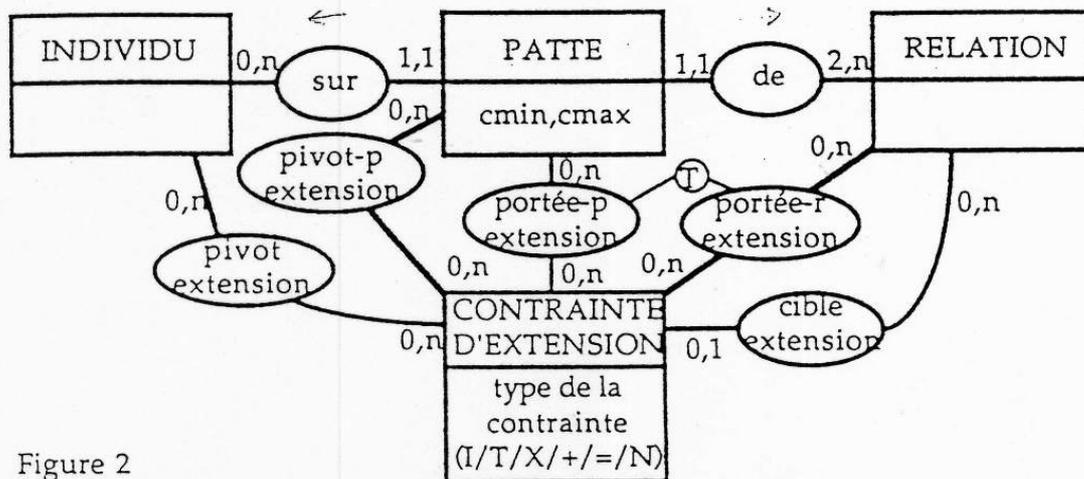


Figure 2

Ce métamodèle fait usage d'une contrainte d'extension d'un nouveau type, la "totalité" (T, ou "ou inclusif", V, ou "couverture", C) : lorsque l'on considère l'ensemble des contraintes d'extension reliées à des pattes par portée-p-extension ou à des relations par portée-r-extension, on a la totalité des contraintes d'extension. La totalité étant symétrique, elle n'a pas de cible.

La figure 3 offre un exemple de contrainte de totalité dans un modèle "ordinaire" ; ici ne souhaite pas exiger que l'on ait la totalité des couples (personne, contrat) lorsque l'on considère ceux qui sont reliés l'un à l'autre par l'une ou l'autre des relations "souscrit" et "conductrice" (cela voudrait dire que toute personne a à voir avec tout contrat) : on veut seulement exiger que toute personne soit reliée à au moins un contrat d'une façon ou de l'autre (ou des deux) ; le pivot de la contrainte ne peut plus rester implicite, et nous proposons de le spécifier par un trait pointillé : on couvre la totalité des "personnes" en considérant celles qui participent à l'une ou l'autre des relations "souscrit" et "conductrice".

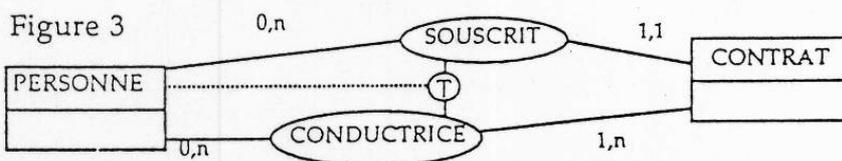


Figure 3

La figure 4 montre un autre type de contrainte, l'exclusion : ici le pivot implicite convient à gauche aussi bien qu'à droite, s'il est vrai que l'on veut seulement empêcher qu'une même personne soit reliée au même cours à la fois comme enseignant et comme élève.

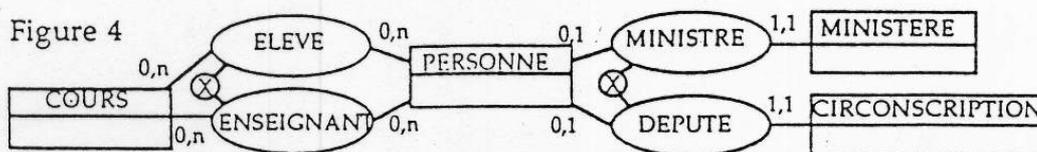
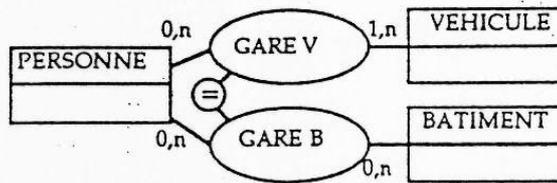


Figure 4

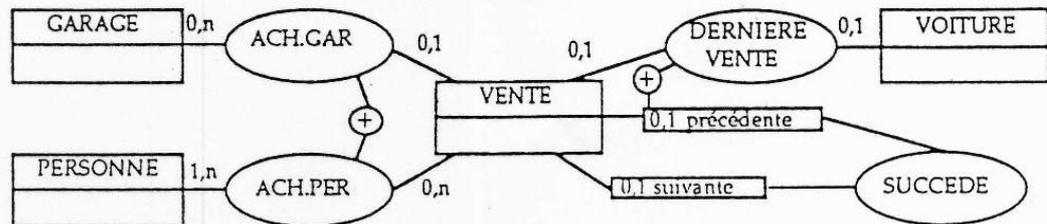
Avec seulement "personne" comme pivot, on empêcherait qu'une personne puisse être élève et enseignant, même dans des cours différents ; et quant au choix du pivot "cours", il empêcherait un cours d'avoir à la fois des enseignants et des élèves !

Figure 5



L'égalité (=, ou "simultanéité", S) mise en scène en figure 5 combine en fait deux inclusions en sens inverses : les ensembles de personnes qui participent à chacune des deux relations doivent être inclus l'un dans l'autre, c'est-à-dire égaux.

Figure 6



Le "ou exclusif" (+) illustré par la figure 6 est lui aussi une combinaison, cette fois d'une exclusion avec une totalité (ou "ou inclusif", d'où cette appellation). Une autre particularité montrée sur la figure 6 est que, dans le cas de relations récursives (où un même individu intervient plus d'une fois), définir la portée avec la seule relation ne suffit pas : il faut dire quelle patte intervient dans la contrainte.

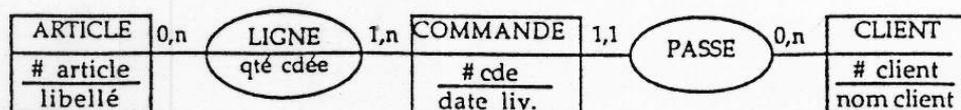
Enfin il peut être commode de spécifier en une seule fois que quelques relations sont exclusives deux à deux (jointures deux à deux vides). Nous sommes convenus que l'exclusion (X) entre plus de deux relations aurait cette interprétation. Du coup il fallait choisir un nouveau signe pour l'exclusion globale, que nous avons appelée "négation" (N) et qui exige que la jointure globale des relations soit vide.

Le Groupe a discuté de contraintes spécifiques aux relations récursives (pas de circuits d'occurrences, etc.) mais n'a pas abouti à un consensus.

Les contraintes d'unicité.

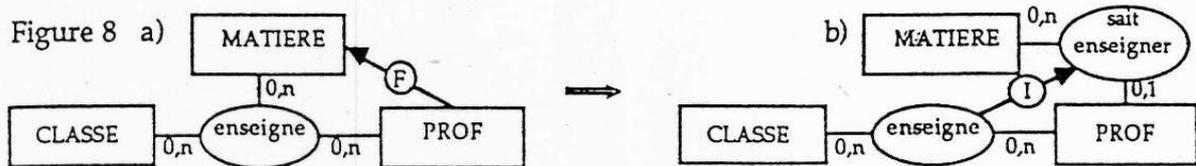
La plupart des "dépendances fonctionnelles" du formalisme relationnel ont été prises en compte dès l'origine dans le formalisme individuel [Tardieu/Nanci/Pascot 79]. Il est en particulier entendu que les propriétés d'un individu ou d'une relation dépendent fonctionnellement de son "identifiant" : par exemple en figure 7, on a les dépendances fonctionnelles #article  $\rightarrow$  libellé, #cde  $\rightarrow$  date liv., #client  $\rightarrow$  nom client et (#cde x #article)  $\rightarrow$  qté cdée. Les dépendances fonctionnelles entre parties de l'identifiant d'une relation donnent, dans le cas des relations à deux "pattes", des cardinalités maximum à 1, ici (figure 7) #cde  $\rightarrow$  #client.

Figure 7

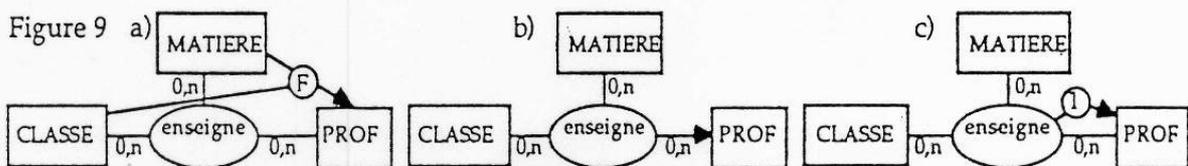


48

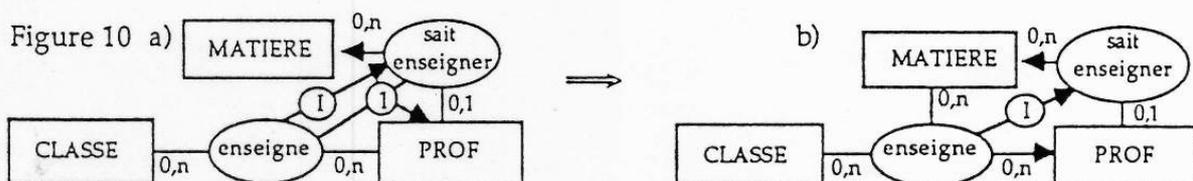
Pour les relations à plus de deux pattes, ces dépendances étaient appelées des "contraintes d'intégrité fonctionnelle", ou CIF. Les CIF étaient dites "complètes" si un identifiant d'individu dépendait "pleinement" des autres, et pas seulement d'une partie : dans ce second cas, on parlait de CIF "incomplète". Ces CIF "incomplètes" (p. ex. prof  $\rightarrow$  matière, figure 8 a) n'ont pas en général à être représentées, car elles mènent à une décomposition, déjà connue à l'origine du formalisme et applicable dans tous les cas si l'on dispose de la nouvelle contrainte d'égalité, que l'on peut d'ailleurs souvent adoucir en inclusion (figure 8 b).



Seules les CIF complètes ont donc (provisoirement) besoin d'une représentation ; la figure 9 a) montre, comme 8 a), la version "dépliée" de [Tardieu/Nanci/Pascot 79], dont la figure 9 b) est la version "compacte" ; ces propositions sont reprises par [Tabourier 88], qui présente aussi une nouvelle version "dépliée" (figure 9 c), dont une raison d'être va apparaître ci-dessous, une autre étant liée aux sous-types.



Si en effet on a à la fois les contraintes des figures 8 et 9, la décomposition de la figure 8 oblige à faire porter la CIF de la figure 9 sur la jointure des relations issues de la décomposition, d'où l'utilité de la version "dépliée" introduite en 9 c) (figure 10 a).



Si toutefois on répugne à faire porter des dépendances fonctionnelles sur plusieurs relations à la fois [Rissanen 77], on dispose de la solution de la figure 10 b) [Tabourier 88]. En effet, l'inclusion de l'ensemble des couples (matière, prof) qui participent à "enseigne" dans l'ensemble de ceux de "sait-enseigner" garantit qu'ils vérifieront eux aussi la dépendance (prof  $\rightarrow$  matière) définie sur cette dernière relation : on réussit de cette façon à n'avoir de CIF que "complètes" et "intrarelationnelles", par le biais de contraintes ensemblistes ("d'extension") interrelationnelles. Il est clair en outre que la sémantique de l'inclusion de 10 b) n'est autre que celle 1 a), qui correspond à une exigence indépendante des questions d'unicité. Il s'agit là d'une nouvelle manière de traiter les problèmes de "Boyce-Codd Normal Form".

Rappelons que dans la littérature Merise récente ([Rochfeld/Moréjon 88 & 89] et réimpression 89 de [Tardieu/Rochfeld/Colletti 83]), il a été proposé de dédoubler la notion de CIF en "CIF" et "DF", ces dernières désignant les CIF instables : le Groupe de travail 135 a rejeté ce mélange d'aspects statiques et dynamiques, la question de la stabilité étant traitée à part (cf. § suivant).

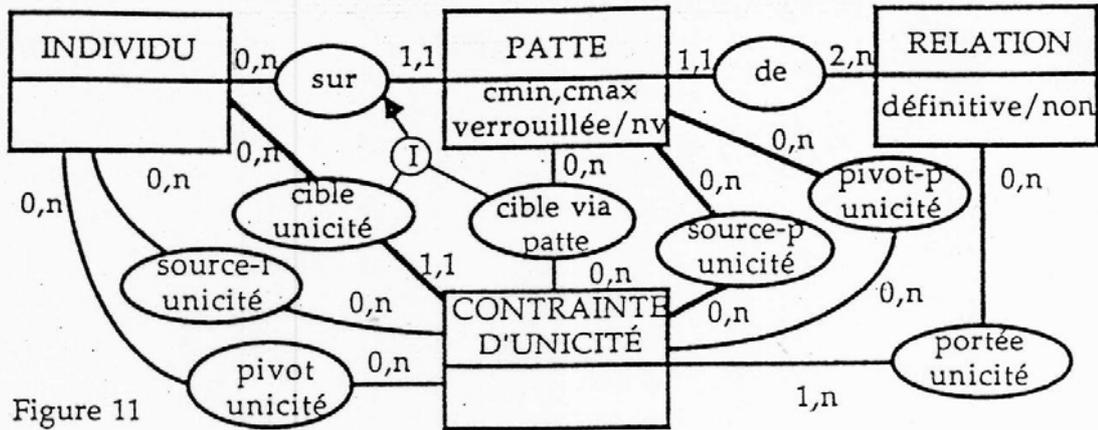


Figure 11

Le métamodèle de la figure 11 reprend la notion de pivot, utile si la contrainte "porte" sur plus d'une relation ; la "source" est utile pour les contraintes "incomplètes" ; la "cible" est ici un individu type (et il faut éventuellement préciser via quelle "patte" cette cible est visée).

Notons que les procédés d'identification [Sibertin-Blanc 90] sont fondés sur des combinaisons minimales de contraintes d'unicité (au sens large) présentant des caractéristiques de réciprocity (univalueur d'identifiant) et de stabilité (cf. ci-après).

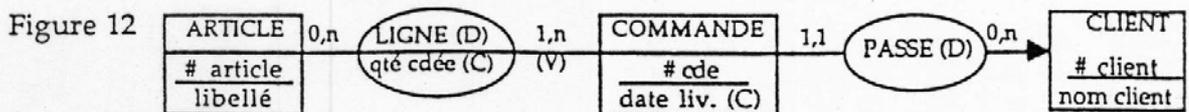
#### Contraintes de stabilité.

Tandis que les contraintes évoquées jusqu'ici pouvaient être qualifiées de "statiques" puisqu'elles expriment les limites imposées à la validité des états du système, il est souhaitable de pouvoir aussi définir des contraintes dynamiques, exprimant les limites imposées à la validité des transitions entre ces états (supposés valides). Un exemple pourrait être celui des transitions admissibles entre les "statuts" successifs d'une personne : "célibataire", "marié", "veuf", "divorcé" (voire "décédé") [Tabourier 85], [Rochfeld/Moréjon 89].

Bien que le Groupe de travail soit convenu de traiter ces questions en "urgence 2", il a été nécessaire d'aborder dès à présent le cas particulier de la stabilité, pour les raisons évoquées au paragraphe précédent.

Sur le métamodèle de la figure 11, on voit [Tabourier 88] que :

- une relation peut être définitive (D) ou non ; si elle l'est, cela veut dire qu'une de ses occurrences ne peut être détruite que si une occurrence d'individu qu'elle met en jeu est elle même détruite ;
- une patte peut être verrouillée (V) ou non : si elle l'est cela veut dire qu'étant donnée une occurrence de l'individu sur lequel porte cette patte, toutes les occurrences de la relation dans lesquelles elle intervient (via cette patte) doivent être créées en même temps qu'elle (il sera ensuite trop tard) ;
- de plus (hors figure 11) une propriété peut être constante (C) ou non : si elle l'est cela veut dire qu'étant donnée une occurrence de l'individu ou de la relation décrite par cette propriété, la première valeur attribuée à cette propriété ne peut être changée (elle n'est pas sujette à varier).



La figure 12 prescrit par exemple tout à la fois qu'une fois créée une commande (et, obligatoirement, des lignes de cette commande et son lien avec le client qui la passe), il n'est plus possible, ni de supprimer des lignes, ni d'en rajouter, ni de changer de client, ni de modifier la date de livraison ou les quantités commandées.

Rappelons que les identifiants du formalisme individuel sont constants ; de même, tout élément du modèle (patte, etc.) utilisé dans les nouveaux procédés d'identification [Sibertin-Blanc 90] doivent être stables.

### Compléments aux contraintes liés à l'introduction des sous-types.

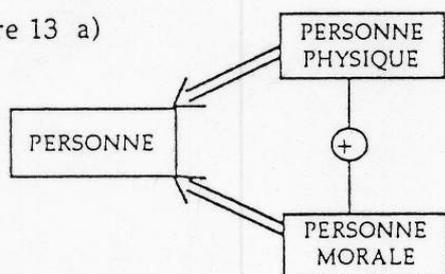
L'introduction des sous-types [Rochfeld 90] a fait apparaître trois thèmes annexes, celui de l'extension des possibilités d'expression des contraintes, celui des "rôles en rateau" et celui de la restriction des relations.

La nécessité d'étendre les possibilités d'expression des contraintes se produit pour deux raisons :

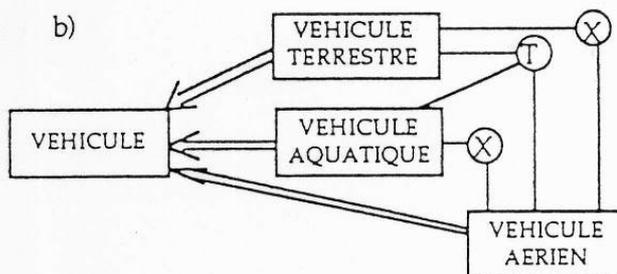
- il faut préciser si les extensions (ensembles d'occurrences) des sous-types couvrent ou non la totalité de celle du type, si elles sont exclusives globalement ou deux à deux, etc.
- il faut préciser si, puisqu'ils présentent des cas particuliers par rapport aux types, les sous-types sont sujets à des contraintes modifiées.

La première de ces raisons est illustrée par les exemples de la figure 13 : en a), la contrainte (+) indique que "personne physique" et "personne morale" forment une partition de "personne" ; en b), le (T) indique une couverture de la totalité des véhicules par la réunion des véhicules aériens, aquatiques et terrestres ; toujours en b), les véhicules à la fois aquatiques et terrestres sont les seuls véhicules mixtes.

Figure 13 a)

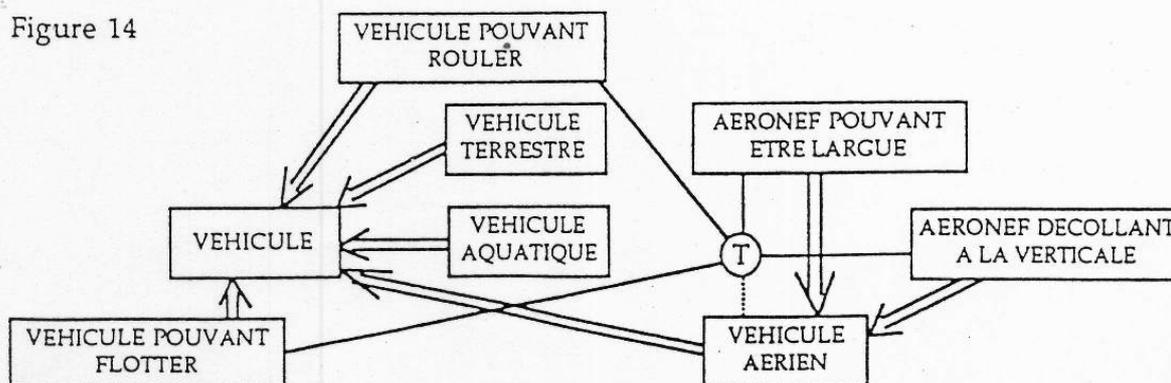


b)



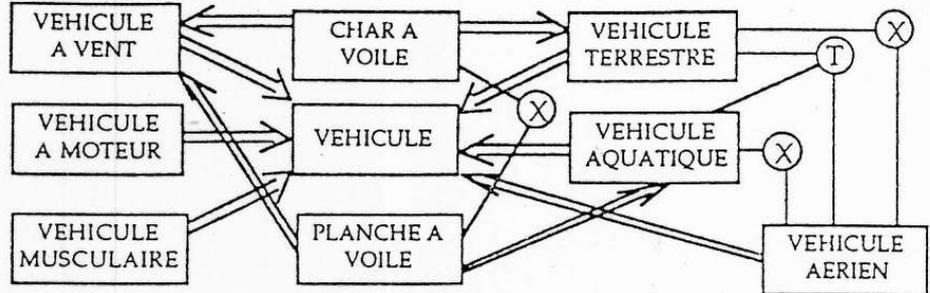
La figure 14 présente une contrainte de totalité dans laquelle le "pivot" a dû être précisé : la réunion des véhicules pouvant flotter, des véhicules pouvant rouler, des aéronefs pouvant être largués et des aéronefs capables de décoller à la verticale n'y recouvre pas la totalité des véhicules, mais seulement celle des véhicules aériens.

Figure 14

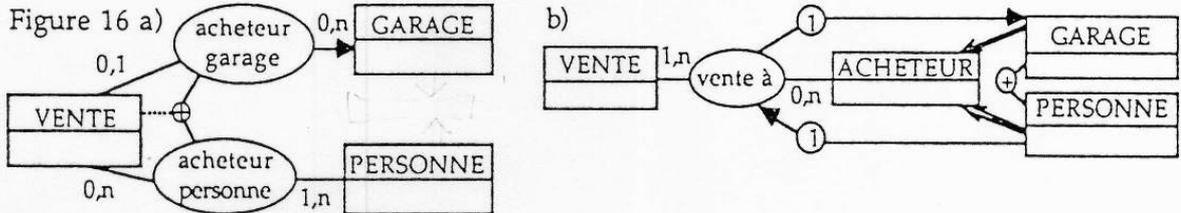


Dans la figure 15, "char à voile" et "planche à voile" sont tous deux sous-types de "véhicule à vent", mais le premier est un "véhicule terrestre", l'autre un "véhicule aquatique" ; bien que les véhicules amphibies (terrestres et aquatiques) soient permis, il a été spécifié que les chars à voile et les planches à voile formaient deux types disjoints ; le "pivot" n'a pas besoin d'être spécifié pour une exclusion entre sous-types d'individus.

Figure 15

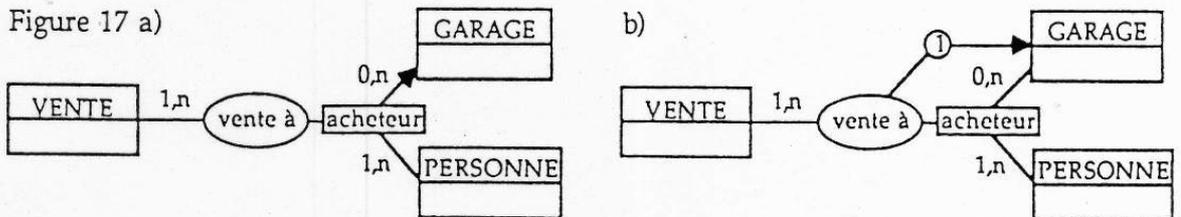


En ce qui concerne la seconde raison, la contrainte (1) en haut de 16 b) signifie que si l'acheteur est un garage, il est unique (max = 1), celle du bas que toute personne doit participer à la relation.



La figure 16 montre également comment, lorsque la ressemblance sémantique de deux relations suggère une généralisation, des contraintes d'extension entre relations (16 a) conduisent à des contraintes entre les types devenus sous-types.

Le thème du "rôle en rateau" s'est introduit en raison de ce genre de cas : sur la figure 16 b), on peut se demander si le sur-type "acheteur", regroupement de circonstance de "personne" et de "garage", n'est pas un peu artificiel, au point que l'on hésite à avancer un identifiant pour lui... D'où l'idée d'accepter que dans une relation un rôle (une "patte") puisse laisser le choix sur l'individu type où seront puisées les occurrences qui joueront ce rôle dans les occurrences de la relation. La figure 17 illustre cette idée, en spécifiant l'unicité du garage de façon compacte (17 a) ou dépliée (17 b).



Cette possibilité a été retenue par le groupe de travail "pour des présentations synthétiques".

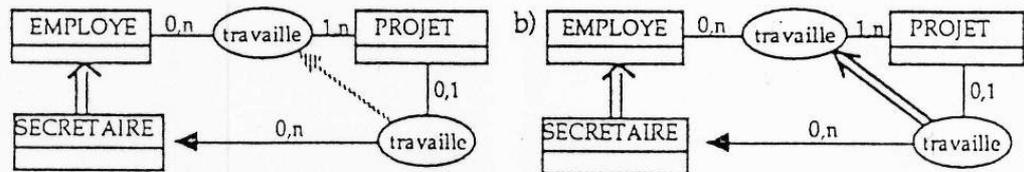
La représentation de la restriction de relations à des sous-types (relations "héritées" dans [Tabourier 88]) devient nécessaire pour définir certains changements délicats de

contraintes. En effet, il se peut qu'une contrainte soit (apparemment) relâchée : dans l'exemple de la figure 18, le nombre de secrétaire(s) travaillant sur un projet est limité à 1 (renforcement de contrainte), mais d'autre part il n'y a pas forcément de secrétaire parmi les employés qui travaillent sur un projet. La restriction de "travaille" au cas où l'employé est secrétaire comporte donc aussi un relâchement de la cardinalité minimum (0 au lieu de 1).

Le groupe de travail a retenu deux dispositions possibles :

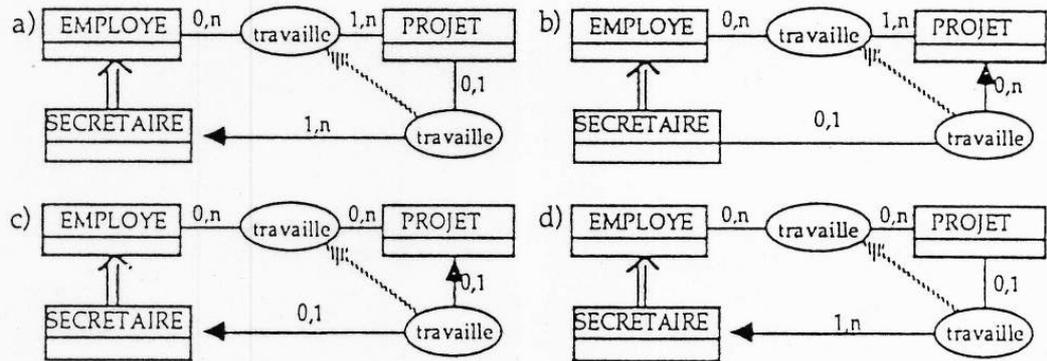
- s'il y a simplement changement des contraintes sur la restriction de la relation, ici au cas où l'employé est un(e) secrétaire, la relation "restreinte" est reliée à sa mère par une simple flèche pointillée (figure 18 a) ;
- si l'on veut en faire une spécialisation de la "relation mère", par exemple à dessein de lui attribuer d'autres propriétés, elle lui est reliée par la double flèche de spécialisation (figure 18 b).

Figure 18



Cet exemple illustre l'absence de hâte avec laquelle il convient de traiter des possibilités de renforcement ou d'allègement des contraintes dans les restrictions de relations. Brodant sur ce cas, la figure 19 montre quelques exemples possibles :

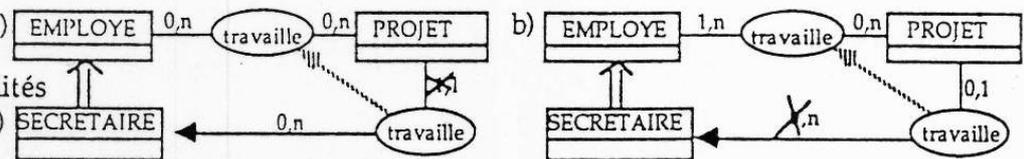
Figure 19



La figure 20, elle, montre des exemples impossibles : en a), on ne peut exiger que tout projet soit relié à au moins un secrétaire s'il ne l'est à au moins un employé ; en b), on ne peut admettre que des secrétaires ne travaillent sur aucun projet si tout employé (ce qui englobe les secrétaires) y est au contraire astreint.

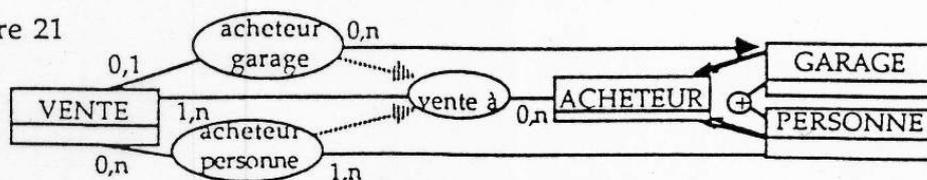
Figure 20

(X: cardinalités impossibles)



Appliquée aux "acheteurs", la représentation des restrictions donne la figure 21 :

Figure 21



## Perspectives.

A plusieurs reprises, nous nous sommes heurtés aux limites des possibilités d'expression graphique sur le diagramme du modèle conceptuel : l'introduction d'un langage de contraintes (et de requêtes) semble très souhaitable ; un tel langage pourrait inclure la manipulation de classes d'objets ou de classes d'associations définis par des prédicats, ou constructibles par des règles de production ou par désignation explicite, à la manière des "faits types" de nombreux systèmes experts : le Groupe 135 a travaillé dans ce sens au premier semestre 90 ; ce langage pourrait s'appuyer sur des graphiques annexes comme les "structures d'occurrences" [Tabourier 83, 86, 88]. D'autre part les contraintes dynamiques devront être développées, mais dans un cadre plus large englobant données et traitements.

## REFERENCES

- [André/Perrin 88] André, J., Perrin, P., "Le modèle conceptuel objet — MCO", communication particulière, avril 1988.
- [Batini/Santucci 79] Batini, C., Santucci, G., "Top-Down Design in the Entity-Relationship Model", in [Chen 80].
- [Bodart & Pigneur 83] Bodart, F. Pigneur, Y. "Conception assistée des applications informatiques, t. 1 : étude d'opportunité et analyse conceptuelle", Masson, 1983.
- [Bodart & Pigneur 89] Bodart, F. Pigneur, Y. "Conception assistée et systèmes d'information : méthode, modèles, outils", Masson, 1989.
- [Brès 90] Brès, P.-A., "Extension d'un modèle pour la conception d'un système d'information", Journée Afcet "Le formalisme de données Merise : extensions du pouvoir d'expression", 15/11/1990.
- [Cardelli 84] Cardelli, L., "A Semantics of Multiple Inheritance", in Kahn, G. (ed), "Semantics of Data Types", Lecture Notes in Computer Science, vol 173, Springer-Verlag, 1984.
- [Chen 80] Chen, P. P., ed., "Entity-Relationship Approach to Systems Analysis and Design" (Proceedings of the First International Conference on Entity-Relationship Approach, dec. 1979), North-Holland, 1980.
- [Diviné 89] Diviné, M., "Parlez-vous Merise ?", Eyrolles, Paris, 1989
- [Ducourneau/Habib 89] Ducourneau, R., Habib, M., "La multiplicité de l'héritage dans les langages à objets", TSI, vol 8 N° 1, 1989.
- [Lé/Peugeot 88] Le, F., Peugeot, C., "Quelques problèmes liés à l'introduction du concept de généralisation/spécialisation dans le modèle entité-relation", MBD N° 10, juillet 1988.
- [Rissanen 77] Rissanen, J., "Independent Components of Relations", ACM/TODS 2, 4, 1977.
- [Rochfeld/Moréjon 88] Rochfeld, A., Moréjon, J., "Extensions au modèle conceptuel de données", MBD N° 8, février 1988.
- [Rochfeld/Moréjon 89] Rochfeld, A., Moréjon, J., "La méthode Merise, tome 3 : Gamme opératoire", Editions d'organisation, Paris, 1989.
- [Rochfeld 90] Rochfeld, A., "L'héritage : type et sous-type", Journée Afcet "Le formalisme de données Merise : extensions du pouvoir d'expression", 15/11/1990.

- [Scheuermann/Schiffner/Weber 79] Scheuermann, P., Schiffner, G., Weber, H., "Abstraction Capabilities and Invariant Properties Modeling within the Entity-Relationship Approach", in [Chen 80].
- [Sibertin-Blanc 88] Sibertin-Blanc, C., "Le modèle de données objet comme formalisme de modélisation d'une base de données", MBD N° 9, juin 1988.
- [Sibertin-Blanc 90] Sibertin-Blanc, C., "L'identification des occurrences dans le formalisme individuel", Journée Afcet "Le formalisme de données Merise : extensions du pouvoir d'expression", 15/11/1990.
- [Smith/Smith 77] Smith, J. M., Smith, D. C. P., "Database Abstractions : Aggregation and Generalization", ACM/TODS 2, 2, 1977.
- [Tabourier 83] Tabourier, Y., "Further Development of the Occurrences Structure Concept : the EROS Approach", in G. C. Davis, S. Jajodia, P. A. Ng and R. T. Yeh, eds., "Entity-Relationship Approach to Software Engineering, North-Holland, 1983.
- [Tabourier 85] Tabourier, Y., "Correspondance central/local (conceptuel/externe) et théorie de la mise à jour", Congrès Inforsid, Luchon, 1985.
- [Tabourier 86] Tabourier, Y., "De l'autre côté de Merise, systèmes d'information et modèles d'entreprise", Editions d'organisation, Paris, 1986.
- [Tabourier 88] Tabourier, Y., "Du modèle entité-relation à un véritable réseau sémantique", MBD N° 9, juin 1988.
- [Tabourier 90] Tabourier, Y., "Formalisme de données individuel (entité-relation) : Attention travaux.", Afcet Interfaces n° 91/92, Mai/Juin 1990.
- [Tardieu/Nanci/Pascot 79] Tardieu, H., Nanci, D., Pascot, D., "Conception d'un système d'information — Construction de la base de données", Editions d'organisation, Paris et Gaëtan Morin, Chicoutimi, 1979.
- [Tardieu/Rochfeld/Colletti 83] Tardieu, H., Rochfeld, A., Colletti, R., "La méthode Merise, tome 1 : Principes et outils", Editions d'organisation, Paris, 1983, plus. rééd.
- [Tardieu & al 85] Tardieu, H., Rochfeld, A., Colletti, R., Panet, G., Vahée G., "La méthode Merise, tome 2 : Démarches et pratiques", Editions d'organisation, Paris, 1985.
- [Verheijen & Van Bekkum 82] Verheijen, G. M. A., Van Bekkum, J., "NIAM : an Information Analysis Method", in T. W. Olle, H. G. Sol, A. A. Verrijn-Stuart, eds. "Information Systems Design Methodologies : a Comparative Review", North-Holland, 1982.