

Le modèle Entité-Relation : concepts fondamentaux

1. Les modèles sémantiques

Comme nous l'avons vu, le modèle relationnel est un modèle d'implantation des données sur ordinateur. Ce modèle est difficilement "lisible", c'est-à-dire que la simple description des relations permet difficilement de se rendre compte de l'organisation fonctionnelle des données.

Les modèles sémantiques sont au contraire, et comme leur nom l'indique, des modèles permettant de comprendre et de visualiser l'organisation des données. A ce titre, ils ne sont pas directement implémentables car ils n'ont pas vocation à être des structures permettant la mémorisation des données.

Le modèle entité-relation (ER, ou encore entité-association, entité-liaison, et en anglais Entity-Relationship model) est un modèle de représentation et de structuration de l'information. Proposé pour la première fois en 1977 par le chercheur américain P. Chen, ce modèle est aujourd'hui le modèle de référence pour les représentations sémantiques. Il est en particulier utilisé dans la plupart des méthodes de conception. En France, c'est celui retenu par la méthode Merise. Il a probablement encore un bel avenir devant lui puisque les nouvelles méthodologies dites "orientées objet" l'ont choisi comme support, en ajoutant au modèle initial des concepts propres à ces approches objet (on parle alors de modèle ER étendu).

Lors du processus de conception d'une base de données, on débute par la réalisation d'un modèle ER que l'on transforme ensuite en un modèle relationnel normalisé qui est directement implantable.

Nous allons étudier dans ce chapitre les différents concepts nécessaires à la mise en oeuvre de ce modèle.

2. Concepts de base du modèle entité-relation

2.1. Entités et types d'entités

2.1.1. Entité

On appelle entité un objet concret ou abstrait ayant une existence propre présentant un intérêt pour l'entreprise (l'application).

Exemple d'entités : l'étudiant Fred, la souris Mickey.

2.1.2. Type d'entité

On appelle type d'entité une classe d'entités ayant en commun un ensemble de propriétés.

Exemple de type d'entité : Etudiant, Professeur, Livre...

La difficulté de la conception réside dans le fait qu'il faut trouver les bons

types d'entité. Or la classification est très subjective et dépend du point de vue du concepteur et/ou de celui de l'utilisateur. Le choix des types d'entité est une décision prise par le concepteur en fonction des finalités de l'entreprise (l'application), et de l'intérêt de chaque concept pour l'entreprise.

2.2. Association et type d'association

2.2.1. Association

On appelle associations des liens entre les entités présentant un intérêt particulier pour l'organisation que l'on modélise. Une association n'a d'existence qu'au travers des entités qu'elle relie.

2.2.2. Type d'association

Un type d'association est un lien-type entre types d'entités ayant en commun un ensemble de propriétés (lorsqu'il existe). L'association représente un verbe matérialisant une relation entre les entités.

Par exemple, la phrase "Pierre étudie la langue anglaise" définit l'association "étudie" entre l'entité "Pierre" et l'entité "langue anglaise". Ceci se traduit d'une façon générique par la phrase "L'étudiant étudie une matière" qui exprime qu'on a un type d'association "étudie" entre les types d'entité "étudiant" et "matière".

2.3. Propriété et type de propriété

2.3.1. Propriété

Une propriété représente une caractéristique d'une entité, ou d'une association d'entités. Les diverses occurrences d'une entité ou d'une association sont perceptibles au travers des valeurs particulières de leurs propriétés

Exemple : "L'Agent Dupont habite 5 rue Carnot à Palaiseau"

2.3.2. Type de propriété

- Un type de propriété peut être :
- Simple : mois, prix unitaire,
- Composé : Date (jour, mois, an)

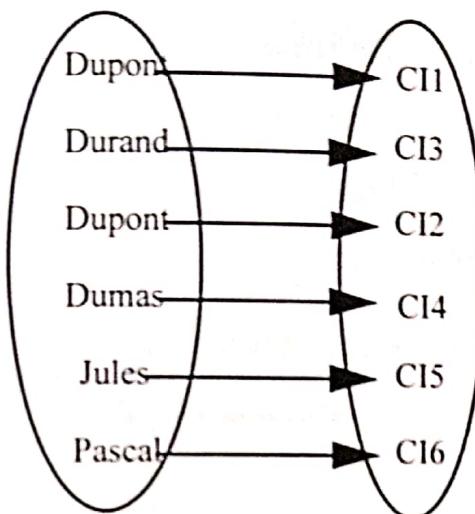
Adresse (nom, rue, numéro, code postal, localité)

Remarque : le regroupement correspondant constitue une nouvelle information sémantiquement différente de ses constituants.

2.4. Identifiant

Un identifiant est une propriété particulière d'un type d'entité ou d'un type d'association permettant de distinguer les occurrences de ce type d'entité ou de ce type d'association. La fonction d'identification doit être bijective (figure 21).

Figure 21
Une fonction d'identification



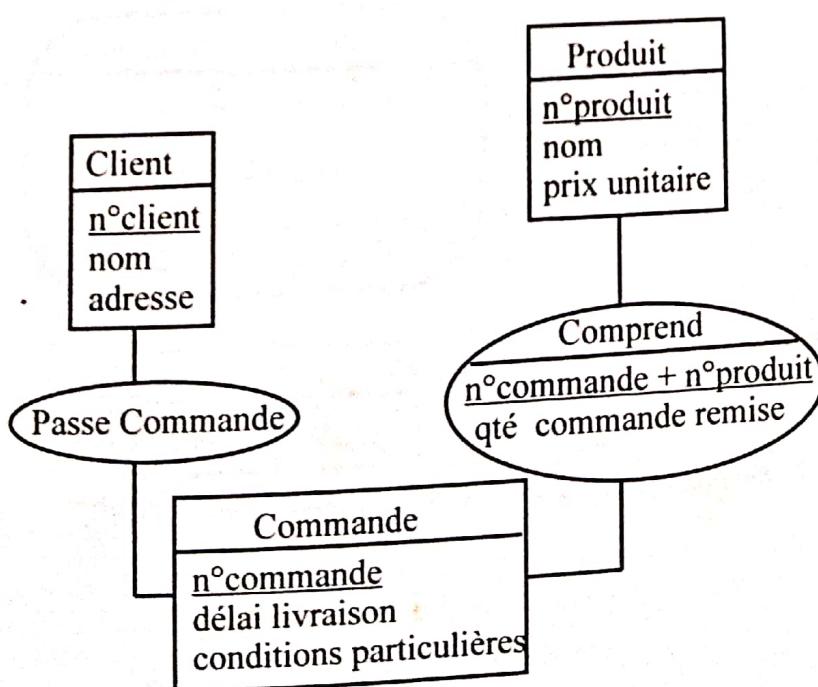
Ensemble de départ Ensemble d'arrivée

Remarque : L'identifiant est souvent utilisé comme une clé, le concept en est un peu différent. En effet, la seule obligation d'un identifiant consiste à avoir des valeurs différentes pour des entités différentes. Pour la bonne lecture des schémas, l'identifiant est souligné afin de le distinguer des autres attributs.

Tout type d'entité possède au minimum 1 propriété : son identifiant. Les valeurs de ces identifiants sont discriminantes. Il ne peut en exister deux identiques pour une même classe.

Un type d'entité est entièrement défini par son nom, son identifiant et ses propriétés. L'identifiant d'un type d'association est obtenu par concaténation des identifiants des types d'entité de sa collection.

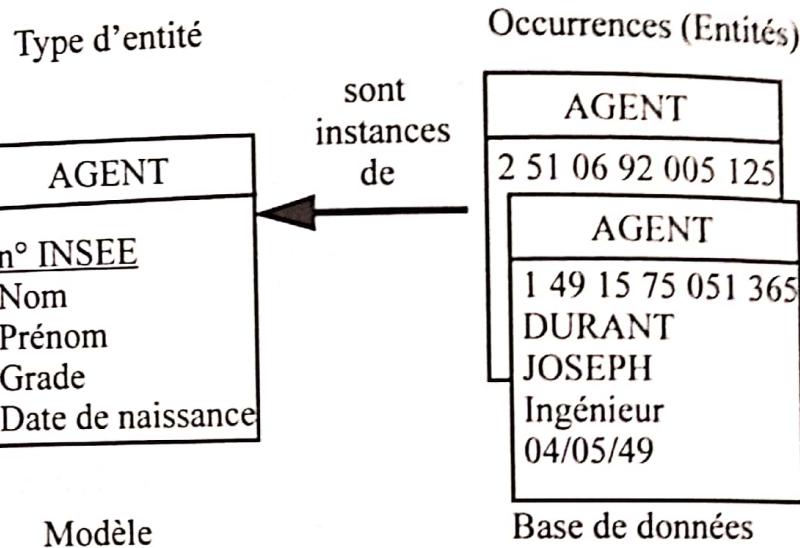
Figure 22
Identifiant d'un type d'association



2.5. Formalisme de représentation

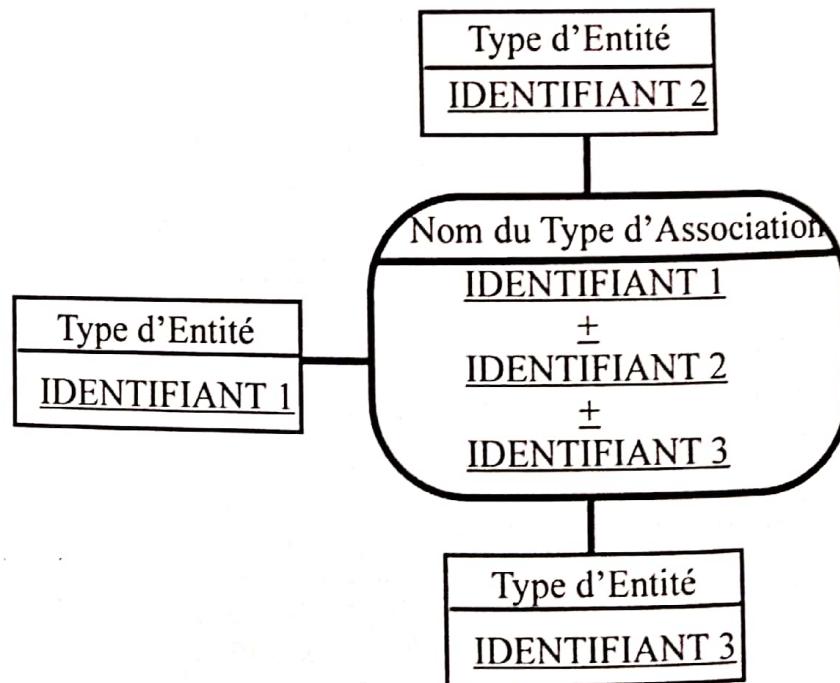
2.5.1. Entité et type d'entité

Figure 23
Entité et type d'entité



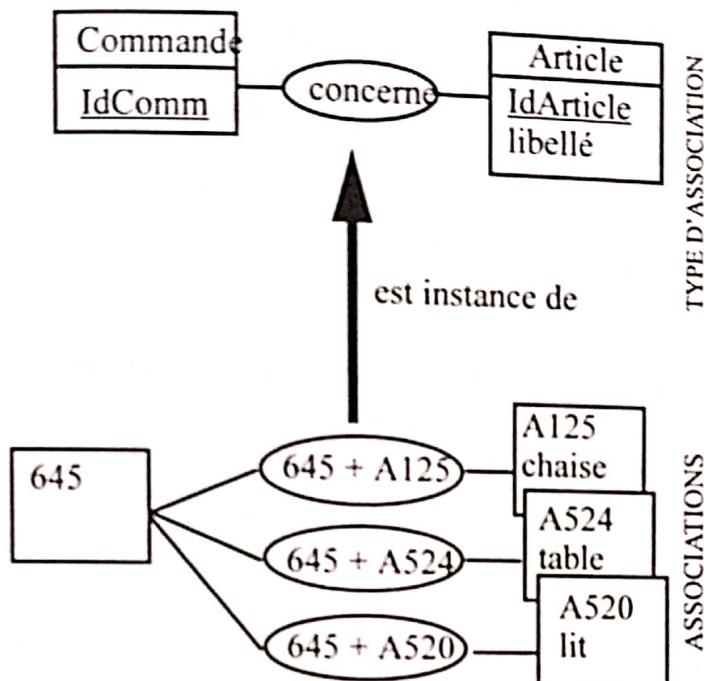
2.5.2. Type d'association

Figure 24
Type d'association



Les liens s'appellent les pattes du type d'association.

Figure 25
Type d'association et associations
Une commande concerne un ou plusieurs article(s)

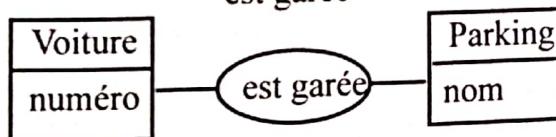


Remarque : une association peut ou non posséder des propriétés.

3. Collection et dimension d'un type d'association

L'ensemble des types d'entités intervenant dans un type d'association est appelé sa collection. Le nombre de "pattes" de ce type d'association définit sa dimension. Par exemple :

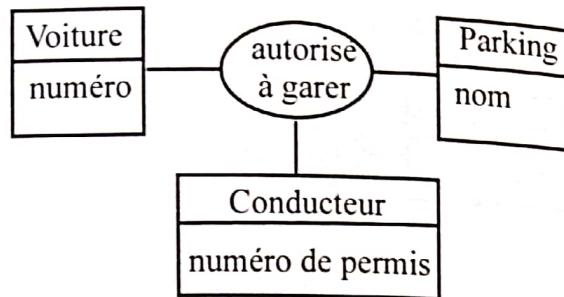
Figure 26
Collection et dimension du type d'association
"est garée"



La collection du type d'association "est garée" est constituée par les types d'entités "Voiture" et "Parking". La dimension de ce type d'association est 2.

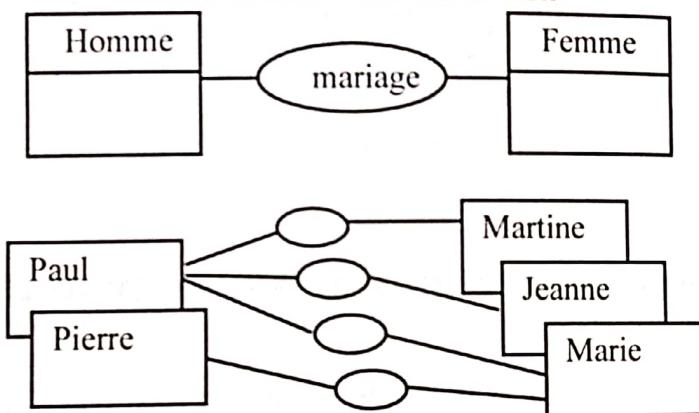
La collection de la relation "autorise à garer" est constituée par les entités "Voiture", "Parking" et "Conducteur". La dimension de cette association est 3.

Figure 27
Collection et dimension du type d'association
“autorisé à garer”



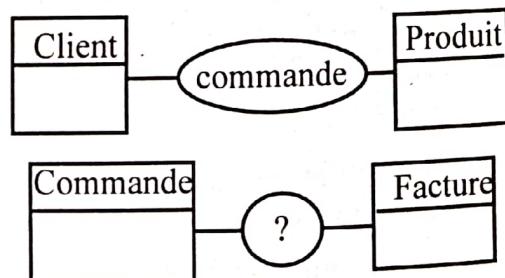
Une même occurrence d'entité peut intervenir dans plusieurs occurrences d'associations. Par exemple, dans un historique de mariages :

Figure 28
Intervention d'une occurrence d'entité dans les occurrences d'une association



La difficulté dans certains cas consiste à donner un nom au type d'association. L'exemple suivant le montre simplement :

Figure 29
Nommage d'un type d'association

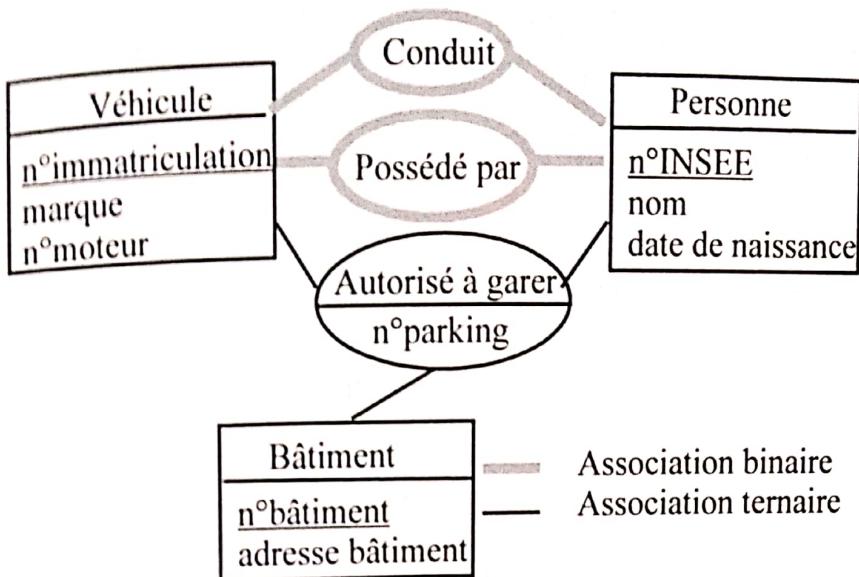


Le nommage du premier type d'association est facile à faire mais quel nom utiliser pour le second cas ?

Un type d'association peut être : binaire, ternaire, n-aire, selon que sa dimen-

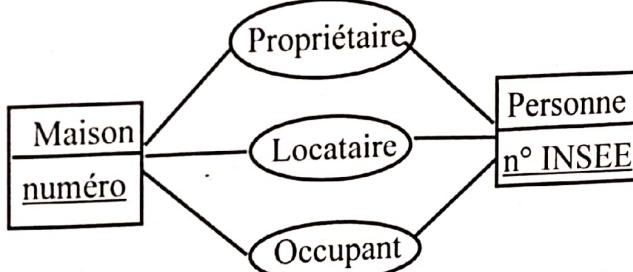
sion vaut 2, 3 ou plus. La figure 30 donne l'exemple de types d'association binaires et ternaire :

Figure 30
Types d'associations binaires et ternaires



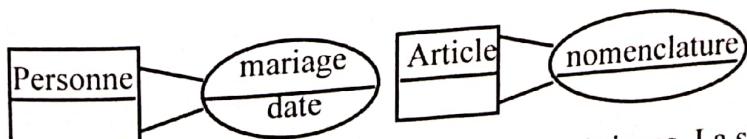
Il peut exister plusieurs types d'association associant les mêmes types d'entité (pas forcément les mêmes occurrences). Par exemple :

Figure 31
Plusieurs types d'association associant les mêmes types d'entité



Un même type d'entité peut participer plusieurs fois à un même type d'association, ce sont des types d'associations réflexives ; c'est le cas dans l'exemple de la figure 32.

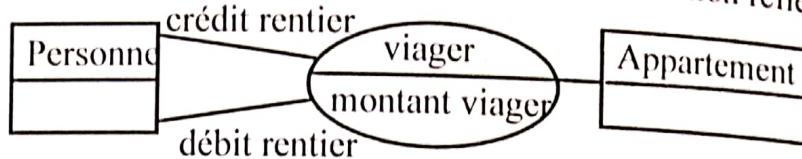
Figure 32
Types d'associations réflexives



Les types d'associations réflexives ne sont pas symétriques. La signification de chaque patte est différente. Dans l'exemple suivant, la première patte a pour

signification le montant du crédit du rentier, alors que la seconde concerne le montant de son débit.

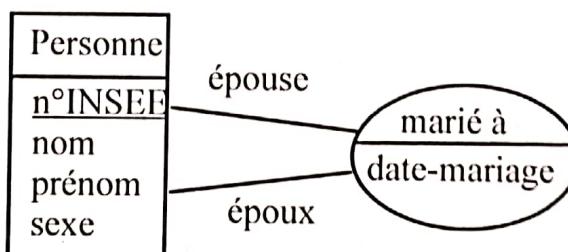
Figure 33
Signification des pattes d'un type d'association réflexive



On doit écrire alors : n° INSEE.x, n° INSEE.y. Les lettres x et y représentent deux occurrences différentes de la relation "Personne".

De même, dans l'exemple suivant, une personne ne peut pas être mariée avec elle-même : les deux occurrences sont différentes.

Figure 34
Epoux et épouse : deux occurrences différentes dans un type d'association réflexive

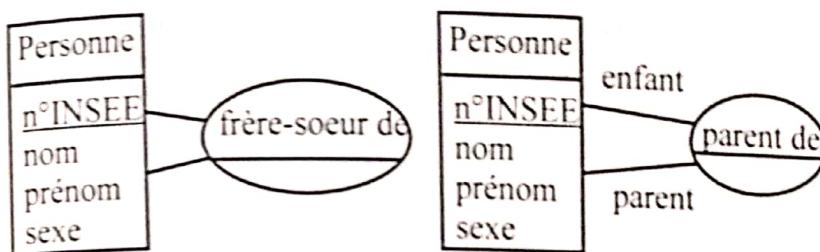


ce qui conduirait par exemple aux entités suivantes :



Donnons deux autres exemples de types d'association réflexive :

Figure 35
Deux types d'associations réflexives



4. Cardinalités

4.1. Définition

On appelle cardinalité d'une entité au sein d'une association, le nombre de fois minimum et le nombre de fois maximum qu'une même occurrence de cette entité peut intervenir dans les occurrences de l'association :

- participation minimale possible d'une occurrence à une association donnée : 0,1 ;
- participation maximale possible d'une occurrence à une association donnée : 1,n.

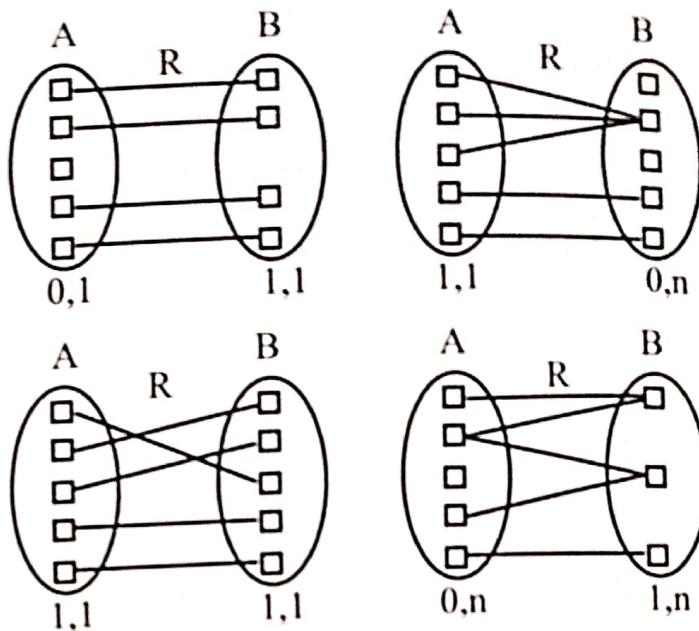
Le tableau suivant présente la signification d'un "0", d'un "1" ou d'un "n" dans les cardinalités minimales ou maximales de la participation d'une occurrence :

Figure 36
Signification d'un 0, d'un 1 ou d'un n dans les cardinalités

	minimum	maximum
0	l'occurrence peut ne pas participer	
1	l'occurrence participe obligatoirement	l'occurrence peut participer au plus une fois
n	TRES RARE	l'occurrence peut participer plusieurs fois

Une illustration peut être faite par les exemples de la figure 37, page 74 :

Figure 37
Cardinalités minimale et maximale



4.2. Exemples

4.2.1. Type d'association propriétaire

Figure 38
Type d'association Propriétaire



- une Personne peut être propriétaire de plusieurs Appartements ;
- une Personne peut ne pas posséder d'Appartements ;
- un Appartement est possédé par au moins une Personne.

4.2.2. Type d'association Contrat

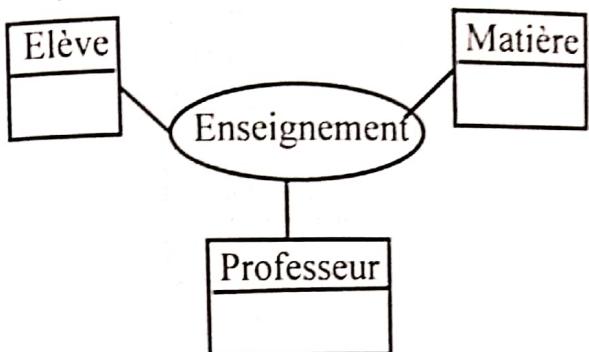
Figure 39
Type d'association Contrat



- la cardinalité 0, n de Client signifie qu'un Client (Martin, Dupont) peut être titulaire de 0 à n Contrats en cours.
- la cardinalité 1, n de Contrat signifie qu'un Contrat est attaché à au moins un Client et qu'il peut l'être à plusieurs.

4.2.3. Type d'association Enseignement

Figure 40
Type d'association Enseignement

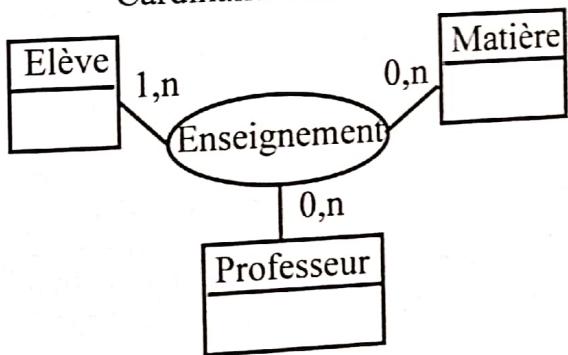


Les cardinalités, dans ce cas, sont un peu plus complexes à trouver, puisqu'il faut déterminer le nombre non plus d'entités d'un type d'entité correspondant, mais de l'ensemble d'entités correspondant aux n types d'entité associés. Par exemple, à combien de couples (professeur, matière) un élève correspond-il ?

- ***Cardinalités minimales***

Un élève est associé ou non à une matière qui est enseignée par au moins un professeur. Donc on peut dire que la cardinalité minimale est de 1 puisqu'il existe toujours une occurrence du couple (professeur, matière) qui est associée à un élève. On obtient ainsi :

Figure 41
Cardinalités minimales

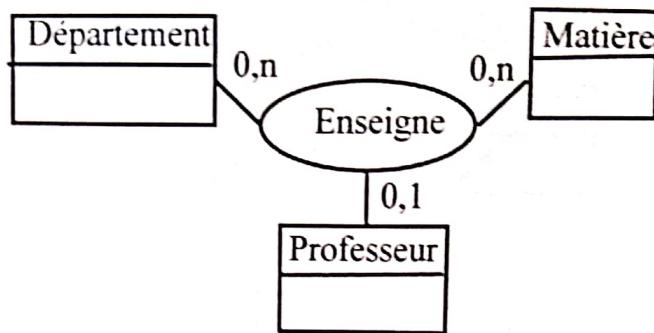


Les cardinalités minimales sont 0 et 1. On peut constater qu'une matière peut ne pas être enseignée une année et donc sera associée à 0 couple (Elève, Professeur). Il en est de même pour un professeur qui peut ne pas enseigner une année.

- ***Cardinalités maximales***

Considérons l'exemple suivant :

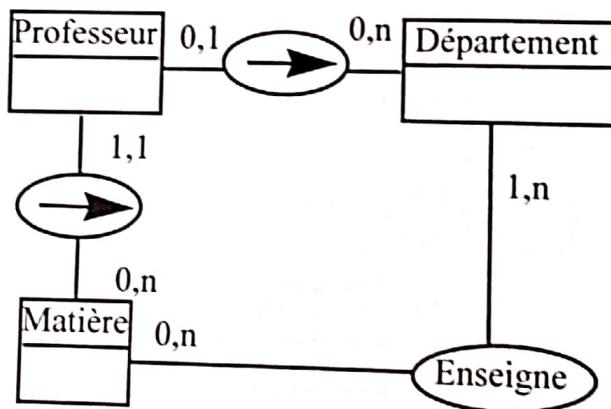
Figure 42
Cardinalités maximales



Ce schéma signifie que un Professeur ne peut correspondre qu'à un seul couple (Matière, Département) donc en fait à une seul matière et à un seul département. Nous avons donc les dépendances fonctionnelles Professeur → Matière et Professeur → Département.

Le type d'association Enseigne a donc comme identifiant (n° professeur, n° département, n° matière). Or, cet identifiant n'est pas correct car il existe une dépendance fonctionnelle entre ses composants : Professeur → Matière, Département. La formulation correcte est la suivante :

Figure 43
Prise en compte des dépendances fonctionnelles

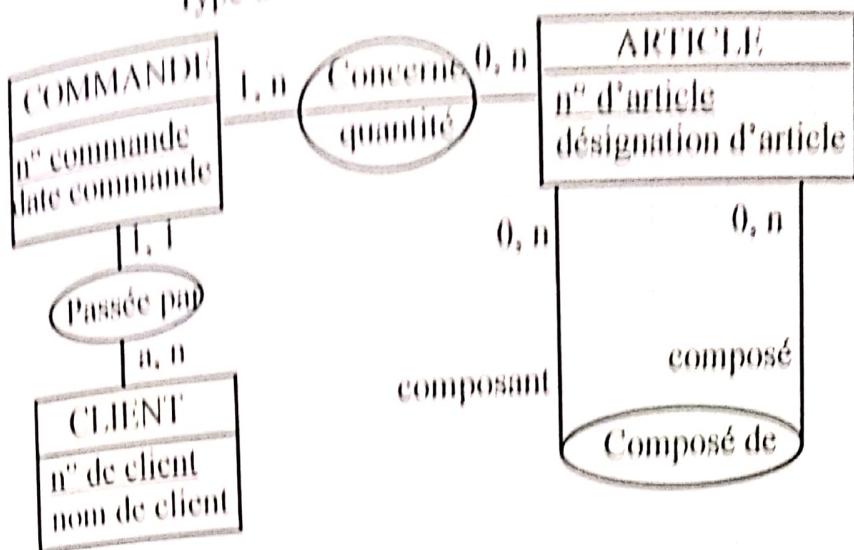


Conséquence : Dans des associations n-aires ($n \geq 3$), la cardinalité maximale d'une patte ne peut être 1.

4.2.4. Type d'association Commande

- la commande est passée par 1 et 1 seul client ;
- un client passe une ou plusieurs commandes ;
- une commande concerne 1 ou plusieurs articles ;
- un article est composé de 0 ou de plusieurs autres articles ;
- un article peut être composant de 0 à n autres articles ;
- un article participe à 0 à n commandes.

Figure 44
Type d'association Commande



5. Passage au relationnel

Une fois le schéma entité-relation établi, il est nécessaire de le traduire en relationnel pour pouvoir créer la base de données.

Si le schéma a déjà été construit suivant les critères de la normalisation, la transformation est automatique. Dans le cas contraire, il sera nécessaire de normaliser les relations obtenues.

Règles de passage du modèle ER au modèle relationnel :

- chaque type d'entité donne naissance à une relation de même nom,
- chaque propriété du type d'entité devient un attribut de la relation,
- chaque type d'association dont aucune des pattes ne contient une cardinalité maximale égale à 1 devient une relation qui possédera éventuellement comme attributs les propriétés du type d'association,
- lorsqu'une des pattes de l'association a une cardinalité maximale égale à 1, nous savons que nous sommes en présence d'une dépendance fonctionnelle. Dans ce cas, le type d'association n'est pas transformé en relation, et il est matérialisé par l'ajout d'un attribut dans la relation source de la dépendance fonctionnelle, cet attribut correspond à la clé de l'autre type d'entité.

Exemple : soit le schéma entité relation de la figure 45, page 78.

Le schéma relationnel obtenu est le suivant :

Malade (n°patient, n°INSEE, nom, prénom, adresse, tel, n°mutuelle)

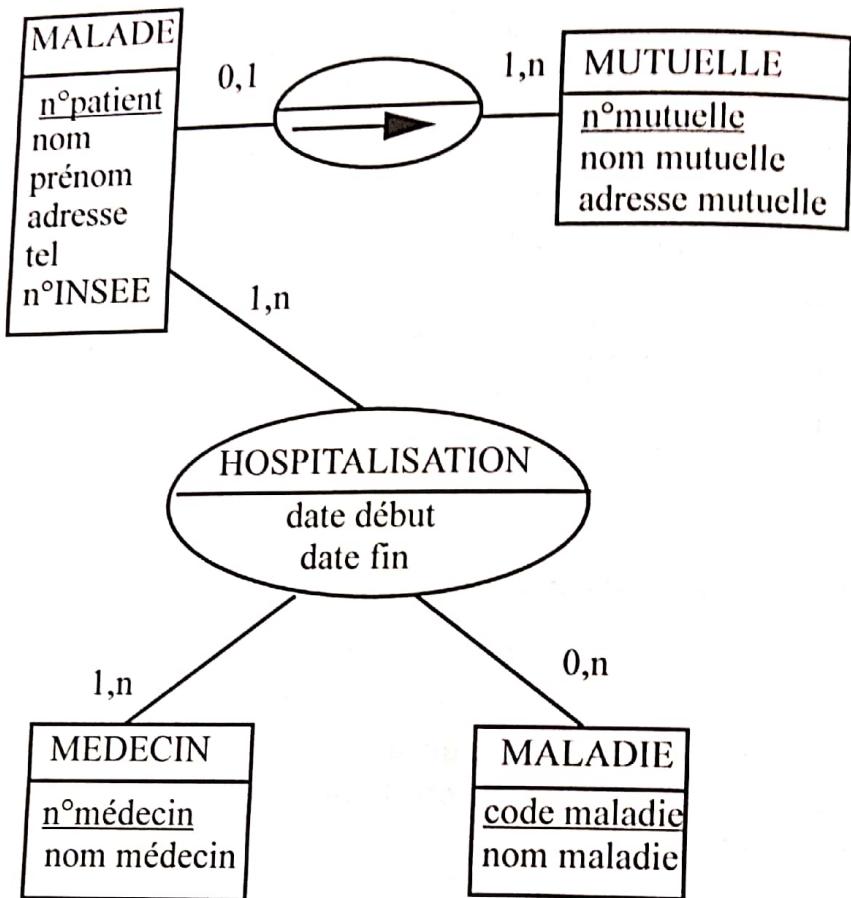
Médecin (n°médecin, nom médecin)

Maladie (code maladie, nom maladie)

Mutuelle (n°mutuelle, nom mutuelle, adresse mutuelle)

Hospitalisation (n°patient, n°maladie, n°médecin, date début, date fin)

Figure 45
Schéma entité relation



6. Exercices

6.1. Gestion de matériel

L'entreprise X veut améliorer sa gestion de matériel ainsi que celle des commandes de ses clients. Pour cela elle envisage les orientations de gestion suivantes :

- elle veut connaître à tout instant la quantité disponible d'un matériel dans un magasin donné ;
 - les matériels sont classés en catégories pour faciliter leur gestion ;
 - on doit pouvoir connaître les composants d'un matériel et les matériaux dans lesquels on trouve un composant donné ;
 - lors d'une rupture de stock, un matériel peut être remplacé par un matériel de substitution ;
 - chaque client a un seuil maximal de commandes autorisé (droits d'approvisionnement) par catégorie de matériel pour une période donnée ;
 - un client ne peut s'approvisionner que dans un magasin et un seul ;
 - une commande est définie par un numéro : elle concerne un seul client et différents matériaux, et précise la quantité commandée.
- Donner le schéma entité-relation correspondant à cet énoncé.

6.2. Edition de livres

On dispose de la liste des propriétés suivantes :

- Numéro du livre
- Titre du livre
- Numéro de l'auteur
- Nom de l'auteur
- Année d'édition
- Quantité en stock par éditeur et par dépôt
- Numéro de l'éditeur
- Nom de l'éditeur
- Numéro de dépôt
- Nom du dépôt

L'investigation du domaine a permis de définir les règles suivantes :

Un livre peut être :

- écrit par plusieurs auteurs,
- édité par plusieurs éditeurs, mais une seule fois par chacun d'entre eux,
- stocké dans plusieurs dépôts, et cela pour chaque éditeur ;

Donner le schéma entité-relation correspondant à cet énoncé et donner la structure des tables relationnelles correspondantes.

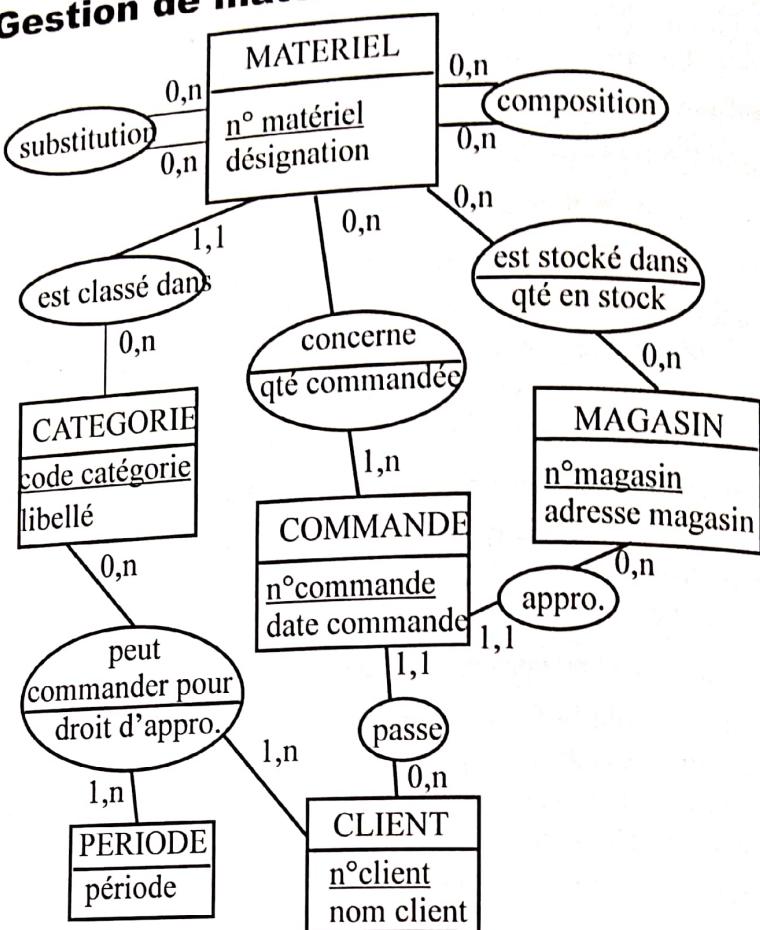
6.3. Bibliothèque

On se propose de représenter le système d'information d'une bibliothèque.

- La bibliothèque enregistre chaque lecteur à qui elle donne un numéro de lecteur. Elle lui prend son nom et son adresse. Le lecteur peut éventuellement être membre d'une société adhérente. On enregistre alors l'identification de cette société.
- Un lecteur peut emprunter plusieurs livres chaque jour. A chaque prêt, on associe une "date de retour au plus tard".
- Un lecteur appartient à un "type de lecteur". Ce type lui permet d'avoir ou non accès à certaines catégories de livres.
- La durée du prêt dépend de la catégorie du livre et du type du lecteur. Elle est la même pour tous les livres d'une catégorie donnée empruntés par un quelconque lecteur d'un type donné.
- Un livre est caractérisé par son numéro d'inventaire. Il est nécessaire de connaître sa catégorie, le nom de son auteur, son éditeur, ainsi que le nombre de ses différents exemplaires disponibles. L'édition, lorsqu'elle existe, est également à connaître.
- La catégorie d'un livre se repère par un numéro et possède un libellé. Il en est de même pour le type de lecteur.
- Une société adhérente possède un nom et une adresse ; elle s'engage à envoyer un minimum de 500 lecteurs.

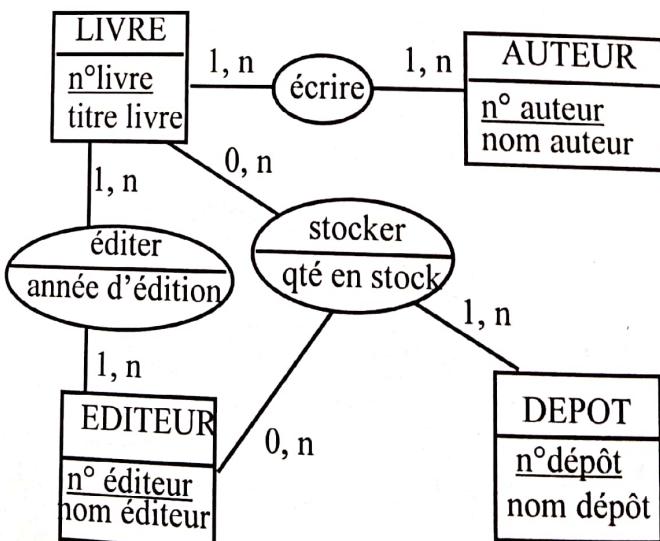
Donner le schéma entité-relation correspondant à cet énoncé.

6. Gestion de matériel (voir page 78)



7. Édition de livres (voir page 79)

Schéma entité-relation



Passage au relationnel :

Livre (n°livre, titre livre)

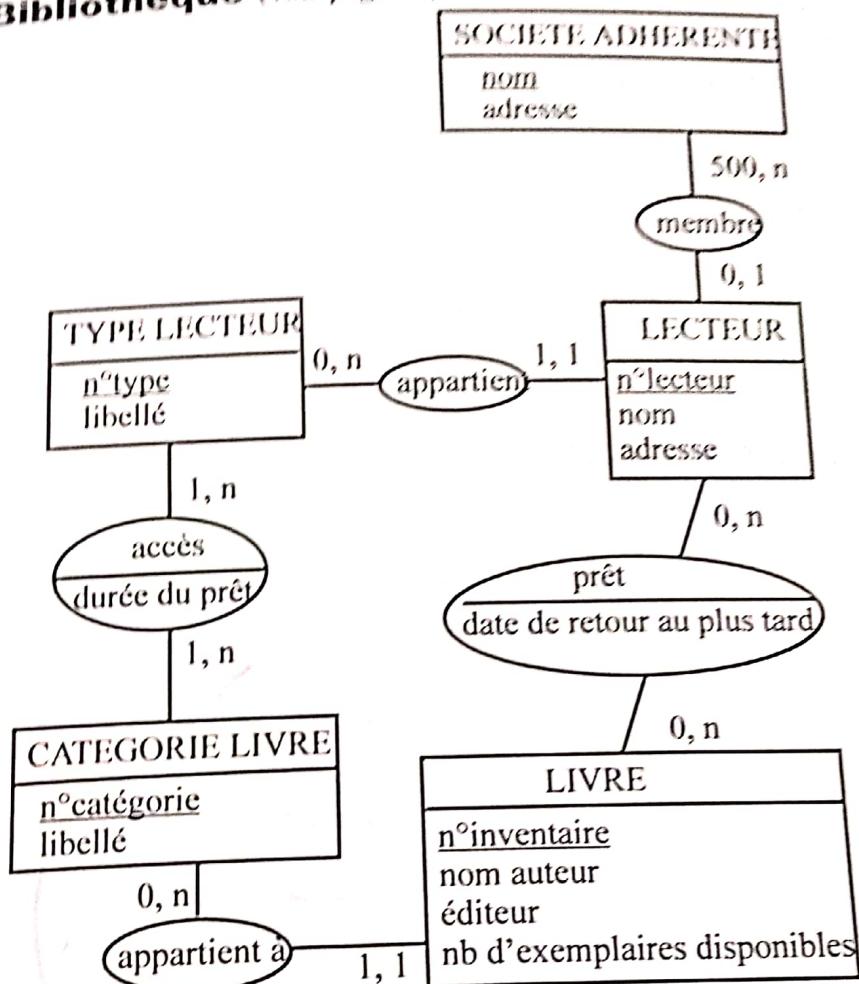
Auteur (n° auteur, nom auteur)

Editeur (n° éditeur, nom éditeur)

Dépôt (n°dépôt, nom dépôt)

Éditer (n°livre, n°éditeur, année d'édition)
 Stocker (n°livre, n°dépôt, n°éditeur, qté en stock)
 Perire (n°livre, n°auteur)

8. Bibliothèque (voir page 79)



9. Garage (page 97)

9.1. Liste des attributs

n°facture (C : ancien n°facture)

date facture (C : date du jour)

n°client

nom client

adresse client

n°tel client

n° véhicule

date 1ère immatriculation

n° intervention