



Institut National de Statistique et d'Economie Appliquée

Cours de Bases de données

1^{er} année, Filière Informatique
2016/2017
Pr. Imade BENELALLAM

i.benelallam@insea.ac.ma

www.benelallam.org

Chapitre 3

Le modèle relationnel et algèbre relationnelle

Généralités

Le modèle relationnel :

- Il a été introduit par Codd en 1970.
- Par rapport aux autres modèles il ajoute la rigueur des concepts s'appuyant sur
 - la logique des prédicats (algèbre relationnelle);
 - les schémas de données, sous forme de tables, faciles à utiliser;
 - un langage de haut niveau non procédural (on n'a pas besoin de préciser comment obtenir l'information)
 - une bonne indépendance entre le modèle physique et le modèle logique : (le modèle ne comporte aucune description physique de l'organisation des données)

Généralités

- On appelle Domaine, noté D_i , un ensemble, énuméré ((bleu, blanc, rouge), marques de voitures, ...) ou non (\mathbb{N} , nombres réels, intervalles numériques, etc.);
- Une relation r est une partie (un sous ensemble) d'un produit cartésien de domaines $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$;
 - Le produit cartésien définit un ensemble fini d'éléments (on dit aussi tuples ou nuplets) appartenant à la relation

Généralités

- Une relation est représentée par une table
 - une ligne représente un tuple,
 - une colonne représente les composants appartenant à un Domaine donné déterminé par un attribut.
 - À chaque attribut correspond un domaine : $\text{Att}(\text{Domaine})$
- Attributs et domaines constituent un schéma de relation. R , noté $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$.
- Une relation r est une instance de R c'est-à-dire une table contenant des tuples (provenant du monde réel en général).

Généralités

- **exemple** : relation livre(numéro,auteur,titre,editeur).

Livre	numéro	Auteur	Titre	Editeur
tuple1	2004	" François le Berre"	" les bases de données bretonnes"	"les éditions du far"
tuple2	1515	" François 1er"	" la bataille de Marignan"	" historia"
tuple3	12 693	" gilles desrocques"	" les bases du paramoteur"	" cavole"
tuple4	309	" gilles desrocques"	" introduction a l'ULM"	" cavole"

- Un schéma de base de donnée relationnelle B est un ensemble de schémas de relations R_i .
- Une base de donnée relationnelle b est une instance de B (c'est donc un ensemble de relations $r_1, r_2, \dots r_n$).

Généralités

- **exemple** : schéma de la base de données relationnelle bibliothèque

Personne(numInscription, nom, prénom, adresse)

Livre(numero, auteur, titre, éditeur)

Auteur(nom, pr énom, adresse)

Editeur(nom, adresse)

empruntéPar(numInscription, numéro, date)

écritPar(nom, numéro)

éditéPar(nom, numéro).

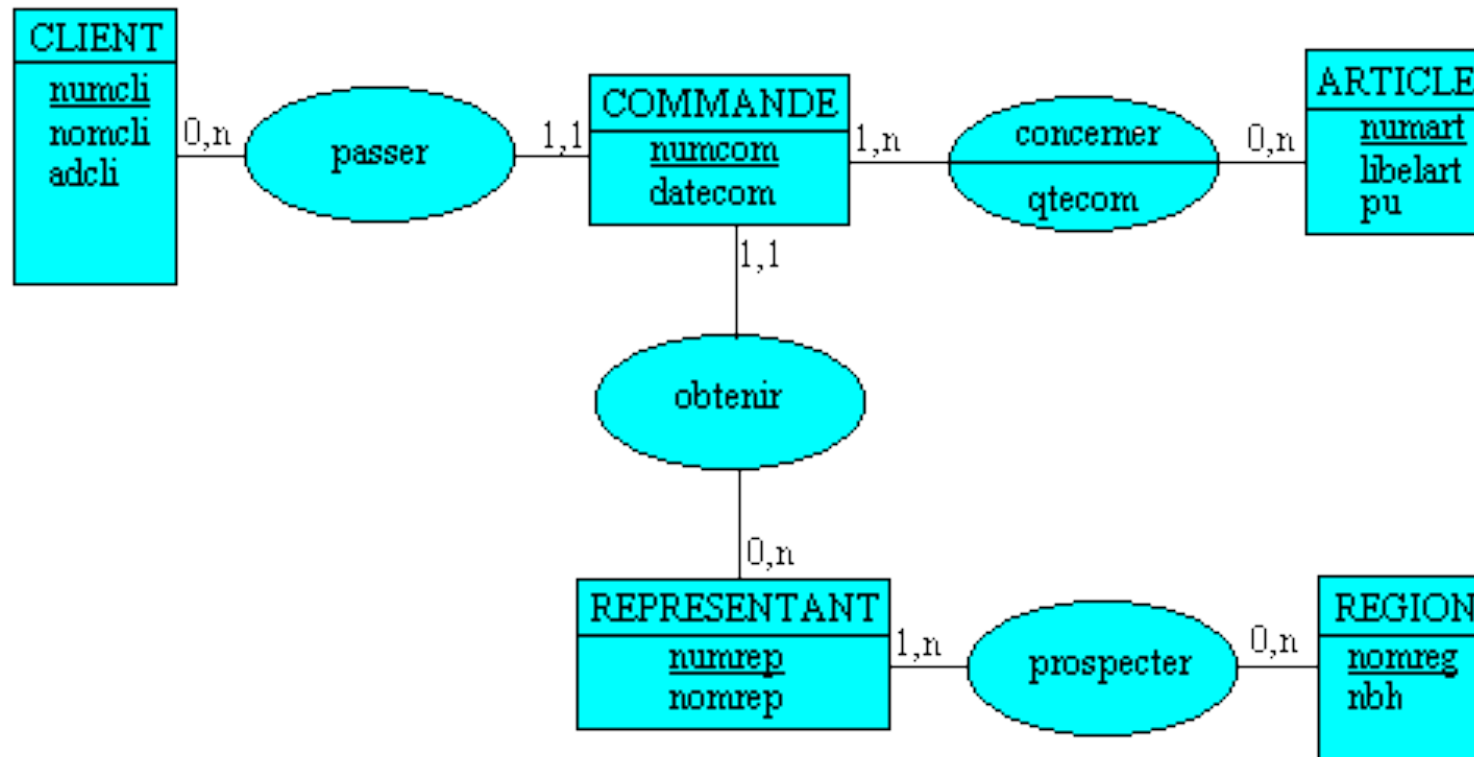
- La notion de clé, définie dans le modèle entités association est reprise ici et s'applique également aux associations.
- Lorsqu'il y a plusieurs clés possibles, on choisit l'une d'entre elles, appelé clé primaire. Les autres clés s'appellent clés candidates (envisageables).

Passage du MCD entité-association au modèle relationnel

- Un schéma entité- association peut être traduit mécaniquement en un schéma relationnel. (Certains logiciels, WinDesign, BD_Designer ... le font automatiquement).
- Nous allons voir ici comment pratiquer "à la main" pour passer du Modèle Conceptuel des Données entité-association au modèle relationnel..

Passage du MCD entité-association au modèle relationnel

- Nous allons exposer ces techniques en s'appuyant sur l'exemple suivant



Passage du MCD entité-association au modèle relationnel

- Pour la transformation du MCD, nous appliquons successivement trois règles :
 - **Règle 1** : Les entités deviennent des relations (ou tables) ; l'identifiant de l'entité devient la clé de la relation ; les propriétés de l'entité deviennent des attributs.
 - **Règle 2** : Quand on trouve une cardinalité 1,1, on ajoute l'identifiant cible à la relation source (il devient une clé étrangère)
 - **Règle 3** : Une association de la forme x,n ----- y,n devient une relation à part entière dont la clé est la concaténation des deux identifiants des entités concernées et dont les attributs sont les propriétés (si elles existent) de l'association.

Passage du MCD entité-association au modèle relationnel

- **Règle 1** : Les entités deviennent des relations (ou tables) ; l'identifiant de l'entité devient la clé de la relation ; les propriétés de l'entité deviennent des attributs.
- On obtient donc immédiatement les relations :
CLIENT (numcli, nomcli, adcli)
COMMANDE (numcom, datcom)
ARTICLE (numart, libelart, pu)
REPRESENTANT (numrep, nomrep)
REGION (nomreg, nbh)

Passage du MCD entité-association au modèle relationnel

- **Règle 2** : Quand on trouve une cardinalité 1,1, on ajoute l'identifiant cible à la relation source (il devient une clé étrangère)
- L'entité COMMANDE (donc relation) possède deux associations avec des cardinalités 1,1. On modifie alors le schéma relationnel ci-dessus de la façon suivante en appliquant la règle 2 :
COMMANDE (numcom, datcom, #numrep, #numcli)

Passage du MCD entité-association au modèle relationnel

- **Règle 3** : Une association de la forme $x,n \text{ ----- } y,n$ devient une relation à part entière dont la clé est la concaténation des deux identifiants des entités concernées et dont les attributs sont les propriétés (si elles existent) de l'association.
- On obtient donc les relations supplémentaires suivantes :

PROSPECTION (#numrep, #nomreg)

LIGNE_COMMANDE (#numcom, #numart, qtecom)

Passage du MCD entité-association au modèle relationnel

- En définitive on aboutit au modèle logique des données (dans le formalisme relationnel) :

CLIENT (numcli, nomcli, adcli)

COMMANDE (numcom, datcom, #numrep, #numcli)

ARTICLE (numart, libelart, pu)

REPRESENTANT (numrep, nomrep)

REGION (nomreg, nbh)

PROSPECTION (#numrep, #nomreg)

LIGNE_COMMANDE (#numcom, #numart, qtecom)

- NB : le signe # permet de repérer les clés étrangères et ne fait pas partie du nom de l'attribut.

Exercice

L'algèbre relationnelle

- L'**algèbre relationnelle** est une théorie mathématique proche de la théorie des ensembles qui définit des opérations qui peuvent être effectuées sur des *relations* - des matrices contenant un ensemble de nuplets.
- L'algèbre relationnelle a été inventée en [1970](#) par [Edgar Frank Codd](#), le directeur de recherche du centre [IBM](#) de [San José](#). Cette algèbre est constituée d'un ensemble d'opérations formelles sur les [relations](#).
- Les opérations relationnelles permettent de créer une nouvelle relation (table) à partir d'opérations élémentaires sur d'autres tables (par exemple l'union, l'intersection, ou encore la différence).

L'algèbre relationnelle

- Les principes de l'algèbre relationnelle sont beaucoup utilisés de nos jours par les SGBD pour la gestion des bases de données informatiques comme le SQL, DBase, etc.
- Cependant, les bases de données relationnelles ne fonctionnent pas tout à fait selon les règles ensemblistes de l'**algèbre relationnelle**.
- En effet, toutes les contraintes sont gérées en-dehors de la théorie.

L'algèbre relationnelle

- L'algèbre relationnelle est constituée d'opérateurs qui prennent en argument des relations :
 - relations constantes (par exemple décrites en extension),
 - relations variables : noms de relations dont le contenu peut varier mais dont l'arité est fixée.
- Pour plus de commodité, on sépare les opérateurs en deux catégories:
 - opérateurs de base : union, différence, produit, projection, sélection,
 - opérateurs additionnels qui s'expriment à partir des opérateurs de base : intersection, quotient, c-jointure, jointure naturelle, semi-jointure.

Exemple : Sélection

Exemple : considérons la relation : commande

N° commande	Date	Montant
28	Octobre	1986
29	Octobre	2024
30	Novembre	1610
52	Décembre	512

« donnez les commandes passées, en mois de Novembre ».

N° commande	Date	Montant
30	Novembre	1610

La condition peut contenir plusieurs critères.

Exemple : Projection

C'est une opération unaire qui consiste à supprimer les colonnes d'une relation.

Exemple : considérons les relations :

N° Etudiant	Nom	Département	Adresse Dpt
521	Karim	Informatique	Casa
642	Rachid	Mathématique	Khoribga
251	Najat	Informatique	Settat
662	Karim	Informatique	Settat

La projection sur nom, département, donne :

Nom	Département
Karim	Informatique
Rachid	Mathématique
Najat	Informatique

La projection sur département, adresse, donne :

Département	Adresse Dpt
Informatique	Casa
Mathématique	Khoribga
Informatique	Settat
Informatique	Settat

Exemple : Union

L'union est une opération binaire

Cette opération n'est possible que sur des relations ayant les même attributs.

Elle permet de fusionner les deux relations en une seule.

Exemple : Considérons les relations.

Ouvrier

N° Employé	nom
15	Karim
17	Najat
18	Rachid

Cadre

N° Employé	nom
3	Jamal
21	Sophia

Donnez l'ensemble des « EMPLOYES »

Employé

N° Employé	Nom Employé
3	Jamal
21	Sophia
15	Karim
17	Najat
18	Rachid

Exemple : intersection

Exemple : Considérons les relations.

Ingénieur

N° Employé	Nom employé
10	Tarik
12	Jamal
13	Rachid
15	Karim

Chef de service

N° Employé	Nom employé
13	Rachid
14	Leila
15	Karim

« Donnez les numéros et noms des chefs de service qui sont ingénieurs ».

N° Employé	Nom Employé
13	Rachid
15	Karim

Exemple : différence

Exemple : soient les deux relations :

Inscrits

nom étudiant	Unité valeur
Tarik	Maths
Jamal	Maths
Tarik	Physique
Rachid	Chimie
Jamal	Chimie

Reçus

nom étudiant	unité valeur
Tarik	Maths
Jamal	Maths
Rachid	Chimie

« **Donnez le nom des étudiants qui sont toujours inscrits à une U.V** »

Nom Etudiants	Unité Valeur
Tarik	Physique
Jamal	Chimie

Exemple : division

Cette opération binaire concerne une relation qui est « divisée » par une autre relation contenant exclusivement des attributs de la première relation.

Il s'agit de déterminer les occurrences de la première relation qui sont associées à toutes les occurrences de la seconde.

Exemple : considérons les relations suivantes:

Elève	Professeur
Leila	Fadoua
Rachid	Salim
Karim	Fadoua
Leila	Salim
Rachid	Fadoua
Leila	Amine
Karim	Amine

Elève
Leila
Rachid

Donnez le nom des professeurs qui enseignent conjointement aux élèves figurent dans la deuxième relation ».

Professeur
Fadoua
Salim

Exemple : produit

Exemple : Soient les deux relations :

LIVRE

Titre	Auteur
X	Rachid
Y	Karim

Couleur	Edition
Rouge	Edition luxe
Blanc	Broché
Vert	Cartonné

répondre à la question associant les titres, auteurs, couleurs et éditions ?

Titre	Auteur	Couleur	Edition
X	Rachid	Rouge	Edition luxe
X	Rachid	Blanc	Broché
X	Rachid	Vert	Cartonné
Y	Karim	Rouge	Edition luxe
Y	Karim	Blanc	Broché
Y	Karim	Vert	Cartonné

Exemple : thêta produit

Exemple : Soient les deux relations :

Employé

Nom	Salaire
E1	20000
E2	10000
E3	6000

Chef

Nom chef	Salaire
Rachid	25000
Karim	12000

« Donnez le nom des employés qui gagnent plus qu'un chef de service »

Nom Employé	Salaire Employé	Nom chef	Salaire chef
E1	20000	Rachid	25000
E2	10000	Rachid	25000
E3	6000	Rachid	25000
E1	20000	Karim	12000
E2	10000	Karim	12000
E3	6000	Karim	12000

Nom Employé	Salaire Employé	Nom Chef	Salaire Chef
E1	20000	Karim	12000

Exemple : Jointure naturelle

Exemple : Soient les deux relations :

N° Employé	Nom Employé	N° Service
23	Tarik	17
25	Leila	15
37	Jalil	17
23	Tarik	14

N° Service	Nom Service
17	Comptabilité
15	Informatique
14	Achat
28	Vente

Pour répondre à la question : « **Donnez le nom des employés et leur service** », on utilise une jointure naturelle

N° Employé	Nom Employé	N° Service	Nom Service
23	Tarik	17	Comptabilité
25	Leila	15	Informatique
37	Jalil	17	Comptabilité
23	Tarik	14	Achat

Exemple : semi-jointure

Exemple :

N° Employé	Nom	N° Bureau
23	Tarik	47
83	Leila	18
69	Jalil	03
70	Kamal	40
85	Farida	47

N° Bureau	BATIMENT
40	A1
42	B3
47	B3
62	C1

Donnez l'opération qui permet d'avoir la relation suivante :

N° Employé	Nom	N° Bureau
23	Tarik	47
70	Kamal	40
85	Farida	47

Schéma relationnel et Contraintes d'Intégrité

- Soit le schéma suivant :

AVION	<i>NUMAV</i>	<i>NOMAV</i>	<i>CAP</i>	<i>LOC</i>
	100	A300	350	Bordeaux
	101	A320	500	Paris

PILOTE	<i>NUMPIL</i>	<i>NOMPIL</i>	<i>ADRESSE</i>
	1	Smith	Bordeaux
	2	Scott	Toulouse

VOL	<i>NUMVOL</i>	<i>NUMAV</i>	<i>NUMPIL</i>	<i>H_DEP</i>	<i>H_ARR</i>	<i>V_DEP</i>	<i>V_ARR</i>
	1	100	1	12h00	13h20	Bordeaux	Paris
	2	100	2	14h00	15h00	Paris	Toulouse
	3	101	1	16h00	17h30	Paris	Toulouse

Schéma relationnel et Contraintes d'Intégrité

- Clef primaire : attribut ou ensemble d'attributs permettant d'identifier un tuple d'une relation;
- Domaine primaire : domaine défini d'un attribut de la clef;
- Clef étrangère : attribut défini sur un domaine primaire et qui n'est pas clef primaire dans sa relation;
- Degré d'une relation : nombre d'attribut;
- Cardinalité d'une relation : nombre de tuples;
- Relation dynamique : possède une clef étrangère;
- Relation statique : pas de clef étrangère, indépendante des autres.

Schéma relationnel et Contraintes d'Intégrité

- En fait, dans une BD relationnelle, des règles de cohérence doivent être constamment vérifiées pour garantir la validité des données.
- Ces règles de cohérence sont appelées **Contrainte d'Intégrité**;
- On distingue deux catégories de CI :
 - Dépendantes de l'application
 - Liée aux concepts du relationnel

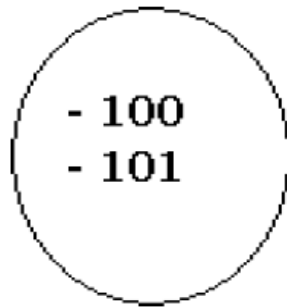
Schéma relationnel et Contraintes d'Intégrité

– Les CI Liées aux concepts du relationnel

- CI de domaine : toute valeur d'un attribut doit appartenir à son domaine de définition
- CI de relation : toute valeur de clef primaire doit exister et être unique (Remarque : une valeur inexistante dans la base de données est appelée valeur nulle (NULL) (valeur impossible ou valeur inconnue))
- CI de référence : toute valeur de clef étrangère doit exister pour la clef primaire associée, i.e.

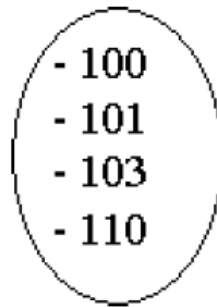
Schéma relationnel et Contraintes d'Intégrité

NUMAV dans VOL



\subseteq

NUMAV dans AVION



Exemple : impossible de créer un VOL si l'avion et le pilote n'existe pas déjà dans la base de données.

- ⇒ Ordre dans l'insertion de tuples : d'abord les relations statiques puis les relations dynamiques
- ⇒ Ordre dans la suppression de tuples
- ⇒ Ordre dans la création des relations

Schéma relationnel et Contraintes d'Intégrité

- CI applicatives ou dynamiques : toute contrainte de cohérence liée à l'application
 - Exemples :
 - Pas de recouvrement de vols faits par le même pilote ou le même avion
 - Durée d'un vol tjrs > 30 minutes
 - Salaire ne peut pas décroître.