

1

## Module « Bases de données 1 »

Élément	Quota
Modèle relationnel	28 Heures
Langage SQL	28 Heures

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

# Les Bases de Données Relationnelles

## Chapitre I

### Introduction et objectifs

## Qu'est ce qu'une base de données?

MCD SQL DBA  
REQUETE RELATIONNEL SQLITE CLE  
ORACLE SGBD TABLE  
ENREGISTREMENT DONNEE  
MODELE LOGIQUE MySQL  
BIG DATA

3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

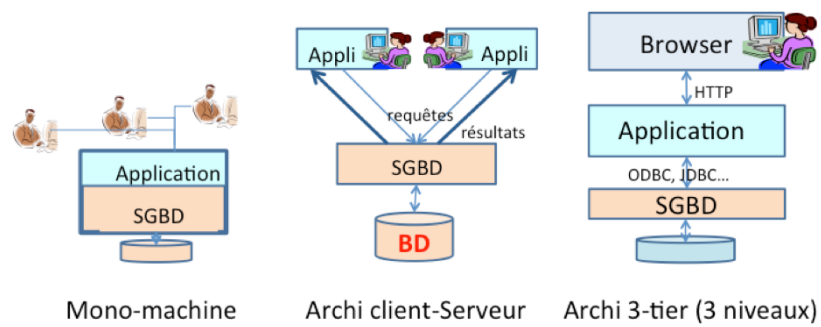
## Qu'est ce qu'une base de données ?

- Une Base de Données (BD), en anglais *Database*, est une collection de données structurées, modélisant les objets du monde réel, reliées par des relations et stockées sur un support permanent sous forme de fichiers. Une BD doit être interrogeable et modifiable par des langages de haut niveau.
- Une BD sert de support à des applications informatiques. Sa gestion est assurée par un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD).

4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

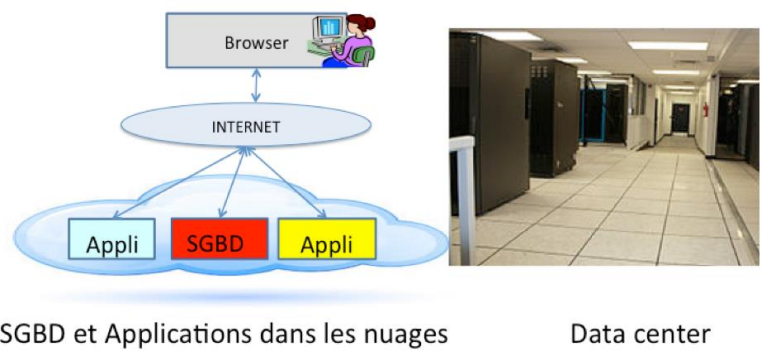
## Evolution des architectures



5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Aujourd'hui



6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

7

## Défis posés par les données

- Les raisons principales de cette complexité croissante :
  - Les serveurs de données sont confrontés à des volumes de données sans cesse croissants, et doivent communiquer avec un nombre d'applications clientes elles-mêmes en constante progression. On parlait en Mégaoctets dans les années 80, en Téraoctets de nos jours. Un serveur de données dans une grande entreprise doit satisfaire des milliers de requêtes simultanées.
  - Les applications elles-mêmes ont grossi et se sont complexifiées.
- Comment faire pour gérer nos données en assurant leur sécurité, leur intégrité et permettre un accès concurrent ...?

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

8

## Cycle de vie d'une BD

```
graph TD; A[Monde réel] --> B[Analyse]; B --> C[Modèle conceptuel de données]; C --> D[Modèle logique de données]; D --> E[Base de données];
```





Modèle relationnel - B. EL HATIMI

9

## Revenons en arrière : Les fichiers

- Un fichier est un « récipient d'information caractérisé par un nom,..., permettant d'écrire des programmes d'application indépendants des mémoires secondaires. » [GARDARIN – 2003]
- Un système de Gestion de Fichiers (SGF) est un ensemble de programmes qui assure les fonctions de création/suppression de fichiers, l'allocation de la mémoire secondaire, la localisation et la recherche des fichiers.
- Pourquoi les fichiers ne sont pas suffisants pour la gestion des données ?

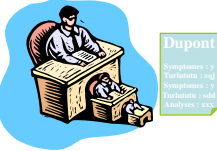
Modèle relationnel - B. EL HATIMI


Systèmes de fichiers		Caractéristiques
 Comptabilité	 Chirurgie	Problèmes
 Consultations	 Psychiatrie	


Modèle relationnel - B. EL HATIMI


10

## Format des fichiers









## Caractéristiques

### Plusieurs applications

- plusieurs formats
- plusieurs langages

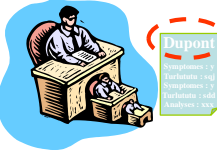
## Problèmes

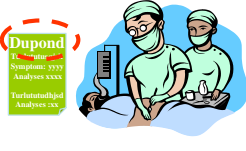
- Difficultés de gestion


Modèle relationnel - B. EL HATIMI

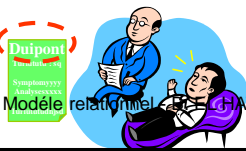
11

## Redondance (données)









## Caractéristiques

### Plusieurs applications

- plusieurs formats
- plusieurs langages

### Redondance de données

## Problèmes

- Difficultés de gestion
- Incohérence des données

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

12

B. EL HATIMI

6

## Interrogations

Modèle relationnel B. EL HATIMI

### Caractéristiques

**Plusieurs applications**

- plusieurs formats
- plusieurs langages

**Redondance de données**

**Pas de facilité d'interrogation**

- Question ⇒ développement

### Problèmes

- Difficultés de gestion
- Incohérence des données
- Coûts élevés
- Maintenance difficile

13

## Pannes ???

Modèle relationnel B. EL HATIMI

### Caractéristiques

**Plusieurs applications**

- plusieurs formats
- plusieurs langages

**Redondance de données**

**Pas de facilité d'interrogation**

- Question ⇒ développement

### Problèmes

- Difficultés de gestion
- Incohérence des données
- Coûts élevés
- Maintenance difficile
- Gestion de pannes ???

14

## Partage de données

### Caractéristiques

**Plusieurs applications**

- plusieurs formats
- plusieurs langages

**Redondance de données**

**Pas de facilité d'interrogation**

- Question ⇒ développement

### Problèmes

- Difficultés de gestion
- Incohérence des données
- Coûts élevés
- Maintenance difficile
- Gestion de pannes ???
- Partage des données ???

## Confidentialité

### Caractéristiques

**Plusieurs applications**

- plusieurs formats
- plusieurs langages

**Redondance de données**

**Pas de facilité d'interrogation**

- Question ⇒ développement

**Redondance de code**

### Problèmes

- Difficultés de gestion
- Incohérence des données
- Coûts élevés
- Maintenance difficile
- Gestion de pannes ???
- Partage des données ???
- Confidentialité ???



## Quand utiliser les fichiers ?

- Faut-il pour autant abandonner les fichiers ?  
Non.
- Dans le cas de données importantes et homogènes les fichiers et les SGF (Systèmes de Gestion de fichiers) restent une solution idéale.
- Exemple : Listing des opérations bancaires.

17

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Systèmes de Gestion de Bases de Données (SGBD)

- Un Système de Gestion de Bases de Données est un logiciel de haut niveau qui permet de manipuler les informations stockées dans une base de données.
- Exemple de SGBD : Oracle, SQL Server, MySQL, PostgreSQL, Informix, SQLite, MS Access ?,...

18

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

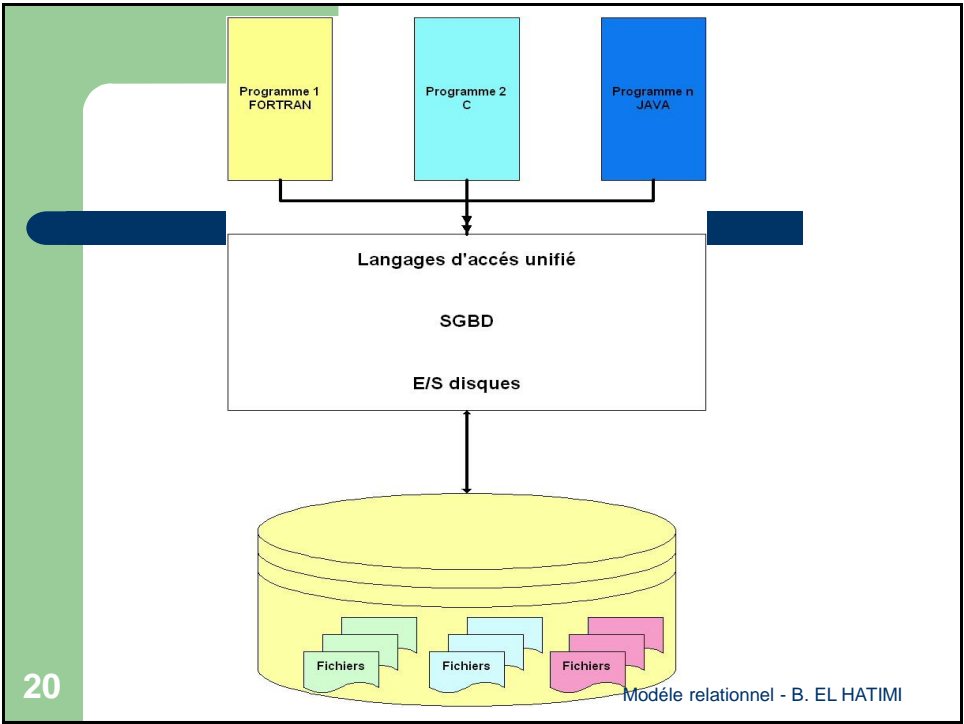
# Comment choisir son SGBD ?

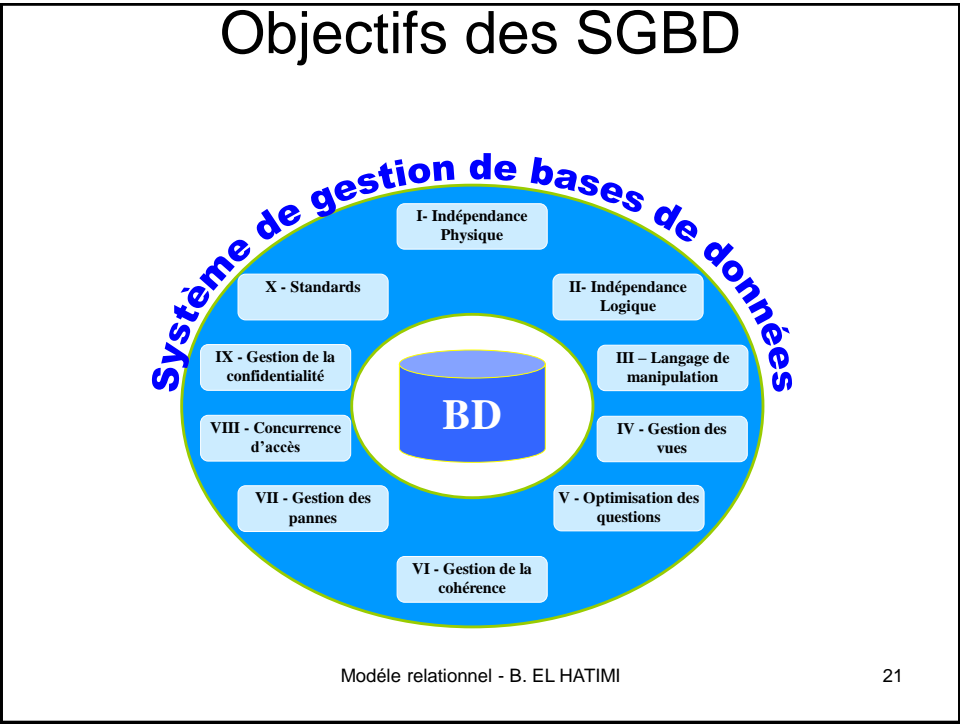
## Une analyse multicritères

- Plusieurs critères sont à prendre en compte lors du choix d'un SGBD.

Critère	SQLite	PostgreSQL	Oracle
Architecture	Non client-serveur	Client-Serveur	Client-Serveur
Licence	Libre et Ouvert	Libre et Ouvert	Propriétaire
Prix	Gratuit	Gratuit	\$\$\$\$
Sécurité	Contexte monoposte ou applications de gestion	Contexte professionnel	Applications stratégiques avec données très sensibles
Ergonomie	Faible	Très élevée	Elevée
Support	Faible	Disponible	Disponible
Extension spatiale	Spatialite	PostGis	Oracle Spatial

BDS - 2017/2018 - B. EL HATIMI





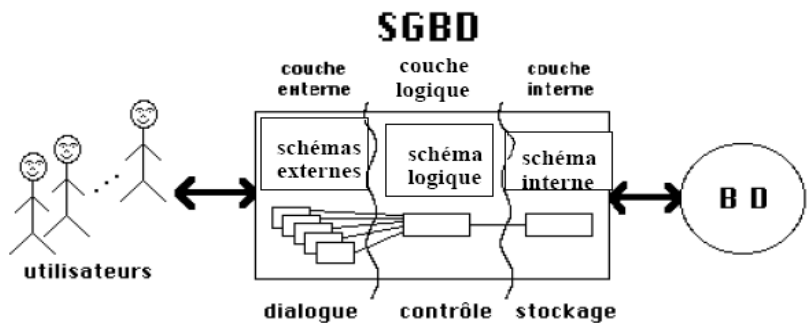
## Fonctions principales d'un SGBD

- Description des données.
- Recherche des données.
- Mise à jour des données.
- Contrôle de l'intégrité des données.
- Sécurité des données.

22

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Architecture d'un SGBD



Un objectif majeur du SGBD est d'assurer une abstraction des données stockées sur disques pour simplifier la vision des utilisateurs. Pour cela trois niveaux de description des données sont identifiés appelés aussi niveaux d'abstraction.

23

## Niveaux d'abstraction

- Niveau externe fournit pour chaque utilisateur une description des données perçues (vue).
- Niveau logique contient la description et la structuration des données selon un modèle propre au SGBD.
- Niveau interne correspond à la structure de stockage supportant les données (les fichiers).

24

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Plan élément « Bases de données relationnelles »

- Modèle relationnel.
- Conception d'une base de données.
- Algèbre relationnel.
- Théorie de la normalisation.

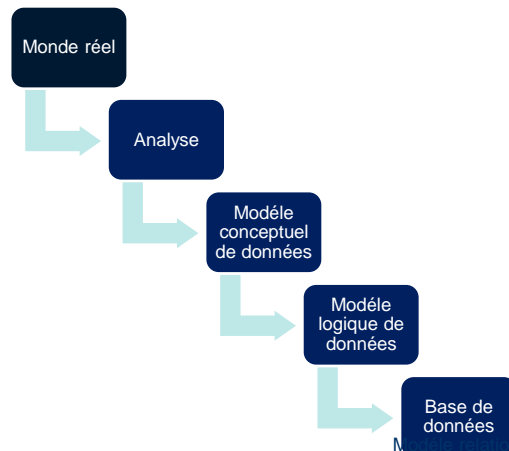
25

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

# Les Bases de Données Relationnelles

## Chapitre II Modèle relationnel

## Cycle de vie d'une BD



27

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Modèle Logique de Données

- Un Modèle Logique est le modèle sur lequel est construit le SGBD. Il existe plusieurs modèles logiques et donc autant de familles de SGBD : relationnel, réseau, hiérarchique, orienté objet.
- On parlera de *Système de Gestion de Base de Données Relationnel* (SGBDR) dans le cas d'un SGBD basé sur le modèle relationnel.

28

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Modèle Logique de Données

- Différents modèles :
  - **Modèle Réseau**
  - **Modèle Hiérarchique**
  - **Modèle Relationnel** (Oracle, SQL Server, MySQL...) → Standard du marché - 90% du marché des SGBD
  - **Modèle Objet**
  - **Modèle Relationnel – Objet**

29

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Un petit historique

- 1960 : Systèmes de gestion de fichiers
- 1970 : Début des SGBD réseaux et hiérarchiques
- 1970 : Article de CODD (IBM SanJose) proposant le modèle relationnel « *A Relational Model for Large Shared Data Banks* » (Voir article)
- 1976 : Article de CHEN sur le modèle entité-association « *The Entity-Relationship Model – Towards a Unified View of Data* »
- 1979 : Premier SGBDR Oracle de IRS
- 1990 : Les SGBD relationnels dominent le marché

30

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Un petit historique

- Années 1990 : Début des SGBD Orientés Objet. Datawarehouse . Datamining. BD à référence spatiales.
- 1992 : Norme ISO SQL2 (*International Organization for Standardization*)
- 2004 : Standard SQL 2003 ou SQL3 publié
- Maintenant : Big Data, Cloud, Datacenter, Réseaux sociaux....

31

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Legacy Systems

- Les premiers modèles logiques et SGBD (dits *Legacy Systems*) sont apparus dans les années 1970s.
- Approche système des BDs.
  - Modéliser la BD comme un ensemble de fichiers reliés par des pointeurs.
  - Privilégier l'optimisation des entrées sorties.
  - **Modèles d'accès**

32

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Legacy Systems : 2 exemples

- Langages de Manipulation de Données (LMD) basés sur le parcours de fichiers et de liens entre fichiers → **Langages Navigationnels**
- Les modèles les plus populaires : le **Modèle réseau** et le **Modèle hiérarchique**

33

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Legacy Systems

- **Forces :**
  - Proche du niveau interne (gestion des fichiers)
  - Efficacité (accès disques)
- **Faiblesses :**
  - Manque d'indépendance Programmes-Données
  - Grande complexité des LMD associés
  - LMD de bas niveau laissant la navigation à la charge du programmeur

34

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## CODD le fondateur

- Edgar F. CODD (1923 – 2003)
- 1969 : Premier article de CODD sur le modèle relationnel.
- 1970 : Article fondateur de CODD (IBM SanJose) sur le modèle relationnel « *A Relational Model for Large Shared Data Banks* »

35

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## CODD le fondateur

- **Objectif 1** : Indépendance Programmes d'application Vs Représentation interne des données
- **Objectif 2** : Une base solide pour traiter les problèmes de cohérence et de redondance des données (Règles d'intégrité – Algèbre relationnelle – Théorie de la normalisation)
- **Objectif 3** : Modèle extensible
- **Objectif 4** : Devenir un standard pour la description et la manipulation des bases de données
- **'Objectif 5'** : Simplicité du modèle (modèle à un seul concept : la relation)
- **'Objectif 6'** : Simplicité des vues relationnelles : représentation tabulaires des données

36

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Modélisation des données

- Pour décrire les objets dans une BD :
  1. Type d'objets.
  2. Instances (ou occurrences) d'objets.
  3. Modèle de description de données (ou modèle logique) : ensemble de concepts et de règles permettant de décrire des données → Exemple le modèle relationnel.
  4. Langage de description de données : langage supportant un modèle et permettant de décrire les données d'une BD d'une manière assimilable par une machine → Exemple le langage SQL.

37

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Le domaine de valeurs

- **Le domaine de valeurs** : Ensemble d'instances d'un type **élémentaire** caractérisé par un nom : Les domaines sont les ensembles dans lesquels les données prennent leurs valeurs.
- Exemples de domaines : Entier, Réel, Alpha-numérique, Couleur {Rouge, Blanc, Bleu, Jaune}...
- Un domaine peut être **défini en intention** en définissant une propriété caractéristique des valeurs du domaine (Réel, Booléen, Caractère...) ou **défini en extension** en donnant la liste des valeurs le composant (Couleur {Rouge, Blanc, Bleu, Jaune})

38

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Relation ou Table

- **La Relation ou Table** : Sous-ensemble fini du produit cartésien d'une liste de domaines, caractérisé par un nom.
- Une relation représente un objet (concret ou abstrait) du monde réel, **identifiable** et **pertinent** pour la base de données.
- CODD a représenté les relations sous forme de tables à deux dimensions (représentation tabulaire).

39

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Relation ou Table : Représentation tabulaire

**CLIENT**

*Nom de la table*

C342	ELECTRA S.A.	Casablanca
C235	Comptoirs du SOUSS	Agadir
C145	Africaine de câbles	Tanger
C98	Electronia	Casablanca
C114	SMEC	Casablanca

40

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Attribut ou Colonne

- **Un attribut** : Colonne d’une relation caractérisée par un nom. Un attribut est toujours associé à un domaine (on parle de contrainte de domaine).
- Domaines possibles : Réel, Entier, Booléen, Date, Heure, Caractère, Chaîne de caractères, Monétaire, domaines définis en extension...
- Le choix des domaines pour les attributs dépend du SGBD.

41

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Un attribut ou Colonne

### CLIENT

Code	LibelleClient	Adresse
C342	ELECTRA S.A.	Casablanca
C235	Comptoirs du SOUSS	Agadir
C145	Africaine de câbles	Tanger
C98	Electronia	Casablanca
C114	SMEC	Casablanca

42

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Schéma relationnel d'une table

- Pas de formalisme précis.
- On utilisera dans ce cours la notation suivante :
  - NOMTABLE (COL1 : Domaine 1, COL2 : Domaine 2...)

43

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Vocabulaires relationnel et tabulaire

- Remarque importante : Il existe deux vocabulaires dans le modèle relationnel : un vocabulaire formel ou relationnel (relation, attribut, enregistrement ou tuple) et un vocabulaire liée à la représentation tabulaire (table, colonne, ligne).

44

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Enregistrement ou Tuple

- **Tuple ou Enregistrement** :  $n$ -uplet  $(v_1, \dots, v_n)$  correspondant à une ligne de la table représentant la relation.
- Un enregistrement est une réalisation de la relation.
- Exemple pour la relation CLIENT : ('C342', 'ELECTRA S.A', 'Casablanca'), ('C235', 'Comptoirs du Souss', 'Agadir')...
- Les  $n$ -uplet d'une relation représentent l'ensemble des instances de cette relation → On peut alors appliquer des contraintes ensemblistes sur ces ensembles.

45

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Attributs facultatifs et obligatoires

- Un attribut est dit facultatif si on admet que pour un enregistrement donné sa valeur peut ne pas être renseignée : on parle alors de valeur nulle.
- Un attribut est dit obligatoire si sa valeur doit être renseignée. On parle de **contrainte de non nullité**.

46

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Valeurs complexes

- Le modèle relationnel n'admet que des domaines ayant des valeurs élémentaires.
- Il est interdit dans le modèle relationnel de manipuler des attributs ayant des valeurs complexes : instances de graphes, listes, enregistrement...
- Exemple :
  - Soit la relation LEVE (Id : Entier, Coord : Point) où Point est défini comme {(X:Réal,Y:Réal, Z:Réal)} → FAUX !!!
  - LEVE (Id : Entier, CoordX : Réel, CoordY : Réel, CoordZ : Réel) → CORRECT !!!

47

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Attributs monovalués et attributs multivalués

- Un attribut monovalué est un attribut qui n'a pour un enregistrement qu'une seule valeur.
- Un attribut multivalué est un attribut qui pour un même enregistrement peut prendre plusieurs valeurs.
- **Le modèle relationnel n'admet que des attributs monovalués !!!**
- Nb : Se référer à la partie « Clé étrangère » pour la transformation des attributs multivalués en attributs monovalués.

48

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Attributs atomiques

- Les attributs dans le modèle relationnel doivent être simples (non complexes) et monovalués (non multivalués). On parle d'attributs atomiques.
- ➔ Première Forme Normale « Tous les attributs de la relation sont atomiques » (Voir partie Théorie de la normalisation).

49

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé ou identifiant d'une relation

- Tout tuple (toute ligne) doit être identifiable.
- **Clé ou Identifiant** : « Plus petit ensemble des attributs d'une relation dont la connaissance des valeurs permet d'identifier un tuple de la relation de manière unique. »

50

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## ETUDIANT

Nom : Chaîne	CNE : Chaîne (10c)	Filière : Chaîne
ALAMI	2220101010	GHEV
<del>ALAMI</del>	<del>2220101010</del>	<del>GHEV</del>
ALAMI	2320111055	GHEV
ALAOUI	2220101033	GE

51

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé ou identifiant d'une relation

<u>Code</u>	LibelleClient	Adresse
C342	ELECTRA S.A.	Casablanca
C235	Comptoirs du SOUSS	Agadir
C145	Africaine de câbles	Tanger
C98	Electronia	Casablanca
C114	SMEC	Casablanca

52

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé composée

<u>NVol</u>	<u>NSiège</u>	Compagnie	HeureDépart
A451	24	RAM	15H30
A451	15	RAM	15H30
F266	24	Jet4You	16H00

La clé de la table PLACE est NVol + NSiège

53

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Contrainte d'unicité

- **Contrainte d'unicité** : Deux enregistrements distincts ne peuvent avoir la même valeur pour la clé.

<u>Code</u>	LibelleClient	Adresse
C342	ELECTRA S.A.	Casablanca
C235	Comptoirs du SOUSS	Agadir
<del>C145</del>	<del>Africaine de câbles</del>	<del>Tanger</del>
C98	Electronia	Casablanca
C114	SMEC	Casablanca
<del>C145</del>	<del>SODETA</del>	<del>Rabat</del>

54

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé primaire et clés secondaires

- Une relation peut posséder plusieurs clés. Ainsi ETUDIANT (CIN, CNE, CodeCNC, ...) : CIN, CNE ou CodeCNC sont toutes des clés de la relation ETUDIANT.
- On choisit une de ces clés comme clé principale ou primaire, les autres sont alors dites secondaires.
- On choisit comme clé primaire la clé la plus utilisée. Dans l'exemple précédent si la BD est relative au CNC on choisira CodeCNC, si par contre la BD gère les étudiants d'une université on prendra CNE comme clé primaire.
- Important : La contrainte d'unicité s'applique à la clé primaire et aux clés secondaires.

55

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Contrainte d'entité

- **Contrainte d'entité** : Toute relation doit posséder une clé primaire et tout attribut participant à cette clé primaire doit être non nul (attribut obligatoire).
- **Remarque importante** : Tous les attributs composant la clé primaire d'une relation sont soumis à la contrainte de non nullité.

56

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé - Notions supplémentaires

- Avant le choix de la clé primaire, toute clé est dite clé candidate.
- Un ensemble d'attributs qui inclut une clé est appelé super-clé.
- Remarque : Une super-clé n'est pas une clé puisque par définition ce n'est pas un ensemble minimal d'attributs constituant une clé.

57

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé naturelle et clé artificielle

- Si dans la réalité l'objet à représenter possède un identifiant, alors on le choisira comme clé et on parlera de clé naturelle. Sinon, on lui attribuera une clé artificielle.
- EMPLOYE (Nom, Prenom, Fonction, Salaire...) : Nom+Prenom est une clé naturelle.
- EMPLOYE (Code : Entier, Nom, Prenom, Fonction, Salaire...) : Code a été ajouté comme une clé artificielle de type entier.
- Code devient la clé primaire et Nom+Prenom garde la contrainte d'unicité.

58

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Schéma d'une relation

- Soit la relation CLIENT. Pour définir formellement cette relation on utilise son schéma : **CLIENT** ( Code : alphanumérique, LibelleClient : alphanumérique, Adresse : alphanumérique) → Code est la clé de la relation CLIENT.
- Le schéma relationnel ou formel d'une relation contient :
  1. Nom de la relation.
  2. Définition de la relation.
  3. Nom des attributs avec leur domaine de valeurs.
  4. Identifiants(s) avec précision de la clé primaire et des clés secondaires. Dans le schéma de la relation la clé primaire est soulignée.

59

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Schéma d'une relation

- Remarque : Le schéma d'une relation est la définition en intention de la relation alors que la table est la définition en extension de celle-ci.
- Exercice : Proposer un schéma pour une relation Etudiant.

60

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Schéma relationnel de ETUDIANT

- Relation ETUDIANT : représente les étudiants de l'EHTP.
- ETUDIANT ( CNE : chaine (10c), CIN : chaine (10c), Nom : chaine (50c), [Adresse] : chaine (100c), DateNaissance : date)
- CNE clé primaire (clé naturelle)
- CIN clé secondaire

61

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Dictionnaire de données

Nom	Description	Type	Unique	Obligatoire
CIN	Code d'identité nationale	Chaine (10c)	Oui	Oui
CNE	Code nationale de l'étudiant	Chaine	Oui	Oui
Nom	Nom de l'étudiant	Chaine	Non	Oui
Adresse	Adresse de l'étudiant	Chaine	Non	Non
DateNaissance	Date de naissance	date	Non	Oui

62

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Schéma relationnel de ETUDIANT\_BIS

- Relation ETUDIANT\_BIS : représente les étudiants de l'EHTP.
- ETUDIANT\_BIS (Nom : chaîne (50c), Prenom : Chaîne (30c), [Adresse] : chaîne (100c), DateNaissance : date)
- (Nom, Prenom) clé primaire (on suppose qu'il n'y a pas d'homonymes)

63

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Schéma relationnel de ETUDIANT\_BIS

- Relation ETUDIANT\_BIS : représente les étudiants de l'EHTP.
- ETUDIANT\_BIS (Id : entier, Nom : chaîne (50c), Prenom : Chaîne (30c), [Adresse] : chaîne (100c), DateNaissance : date)
- Id clé primaire (artificielle car il n'y a pas de clé naturelle)

64

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Clé étrangère

- Comment exprimer les liens entre objets ?
- Exemple : Un employé est rattaché à un service.

SERVICE
<u>IdService</u>
NomService

EMPLOYE
<u>Matricule</u>
Nom
Fonction

65

*(Ceci est une représentation graphique d'une relation).*  
Modèle relationnel - B. EL HATIMI

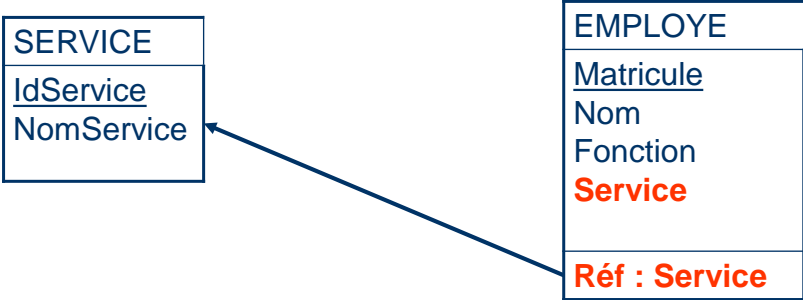
## Clé étrangère - Définition

- « Une clé étrangère (ou clé externe) est un ensemble d'attributs d'une relation formant une clé dans une autre relation. La relation qui contient la clé de référence est dite parent (ou de référence), celle contenant la clé étrangère enfant. »
- Une clé étrangère exprime un lien logique (mais aussi une dépendance) entre deux relations.
- **Remarque : Une clé étrangère n'est pas une clé !**

66

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé étrangère



Remarque : La clé étrangère n’a pas obligatoirement le même nom que dans la relation parent.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

67

## Clé étrangère

- On écrira dans la description du schéma relationnel :

EMPLOYE (Matricule, Nom, Fonction ,Service : Chaîne(10c))  
SERVICE (IdService : Chaîne(10c), NomService)  
*EMPLOYE. Service référence SERVICE.IdService*

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

68

## Clé étrangère

SERVICE	<u>IdService</u>	NomService
	S01	Service comptabilité
	S02	Service achats

EMPLOYE			
<u>Matricule</u>	Nom	Fonction	Service
1234	Filali	Chef de service	S02
9999	Maghribi	Ingénieur	S01
5678	Alami	Secrétaire	S01

69

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé étrangère – Quel nom ?

- On peut donner le nom qu'on veut à la clé étrangère dans la table enfant.
- Il n'est pas obligatoire de donner le même nom à la clé étrangère et à la clé de référence.

70

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

71

## Contrainte référentielle

- ❖ Contrainte référentielle : « *Contrainte d'intégrité portant sur une relation R1, consistant à imposer que la valeur d'un groupe d'attributs de R1 apparaisse comme valeur de clé sur une autre relation R2.* »
- ❖ Le SGBD devra assurer l'intégrité référentielle de la base de données :
  1. On ne peut pas créer d'enregistrements dans la table enfant R1 avec une valeur de la clé étrangère qui n'existe pas dans la table parent R2.
  2. La suppression d'un enregistrements de la table de référence doit entraîner soit la suppression des enregistrements de la table enfant correspondant, soit le changement de la valeur de la clé étrangère à la valeur nulle, soit être interdit.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

72

## Contrainte référentielle

SERVICE

<u>IdService</u>	NomService
S01	Service comptabilité
S02	Service achats

EMPLOYE

<u>Matricule</u>	Nom	Fonction	Service
1234	Filali	Chef de service	S03
5678	Alami	Secrétaire	

S03 n'existe pas dans SERVICE

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé étrangère - Remarques

- Est-ce qu'une clé étrangère doit être unique ? → Non sauf si on a une règle de gestion qui le nécessite.
- Est-ce qu'une clé étrangère doit être obligatoire ? → Non, une clé étrangère peut être facultative dépendamment des règles de gestion.

73

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Exemple : Schéma relationnel de la base de données

- Table des usines : **U** (**NU** : Entier, [Libelle] : Chaîne, [Ville] : Chaîne)
- Table des fournisseurs : **F** (**NF** : Entier, Libelle : Chaîne, Ville : Chaîne)
- Table des produits : **P** (**NP** : Entier, Libelle : Chaîne, Prix : Réel, Couleur : Chaîne)
- Table des achats : **PUF** (**NU** : Entier, **NF** : Entier, **NP** : Entier, Qte : Entier)
  - PUF.NU référence U.NU, PUF.NF référence F.NF et PUF.NP référence P.NP

74

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé étrangère composée

- Une clé étrangère est dite composée si la clé de la table de référence est composée de deux attributs au moins.
- Dans ce cas la clé étrangère doit aussi être composée du même nombre d'attributs.
- La contrainte référentielle s'applique à l'ensemble des attributs composant la clé étrangère.
- Les attributs constituant la clé étrangère doivent être de même type que les attributs de la clé de référence.

75

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé étrangère composée

- Dans cet exemple nous avons deux relations : *PlaceVol* qui représente les places dans un vol et *Réservation* qui représente les réservations faites.
  - PlaceVol (NVol, NSiège, Compagnie, HeureDépart) où NSiège est le numéro de siège
  - Réservation (NRéservation, NomClient, Vol, Siège)
  - Reservation.(Vol, Siège) référence PlaceVol.(NVol, NSiège)

76

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé étrangère composée

<u>NVol</u>	<u>NSiège</u>	Compagnie	HeureDépart
A451	24	RAM	15H30
A451	15	RAM	15H30
F266	24	Jet4You	16H00

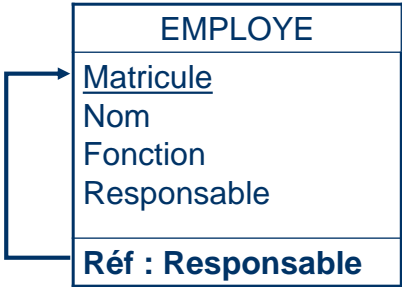
<u>NRéserve</u>	NomClient	Vol	Siège
1252	Muawiya	A451	24
1253	Yazid	F266	15
1254	Marwan	Y102	24
1255	Abd Al Malik	Y102	10

77

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé étrangère réflexive

Une relation peut avoir une contrainte référentielle vers elle-même. On parlera alors de clé étrangère réflexive.  
Exemple : Le responsable d'un employé est lui-même un employé.



78

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Exemple : Clé réflexive – Etat Civil

- INDIVIDU (Code : Chaîne (20c), [CIN] : Chaîne(10c), Nom : Chaîne (50c), Prénom : Chaîne (50c), DateNaissance : Date, Sexe : Caractère, [Père] : Chaîne (20c), [Mère] : Chaîne (20c))
- Père référence Code
- Mère référence Code

79

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Exemple : Clé réflexive – Etat Civil

Table INDIVIDU

Code	[CIN]	Nom	Prénom	DateNaissance	Sexe	[Père]	[Mère]
278	C111	Hassani	Abdallah	01/01/1940	M		
325	A555	Hassani	Idriss	01/01/1970	M	278	
548	B666	Awraabi	Kenza	02/02/1974	F		
987	D999	Fihri	Oqba	03/03/1980	M		
1205		Hassani	Alia	04/04/2008	F	325	548
1206		Hassani	Idriss	04/04/2008	M	325	548

80

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Exercice

- Compléter le schéma précédent, pour pouvoir modéliser les mariages. On voudrait connaître entre autres les mariages, leur date, les conjoints, l'état du mariage (valide ou invalide) : s'il y a eu un divorce ou pas ou si l'un des conjoints est décédé.

81

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Solution

- INDIVIDU (Code : Chaîne (20c), [CIN] : Chaîne(10c), Nom : Chaîne (50c), Prénom : Chaîne (50c), DateNaissance : Date, Sexe : Caractère, [Père] : Chaîne (20c), [Mère] : Chaîne (20c), **Décédé : Booléen**)
- **MARIAGE (Numéro : Entier, Epoux : Chaîne (20c), Epouse : Chaîne(20c), DateMariage : Date, Etat : Booléen, Divorce : Booléen)**
- **MARIAGE.Epoux référence INDIVIDU.Code**
- **MARIAGE.Epouse référence INDIVIDU.Code**

82

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Clé étrangère et Sémantique

- ETUDIANT (CNE, Nom)
- MODULE (Id, Libelle)
- Etudiant étudie un Module
- Etudiant a validé un Module
- ETUDIER (CNE, Id)
  - ETUDIER.CNE référence ETUDIANT.CNE
  - ETUDIER.Id référence MODULE.Id
- VALIDER (CNE, Id)
  - VALIDER.CNE référence ETUDIANT.CNE
  - VALIDER.Id référence MODULE.Id

83

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Traitement des attributs multivalués par clé étrangère

- Que faire dans le cas d'un attribut multivalué ?
- Exemple : Un étudiant représenté par la relation ETUDIANT (CNE, Nom, Adresse, Téléphone) peut avoir plusieurs téléphones (GSM, domicile...).

### ETUDIANT

<u>CNE</u>	Nom	Adresse	Téléphone
2226123	Amaoui	Rabat	061333344
2125745	Ibrahimi	Agadir	061333344
2125990	Bensedik	Tanger	022113344, 065122345

84

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

Traitement des attributs multivalués  
par clé étrangère

- Solution : On crée une nouvelle relation avec les valeurs de l'attribut multivalué et ayant une clé étrangère référçant la table d'origine.

CNE	Nom	Adresse
2226123	Amaoui	Rabat
2125745	Ibrahimi	Agadir
2125990	Bensedik	Tanger

IdTel	Téléphone	Étudiant
1	061333344	2226123
2	061333344	2125745
3	022113344	2125990
4	065122345	2125990

85

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

Cas particulier : Relation faible

- Une relation faible est une relation dont la clé est composé d'attributs de la relation et de clés étrangères. Elle est dite faible car sa clé dépend d'autres relations.
- Exemple :
  - HOTEL (IdHotel, NomHotel, Adresse)
  - CHAMBRE (NChambre, Hotel, Capacité, Description) avec Hotel clé étrangère vers HOTEL

86

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Contraintes d'intégrité

- Les données d'une BD ne sont pas indépendantes mais obéissent à des règles appelées contraintes d'intégrité et qui assurent la cohérence de la BD.
- Ces règles doivent être déclarées explicitement et associées au schéma de la base de données.

87

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Contraintes d'intégrité

- **Définition** : « Une contrainte d'intégrité est une assertion vérifiée par les données de la base de données à tout moment. Le but des contraintes est d'assurer la cohérence logique de la base de données. »
- On distingue plusieurs catégories de contraintes :
  - Contraintes structurelles et comportementales –
  - Contraintes intra-relations et inter-relations –
  - Contraintes ensemblistes.

88

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Contraintes d'intégrité structurelles

- Une contrainte structurelle est une contrainte liée au modèle relationnel.
- 1. Contrainte de domaine : tout attribut doit posséder une valeur qui appartient à un type. Les valeurs de l'attribut sont restreints à ce domaine.
- 2. Contraintes d'entité : Toute relation doit posséder une clé primaire et que tout attribut participant à cette clé primaire soit non nul.
- 3. Contraintes d'unicité : Deux tuples distincts ne peuvent avoir la même valeur pour la clé.
- 4. Contraintes référentielles : contraintes liées à une clé étrangère.
- 5. Contrainte de non nullité : Spécifie que la valeur d'un attribut doit être renseignée.
- Ce type de contrainte est implémenté lors de la création du schéma de la BD puis géré par le SGBD automatiquement.

89

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Contraintes d'intégrité comportementales

- Toutes les contraintes autres que structurelles sont appelées comportementales car elles sont liées au domaine étudié (besoins du client).
- Exemple : Dans une BD pour la gestion de l'état civil (mariage, divorce, décès...) on peut avoir comme contrainte que l'âge minimum pour être marié est de 18 ans, qu'une personne de sexe masculin peut être mariée au maximum à quatre femmes...
- Ce type de contrainte peut nécessiter une programmation spécifique pour être pris en compte.

90

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Contraintes d'intégrité comportementales

### Exemples

- Un père doit être de sexe masculin.
- Une mère doit être de sexe féminin.
- Un époux doit être de sexe masculin.
- Une épouse doit être de sexe féminin.
- Une personne décédée ne peut pas avoir de mariage valide.
- S'il y a divorce le mariage est invalide.
- Un homme peut avoir au maximum quatre mariages valides.
- Une femme peut avoir au maximum un seul mariage valide.
- Date minimum de mariage est de 18 ans.
- DateDécés > DateNaissance.
- ...

## Contraintes intra-relations

- Une contrainte intra-relation est une contrainte qui met en jeu des données issues d'une seule relation.

## Contraintes intra-relations : Exemple

- Soit la relation PERSONNE dans une BD sur l'état civil :

PERSONNE	
<u>CIN</u>	
NomPrénom	
Sexe	
DateNaissance	
DateMariage	
DateDécès	
Conjoint	
Réf : Conjoint	

93

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Contraintes intra-relations : Exemple

1. Deux conjoints doivent être de sexe différent.
  2. La date de mariage doit être supérieur à la date de naissance.
  3. La date de décès doit être supérieur à la date de naissance et à la date de mariage.
- ➔ Ces règles sont des contraintes d'intégrité intra-relation.

94

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Contraintes inter-relations

- Une contrainte inter-relations est une contrainte qui met en jeu des données issues de deux relations (ou plus rarement de plus que deux).
- Exemple : Contrainte référentielle (clé étrangère).

95

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Les contraintes ensemblistes

- Les contraintes ensemblistes sont les relations d'inclusion, d'exclusion, ... qui peuvent exister entre les occurrences des relations.
- Le modèle relationnel ne modélise pas les contraintes ensemblistes, ces contraintes devront être traitées par de la programmation spécifique.

96

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Notion d'héritage

- Le concept d'héritage n'existe pas dans le modèle relationnel, cependant dans le monde réel les relations d'héritage sont très fréquentes.
- Exemple : Articles dans un hypermarché.
  1. ARTICLE (Code, Libelle, Rayon, Prix)
  2. ARTICLE\_VETEMENT (Code, Libelle, Rayon, Prix, couleur, taille)
  3. ARTICLE\_PERISSABLE (Code, Libelle, Rayon, Prix, DatePeremption, TemperatureMin, TemperatureMax)
- Problème redondance d'information → Le code, le libelle, le rayon et le prix d'un vêtement est repris dans les tables ARTICLE et ARTICLE\_VETEMENT

97

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Notion d'héritage

- **Solution A** : On garde la table sur-type composée des attributs de tous les sous-types et disparition des tables sous-types. Avec un tel principe les propriétés spécifiques à chacun des sous-types ne seront pas valorisées pour certaines occurrences de la relation sur-type.
- Exemple : ARTICLE (Code, Libelle, Rayon, Prix, couleur, taille, DatePeremption, TemperatureMin, TemperatureMax)

98

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Notion d'héritage

- **Solution B :** Ajout des attributs de la table sur-type aux tables sous-types et disparition de la table sur-type. Cette solution entraîne une redondance importante des données du sur-type s'il n'y a pas d'exclusion entre les sous-types.
- Exemple :
  1. ARTICLE\_VETEMENT (Code, Libelle, Rayon, Prix, couleur, taille)
  2. ARTICLE\_PERISSABLE (Code, Libelle, Rayon, Prix, DatePeremption, TemperatureMin, TemperatureMax)
  3. ARTICLE\_POISSON (Code, Libelle, Rayon, Prix, KiloUnite, DatePeremption, TemperatureMin, TemperatureMax)

99

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Notion d'héritage

- **Solution C :** On garde les tables sur-type et sous-types. Dans chacune des relations sous-types, l'identifiant de l'entité sur-type est intégré. Il est à la fois clé primaire de la relation et clé étrangère par rapport à l'entité sur-type. On élimine les autres attributs communs
- Exemple :
  1. ARTICLE (Code, Libelle, Rayon, Prix)
  2. ARTICLE\_VETEMENT (Code, couleur, taille)
  3. ARTICLE\_PERISSABLE (Code, DatePeremption, TemperatureMin, TemperatureMax)

10  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Exercice – Modélisation relationnelle

- Proposer le schéma relationnel d'une base de données pour la gestion de l'internat de votre école.
- En particulier on veut connaître l'affectation des étudiants aux chambres, la répartition des chambres dans les bâtiments, le paiement des frais annuel d'hébergement...
- Un étudiant peut-il avoir deux chambres ? Une chambre peut-elle contenir plusieurs étudiants ?

10  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

- CHAMBRE (Nchambre, Bloc, Capacité...)
- ETUDIANT (CIN, Nom, Prénom, ...)
- AFFECTATION (#ID, Nchambre, Bloc, CIN, Prix, Paiement, DateDebut, DateFin...)
- Contrainte d'intégrité : Une chambre ne peut pas contenir plus d'étudiants que sa capacité.

10  
2

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

# Les Bases de Données Relationnelles

## Chapitre III Construction du Schéma Relationnel

### Démarche globale de construction d'une BD

- Analyse du problème et des besoins
- Conception de la BD → Méthodes de conception formelle (MERISE ...) → Schéma conceptuel
- Choix du modèle logique → Modèle relationnel
- Construction du schéma logique → Schéma relationnel
- Choix du SGBD → SGBD Relationnel (Oracle, MySQL, PostgreSQL ...)
- Création de la BD en utilisant un langage de description de données → SQL
- Exploitation de la BD → Mise à jour des données, requêtes ...

10  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

10  
5

## Schéma relationnel de la BD

- Le schéma d'une base de données se compose de l'ensemble des schémas de ses relations, ainsi que des différentes contraintes d'intégrité qui leur sont associés.
- Le schéma relationnel d'une relation contient :
  - Nom de la relation.
  - Définition de la relation.
  - Nom des attributs avec leur domaine de valeurs.
  - Identifiant(s) avec précision de la clé primaire.
  - Éventuellement le(s) clé(s) étrangère(s).

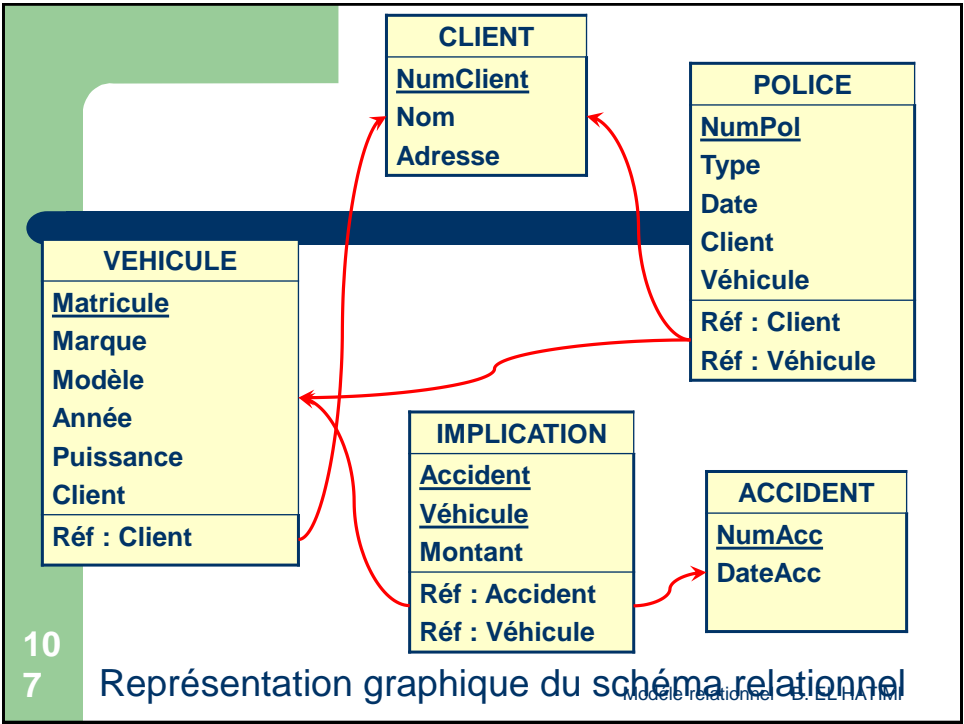
Modèle relationnel - B. EL HATIMI

10  
6

## Exemple Schéma Relationnel – Gestion des accidents et des polices d'assurance

- Le schéma relationnel suivant représente les accidents avec les véhicules impliqués et leur police d'assurance.
- CLIENT (NumClient : Entier, Nom : Chaîne, Adresse : Chaîne)
- ACCIDENT (NumAcc : Entier, DateAcc : Date)
- VEHICULE (Matricule : Chaîne, Marque : Chaîne, Modèle : Chaîne, Année, Puissance : Entier, Client : Entier) VEHICULE.Client référence CLIENT.NumClient
- POLICE (NumPolice : Entier, Type : Chaîne, Date : Date, Client : Entier, Véhicule : Chaîne) POLICE. Client référence CLIENT.NumClient et POLICE.Véhicule référence VEHICULE.Matricule
- IMPLICATION ( Accident : Entier, Véhicule : Chaîne, Montant : Réel) IMPLICATION.Accident référence ACCIDENT.NumAcc et IMPLICATION.Véhicule référence VEHICULE.Matricule

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Types de relation

- Il existe deux types de relations :
  - Des relations représentant des objets du monde réel pertinents et identifiables.
  - Des relations d'association exprimant un lien logique entre plusieurs autres relations.  
Ex : la relation IMPLICATION exprime le fait qu'un véhicule est impliqué dans un accident.

## Comment construire une relation

- Une relation représentant un objet est construite à partir des caractéristiques de cet objet. Ces caractéristiques constituent alors les attributs de la relation.
- Exemple : la relation **CLIENT** (NumClient : Entier, Nom : Chaîne, Adresse : Chaîne) représente les clients de la compagnie d'assurance.

10  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Comment choisir la clé d'une relation

- Si l'objet représenté par la relation dispose d'un identifiant naturel, le ou les attributs constituant cet identifiant constitueront une clé (à condition qu'il n'existe pas d'identifiant composé d'un nombre inférieur d'attributs).
- Si l'objet possède plusieurs clés naturels, on choisit la plus utilisée comme clé primaire et les autres seront des clés secondaires.
- Si on veut améliorer la performance de la future BD physique, il est préférable dans le cas d'une clé composée de plusieurs attributs de la remplacer par une clé artificielle composée d'un seul attribut.

11  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

11  
1

## Comment choisir la clé d'une relation

NumAcc	DateAcc	Montant
2308	15/06/2008	1200,00
2408	17/06/2008	2500,00
1709	08/01/2009	3400,00
3409	11/02/2009	800,00

La condition d'unicité est une condition nécessaire mais non suffisante pour constituer une clé. Ainsi dans la table ci-dessus, DateAcc ne peut pas être considéré comme une clé car deux accidents peuvent avoir lieu à la même date.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

11  
2

## Quand créer une clé étrangère

- Une clé étrangère exprime un lien logique entre deux relations.
- Après avoir créé les relations représentant les objets à manipuler par la base de données, on cherche les liens logiques existant entre eux.
- Exemple : Le fait q'un véhicule appartient à un client est modélisé par la clé étrangère VEHICULE.Client qui référence CLIENT.NumClient.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



113

## Cas des tables d'association

- Exemple : Un véhicule est impliqué dans un ou plusieurs accidents et un accident implique un ou plusieurs véhicules.
- Solution : On crée une nouvelle relation IMPLICATION (Accident : Entier, Véhicule : Entier) composée de deux clés étrangères référençant VEHICULE et ACCIDENT. Les clés étrangères constituent la clé de IMPLICATION.
- IMPLICATION est dite table d'association, car elle représente un lien logique entre deux autres tables.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

114

## Exemple

<u>Véhicule</u>	<u>Accident</u>
1222A7	2567
2555D8	2567
1222A7	2568

<u>Matricule</u>	Client	...
1222A7	19787	...
2555D8	20135	...

<u>NumAcc</u>	DateAcc	...
2567	12/01/2014	...
2568	15/01/2014	...

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Les contraintes du schéma

- Le schéma relationnel doit préciser les contraintes éventuelles :
  1. Contrainte de domaine,
  2. Contraintes d'entité,
  3. Contraintes d'unicité,
  4. Contraintes référentielles,
  5. Contrainte de non nullité,
  6. Contrainte d'atomicité,
  7. Contraintes d'intégrité comportementales.

11  
5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## L'approche par décomposition

- L'approche par décomposition pour la construction d'un schéma relationnel part d'une relation composée de tous les attributs, appelée **relation universelle**, et à la décompose en sous-relations de manière à aboutir à des relations élémentaires.
- Exemple de relation universelle : ETUDIANT (CNE, CNC, CIN, NomEtudiant, DateNaissance, Adresse, Classe, Filière, Année, Matière, Coefficient, Note, Enseignant, NomEnseignant, Département)
- Problème → Redondance d'informations. Un étudiant est répété autant de fois qu'il a de matières.
- La décomposition doit se faire sans perte d'informations.

11  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

11  
7

11  
8

- Modèle relationnel - B. EL HATIMI

119

## TD1 – Schéma relationnel

- ARTICLE (Ref : Chaîne, Désignation : Chaîne, PU : Réel) où PU est le prix unitaire de l'article (on suppose que les prix sont fixes)
- LIGNE\_COM (Commande : Chaîne, Article : Chaîne, Qté : Entier)
  - LIGNE\_COM.Commande référence COMMANDE.NCommande
  - LIGNE\_COM.Article référence ARTICLE.Ref
- LIGNE\_FACT (Facture: Chaîne, Article : Chaîne, Qté : Entier)
  - LIGNE\_FACT.Facture référence FACTURE.NFacture
  - LIGNE\_FACT.Article référence ARTICLE.Ref
- LIGNE\_COM et LIGNE\_FACT sont des tables d'association
- Les informations calculables (Montant et Total) ne doivent pas être représentées.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

120

## Exemple : Table LIGNE\_COM

<u>COMMANDE</u>	<u>ARTICLE</u>	QTE
C112/05	IN143	15
C112/05	IN213	5
C112/05	IN545	2
C256/16	IN143	20

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## TD2 : Généalogie

- Proposer un schéma relationnel pour une base de données décrivant un arbre généalogique. Pour chaque individu on désire: son nom, son prénom, son sexe, sa date et son lieu de naissance, sa date et son lieu de décès (éventuellement), ses parents (la mère et le père), ses enfants et l'historique de ses mariages: date, lieu, conjoint et s'il y a lieu le divorce (date).

12  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

- **PERSONNE** (Id : Entier, Nom : Chaîne, Prénom : Chaîne, Sexe : Chaîne, DateNaissance : Date, LieuNaissance : Chaîne, Père : Entier, Mère : Entier)
  - PERSONNE.Père et PERSONNE.Mère référence PERSONNE.Id
- **DECES** (Personne : Entier, DateDécès : Date, Lieu : Chaîne)
  - DECES.Personne référence PERSONNE.Id
- **MARIAGE** (IdM : Entier, Epoux : Entier, Epouse : Entier, DateMariage : Date, Lieu : Chaîne)
  - MARIAGE.Epoux et MARIAGE.Epouse référence PERSONNE.Id
- **DIVORCE** (Mariage : Entier, DateDivorce : Date)
  - DIVORCE.Mariage référence MARIAGE.IdM

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

### TD3 : USINE - FOURNISSEUR

- 12  
3
- Une usine est décrite par son numéro NU, son nom NomU, la ville Ville dans laquelle elle est située. On suppose que NU est unique.
  - Un produit est décrit par son numéro NP, son nom NomP, sa Couleur, son Poids. On suppose que NP est unique.
  - Un fournisseur est décrit par son numéro NF, son nom NomF, son Statut (fournisseur sous-traitant, fournisseur-client, .....), la Ville où il est domicilié. On suppose que NF est unique.
  - Un produit est livré à une usine par un fournisseur dans une quantité donnée.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

### TD3 : USINE - FOURNISSEUR

- 12  
4
- U (NU, NomU, Ville)
  - P (NP, NomP, Couleur, Poids)
  - F (NF, NomF, Statut, Ville)
  - PUF (NP, NU, NF, Quantité)
  - NP référence P.NP
  - NU référence U.NU
  - NF référence F.NF
  - Remarque : L'unicité du triplet (NP, NU, NF) dans la table PUF vient de la supposition que nous allons agréger tous les achats d'une même usine pour un même produit chez le même fournisseur

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

12  
5

## TD4 : Editeur

- Les livres sont identifiés par leur numéro ISBN. Un livre possède un titre et un prix de vente. Il est écrit par un ou plusieurs auteurs.
- Chaque livre est tiré en une ou plusieurs éditions, datées et identifiées par leur ordre (première édition, seconde édition, etc.). Chaque édition comporte un certain nombre d'exemplaires. Pour un livre donné, le prix de vente peut changer d'une édition à l'autre.
- Les auteurs sont identifiés par leur nom et leur prénom et peuvent avoir un pseudonyme.
- Les libraires (identifiés par leur nom et adresse complète) commandent des livres en précisant l'édition et le nombre d'exemplaires désiré.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

12  
6

## TD4 : Editeur

- LIVRE (ISBN, Titre)
- EDITION (ISBN, Ordre, Date, Prix, NbExemplaires)
  - EDITION.ISBN référence LIVRE.ISBN
- AUTEUR (Nom, Prénom, Pseudonyme)
- AUTEUR\_LIVRE (ISBN, NomA, PrénomA)
  - AUTEUR\_LIVRE.ISBN référence LIVRE.ISBN
  - AUTEUR\_LIVRE.(NomA, PrénomA) référence AUTEUR.(Nom, Prénom)
- LIBRAIRE (Nom, Adresse)
- COMMANDE (NomL, Adresse, ISBN, Ordre, Quantité)
- NB : Dans ce cas le libraire ne peut pas commander la même édition du même livre deux fois ➔ Remplacer par une clé artificielle !

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Modèle relationnel et Temporalisation

- Comment représenter un historique dans une base de données relationnelle ?
- Exemple : Un étudiant change de classe à chaque nouvelle année universitaire.

12  
7

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Modèle relationnel et Temporalisation

- Schéma 1 :
  - ETUDIANT (IDEtudiant : Entier, Nom : Texte, Prénom : Texte, Classe : Entier)
  - ETUDIANT.Classe référence CLASSE.IDClasse
  - CLASSE (IDClasse : Entier, Libellé : Texte)
- Problème : On ne garde pas l'historique des classes successives d'un étudiant.

12  
8

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Modèle relationnel et Temporalisation

- Schéma 2 :
  - ETUDIANT (IDEtudiant : Entier, Nom : Texte, Prénom : Texte)
  - CLASSE (IDClasse : Entier, Libellé : Texte)
  - INSCRIPTION (Etudiant : Entier, Classe : Entier, Année : Texte)
  - INSCRIPTION.Etudiant référence ETUDIANT.IDEtudiant
  - INSCRIPTION.Classe référence CLASSE.IDClasse

12  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Les Bases de Données Relationnelles

### Chapitre IV Algèbre relationnelle

## Introduction

- L'algèbre relationnelle a été définie par CODD (1970) comme un ensemble d'opérations formelles agissant sur des relations et produisant d'autres relations.
- L'algèbre relationnelle est un langage de manipulation de données (LMD) algébrique à la base des LMD prédicatifs (e.g. SQL).

13  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Définition

- LMD algébrique : exprime une requête comme un enchaînement d'opérations conduisant au résultat (e.g. Algèbre relationnelle).
- LMD prédicatif : spécifie par des prédicats les propriétés du résultat (e.g. SQL). Un prédicat est une proposition susceptible de devenir vraie ou fausse selon les valeurs attribuées aux variables qu'elle contient.

13  
2

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Définition

- Exemple : USINE (NU, NomU, Ville)
- Sélectionner les usines qui se trouvent à Casablanca ?
- LMD algébrique : Algèbre relationnelle  
 $\sigma [Ville = 'Casablanca'] USINE$
- LMD prédicatif : SQL  
`select * from USINE where ville = Casablanca'`

13  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Intérêt de l'algèbre relationnelle

- L'intérêt de l'algèbre relationnelle est multiple:
  - l'algèbre a identifié les opérateurs fondamentaux pour la manipulation d'une base de données relationnelle;
  - ces opérateurs ont défini les principales fonctions à optimiser dans les SGBD relationnels;
  - l'algèbre a donné naissance aux LMD prédicatifs dont le langage SQL.

13  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Etapes d'exécution d'une requête SQL dans le SGBD

- L'exécuteur de requêtes SQL passe par les étapes suivantes :
  1. Vérification syntaxique.
  2. Analyse de la requête.
  3. Réécriture de la requête optimisée.
  4. Génération d'un plan d'exécution (*Query Plan*).

13  
5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Les opérations algébriques

- Opérations ensemblistes :
  - ✓ Union
  - ✓ Intersection
  - ✓ Différence
  - ✓ Produit cartésien

13  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Les opérations algébriques

- Opérations spécifiques :
  - ✓ Projection
  - ✓ Sélection ou Restriction
  - ✓ Jointure
  - ✓ Renommage
  - ✓ Division

13  
7

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Union

- Union : opération binaire qui à partir de deux relations R et S ayant **le même schéma** (Même attributs : nom et domaine de valeurs), crée une relation U de même schéma et de population égale à l'union des tuples de R et S (en éliminant les doublons).
- On notera  $U = R \cup S$

13  
8

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Intersection

- Intersection : opération binaire qui à partir de deux relations R et S **ayant le même schéma**, crée une relation I de même schéma et de population égale à l'intersection des tuples de R et S. Les tuples retenus sont ceux ayant la même valeur pour tous les attributs.
- On notera  $I = R \cap S$

13  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Différence

- Différence : opération binaire qui à partir de deux relations R et S **ayant le même schéma**, crée une relation D de même schéma et ayant comme tuples ceux appartenant à R et n'appartenant pas à S.
- On notera  $D = R - S$ .
- Remarque : La différence contrairement à l'union et à l'intersection n'est pas commutative :  $R - S \neq S - R$

14  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Projection

- Projection : Opération unaire qui à partir d'une relation R crée une relation R' en enlevant à la relation initiale tous les attributs non mentionnés en opérandes tout en éliminant les doublons éventuels.
- On notera  $R' = \pi [A1,...An] R$
- A partir d'une relation R on peut construire par projection, autant de relations qu'il y a de compositions possibles de ses attributs.

14  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Projection

- Projection : Exemple : Soit la relation ETUDIANT (CNE, Nom, Prénom, DateNaiss, Filière)

<u>CNE</u>	Nom	Prénom	DateNaiss	Filière
2214	Himmi	Ahmed	11/02/1984	GI
2218	Karimi	Lamiaa	11/02/1984	GI
2158	Alaoui	Imane	21/12/1984	SIG
9908	Ikama	Nabil	10/08/1981	SIG

14  
2

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Projection

- Projection : Exemple :
- $\Pi$  [CNE,Nom,Prénom] ETUDIANT

CNE	Nom	Prénom
2214	Himmi	Ahmed
2218	Karimi	Lamiaa
2158	Alaoui	Imane
9908	Ikama	Nabil

14  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Projection

- Remarque importante :
- Dans le cas où aucune clé n'apparaît dans les opérandes de la projection, une contrainte d'unicité est appliquée à l'ensemble des attributs de la relation résultat. Ceci permettra d'éliminer les éventuels doublons.

14  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Sélection (ou Restriction)

- Sélection : Opération unaire qui à partir d'une relation R crée une relation R' de même schéma mais ne comportant que les tuples vérifiant la condition précisée en argument (prédicat de sélection).
- On notera  $R' = \sigma [\text{prédicat}] R$

14  
5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Sélection

- Les conditions (prédicat) possibles sont de la forme :  
<Attribut> <Opérateur> <Valeur>
- Les opérateurs sont les opérateurs de comparaison  $\{=, <, \leq, >, \geq, \neq\}$ .
- On peut combiner plusieurs prédicats avec les opérateurs logiques {ET, OU}

14  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Sélection

- Sélection : Exemple :
- $\sigma$  [Filière = 'SIG'] ETUDIANT

CNE	Nom	Prénom	DateNaiss	Filière
2158	Alaoui	Imane	21/12/1984	SIG
9908	Ikama	Nabil	10/08/1981	SIG

14  
7

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Expressions algébriques

- On peut combiner entre eux les opérateurs algébriques.
- Pour répondre à la question quels sont les noms et les prénoms des étudiants de la filière SIG, on écrira:  
 $\pi$  [Nom,Prénom]  $\sigma$  [Filière = 'SIG'] ETUDIANT

14  
8

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Expressions algébriques

- $SIG = \pi [Nom, Prénom] \sigma [Filière = 'SIG'] ETUDIANT$

**SIG**

Nom	Prénom
Alaoui	Imane
Ikama	Nabil

14  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Expressions algébriques

- On pourra aussi écrire :
- $R = \sigma [Filière = 'SIG'] ETUDIANT$
- $SIG = \pi [Nom, Prénom] R$

15  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Exercice

- Soit la relation :
  - PERSONNE ( nom : Chaîne (50c) ,  
prénom : Chaîne (50c), date-nais : Date ,  
 sexe : Caractère)
  - Avec sexe appartient à { 'M', 'F' }
- Écrire l'expression algébrique donnant la liste des noms et prénoms des hommes nés avant 1995.

15  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Exercice

- PERSONNE ( nom , prénom , date-nais ,  
 sexe)
- $H = \pi [nom, prénom] \sigma [sexe = 'M' \text{ ET } date-nais < '01/01/1995'] PERSONNE$

15  
2

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

153

## Produit Cartésien

- **Produit Cartésien** : Soient deux relations, R (A1, A2, ..., An) et T (B1, B2, ..., Bp), n'ayant pas d'attribut de même nom, alors le produit de R par T, crée une relation de schéma P (A1, A2, ..., An, B1, B2, ..., Bp) et de population toutes les concaténations possibles de tuples de R et de T.
- On notera  **$P = R \times T$**
- L'opération de produit cartésien est la même opération que celle du produit cartésien des domaines.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

154

## Exemple de produit cartésien

Deux relations **PRODUIT** et **COULEUR**

CodeProduit	Libellé	Prix
P1	Chemise	220,00
P2	Pantalon	450,00
P3	Veste	500,00
P4	Polo	280,00

CodeCouleur	Couleur
C1	Noir
C2	Bleu

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

15  
5

## Exemple de produit cartésien

**R = PRODUIT x COULEUR**

CodeProduit	Libellé	Prix	CodeCouleur	Couleur
P1	Chemise	220,00	C1	Noir
P1	Chemise	220,00	C2	Bleu
P2	Pantalon	450,00	C1	Noir
P2	Pantalon	450,00	C2	Bleu
P3	Veste	500,00	C1	Noir
P3	Veste	500,00	C2	Bleu
P4	Polo	280,00	C1	Noir
P4	Polo	280,00	C2	Bleu

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

15  
6

## Intérêt du produit cartésien

- Le produit cartésien est le plus coûteux des opérateurs algébriques. Son utilisation doit être réservée aux cas assez rares où il présente un intérêt.

B. EL HATIMI

78

## Renommage

- Renommage : Opérateur unaire qui permet de renommer les attributs d'une relation. Cet opérateur est utile avant les jointures s'il y a un problème d'homonymie ou de synonymie, ou avant les opérations ensemblistes (union, différence, intersection) qui requièrent que les attributs correspondants aient le même nom.
- On notera :

15  
7

$\alpha$  [nom\_attribut1 : nouveau\_nom\_attribut1, ...] R

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Jointure

- Jointure : Opération binaire qui à partir de deux relations R1 et R2, crée la relation R3 dont les attributs sont l'union des attributs de R1 et R2, et dont les tuples sont la concaténation d'un tuple de R1 et d'un tuple de R2 vérifiant un prédicat ou critère de jointure.
- On notera  $R3 = R1 \text{ * } [\text{prédicat}] R2$
- Le prédicat de jointure a la même forme que le prédicat de sélection avec en plus des conditions élémentaires qui comparent des attributs de R1 et R2.

15  
8

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Thêta - Jointure

- Soient les relations :
- PRODUIT (NPrd, NomProd, PrixProd, QuantitéMinimal)
- COMMANDE (NCom, NomClient, ValeurCom)
- La jointure  $R = \text{PRODUIT} * [\text{ValeurCom} > \text{QuantitéMinimal}] \text{COMMANDE}$  est réalisée en faisant le produit cartésien PRODUIT x COMMANDE puis en appliquant une sélection sur le résultat à partir du prédicat de jointure.
- On parle dans ce cas de Thêta-jointure.
- Remarque : Les attributs pris en compte dans un prédicat doivent avoir un domaine de valeurs compatibles.

15  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Equi-Jointure

- Thêta-jointure particulière où l'opérateur dans le prédicat est une égalité. Pour les autres cas on parle de inéqui-jointure.
- Remarque : Dans le cas de l'équi-jointure, les deux attributs égaux apparaissent chacun dans le résultat → duplication d'une même valeur dans chaque tuple. Pour éliminer cette redondance on utilise la jointure naturelle.

16  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Equi-jointure - Exemple

- ETUDIANT (CNE : Chaîne(10c), Nom : Chaîne(50c), Prenom : Chaîne(50c), Classe : Entier)
- ETUDIANT.Classe référence CLASSE.ID
- CLASSE (ID : Entier, Libelle : Chaîne(5c), Filière : Chaîne(30c))
- Requête : Donner pour chaque étudiant sa filière.
- $R = \bowtie [CNE, Filière] (ETUDIANT * [Classe = ID] CLASSE)$

16  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Jointure naturelle

- Jointure naturelle : étant donné deux relations  $R(X, Y)$  et  $S(Y, Z)$ , où  $X, Y, Z$  symbolisent soit un attribut, soit un ensemble d'attributs, et où  $Y$  n'est pas vide, la jointure (naturelle) de  $R$  et  $S$ , notée :  $R * S$  crée une nouvelle relation temporaire, de schéma  $(X, Y, Z)$ .
- La population de  $R * S$  est l'ensemble des tuples  $\{x, y, z\}$  créés par composition d'un tuple  $\{x, y\}$  de  $R$  et d'un tuple  $\{y, z\}$  de  $S$ , tels que les deux tuples ont la même valeur pour  $Y$ .

16  
2

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Jointure naturelle - Exemple

- ETUDIANT (CNE : Chaîne(10c), Nom : Chaîne(50c), Prenom : Chaîne(50c), ID: Entier)
- ETUDIANT.ID référence CLASSE.ID
- CLASSE (ID : Entier, Libelle : Chaîne(5c), Filière : Chaîne(30c))
- Requête : Donner pour chaque étudiant sa filière.
- $R = \bowtie [CNE, Filière] (ETUDIANT * CLASSE)$

16  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Exemple

- Soit le schéma relationnel suivant :  
PERS (CIN, Nom, Adresse)  
ETUDIANT (CIN, CNE, Filière) CIN clé étrangère  
OBTENU (CNE, NomCours, Note)
- Écrire l'expression donnant le nom des étudiants ayant validé le cours 'Algorithmique' ?

16  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

### Exemple

- Soit le schéma relationnel suivant :  
PERS (CIN, Nom, Adresse)  
ETUDIANT (CIN, CNE, Filière)  
OBTENU (CNE, NomCours, Note)
- $\Pi$  [Nom] ( PERS \* ETUDIANT \*  $\sigma$  [NomCours = 'Algorithmique'] OBTENU )

16  
5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

### Jointure naturelle

- Remarque :
- En notant  $A * B$ , la jointure naturelle se fait sur l'ensemble des attributs communs (s'il y en a).
- On peut spécifier les attributs en question en notant :  $A * [X] B$  où X est un sous-ensemble des attributs communs.

16  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

167

## Division - Exemple

ETUDIANT (CNE, Nom, Adresse, Filière)

OBTENU (CNE, NomCours, Note)

OBTENU.CNE référence ETUDIANT.CNE

PREREQUIS (NomCours, NomPrérequis)

- Quels sont les étudiants (donner leur CNE) qui peuvent s'inscrire au cours 'JAVA' (c'est-à-dire qui ont validé tous les pré-requis de ce cours) ?

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

168

## Division - Exemple

<u>CNE</u>	Nom	Adresse	Filière
22332233	Abu Al Abbas AL ABBASSI	Rue de Baghdad, Casablanca	1GI
21502150	Ubayd Allah AL FATIMI	Rue de Mehdiya, Casablanca	1GI
20402040	Muawiya AL AMAWI	Rue de Damas, Casablanca	1SIG

<u>NomCours</u>	<u>NomPrérequis</u>
JAVA	C++
JAVA	Algorithmique
Développement Web	Algorithmique

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Division - Exemple

<u>CNE</u>	<u>NomCours</u>	Note
22332233	'Développement Web'	13,50
22332233	'Algorithmique'	12,00
22332233	'Réseaux'	11,50
22332233	'C++'	15,50
21502150	'Réseaux'	12,00
21502150	'Développement Web'	12,00
20402040	'Algorithmique'	14,00
20402040	'Géodésie'	16,50

16  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Division - Exemple

- Nous cherchons les pré-requis du cours 'JAVA' :  
→  $R = \pi [\text{NomPrerequis}] \sigma [\text{NomCours} = \text{'JAVA'}]$   
PREREQUIS
- Pour pouvoir faire la division on renomme la colonne *NomPrerequis* en *NomCours* :  
→  $\alpha [\text{NomPrerequis} : \text{NomCours}] R$

17  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

17  
1

## Division - Exemple

Table R

NomCours
C++
Algorithmique

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

17  
2

## Division - Exemple

- Les élèves pouvant s'inscrire dans JAVA sont :  
→  $S = (\pi [CNE, NomCours] OBTENU) / R$
- Un seul élève vérifie cette condition.

CNE
22332233

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Division

- Division : Soient deux relations  $R(A,B)$  et  $S(B)$  où  $A$  et  $B$  sont des ensembles d'attributs. La division de  $R$  par  $S$  suivant  $B$  est une relation  $D$  ayant comme attribut(s)  $A$  et contenant toutes les valeurs de  $A$  dans  $R$  qui sont associées à toutes les valeurs de  $B$  dans  $S$ .
- On notera  $R \div S$

17  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Division

- Division : Exemple :

R	A	B	S	B	R / S	A
	X	1		1		x
	Y	2		3		
	X	5				
	X	3				
	Z	1				

17  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

# Les Bases de Données Relationnelles

## Chapitre V Théorie de la normalisation

### Qu'est-ce qu'un bon schéma de BD ?

- Schéma 1 :
- NOTE (CNE, ID,  
Nom, Classe,  
Libelle, Semestre,  
Note)
- Schéma 2 :
- ETUDIANT (CNE,  
Nom, Classe)
- MODULE (ID,  
Libelle, Semestre)
- NOTE (CNE, ID,  
Note)



## Relation universelle

- On appelle relation universelle toute relation unique composée de l'union de tous les attributs des relations constituant la base de données.
- Exemple : Soit la relation universelle suivante : ETUDIANT (CNE, Nom, Adresse, CodeModule, NomModule, Note)

17  
7

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Redondance de données

Redondance de données → Risques d'incohérences des données

<u>CNE</u>	Nom	Adresse	<u>CodeModule</u>	NomModule	Note
1000	AAA	Casablanca	TPR	Techniques de programmation	12,5
1130	BBB	Agadir	TPR	Techniques de programmation	8,5
1000	AAA	Casablanca	RES1	Réseaux 1	10,5
.....	.....	.....	.....	.....	.....
1409	CCC	Rabat	TPR	Techniques de programmation	14

## Anomalies de mise à jour

- La redondance des données entraîne des anomalies de mise à jour de trois types :
  1. Anomalies d'insertion
  2. Anomalies de suppression
  3. Anomalies de modification
- Toutes ces anomalies impliquent une non fiabilité de la base de données.

17  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Anomalies d'insertion

- Supposons qu'on veuille ajouter un nouveau module « Bases de données 1 ».
  1. Ce module ne pourra pas être ajouté tant que nous n'avons pas d'étudiants inscrits dans celui-ci.
  2. Les informations sur le nouveau module (CodeModule, NomModule) seront répétées autant de fois qu'il y a d'étudiants inscrits, donc autant de risques d'erreurs lors de la saisie → Incohérence de la base de données.

18  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Anomalies d'insertion

<u>CNE</u>	Nom	Adresse	<u>CodeModule</u>	NomModule	Note
1000	AAA	Casablanca	TPR	Techniques de programmation	12,5
1130	BBB	Agadir	TPR	Techniques de programmation	8,5
1000	AAA	Casablanca	RES1	Réseaux 1	10,5
1130	BBB	Agadir	BD1	Databases 1	16
1000	AAA	Casablanca	BD1	Bases de données 1	15
.....	.....	.....	.....	.....	.....
1409	CCC	Rabat	TPR	Techniques de programmation	14

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Anomalies de suppression

- Supposons qu'on veuille supprimer les notes concernant le module « Réseaux 1 ».
- Pour cela il faudra supprimer tous les enregistrements concernant ce module. Après la suppression, nous aurons supprimé toutes les notes concernées mais aussi les informations concernant le module « Réseaux 1 » lui-même → Perte d'informations.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

183

## Anomalies de modification

- Supposons qu'on veuille modifier le nom du module « Réseaux 1 » en « Réseaux et Télécoms 1 ».
- Pour cela il faudra répéter la modification autant de fois qu'il y a d'élèves inscrits dans ce module. Donc, autant de risques d'erreur de saisie entraînant une incohérence de la base.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

14

## Anomalies de modification

<u>CNE</u>	Nom	Adresse	<u>CodeModule</u>	NomModule	Note
1000	AAA	Casablanca	TPR	Techniques de programmation	12,5
1130	BBB	Agadir	TPR	Techniques de programmation	8,5
1000	AAA	Casablanca	RES1	Réseaux et télécoms 1	10,5
1130	BBB	Agadir	BD1	Bases de données 1	16
1000	AAA	Casablanca	BD1	Bases de données 1	15
.....	.....	.....	.....	.....	.....
1409	CCC	Rabat	RES1	Réseaux Télécoms	14

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## D'où viennent ces anomalies ?

- Ces anomalies sont dues au fait que les attributs sont liés entre eux. Ainsi, on ne peut pas avoir deux enregistrements (... , RES1, Réseaux et télécoms 1, ...) et (... , RES1, Réseaux Télécoms, ...), car NomModule dépend de CodeModule.
- On dit qu'il y a une **dépendance fonctionnelle** de CodeModule vers NomModule.
- Les dépendances fonctionnelles entre attributs d'une relation sont à l'origine des anomalies de mise à jour.

18  
5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Dépendances fonctionnelles entre attributs d'une relation

- Soient la relation R ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ ).
- On dit qu'il y a une **dépendance fonctionnelle** (DF) de  $A_i$  vers  $A_j$  et on écrit  $A_i \rightarrow A_j$  SSI quelques soient deux tuples  $r_1$  et  $r_2$  de R Si  $a_{i1} = a_{i2}$  alors  $a_{j1} = a_{j2}$ .
- Ceci est une dépendance fonctionnelle intra-relation.

18  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

187

### Dépendances fonctionnelles entre attributs d'une relation

- Soit la relation (CNE, Nom, Fil, NomFil)
- Nous avons la DF : Fil → NomFil

<u>CNE</u>	Nom	Fil	NomFil
22201	XXX	GI	Génie Info.
21996	AAA	GI	Génie Info.
22203	BBB	SIG	Sc. Inf. Géo.
21998	YYY	SIG	Sc. Inf. Géo.
22204	CCC	SIG	Sc. Inf. Géo.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

188

### Question

- Comment construire un schéma d'une base de données sans anomalies de mise à jour ?

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Solution

- On décompose la relation ETUDIANT (CNE, Nom, Adresse, CodeModule, NomModule, Note) en trois relations:
  1. ETUDIANT\_BIS (CNE, Nom, Adresse)
  2. MODULE (CodeModule, NomModule)
  3. NOTE (CNE, CodeModule, Note)
- ➔ On parlera de **NORMALISATION** de la relation ETUDIANT par décomposition de celle-ci.

18  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Normalisation d'une relation

- Définition : « *La normalisation d'une relation est le processus de transformation pour éliminer les anomalies dues aux DFs intra-relation.* »
- La qualité d'une relation est mesurée par son degré de normalisation, on parlera de première forme normale, deuxième forme normale... dans l'ordre croissant de normalisation.

19  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Normalisation d'un schéma relationnel

- **Définition** : « *Un schéma relationnel est normalisé pour une certaine forme normale si toutes les relations qui le composent le sont toutes .* »

19  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Normalisation d'un schéma relationnel

- **Processus de normalisation** : « *Normaliser un schéma relationnel c'est le transformer en un schéma normalisé équivalent, càd sans pertes de données ni (si possible) de DFs.* »

➔ **Comment ? Par décomposition.**

19  
2

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Décomposition

- ETUDIANT (CNE, Nom, Adresse, CodeModule, NomModule, Note)
- La décomposition suivante n'est pas correcte :
  1. ETUDIANT\_BIS (CNE, Nom, Adresse)
  2. MODULE (CodeModule, NomModule, Note)
- On ne peut pas décomposer n'importe comment.

19  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Les dépendances fonctionnelles (DF)

### Définition formelle :

- Soient X et Y deux sous-ensembles d'attributs d'une relation R.
- On a  $X \rightarrow Y$  si et seulement si : Quelques soient E1 et E2 deux tuples de R alors : Si  $\prod[X](E1) = \prod[X](E2)$  Alors  $\prod[Y](E1) = \prod[Y](E2)$

19  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Les dépendances fonctionnelles (DF)

- Une donnée 2 est en dépendance fonctionnelle d'une donnée 1 quand la connaissance **d'une valeur** de la donnée 1 permet de déterminer la connaissance d'**au maximum une et une seule valeur** de la donnée 2. La donnée 1 est appelée la **source** de la DF et la donnée 2 est appelée le **but**.
- On notera SOURCE → BUT
- La question à se poser pour retrouver une DF est : "Connaissant une valeur de la source, peut-on connaître une valeur unique du but ?".

19  
5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Les dépendances fonctionnelles (DF)

- Deux informations ne sont pas en dépendance fonctionnelle si la connaissance d'une valeur de la première :
  1. ne permet de connaître aucune des valeurs de la seconde ( aucune relation entre les deux ).  
Exemple : la connaissance d'une date de naissance ne permet pas de connaître une adresse.
  2. détermine la connaissance de plusieurs valeurs de la seconde : la connaissance d'un numéro de facture permet de connaître plusieurs références d'articles.

19  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Dépendance fonctionnelle à source composée

- Il peut arriver que ce soit la combinaison de plusieurs attributs ( en source ) qui permettent de connaître une valeur unique en but.
- Exemple : un numéro de facture + un code produit nous donne la quantité facturée.  
**(numéro facture, code produit) → quantité**
- On parlera de dépendance fonctionnelle à source composée ou à partie gauche composée (DFPGC).

19  
7

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## D'où viennent les DFs ???

### Important !!!

- Une DF doit être vraie dans tous les cas. Aussi la DF entre attributs d'une relation doit être vérifiée pour la relation en intention et non en extension (qui est une image à l'instant t du schéma de la relation).
- Les DFs sont décelées lors de la conception de la base de données (à partir du monde réel).

19  
8

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Dépendances fonctionnelles et Clés

### Propriété :

- Soit la relation R et X une clé de la relation.
- Quelque soit le sous-ensemble d'attributs Y de R, nous avons :

$$X \rightarrow Y$$

19  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## DF élémentaire

- Une DF,  $X \rightarrow A$ , est dite élémentaire si A est une information unique, et si X est un ensemble minimum d'informations, c'est à dire que X est soit une information unique soit qu'il n'existe pas de sous-ensemble X' de X tel que  $X' \rightarrow A$ .
- Référence article  $\rightarrow$  Nom article : Élémentaire
- (Numéro facture, Référence article )  $\rightarrow$  Quantité facturée : Élémentaire
- (Numéro facture, Référence article )  $\rightarrow$  Nom article : Non élémentaire car nous avons la DF Référence article  $\rightarrow$  Nom article

20  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Les trois axiomes d'Armstrong (1974)

- Soient X, Y et Z des sous-ensembles d'attributs d'une relation R :
  1. Réflexivité : Si Y inclus dans X Alors  $X \rightarrow Y$
  2. Augmentation : Si  $X \rightarrow Y$  Alors  $XZ \rightarrow YZ$
  3. Transitivité : Si  $X \rightarrow Y$  et  $Y \rightarrow Z$  Alors  $X \rightarrow Z$

20  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Les trois axiomes d'Armstrong (1974)

- A partir des trois axiomes d'Armstrong on peut déduire les propriétés suivantes :
- Soient X, Y, Z et W des sous-ensembles d'attributs d'une relation R :
  1. Union : Si  $X \rightarrow Y$  et  $X \rightarrow Z$  Alors  $X \rightarrow YZ$
  2. Pseudo-transitivité : Si  $X \rightarrow Y$  et  $WY \rightarrow Z$  Alors  $WX \rightarrow Z$
  3. Décomposition : Si  $X \rightarrow Y$  et Z inclus dans Y Alors  $X \rightarrow Z$

20  
2

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Dépendance fonctionnelle directe

- Une DF **Donnée 1 → Donnée 2** est dite directe s'il n'existe pas de **Donnée 3** qui engendrerait une dépendance fonctionnelle transitive de telle sorte que l'on pourrait écrire :
  - **Donnée 1 → Donnée 3 → Donnée 2**
- Exemple :
  - **Numéro facture → Numéro représentant**
  - **Numéro représentant → Nom représentant**
  - **Numéro facture → Nom représentant** cette DF n'est pas directe

20  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Dépendance fonctionnelle directe

- Pour déterminer si une DF est directe, il suffit de la supprimer puis de voir si on peut la retrouver à partir des DFs restantes par transitivité. Si on ne peut pas la retrouver alors c'est une DF directe.

20  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Dépendance fonctionnelle élémentaire et directe ( DFED)

- Soit la relation Livraison (NP, NF, Date, Qté)
  - NP : Numéro du produit
  - NF : Numéro du fournisseur
  - Date : Date de livraison
  - Qté : Quantité livrée
- (NP, NF, date) → Qté est une DF élémentaire et directe.

20  
5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

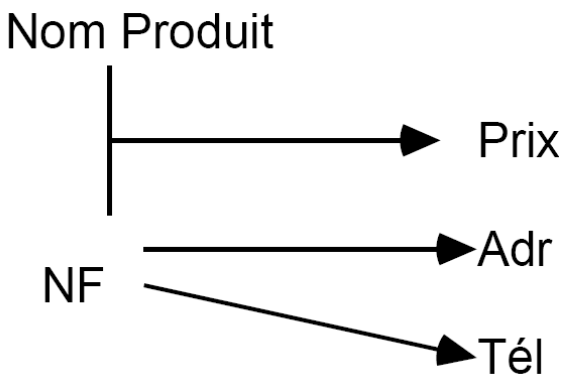
## Graphe des DFs d'une relation

- Soit la relation suivante FOURNISSEUR (NF, NomProduit, Adr, Tél, Prix)
  - NF : Numéro du fournisseur
  - Adr son adresse et Tél son téléphone
- Nous avons les dépendances fonctionnelles suivantes :
  - NF → Adr et NF → Tél (qu'on peut noter NF → Adr, Tél)
  - NomProduit + NF → Prix

20  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Graphe des DFs d'une relation



20  
7

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Graphe minimum des DFs

- Définition : « Soit  $\mathcal{F}$  l'ensemble des DFs d'une relation  $\mathcal{R}$ . On appelle  $\mathcal{G}$  graphe minimum des DFs de  $\mathcal{R}$ , tout ensemble de DFs élémentaires directes, équivalent à  $\mathcal{F}$ . »
- C'est à dire que toute DF de  $\mathcal{F}$  peut être déduite des DFs de  $\mathcal{G}$ .

Le graphe minimum des DFs n'est pas unique!!!

20  
8

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



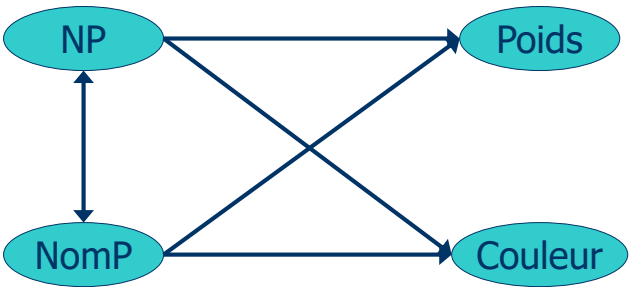
## Graphe minimum des DFs

- Exemple :
- PRODUIT (NP, NomP, Poids, Couleur)
- NP est la clé principale et NomP est une clé secondaire.

20  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Graphe minimum des DFs

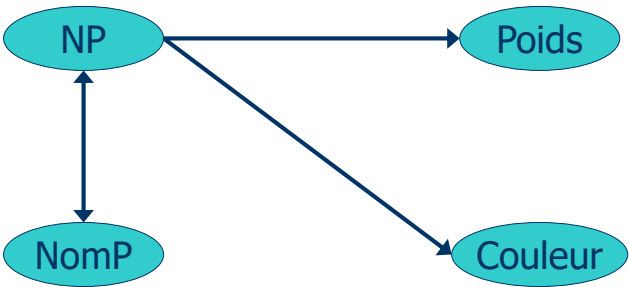


21  
0

Graphe non minimum puisque les DFs NP → Poids et NP → Couleur ne sont pas directes.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

### Graphe minimum des DFs

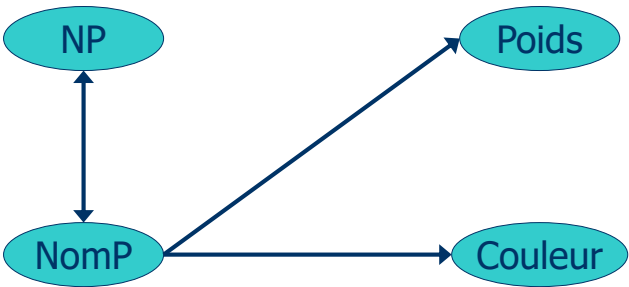


Solution 1 : Graphe minimum car toutes les DFs sont élémentaires et directes.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

21  
1

### Graphe minimum des DFs



Solution 2 : Graphe minimum car toutes les DFs sont élémentaires et directes.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

21  
2

## Recherche des clés sur le graphe des DFs

### Méthode :

- Etablir le graphe (minimum ou pas) des DFs,
- Chercher sur le graphe un ensemble minimum d'attributs X, tel que tous les chemins partant de X et suivant les DFs atteignent tous les autres attributs.

21  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Graphe minimum des DFs

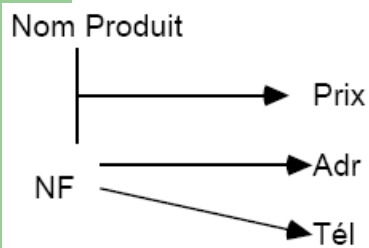
- Exercice : Établir le graphe minimum des DFs suivantes et donner la (ou les) clé de la relation R :
  - $R(A, B, C, D, E, F, G)$
  - $(A, B) \rightarrow C, D, E, F$
  - $B \rightarrow C$
  - $D \rightarrow E, F$
  - $G \rightarrow A$

21  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Anomalies dues à la non-normalisation

Soit la relation R  
(NomProduit, NF, Adr, Tel,  
Prix)

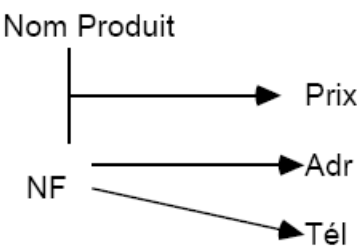


- **Redondance** : s'il existe 100 produits pour un fournisseur on va répéter 100 fois l'adresse et le téléphone du fournisseur.
- **Anomalies d'insertion** : quand on veut rajouter un produit, il faut rentrer à nouveau l'adresse et le téléphone du fournisseur.
- **Anomalies de suppression** : si on supprime (momentanément) la liste des produits d'un fournisseur, alors on supprime aussi le fournisseur.
- **Anomalies de modification** : si un fournisseur change d'adresse ou de téléphone, il faut faire cette mise à jour sur tous les 100 tuples !

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Anomalies dues à la non-normalisation

Soit la relation R  
(NomProduit, NF, Adr, Tel,  
Prix)



- **Solution** : Décomposer la relation R en un schéma équivalent :
- R1 (NF, Adr, Tel)
- R2 (NomProduit, NF, Prix)

21  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Décomposition d'une relation

### Définition :

- La décomposition de la relation  $R (A_1, A_2, \dots, A_n)$  consiste en son remplacement par une collection de relations  $R_1, \dots, R_p$  obtenues par des projections sur des sous-ensembles d'attributs dont l'union contient tous les attributs de  $R$ . La relation  $R$  est retrouvée par jointure naturelle de  $R_1, \dots, R_p$ .
- Il y a donc autant de décompositions possibles que d'ensemble de sous-ensembles d'attributs.

### Problème :

- La décomposition doit donner un schéma équivalent  $\Leftrightarrow$  Sans perte d'information et au possible sans perte des DFs.
- Comment faire ???

21  
7

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Décomposition d'une relation sans perte d'information

- Définition : « Une décomposition d'une relation  $R(X,Y,Z)$  en deux relations :

$$R_1 = \pi_{[X,Y]} R \text{ et } R_2 = \pi_{[X,Z]} R$$

est dite sans perte d'information (*lossless join decomposition*) si :

$$R = R_1 * R_2. \text{ »}$$

21  
8

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

219

### Décomposition d'une relation avec perte d'information

- Soit EMP\_DEPT (Matr, Dept, NomE, Salaire, NomD)
- $\text{Matr} \rightarrow \text{NomE, Salaire, Dept}$
- $\text{Dept} \rightarrow \text{NomD}$
- Décomposons EMP\_DEPT en :
  1.  $\Pi [\text{Matr, NomE, Salaire}] \text{ EMP\_DEPT} = \text{EMP\_DEPT1} (\text{Matr, NomE, Salaire})$
  2.  $\Pi [\text{Dept, Salaire, NomD}] \text{ EMP\_DEPT} = \text{EMP\_DEPT2} (\text{Dept, Salaire, NomD})$

$\text{EMP\_DEPT1} * \text{EMP\_DEPT2} \neq \text{EMP\_DEPT}$

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

220

### Décomposition d'une relation avec perte d'information - Exemple

MATR	DEPT	SALAIRE
1258	12	18000
2547	12	9000
3222	17	18000

MATR	SALAIRE	DEPT	SALAIRE
1258	18000	12	18000
2547	9000	12	9000
3222	18000	17	18000

MATR	DEPT	SALAIRE
1258	12	18000
1258	17	18000
...	...	...

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Décomposition d'une relation sans perte d'information

- La bonne décomposition de EMP\_DEPT en un schéma équivalent est :
  1.  $\Pi [Matr, Dept, NomE, Salaire] EMP\_DEPT = EMP (Matr, Dept, NomE, Salaire)$
  2.  $\Pi [Dept, NomD] EMP\_DEPT \bowtie DEPT (Dept, NomD)$

$$EMP * DEPT = EMP\_DEPT$$

22  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Théorème de Heath

- Théorème : « Toute relation  $R(X,Y,Z)$  est décomposable sans perte d'information en  $R_1 = \Pi [X,Y] R$  et  $R_2 = \Pi [X,Z] R$  s'il y a dans  $R$  une DF de  $X$  vers  $Y$  ( $X \rightarrow Y$ ). »

22  
2

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Théorème de Heath

Démonstration :

- $R_1 \times R_2$  contient au moins tous les tuples de  $R$ , puisque tout tuple  $xyz$  de  $R$  crée un tuple  $xy$  dans  $R_1$  et un tuple  $xz$  dans  $R_2$ , qui sont concaténés par jointure naturelle en  $xyz$ .
- $R_1 \times R_2$  ne peut pas contenir de tuples en plus de ceux de  $R$ . Ceci est démontré par l'absurde.
- Soit  $xyz$  un tuple de  $R_1 \times R_2$ , qui n'appartient pas à  $R$ .  $xyz$  provient de deux tuples de  $R$ :  $xyz'$  et  $xy'z$ . Etant donné que  $xyz$  n'appartient pas à  $R$ , on a:  $z' \neq z$  et  $y' \neq y$ , ce qui est contraire à la DF  $X \rightarrow Y$ .

22  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Théorème de Heath

- Appliquons le théorème de Heath à  $EMP\_DEPT$  (Matr, Dept, NomE, Salaire, NomD) avec les DFs suivantes :  $Dept \rightarrow NomD$  et  $Matr \rightarrow NomE, Salaire, Dept$
- On obtient la décomposition suivante :
  1.  $EMP$  (Matr, Dept, NomE, Salaire)
  2.  $DEPT$  (Dept, NomD)

22  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



## Les Formes Normales

- Il en existe six et qui sont classées de la moins normalisée à la plus normalisée :
  1. Première forme normale (1FN)
  2. Deuxième forme normale (2FN)
  3. Troisième forme normale (3FN)
  4. Forme normale de Boyce-Codd (FNBC)
  5. Quatrième forme normale (4FN)
  6. Cinquième forme normale (5FN)

22  
5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Première Forme Normale 1FN

- **Définition :** « Une relation est en 1FN si tous ses attributs sont atomiques (simples et monovalués) »
- Pour la normalisation d'une relation en 1FN on applique la règle de passage d'un attribut multivalué à un attribut monovalué et d'un attribut complexe à des attributs simples.

22  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Deuxième Forme Normale 2FN

- **Définition :** « Une relation est en 2FN si elle est en 1FN et si tout attribut n'appartenant à aucune clé candidate ne dépend pas d'une partie de clé. »
- La 2FN élimine les anomalies créées par les DFs entre parties de clés et attribut non-clé.

22  
7

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

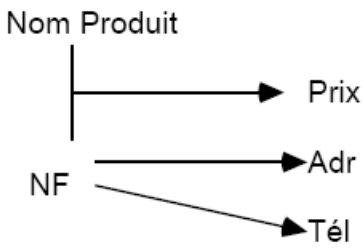
## Deuxième Forme Normale 2FN

- Propriété importante : « Si les clés candidates d'une relation sont formées d'un seul attribut, alors la relation est en 2FN. »
- Autrement dit, il est nécessaire d'avoir une clé candidate composée de plusieurs attributs pour qu'une relation ne soit pas en 2FN.

22  
8

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Deuxième Forme Normale 2FN



- Soit la relation FOURNISSEUR (NF, NomProduit, Adr, Tél, Prix)
- $NF \rightarrow Adr, Tél$
- $NomProduit, NF \rightarrow Prix$
- Cette relation n'est pas en 2FN puisque Adr et Tél dépendent de NF qui est une partie de la clé (NF, NomProduit)

22  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Méthode de normalisation en 2FN

1. Vérifier que la relation est en 1FN,
2. Etablir son graphe minimum des dépendances,
3. Identifier les clés candidates,
4. Identifier les DFs entre les attributs non-clé et une partie d'une clé,
5. Pour chaque source de ces DFs, on crée une relation ayant pour attributs la source et tous les attributs en dépendance fonctionnelle directe de cette source et ce par application du théorème de Heath.

23  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Méthode de normalisation en 2FN

- Solution on applique le théorème de HEATH :
  - FOURNISSEUR (NF, Adr, Tél)
  - FP (NF, NomProduit, Prix)
- Cette décomposition est :
  - sans perte d'information (NF est l'identifiant de la relation Fournisseur)
  - sans perte de dépendance fonctionnelle (les DF sont soit dans l'une, soit dans l'autre des deux relations décomposées).

23  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Méthode de normalisation en 2FN

### Exercice :

- Soit la relation PRIME (N°type-machine, nom-machine, N°techn, montant-prime, nom-techn) avec les dépendances fonctionnelles suivantes:
- N°type-machine → nom-machine
- N°techn → nom-techn
- (N°type-machine, N°techn) → montant-prime

23  
2

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Méthode de normalisation en 2FN

**Solution :**

- PRIME est en 1FN car nom-techn ne dépend que d'une partie de la clé N°techn, de même nom-machine ne dépend que de N°type-machine
- On applique deux fois le théorème de HEATH et on obtient le schéma en 2FN suivant :
- MACHINE (N°type-machine, nom-machine)
- TECHNICIEN (N°techn, nom-techn)
- PRIME\_BIS (N°type-machine, N°techn, montant-prime)

23  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Méthode de normalisation en 2FN

- 1<sup>ère</sup> étape : Heath sur PRIME
  - R1 (N°techn, nom-techn) → 2FN
  - R2 (N°type-machine, nom-machine, N°techn, montant-prime) → 1FN
- 2<sup>ème</sup> étape : Heath sur R2
  - R21 (N°type-machine, nom-machine)
  - R22 (N°type-machine, N°techn, montant-prime)
- Le schéma équivalent à la 2FN est composé : R1, R21 et R22

23  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Troisième Forme Normale 3FN

- Soit la relation CONTACT (Id, NomContact, Ville, Pays)
- $Id \rightarrow Ville \rightarrow Pays$
- Cette relation est en 2FN (car l'identifiant est composé d'un seul attribut) mais nous avons une anomalie de redondance de Pays pour chaque contact.
- La 2FN n'est pas suffisante pour supprimer cette redondance dues à des DFs entre attributs ne faisant pas partie d'une clé :  $Ville \rightarrow Pays$ .
- Solution : Décomposer en (Id, NomContact, Ville) et (Ville, Pays)

23  
5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Troisième Forme Normale 3FN

- Définition : « Une relation R est en 3FN si elle est en 1FN et que tout attribut qui n'appartient à aucune clé candidate ne peut dépendre que d'une clé candidate entière. »
- Remarque : Une relation en 3FN est en 2FN car une partie de clé n'est pas une clé.
- La 3FN permet par rapport à la 2FN d'éliminer les anomalies dues aux DFs entre attributs non-clé.

23  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Méthode de normalisation en 3FN

- Remarque importante : Il est possible de décomposer une relation en 3FN sans perte d'information ni de DF. C'est la forme la plus normalisée qui possède cette propriété.
- Algorithme de Bernstein (1976).

23  
7

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Méthode de normalisation en 3FN

1. Soit une relation R. Vérifier que la relation est en 1FN,
2. Établir son graphe minimum des dépendances,
3. Identifier les clés candidates,
4. Créer pour chaque source de DF une relation comprenant comme attributs la source et toutes les cibles de la source en appliquant le théorème de Heath.
5. Si aucune clé de R n'est présente dans au moins une relation créée, ajouter une relation constituée des attributs d'une clé de R.

23  
8

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Méthode de normalisation en 3FN

### Exercice :

- EMPLOYE ( NEmp, NLab, NProj, NomEmp, NomProj, adresse)
- (NEmp, NLab) → NProj
- NEmp → NomEmp, adresse
- NProj → NomProj

23  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Méthode de normalisation en 3FN

### Solution :

- EMPLOYE est en 1FN car elle n'est pas en 2FN puisque  $NEmp \rightarrow NomEmp, adresse$
- En appliquant deux fois le théorème de HEATH on obtient le schéma équivalent suivant qui est à la 3FN
- EMPLOYE2 (N°Emp, NomEmp, adresse)
- PROJET (N°Proj, NomProj)
- ELP (N°Emp, N°Lab, N°Proj)

24  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



241

## Forme Normale de Boyce Codd

- Soit la relation CATALOGUE (NF, NomF, NomProduit, Prix) avec 2 clés candidates : NF + NomProduit et NomF + NomProduit.

NF

NomF

NomProduit

Prix

NF <--> NomF

NF --> Prix

NomProduit --> Prix

NF

NomF

NomProduit

Prix

NF <--> NomF

NomProduit --> Prix

NomF --> Prix

• Cette relation est en 3FN mais il y a redondance entre NF et NomF, ce qui génère des problèmes lors des mises à jour. Si un fournisseur change de nom, il faut mettre à jour son nom dans tous les tuples correspondants à ses produits.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

242

## Forme Normale de Boyce Codd

- Soit la relation CATALOGUE (NF, NomF, NomProduit, Prix) avec 2 clés candidates : NF + NomProduit et NomF + NomProduit.
- CATALOGUE n'est pas en FN de Boyce Codd parce que l'attribut NF est source de DF ( $NF \rightarrow NomF$ ) et n'est pas un identifiant entier. Il en est de même pour NomF.
- Solution décomposer CATALOGUE en :
  1. Fournisseur (NF , NomF) avec NF et NomF identifiants
  2. Catalogue (NF , NomProduit , Prix)

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Forme Normale de Boyce Codd

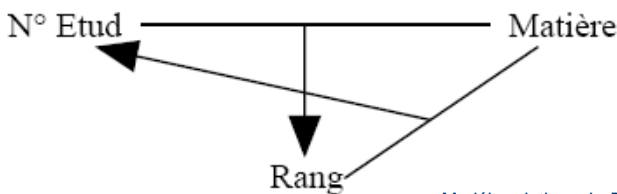
- Définition : « Une relation est en forme normale de Boyce-Codd si et seulement si elle est en 1FN et les seules dépendances fonctionnelles élémentaires sont celles dans lesquelles une clé entière détermine un attribut. »
- Par rapport à la 3FN on s'assure qu'aucun attribut faisant partie d'une clé candidate ne dépende pas d'un attribut ne faisant pas partie d'une clé candidate.
- Une relation en FN de Boyce Codd est en 3FN.

24  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Forme Normale de Boyce Codd

- Soit la relation :
- PLACE (N°Etud, Matière, Rang) qui représente le rang obtenu par chaque étudiant pour chaque matière. On suppose qu'il n'y a pas d'ex aequo. Il y a deux identifiants : (N°Etud + Matière) , (Matière + Rang).
- Dans quelle FN est cette relation ?

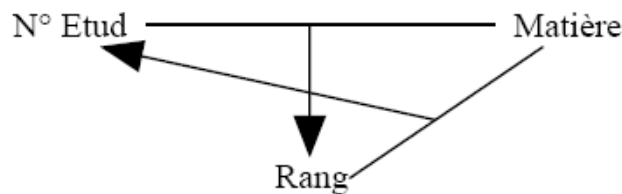


24  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

### Forme Normale de Boyce Codd

- La relation PLACE (N°Etud, Matière, Rang) est en 3FN car tous les attributs appartiennent à des clés. Elle est aussi en FN de Boyce Codd puisque toutes les sources de DFs sont des clés entières.

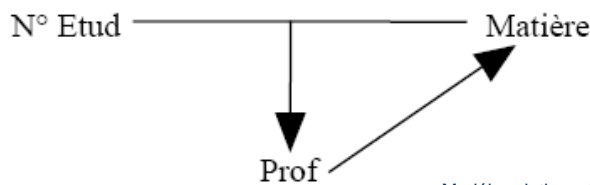


24  
5

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

### Forme Normale de Boyce Codd

- Soit la relation ENSEIGNEMENT (N°Etud, Matière, Prof).
- On suppose que chaque professeur enseigne une seule matière, et que pour chaque matière, chaque étudiant suit les cours d'un seul professeur.

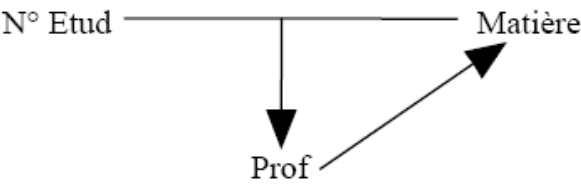


24  
6

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Forme Normale de Boyce Codd

- La relation ENSEIGNEMENT (N°Etud, Matière, Prof) a deux identifiants : (N°Etud + Matière) et (N°Etud + Prof). Elle est en 3FN puisque tout attribut fait partie d'un identifiant. Mais elle n'est pas en FN de Boyce Codd puisque l'attribut Prof est source de DF et ne constitue pas un identifiant entier.



Modèle relationnel - B. EL HATIMI

24  
7

NEtudiant	NProf	Matiere
Etudiant1	Prof1	Algo
Etudiant2	Prof1	Algo
Etudiant3	Prof1	Algo
Etudiant1	Prof2	JAVA
Etudiant2	Prof2	JAVA
Etudiant4	Prof2	JAVA
Etudiant4	Prof3	Algo
Etudiant3	Prof4	JAVA
Etudiant1	Prof5	Réseaux

Nprof	Matiere
Prof1	Algo
Prof2	JAVA
Prof3	Algo
Prof4	JAVA
Prof5	Réseaux

Netudiant	NProf
Etudiant1	Prof1
Etudiant2	Prof1
Etudiant1	Prof2
...	...
Etudiant1	Prof3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

24  
8

249

## Forme Normale de Boyce Codd

- ENSEIGNEMENT (N°Etud, Matière, Prof).
- Appliquons le théorème de Heath pour la décomposition de cette relation. On obtient (Prof, Matière) et (N°Etud, Prof).
- On a perdu la DF: (N°Etud, Matière) → Prof. Cette décomposition permet d'insérer le fait qu'un même étudiant suit deux cours portant sur la même matière avec deux professeurs différents, ce qu'interdisait la relation Enseignement.
- Il n'y a pas de solution idéale dans ce cas. Pratiquement on conserve la relation initiale OU on décompose et on rajoute une contrainte d'intégrité spécifiant le fait qu'un professeur ne peut enseigner qu'une seule matière.

250

## Forme Normale de Boyce Codd

- Conclusion : Il n'existe pas d'algorithme permettant de décomposer une relation en un schéma équivalent normalisé à la forme normale de Boyce-Codd sans perte DFs.
- Par contre, il est possible de décomposer toute relation en forme normale de Boyce Codd sans perte d'information en appliquant itérativement le théorème de Heath.

## Forme Normale de Boyce Codd

- Méthode : Tant que dans une des relations obtenues par décomposition,  $R(X,Y,Z)$ , il existe une DF  $X \rightarrow Z$ , on décompose  $R$  en  $\pi[X,Y]R$  et  $\pi[X,Z]R$ .
- Cette méthode présente plusieurs inconvénients :
- Elle peut conduire à trop décomposer, notamment en décomposant une relation qui est déjà en Boyce Codd. Un schéma trop décomposé complique l'emploi de la base de données, car les requêtes seront plus coûteuses (nombreuses jointures).
- On peut perdre des DFs (Exemple ENSEIGNEMENT). Les DFs perdues doivent alors être ajoutées au schéma décomposé sous la forme de contraintes d'intégrité.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

25  
1

## Exercice

- Adresse (*rue, ville, code-postal*)
- code-postal  $\rightarrow$  ville
- (rue, ville)  $\rightarrow$  code-postal

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

25  
2

## Exercice

- Adresse (rue, ville, code-postal)
- code-postal → ville : Un code postal fait référence à une seule ville.
- (rue, ville) → code-postal : Le nom d'une rue n'est pas unique (plusieurs villes peuvent avoir la même rue), cependant une rue dans une ville a le même code postal,
- Clés candidates (Rue, Ville) et (Rue, Code-postal)
- Nous sommes à la 3FN car tous les attributs appartiennent à des clés. Par contre, on n'est pas à la FNBC car ville dépend d'une partie de clé (code-postal).

25  
3

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Solution

- Adresse1 (ville, code-postal) FNBC
- Adresse2 (rue, code-postal) FNBC
- On a perdu la DF rue + ville → Code-postal  
càd que dans ce schéma on peut avoir deux adresses de la même rue et de la même ville mais avec deux codes postaux différents !!!

25  
4

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

255

## Dépendances multivaluées

- Soit la relation PRO\_EMPL (Typrod, Nuprod, Codemp)
- Typrod est le type de produits. Chaque type de produit englobe plusieurs produits identifiés par Nuprod. Un employé Codemp gère un ou plusieurs types de produits (et donc tous les produits qui en font partie).
- La clé est composé de l'ensemble des attributs.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

256

## Dépendances multivaluées

<u>Typrod</u>	<u>NuProd</u>	<u>Codemp</u>
A	3	009
A	4	009
A	6	009
A	3	023
A	4	023
A	6	023
B	2	009
B	13	009
B	2	067
B	13	067

PRO\_EMPL est en FNBC car tous les attributs constituent la clé et il n'y a aucune DF. Malgré cela il reste encore des anomalies :

Pour ajouter un employé 031 chargé du type de produit A, il faudra créer autant de tuples qu'il y a de produits dans le type A (dans notre exemple 3).

La FNBC n'est donc pas suffisante pour supprimer toutes les anomalies.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI



257

## Dépendances multivaluées

<u>Typrod</u>	<u>NuProd</u>	<u>Codemp</u>
A	3	009
A	4	009
A	6	009
A	3	023
A	4	023
A	6	023
B	2	009
B	3	009
B	2	067
B	3	067

Ces anomalies sont dues au fait que la connaissance du type de produit détermine un ensemble de valeurs pour les produits, et qu'en plus l'ensemble de valeurs d'employés et de produits sont indépendants.

On parle de dépendance multivaluée et on note :  
 $Typrod \twoheadrightarrow NuProd$   
(Req : Le NuProd 3 appartient à 2 types pour éliminer la DF NuProd  $\rightarrow Typrod$ )

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

258

## Dépendances multivaluées

Définition :

- « Soit la relation  $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ , et  $X$  et  $Y$  des sous-ensembles de  $A_1, A_2, \dots, A_n$ . On dit que  $X$  multi-détermine  $Y$  et on note  $X \twoheadrightarrow Y$  si, étant données des valeurs de  $X$ , il y a un ensemble de valeurs de  $Y$  associées et cet ensemble est indépendant des autres attributs  $Z = R - (X, Y)$  de la relation  $R$ . »

## Dépendances multivaluées

- En analysant les anomalies dues aux dépendances multivaluées, CODD a défini les quatrième (4FN) et cinquième (5FN) formes normales pour les éliminer.

25  
9

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Dépendances multivaluées non-triviales (DMNT)

### Définition :

- « La DM  $X \twoheadrightarrow Y$  de la relation R est une DM non-triviale si et seulement si X n'est pas un sous-ensemble de Y et si  $X \cup Y \neq R$ . »
- Exemple : dans la relation PRO\_EMPL (Typrod, Nuprod, Codemp), la DM  $\text{Typrod} \twoheadrightarrow \text{Nuprod}$  est non triviale : c'est une DMNT.

26  
0

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Quatrième forme normale (4FN)

### Définition :

- « Une relation est en 4FN si et seulement si elle est en FNBC et elle ne contient aucune DM non-triviale (DMNT). »

26  
1

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Quatrième forme normale (4FN)

- Pour passer de la FNBC à la 4FN, on décompose la relation initiale en créant une nouvelle relation comportant la source et les buts de la DMNT. La source reste dans la relation originelle et les buts en sont retirés.
- La décomposition se fait sans pertes en appliquant le théorème de HEATH.
- Dans l'exemple précédent la relation PRO\_EMPL (Typrod, Nuprod, Codemp) est décomposée en :  
R1 (Typrod, Nuprod) et R2 (Typrod, Codemp)
- R1 et R2 sont en 4FN car ils ne contiennent que deux attributs.

26  
2

Modèle relationnel - B. EL HATIMI

## Quatrième forme normale (4FN)

<u>Typrod</u>	<u>NuProd</u>
A	3
A	4
A	6
B	2
B	3

<u>Typrod</u>	<u>Codemp</u>
A	009
A	023
B	009
B	067

26 On peut maintenant ajouter l'employé 031 en charge du type  
3 A sans redondances.

Modèle relationnel - B. EL HATIMI