

# Chapitre3

## Modèle relationnel et algèbre relationnel

# PLAN

## PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

I. INTRODUCTION

II. CONCEPTS FONDAMENTAUX

III. Passage du modèle E-A au Modèle Relationnel

IV. CONTRAINTES D'INTÉGRITÉ

## PARTIE II: ALGÈBRE RELATIONNEL



# **PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL**

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## I. INTRODUCTION

Créé par CODD (IBM 69/70).

- ❖ La majorité des SGBD actuels sont basés sur ce modèle.
- ❖ Dispose d'un Langage d'interrogation et de requêtes simple
- ❖ **Principe simple :**
  - ❑ les données sont organisées sous forme de tables à deux dimensions, encore appelées relations, dont les lignes sont appelées n-uplet ou tuple en anglais ;
  - ❑ les données sont manipulées par des opérateurs de l'algèbre relationnelle ;
  - ❑ l'état cohérent de la base est défini par un ensemble de contraintes d'intégrité.

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## II. CONCEPTS FONDAMENTAUX

### 1. RELATION OU TABLE

Exemple:

Table1		Liste					
ID	NomEmp	Prénom	Sexe	DN	TypeContrat	Service	
1	AGIERI	ROLAND	H	16/01/1951	CDI	CONDITIONNE	
2	ALEXANDRE	PATRICE	H	05/04/1954	CDI	MAINTENANC	
3	ANGLET	JEANNE	F	21/09/1954	CDI	FABRICATION	
4	ANGELI	ROBERT	H	14/03/1955	CDI	MAINTENANC	
5	ARENA	PATRICE	H	09/07/1956	CDI	FABRICATION	
6	AUBERT	PATRICK	H	28/09/1958	CDI	FABRICATION	
7	BAUDRAN	RICHARD	H	14/11/1959	CDI	FABRICATION	
8	BAUER	ANDRE	H	04/02/1961	CDI	MAINTENANC	

EMPLOYE (ID, NOM, PRENOM, SEXE, DATE NAISS, CONTRAT, SERVICE)

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## II. CONCEPTS FONDAMENTAUX

### 2.Tuple, $n$ -uplet

**Tuple** (ou  **$n$ -uplet**): ligne de la table

Liste de  $n$  valeurs  $(v_1, \dots, v_n)$  où chaque valeur  $v_i$  est la valeur d'un attribut  $A_i$  de domaine  $D_i$ .

**Exemple:**

ID	NomEmp	Prénom	Sexe	DN	TypeContrat	Service
1	AGIERI	ROLAND	H	16/01/1951	CDI	CONDITIONNE
2	ALEXANDRE	PATRICE	H	05/04/1954	CDI	MAINTENANC
3	ANGLET	JEANNE	F	21/09/1954	CDI	FABRICATION
4	ANGELI	ROBERT	H	14/03/1955	CDI	MAINTENANC
5	ARENA	PATRICE	H	09/07/1956	CDI	FABRICATION
6	AUBERT	PATRICK	H	28/09/1958	CDI	FABRICATION
7	BAUDRAN	RICHARD	H	14/11/1959	CDI	FABRICATION
8	BAUER	ANDRE	H	04/02/1961	CDI	MAINTENANC

N-uplets



# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## II. CONCEPTS FONDAMENTAUX

### 3.Domaine

Un domaine est un ensemble de valeurs que peut prendre un attribut; c'est le domaine définition d'un ou plusieurs attributs.

Exemple de domaines:

- $D_{\text{nom}}$  : chaînes de caractères de longueur maximale 30
- $D_{\text{num}}$  : entiers compris entre 0 et 99999
- $D_{\text{couleur}}$  : {"bleu", "vert", "jaune"}
- $D_{\text{âge}}$  : entiers compris entre 16 et 65

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## II. CONCEPTS FONDAMENTAUX

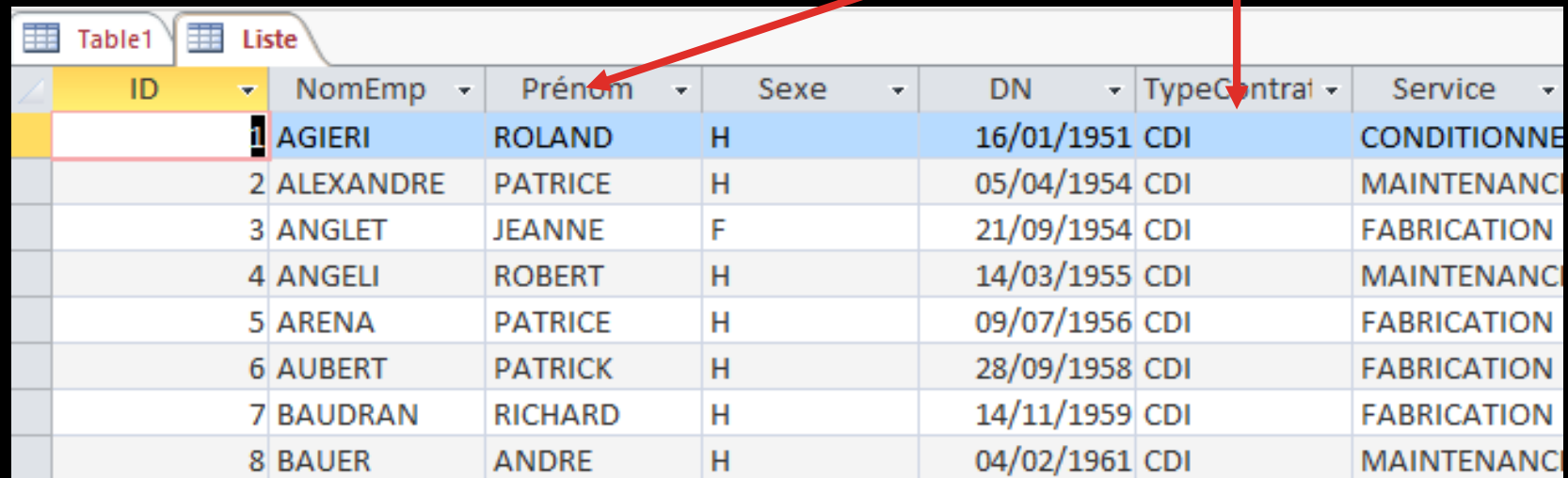
### 4. Attribut

Définition : Un attribut est un identifiant (un nom) décrivant une information stockée dans une table.

Nomment les colonnes d'une relation.

Un attribut est toujours associé à un domaine.

ATTRIBUTS



ID	NomEmp	Prénom	Sexe	DN	TypeContrat	Service
1	AGIERI	ROLAND	H	16/01/1951	CDI	CONDITIONNE
2	ALEXANDRE	PATRICE	H	05/04/1954	CDI	MAINTENANC
3	ANGLET	JEANNE	F	21/09/1954	CDI	FABRICATION
4	ANGELI	ROBERT	H	14/03/1955	CDI	MAINTENANC
5	ARENA	PATRICE	H	09/07/1956	CDI	FABRICATION
6	AUBERT	PATRICK	H	28/09/1958	CDI	FABRICATION
7	BAUDRAN	RICHARD	H	14/11/1959	CDI	FABRICATION
8	BAUER	ANDRE	H	04/02/1961	CDI	MAINTENANC



# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## II. CONCEPTS FONDAMENTAUX

### 5. Base de données relationnelle:

C'est une BD dont le schéma est un ensemble de schémas de relations et dont les occurrences sont les tuples de ces relations.

### 6. Système de gestion de bases de données relationnel (SGBDR) :

C'est un logiciel supportant le modèle relationnel, et qui peut manipuler les données avec des opérateurs relationnels.

### 7. Un schéma de relation

Il précise le nom de la relation ainsi que la liste des attributs avec leurs domaines.

- Exemple de relation avec son schéma :

EMPLOYÉ (ID, NOM, PRENOM, SEXE, DATE NAISS, CONTRAT, SERVICE)

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## II. CONCEPTS FONDAMENTAUX

**8. Le degré d'une relation est son nombre d'attributs.**

**9. Une clé candidate** d'une relation est un ensemble minimal des attributs de la relation dont les valeurs identifient à coup sûr une occurrence.

La valeur d'une clé candidate est donc distincte pour tous les tuples de la relation. La notion de clé candidate est essentielle dans le modèle relationnel.

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## II. CONCEPTS FONDAMENTAUX

**10. La clé primaire** d'une relation est une de ses clés candidates. Pour signaler la clé primaire, ses attributs sont généralement soulignés.

**11. Une clé étrangère** dans une relation est formée d'un ou plusieurs attributs qui fait référence une clé candidate ( clé primaire) dans une autre relation.

Attention, une clé étrangère  $\neq$  clé candidate dans une relation.

**12. Un schéma relationnel** est constitué par l'ensemble des schémas de relation avec mention des clés étrangères.

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## III. CONTRAINTES D'INTÉGRITÉ

- une assertion (ou condition) qui doit être vrai durant toute la vie de la base de donnée
- Permet de limiter les possibilités pour les valeur affectées aux champs dans les tuples (les valeurs d'une propriété)
- Les contraintes d'intégrité sont vérifiées (exécutées) à chaque mise à jour de la base de données
- Une base de donnée est dite cohérente si toutes les contraintes d'intégrité sont vérifiées

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## III. CONTRAINTES D'INTÉGRITÉ

Type de contrainte d'intégrité:

- *Intégrité de clé*
- *Intégrité de domaine (type)*
- *Intégrité de référence*
- *Intégrité d'entité*

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## III. CONTRAINTES D'INTÉGRITÉ

### A. Unicité de clé

clé : Ensemble minimal d'attributs dont la connaissance des valeurs permet d'identifier un tuple unique de la relation considérée.

Toute relation possède au moins une clé car la connaissance de tous les attributs permet d'identifier un tuple unique. S'il existe plusieurs clés (clés candidates), on en choisit en général une arbitrairement qui est appelée clé primaire.



# **PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL**

## **III. CONTRAINTES D'INTÉGRITÉ**

### **B. Contraintes de références**

C'est une contrainte d'intégrité portant sur une relation consistant à imposer que la valeur d'un groupe d'attributs apparaisse comme valeur de clé dans une autre relation.

Une telle contrainte d'intégrité s'applique aux associations obligatoires.

La représentation des contraintes de référence s'effectue par la définition des clés étrangères dans la relation.

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## III. CONTRAINTES D'INTÉGRITÉ

### C. Contraintes d'entité

Lors de l'insertion de tuples dans une relation, il arrive fréquemment qu'un attribut soit inconnu ou non applicable

On est alors amené à introduire dans la relation une valeur conventionnelle, appelée valeur nulle.

C'est une contrainte d'intégrité imposant que toute relation possède une clé primaire. Et que tout attribut participant à cette clé ne soit pas nul.

Cependant, le model relationnel permet que des clés étrangères n'appartenant pas à des clés primaires soient nulles.

# **PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL**

## **III. CONTRAINTES D'INTÉGRITÉ**

### **D. Contraintes de domaine**

En théorie, une relation est construite à partir d'un ensemble de domaines. En pratique, les domaines gérés par les systèmes sont souvent limités aux types de base entier, réel, chaîne de caractères, parfois monnaie et date.

Afin de spécifier un type de données pour composer un domaine plus fin (par exemple, le domaine des salaires mensuels qui sont des réels compris entre 60 000 et 1 000 000 de francs), la notion de contrainte de domaine est souvent ajoutée aux règles d'intégrité structurelle du relationnel.

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## III. CONTRAINTES D'INTÉGRITÉ

### Exemple :

Schéma de la base de données permettant la gestion de notices bibliographiques est :

- EDITEUR (**NumEditeur**, Nom, Prénom, adresse, tel)
- AUTEURS (**NumAuteur**, Nom, Prénom)
- OUVRAGES(**Cote**, Titre, NbExemplaire, Année, #NumEditeur, Thème)

on souhaite poser les contraintes suivantes :

- Le nombre d'exemplaires de chaque OUVRAGE doit être supérieur à 0 (zéro) et inférieur à 50
- Chaque OUVRAGE doit avoir au moins un auteur
  - Ceci est possible grâce à la notion de contraintes d'intégrité

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## III. CONTRAINTES D'INTÉGRITÉ

- soit la relation

**ECRIT** (#NumAuteur, #cote)

- Clé primaire : NumAuteur, cote

Contraintes référentielles :

- ECRIT.NumAuteur REFERENCE AUTEURS.NumAuteur
- ECRIT.cote REFERENCE OUVRAGES.cote
- ECRIT.cote REFERENCE OUVRAGES.cote, c'est à dire définir l'attribut cote dans ECRIT comme clé étrangère, implique une contrainte référentielle.

Ceci se traduit par ; les seules valeurs que peut prendre cote dans ECRIT sont celles déjà saisies pour cote dans OUVRAGES

# PARTIE I: MODÈLE RELATIONNEL

## III. CONTRAINTES D'INTÉGRITÉ

- Contrainte de domaine :  
(NbExemplaire >0) et (NbExemplaire <50)
- Contrainte référentielle :  
OUVRAGES.NumEditeur **REFERENCE** EDITEURS.NumEditeur
- ECRIT (**NumAuteur**, **cote**)  
Clé primaire : NumAuteur, cote (unique et non nulle)  
Contraintes référentielles :  
ECRIT.NumAuteur **REFERENCE** AUTEURS.NumAuteur  
ECRIT.cote **REFERENCE** OUVRAGES.cote





# **PARTIE II: ALGÈBRE RELATIONNEL**

# ALGÈBRE RELATIONNEL

L'algèbre relationnelle est le support mathématique cohérent sur lequel repose le modèle relationnel. L'algèbre relationnelle propose un ensemble d'opérations élémentaires sur les tables dans le but de créer de nouvelles tables

Nous pouvons distinguer deux types d'opérateurs relationnels :

## ❖ Les opérateurs ensemblistes

- ❑ l'union( $\cup$ )
- ❑ l'intersection( $\cap$ )
- ❑ La différence( $-$  ou  $\setminus$ )
- ❑ le produit cartésien( $\times$ )

## ❖ Les opérateurs spécifiques

- ❑ la sélection ou Restriction ( $\sigma$ )
- ❑ Projection( $\pi$ )
- ❑ la jointure ( $\bowtie$ )
- ❑ Division( $/$ )

## A. LES OPÉRATIONS ENSEMBLISTES

### 1. Union

l'union est une opération portant sur deux relations  $R1$  et  $R2$  ayant le même schéma et construisant une troisième relation constituée des  $n$ -uplets appartenant à l'une ou l'autre des deux relations  $R1$  et  $R2$  sans doublon.

**Notation :  $R1 \cup R2$ .**

# ALGÈBRE RELATIONNEL

## A. LES OPÉRATIONS ENSEMBLISTES

### 1. Union

ATTENTION : R1 et R2 doivent avoir les mêmes attributs.

T1	N°Mat	Nom	Prénom
	0035	WADE	MASSAMBA
	0022	TOURE	Cheikh
	0225	SEYDI	Ibrahima

T2	N°Mat	Nom	Prénom
	0036	DIOP	Clotilde
	0021	SECK	Mareme
	0225	DIAGNE	Maimouna
	0035	WADE	MASSAMBA

**T3 = T1 U T2**

T3	N°Mat	Nom	Prénom
	0035	WADE	MASSAMBA
	0022	TOURE	Cheikh
	0225	SEYDI	Ibrahima
	0036	DIOP	Clotilde
	0021	SECK	Mareme
	0225	DIAGNE	Maimouna

**ATTENTION: les doublons  
sont supprimés**

## A. LES OPÉRATIONS ENSEMBLISTES

### 2. Intersection

L'intersection est une opération portant sur deux relations  $R1$  et  $R2$  ayant le même schéma et construisant une troisième relation dont les  $n$ -uplets sont constitués de ceux appartenant aux deux relations.

**Notation :  $R1 \cap R2$ .**

# ALGÈBRE RELATIONNEL

## A. LES OPÉRATIONS ENSEMBLISTES

### 2. Intersection

T1	N°Mat	Nom	Prénom
	0035	WADE	MASSAMBA
	0022	TOURE	Cheikh
	0225	SEYDI	Ibrahima
	0038	SAMBOU	Maimouna

T2	N°Mat	Nom	Prénom
	0036	DIOP	Clotilde
	0021	SECK	Mareme
	0038	SAMBOU	Maimouna
	0225	DIAGNE	Maimouna
	0035	WADE	MASSAMBA

$$T3 = T1 \cap T2$$

T3	N°Mat	Nom	Prénom
	0035	WADE	MASSAMBA
	0038	SAMBOU	Maimouna

ATTENTION : R1 et R2 doivent avoir les mêmes attributs.



## A. LES OPÉRATIONS ENSEMBLISTES

### 3. Différence

La différence est une opération portant sur deux relations  $R1$  et  $R2$  ayant le même schéma et construisant une troisième relation dont les  $n$ -uplets sont constitués de ceux ne se trouvant que dans la relation  $R1$ .

**Notation :  $R1 - R2$ .**

# ALGÈBRE RELATIONNEL

## A. LES OPÉRATIONS ENSEMBLISTES

### 3. Différence

T1	N°Mat	Nom	Prénom
	0035	WADE	MASSAMBA
	0022	TOURE	Cheikh
	0225	SEYDI	Ibrahima
	0038	SAMBOU	Maimouna

T2	N°Mat	Nom	Prénom
	0036	DIOP	Clotilde
	0021	SECK	Mareme
	0038	SAMBOU	Maimouna
	0225	DIAGNE	Maimouna
	0035	WADE	MASSAMBA

$$T3 = T1 - T2$$

T3	N°Mat	Nom	Prénom
	0022	TOURE	Cheikh
	0225	SEYDI	Ibrahima

**ATTENTION: T1-T2 N'EST PAS  
EGAL A T2 - T1**

**ATTENTION : R1 et R2 doivent avoir les mêmes attributs.**

# ALGÈBRE RELATIONNEL

## A. LES OPÉRATIONS ENSEMBLISTES

### 4. PRODUIT CARTÉSIEN

Le produit cartésien est une opération portant sur deux relations  $R1$  et  $R2$  et qui construit une troisième relation regroupant exclusivement toutes les possibilités de combinaison des occurrences des relations  $R1$  et  $R2$ .

**Notation :  $R1 \times R2$ .**

# ALGÈBRE RELATIONNEL

## A. LES OPÉRATIONS ENSEMBLISTES

### 4. Produit cartésien

T1	N°Mat	Nom	Prénom
	0022	TOURE	Cheikh
	0225	SEYDI	Ibrahima

T2	Article	Prix
	Livre	5000
	Montre	15000
	Vélo	90000

T3	N°Mat	Nom	Prénom	Article	Prix
	0022	TOURE	Cheikh	Livre	5000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Montre	15000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Vélo	90000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Livre	5000
	0022	TOURE	Cheikh	Montre	15000
	0022	TOURE	Cheikh	Vélo	90000

$$T3 = T1 \times T2$$

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 1. Sélection

La sélection génère une relation regroupant exclusivement toutes les occurrences de la relation  $R$  qui satisfont l'expression logique  $E$ .

Notation :  $\sigma R(E)$ .

La sélection permet ainsi de choisir (i.e. sélectionner) certaines lignes dans une table. Le résultat de la sélection est donc une nouvelle relation qui a les mêmes attributs que  $R$ . Si  $R$  est vide (c'est-à-dire sans aucune occurrence), la relation qui résulte de la sélection est vide.

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 1. Sélection

R1	N°Mat	Nom	Prénom	Article	Prix
	0022	TOURE	Cheikh	Livre	5000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Montre	15000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Vélo	90000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Livre	5000
	0022	TOURE	Cheikh	Montre	15000
	0022	TOURE	Cheikh	Vélo	90000

**$R2 = \sigma_{R1}(\text{prix} > 15000).$**



## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 1. Sélection

$R2 = \sigma_{R1(\text{prix} > 15000)}$ .

R2	N°Mat	Nom	Prénom	Article	Prix
	0225	SEYDI	Ibrahima	Vélo	90000
	0022	TOURE	Cheikh	Vélo	90000

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 2. projection

La projection consiste à supprimer les attributs autres que  $A_1, A_2, \dots, A_n$  d'une relation et à éliminer les n-uplets en double apparaissant dans la nouvelle version.

Notation :  $\pi R (A_1, A_2, \dots, A_n)$

En d'autres termes, la projection permet de choisir des colonnes dans une table. Si  $R$  est vide, la relation qui résulte de la projection est vide, mais pas forcément équivalente étant donné qu'elle contient généralement moins d'attributs.

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 2. projection

R1	N°Mat	Nom	Prénom	Article	Prix
	0022	TOURE	Cheikh	Livre	5000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Montre	15000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Vélo	90000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Livre	5000
	0022	TOURE	Cheikh	Montre	15000
	0022	TOURE	Cheikh	Vélo	90000

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 2. projection

$R2 = \pi R1(N^{\circ}mat, Article, Prix).$

R2	N°Mat	Article	Prix
	0022	Livre	5000
	0225	Montre	15000
	0225	Vélo	90000
	0225	Livre	5000
	0022	Montre	15000
	0022	Vélo	90000

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 3. Division

la division est une opération portant sur deux relations  $R1$  et  $R2$ , telles que le schéma de  $R2$  est strictement inclus dans celui de  $R1$ , qui génère une troisième relation regroupant toutes les parties d'occurrences de la relation  $R1$  qui, associées à toutes les occurrences de la relation  $R2$ , se retrouvent dans  $R1$ .

**Notation :  $R1 \div R2$ .**

Autrement dit, la division de  $R1$  par  $R2$  ( $R1 \div R2$ ) génère une relation qui regroupe tous les  $n$ -uplets qui, concaténés à chacun des  $n$ -uplets de  $R2$ , donne toujours un  $n$ -uplet de  $R1$ .

# ALGÈBRE RELATIONNEL

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 3. Division

R1	N°Mat	Nom	Prénom	Article	Prix
	0022	TOURE	Cheikh	Livre	5000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Livre	15000
	0224	DIOP	Clotilde	Vélo	90000
	0225	LY	Khardiata	Livre	5000
	0022	TOURE	Cheikh	Montre	15000
	0022	TOURE	Cheikh	Vélo	90000
	0025	LY	Khardiata	Montre	15000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Montre	15000
	0224	DIOP	Clotilde	Montre	90000
	0225	LY	Khardiata	Vélo	90000

R2	Article	Prix
	Livre	5000
	Montre	15000
	Vélo	90000

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 3. Division

$$R3 = R1 \div R2$$

R3	N°Mat	Nom	Prénom
	0022	TOURE	Cheikh
	0225	LY	Khardiata



# ALGÈBRE RELATIONNEL

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 4. jointure

La jointure est une opération portant sur deux relations  $R_1$  et  $R_2$  qui construit une troisième relation regroupant exclusivement toutes les possibilités de combinaison des occurrences des relations  $R_1$  et  $R_2$  qui satisfont l'expression logique  $E$ .

Notation:  $R_1 \bowtie R_2(E)$

Si  $R_1$  ou  $R_2$  ou les deux sont vides, alors la relation qui résulte de la jointure est vide.

En fait, la jointure n'est rien d'autre qu'un produit cartésien suivi d'une sélection :

$$R_1 \bowtie_E R_2 = \sigma (R_1 \times R_2)(E)$$

# ALGÈBRE RELATIONNEL

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 4. Jointure

R1	N°Mat	Nom	Prénom
	0022	TOURE	Cheikh
	0225	SEYDI	Ibrahima

R2	Article	Prix
	Livre	5000
	Montre	15000
	Vélo	90000

**$R3 = R1 \bowtie R2(\text{article} = \text{"livre"})$**

R3	N°Mat	Nom	Prénom	Article	Prix
	0022	TOURE	Cheikh	Livre	5000
	0225	SEYDI	Ibrahima	Livre	5000

# ALGÈBRE RELATIONNEL

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 5. Équi-jointure

Une équi-jointure est une thêta-jointure dans laquelle l'expression logique E est un test d'égalité entre un attribut A1 de la relation R1 et un attribut A2 de la relation R2.

Notation :  $R1 \bowtie R2(A1=A2)$

# ALGÈBRE RELATIONNEL

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 6. Thêta-jointure

La thêta-jointure est une jointure dans laquelle l'expression logique  $E$  est une simple comparaison entre un attribut  $A1$  de la relation  $R1$  et un attribut  $A2$  de la relation  $R2$ .

Notation :  $R1 \bowtie E R2$ .

## B. LES OPÉRATIONS SPECIFIQUES

### 6. Jointure naturelle

Une jointure naturelle est une jointure dans laquelle l'expression logique E est un test d'égalité entre les attributs qui portent le même nom dans les relations R1 et R2. Dans la relation construite, ces attributs ne sont pas dupliqués, mais fusionnés en une seule colonne par couple d'attributs. La jointure naturelle est notée  $R1 \bowtie R2$ .

Si la jointure ne doit porter que sur un sous-ensemble des attributs communs à R1 et R2 il faut préciser explicitement ces attributs de la manière suivante :  $R1 \bowtie R2(A1, .., An)$