

GPA775

1

# Bases de données

ALGÈBRE RELATIONNELLE

GPA775

2

## Algèbre relationnelle

- ▶ En juin 1970, E. F. Codd publie un article qui présente les fondements du modèle relationnel :  
« *A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks* »
- ▶ Cet article important présente un nouveau paradigme et des solutions innovantes à de nombreux problèmes des outils de gestion de données de l'époque.
- ▶ Afin d'appuyer son modèle relationnel, Codd développe :
  - ▶ 12 règles fondamentales à suivre pour créer un système de gestion relationnel;
  - ▶ l'algèbre relationnelle qui devient le formalisme mathématique derrière le modèle relationnel et la base des implémentations qui suivront.

GPA775

3

# Algèbre relationnelle

- ▶ L'**algèbre relationnelle** (AR) est une partie autonome de la mathématique et attachée à l'étude d'ensembles constitués d'autres éléments.
- ▶ Cette algèbre est constituée d'un ensemble de règles et d'opérations formelles qui permettent de manipuler les relations (au sens du modèle relationnel).
- ▶ Ainsi, les relations sont à la base de l'AR. Toutes les opérations présentent ces caractéristiques :
  - ▶ à l'entrée se trouve une ou plusieurs relations;
  - ▶ le résultat est toujours une relation (qu'elle contienne plusieurs éléments, un seul ou qu'elle soit vide).

GPA775

4

## Algèbre relationnelle Éléments fondamentaux

- ▶ Formellement, la relation est définie comme suit dans le cadre de l'AR :
  - ▶ À la base, on retrouve la notion de domaine qui détermine la nature d'une valeur (d'un objet) atomique (numérique, chaîne de caractères, date, types énumérés, ...).
  - ▶ Une relation est d'abord définie par son schéma, c'est-à-dire la définition de sa structure. Un schéma est constitué d'une liste de plusieurs domaines portant un nom unique pour cette liste.
  - ▶ Une relation possède ensuite une extension qui est constituée de tuples respectant le schéma. À même l'extension, l'ordre des tuples n'a aucune importance.

GPA775

5

## Algèbre relationnelle

### Éléments fondamentaux

- ▶ Tel que nous l'avons vu pour le modèle relationnel, une relation respecte les règles suivantes :
  - ▶ une relation porte un nom
  - ▶ une relation est définie par un schéma qui est constitué de  $n_a$  domaine(s) nommé(s) attribut(s)  
 $n_a > 0$
  - ▶ une relation possède une clé définie par un ou une composition minimale d'attributs
  - ▶ une extension est constitué de  $n_t$  tuple(s)  
 $n_t \geq 0$   
lorsque  $n_t = 0$ , on dit que la relation est vide

GPA775

6

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs

- ▶ L'algèbre relationnelle permet de manipuler les informations afin d'extraire efficacement de l'information à partir d'une base de données constituée de plusieurs relations.
- ▶ Il existe plusieurs familles d'opérateurs :
  - ▶ opérateurs unaires;
  - ▶ opérateurs ensemblistes;
  - ▶ opérateurs de jointure;
  - ▶ opérateurs et fonctions arithmétiques;
  - ▶ opérateurs et fonctions sur les chaînes de caractères;
  - ▶ opérateurs d'agrégation (de regroupement).

GPA775

7

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs unaires | Projection

- ▶ La projection est l'opérateur qui permet de sélectionner des attributs selon le prédicat donné.
- ▶ Notation :

$$R' = \Pi_{a_1, a_2, \dots} R$$

- ▶ Interprétation : la relation **R'** correspond à la projection des attributs **a<sub>1</sub>** et **a<sub>2</sub>** de la relation **R**.
- ▶ On remarque qu'il est possible que le résultat soit sans clé primaire définie. Dans ce cas, le résultat définit automatiquement une clé primaire par la composition de tous les attributs restant et élimine tous les doublons existants.

GPA775

8

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs unaires | Projection

- ▶ Par exemple :  $\Pi_{\text{Nom, Prénom}} \text{Client}$

<u>Id</u>	Nom	Prénom	Courriel
3	Bernard	Alain	ab@gmail.com
23	Perrier	Charles	cp@yahoo.ca
2	Labbé	Caroline	cl@hotmail.com
8	Barrette	Patricia	pb@bell.ca



<u>Nom</u>	<u>Prénom</u>
Bernard	Alain
Perrier	Charles
Labbé	Caroline
Barrette	Patricia

- ▶ Par exemple :  $\Pi_{\text{Nom}} \text{Client}$

<u>Id</u>	Nom	Prénom	Courriel
3	Bernard	Alain	ab@gmail.com
23	Perrier	Charles	cp@yahoo.ca
2	Perrier	Caroline	cl@hotmail.com
8	Barrette	Patricia	pb@bell.ca



<u>Nom</u>
Bernard
Perrier
Barrette

GPA775

9

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs unaires | Sélection

- ▶ La sélection (parfois appelé restriction) est l'opérateur qui permet de sélectionner des tuples selon le prédicat donné.
- ▶ Notation :

$$R' = \sigma_{\text{condition}} R$$

- ▶ Interprétation : la relation **R'** correspond à la sélection des tuples de **R** respectant la ou les conditions données.
- ▶ Les conditions sont déterminées par des opérateurs appliqués sur les valeurs des attributs  $\{ =, \neq, <, \leq, >, \geq, \cup, \cap \}$

GPA775

10

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs unaires | Sélection

- ▶ Par exemple :  $\sigma_{\text{Id} > 4} \text{Client}$

Client

Id	Nom	Prénom	Courriel
3	Bernard	Alain	ab@gmail.com
23	Perrier	Charles	cp@yahoo.ca
2	Labbé	Caroline	cl@hotmail.com
8	Barrette	Patricia	pb@bell.ca



Id	Nom	Prénom	Courriel
23	Perrier	Charles	cp@yahoo.ca
8	Barrette	Patricia	pb@bell.ca

- ▶ Par exemple :  $\sigma_{\text{Id} \leq 2 \cup \text{Id} \geq 20} \text{Client}$

Client

Id	Nom	Prénom	Courriel
3	Bernard	Alain	ab@gmail.com
23	Perrier	Charles	cp@yahoo.ca
2	Labbé	Caroline	cl@hotmail.com
8	Barrette	Patricia	pb@bell.ca



Id	Nom	Prénom	Courriel
23	Perrier	Charles	cp@yahoo.ca
2	Labbé	Caroline	cl@hotmail.com

GPA775

11

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs unaires | Synonyme

- ▶ Le synonyme (souvent appelé l'alias ou le renommage) est l'opérateur qui permet de donner un nouveau nom à un attribut existant.
- ▶ Notation :

$$R' = \rho_{a/b}R$$

- ▶ Interprétation : la relation **R'** correspond en tout point à la relation R à la différence où l'attribut **a** se nomme maintenant **b**.
- ▶ Cet opérateur peut devenir très utile pour préciser le rôle d'un attribut ou pour lever l'ambiguïté d'un attribut lorsqu'un opérateur met en commun deux relations ayant des noms d'attributs similaires.

GPA775

12

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs unaires | Sélection

- ▶ Par exemple :  $\rho_{Id/NoRef, Couriel/Contact} Client$

Client

<u>Id</u>	Nom	Prénom	Couriel
3	Bernard	Alain	ab@gmail.com
23	Perrier	Charles	cp@yahoo.ca
2	Labbé	Caroline	cl@hotmail.com
8	Barrette	Patricia	pb@bell.ca



Client

<u>NoRef</u>	Nom	Prénom	Contact
3	Bernard	Alain	ab@gmail.com
23	Perrier	Charles	cp@yahoo.ca
2	Labbé	Caroline	cl@hotmail.com
8	Barrette	Patricia	pb@bell.ca

GPA775

13

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs ensemblistes | Union

- L'union est un opérateur binaire permettant de produire une relation  $R'$  avec tous les tuples appartenant à  $R_1$  ou à  $R_2$ .
- Notation :

$$R' = R_1 \cup R_2$$

- Interprétation : la relation  $R'$  est le résultat de l'union des tuples des relations  $R_1$  et  $R_2$ .
- $R_1$  et  $R_2$  doivent être de même schéma sinon l'union est impossible.  $R'$  est de même schéma.
- L'union élimine tous les doublons existants.
- Cet opérateur est commutatif.

GPA775

14

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs ensemblistes | Union

- Par exemple :  $\text{Client} \cup \text{Employé}$

Employé

Nom	Prénom
Prévost	Charlotte
Richter	Karl
Barette	Patricia

Client

Nom	Prénom
Bernard	Alain
Perrier	Charles
Labbé	Caroline
Barrette	Patricia



Nom	Prénom
Prévost	Charlotte
Richter	Karl
Barette	Patricia
Bernard	Alain
Perrier	Charles
Labbé	Caroline

GPA775

15

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs ensemblistes | Intersection

- L'intersection est un opérateur binaire permettant de produire une relation  $R'$  avec tous les tuples qui appartiennent à  $R_1$  et à  $R_2$  à la fois.
- Notation :

$$R' = R_1 \cap R_2$$

- Interprétation : intersection des tuples des relations  $R_1$  et  $R_2$ .
- $R_1$  et  $R_2$  doivent être de même schéma sinon l'intersection est impossible.  $R'$  est de même schéma.
- Cet opérateur est commutatif.

GPA775

16

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs ensemblistes | Union

- Par exemple :  $\text{Client} \cap \text{Employé}$

Employé

Nom	Prénom
Prévost	Charlotte
Richter	Karl
Barette	Patricia

Client

Nom	Prénom
Bernard	Alain
Perrier	Charles
Labbé	Caroline
Barrette	Patricia



Nom	Prénom
Barette	Patricia



GPA775

17

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs ensemblistes | Différence

- ▶ La différence est un opérateur binaire permettant de produire une relation  $R'$  avec tous les tuples qui appartiennent à  $R_1$  et qui n'appartiennent pas à  $R_2$ .
- ▶ Notation :

$$R' = R_1 - R_2$$

- ▶ Interprétation : différence des tuples des relations  $R_1$  et  $R_2$ .
- ▶  $R_1$  et  $R_2$  doivent être de même schéma sinon la différence est impossible.  $R'$  est de même schéma.
- ▶ Cet opérateur n'est pas commutatif.

GPA775

18

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs ensemblistes | Différence

- ▶ Par exemple : **Client** - **Employé**

Employé

Nom	Prénom
Prévost	Charlotte
Richter	Karl
Barette	Patricia

Client

Nom	Prénom
Bernard	Alain
Perrier	Charles
Labbé	Caroline
Barrette	Patricia



Nom	Prénom
Bernard	Alain
Perrier	Charles
Labbé	Caroline

GPA775

19

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs ensemblistes | Différence

- ▶ Par exemple : **Employé - Client**

**Employé**

Nom	Prénom
Prévost	Charlotte
Richter	Karl
Barette	Patricia

**Client**

Nom	Prénom
Bernard	Alain
Perrier	Charles
Labbé	Caroline
Barrette	Patricia



Nom	Prénom
Prévost	Charlotte
Richter	Karl

GPA775

20

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs ensemblistes | Quotient

- ▶ Le quotient est un opérateur binaire (plus complexe) permettant de produire une relation **R'** qui inclue tous les tuples de **R<sub>1</sub>** qui ont un lien total vers **R<sub>2</sub>** (c'est-à-dire, il existe un lien de **R<sub>1</sub>** à **R<sub>2</sub>** pour chaque instance de **R<sub>1</sub>** et pour chaque valeur de **R<sub>2</sub>**).
- ▶ Notation :

$$R' = R_1 \div R_2$$

- ▶ Interprétation : quotient des tuples des relations **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>**.
- ▶ Cet opérateur n'est pas commutatif.

GPA775

21

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs ensemblistes | Quotient

- Par exemple : **Producteur**  $\div$  **Produit**

**Produit**

Id	Nom
4	Fraise
7	Mais

**Producteur**

Nom	Prénom	Produit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	2
Labbé	Caroline	4
Perrier	Charles	7



Nom	Prénom
Perrier	Charles

GPA775

22

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs ensemblistes | Produit cartésien

- Le produit cartésien est un opérateur binaire permettant de produire une relation **R'** avec tous les tuples qui appartiennent à **R<sub>1</sub>** combinés à chacun des tuples de **R<sub>2</sub>**. De plus, le schéma de **R'** est l'union des schémas de **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>**.
- Notation :

$$R' = R_1 \times R_2$$

- Interprétation : produit cartésien des tuples des relations **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>**.
- Cet opérateur est commutatif.
- $n_{a'} = n_{a1} + n_{a2}$  et  $n_{t'} = n_{t1} \bullet n_{t2}$

GPA775

23

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs ensemblistes | Produit cartésien

- ▶ Attention, le résultat obtenu n'est pas garantie de sens.
- ▶ Par exemple : **Producteur X Produit**

Produit

Id	Nom	Prix
4	Fraise	3.99\$
7	Mais	3.50\$

Producteur

Nom	Prénom
Bernard	Alain
Perrier	Charles
Labbé	Caroline



Nom	Prénom	Id	Nom	Prix
Bernard	Alain	4	Fraise	3.99\$
Bernard	Alain	7	Mais	3.50\$
Perrier	Charles	4	Fraise	3.99\$
Perrier	Charles	7	Mais	3.50\$
Labbé	Caroline	4	Fraise	3.99\$
Labbé	Caroline	7	Mais	3.50\$

GPA775

24

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs ensemblistes | Produit cartésien

- ▶ C'est ce qu'on fait du résultat qui donne du sens au résultat.
- ▶ Par exemple : **Producteur X Produit**

Produit

Id	Nom
4	Fraise
7	Mais

Producteur

Nom	Prénom	Produit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	2
Labbé	Caroline	4



Nom	Prénom	Produit	Id	Nom
Bernard	Alain	4	4	Fraise
Bernard	Alain	4	7	Mais
Perrier	Charles	2	4	Fraise
Perrier	Charles	2	7	Mais
Labbé	Caroline	4	4	Fraise
Labbé	Caroline	4	7	Mais

GPA775

25

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs ensemblistes | Produit cartésien

- ▶ L'opérateur de produit cartésien est au cœur de l'algèbre relationnelle et donc des bases de données relationnelles.
- ▶ Néanmoins, nous verrons que cet opérateur est rarement utilisé tel quel étant donné sa très grande inefficacité.
- ▶ En effet, pensez à deux relations ayant chacune 10 000 et 750 000 tuples. Le résultat obtenu serait est une relation de 15 000 000 000 de tuples!

GPA775

26

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure

- ▶ Les jointures (parfois dérivé de l'anglais et appelé jonction), permettent d'effectuer un ensemble d'opérations de base afin de maximiser la combinaison de deux relations.
- ▶ Il existe plusieurs types de jointure et elles sont regroupées principalement en deux catégories :
  - ▶ jointures internes (théta-jointure, équi-jointure, jointure naturelle, semi-jointure et anti-jointure);
  - ▶ jointure externes (jointure externe entière, jointure externe gauche et jointure externe droite).

GPA775

27

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Théta-jointure

- ▶ La théta-jointure est l'opération qui consiste à appliquer à la fois un produit cartésien et une sélection.
- ▶ Notation :

$$R' = R_1 \bowtie_{\text{condition}} R_2$$

- ▶ Interprétation (même sens mathématique\*) :

$$R' = \sigma_{\text{condition}}(R_1 \times R_2)$$

GPA775

28

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Théta-jointure

- ▶ Lorsque la théta-jointure n'a exclusivement que des opérateurs de rapprochement, on la nomme équi-jointure.
- ▶ Par exemple : **Producteur**  $\bowtie_{\text{Produit} = \text{Id}}$  **Produit**

Produit

Id	Nom
4	Fraise
7	Mais

Producteur

Nom	Prénom	Produit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	2
Labbé	Caroline	4



Nom	Prénom	Produit	Id	Nom
Bernard	Alain	4	4	Fraise
Labbé	Caroline	4	4	Fraise

GPA775

29

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs de jointure | Jointure naturelle

- ▶ La jointure naturelle est une équi-jointure dont la condition de rapprochement concerne tous les attributs de même nom et de même domaine.
- ▶ De plus, une seule occurrence des attributs communs est gardée.
- ▶ Notation :

$$R' = R_1 \bowtie R_2$$

GPA775

30

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs de jointure | Jointure naturelle

- ▶ Par exemple : **Producteur**  $\bowtie$  **Produit**

**Produit**

IdProduit	Nom
4	Fraise
7	Mais

**Producteur**

Nom	Prénom	IdProduit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	2
Labbé	Caroline	4



Nom	Prénom	IdProduit	Nom
Bernard	Alain	4	Fraise
Labbé	Caroline	4	Fraise

GPA775

31

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Semi-jointure

- ▶ La semi-jointure est une jointure naturelle pour laquelle on ne garde que les attributs de  $R_1$  (semi-jointure de gauche) ou de  $R_2$  (semi-jointure de droite).
- ▶ Notation :

$$R' = R_1 \bowtie R_2 \text{ (semi-jointure de gauche)}$$

$$R' = R_1 \ltimes R_2 \text{ (semi-jointure de droite)}$$

GPA775

32

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Semi-jointure

- ▶ Par exemple : **Producteur**  $\ltimes$  **Produit**

Produit

IdProduit	Nom
4	Fraise
7	Mais

Producteur

Nom	Prénom	IdProduit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	2
Labbé	Caroline	4



Nom	Prénom	IdProduit
Bernard	Alain	4
Labbé	Caroline	4



GPA775

33

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs de jointure | Semi-jointure

- Par exemple : **Producteur**  $\bowtie$  **Produit**

**Produit**

IdProduit	Nom
4	Fraise
7	Mais

**Producteur**

Nom	Prénom	IdProduit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	2
Labbé	Caroline	4



IdProduit	Nom
4	Fraise
4	Fraise

GPA775

34

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs de jointure | Anti-jointure

- L'anti-jointure est une semi-jointure retournant le complément des tuples sélectionnés.
- Notation :

$$R' = R_1 \triangleright R_2 \text{ (anti-jointure de gauche)}$$

$$R' = R_1 \triangleleft R_2 \text{ (anti-jointure de droite)}$$

GPA775

35

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs de jointure | Anti-jointure

► Par exemple : **Producteur** ▷ **Produit**

Produit

IdProduit	Nom
4	Fraise
7	Mais

Producteur

Nom	Prénom	IdProduit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	2
Labbé	Caroline	4



Nom	Prénom	IdProduit
Perrier	Charles	2

GPA775

36

# Algèbre relationnelle

## Opérateurs de jointure | Anti-jointure

► Par exemple : **Producteur** ◁ **Produit**

Produit

IdProduit	Nom
4	Fraise
7	Mais

Producteur

Nom	Prénom	IdProduit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	2
Labbé	Caroline	4



IdProduit	Nom
7	Mais

GPA775

37

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Jointures externes

- ▶ Les trois types de jointures externes sont toutes basées sur le même principe (qu'on nomme jointure externe entière).
- ▶ Les jointures externes sont des opérateurs qui créent une nouvelle relation **R** à partir du produit cartésien de **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>**. De plus, on identifie les tuples qui correspondent au prédicat donnés. Les tuples ne correspondant pas au prédicat sont mis à une valeur nulle.
- ▶ Notation :

$$R' = R_1 \bowtie R_2 \text{ (jointure externe entière)}$$

$$R' = R_1 \ltimes R_2 \text{ (jointure externe gauche)}$$

$$R' = R_1 \rtimes R_2 \text{ (jointure externe droite)}$$

GPA775

38

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Jointures externes

- ▶ Par exemple : **Production**  $\bowtie$  **Produit**
- ▶ Étape 1 : produit cartésien

Produit

Id	Nom
4	Fraise
7	Mais

Producteur

Nom	Prénom	Produit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	2
Labbé	Caroline	4



Nom	Prénom	Produit	Id	Nom
Bernard	Alain	4	4	Fraise
Bernard	Alain	4	7	Mais
Perrier	Charles	2	4	Fraise
Perrier	Charles	2	7	Mais
Labbé	Caroline	4	4	Fraise
Labbé	Caroline	4	7	Mais

GPA775

39

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Jointures externes

- Étape 2 : en considérant chaque tuple de  $R_1$ , on identifie les tuples qui ne trouvent pas de correspondant dans  $R_2$  et on met les attributs propres à  $R_2$  égale à nulle.

Nom	Prénom	Produit	Id	Nom
Bernard	Alain	4	4	Fraise
Bernard	Alain	4	7	Mais
Perrier	Charles	2	-	-
Perrier	Charles	2	-	-
Labbé	Caroline	4	4	Fraise
Labbé	Caroline	4	7	Mais

GPA775

40

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Jointures externes

- Étape 3 : en considérant chaque tuple de  $R_2$ , on identifie les tuples qui ne trouvent pas de correspondant dans  $R_1$  et on met les attributs propres à  $R_1$  égale à nulle.

Nom	Prénom	Produit	Id	Nom
Bernard	Alain	4	4	Fraise
-	-	-	7	Mais
Perrier	Charles	2	-	-
Perrier	Charles	2	-	-
Labbé	Caroline	4	4	Fraise
-	-	-	7	Mais

GPA775

41

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Jointures externes

- Étape 4 : on supprime les doublons.

Nom	Prénom	Produit	Id	Nom
Bernard	Alain	4	4	Fraise
-	-	-	7	Mais
Perrier	Charles	2	-	-
Perrier	Charles	2	-	-
Labbé	Caroline	4	4	Fraise
-	-	-	7	Mais

  

Nom	Prénom	Produit	Id	Nom
Bernard	Alain	4	4	Fraise
-	-	-	7	Mais
Perrier	Charles	2	-	-
Labbé	Caroline	4	4	Fraise

GPA775

42

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Jointures externes

- Étape 5 : dans le cadre d'une jointure naturelle, on supprime les occurrences des attributs en double.

Nom	Prénom	Id	Nom
Bernard	Alain	4	Fraise
-	-	7	Mais
Perrier	Charles	-	-
Labbé	Caroline	4	Fraise

- En regardant ce résultat, on peut identifier rapidement les producteurs qui ne produisent pas (Perrier), les produits qui n'ont aucun producteur (maïs) et finalement les producteurs qui produisent associés à leurs produits.

GPA775

43

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Jointures externes

- Étape 5 : dans le cadre d'une jointure naturelle, on supprime les occurrences des attributs en double.

Nom	Prénom	Id	Nom
Bernard	Alain	4	Fraise
-	-	7	Mais
Perrier	Charles	-	-
Labbé	Caroline	4	Fraise

- En regardant ce résultat, on peut identifier rapidement les producteurs qui ne produisent pas (Perrier), les produits qui n'ont aucun producteur (maïs) et finalement les producteurs qui produisent associés à leurs produits.

GPA775

44

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs de jointure | Jointures externes

- Les jointures externes gauches et droites suppriment les tuples concernés par l'étape 3 au lieu de mettre les valeurs à nulles.
- Par exemple : **Production**  $\lt\!\!\!\triangleright$  **Produit** et **Production**  $\triangleright\!\!\!\lt$  **Produit**

Nom	Prénom	Id	Nom
Bernard	Alain	4	Fraise
-	-	7	Mais
Perrier	Charles	-	-
Labbé	Caroline	4	Fraise

à gauche

Nom	Prénom	Id	Nom
Bernard	Alain	4	Fraise
Perrier	Charles	-	-
Labbé	Caroline	4	Fraise

à droite

Nom	Prénom	Id	Nom
Bernard	Alain	4	Fraise
-	-	7	Mais
Labbé	Caroline	4	Fraise

GPA775

45

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs et fonctions arithmétiques

- ▶ On utilise les opérateurs et les fonctions arithmétiques dans les expressions algébriques pour :

1. les opérateurs de l'AR les nécessitant (sélection et jointures) :

$\sigma_{\text{Salaire} < 1000}$  **Employé**

2. modifier les valeurs numériques des attributs utilisés :

$\sigma_{\text{Salaire} * 1,05 < 25000}$  **Employé**

3. comme élément de valeur calculée :

$\sigma_{\text{AngleEnDegré} > \text{DEGREES}(\text{PI}()/2)}$  **Employé**

GPA775

46

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs et fonctions arithmétiques

#### ▶ Opérateurs conditionnels :

- ▶ = (égal)
- ▶ <> (différent)
- ▶ < (plus petit)
- ▶ <= (plus petit ou égal)
- ▶ > (plus grand)
- ▶ >= (plus grand ou égal)

#### ▶ Opérateurs arithmétiques :

- ▶ + (addition)
- ▶ - (soustraction ou val. Nég.)
- ▶ \* (multiplication)
- ▶ / (division)
- ▶ ^ (exposant)
- ▶ % (pourcentage)
- ▶ div (division entière)
- ▶ mod (modulo)

#### ▶ Fonctions :

- ▶ ABS, SIGN
- ▶ PI, DEGREES, RADIANS
- ▶ COS, SIN, TAN
- ▶ ACOS, ASIN, ATAN, ATAN2
- ▶ LOG, LOG2, LOG10, LN
- ▶ POW, EXP
- ▶ RAND
- ▶ ROUND, FLOOR, CEIL

GPA775

47

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs et fonc. sur les chaînes de car.

- ▶ On utilise l'opérateur sur les chaînes de caractères **LIKE** afin d'offrir plus de flexibilité que l'opérateur de comparaison habituel.
- ▶ L'opérateur LIKE permet des caractères spéciaux permettant :
  - ▶ de remplacer le caractère « **\_** » par un caractère quelconque à la position déterminée;
  - ▶ de remplacer le caractère « **%** » par une chaîne de caractères de longueur quelconque à la position déterminée;
- ▶ Attention, les opérateurs conditionnels standards sont toujours disponibles pour les chaînes de caractères.

GPA775

48

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs et fonc. sur les chaînes de car.

- ▶ Par exemple :

σ Nom LIKE 'Tremblay' Employé

donne le nom **Tremblay**

σ Nom LIKE 'T\_\_\_\_' Employé

donne tous les noms de 6 caractères mais débutant par la lettre **T**

σ Nom LIKE 'T%' Employé

donne tous les noms commençant par **T** (longueur quelconque)

σ Nom LIKE '%y' Employé

donne tous les noms terminant par **y** (longueur quelconque)

σ Nom LIKE '\_a%' Employé

donne tous les noms ayant un **a** comme deuxième lettre



GPA775

49

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs et fonc. sur les chaînes de car.

- ▶ Les fonctions de transformations habituelles sur les chaînes de caractères sont aussi disponibles.
  - ▶ LENGTH (longueur de la chaîne de caractères)
  - ▶ LOWER (mise en minuscule)
  - ▶ UPPER (mise en majuscule)
  - ▶ CONCAT (concaténation de plusieurs chaînes de car.)
  - ▶ ...
  - ▶ LEFT (les  $n$  caractères de gauche)
  - ▶ RIGHT (les  $n$  caractères de droite)
  - ▶ MID (une sous chaîne)
  - ▶ ...
- ▶ Par exemple :

⌘ `UPPER(Nom) LIKE 'TREMBLAY'` **Employé**      donne le nom **Tremblay** peut importe la casse utilisée

GPA775

50

## Algèbre relationnelle

### Opérateurs d'agrégation

- ▶ On utilise les opérateurs d'agrégation afin d'exécuter de simples calculs statistiques sur un ensemble de données.
- ▶ Ces opérateurs font un calcul sur un ensemble de données et retourne une seule valeur.
- ▶ Les fonctions suivantes sont disponibles :
  - ▶ COUNT (nombre de valeurs);
  - ▶ MIN (valeur minimum);
  - ▶ MAX (valeur maximum);
  - ▶ SUM (somme des valeurs);
  - ▶ AVG (valeur moyenne).

GPA775

51

## Algèbre relationnelle Opérateurs d'agrégation

- Notation :

$$R' = \lambda_{a_1, a_2, \dots} \lambda_{f_1, f_2, \dots} R$$

- Interprétation : la relation **R'** correspond aux valeurs calculées par **f1** et **f2** des regroupements faits sur les attributs **a1** et **a2** de la relation **R**.
- Si aucun attribut de regroupement n'est spécifié alors les fonctions s'appliquent sur tous les tuples à la fois.
- Le nom des attributs de sortie est constitué de la concaténation de la fonction et de l'attribut spécifié.

GPA775

52

## Algèbre relationnelle Opérateurs d'agrégation

- Par exemple :

$$\text{NombreProducteurParProduit} = \lambda_{\text{IdProduit}} \lambda_{\text{COUNT}(\text{IdProduit})} \text{Producteur}$$

$$\text{NombreProduitParProducteur} = \lambda_{\text{Nom, Prénom}} \lambda_{\text{COUNT}(\text{IdProduit})} \text{Producteur}$$

Producteur

Nom	Prénom	IdProduit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	7
DeBlois	Sylvain	2
Labbé	Caroline	7
Perrier	Charles	4
DeBlois	Sylvain	4
DeBlois	Sylvain	7



NombreProducteurParProduit

IdProduit	COUNT_IdProduit
2	1
4	3
7	3



NombreProduitParProducteur

Nom	Prénom	COUNT_IdProduit
Bernard	Alain	1
Perrier	Charles	2
DeBlois	Sylvain	3
Labbé	Caroline	1

GPA775

53

## Algèbre relationnelle

### Note complémentaire sur les opérateurs

- Pour tous les opérateurs, il est possible de nommer les attributs de la relation résultat en les déclarant directement sur la structure de sortie.
- La déclaration doit respecter le même nombre d'attributs que le schéma de sortie le requiert.
- Aussi, l'ordre des noms donnés dans la déclaration est appliqué dans le même ordre aux colonnes de sortie.

GPA775

54

## Algèbre relationnelle

### Note complémentaire sur les opérateurs

- Par exemple :

**ProdProd**(NomProducteur, PrénomProducteur, Produit, Id, NomProduit) = **Producteur** X **Produit**

Produit

Id	Nom
4	Fraise
7	Mais

Producteur

Nom	Prénom	Produit
Bernard	Alain	4
Perrier	Charles	2
Labbé	Caroline	4



ProdProd

NomProducteur	PrénomProducteur	Produit	Id	NomProduit
Bernard	Alain	4	4	Fraise
Bernard	Alain	4	7	Mais
Perrier	Charles	2	4	Fraise
Perrier	Charles	2	7	Mais
Labbé	Caroline	4	4	Fraise
Labbé	Caroline	4	7	Mais

GPA775

55

# Algèbre relationnelle

## Quelques exemples