



Algèbre relationnelle & Langage SQL

Bases de données

Chérif Bachir DEME Enseignant chercheur en Cryptologie à l'UADB

Chapitre1 : Algèbre Relationnelle

Objectifs spécifiques : A la suite de ce chapitre, l'étudiant doit être capable de:

1. Comprendre les notions de modèle et modélisation
2. Définir une relation
3. Définir les différentes opérations en algèbre relationnelle
4. Ecrire une requête en algèbre relationnelle
5. Interroger les données d'une base de données
6. Définir une base de données
7. Expliciter l'architecture d'une base de données
8. Comprendre l'évolution des bases de données
9. Définir un système de gestion de bases de données (SGBD)
10. Positionner un SGBD
11. Comprendre l'architecture d'un SGBD



Algèbre relationnelle

Qu'est-ce que l'Algèbre Relationnelle ?

- L'Algèbre Relationnelle est un langage procédural.
- Langage logique d'interrogation de bases de données relationnelles
- Il consiste à créer de nouvelles relations (ou tables) en s'appuyant sur celles existantes dans la base de données.
- Il permet d'écrire
 - Vidéo
 - Image
 - Etc.

Source: www.toupie.org

Rappels sur quelques opérations sur la théorie des ensembles

- Soit E un ensemble. Soient A et B deux sous-ensembles de E . Les opérations suivantes sont possibles:
 - $A \cup B = \{x \in E / x \in A \text{ ou } x \in B\}$ i.e l'ensemble des éléments qui sont à la fois dans A ou dans B .
 - $A \cap B = \{x \in E / x \in A \text{ et } x \in B\}$ i.e l'ensemble des éléments qui sont à la fois dans A et dans B .

Rappels sur quelques opérations sur la théorie des ensembles

➤ $A \times B = \{(x, y) \in E \times E \mid x \in A \text{ et } y \in B\}$ i.e l'ensemble des couples d'éléments de A et de B.

➤ $A - B = \{x \in E \mid x \in A \text{ ou } x \notin B\}$ i.e l'ensemble des éléments qui sont dans A et non dans B.

Algèbre relationnelle

Sur quoi repose l'algèbre relationnel ?

- Elle repose essentiellement sur les notions de relations et des opérations effectuées sur ces relations

Qu'est-ce qu'une relation ?

- Une relation est un ensemble d'attributs, chaque attribut appartenant un domaine. Donc une table (avec des colonnes et des lignes).
- Une colonne est un attribut tandis qu'une ligne est un enregistrement ou tuple.

Qu'est-ce qu'une opération ?

- Une opération est une interrogation (une requête) effectuée sur une (ou des) relation(s).

Algèbre relationnelle

Sur quoi repose l'algèbre relationnel ?

- Elle repose essentiellement sur les notions de relations et d'opérations effectuées sur ces relations

Qu'est-ce qu'une relation ?

- Une relation est un ensemble d'attributs où chaque attribut appartenant un domaine. Donc une table (avec des colonnes et des lignes).
 - Une colonne est un attribut
 - Une ligne est un enregistrement ou tuple.

Algèbre relationnelle

Notation d'une relation

Une relation est notée comme suit:

Nom_Relation(Attribut1:Domaine1, Attribut2:Domaine2,..., AttributN:DomaineN)

colonne

ou bien

ligne

Nom_Relation				
Attribut1	Attribut2	Attribut3	...	AttributN
Valeur 11	Valeur12	Valeur13	...	Valeur1N
ValeurN1	ValeurN2	ValeurN3	...	ValeurNN

Algèbre relationnelle

Exemple de relation

Client(numClient, nom, prenom, adresse, telephone)

ou bien

Client				
numClient	nom	prenom	adresse	telephone
1	Diop	Mariamama	Pikine	7700787
2	Ndiaye	Doudou	Ouakam	7089659
3	Faye	Awa	Bambey	7678859

NB: L'appel d'un attribut d'une relation se fait soit directement en utilisant son nom, soit on passe par la relation puis l'attribut (*Nom_Relation.nom_attribut*).

Algèbre relationnelle

Les types d'opérations ?

- Il existe plusieurs types d'opérations regroupés comme suit:
 - Les opérations unaires agissant sur une relation pour donner une nouvelle relation
 - ✓ La sélection (ou restriction)
 - ✓ La projection
 - ✓ Le renommage
 - Les opérations binaires agissant sur deux relations pour donner une autre relation.
 - ✓ L'union
 - ✓ L'intersection
 - ✓ La différence
 - ✓ Le produit cartésien
 - ✓ Les jointures
 - Les opérations déduites (ou dérivées) obtenues par combinaison d'opérations déjà existantes.
 - ✓ La division
 - ✓ Les jointures externe

Algèbre relationnelle

La sélection (ou restriction)

- Soit **R** une relation. La sélection (ou restriction) de la relation **R** selon une condition (un critère de restriction ou qualification ou prédicat) **P** (pouvant porter sur un ou plusieurs attributs de **R**) est une relation **R'** de même schéma (même liste d'attributs) que **R** dont les tuples sont des tuples de **R** vérifiant la condition **P**. On la note :

$$R' = \sigma_P (R) \text{ ou } R' = \sigma[p] (R)$$

- **NB :**

Une sélection consiste à conserver les tuples d'une relation satisfaisant à la condition et à éliminer (supprimer) les autres. Donc elle agit horizontalement.

Algèbre relationnelle

Exemples:

Considérons la relation ou table Client suivante:

Client(numClient, nom, prenom, adresse)



Client			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine

Questions:

1. Donner la liste des clients qui habitent Pikine.
2. Afficher le client Aly Diaw.
3. Donner la liste des clients portant le nom Diop.
4. Donner les informations du client numéro 3.

Algèbre relationnelle

Réponses:

1. La liste des clients qui habitent Pikine

$R' = \sigma_{\text{adresse}='Pikine'}(\text{Client})$

ou

$R' = \sigma[\text{adresse}='Pikine'](\text{Client})$

2. Affichage du client Aly Diaw

$R' = \sigma_{\text{nom}='Diaw', \text{prenom}='Aly'}(\text{Client})$

ou

$R' = \sigma[\text{nom}='Diaw', \text{prenom}='Aly'](\text{Client})$

R'			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
3	Ndao	Adama	Pikine

R'			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine

Algèbre relationnelle

Réponses:

3. La liste des clients portant le nom Diop

$R' = \sigma_{\text{nom}='Diop'}(\text{Client})$

ou

$R' = \sigma[\text{nom}='Diop'](\text{Client})$

R'			
numClient	nom	prenom	adresse
2	Diop	Madou	Bambey

4. Les informations du client numéro 3

$R' = \sigma_{\text{numClient}=3}(\text{Client})$

ou

$R' = \sigma[\text{numClient}=3](\text{Client})$

R'			
numClient	nom	prenom	adresse
3	Ndao	Adama	Pikine

Algèbre relationnelle

La projection

- Soit **R** une relation. La projection de la relation **R** selon une condition **P** (pouvant porter sur un ou plusieurs attributs de **R**) est une relation **R'** dont les attributs sont des attributs **R** vérifiant la condition **P**. On la note :

$$R' = \pi_P (R) \text{ ou } R' = \pi[p] (R)$$

- **NB:**

Une projection consiste à conserver les attributs satisfaisant à la condition et à éliminer (ou supprimer les autres. Donc elle agit verticalement.

Algèbre relationnelle

Exemples:

Considérons la relation ou table Client suivante:

Client(numClient, nom, prenom, adresse)



Client			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine

Questions:

1. Donner les noms et prénoms des clients.
2. Donner les adresses des clients.
3. Afficher les numéros des clients.

Algèbre relationnelle

Réponses:

1. Les noms et prénoms des clients

$$R' = \pi_{\text{nom, prenom}} (\text{Client})$$

ou

$$\pi[\text{nom, prenom}] (\text{Client})$$

R'	
nom	prenom
Diaw	Aly
Diop	Madou
Ndao	Adama

2. Les adresses des clients

$$R' = \pi_{\text{adresse}} (\text{Client})$$

ou

$$R' = \pi[\text{adresse}] (\text{Client})$$

R'
adresse
Pikine
Bambey
Pikine

Algèbre relationnelle

Réponses:

3. Les numéros

$R' = \pi_{\text{numero}}(\text{Client})$

ou

$R' = \pi[\text{numero}] (\text{Client})$

R'
numClient
1
2
3

Algèbre relationnelle

Le renommage

- Soit **R** une relation. Le renommage de la relation **R** permet d'obtenir une relation **R'** de même schéma (même liste d'attributs) que **R** dont l'un des attributs au moins a été renommé. On la note :

$$R' = \alpha[\text{nom_attribut} : \text{nouveau_nom_attribut}] (R)$$

- **NB :**

Le renommage consiste à renommer les attributs d'une relation sans modifier la structure de celle-ci dans la base de données. Donc agit uniquement à l'affichage.

Algèbre relationnelle

Exemples:

Considérons la relation ou table Client suivante:

Client(numClient, nom, prenom, adresse)



Client			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine

Question : Afficher identifiant pour les numéros et ‘habite à ’ pour les adresses des clients.

Algèbre relationnelle

Réponse:

Renommage des numéros et adresses des clients

$R' = \alpha[\text{numero: 'identifiant', adresse: 'habite à'}] (\text{Client})$



R'			
identifiant	nom	prenom	Habite à
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine

Algèbre relationnelle

L'union

- Soient **R1** et **R2** deux relations de même schéma (même liste d'attributs). L'union de R1 et R2 permet d'obtenir une relation **R'** contenant tous les tuples de R1, de R2 ou à la fois de R1 et R2. On la note :

$$R' = R1 \cup R2 = \{x, x \in R1 \text{ ou } x \in R2\}$$

- **Remarque :**

L'Union est une opération agissant sur tous les tuples des relations enjeux en les conservant et supprimant tous doublons. Donc il n'y a pas d'enregistrement double.

Algèbre relationnelle

Exemples:

Considérons la relation ou table Client suivante:

Client(numClient, nom, prenom, adresse)



Client			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine

Question : Afficher identifiant pour les numéros et ‘habite à ’ pour les adresses des clients.

Algèbre relationnelle

L'intersection

- Soient **R1** et **R2** deux relations de même schéma (même liste d'attributs). L'intersection de R1 et R2 permet d'obtenir une relation **R'** contenant tous les tuples appartenant à R1 et à R2. On la note :

$$R' = R1 \cap R2 = \{x, x \in R1 \text{ et } x \in R2\}$$

- **Remarque :**

Une sélection est une opération agissant sur les tuples d'une relation en conservant ceux satisfaisant à la condition et en supprimant les autres. Donc elle agit horizontalement.

Algèbre relationnelle

Exemples:

Considérons la relation ou table Client suivante:

Client(numClient, nom, prenom, adresse)



Client			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine

Question : Afficher identifiant pour les numéros et ‘habite à ’ pour les adresses des clients.

Algèbre relationnelle

La différence

- Soient **R1** et **R2** deux relations de même schéma (même liste d'attributs). L'intersection de R1 et R2 permet d'obtenir une relation **R'** contenant tous les tuples appartenant à R1 et n'appartenant pas à R2. On la note :

$$\mathbf{R' = R1 - R2 = \{x, x \in R1 \text{ et } x \notin R2\}}$$

- **Remarque :**

Une sélection est une opération agissant sur les tuples d'une relation en conservant ceux satisfaisant à la condition et en supprimant les autres. Donc elle agit horizontalement.

Algèbre relationnelle

Exemples:

Considérons la relation ou table Client suivante:

Client(numClient, nom, prenom, adresse)



Client			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine

Question : Afficher identifiant pour les numéros et ‘habite à ’ pour les adresses des clients.

Algèbre relationnelle

Exemples:

Considérons la relation ou table Client suivante:

Client(numClient, nom, prenom, adresse)



Client			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine

Question : Afficher identifiant pour les numéros et ‘habite à ’ pour les adresses des clients.

Algèbre relationnelle

Le produit cartésien

- Soient R_1 de schéma $\{R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}\}$ et R_2 de schéma $\{R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2M}\}$ deux relations tel que $\{R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}\} \cap \{R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2M}\} = \emptyset$ (vide).

Le produit cartésien de R_1 et R_2 permet d'obtenir une relation R' constituée de la concaténation de tous les tuples appartenant de R_1 avec ceux de R_2 . On la note :

$$R' = R_1 \times R_2 = \{(R_{11}, \dots, R_{1N}, R_{21}, \dots, R_{2M}), (R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}) \in R_1 \text{ et } (R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2N}) \in R_2\}$$

- **Remarque :**

Une sélection est une opération agissant sur les tuples d'une relation en conservant ceux satisfaisant à la condition et en supprimant les autres. Donc elle agit horizontalement.

Algèbre relationnelle

Exemples:

Considérons la relation ou table Client suivante:

Client(numClient, nom, prenom, adresse)



Client			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine

Question : Afficher identifiant pour les numéros et ‘habite à ’ pour les adresses des clients.

Algèbre relationnelle

La jointure naturelle

- Soient \mathbf{R}_1 de schéma $\{R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}\}$ et \mathbf{R}_2 de schéma $\{R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}, R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2M}\}$ deux relations. La jointure naturelle de \mathbf{R}_1 et \mathbf{R}_2 permet d'obtenir une relation \mathbf{R}' constituée de la concaténation de tous les tuples appartenant de \mathbf{R}_1 avec ceux de \mathbf{R}_2 avec la condition naturelle $R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}$. On la note :

$$\mathbf{R}' = \mathbf{R}_1 \bowtie \mathbf{R}_2$$

$$= \{ (R_{11}, \dots, R_{1N}, R_{21}, \dots, R_{2M}) / (R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}) \in \mathbf{R}_1 \text{ et } (R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}, R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2M}) \in \mathbf{R}_2 \}$$

- **Remarque :**

Une sélection est une opération agissant sur les tuples d'une relation en conservant ceux satisfaisant à la condition et en supprimant les autres. Donc elle agit horizontalement.

Algèbre relationnelle

La théta-jointure (ou inéqui-jointure)

- Soient \mathbf{R}_1 de schéma $\{R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}\}$ et \mathbf{R}_2 de schéma $\{R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2M}\}$ deux relations. La théta-jointure de \mathbf{R}_1 et \mathbf{R}_2 permet d'obtenir une relation \mathbf{R}' constituée de la concaténation de tous les tuples appartenant de \mathbf{R}_1 avec ceux de \mathbf{R}_2 satisfaisant à la condition \mathbf{P} .

- On la note :

$$\mathbf{R}' = \mathbf{R}_1 \bowtie_{\theta[\mathbf{P}]} \mathbf{R}_2$$

$$= \{ (R_{11}, \dots, R_{1N}, R_{21}, \dots, R_{2M}) \mid (R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}) \in \mathbf{R}_1 \text{ et } (R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2M}) \in \mathbf{R}_2 \text{ / } (R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}, R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2M}) \text{ satisfait la condition jointure} \}$$

- **Remarque** : La condition correspond aux opérateurs $\{<, >, \leq, \geq, \neq\}$.
- **NB** : Si la condition est $=$, alors on parle d'**équi-jointure**.

Algèbre relationnelle

Exemple:

Considérons les relations Client et Commandes suivantes:

Client(numClient, nom, prenom, adresse)



Client			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine
5	Ndiaye	Awa	Plateau

Comandes(numCom,numClient,quantité,dateCom)



Commandes			
numCom	no_Client	quantité	dateCom
1	1	12	12/10/18
2	2	100	01/01/18
12	4	130	12/08/17

Question : Calculer Client  $\theta[\text{numClient}=\text{no_Client}]$ Commandes

Généralités

Réponse:

Client  $\theta[\text{numClient}=\text{no_Client}]$ Commandes

numClient	nom	prenom	adresse	numCom	quantité	dateCom
1	Diaw	Aly	Pikine	1	12	12/10/18
2	Diop	Madou	Bambey	2	100	01/01/18

Algèbre relationnelle

La jointure externe

- Soient \mathbf{R}_1 de schéma $\{R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}\}$ et \mathbf{R}_2 de schéma $\{R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2M}\}$ deux relations.

La jointure externe de \mathbf{R}_1 et \mathbf{R}_2 permet d'obtenir une relation \mathbf{R}' par jointure de \mathbf{R}_1 et \mathbf{R}_2 et des tuples de \mathbf{R}_1 et \mathbf{R}_2 et ne participant pas à la jointure avec des valeurs nulles pour les attributs de \mathbf{R}' .

On la note :

$$\mathbf{R}' = \mathbf{R}_1 \bowtie \mathbf{R}_2$$

$$= \{(R_{11}, \dots, R_{1N}, R_{21}, \dots, R_{2M}) \mid (R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1N}) \in \mathbf{R}_1 \text{ et } (R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2M}) \notin \mathbf{R}_2 \text{ alors } R_{21} = R_{22} = \dots = R_{2M} = \text{null}\}$$

Algèbre relationnelle

La jointure externe gauche

- Elle ne garde que les tuples sans correspondant de la relation de droite (R_2).

On la note :

$$R' = R_1 \text{ } \bowtie \text{ } R_2$$

La jointure externe droite

- Elle ne garde que les tuples sans correspondant de la relation de gauche (R_1).

On la note :

$$R' = R_1 \text{ } \bowtie \text{ } R_2$$

Algèbre relationnelle

Exemples:

Considérons les relations Client et Commandes suivantes:





Client(numClient, nom, prenom, adresse) 

Client			
numClient	nom	prenom	adresse
1	Diaw	Aly	Pikine
2	Diop	Madou	Bambey
3	Ndao	Adama	Pikine
5	Ndiaye	Awa	Plateau

Comandes(numCom,numClient,quantité,dateCom) 

Commandes			
numCom	numClient	quantité	dateCom
1	1	12	12/10/18
2	2	100	01/01/18
12	4	130	12/08/17

Questions :

- 1. Calculer Client  Commandes
- 2. Calculer Client  Commandes
- 3. Calculer Client  _R Commandes
- 4. Calculer Client  _L Commandes

Généralités

Réponses

1. Client  Commandes : est une jointure naturelle

numClient	nom	prenom	adresse	numCom	quantité	dateCom
1	Diaw	Aly	Pikine	1	12	12/10/18
2	Diop	Madou	Bambey	2	100	01/01/18

2. Client  Commandes: est une jointure externe

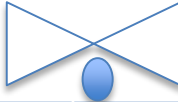
numClient	nom	prenom	adresse	numCom	quantité	dateCom
1	Diaw	Aly	Pikine	1	12	12/10/18
2	Diop	Madou	Bambey	2	100	01/01/18
3	Ndao	Adama	Pikine	NULL	NULL	NULL
5	Ndiaye	Awa	Plateau	NULL	NULL	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL	12	130	12/08/17

Généralités

Réponses

3. Client  R Commandes : est une jointure externe droite

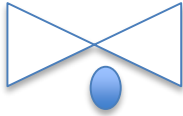
numClient	nom	prenom	adresse	numCom	quantité	dateCom
1	Diaw	Aly	Pikine	1	12	12/10/18
2	Diop	Madou	Bambey	2	100	01/01/18
3	Ndao	Adama	Pikine	NULL	NULL	NULL
5	Ndiaye	Awa	Plateau	NULL	NULL	NULL

4. Client  L Commandes : est une jointure externe gauche

numClient	nom	prenom	adresse	numCom	quantité	dateCom
1	Diaw	Aly	Pikine	1	12	12/10/18
2	Diop	Madou	Bambey	2	100	01/01/18
NULL	NULL	NULL	NULL	12	130	12/08/17

Généralités

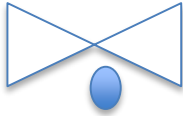
Réponses



numClient	nom	prenom	adresse	numCom	quantité	dateCom
1	Diaw	Aly	Pikine	1	12	12/10/18
2	Diop	Madou	Bambey	2	100	01/01/18
3	Ndao	Adama	Pikine	NULL	NULL	NULL
5	Ndiaye	Awa	Plateau	NULL	NULL	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL	12	130	12/08/17

Généralités

Réponses



numClient	nom	prenom	adresse	numCom	quantité	dateCom
1	Diaw	Aly	Pikine	1	12	12/10/18
2	Diop	Madou	Bambey	2	100	01/01/18
3	Ndao	Adama	Pikine	NULL	NULL	NULL
5	Ndiaye	Awa	Plateau	NULL	NULL	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL	12	130	12/08/17

Application

- Soit le schéma relationnel suivant :

Acheteur(idAcheteur, nom, prenom, tel, adresse email, #ninea)

Vendeur(numVendeur, nom, prenom, adresse, email, tel, #ninea)

Articles(numArt, designation, prix_unitaire, quantitéStock, #ninea)

Boutique(ninea, adresse, chiffreAffaire, tel)

Travail à faire: Donner les formules en algèbre relationnelle correspondant aux requêtes suivantes:

1. La liste des vendeurs.
2. La liste des potentiels acheteurs
3. La liste de tous articles d'une boutique
4. La liste de toutes les boutiques
5. Les articles qui ont été achetés
6. Les articles vendus
7. Les articles achetés et vendus par la même personne c'est-à-dire l'acheteur est le vendeur

Application

8. Les vendeurs qui vendent les mêmes articles
9. Les acheteurs habitant Pikine.
10. Les vendeurs et acheteurs ayant la même adresse
11. Les articles dont le stock est inférieur à 10.
12. Les articles achetés au vendeur Abdou Faye.
13. Les articles achetés à la boutique 18 et dont le prix_unitaire est égale à 15 000.
14. Le vendeur Doudou Gueye qui a vendu l'article puce orange 4g, à l'acheteur Alimatou BA
15. Les boutiques situées dans la même zone que ses acheteurs et vendeurs.
16. Les Vendeurs portant le Diop.
17. Les achats dont le montant est compris entre 150 000 et 250 000
18. Les boutiques dont le chiffre d'affaire dépasse les 1 000 000
19. Les boutiques qui ont vendus beaucoup plus d'articles.