BASE DE DONNEES RELATIONNELLE

2 : Select multi-tables

Manuels de référence du SQL :
Voir après le sommaire

Bertrand Liaudet

SOMMAIRE

Edition : septembre 2019

Remarque d'utilisation du cours : les paragraphe précédés d'une (*) ne sont pas obligatoires pour un cours MySQL précédé d'un cours de modélisation. Environ 40 pages, reste environ 50 pages.

Manuels de référence du SQL

Voir le cours n°1 : select mono tables.
http://bliaudet.free.fr/article.php3?id_article=152

SQL : INTERROGATION DE LA BD – MULTI-TABLES

0. Les opérations s'appliquant à plusieurs tables

Classification générale

3 sortes d'opérations s'appliquant à plusieurs tables :

- les **jointures**
- les **opérations ensemblistes** : union, intersection, soustraction d'ensembles
- les **requêtes imbriquées** et l'utilisation de « vue »

3 sortes de jointures

- Les **jointures naturelles**
- Les **jointures artificielles**
- Les **jointures externes apparues avec la norme SQL 2**.

Sommaire

Pour traiter d'opérations multi-tables, il faut d'abord aborder la modélisation multi-tables et donc la notion de clé étrangère. Ce sera la première partie :

1) (*) Modélisation relationnelle : notion de clé étrangère

Ensuite, le cours suivra la classification des opérations et aura 4 parties :

2) Les jointures naturelles en SQL1 et SQL2
3) Les jointures artificielles
4) Les requêtes imbriquées
5) Les opérations ensemblistes

Pour finir on abordera :

6) L'équivalence entre les opérations présentées
7) La notion de « vue »
8) La norme SQL2
9) Les jointures externes.

Spécifiquement aux SGBD Oracle et SQL Server, le cours présentera la gestion des arborescences en SQL avec le CONNECT By PRIOR.

1. (*) Le modèle relationnel : notion de clé étrangère

Présentation

Le problème

Au problème précédent de gestion des ressources humaines, on ajoute les spécifications suivantes : Le service du personnel souhaite aussi connaître le nom du département dans lequel l'employé travaille. L'entreprise est répartie dans plusieurs villes. Les départements sont donc caractérisés par leur nom et par leur ville. Un employé travaille dans un département et un seul. Il peut y avoir plusieurs départements qui ont le même nom.

Solution 1 : la mauvaise !

On ajoute les attributs Nom du département et Ville du département dans la table des employés.

RELATION 7 attributs :

Employés	NE	Nom	Fonction	Date d'entrée	Salaire	Comm.	Num. Dept	Nom	Ville
	1	TURNER	SALESMAN	8-SEP-81	3000	0	10	ACCOUNTING	NEW YORK
	2	JAMES	CLERK	3-DEC-81	1800	NULL	30	SALES	CHICAGO
	3	WARD	SALESMAN	22-FEB-81	2500	500	20	RESEARCH	DALLAS
4 tuples :	4	TURNER	ANALYST	3-DEC-81	5000	NULL	10	ACCOUNTING	NEW YORK

Cette solution pose deux problèmes :

1) Elle ne permet pas d'avoir des départements vides.
2) Elle risque de conduire à des incohérences dans la base si on modifie la ville d'un département. En effet, il faudra modifier tous les tuples concernés pour éviter l'incohérence. Sinon, on se retrouve, comme dans l'exemple, avec un département 10 dans 2 villes différentes.

RELATION 7 attributs :

Employés	NE	Nom	Fonction	Date d'entrée	Salaire	Comm.	Num. Dept	Nom	Ville
	1	TURNER	SALESMAN	8-SEP-81	3000	0	10	ACCOUNTING	DETROIT
	2	JAMES	CLERK	3-DEC-81	1800	NULL	30	SALES	CHICAGO
	3	WARD	SALESMAN	22-FEB-81	2500	500	20	RESEARCH	DALLAS
4 tuples :	4	TURNER	ANALYST	3-DEC-81	5000	NULL	10	ACCOUNTING	NEW YORK

INCOHERENCE !!!

Si dans le tuple numéro 1, on modifie la ville, remplaçant NEW YORK par DETROIT, on aura une BD incohérente puisque dans le tuple 1, le département 10 est à DETROIT et dans le tuple 4, ce même département est à NEW YORK

Solution 2 : la bonne !

On retrouve la table des employés :

RELATION 7 attributs :

Employés	**NE**	Nom	Fonction	Date d'entrée	Salaire	Comm.	Num. Dept
	1	TURNER	SALESMAN	8-SEP-81	3000	0	10
	2	JAMES	CLERK	3-DEC-81	1800	NULL	30
	3	WARD	SALESMAN	22-FEB-81	2500	500	20
4 tuples :	4	TURNER	ANALYST	3-DEC-81	5000	NULL	10

On va ajouter une table : la table des départements :

RELATION 3 attributs :

Départements	ND	Nom	Ville
	10	ACCOUNTING	NEW YORK
	20	RESEARCH	DALLAS
	30	SALES	CHICAGO
4 tuples :	40	OPERATIONS	BOSTON

- ND est le numéro de département : il était déjà dans la table des employés.
- ND est clé primaire dans la table des départements.
- Désormais, le numéro de département ND de la table des employés fait référence au numéro de département de la table des départements.
- ND est ainsi clé étrangère dans la table des employés.

Avantages

1) On a un département vide : le 40
2) Si le département 10 de NEW YORK passe à WHASHINGTON, il suffit de modifier l'unique tuple concerné :

RELATION 3 attributs :

Départements	ND	Nom	Ville
	10	ACCOUNTING	DETROIT
	20	RESEARCH	DALLAS
	30	SALES	CHICAGO
4 tuples :	40	OPERATIONS	BOSTON

Unique modification : on évite ainsi les incohérences.

Vocabulaire

Définition

Une clé étrangère est un attribut qui fait référence à une clé primaire.

Schéma de la BD

Le schéma de la BD consiste à écrire chaque table sur une ligne avec les noms de code des attributs :

EMP(NE, nom, fonction, dateEmb, sal, comm., #ND)
DEPT (ND, nom, ville)

Formalisme usuel pour la clé étrangère

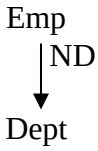
- Le nom d'une clé étrangère est en général le **nom de la clé primaire** qu'elle référence.
- Les clés étrangères sont mises **en dernier dans la liste** des attributs.

Le nom des clés étrangères est **précédé d'un « # »** sur le papier, mais pas dans la programmation !

Graphe des tables

Le graphe des tables montre les tables et le lien entre les tables :

On peut aussi présenter le nom de la clé étrangère :



Clé étrangère réflexive

Présentation

Au problème précédent de gestion des ressources humaines, on ajoute les spécifications suivantes :

> Chaque membre du personnel a un supérieur hiérarchique et un seul lui-même membre du personnel, sauf le président qui n'a pas de supérieur hiérarchique.

La solution :

La table résultat ressemblera à celle-ci :

RELATION 8 attributs :

Employés	**NE**	**Nom**	**Fonction**	**Date d'entrée**	**Salaire**	**Comm.**	**# ND**	**#NEchef**
	1	TURNER	SALESMAN	8-SEP-81	3000	0	10	5
	2	JAMES	CLERK	3-DEC-81	1800	NULL	30	1
	3	WARD	SALESMAN	22-FEB-81	2500	500	20	4
5 tuples :	4	TURNER	ANALYST	3-DEC-81	5000	NULL	10	5
	5	BOSS	PRESIDENT	10-DEC-80	7000	NULL	5	NULL

Définition

Une clé étrangère réflexive est un attribut qui fait référence la clé primaire de sa table.

Schéma de la BD

Le schéma de la BD consiste à écrire chaque table sur une ligne avec les noms de code des attributs :

EMPLOYES(NE, nom, job, datemb, sal, comm., #ND, #NEchef)
DEPARTEMENTS (ND, nom, ville)

Formalisme complet

1. **Les clés primaires** sont soulignées et placées en premier dans la liste des attributs.
2. **Les clés étrangères** sont précédées d'un #.
3. **Les clés étrangères** sont mises en dernier dans la liste des attributs.
4. **Les clés étrangères réflexives** sont mises après les clés étrangères non-réflexives.
5. **Le nom des clés étrangères réflexives** est constitué de : clé primaire + code de l'attribut (NEchef)

Remarque sur le nom des clés primaires

Les clés primaires sont souvent appelées : « id », pour toutes les clés.
Les clés étrangères sont parfois appelées : « idNomTable.
Par exemple :

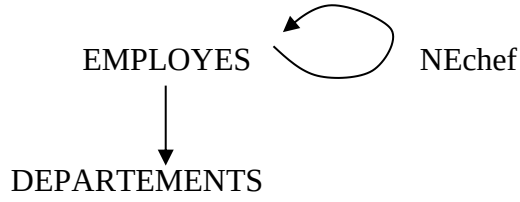
EMPLOYES (**id**, nom, job, datemb, sal, comm., #idDepartement, #idChef)
DEPARTEMENTS (id, nom, ville)

Remarque sur le nom des tables

Le nom des tables peut être mis au singulier.

Graphe des tables

On précise au minimum le nom de l'attribut clé étrangère réflexive :



Définition d'une BD et d'un SGBD

- Une BD c'est un ensemble de tables avec leurs tuples.
- Un SGBD gère une ou plusieurs BD.

2. Les jointures naturelles

Exemple

Le modèle

- Soit nos 2 tables simplifiées :

➢ ***Employés (NE, nom, ND)***

- Avec 3 tuples :

NE	Nom	ND
1	Toto	10
2	Tata	10
3	Titi	20

➢ ***Départements (ND, ville)***

- Avec 2 tuples :

ND	Ville
10	Paris
20	Meudon

La question

- On veut afficher les employés avec le département et la ville où ils travaillent.

Le résultat

NE	Nom	ND	Ville
1	Toto	10	Paris
2	Tata	10	Paris
3	Titi	20	Meudon

Code

- ***Version SQL-1 :***

```
SELECT E.NE, E.nom, D.ND, D.ville
FROM Employes E, Departements D
WHERE E.ND = D.ND
```

- Résultats :

NE	nom	ND	ville
7782	CLARK	10	NEW YORK
7839	KING	10	NEW YORK
7849	MILLER	10	NEW YORK
7566	JONES	20	DALLAS
7845	FORD	20	DALLAS
7846	SMITH	20	DALLAS
7847	SCOTT	20	DALLAS
7848	ADAMS	20	DALLAS
7698	BLAKE	30	CHICAGO
7840	MARTIN	30	CHICAGO
7841	ALLEN	30	CHICAGO
7842	TURNER	30	CHICAGO
7843	JAMES	30	CHICAGO
7844	WARD	30	CHICAGO

- ***Version SQL-2 :***

```
SELECT E.NE, E.nom, D.ND, D.ville
FROM Employes E
JOIN Departements D ON E.ND = D.ND
```

Solution SQL

La requête

```
SELECT *
FROM Employes E, Departements D
WHERE E.ND = D.ND
```

Forme de la requête

- Les deux tables derrière le FROM
- Une restriction particulière : clé étrangère = clé primaire. On l'appellera « restriction de jointure naturelle ».
- Dans la restriction, on précise la table d'origine de l'attribut (ND) car il y a 2 attributs ND : l'un qui vient de E et l'autre qui vient de D. Pour les distinguer, on les préfixe avec le nom de leurs tables.

L'explication

➢ ***Produit cartésien : FROM Employes, Departements = FROM Employes JOIN Departement***

- Le FROM avec les deux tables est un produit cartésien des deux tables

Employés

NE	Nom	ND
1	Toto	10
2	Tata	10
3	Titi	20

X Département

ND	Ville
10	Paris
20	Meudon

= Le produit cartésien des 2 tables

NE	Nom	ND	ND	Ville
1	Toto	10	10	Paris
1	Toto	10	20	Meudon
2	Tata	10	10	Paris
2	Tata	10	20	Meudon
3	Titi	20	10	Paris
3	Titi	20	20	Meudon

➢ ***Restriction de jointure naturelle : WHERE E.ND = D.ND***

- Le produit cartésien a permis de réunir tous les attributs : (NE, Nom, ND) + (ND, Ville)
- Mais il y a trop de tuples
- Le WHERE va permettre de ne garder que les bon tuples : ceux pour lesquels les ND coïncident.

WHERE E.ND = D.ND :

NE	Nom	ND	ND	Ville
1	Toto	10	10	Paris
~~1~~	~~Toto~~	~~10~~	~~20~~	~~Meudon~~
2	Tata	10	10	Paris
~~2~~	~~Tata~~	~~10~~	~~20~~	~~Meudon~~
~~3~~	~~Titi~~	~~20~~	~~10~~	~~Paris~~
3	Titi	20	20	Meudon

- Résultats :

NE	Nom	ND	ND	Ville
1	Toto	10	10	Paris
2	Tata	10	10	Paris
3	Titi	20	20	Meudon

- ***Vocabulaire : table principale et table jointe***
  - Dans une jointure naturelle, on a une **table principale** (ou table maitresse) et une **table jointe**.
  - La **table principale** est celle de la **clé étrangère**. Celle sur laquelle on retombe après la jointure naturelle.
  - La table jointe est celle qui fournit des attributs supplémentaires à la table principale.

- ***Bilan : on a « sur-informé » la table principale***

  On retrouve nos 3 employés :
  - La table Résultats est une table d'Employés.
  - Sa **clé primaire** c'est celle de la table Employés : **NE**.
  - La table Résultats c'est la table Employés avec toutes les informations de la table Départements en plus (ici seulement la ville).
  - La jointure naturelle permet de **"sur-informer"** la clé étrangère de la première table : c'est-à-dire de faire entrer dans la première table tous les attributs correspondant à la clé étrangère et qu'on trouve dans la deuxième table.
  - La jointure a permis de construire la table qu'on voulait éviter au début : celle qui contient des duplications d'informations. Avec cette nouvelle table, **on va pouvoir traiter de nouvelles questions comme si c'était sur une simple table**.

Après l'exemple, la théorie

(*) Théorie du Produit cartésien

➢ *Définition*

- Le produit cartésien de deux tables est l'opération de base de la jointure.
- Le produit cartésien est l'opération qui va permettre de réunir les attributs de deux tables dans une nouvelle table.
- Il produit une table constituée de la concaténation de tous les attributs des deux tables de départ et de tous les tuples formés par la concaténation de chaque tuple de la première table à tous ceux de la deuxième.

➢ *Syntaxe SQL*

```
Select * from table_1, table_2 ;
```

➢ *Clé primaire*

- La clé primaire est constituée de la concaténation des clés primaires des tables du produit cartésien.

CP = CP1, CP2

➢ *Nombre de tuples*

- Si la première table contient T1 tuples et la deuxième T2 tuples, le produit cartésien est une table qui contient :

N1 * N2 tuples

➢ *Nombre d'attributs*

- Si la première table contient A1 attributs et la deuxième A2 attributs, le produit cartésien est une table qui contient :

A1 + A2 attributs.

- ***Usage du produit cartésien***
  - Le produit cartésien est l'opération qui permet de :

    réunir les attributs de deux tables dans une nouvelle table.

  - On utilise le produit cartésien dès qu'une requête met en jeu deux attributs qui appartiennent à deux tables différentes.

- ***Signification***
  - Le produit cartésien de deux tables n'a jamais de signification.
  - Il devient significatif quand on l'associe à une restriction qui met en jeu un attribut de la première table et un attribut de la seconde : on l'appelle alors jointure.

Théorie de la jointure

- ***Définition***
  - Jointure = **concept central de l'algèbre relationnelle** et donc des bases de données relationnelles en général.
  - Comprendre la jointure = comprendre les bases de données relationnelle.
  - La jointure de deux tables c'est leur produit cartésien et la restriction consistant à comparer un attribut de la première table à un attribut de la deuxième table.
  - Joinure = Produit cartésien + Restriction de jointure
  - **Restriction de jointure** = restriction mettant en jeu deux tables.

- ***Syntaxe SQL 1***

```
SELECT *
FROM table_1, table_2
WHERE table_1.attribut_1  opérateur table_2.attribut_2;
```

  - La clause where d'une jointure peut faire intervenir n'importe quel opérateur de l'algèbre booléen. En général, la jointure utilise l'opérateur "=".

- ***Les 2 espèces de jointure***
  - La jointure naturelle
  - La jointure artificielle

Théorie de la jointure naturelle

- ***Définition***
  - La jointure naturelle est la jointure qui permet de regrouper deux tables ayant un attribut en commun particulier :
    - celui de la première table est une **clé étrangère**,
    - celui de la deuxième est la **clé primaire** pour sa table, clé correspondant à la clé étrangère de la première table.
  - La comparaison entre les deux attributs est une égalité : opérateur "="

- ***Vocabulaire***
  - La première table est appelée : « **table principale** » ou « table maîtresse »
  - La deuxième table est appelée : « **table jointe** »

- ***Syntaxe SQL 1***

```
SELECT *
FROM t_principal, t_jointe
WHERE t_principal.clé_étrangère = t_jointe.clé_primaire ;
```

  - ou encore de façon synthétique, avec c# pour la clé étrangère, cp pour la clé primaire :

```
SELECT *
FROM p, j
WHERE p.c# = j.cp;
```

- ***Nombre de tuples d'une jointure naturelle***
  - Si la table maître contient TM tuples, la jointure naturelle est une table qui contient :
    Entre 0 et TM tuples
  - On perd des tuples si la clé étrangère de la table maître vaut NULL : dans ce cas elle ne sera jamais égal à la clé primaire de la table jointe et le tuple est perdu.
  - Si la clé étrangère de la jointure est « not NULL », il n'y a pas de restriction dans la table maître et la jointure naturelle est une table qui contient :
    TM tuples
- ***Nombre d'attributs***
  - Même règle que pour le produit cartésien : on retrouve les attributs des deux tables.
- ***Signification : sur-informer une table***
  - La jointure naturelle permet de **"sur-informer"** la clé étrangère de la première table : c'est-à-dire de faire entrer dans la première table tous les attributs correspondant à la clé étrangère et qu'on trouve dans la deuxième table.
- ***Clé primaire***
  - La clé primaire d'une jointure naturelle est constituée par la clé primaire de la table maître.
    CP = CP_TM

➢ ***Restriction de jointure naturelle***

- La restriction : **« principale.clé_étrangère = jointe.clé_primaire »** est appelée “restriction de jointure naturelle”.

➢ ***Restriction spécifique***

- Les restrictions spécifiques sont les restrictions qui ne sont pas des restrictions de jointures.

Ce sont les restrictions propres à la question.

➢ ***Exemple SQL 1***

- Les vendeurs et le lieu et le numéro de département où ils travaillent

```
SELECT NE, E.nom, E.ND, ville, E.fonction
FROM employes E, departements D
WHERE E.ND = D.ND            // restriction de jointure naturelle
AND E.fonction = 'SALESMAN' ;  // restriction spécifique
```

➢ ***Bon usage***

- Mieux vaut mettre les restrictions de jointure en premier et les restrictions spécifiques ensuite.

➢ ***Exemple SQL 2***

- Les vendeurs et le lieu et le numéro de département où ils travaillent

```
SELECT NE, E.nom, E.ND, ville, E.fonction
FROM employes E,
JOIN departements D ON D.ND = E.ND // restrict. de jointure naturelle
WHERE E.fonction = 'SALESMAN' ;   // restriction spécifique
```

Graphe de la question

Définition

- Le graphe de la question représente les tables et les attributs en jeu pour une requête donnée.

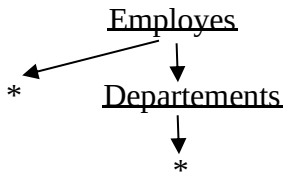
Exemple 1

- On veut les employés avec les informations du département (la ville, le nom)

➢ ***La jointure entre la table employes et la table departements***

```
SELECT *
FROM employes E, departments D
WHERE E.ND = D.ND ;
```

➢ ***Graphe de la question***



➢ ***Syntaxe du graphe de la question :***

- Les tables sont encadrées (ou pas).
- Les flèches montrent les attributs projetés. * signifie : tous les attributs.
- La flèche entre deux table est un lien de jointure naturelle : elle signifie qu'il y aura une restriction de jointure naturelle.

Exemple 2

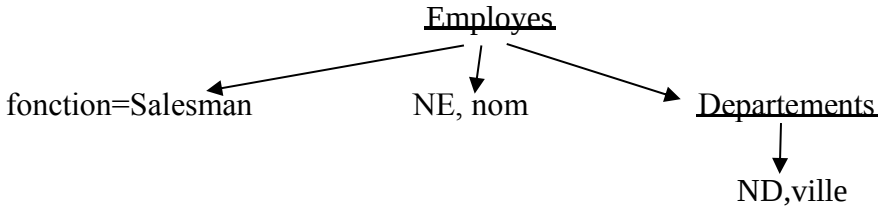
➢ ***Tous les employés de fonction SALESMAN et le lieu et le numéro de département où ils travaillent***

```
SELECT NE, E.nom, E.ND, ville, E.fonction,
FROM employes E, departements D
WHERE E.ND = D.ND
AND E.fonction = 'SALESMAN' ;
```

➢ ***Résultats***

NE	nom	ND	ville	Fonction
7840	MARTIN	30	CHICAGO	SALESMAN
7841	ALLEN	30	CHICAGO	SALESMAN
7842	TURNER	30	CHICAGO	SALESMAN
7844	WARD	30	CHICAGO	SALESMAN

➢ ***Graphe de la question***



- ***Syntaxe du graphe de la question :***
  - Les tables sont encadrées.
  - Les flèches montrent les attributs projetés.
  - Fonction = Salesman signifie qu'il y a une restriction.
  - La flèche entre deux table est un lien de jointure naturelle : elle signifie qu'il y aura une restriction de jointure naturelle.

  3 remarques :

  - Comme pour toute restriction-projection primaire, **on projette, pour éviter les doublons, la clé primaire de la table résultant de la jointure**, c'est-à-dire la clé primaire de la table maitre.
  - **Il faut préfixer tous les attributs qu'on retrouve dans les deux tables :** ND, mais aussi « nom » qui se trouve dans les deux tables : le nom des employés et le nom des départements.
  - On aurait pu tout aussi bien choisir départements.ND plutôt que employésND puisque la condition de jointure n'a conservé que des valeurs identiques pour ces deux attributs.

Jointure naturelle réflexive : jointure d'une table avec elle-même

Définition

- Les jointures naturelles réflexives concernent les tables qui contiennent une clé étrangère qui fait référence à la clé primaire de la même table.

Syntaxe

- Dans ce cas, il va falloir renommer les tables pour pouvoir les distinguer :

```
SELECT *
FROM table_1  synonyme1, table_2  synonyme2
WHERE synonyme1.attribut_1 = synonyme2.attribut_2;
```

Exemple

- Tous les employés du département 20 et leurs supérieurs hiérarchiques :

```
SELECT E.NE, E.nom, E.ND, Echef.NE, Echef.nom
FROM employes E, employes Echef
WHERE E.NEchef = Echef.NE
AND E.ND = 20;
```

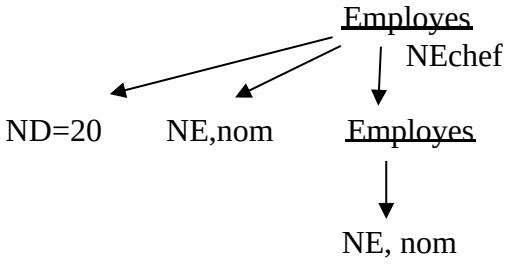
➢ ***Résultats***

NE	nom	ND	NE	nom
7566	JONES	20	7839	KING
7845	FORD	20	7566	JONES
7846	SMITH	20	7845	FORD
7847	SCOTT	20	7566	JONES
7848	ADAMS	20	7847	SCOTT

Remarque

- Dans le cas de la jointure de deux tables identiques, tous les attributs de la table résultant du produit cartésien sont en double. Il faut donc forcément préciser pour chaque attribut de projection sa table d'origine.

Graphe de la question



- Les tables sont encadrées : on a 2 tables d'employés.
- Les flèches montrent les attributs projetés.
- La flèche entre deux table est un lien de jointure naturelle : elle signifie la restriction de jointure naturelle. On précise le nom de la clé étrangère réflexive.
- ND=20 signifie qu'il y a une restriction.

Jointure de plus de deux tables

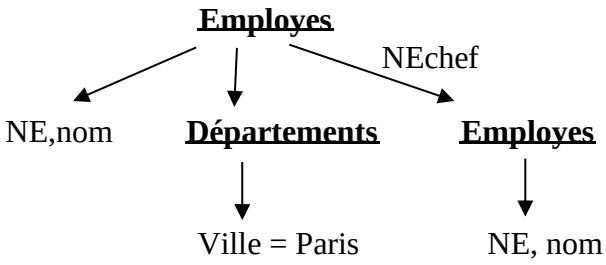
- On peut faire des jointures sur autant de tables que l'on veut.
- Il y a alors autant de restrictions qu'il y a de tables moins une.

Exemple

Tous les employés parisiens et leurs supérieurs hiérarchiques :

```
SELECT E.NE, E.nom, D.ville, Echef.NE, Echef.nom
FROM employes E, employes Echef, departements D
WHERE E.NEchef = Echef.NE
AND E.ND = D.ND
AND D.ville = 'Paris' ;
```

Graphe de la question



- Les tables sont encadrées : on a 2 tables d'employés et une table de départements.
- Les flèches montrent les attributs projetés.
- La flèche entre deux table est un lien de jointure naturelle : elle signifie la restriction de jointure naturelle. On précise le nom de la clé étrangère réflexive.
- Ville = Paris signifie qu'il y a une restriction.

Version SQL-1 - rappel

```
SELECT E.NE, E.nom, D.ville, Echef.NE, Echef.nom
FROM employes E, employes Echef, departements D
WHERE E.NEchef = Echef.NE
AND E.ND = D.ND
AND D.ville = 'Paris' ;
```

Version SQL-2 - version 1

```
SELECT E.NE, E.nom, D.ville, Echef.NE, Echef.nom
FROM employes E
JOIN employes Echef ON E.NEchef = Echef.NE
JOIN departements D ON E.ND = D.ND
WHERE D.ville = 'Paris' ;
```

Version SQL-2 - version 2

```
SELECT E.NE, E.nom, D.ville, Echef.NE, Echef.nom
FROM employes E
JOIN employes Echef ON E.NEchef = Echef.NE
JOIN departements D ON E.ND = D.ND and D.ville = 'Paris' ;
```

Jointure et ONLY FULL GROUP BY MySQL

Présentation

- On veut récupérer le numéro et toutes les caractéristiques des départements avec le nombre d'employés par département.

➢ ***Solution standard SQL : ONLY FULL GROUP BY***

```
SELECT D.ND, D.nom, D.ville, count(*) as NbEmployes
FROM employes E, departments D
WHERE E.ND = D.ND
GROUP BY D.ND, D.nom, D.ville
```

- On est obligé de mettre tous les attributs du département dans le GROUP BY pour pouvoir les projeter.

➢ ***Solution MySQL non standard SQL : sans ONLY FULL GROUP BY***

```
SELECT D.ND, D.nom, D.ville, count(*) as NbEmployes
FROM employes E, departments D
WHERE E.ND = D.ND
GROUP BY D.ND
```

- On ne met que ND dans le GROUP BY. C'est suffisant pour faire le count(*). L'absence d'ONLY FULL GROUP BY permet de projeter n'importe quel attribut en plus.
- Cette technique n'étant pas standard, on l'évitera systématiquement pour prendre de bonnes habitudes !

- ***Pourquoi le ONLY FULL GROUP BY***
  - Sans ONLY FULL GROUP BY, on peut projeter n'importe quel attribut autre que ceux du GB.
  - Ainsi cette requête, qui ne veut rien dire, va pourtant s'exécuter :

```
SELECT D.ND, E.nom, D.ville, count(*) as NbEmployes
FROM employes E, departments D
WHERE E.ND = D.ND
GROUP BY D.ND
```

(*) ONLY FULL GROUP BY de MySQL

- ***Variable système SQL_MODE et « ONLY_FULL_GROUP_BY »***
  - La variable « sql_mode » permet de paramétrer un « group by » standard.
  - Pour cela, elle doit prendre la valeur : ONLY_FULL_GROUP_BY

- ***Consultation de la variable système SQL_MODE***

```
SHOW variables like '%SQL%'
```

  - Ou alors

```
SELECT @@sql_mode ;
```

  - Toutes les variables système sont accessibles par @@var_systeme.

- ***Valeur de la variable système SQL_MODE***
  - Par défaut, à l'installation, la variable « sql_mode » contient des informations variables selon l'information effectuée.
  - Par exemple :
  - STRICT_TRANS_TABLES,NO_AUTO_CREATE_USER,NO_ENGINE_SUBSTITUTION
  - Soit 3 caractéristiques différentes. Cette situation peut changer selon les versions de MySQL.

- ***Modification de la variable système SQL_MODE***
  - Pour modifier une variable système VS, on utilise la commande SET.
  - On peut modifier une VS à plusieurs niveaux :
    - au niveau local (pour le client seulement)
    - au niveau global (pour tous les nouveaux clients).

➢ ***Modification au niveau local de la variable système SQL_MODE***

- Pour modifier la variable on écrit :

```
SET SQL_MODE = 'ONLY_FULL_GROUP_BY';
```

- Ou alors :

```
SET LOCAL SQL_MODE = 'ONLY_FULL_GROUP_BY';
```

- Ou alors : pour garder l'ancien SQL_MODE :

```
SET SQL_MODE = concat(@@sql_mode,',','ONLY_FULL_GROUP_BY');
```

- A noter qu'on met une virgule entre l'ancien sql_mode et le ONLY_FULL_GROUP_BY qu'on concatène.
- La modification vaut pour le client. Pour tout autre client, ça n'est pas pris en compte.

➢ ***Modification au niveau globale de la variable système SQL_MODE***

- Pour modifier la variable on écrit :

```
SET GLOBAL SQL_MODE = 'ONLY_FULL_GROUP_BY';
```

- Ou alors : pour garder l'ancien SQL_MODE :

```
SET GLOBAL SQL_MODE = concat
(@@sql_mode,',','ONLY_FULL_GROUP_BY');
```

- A noter qu'on met une virgule entre l'ancien sql_mode et le ONLY_FULL_GROUP_BY qu'on concatène.
- La modification vaut pour tous les nouveaux clients, mais pas pour le client en cours.
- La modification sera perdue si on relance le serveur.

➢ ***Modification définitive de la variable système SQL_MODE : par le fichier de configuration***

- Pour avoir une modification définitve, prise à compte à chaque démarage du serveur et utilisable par tous les clients, on peut modifier le fichier de configuration : my.ini :

```
[mysqld]
sql_mode=
STRICT_TRANS_TABLES,NO_AUTO_CREATE_USER,NO_ENGINE_SUBSTITUTION,
ONLY_FULL_GROUP_BY'
```

Jointure naturelle et SQL2

Présentation

- Le SQL 2 introduit une nouvelle syntaxe pour les jointures.
- Cette syntaxe permet de distinguer entre les restrictions de jointures et les restrictions spécifiques.
- On présente ici un premier usage du SQL2 pour la jointure naturelle à partir d'exemples.
- On présentera toute la syntaxe SQL2 dans la suite du cours.

Exemples

➢ ***1 : principe général***

- SQL1 :

```
SELECT *
FROM maitre, jointe
WHERE maitre.clé_étrangère = jointe.clé_primaire ;
```

- SQL2 :

```
SELECT *
FROM maitre
JOIN jointe ON maitre.clé_étrangère = jointe.clé_primaire ;
```

- Le **JOIN** remplace la virgule du produit cartésien.
- La restriction de jointure est mise dans un **ON**
- On met **sur une même ligne** le JOIN et le ON

➢ *2 : les employés et leurs départements*

- SQL1 :

```
SELECT *
FROM Employes, Departements
WHERE Employes.ND = Departements.ND;
```

- SQL2 :

```
SELECT *
FROM Employes
JOIN Departements ON Employes.ND = Departements.ND;
```

➢ *3 : les vendeurs et le lieu et le numéro de département où ils travaillent*

- SQL1 :

```
SELECT NE, E.nom, E.ND, ville
FROM employes E, departements D
WHERE E.ND = D.ND            // restriction de jointure naturelle
AND E.fonction = 'SALESMAN' ;  // restriction spécifique
```

- SQL2:

```
SELECT NE, E.nom, E.ND, ville
FROM employes E
JOIN departements D ON E.ND = D.ND   // restrict. de join. Nat.
WHERE E.fonction = 'SALESMAN' ;      // restriction spécifique
```

- ***4 : les employés du département 20 et leurs supérieurs hiérarchiques***

  - SQL1 :

```
SELECT E.NE, E.nom, E.ND, Echef.NE, Echef.nom
FROM employes E, employes Echef
WHERE E.NEchef = Echef.NE
AND E.ND = 20;
```

  - SQL2 :

```
SELECT E.NE, E.nom, E.ND, Echef.NE, Echef.nom
FROM employes E
JOIN employes Echef ON Echef.NE = E.NEchef
WHERE E.ND = 20;
```

- ***5 : Tous les employés de Dallas et leurs supérieurs hiérarchiques :***

  - SQL1 :

```
SELECT E.NE, E.nom, D.ville, Echef.NE, Echef.nom
FROM employes E, employes Echef, departements D
WHERE E.NEchef = Echef.NE
AND E.ND = D.ND
AND D.ville='Dallas';
```

  - SQL2 :

```
SELECT E.NE, E.nom, D.ville, Echef.NE, Echef.nom
FROM employes E
JOIN employes Echef ON Echef.NE = E.NEchef
JOIN departements D ON D.ND = E.ND
WHERE D.ville='Dallas';
```

  - C'est avec ce dernier exemple qu'on peut voir que la syntaxe SQL2 est plus claire que celle du SQL1 : on fait les JOIN-ON un par un, puis les restrictions spécifiques.

  - A noter qu'on peut aussi écrire :

```
SELECT E.NE, E.nom, D.ville, Echef.NE, Echef.nom
FROM employes E
JOIN employes Echef ON E.NEchef = Echef.NE
```

```
JOIN departements D ON E.ND = D.ND AND D.ville='Dallas';
```

- Le ON peut donc servir pour la restriction de jointure mais aussi pour les restrictions spécifiques.

3. Les jointures artificielles

Définition

Jointure en général

- La jointure de deux tables c'est leur **produit cartésien** et la **restriction** consistant à comparer un attribut de la première table à un attribut de la deuxième table.

```
Select *
from table_1, table_2
where table_1.attribut_1  opérateur table_2.attribut_2;
```

Jointure naturelle

- Dans une jointure naturelle, la restriction concerne un attribut clé primaire et un attribut clé étrangère y faisant référence.
- La comparaison entre les deux attributs est une égalité : opérateur "="
- Cette restriction peut être appelée **restriction de jointure naturelle**.

Jointure artificielle

- La jointure artificielle est une jointure dont la restriction n'est **PAS une restriction de jointure naturelle** : soit elle met en jeu d'autres opérateurs que celui d'égalité, soit elle met en jeu un couple d'attribut qui n'est pas clé-étrangère et clé-primaire correspondante.

Exemple

Tous les employés ayant le même job que JONES :

```
SELECT DISTINCT e1.NE, e1.nom, e2.job
FROM emp e1, emp e2  -- e2 : tables des JONES
WHERE e1.job = e2.job    -- restriction de jointure artificielle
AND e2.ename = 'JONES'   -- restriction spécifique 1
AND e1.ename <> 'JONES'  -- restriction spécifique 2
```

Explications

- Chaque employé est croisé avec tous les employés (produit cartésien).
- On ne s'intéresse qu'aux employés de e2 qui s'appelle JONES (restriction spécifique 1)
- La restriction de jointure artificielle est faite sur job : on ne garde que les employés de e1 qui ont le même job que les JONES.
- On supprime JONES de la liste des employés de e1 (pour éviter d'avoir JONES dans la réponse).
- Pour finir, on projette les employés de e1.
- On met un distinct pour le cas où il y ait plusieurs JONES.

4. Les requêtes imbriquées

Présentation

Généralités

- Dans une requête imbriquée, on trouve un ou plusieurs SELECT utilisés dans le SELECT PRINCIPAL (le premier de la requête).
- On distingue entre le select imbriquant (ou principal) et le ou les select imbriqués.
- On peut avoir autant de niveau d'imbrication qu'on veut.

3 types de select imbriqués

- Les **SELECT imbriqués dans le SELECT** : le select imbriqué remplace un attribut.
- Les **SELECT imbriqués dans le FROM** : le select imbriqué remplace une table.
- Les **SELECT imbriqués dans le WHERE** : le select remplace une valeur ou une liste de valeurs possibles dans une restriction.

2 types de SELECT imbriqués dans le WHERE

- Deux types de SELCT imbriqué imbriqué dans le WHERE selon la restriction effectuée :
  - Comparaison de chaque tuple du select imbriqué aux tuples du select principal : ALL et ANY.
  - Test de la cardinalité vide ou pas de la table résultat du select imbriqué : EXISTS et NOT EXISTS.

SELECT imbriqué dans le SELECT

Principe

- Si un select renvoie une seule ligne, il peut être considéré comme un attribut. On peut donc mettre ce select comme un attribut dans un select.

Exemple

- Moyenne des salaires par n° de département et moyenne générale des salaires :

```
SELECT nd, avg(sal), (SELECT avg(sal) FROM emp) moy_gen
FROM emp
GROUP BY nd ;
```

Remarques syntaxiques

- Le select imbriqué est mis entre parenthèses.
- Le select imbriqué doit ne renvoyer qu'une seule ligne : en général, c'est une fonction de groupe.
- Le select imbriqué est renommé.

SELECT imbriqué dans le FROM

Principe

- Toute table d'un select peut être remplacée par un autre select.

Exemple

- Nombre moyen d'employés par département

```
SELECT avg(nb)
FROM (
    SELECT count(*) nb
    FROM emp
    GROUP BY nd
) tnb ;
```

Remarques syntaxiques

- Le select imbriqué est mis entre parenthèses.
- Le select imbriqué est obligatoirement renommé (« tnb » dans notre exemple).
- Les attributs projetés dans le select imbriqué sont obligatoirement renommés quand il s'agit de fonction de groupe.

SELECT imbriqué dans le WHERE : ALL et ANY

Présentation

- Le select imbrique dans le where avec opérateur ALL ou ANY consiste en une comparaison de chaque tuple du select principal avec les tuples du select imbriqué.

Opérateurs ANY et IN

➢ ***Exemple : tous les employés ayant le même job que les employés du département 10***

```
SELECT NE, nom, job FROM emp
WHERE job =ANY  (
    SELECT job FROM emp
    WHERE ND = 10
);
```

- = ANY : n'importe lequel dans la table résultat du SELECT imbriquée
- La comparaison booléenne est vraie si elle est vraie pour au moins un tuple du select imbriqué (le deuxième select).
- Autrement dit, « = ANY » vérifie l'appartenance à la liste des tuples du deuxième select.

➢ ***On peut écrire IN à la place de =ANY***

```
SELECT NE, nom, job FROM emp
WHERE job IN  (
    SELECT job FROM emp
    WHERE ND = 10
);
```

Opérateurs ALL et not IN

- ***Exemple : tous les employés ne travaillant pas à PARIS***

```
SELECT NE, nom, job FROM emp
WHERE nd != ALL (
    SELECT nd FROM dept
    WHERE VILLE = « PARIS »
);
```

- !=ALL : différent de tout ceux de la table résultat.
- La comparaison booléenne est vraie si elle est vraie pour tous les tuples du select imbriqué (le deuxième select).
- Autrement dit, « != all » vérifie la non-appartenance à la liste des tuples du deuxième select.

- ***On peut écrire not IN à la place de !=ALL***

```
SELECT NE, nom, job FROM emp
WHERE nd not IN (
    SELECT nd FROM dept
    WHERE VILLE = « PARIS »
);
```

Syntaxe générale

- La syntaxe générale est la suivante :

```
SELECT * from  table
WHERE liste 1 d'attributs opérateur
   (SELECT liste 2 d'attributs  FROM ... );
```

- ***L'opérateur***
  - C'est un opérateur de comparaison booléen classique : =, !=, >, >=, <, <=, suivi d'un opérateur spécial : ANY ou ALL.

- ***Les listes d'attributs***
  - Elles doivent avoir la même forme dans le WHERE du select principal et dans la projection du select imbriqué : même nombre d'attributs et même type pour les attributs. Habituellement, ce sont les mêmes attributs dans le select principal et dans le SELECT imbriqué.

- ***Opérateurs IN et not IN***
  - L'opérateur « in » remplace « = any ».
  - L'opérateur « not in » remplance « != all »

- ***Cas où on peut se passer de ANY et de ALL***
  - Si le deuxième SELECT fournit un seul tuple, on peut se passer de l'opérateur spécial. On peut par exemple écrire "=" à la place de "=ANY ".
  - C'est le cas particulièrement quand le select imbriqué renvoie une fonction de groupe ou quand une restriction s'est faite sur une valeur de la clé primaire.

SELECT imbriqué dans le WHERE : EXISTS et NOT EXISTS

Présentation

- Le select imbrique dans le where avec opérateur EXISTS et NOT EXISTS consiste, pour chaque tuple du select principal, à tester si la cardinalité du select imbriqué est vide ou pas.

Opérateur EXISTS

- Les tuples du select principal sont sélectionnés si le select imbriqué produit au moins un tuple.

➢ ***Exemple : tous les employés travaillant dans un département qui contient au moins un 'ANALYST' (c'est un métier) :***

```
SELECT NE, nom, ND, job  FROM emp
WHERE exists (
    SELECT * from emp e1
    WHERE job = 'ANALYST'
    AND e1.ND = emp.ND
);
```

➢ ***Explication***

- On regarde s'il existe un ANALYST dont le département est égal à celui du tuple en cours. Si oui, on garde le tuple en cours.

➢ ***Remarque***

- Dans le cas d'un select imbriqué dans le where avec EXISTS, on a forcément une restriction de jointure artificielle dans le select imbriqué, sinon le résultat du select imbriqué serait constant et le test EXISTS donnerait soit toujours vrai, soit toujours faux, donc on obtiendrait finalement soit la conservation de tous les tuples du select imbriquant, soit l'élimination de tous les tuples du select imbriquant.

Opérateur NOT_EXISTS

➢ ***Exemple : tous les employés travaillant dans un département sans 'ANALYST' (c'est un métier) :***

```
SELECT NE, nom, ND, job  FROM emp
WHERE not exists (
    SELECT * from emp e1
    WHERE job = 'ANALYST'
    AND e1.ND = emp.ND
);
```

- Les tuples du select principal sont sélectionnés si le select imbriqué ne produit aucun tuples.

Syntaxe du EXISTS

- La syntaxe générale est la suivante :

```
SELECT * FROM  table
WHERE [not]EXISTS (
    SELECT ...
    WHERE table.attribut ...
);
```

- [not] veut dire qu'on peut avoir not ou pas.
- En général, le select imbriqué utilise un attribut du select principal qui rend variable son résultat en fonction du tuple en cours du select principal.

Équivalence entre IN et EXISTS et entre NOT IN et NOT EXISTS

- A la place de l'exemple précédent avec un EXISTS , on pourrait écrire avec un IN:

```
SELECT NE, nom, ND, job FROM emp e
WHERE ND IN (
    SELECT ND FROM emp
    WHERE = 'ANALYST'
);
```

Différences entre le IN et le EXISTS

- La différence entre le IN et le EXISTS concerne la gestion des valeurs NULL.
- Quand on utilise un IN, si le select imbriqué renvoie une valeur NULL, le IN vaudra toujours FAUX.

5. Opérations ensemblistes : tables ayant les mêmes attributs

Principe général des opérations ensemblistes

Présentation

- Les opérations ensemblistes s'appliquent à deux tables qui ont les mêmes attributs (où plus précisément des attributs de mêmes types).
- Il y a trois opérations ensemblistes basique en SQL :
  - **UNION** : regrouper tous les tuples de 2 tables
  - **INTERSECTION** : extraire les tuples en commun dans 2 tables
  - **DIFFERENCE** : prendre les tuples d'une table qui ne sont pas dans l'autre.

Remarque :

- Pour que ces opérations soient significatives, il ne suffit pas que les attributs aient le **même type**, encore faut-il qu'ils aient la **même signification**. Dans le cas le plus général, ils seront identiques.

UNION

Exemple et utilité : les employés avec leur chef en gardant le chef

```
SELECT e.NE, e.nom, echef.NE, echef.nom
FROM emp e, emp echef
WHERE e.NEchef = echef.NE
UNION
SELECT e.NE, e.nom, NULL, NULL
FROM emp e
WHERE e.NEchef is NULL ;
```

- La jointure nous fait perdre les chefs dont le NEchef vaut NULL.
- On fait un deuxième SELECT avec seulement ceux sont le NEchef vaut NULL
- Et on fait l'UNION des deux SELECT.
- A noter qu'on a rajouter NULL, NULL pour avoir le même nombre d'attributs.
- Cette solution est lourde. Les jointures externes proposeront une solution plus légère.

Syntaxe

- L'union de deux tables ayant des attributs de mêmes types est une table constituée des attributs de la première table et de tous les tuples des deux tables de départ. La syntaxe est la suivante :

```
SELECT liste_1 d'attributs  FROM table_1
union
SELECT liste_2 d'attributs  FROM table 2;
```

➢ ***Les listes d'attributs***

- Elles doivent avoir la même forme dans le where du select principal et dans la projection du select imbriqué : même nombre d'attributs et même type pour les attributs. Habituellement, ce sont les mêmes attributs dans les deux select.

➢ ***Les tables des select***

- Les deux tables de départ (table_1 et table_2) peuvent avoir des attributs différents. Ce sont les tables projetées qui doivent avoir des attributs de mêmes types pour pouvoir être unies.

➢ ***Suppression des doublons***

- Les éventuels doublons sont éliminés automatiquement par l'UNION, comme par toutes les opérations ensemblistes.

➢ ***Ordre des tuples***

- Les tuples apparaissent dans l'ordre du premier select suivi par ceux du deuxième select.
- Toutefois, le premier select ne peut pas contenir de ORDER BY
- On peut trier le résultat final en mettant un ORDER BY à la fin du deuxième select.

DIFFERENCE : opérateur MINUS

Exemple

- Tous les numéros des départements vides de la société (c'est-à-dire les numéros des départements dans lesquels aucun employé ne travaille) :

```
SELECT deptno FROM dept
MINUS
SELECT DISTINCT deptno FROM emp;
```

- On soustrait de la table des numéros de tous les départements la table des numéros des départements non vides (ceux dans lesquels travaille au moins un employé).

Syntaxe

- La différence de deux tables ayant des attributs de mêmes types est une table constituée des attributs de la première table et des tuples de la première table n'appartenant pas à la deuxième :

```
SELECT liste_1 d'attributs  FROM table_1
MINUS
SELECT liste_2 d'attributs  FROM table_2;
```

Intersection

- L'intersection de deux tables ayant des attributs de mêmes types est une table constituée des attributs de la première table et des tuples de la première table appartenant aussi à la deuxième :

```
SELECT liste_1 d'attributs  FROM table_1
INTERSECT
SELECT liste_2 d'attributs  FROM table_2;
```

Remarque MySQL

- MySQL ne propose que l'UNION.
- Les deux autres opérateurs peuvent toujours être remplacés par d'autres opérateurs de calcul (des SELECT imbriquées ou des jointures.
- L'exemple présenté pour l'UNION pourra aussi être remplacé par une jointure externe.

6. (*) Équivalence entre les opérations

Présentation

De nombreux cas

- Il existe de nombreuses équivalences entre différentes opérations de l'algèbre relationnelle. On ne va pas les présenter toutes, mais présenter seulement les plus significatives.

Raisons de choisir une méthode plutôt qu'une autre

- Il y a deux raisons pour choisir une méthode plutôt qu'une autre :
  - **L'optimisation d'exécution** : une méthode s'exécute plus vite que l'autre. On peut définir des préférences théoriques pour une méthode plutôt que pour une autre. Toutefois, on peut aussi vérifier concrètement, en fonction du SGBD, si une telle méthode est effectivement plus efficace que telle autre. La commande EXPLAIN permet ce genre d'analyse.
  - **L'optimisation de maintenance :** une méthode est plus facile à maintenir (c'est-à-dire plus facile à comprendre) que l'autre. Cette raison est subjective : ça dépendra des usages de l'entreprise.

Équivalence entre jointure naturelle et select imbriqué dans le where

On peut très souvent transformer jointures naturelles en select imbriqués dans le where.

Exemple : tous les employés travaillant à Paris avec leurs n° et leurs noms

- Version 1 avec jointure naturelle :

```
Select e.NE, e.nom,
from emp e, dept d
where e.ND = d.ND
and d.ville = 'PARIS';
```

- Version 2 avec select imbriqué dans le where avec IN

```
Select NE, nom, job from emp
where ND = any  (
    Select ND from  dept
    where ville = 'PARIS';
);
```

- Version 3 avec select imbriqué dans le where avec EXISTS

```
Select NE, nom, job from emp e
where EXISTS (
    Select ND from dept d
    where ville = 'PARIS'
    and e.ND = d.ND
);
```

Cas où la transformation est impossible

- Si on veut projeter des attributs de la table imbriquée (ici : « dept »), il faut forcément passer par une jointure naturelle.

Du bon usage

- ***Optimisation d'exécution***
  - On choisira toujours la jointure naturelle.
- ***Optimisation de maintenance***
  - On choisira toujours la jointure naturelle.

Équivalence entre jointure artificielle et select imbriqué dans le where

- On peut très souvent transformer les select imbriqués en jointure artificielle.

Exemple : tous les employés ayant le même job que les employés du département 10

- Version 1 avec select imbriqué dans le where avec IN

```
Select NE, nom, job from emp
where job = any  (
    Select job from  emp
    where ND = 10
)
and ND != 10 ;
```

- Version 2 avec jointure artificielle :

```
Select e1.empno, e1.ename, e1. job
from emp e1, emp e2
where e1.job = e2.job
and e2.ND = 10
and e1.ND != 10 ;
```

- Version 3 avec select imbriqué dans le where avec EXISTS

```
Select NE, nom, job from emp e1
where EXISTS  (
    Select job from  emp e2
    where ND = 10
    and e1.job = e2.job
)
and ND != 10 ;
```

Remarque

- On ajoute « **and** ND != 10 » pour éviter de projeter les employés du département 10 qui ont évidemment le même job que les employés du département 10.

Cas où la transformation est impossible

- Si on veut projeter des attributs de la table imbriquée (ici : « dept »), il faut forcément passer par une jointure naturelle.
- Quand on a un NOT IN ou un NOT EXISTS, si le select imbriqué renvoie plusieurs tuples, on ne peut pas transformer la requête imbriquée en jointure artificielle. On pourra les transformer en opérations ensemblistes ou en jointures externes.

Le bon usage

- ***Optimisation d'exécution***
  - On choisira la jointure artificielle.
- ***Optimisation de maintenance***
  - La jointure artificielle étant un peu compliquée à comprendre, l'optimisation de la maintenance peut conduire à préférer le select imbriqué à la jointure artificielle.
  - La clause EXISTS est un peu compliquée à comprendre. L'optimisation de la maintenance peut donc aussi conduire à préférer la clause IN à la clause EXISTS.

Équivalence entre select imbriqué dans le FROM et select imbriqué dans le WHERE

- Quand le select imbriqué porte sur un résultat statistique, on ne peut pas la transformer en jointure.
- Par contre on peut transformer un select imbriqué dans le where en un select imbriqué dans le from.

Exemple : tous les employés gagnants plus que la moyenne

- Version 1 avec select imbriqué dans le where :

```
Select NE, nom, sal
from emp
where sal  > (
   Select avg(sal) from  emp
);
```

- Version 2 avec select imbriqué dans le from :

```
Select NE, nom, sal, moysal
from emp, (Select avg(sal) as moysal from  emp) tmoy
where sal  > moysal;
```

Cas où la transformation est impossible

- Si on veut projeter des attributs statistiques de la table imbriquée (ici : « avg(sal) »), il faut forcément passer par un select imbriqué dans le from.

Du bon usage

➢ ***Optimisation d'exécution***

- Les deux méthodes sont équivalentes théoriquement.

➢ ***Optimisation de maintenance***

- Le select imbriqué dans le from est un peu compliquée à comprendre.
- On choisira donc le select imbriqué dans le where de préférence à un select imbriqué dans le from pour des questions d'optimisation de maintenance.

Équivalence entre INTERSECT et SELECT imbriqué dans le WHERE avec IN

Principe

- Version 1 avec intersect :

```
Select listeAtt1 from table1
intersect
Select listeAtt1 from table2
```

- Version 2 avec select imbriqué dans le where et IN

```
Select listeAtt1 from table1
Where listeAtt1  in (
    Select listeAtt1 from table2
);
```

Du bon usage

- ***Optimisation d'exécution***
  - Les deux méthodes sont équivalentes théoriquement.

- ***Optimisation de maintenance***
  - L'usage du select imbriqué étant plus courant que celui de l'intersect, et MySQL par exemple ne proposant pas l'opérateur « INTERSECT », on choisira le select imbriqué dans le where de préférence à un « intersect » des questions d'optimisation de maintenance.

Équivalence entre MINUS et select imbriqué dans le where avec NOT IN

tous les numéros des départements vides de la société

- On cherche tous les numéros des départements dans lesquels aucun employé ne travaille.
- Version 1 avec minus :

```
Select deptno from dept
minus
select distinct deptno from emp;
```

- Version 2 avec select imbriqué dans le where et NOT IN

```
Select ND from dept
Where ND not in (
   select ND from emp
);
```

Remarque

- On a vu dans le paragraphe sur les équivalences entre jointure artificielle et select imbriqués que le « NOT IN » ne peut pas être transformé en jointure artificielle

Du bon usage

- ***Optimisation d'exécution***
  - Les deux méthodes sont équivalentes théoriquement.
- ***Optimisation de maintenance***
  - L'usage du select imbriqué étant plus courant que celui du minus, et MySQL par exemple ne proposant pas l'opérateur « MINUS », on choisira le select imbriqué dans le where de préférence à un « MINUS » des questions d'optimisation de maintenance.

7. Produits cartésiens et jointures en SQL 2

Les produits cartésiens

Syntaxe classique :

```
Select *
from emp, dept ;
```

Le from peut être remplacé par :

- ***JOIN***

```
Select *
from emp join dept ;
```

ou

- ***CROSS JOIN***

```
Select *
from emp cross join dept ;
```

ou

- ***INNER JOIN***

```
Select *
from emp inner join dept ;
```

Les jointures naturelles

Syntaxe classique :

```
Select e.NE, e.nom, d.ville
from emp e, dept d
where e.nd = d.nd
where ville = "PARIS";
```

La virgule dans le FROM peut être remplacée par :

- ***JOIN***

```
from emp e join dept d
```

- ***CROSS JOIN***

```
from emp e cross join dept d
```

- ***INNER JOIN***

```
from emp e inner join dept d
```

Le WHERE peut être remplacé par :

- ***ON***

```
Select e.NE, e.nom, d.ville
from  emp e join dept d
on e.nd = d.nd
where ville = "PARIS";
```

- ***USING***

```
Select e.NE, e.nom, d.ville
from  emp e join dept d
using nd
where ville = "PARIS";
```

Le problème du « natural join »

Le from et le where peuvent être remplacés par :

- ***NATURAL JOIN***

```
Select NE, nom, ville
from  emp e natural join dept d
where ville = ”PARIS”;
```

- Le natural join fait des restrictions de jointure avec tous les attributs de même nom des deux tables proposées. Donc avec le ND de emp et le ND de dept, ce qui conduit bien à une jointure naturelle.

Le problème :

- Quand on fait un « natural join », on en général une jointure entre la clé étrangère d'une première table et la clé primaire d'une deuxième table, à condition qu'elles aient le même nom. Mais si deux autres attributs ont le même nom, il y aura aussi une jointure sur ces deux attributs.
- Par exemple, si on a un attribut « nom » dans la table des employés et un attribut « nom » dans la table des départements, la « natural join » conduira à une restriction du type :

```
Where emp.nd = dept.nd
And emp.nom = dept.nom   ===>>  BUG !
```

Cause du problème

- Le problème vient du fait que la jointure est faite à partir d'un nom d'attribut identique entre deux tables, ce qui est une considération conventionnelle et pas mathématique.
- En réalité, le « natural join » est mal fait : il devrait faire la jointure automatiquement entre la une clé étrangère et la clé primaire référencée correspondante.

Du bon usage

- ***Optimisation d'exécution***
  - Un « natural join » est équivalent à un ON ou un USING ou une jointure en SQL 1.

- ***Optimisation de maintenance***
  - **On évitera systématiquement le « natural join »** qui peut conduire à des erreurs en maintenance : en effet, si on ajoute un attribut dans une table et qu'il existe déjà un attribut de même nom dans une autre table et qu'il existe déjà des « natural join » entre les deux tables, alors on aura des erreurs sur ces « natural join ».

Exemples avec plusieurs tables

- On veut tous les livres actuellement empruntés d'un adhérent avec la date d'emprunt de ces livres

Syntaxe classique :

```
Select e.nl, l.editeur, a.na, a.nom, e.datemp
from emprunter e, adherents a, livres l
where e.na = a.na
and e.nl = l.nl
and e.dateretour is null ;
```

Avec des join

```
Select datemp, nl, editeur, na, nom
from emprunter  e
join adherents a on (e.na=a.na)
join livres using(nl)
where e.dateretour is null;
```

- ou

```
Select datemp, nl, editeur, na, nom
from emprunter  e
join adherents a on (e.na=a.na and e.dateretour is null)
join livres using(nl);
```

- On peut mettre indifféremment les restrictions spécifiques dans le on ou dans le where. De même pour les restrictions de jointure. L'intérêt de cette possibilité apparaîtra avec les jointures externes.

8. Jointures externes

Utilité du SQL 2

- Toutes les possibilités syntaxiques qu'on vient d'aborder n'apportent rien de plus par rapport à la syntaxe standard du SQL 1.
- L'intérêt de cette syntaxe est d'ouvrir à la notion de jointure externe : outer join (par opposition à inner join).

Définition de la jointure externe

- Une jointure externe est une **jointure qui permet de rajouter au résultat de la jointure les tuples éliminés d'une des deux tables de la jointure, au choix**.

Les 3 principaux usages de la jointure externe

- Le **premier usage** concerne des **jointures naturelles** avec une table maître et une table jointe. Il consiste à rajouter les tuples éliminés de la table maître et à **s'intéresser à tous les tuples de la table maître**.
- Le **deuxième usage** concerne des **jointures naturelles** avec une table maître et une table jointe. Il consiste à rajouter les tuples éliminés de la table jointe et à **s'intéresser uniquement au tuples éliminés de la table jointe. C'est une soustraction ensembliste.**
- Le **troisième** concerne les **jointures artificielles**. Il reprend le second dans le sens ou il s'agit d'une soustraction ensembliste, mais à partir d'une jointure artificielle et avec jointure externe à gauche.

1er usage (important) : s'intéresser à tous les tuples de la table maître : left join

Formalisme : jointure externe à gauche

- La forme générale d'une jointure externe à gauche est :

```
Select TJ.NTJ, TJ.CS, TM.NTM, TM.CS
from table_maitre TM  left join  table_jointe  TJ
on TM.NTJ = TJ.NTJ;
```

- Avec CS : clé significative.
- En mettant la table maître en premier, on a une jointure à gauche.

Exemple

- Afficher les employés avec leurs supérieurs hiérarchiques et les employés sans supérieurs hiérarchique :

```
Select e.ne, e.nom, echef.ne, echef.nom
from emp e left join emp echef
on e.nechef = echef.ne ;
```

- Résultats :

```
+------+--------+------+-------+
| ne   | nom    | ne   | nom   |
+------+--------+------+-------+
| 7369 | SMITH  | 7902 | FORD  |
| 7499 | ALLEN  | 7698 | BLAKE |
| 7521 | WARD   | 7698 | BLAKE |
| 7566 | JONES  | 7839 | KING  |
| 7654 | MARTIN | 7698 | BLAKE |
| 7698 | BLAKE  | 7839 | KING  |
| 7782 | CLARK  | 7839 | KING  |
| 7788 | SCOTT  | 7566 | JONES |
| 7839 | KING   | NULL | NULL  |
| 7844 | TURNER | 7698 | BLAKE |
| 7876 | ADAMS  | 7788 | SCOTT |
| 7900 | JAMES  | 7698 | BLAKE |
| 7902 | FORD   | 7566 | JONES |
| 7934 | MILLER | 7782 | CLARK |
+------+--------+------+-------+
14 rows in set (0.00 sec)
```

Requête équivalente : UNION

- La jointure externe à gauche classique permet de remplacer une union.

```
Select e.ne, e.nom, echef.ne, echef.nom
from emp e join emp echef
on e.nechef = echef.ne
union
Select ne, nom, null, null  // on ajoute deux attributs à à emp
from emp
where nechef is null
;
```

Clé primaire

- Clé primaire = Clé Primaire (Table Maître)
- On retombe forcément sur la clé primaire de la table maître.

Nombre de tuples

- Nb Tuples = Nb Tuples (Table Maître)
- On retombe forcément sur le nombre de tuples de la table maître.

Du bon usage

- ***Optimisation d'exécution***
  - La jointure est théoriquement préférable aux opérateurs ensemblistes classiques, donc à l'union.
- ***Optimisation de maintenance***
  - La jointure externe « à gauche » est préférable à l'union qui est compliquée à mettre en œuvre.
  - A noter que l'usage de la jointure externe « à gauche » peut être généralisé par défaut pour toutes les jointures naturelles afin de ne pas éliminer les tuples dont la clé étrangère vaut NULL.

2ème usage (important) : s'intéresser aux tuples éliminés de la table jointe : right join

Formalisme : jointure externe à droite

- La forme générale d'une jointure externe à droite est :

```
Select TJ.*
from table_maitresse TM  right  join  table_jointe  TJ
on TM.NTJ = TJ.NTJ
where TM.NTM  is NULL;
```

- En mettant la table maître en premier, on a une jointure à droite.

Exemple

- Question traitée : quels sont les départements vides :

```
Select d.nd, d.nom, d.ville
from emp e right join dept d
on e.nd = d.nd
where e.ne  is NULL;
```

- Résultats :

```
+----+------------+--------+
| nd | nomd       | ville  |
+----+------------+--------+
| 40 | OPERATIONS | BOSTON |
+----+------------+--------+
1 row in set (0.01 sec)
```

Requête équivalente : MINUS et INERSECT, NOT IN, NOT EXISTS

- La jointure externe à droite classique permet de remplacer les opérations ensemblistes MINUS et INTERSECT, et leurs équivalents en NOT IN et NOT EXISTS

➢ ***Version 1 : MINUS (ne marche pas avec MySQL)***

```
Select *
from dept
minus
select dept.*
from emp e, dept d
where e.ND = d.ND
;
```

➢ ***Version 2 : imbriquée NOT IN***

```
Select *
from dept
where ND not in (
    select ND from emp
);
```

➢ ***Version 3 : imbriquée NOT EXISTS***

```
Select *
from dept
where not exists (
    select * from emp
    where emp.ND = dept.ND
);
```

Clé primaire

- Pas de clé primaire.

Nombre de tuples

- Nb Tuples(Table jointe) <= Nb Tuples <= Nb Tuples(Table Maître) + Nb Tuples(Table jointe)-1
- Si aucun tuple de la table maître ne pointe sur un tuple de la table jointe, la jointure naturelle donne un ensemble vide et la jointure externe rajoute tous les tuples de la table jointe.
- Si tous les tuples de la table maître pointent sur le même tuple de la table jointre, la jointure naturelle donne tous les tuples de la table maître sur-informés. La jointure externe ajoute tous les tuples de la table jointe moins 1.

Du bon usage

- ***Optimisation d'exécution***
  - La jointure est théoriquement préférable à la requête imbriquée.
- ***Optimisation de maintenance***
  - La jointure externe étant un peu compliquée à comprendre, l'optimisation de la maintenance peut conduire à préférer le select imbriqué à la jointure externe.

Ordre des opérations élémentaires dans une jointure externe

```
Select *
from t1  right join t2
on t1.att = t2.att
where tx.attx = valeur ;
```

- L'ordre de traitements des opérations élémentaires est le suivant :
    1. produit cartésien : **from**
    2. restriction de jointure : **on**
    3. jointure externe (ajout des tuples éliminés) : **right** (ou left)
    4. restriction spécifique : **where**
- On comprend ici qu'on pourra mettre des restrictions spécifiques dans le ON pour permettre

(**) 3ème usage (+ rare) : soustraction ensembliste à partir d'une jointure artificielle : left join

Exemple

- Question traitée : tous les employés ayant un job différent de ceux du département 20

```
Select e1.*
from emp e1 left  join emp e2
on e1.job = e2.job and e2.nd=20
where e2.ne  is NULL;
```

Principe :

- ***D'abord, on inverse la question :***
  - tous les employés moins ceux qui ont le même job que ceux du département 20. C'est une jointure artificielle.
  - On croise tous les employés e1 avec ceux du département 20 (e2) et on garde ceux qui ont un job identique à un employé du département 20
  - La restriction de jointure et la restriction spécifique sont faites dans le « on ».
- ***Ensuite, on prend le complément du résultat précédent :***
  - ce qui répond à la question. Le « left » rajoute les employés de e1 qui ont été éliminés : ceux qui ont un job différent de ceux du département 20.
- ***Enfin, on restreint à ce seul complément avec le where.***
  - Il faut donc faire bien attention à mettre toutes les restrictions souhaités dans le « on » avant que le « left » s'applique et rajoute les tuples éliminés.

Requête équivalente : MINUS, NOT IN, NOT EXISTS

- La jointure externe à droite classique permet de remplacer les opérations ensemblistes MINUS et INTERSECT, et leurs équivalents en NOT IN et NOT EXISTS

➢ ***Version imbriquée NOT IN***

```
Select *
from emp
where job not in (
    select job from emp
    where nd=20
);
```

Du bon usage

➢ ***Optimisation d'exécution***

- La jointure est théoriquement préférable à la requête imbriquée.

➢ ***Optimisation de maintenance***

- La jointure externe étant un peu compliquée à comprendre, l'optimisation de la maintenance peut conduire à préférer le select imbriqué à la jointure externe.

(*) Présentation théorique de la jointure externe

Jointure à gauche et jointure à droite

- Selon que l'on rajoute les tuples de la première table ou de la deuxième (première ou deuxième dans l'ordre de déclaration), on parlera de jointure externe à gauche (première table, à gauche du join) ou à droite (deuxième table, à droite du join).

Syntaxe de la jointure externe à gauche

- Après la jointure, on rajoute les tuples de la première table (celle de gauche) :

```
Select *
from t1  left outer join t2
on t1.att = t2.att;
```

- ou encore, le « outer » étant facultatif :

```
Select *
from t1  left join t2
on t1.att = t2.att;
```

Syntaxe de la jointure externe à droite

- Après la jointure, on rajoute les tuples de la deuxième table (celle de doite) :

```
Select *
from t1  right outer join t2
on t1.att = t2.att;
```

- ou encore, le « outer » étant facultatif :

```
Select *
from t1  right join t2
on t1.att = t2.att;
```

Non commutativité de la jointure externe

- A la différence de la jointure interne et du produit cartésien, la jointure externe n'est pas commutative :

```
Select *
from t1  right join t2
on t1.att = t2.att;
```

- **n'est pas équivalent à** :

```
Select *
from t1  right join t2
on t1.att = t2.att;
```

Semi-commutativité de la jointure externe

- Le « right join » est équivalent au « left join » si on inverse l'ordre des tables.

```
Select *
from t1  right join t2
on t1.att = t2.att;
```

- **est équivalent à** :

```
Select *
from t2  left join t1
on t1.att = t2.att;
```

Remarque syntaxique

```
Select *
from t1 outer join t2 //BUG !!! il faut préciser left ou right
on t1.att = t2.att;
```

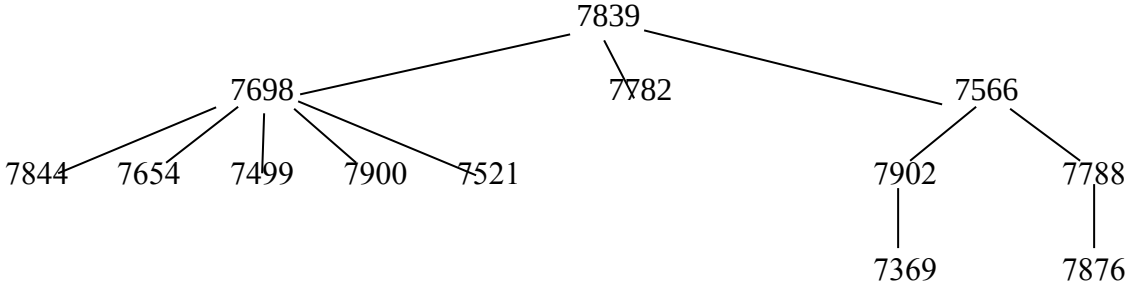
- La requête précédente ne veut rien dire! Il faut nécessairement préciser right ou left pour que la requête soit correcte.

(*) 9. Gestion des arborescences : CONNECT BY PRIOR - ORACLE

Présentation

Principes

Les tables avec des auto-jointures peuvent être considérées comme des structures d'arbres.
On part de l'arbre suivant qui décrit l'organigramme d'une entreprise.



On souhaite pouvoir faire plusieurs choses :

1. Afficher tous les arbres : chaque nœud est considéré comme une racine.
2. Sélectionner un arbre
3. Afficher toutes les branches : de chaque nœud, on remonte à la racine.
4. Sélectionner une branche
5. Elaguer des branches
6. Elaguer des arbres

Solution SQL Server

Le type « HierarchyId » de SQL Server permet de gérer une structure d'arbre.

Solution ORACLE

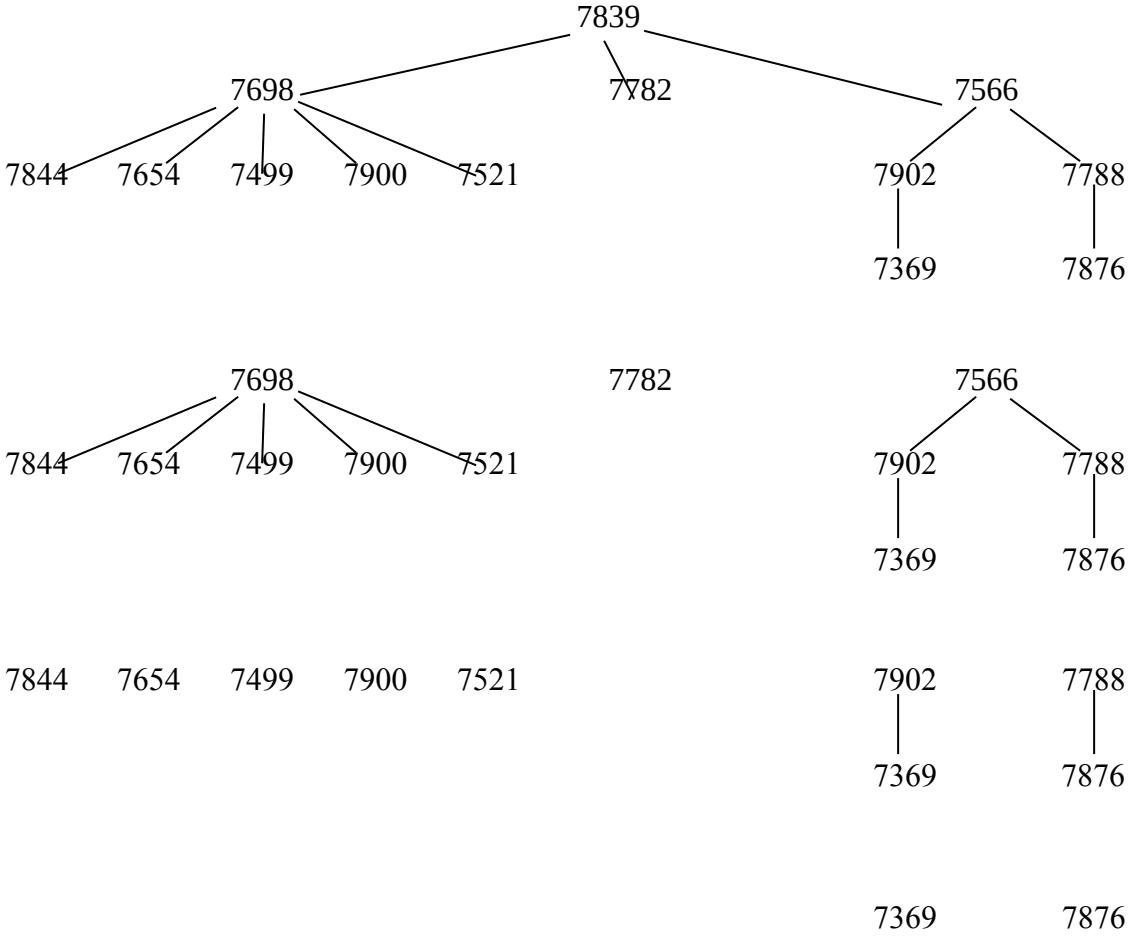
ORACLE offre une clause : CONNECT BY PRIOR, qui va permettre de réaliser facilement les opérations précédentes.

Principes

Chaque nœud est considéré comme une racine.
On a donc autant d'arbres que de nœuds.
Les arbres les plus simples sont constitués d'un seul nœud : une feuille de l'arbre d'origine.

Exemple

Dans notre exemple, on se retrouve avec 13 arbres :



Première approche

principes

```
select level, empno, mgr  // level : niveau de l'enfant ds
l'arbre
from emp
connect by prior empno=mgr;   //  CONNECT BY PRIOR enfant =
parent
```

Principe du CONNECT BY PRIOR empno=mgr :

CONNECT BY PRIOR enfant = parent

« level » est une pseudo-colonne qui donne la « hauteur » de l'enfant dans l'arbre.
Le nœud de départ étant à 1, les feuilles de l'arbre d'origine ont toujours la hauteur la plus élevée.

résultats

```
     LEVEL      EMPNO        MGR
---------- ---------- ----------
         1       7902       7566
         2       7369       7902
         1       7788       7566
         2       7876       7788
         1       7654       7698
         1       7499       7698
         1       7900       7698
         1       7521       7698
         1       7844       7698
         1       7876       7788
         1       7698       7839
         2       7654       7698
         2       7499       7698
         2       7900       7698
         2       7521       7698
         2       7844       7698
         1       7782       7839
         1       7566       7839
         2       7902       7566
         3       7369       7902
         2       7788       7566
         3       7876       7788
         1       7369       7902
         1       7839
         2       7698       7839
         3       7654       7698
         3       7499       7698
         3       7900       7698
         3       7521       7698
         3       7844       7698
         2       7782       7839
         2       7566       7839
         3       7902       7566
         4       7369       7902
         3       7788       7566
         4       7876       7788
36 ligne(s) sélectionnée(s).
```

Présentation en arbres

principes

```
select lpad(' ',4*level-4) || empno arbre
from emp
connect by prior empno=mgr;
```

La fonction LPAD (chaine, nb) fabrique une chaine de « nb » caractères dont ceux de droite seront constitué par « chaîne ». Ici, elle nous permet de décaler l'affichage de « empno » en fonction du « level ».
Ainsi, on peut voir les 13 racines des 13 arbres possibles.
On voit aussi les 8 feuilles (mais qui apparaissent plusieurs fois en tant que feuilles)

résultats

```
ARBRE
--------------------------------------------------------------
7902
    7369
7788
    7876
7654
7499
7900
7521
7844
7876
7698
    7654
    7499
    7900
    7521
    7844
7782
7566
    7902
        7369
    7788
        7876
7369
7839
    7698
        7654
        7499
        7900
        7521
        7844
    7782
    7566
        7902
            7369
        7788
            7876

36 ligne(s) sélectionnée(s).
```

(*) ELEMENTS THEORIQUES DE L'ALGEBRE RELATIONNELLE

1. Modèle relationnel

Domaine

Un domaine c'est un ensemble de valeurs (que peut prendre un prédicat ou attribut). Il est défini en intension ou en extension. Il est non vide.

Exemples de domaine

- l'alphabet, domaine défini en extension;
- une chaîne de 20 caractères, défini en intension (toutes les combinaisons possibles de lettres entre 1 et 20 caractères).
- les entiers, domaine défini en intension;
- les entiers compris entre 0 et 100, domaine défini en extension;
- l'ensemble de couleurs {bleu, rouge, vert, marron}, domaine défini en extension.

Relation (table)

Une relation n-aire (ou table) est un sous-ensemble du produit cartésien d'une liste de domaines D1, D2, …, Dn.

$$R = \text{sous ensemble de } D1 \times D2 \times \ldots \times Dn$$

Une relation peut être vue comme un tableau à deux dimensions dont les colonnes correspondent aux domaines (et donc aux attributs) et les lignes correspondent aux éléments individuels.

Attribut

Un attrbut est une fonction entre une relation et un domaine auquel on ajoute la valeur NULL, cette valeur voulant dire « non défini ».

$$Ai : R \rightarrow Di \cup \{NULL\}$$

Une relation R définie sur n attributs est notée :

$$R(A1, A2, \ldots, An)$$

Un attribut c'est une colonne d'une relation caractérisée par un nom. L'ordre des colonnes dans la relation n'a pas d'importance.

Tuple

Un tuple est un n-uplet du produit cartésien d'une liste de domaines.
Le tuple, c'est une ligne de la table. L'ordre des lignes dans la table n'a pas d'importance.

Exemple :
Un tuple de la table des employés, c'est un sext-uplet du produit cartésien entre le domaine des n°, des noms, des fonctions, des dates, des salaires et des commissions.

Clé

Définition

La clé d'une table est un **sous-ensemble d'attributs qui détermine tous les autres attributs**. Ce sous-ensemble est tel que tous les attributs sont nécessaires pour former la clé.

Soit R une relation n-aire : R(A1, A2, …, An)
Soit l'ensemble d'attrbuts {Ai..Ak} avec {i, .., k} $\in$ [1 :n]

Soit f la fonction entre R et Di x … x Dk. f : R $\rightarrow$ Di x… x Dk
L'ensemble d'attrbuts {Ai..Ak} est une clé de R si et seulement si :

$$\forall x, y \in R, x \mathrel{!}= y \Rightarrow f(x) \mathrel{!}= f(y)$$

Obligation de la clé

Toute relation possède au moins une clé.
Donc, il n'y a jamais de doubons dans une relation.

Clé irréductible

Déf. (clé irréductible) : une clé C sur R est dite irréductible si et seulement si pour tout autre ensemble d'attributs D $\subset$ C, D n'est pas une clé.

Clé minimale

Déf. (clé minimale) : une clé C sur R est dite minimale s'il n'existe aucune autre clé sur R impliquant un moins grand nombre d'attributs.

Clé candidate

Déf. (clé candidate) : toute clé de taille minimale est une clé candidate.

Clé primaire

Déf. (clé primaire) : la clé unique choisie par le concepteur de la base parmi les clés candidates est clé primaire.

Clé étrangère

Déf. (clé étrangère) : une clé étrangère est un attribut qui fait référence à un attribut clé primaire.

Dépendance fonctionnelle

Un attribut Y (ou premier groupe d'attributs) dépend fonctionnellement d'un attribut X (ou second groupe d'attributs), si étant donné une valeur de X, il lui correspond une valeur unique de Y (et ceci quel que soit l'instant considéré).
On dit que X détermine fonctionnellement Y et on note :

X - > Y

Concrètement, les clés d'une relation déterminent fonctionnellement tous les autres attributs de la relation.

2. Algèbre relationnelle

Présentation

2 opérateurs élémentaires unaires

2 opérateurs spécifiques : projection et restriction

5 opérateurs élémentaires binaires

5 opérateurs ensemblistes : union, intersection, différence, division, produit cartésien

1 opérateur composé fondamental

1 opérateur composé : jointure (composé d'un produit cartésien et d'une restriction)

résultat

Le résultat de l'application d'un opérateur sur une ou plusieurs relations est une relation.

Les 2 opérateurs unaires : projection et restriction

Projection

Projeter des attributs d'une relation consiste à ne conserver que ces attributs dans la relation résultante et donc se séparer des autres.

- ***Formulation mathématique***

Soit R une relation n-aire : R(A1, A2, …, An)

Soit l'ensemble d'attributs L = {Ai, .. ,Ak} avec {i, .., k} $\in$ [1 :n]

$$\Pi_{L}(R) = R'(Ai, .. ,Ak)$$

ou encore : $\Pi_{Ai..Ak}(R) = R'(Ai, .. ,Ak)$

On peut aussi écrire :

Proj (R ; Ai, .. ,Ak)

➢ ***Représentation graphique***

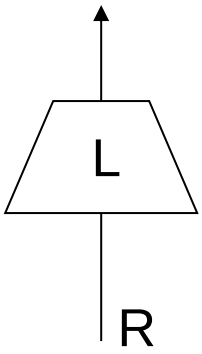
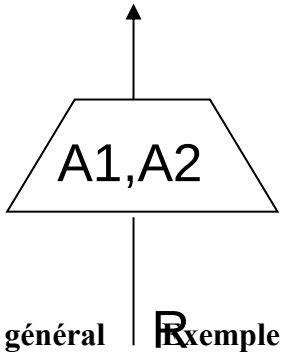


Schéma général



Exemple

A1	A2
a	b
a	a

A1	A2	A3
a	b	c
a	a	b

Restriction

La restriction consiste à ne conserver que certains tuples de la relation de départ.

➢ ***Formulation mathématique***

Soit R est une relation et C une condition, alors

$$\sigma_C(R) = \{ x \in R \text{ et } C(x) \}$$

On peut aussi écrire :

Rest(R ; C)

➢ ***Représentation graphique***

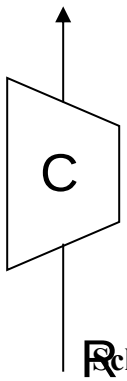
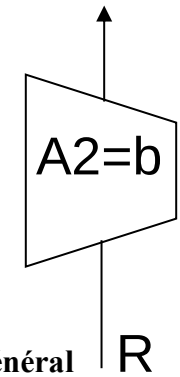


Schéma général



Exemple

A1	A2	A3
a	b	c

A1	A2	A3
a	b	c
a	a	b

Les 5 opérateurs ensemblistes

Union, intersection, différence

- ***Formulation mathématique***

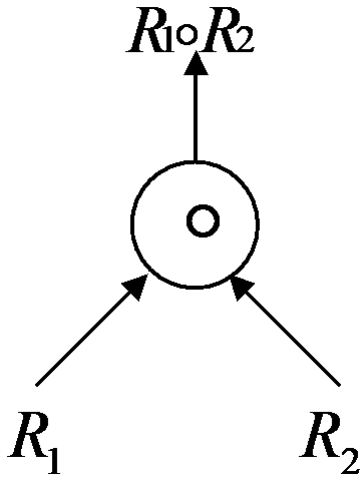
Union, intersection et différence sont des opérateurs binaires.
L'union et l'intersection sont des opérateurs commutatifs, la différence un opérateur non commutatif.
Les relations doivent avoir les mêmes attributs.
Soit R1 et R2 deux relations, alors

Union : R1 $\cup$ R2 = { x tel que x $\in$ R1 ou x $\in$ R2 }
Intersection : R1 $\cap$ R2 = { x tel que x $\in$ R1 et x $\in$ R2 }
Différence : R1 - R2 = { x tel que x $\in$ R1 et x $\notin$ R2 }

On peut aussi écrire :

Union(R1, R2)
Etc.

- ***Représentation graphique***



Avec « o » pour un opérateur parmi l'union, l'intersection ou la différence.

Division

- ***Formulation mathématique***

La division est un opérateur binaire non commutatif.

Soit B une relation n-aire : B(A1, A2, …, An)

Soit A une relation m-aire : A(A1, A2, …, An, An+1, …, Am) avec m > n.

A / B est une relation R définie par les attributs (An+1, …, Am)

$$A / B = \{ x \in R \text{ tel que } \forall y \in B, x\ X\ y \in A \}$$

On peut aussi écrire :

Division(A, B)

- ***Représentation graphique***

Même principe que pour l'union, l'intersection et la différence.

- ***Exemple***

A	X
A	Y
A	Z
B	X
C	Y

/

X
Y

=

A

Produit cartésien

- ***Formulation mathématique***

Le produit cartésien est un opérateur binaire commutatif.
Soit R1 et R2 deux relations, alors

$$R1 \text{ X } R2 = \{ (x, y) \text{ tel que } x \in R1 \text{ et } y \in R2 \}$$

Remarque : le produit cartésien est le seul opérateur qui permet de produire une table regroupant les attributs de deux tables.
On peut aussi écrire :

PC (R1, R2)

- ***Représentation graphique***

Même principe que pour l'union, l'intersection et la différence.

- ***Exemple***

A	A	X	X	=	A	A	X
A	B		Y		A	A	Y
			Z		A	A	Z
					A	B	X
					A	B	Y
					A	B	Z

L'opérateur composé : la jointure

Formulation mathématique

Une jointure est un produit cartésien associé à une restriction de jointure.

Soit A une relation : A(A1, A2, …, An)

Soit B une relation : B(B1, B2, …, Bm)

Une condition de jointure entre A et B est une condition qui met en jeu au moins un Ai et un Bi.

Soit C une condition de jointure entre A et B, alors

$$R1 \underset{C}{\bowtie} R2 = \sigma_C (R1 \times R2) = \{ (x, y) \text{ tel que } x \in R1 \text{ et } y \in R2 \text{ et } C(x,y)\}$$

On peut aussi écrire :

J (R1, R2; C)

Distinction entre jointure naturelle et jointure artificielle

Attention : cette distinction ne correspond pas au modèle relationnel standard.

Une jointure naturelle est une jointure dont la condition est de la forme :

R1.cléEtrangère = R2.cléPrimaire

Elle produit une relation dont la clé primaire est celle de R1.

On peut écrire :

JN (R1, R2)

Une jointure artificielle est une jointure qui n'est pas naturelle.

Représentation graphique Une jointure artificielle est une jointure qui n'est pas naturelle.