Introduction aux Bases de Données Relationnelles

Ce cours a pour objectif de montrer le processus qui couvre les phases de conception et de mise en œuvre de la base de données. Lors de chaque cours, les 90 premières minutes seront consacrées à la conception de la base de données à partir de schémas entités associations. Les 90 minutes restantes nous permettrons d'aborder l'implantation de la base de données en utilisant la norme SQL et le système de gestion de bases de données Oracle.

1- Qu'est-ce qu'une application bases de données

Ce sont des applications où l'aspect « données » est primordial :

- Volume de données important ;
- Très grande variété des données ;
- Persistance des données ;
- Echange de données entre applications ;
- Aspect multi-utilisateur ;
- Application à de très nombreux domaines d'activité ;
- Très grande variété d'utilisateurs autour d'une application BD ;
- …

Les réseaux informatiques (WEB), les interfaces graphiques font des bases de données un sujet d'actualité très important car il faut assurer la gestion de très gros volumes de données, l'accès aux bases de données 24 h / 24, la gestion d'un très grand nombre d'utilisateurs demandant des accès en même temps. Les applications bases de données ne sont donc plus limitées à des applications de gestion : on trouve des bases de données dans pratiquement tous les secteurs d'activités (transport, aéronautique, espace, médecine, pharmacie, …).

2- Le modèle relationnel

2.1- Définition

Le modèle relationnel est inventé par CODD à l'Université de San-José en 1970. C'est un modèle issu des Mathématiques. Malgré leurs bases mathématiques, les bases de données relationnelles n'apparaissent commercialement qu'au début des années 80.

Le modèle relationnel est basé sur la notion de relation. Une relation est un sous-ensemble du produit cartésien de différents domaines. Chaque élément de ce sous-ensemble est appelé un n-uples. Pour identifier les différents domaines, il est possible de les nommer. Ce nom est appelé l'attribut.

Exemple : Soit les deux domaines suivants :

nom = {Dupont, Durant, Dulong}
âge = {18, 19}
nom et âge sont les attributs.
On désire représenter les informations suivantes :
Dupont, 18 ans
Dulong, 19 ans
Durant, 18 ans

Soit le produit cartésien entre nom et âge :

Nom	***âge***
Dupont	18
Durant	18
Dulong	18
Dupont	19
Durant	19
Dulong	19

En gris, on a la relation. Chaque ligne grise est un n-uplet.

2.2- L'algèbre relationnelle

Afin de manipuler ces relations, il a été défini un ensemble d'opérateurs constituant une algèbre. L'application d'un opérateur produit une nouvelle relation. Cette propriété a permis de construire des langages de manipulation de données. On distingue les opérateurs suivants :

- ensemblistes : union, intersection, différence, produit cartésien ;
- spécifiques : projection, sélection, jointure, division ;
- agrégation.

Une partie du langage SQL est une mise en œuvre de ces opérateurs. Nous verrons dans la suite lors de la présentation des opérateurs SQL leur représentation en algèbre relationnelle.

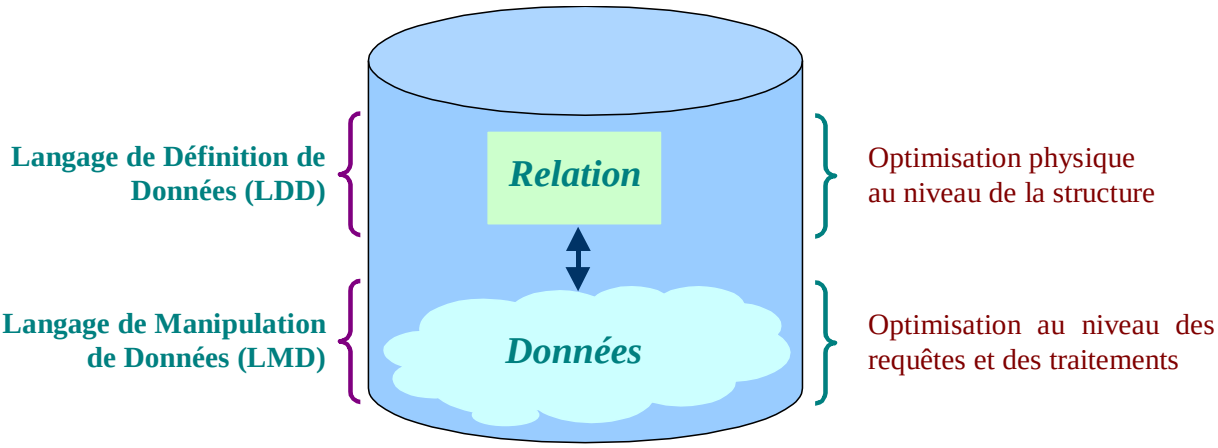
2.3- Le langage SQL (Structured Query Language)

C'est un langage créé dans les années 80 par IBM. Il est de type ensembliste mais il inclut des opérations permettant de réduire le nombre de données manipulées verticalement et/ou horizontalement. La projection permet la réduction verticale par diminution du nombre d'attributs manipulés. La sélection permet la réduction horizontale par diminution du nombre de n-uplets manipulés. La projection et la sélection sont deux éléments essentiels pour l'optimisation de l'exécution des requêtes.

Le langage SQL se décline sous la forme de deux sous-ensembles : le langage de définition de données ou LDD et le langage de manipulation de données ou LMD.

Le langage de définition de données permet de définir et de manipuler les relations au sein de la base de données.

Le langage de manipulation permet d'accéder, d'insérer, modifier et de supprimer des données dans la base.



2.4- Le Langage de Définition de Données : manipulation des relations

2.4.1- Les attributs

Chaque domaine identifié par un attribut possède un type. Quatre types sont principalement utilisés :

- ✓ char(n) : chaîne de caractères de longueur fixe n.
  Par exemple : le code postal est codé sur 5 caractères, un numéro de téléphone est composé de 10 chiffres. Attention, il ne faut pas confondre le chiffre 09000 et la chaîne de caractères '09000'. Pour un code postal, il est impensable de pouvoir faire des calculs comme on le ferait sur un nombre ;
- ✓ varchar2(n) : chaîne de caractères de longueur variable d'au maximum n ;
- ✓ number(n, m) : numérique à n chiffres ***dont*** m décimales ;
- ✓ date : comme son nom l'indique, ce type représente les dates et les heures.

Le système Oracle offre d'autres types dont nous ne parlerons pas dans ce cours. En particulier, il offre des types permettant de stocker des données binaires (images, textes utilisant des caractères nationaux, ...).

2.4.2- Création d'une relation

Pour créer une relation, il existe une seule instruction :

```
create table Nom_Relation (
        nom_attribut_1 type1 [default valeur1],
        nom_attribut_2 type2 [default valeur2],
        ...) ;
```

Exemple : créer une relation « Personne ». Une personne est caractérisée par son nom, son prénom, son adresse, sa date de naissance et son code postal.

```
create table Personne (
        nom             varchar2(20),
        prenom          varchar2(20),
        adresse         varchar2(100),
        code_postal     char(5),
        date_naissance  date);
```

Exemple : créer une relation « Voiture ». Une voiture est caractérisée par sa marque, sa couleur, son numéro d'immatriculation et son prix.

```
create table Voiture (
        marque          varchar2(10),
```

couleur varchar2(10),
immatriculation char(8),
prix number(9,2));

2.4.3- Modification d'une relation

Il est possible de modifier la structure d'une relation. En particulier, il est possible d'ajouter ou modifier ou supprimer :

- ✓ des attributs ;
- ✓ la valeur par défaut d'un attribut ;
- ✓ des contraintes sur des attributs ;
- ✓ des contraintes sur la relation.

Pour le moment, nous ne prendrons pas en compte les contraintes.

Attention : toute modification d'une relation est irrémédiable et ne peut pas être annulée.

Ajout d'attributs :

alter table nom_relation
add (nom_attribut_1 type1 [default valeur1],
nom_attribut_2 type2 [default valeur2], ...) ;

Modification d'attributs :

alter table nom_relation
modify (nom_attribut_1 type1 [default valeur1],
nom_attribut_2 type2 [default valeur2], ...) ;

Exemple : ajouter à la relation « Voiture » l'attribut « prop » contenant le nom du propriétaire de la voiture

alter table Voiture
add (prop varchar2(20)) ;

Exemple : modifier l'attribut « code_postal » de la relation « Personne » pour que par défaut la valeur du code postal soit 31000.

alter table Personne
modify (code_postal char(5) default '3100');

2.4.4- Destruction d'une relation

La commande permettant de détruire une relation est :
drop table nom_relation ;

Attention : la destruction d'une relation implique de facto la destruction des données qu'elle contient. Cette opération est irréversible.

2.5- Le Langage de Manipulation de Données : manipulation des données

Attention : toute modification du contenu d'une relation est réversible et peut être annulée dans le cadre des transactions

2.5.1- Insertion de données

L'insertion de données se fait par l'instruction :

insert into nom_relation (nom_att1, nom_att2, ... , nom_attn) **values**
(val_att1, val_att2, ..., val_attn) ;

Le nom des attributs est optionnel si on fournit une valeur à chaque attribut de la relation « nom_relation ».

La valeur « null »

La valeur « ***null*** » est une valeur spécifique en SQL qui est commune à tous les types. Elle représente un attribut sans valeur connue et est manipulée avec des opérateurs spécifiques.

Exemple : insérer dans la relation Personne les n-uples suivants :

Dupont	Jean	12, rue des Lilas	31000	12/12/1941
Dulong	Louis			11/11/1960

insert into Personne
values ('Dupont', 'Jean', '12, rue des Lilas', '31000', '12/12/1941') ;

insert into Personne **values** ('Dulong', 'Louis', null, null, '11/11/1960') ;

insert into Personne (date_naissance, nom, prenom)
values ('11/11/1960', 'Dulong', 'Louis') ;

2.5.2- Consultation et accès aux données

C'est la partie la plus complexe du langage de manipulation de données. En effet, elle permet de sélectionner, projeter et regrouper des données issues d'une ou plusieurs relations. Dans ce tour d'horizon du LMD, nous ne présenterons que des cas simples de l'utilisation de SQL. Ces opérateurs SQL peuvent tous être formalisés avec l'algèbre relationnelle, formalisation que nous présenterons aussi.

Première version (selection simple) :

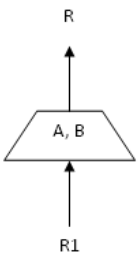
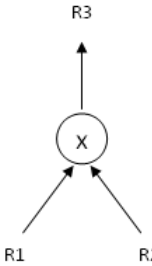
select cible **from** nom_rel_1, ..., nom_rel_n **where** condition ;

Cible : ensemble d'attributs que l'on désire extraire. La cible représente les attributs que l'on veut PROJETER.

nom_rel1, ... : ensemble des relations d'où sont extraites les données. La clause « ***from*** » permet d'effectuer le PRODUIT CARTESIEN entre les différentes relations présentes dans la clause « ***from*** ».

condition : expression booléenne permettant d'effectuer la SELECTION des n-uplets pertinents. Cette expression booléenne peut contenir des sous-expressions permettant de préciser les conditions selon lesquelles les différentes relations sont liées. Ces sous-expressions sont les clauses de jointure entre les différentes relations.

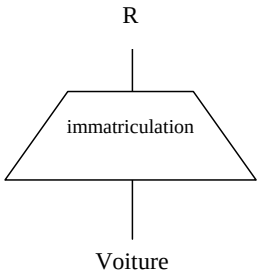
Formalisation avec l'algèbre relationnelle

Représentation graphique			
Représentation langage	PROJECT R1 OVER A, B GIVING R	MULTIPLY R1 BY R2 GIVING R3	SELECT R1 WHERE P GIVING R

Représentation symbolique	$R = \prod_{A,B} R1$	R3 = R1 x R2	$R = \sigma_{p} R1$
	Projection	Produit cartésien	Sélection

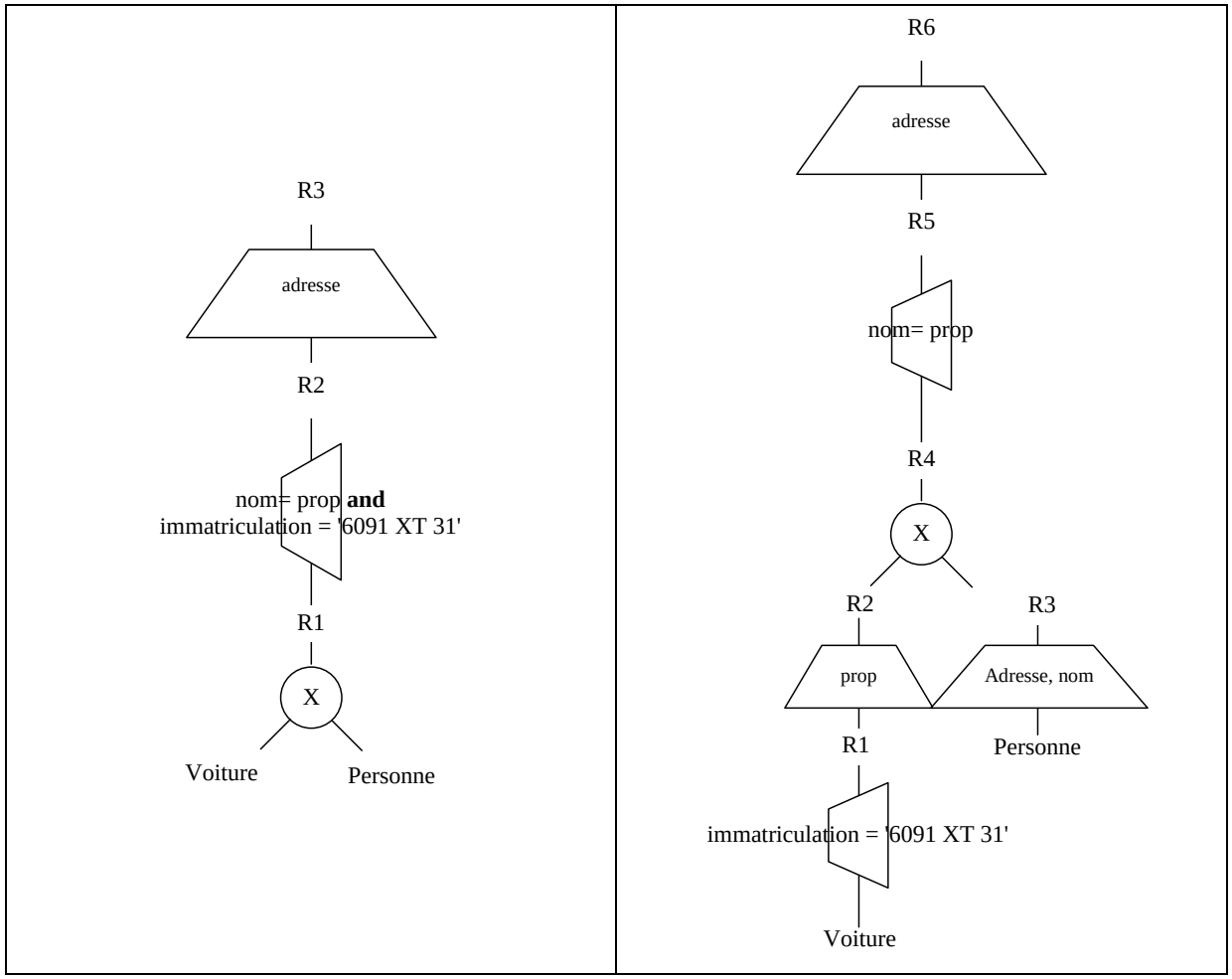
Exemple : donner le numéro d'immatriculation de toutes les voitures en SQL et en algèbre relationnelle.

select immatriculation **from** Voiture ;



donner l'adresse du propriétaire de la voiture immatriculée "6091 XT 31" en SQL et en algèbre relationnelle

select adresse **from** Voiture, Personne
where Personne.nom=Voiture.prop **and** immatriculation = '6091 XT 31' ;



Deuxième version (requête ensembliste) :

select cible1 **from** nom_rel_{11}, ..., nom_rel_{1n} **where** $condition_1$ operateur_ensembliste

select cible2 **from** nom_rel_{21}, ..., nom_rel_{2m} **where** $condition_2$;

operateur_ensembliste: Cet opérateur peut être l'union (UNION), l'intersection (INTERSECT) ou la soustraction (MINUS) de deux ensembles. Dans ce cas cible1 et cible2 doivent être compatibles, c'est-à-dire que tous les attributs constituant cible1 et cible2 doivent avoir des types compatibles deux à deux. En d'autre terme :

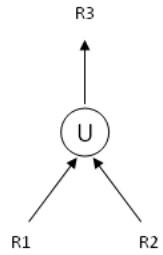
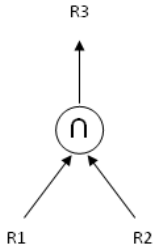
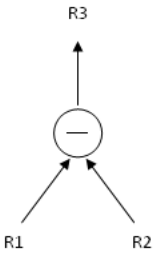
Soit cible1 = $\{att_{11}, \ldots, att_{1n}\}$ et cible2 = $\{at_{t21}, \ldots, att_{2n}\}$
cible1 et cible2 sont compatibles ➔
card(cible1) = card(cible2) et $\forall i$ type (att_{1i}) = type (att_{2i})

Rappel sur les opérateurs ensemblistes :

Soit deux ensembles E1={a, b, c, d} et E2={a, c, e, f} alors
$E1 \cup E2 = \{a, b, c, d, e, f\}$ attention les éléments en double ne sont pas dupliqués ;
$E1 \cap E2 = E1 - (E1 - E2) = \{a, c\}$;
$E1 - E2 = \{b, d\}$;
$E2 - E1 = \{e, f\}$ attention, l'opérateur minus n'est pas commutatif.

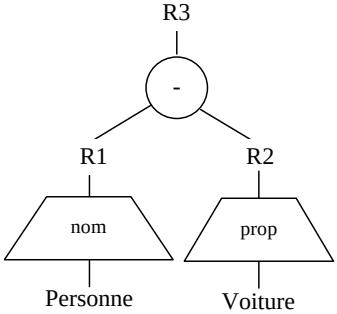
Il est possible de représenter les opérateurs d'inclusion et d'égalité en utilisant l'opérateur minus :
$E1 \subset E2 \Leftrightarrow E1 - E2 = \varnothing$
$E1 = E2 \Leftrightarrow E1 - E2 = \varnothing \wedge E2 - E1 = \varnothing$

Formalisation avec l'algèbre relationnelle

Représentation graphique			
Représentation langage	R1 UNION R2 GIVING R3	R1 INTERSECT R2 GIVING R3	R1 MINUS R2 GIVING R3
Représentation symbolique	$R3 = R1 \cup R2$	$R3 = R1 \cap R2$	$R3 = R1 - R2$
	Union	Intersect	Minus

Exemple : donner le nom de toutes les personnes ne possédant pas de voiture.

select nom **from** Personne
minus
select prop **from** Voiture ;



Troisième version (regroupement) :

select cible **from** nom_rel_{11}, ..., nom_rel_{1n} **where** condition1
goup by nom_att_1,..., nom_att_m **having** condition2 ;

group by : opérateur permettant de regrouper, en vu de leur traitement, les n-uplets ayant des valeurs identiques pour le sous-ensemble (nom_att_1, …, nom_att_n). Lors de l'utilisation d'un « group by », la cible ne peut être composée que d'attributs présents dans la clause « group by » ou d'opérations d'agrégation telles que ***sum***, ***avg***, ***max***, ***min***, ***count***, …

condition2 : expression booléenne portant uniquement sur des résultats d'opérations d'agrégation.

Exemple : donner le nombre de voitures possédées par chaque personne.

select prop, count(*) **from** Voiture
group by prop;

donner le nom des personnes possédant au moins trois voitures.

select prop **from** Voiture
group by prop
having count(*) > 2 ;

donner le nombre de voitures présentes dans la relation voiture

select count(*) **from** Voiture ;

Attention, count, sum, avg, min et max ne prennent en compte que des attributs non « null ».

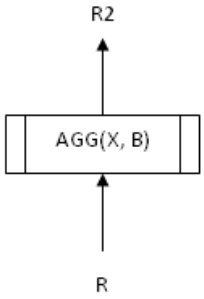
Exemple : soit la relation « Note » contenant les valeurs suivantes.

Nom	***Note***
Dupin	12,50
Dulong	8,00
Durant	
Martin	14,00
Durant	

count(*)=6
count(Note)=3
sum(Note)=34,50
avg(Note)=11,5 et non 5,75

Formalisation avec l'algèbre relationnelle

Représentation graphique



Représentation langage : AGG (R, X, B) GIVING R2

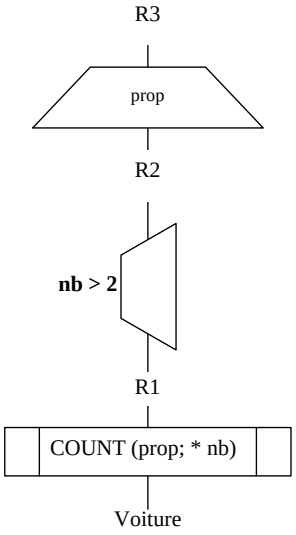
Représentation symbolique : R2 = AGG (R; X; B)

Agrégation

R : relation sur laquelle s'applique la fonction d'agrégation AGG
X : liste des attributs de R servant à définir un critère de regroupement.
On regroupe dans R les lignes possédant la même valeur par rapport à X.
B : attribut agrégé
AGG : fonction d'agrégation

- COUNT dénombrement
- SUM cumul
- MIN plus petite valeur
- MAX plus grande valeur
- AVG moyenne

Exemple : donner le nom des personnes possédant au moins trois voitures.



2.5.3- Modification d'une donnée

update nom_rel **set** nom_att_1=val_att_1, ..., nom_att_n=val_att_n
where condition ;

Exemple : modifier l'immatriculation de la voiture immatriculée '6091XT 31' par '333AZE75'.

update Voiture
set immatriculation ='333AZE75'
where immatriculation='6091XT31';

2.5.4- Destruction d'une donnée

delete from nom_rel **where** condition ;

Exemple : détruire le n-uplet correspondant à la voiture immatriculée '333AZE75'.

delete from Voiture
where immatriculation='333AZE75';

Exemple : détruire tous les n-uplet de la relation voiture.

delete from Voiture;

A la différence de la commande permettant la destruction d'une relation, la destruction des données contenues dans une relation est réversible.

2.5.5- Exercice récapitulatif

On désire créer une relation contenant les informations inhérentes aux salariés de la société "TOUT VA BIEN". Un salarié est caractérisé par son code (unique, différent pour chaque salarié et composé de trois caractères), son nom, son prénom, son ancienneté (en mois) et son salaire.
Ecrire en SQL, les requêtes suivantes :

1. Créer la relation SALARIE ;

2. Ajouter l'attribut contenant le code du supérieur direct de chaque salarié. Un supérieur est un salarié comme les autres et les informations le concernant se trouvent aussi dans la relation ;

3. Insérer dans la relation « ***SALARIE*** » les données suivantes :

S01	DUPONT	Pierre	12	4400,00	
S02	DUPONTEL	Eloise	36	2100,00	S10

4. Mettre à jour le code du supérieur du salarié « S02 » sachant que ce supérieur à le numéro de code « S01 » ;

5. Extraire tous les salariés dont le supérieur a pour code « S02 » ;

```
COD NOMSAL               PRENOMSAL                 ANC        SAL COD
--- -------------------- -------------------- ---------- ---------- ---
S05 MARIN                Louis                      12       1600 S02
S06 BLOND                Eric                       14       1650 S02
S07 ROBERT               Carole                     20       1750 S02
```

6. Calculer la masse salariale totale de l'entreprise ;

```
  SUM(SAL)
----------
     47000
```

7. Pour chaque salarié qui dirige des collaborateurs, calculer le nombre de collaborateurs qu'il dirige ;

```
COD   COUNT(*)
--- ----------
              1
S01           3
S02           5
S03           7
S06           3
S21           5
S04           6

7 lignes sélectionnées.
```

8. Extraire le code du supérieur qui a le plus grand nombre de collaborateurs directement sous ses ordres ;

```
COD
---
S03
```

9. Extraire le nom du supérieur qui à le plus grand nombre de collaborateurs directement sous ses ordres ;

```
NOMSAL
--------------------
DULIN
```

10. Calculer le salaire moyen dans l'entreprise ;

```
  AVG(SAL)
----------
1678,57143
```

11. Donner l'ensemble des salariés sous la direction du salarié de code « S02 » et ceux sous la direction du salarié de code « S03 » (utilisation de l'union) ;

```
COD NOMSAL               PRENOMSAL                ANC        SAL COD
--- -------------------- -------------------- ---------- ---------- ---
S05 MARIN                Louis                        12       1600 S02
S06 BLOND                Eric                         14       1650 S02
S07 ROBERT               Carole                       20       1750 S02
S11 DURANT               Paul                         13       1400 S03
S12 DULONG               Clara                         6       1100 S03
S13 PEYRE                Corinne                       6       1100 S03
S14 FAURE                Paul                         17       1600 S03
S15 LAURENT              Emma                         10       1200 S03
S16 DURANT               Paul                         13       1400 S03
S27 DELGADO              Valérie                      16       1500 S03

10 lignes sélectionnées.
```

12. Donner l'ensemble des collaborateurs sous la direction du salarié de code « S02 » et ceux sous la direction du salarié de code « S03 » (utilisation d'une requête simple) ;

13. Donner le nom des salariés qui ont le plus petit salaire de la société ;

```
NOMSAL
--------------------
DULONG
PEYRE
```

14. Donner le nombre de salariés ayant un salaire strictement supérieur au salaire moyen de l'entreprise ;

```
  COUNT(*)
----------
         8
```

15. Ajouter 10% d'augmentation aux salariés dont le salaire est inférieur ou égal au salaire moyen de l'entreprise ;

16. Donner le code des salariés qui ne sont supérieurs d'aucun autre salarié ;

```
COD
---
S05
S07
S08
S09
S10
S11
S12
S13
S14
S15
S16
S17
S18
S19
S20
S22
S23
S24
S25
S26
S27
```

```
S28

22 lignes sélectionnées.
```

3- Clés primaires et clés étrangères

3.1- Clé primaire

Une relation est un ensemble de n-uplets. Afin de pouvoir les manipuler, il est nécessaire de pouvoir les distinguer au sein de la relation. Un attribut ou groupe d'attributs va jouer le rôle d'identifiant de la relation : ***c'est la clé primaire***. **Une valeur de clé primaire permet d'identifier de manière *unique* un n-uplet d'une relation.**

3.1.1- Définitions

Une clé primaire est un ensemble d'attributs, K, vérifiant la double propriété :
Unicité : les valeurs de clés primaires sont uniques et non nulles ;
Minimalité : aucun attribut composant K ne peut être enlevé sans perdre la propriété d'unicité.

Remarques :
1. lorsque la clef primaire est composée de plusieurs attributs, il peut être pertinent, pour simplifier la manipulation des données, d'introduire un nouvel attribut faisant office de clef primaire pour cette relation ;
2. Une relation ne peut avoir qu'une clef primaire. Si plusieurs clefs sont possibles, il est nécessaire d'en fixer une arbitrairement. Les clefs potentielles qui ne sont pas primaires sont appelées clefs candidates.

3.1.2- Exemple

Soit la relation « Voiture » définie précédemment, quel ou quels attributs peuvent être considérés comme une clef primaire ?

Voiture = {marque, couleur, immatriculation, prix} ;

Soit la relation « Personne » définie précédemment, quel ou quels attributs peuvent être considérés comme une clef primaire ?

Personne = {nom, prenom, date_naissance, adresse, code_postal };

Il n'y a pas de clef primaire évidente. On peut considérer que pour une entreprise de petite taille les trois attributs nom, prénom et date_naissance définissent de manière unique l'adresse et le code postal. Cette clef étant composée de trois attributs, il peut être intéressant d'introduire un attribut *id_personne* dont on assure l'unicité et l'existence pour tous les n-uplets de la relation. Dans ce cas, la définition de la relation devient :

Personne = {id_personne, nom, prenom, date_naissance, adresse, code_postal };

3.1.3- exercice

Soit la relation R= {A, B, C, D} et les n-uplets suivants :

A	B	C	D
a_1	b_1	c_1	d_1
a_2	b_2		d_2
a_2	b_3	c_2	d_3
a_3	b_4	c_3	d_1
a_3	b_5	c_1	
a_3	b_6	c_2	d_5
a_1	b_2	c_3	d_4

$\forall i,j \ / \ i \neq j \Rightarrow a_i \neq a_j$ et a_i est non null
$\forall i,j \ / \ i \neq j \Rightarrow b_i \neq b_j$ et b_i est non null
$\forall i,j \ / \ i \neq j \Rightarrow c_i \neq c_j$ et c_i est non null
$\forall i,j \ / \ i \neq j \Rightarrow d_i \neq d_j$ et d_i est non null

Déterminer la ou les clés potentielles de la relation R.

3.2- clef étrangère

3.2.1- Définitions

3.2.1.1- Domaine primaire

Un domaine primaire est un domaine sur lequel une clef primaire est définie.

3.2.1.2- clef étrangère

Un attribut qui n'est pas clef primaire mais qui est défini sur un domaine primaire est appelé une clef étrangère.
Remarque : une clef étrangère est clef primaire dans une relation.

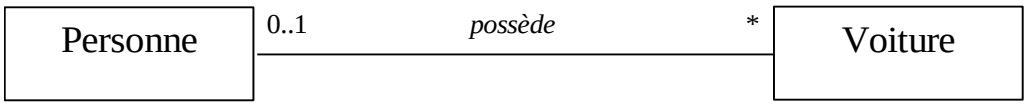
3.2.1.3- Intégrité référentielle

C'est une conséquence de la définition d'une clef primaire et des clefs étrangères. Soit un ensemble d'attributs A d'une relation R_1 définit sur le domaine primaire D d'une relation R_2. Alors à chaque valeur v de A dans R_1 on doit avoir, soit la valeur ***v non renseignée***, soit la valeur v est une des valeurs définie sur le domaine D de la relation R_2.

3.2.2- Exemple

On désire introduire dans la relation « Voiture » l'information suivante :

Toute voiture, lorsqu'elle est vendue, est possédée par un propriétaire qui est une personne.



Personne = {id_personne, nom, prenom, date_naissance, adresse, code_postal };

Voiture = { immatriculation, marque, couleur, prix, #id_personne} ;

Personne	id_personne	nom	prenom	date_naissance	adresse	Code_Postal
	1	Millan	Thierry	17/04/1980	Toulouse	31200
	2	Dupont	Pierre	12/12/1960	Paris	75002
	3	Durant	Louis	01/12/1943	Foix	09000

Voiture	Immatriculation	marque	couleur	prix	id_personne	
	6091XT31	Citroen	Gris	15000	1	
	453ABS31	Peugeot	Blanc	10000		
	234XZY75	Fiat	Bleu	9000	2	
	1234ZE09	Citroen	Rouge	16000	5	IMPOSSIBLE

car la personne ayant comme ***id_personne*** « 5 » n'existe pas dans la relation « Personne », il sera donc impossible d'insérer ce n-uplet dans la relation « Voiture » car il y a violation de la contrainte d'intégrité référentielle.

Si l'on désire supprimer la personne ayant comme ***id_personne*** « 2 », il y a violation de la contrainte d'intégrité référentielle car si ce n-uplet est supprimé alors le propriétaire de la voiture « 234XZY75 » n'a plus de propriétaire.

Si l'on désire modifier l'identifiant de « ***Thierry Millan*** », alors la voiture « 6091XT31 » n'a plus de propriétaire, il y a donc une violation de la contrainte d'intégrité référentielle.

3.3- Mise en œuvre en SQL

Il existe deux techniques pour créer les clefs primaires et les clefs étrangères associées à une relation : soit directement lors de la création de la relation, soit par ajout de ces contraintes une fois la relation créée.

Il est préférable d'utiliser la seconde solution car lorsque la relation est créée à partir d'une relation existante, les contraintes et en particulier la clef primaire et les clés étrangères ne sont pas créées par cette recopie. La seconde solution permet de les ajouter indépendamment de la création de la relation. De plus, certaines contraintes comme les contraintes de clefs étrangères doivent être créées une fois les clefs primaires créées. Cet ordonnancement n'est pas garanti si les contraintes sont implantées en même temps que la structure.

Il est important de nommer les contraintes afin de pouvoir les manipuler. Par exemple, il est possible de détruire une contrainte ou de la désactiver momentanément

3.3.1- Contrainte de relation ou contrainte d'attribut

La plupart des contraintes peuvent être positionnées soit au niveau des attributs, soit au niveau des relations. La principale différence se situe dans le fait qu'une contrainte au niveau d'un attribut ne peut concerner qu'un seul attribut. Une contrainte de niveau relation peut concerner un ensemble d'attributs.

3.3.1.1- Création d'une contrainte d'attribut durant la création d'une relation

create table Nom_Relation **(**
nom_attribut$_1$ type$_1$ [default valeur$_1$],
nom_attribut$_i$ type$_i$ [default valeur$_i$]
constraint nom_contrainte définition_contrainte,
nom_attribut$_n$ type$_n$ [default valeur$_n$]
...**)** ;

3.3.1.2- Création d'une contrainte de relation durant la création d'une relation

create table Nom_Relation **(**
nom_attribut$_1$ type$_1$ [default valeur$_1$],
nom_attribut$_2$ type$_2$ [default valeur$_2$],
...
nom_attribut$_n$ type$_n$ [default valeur$_n$],
constraint nom_contrainte définition_contrainte
) ;

Remarque :

- **Les noms des différentes contraintes doivent être différents**.

3.3.1.3- Création d'une contrainte d'attribut après la création d'une relation

alter table nom_relation
modify nom_attribut **constraint** nom_contrainte définition_contrainte;

Remarque : si la contrainte concerne un attribut déjà présent dans la table, il s'agit alors d'une modification de l'attribut et il faut utiliser un « **alter table** … **modify** … ».

3.3.1.4- Création d'une contrainte de relation après la création d'une relation

alter table nom_relation

add constraint nom_contrainte définition_contrainte ;

Remarque : les contraintes de relation n'existent pas lors de la création de la relation. Il faut donc les ajouter en utilisant « **alter table** … **add** … ».

Dans la suite de ce cours, nous ne présenterons plus que les contraintes de relation hormis si la contrainte n'existe qu'en tant que contrainte d'attribut. De plus, nous dissocierons la création de la structure de la relation de la création des contraintes.

3.3.2- Définition de la clé primaire

alter table nom_relation
add constraint contrainte **primary key** (nom_att_i, [nom_att_j, …]) ;

Exemples :

alter table Voiture
modify immatriculation **constraint** CP_Voiture **primary key** ;
Contrainte d'attribut positionnée une fois la relation créée

alter table Personne
add constraint CP_Personne **primary key** (nom, prenom, date_naissance));
Contrainte de relation positionnée une fois la relation créée

ou

alter table Personne
add id_personne char(4) **constraint** CP_Personne **primary key**;
Ajout d'un nouvel attribut avec positionnement d'une contrainte

3.3.3- Définition de clés étrangères

alter table nom_relation
add [**constraint** nom_contrainte] **foreign key** (nom_att_i, [nom_att_j, …])
references $nom\_relation_1$($nom\_attribut_x$, [,$nom\_attribut_y$] …);

Remarque :

Si les attributs suivants « foreign key » ont le même nom que ceux suivants « *$nom\_relation_1$* » alors la liste des attributs suivants « *$nom\_relation_1$* » peut être omise.

Exemple :

alter table Voiture
add constraint CE_Personne_id_personne **foreign key (**Prop)
references Personne**(**id_personne**)**;

Attention :

foreign key ($nom\_attribut_i$,$nom\_attribut_j$) **references** relation($nom\_attribut_x$, $nom\_attribut_y$) ***est différent de*** **foreign key** ($nom\_attribut_i$) **references** relation($nom\_attribut_x$) et **foreign key** ($nom\_attribut_j$) **references** relation($nom\_attribut_y$)

3.4- Contraintes liées à l'utilisation des clés

Soit deux relations R_a et R_b avec R_b contenant une clef étrangère référençant la clef primaire de R_a.

3.4.1- Insertion des données

Lors de l'insertion d'un tuple dans $\mathbf{R_b}$, deux cas sont possibles :

1. L'insertion est possible si soit les valeurs prévues pour la clef étrangère sont présentes comme clef primaire de $\mathbf{R_a}$, soit si les valeurs prévues ont la valeur nulle ;
2. L'insertion est refusée si les valeurs prévues pour la clef étrangère ne sont pas présentes comme clef primaire de $\mathbf{R_a}$.

3.4.2- Suppression et mise à jour de la clé primaire

Lors de la suppression ou de la mise à jour d'une donnée de $\mathbf{R_a}$ deux cas sont possibles :

1. La suppression ou la mise à jour de $\mathbf{R_a}$ est possible si les valeurs de la clef primaire de $\mathbf{R_a}$ ne sont pas utilisées comme clef étrangère dans $\mathbf{R_b}$;
2. Si les valeurs de la clef primaire de $\mathbf{R_a}$ sont utilisées comme clef étrangère dans $\mathbf{R_b}$ alors la suppression ou la mise à jour de $\mathbf{R_a}$ dépend de la déclaration de la clef étrangère de $\mathbf{R_b}$:
   i. Si aucune option, lors de la définition, n'est précisée alors la suppression ou la modification du tuple de $\mathbf{R_a}$ est impossible ;
   ii. Si une option est précisée :

   Foreign key (liste_de_colonne) **references** nom_relation(liste_de_colonne**)** [**on delete** {**no action** | **cascade** | **set default** | **set null**}] [**on update** {**no action | cascade | set default | set null**}]

   No action est équivalent à l'omission des clauses **on delete** ou **on update** ;

   Cascade indique qu'il faut :
   - Détruire les n-uples de la relation $\mathbf{R_b}$ dont la clef étrangère référence la clef primaire de $\mathbf{R_a}$
   - Modifier la valeur de la clef étrangère de manière à refléter les modifications de la valeur de la clef primaire de $\mathbf{R_a}$ correspondante ;

   set default indique que le tuple de $\mathbf{R_a}$ est supprimé (resp. modifié) et que les valeurs de la clef étrangère des tuples de $\mathbf{R_b}$ sont initialisés à leur valeur par défaut. Cette option n'est possible que s'il existe des valeurs par défaut pour les valeurs de la clef étrangère ;

   set null indique que le tuple de $\mathbf{R_a}$ est supprimé (resp. modifié) et que les valeurs de la clef étrangère des tuples de $\mathbf{R_b}$ sont initialisés à « ***null*** **»**. Cette option n'est possible que si la valeur « ***null*** » est possible pour la clef étrangère ;

3.4.3- Exemple

Reprenons la relation « Voiture » et la clef étrangère « prop » et les tuples suivants :

alter table Voiture
add constraint CE_VOITURE_Prop **foreign key (**Prop)
references Personne(id_personne**) on delete cascade**
on update cascade ;

Personne	id_personne	Nom	prenom	date_naissance	adresse	Code_Postal
	1	Millan	Thierry	17/04/1980	Toulouse	31200
	2	Dupont	Pierre	12/12/1960	Paris	75002
	3	Durant	Louis	01/12/1943	Foix	09000

Voiture	Immatriculation	Marque	couleur	Prix	prop
	6091XT31	Citroen	Gris	15000	1
	453ABS31	Peugeot	Blanc	10000	3
	234XZY75	Fiat	Bleu	9000	2
	1234ZE09	Citroen	Rouge	16000	2

delete from Personne **where** id_personne=2 ;
update Persone set id_personne=2 **where** id_personne =3 ;

Personne	id_personne	nom	prenom	date_naissance	adresse	Code_Postal
	1	Millan	Thierry	17/04/1980	Toulouse	31200
	~~3~~ **2**	Durant	Louis	01/12/1943	Foix	09000

Voiture	Immatriculation	marque	couleur	Prix	prop
	6091XT31	Citroen	Gris	15000	1
	453ABS31	Peugeot	Blanc	10000	~~3~~ 2

alter table Voiture
modify constraint CE_VOITURE_Prop **foreign key (**Prop)
references Personne(id_personne**) on delete set null**;

delete from Personne **where** id_personne=2;

Personne	id_personne	nom	prenom	date_naissance	adresse	Code_Postal
	1	Millan	Thierry	17/04/1980	Toulouse	31200

Voiture	Immatriculation	marque	couleur	Prix	prop
	6091XT31	Citroen	Gris	15000	1
	453ABS31	Peugeot	Blanc	10000	

4- Requêtes complexes

4.1- Fonctions supplémentaires

least : ***Syntaxe*** : least(exp_1, exp_2)
Retourne la plus petite valeur de la liste
greatest : ***Syntaxe*** : greatest(exp_1, exp_2)
Retourne la plus grande valeur de la liste
nvl : ***Syntaxe :*** nvl(exp_1, exp_2)
Retourne exp2 si exp1 est nulle, si non retourne exp1
substr : ***Syntaxe*** : substr(char, m, [,n])
Retourne une portion de ***n*** caractères de la chaîne ***char*** commençant à la position ***m***

4.2- Prédicat "like"

Le prédicat « ***like*** » permet de réaliser une comparaison entre la valeur de la colonne et celle de la chaîne en utilisant des caractères génériques de substitution.
Syntaxe : colonne [not] like char [escape 'c']
Les caractères génériques de substitution offerts par SQL sont :

- % substitue zéro ou plusieurs caractères
- _ substitue un seul caractère

L'option « ***escape*** » permet d'identifier un caractère comme une séquence d'échappement. Ceci est surtout utilisé pour permettre l'utilisation des caractères génériques comme des caractères littéraux. Si la séquence d'échappement est définie par le caractère '\' alors '_' signifie que le souligné est une donnée et non pas un caractère générique.

Exemple : lister tous les clients dont le nom se termine par la chaîne 'nd' et tous les articles dont la désignation comprend la chaîne 'N_D' à partir de la deuxième position.
select * from Client **where** nom **like '%**nd**';**
select * from article **where** designation **like '_**N_D**%' escape** '**';**

4.3- Requête multi-tables

Les requêtes multi-tables utilisent autant de relations que le programmeur le désire. Pour être efficace, ces requêtes doivent exploiter autant que faire se peut la relation existant entre les relations c'est-à-dire la relation entre les clefs étrangères et les clefs primaires. En effet, la définition des clefs primaires et des clefs étrangères entraîne la mise en place par le système de gestion de bases de données de mécanismes d'optimisation pour améliorer les performances en consultation.

4.4- prédicats "in" et "exists"

4.4.1- Prédicat "in"

4.4.1.1- Définition

Le prédicat « **in** » permet de comparer la valeur de l'expression située à gauche du mot clef « **in** » à la liste des valeurs comprises entre parenthèses.

Syntaxe : {expression [**not**] **in** {liste_exp | requête} |
liste_exp [**not**] **in** {(liste_exp[, liste_exp]…) | requête}

Le prédicat '**in**' retourne vrai si l'expression de gauche coïncide avec au moins une valeur de la liste de droite ou une valeur retournée par la requête.

Le prédicat '**not in**' retourne vrai si l'expression de gauche ne coïncide avec aucune valeur de la liste de droite ou avec aucune valeur retournée par la requête.

Attention : il faut veiller à ce que la liste des valeurs de droites ne contienne pas de valeur « ***null*** ». En effet, lorsque la valeur « ***null*** » apparaît dans la liste de droite le prédicat « ***in*** » retourne faux.

4.4.1.2- Exemple

Reprenons la relation « Voiture », on désire connaître le prix des Citroen blanches, des Peugeot rouges et des Renault bleus.

select PRIX **from** VOITURE
where (MARQUE, COULEUR) **in** (('Citroen', 'Blanc'), ('Renault', 'bleu'), ('Peugeot', 'rouge'));

Reprenons la relation « ***SALARIE*** », on désire connaître le nom des salariés qui ne sont supérieurs de personne.

select NOM **from** SALARIE
where CODSAL **not in (** **select** CODSUP **from** SALARIE
where CODSUP **is not null);**

4.4.2- Prédicat "exists"

4.4.2.1- Définition

Le prédicat "***exists***" renvoie la valeur vrai ou faux selon le résultat de la sous-requête. Si l'évaluation de la sous-requête donne lieu à un ou plusieurs résultats, la valeur retournée est vraie. Cette valeur est fausse dans le cas contraire.

Syntaxe : **[not] exists** (sous-requête)

Attention : Pour que ce prédicat ait un sens, il faut déterminer un lien entre la requête initiale et la sous-requête : c'est la synchronisation.

4.4.2.2- Exemple

Reprenons la relation « SALARIE », on désire connaître le nom des salariés qui ne sont supérieur de personne.

select NOM **from** SALARIE S1
where not exists (select * **from** SALARIE **where** CODSUP=S1.CODSAL**);**

4.5- Opérateur de jointure

4.5.1- Produit cartésien

Le produit cartésien consiste à croiser toutes les données d'une relation avec celles d'une autre.

Syntaxe : **select** att_1, att_2, …
from $relation_1$ [$alias_1$], $relation_2$ [$alias_2$], …;

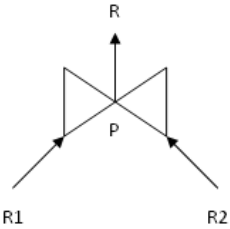
4.5.2- Jointure

Une jointure de deux relations permet de faire un rapprochement entre ces deux relations par comparaison des valeurs des attributs des deux relations. Les attributs utilisés pour la comparaison sont appelés attributs de jointure. Le résultat d'une jointure est une relation virtuelle dont les attributs proviennent des deux relations et les n-uplets sont ceux des deux relations vérifiant la condition.

Syntaxe : **select** att_1, att_2, …
from $relation_1$ [$alias_1$], $relation_2$ [$alias_2$], …
where $relation_1.att_{1i} = relation_2.att_{2j}$
and condition ;

Formalisation avec l'algèbre relationnelle

Représentation graphique



Représentation langage JOIN R1, R2 WHERE P GIVING R

Représentation symbolique $R = R1 \underset{P}{\bowtie} R2 = \sigma_P(R1 \times R2)$

Jointure

4.5.3- Autojointure

Une autojointure est une jointure d'une relation avec elle-même. Dans ce cas, l'utilisation des alias est obligatoire pour différentier les différentes occurrences de la relation.

Exemple : soit la relation « ***Parent*** » contenant les trois attributs « id_mère », « id_enfant » et « id_père » correspondant respectivement à l'identifiant de la mère, de l'enfant et du père. Ecrire la requête permettant de calculer pour tous les enfants ses grands-parents maternels.

select P.id_enfant, GP.id_père, GP.id_mère
from Parent P, Parent GP
where P.id_mère = GP.id_enfant ;

4.5.4- Jointure externe ou demi-jointure

Une jointure externe est une jointure qui favorise une relation par rapport à une autre. Ainsi, les n-uplets de la relation dominante seront affichés même si la condition n'est pas vérifiée.

Une jointure externe est explicitée par l'opérateur (+) qui est placé dans la clause where après l'attribut de la relation subordonnée.

4.5.5- Syntaxe SQL2 pour la jointure et la jointure externe

	Syntaxe Oracle	Syntaxe SQL2
Jointure	**select** att_1, att_2, … **from** rel_1, rel_2 **where** $rel_1.att_{1i} = rel_2.att_{2j}$;	**select** att_1, att_2, … **from** rel_1 [**inner**] **join** rel_2 **on** $rel_1.att_{1i} = rel_2.att_{2j}$;
Jointure externe droite	**select** att_1, att_2, … **from** rel_1, rel_2 **where** $rel_1.att_{1i}$ (+) = $rel_2.att_{2j}$;	**select** att_1, att_2, … **from** rel_1 **right outer join** rel_2 **on** $rel_1.att_{1i} = rel_2.att_{2j}$;
Jointure externe gauche	**select** att_1, att_2, … **from** rel_1, rel_2 **where** $rel_1.att_{1i} = rel_2.att_{2j}$ (+) ;	**select** att_1, att_2, … **from** rel_1 **left outer join** rel_2 **on** $rel_1.att_{1i} = rel_2.att_{2j}$;

4.5.6- Exemples

- Soit les deux relations $R_a(A, B)$ et $R_b(A, C)$.

R_a	A	B
	a_1	b_1
	a_2	b_1
	a_3	b_2

R_b	A	C
	a_1	c_1
	a_4	c_2

Soit les requêtes suivantes :

1. select * from R_a, R_b;
2. select * from Ra, Rb where $R_a.A=R_b.A$;
3. select * from Ra, Rb where $R_a.A(+)=R_b.A$;
4. select * from Ra, Rb where $R_a.A=R_b.A(+)$;

select * from R_a, R_b	R_a.A	B	R_b.A	C
	a_1	b_1	a_1	c_1
	a_1	b_1	a_4	c_2
	a_2	b_1	a_1	c_1
	a_2	b_1	a_4	c_2
	a_3	b_2	a_1	c_1
	a_3	b_2	a_4	c_2

nb tuples créés = $nb\_tuples(R_a)*nb\_tuples(R_b)$

select * from R_a, R_b where $R_a.A=R_b.A$;	R_a.A	B	R_b.A	C
	a_1	b_1	a_1	c_1

nb tuples créés <= $nb\_tuples(R_a)*nb\_tuples(R_b)$

select * from R_a, R_b where $R_a.A(+)=R_b.A$;	R_a.A	B	R_b.A	C
	a_1	b_1	a_1	c_1
			a_4	c_2

nb tuples créés <= $nb\_tuples(R_a)*nb\_tuples(R_b)$

select * from R_a, R_b where $R_a.A=R_b.A$ (+);	R_a.A	B	R_b.A	C
	a_1	b_1	a_1	c_1
	a_2	b_1		
	a_3	b_2		

nb tuples créés <= $nb\_tuples(R_a)*nb\_tuples(R_b)$

- Reprenons les relations « Voiture » et « Personnes »,

Personne	id_personne	nom	prenom	date_naissance	adresse	Code_Postal
	1	Millan	Thierry	17/04/1980	Toulouse	31200
	2	Dupont	Pierre	12/12/1960	Paris	75002
	3	Durant	Louis	01/12/1943	Foix	09000

Voiture	Immatriculation	marque	couleur	prix	prop
	6091XT31	Citroen	Gris	15000	1
	453ABS31	Peugeot	Blanc	10000	
	234XZY75	Fiat	Bleu	9000	2

1. Donner le nom des personnes et éventuellement le numéro de leur voiture.
   select nom, immatriculation **from** Personne, Voiture

where id_personne=prop **(+)** ;

2. Donner le numéro des voitures avec éventuellement le nom de leur propriétaire.
   select immatriculation, nom **from** Personne, Voiture
   where id_personne (+)=prop ;
3. Donner le nom des propriétaires et le numéro d'immatriculation de leur voiture.
   select nom, immatriculation **from** Personne, Voiture
   where id_personne=prop ;

- Reprenons la relation « Salarié », donnez le nom des employés qui ne sont supérieurs de personne (demi-jointure) :
  select sup.nomsal
  from Salarie sal, Salarie sup
  where sup.codsal = sal.codsup **(+)**
  and sal.codsal is null ;

Considérons les données suivantes dans la table SALARIE :

CODSAL	NOMSAL	PRENOMSAL	ANCIENETE	SAL	COSUP
S01	DUPONT	Louis	36	1220,00	
S02	DULONG	Pierre	40	1400,00	S01
S03	DUPIN	Jean	45	1500,00	S02
S04	DURANT	Laure	40	1440,00	S02
S05	DUVANT	Jeanne	36	1100,00	S04

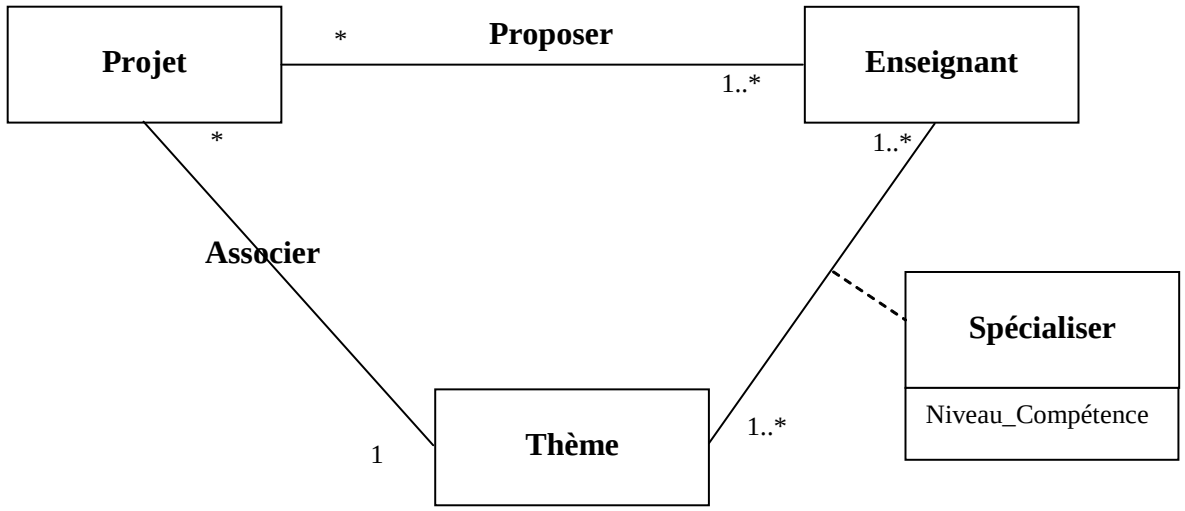
Soit le résultat de la demi- jointure :

SAL		SUP	
CODSAL	COSUP	CODSAL	CODSUP
S02	S01	S01	null
S03	S02	S02	S01
S04	S02	S02	S01
S05	S04	S04	S02
null	***null***	S03	S02
null	***null***	S05	S04

Le résultat de la requête est donc {‘DUPIN’, ‘DUVANT’}

5- Exercice récapitulatif

On se propose d'implanter le diagramme de classes suivant pour gérer les projets proposés par les enseignants.



Le schéma ci-dessus montre que les projets sont proposés par des enseignants et sont rattachés à un seul thème. Chaque thème possède au moins un spécialiste qui est un enseignant.

Le modèle logique correspondant au schéma ci-dessus est le suivant :

- Projet (IDP, Nom, Désignation, #IDT, Complexite)
- Thème (IDT, Nom, Nombre_Heures_Enseignement)
- Enseignant (IDE, Nom, E-Mail, Téléphone)
- Proposer (#IDP, #IDE)
- Spécialiser (#IDT, #IDE, Niveau_Compétence)

1. Implanter le schéma ci-dessus en utilisant le langage SQL. Vous proposerez les types les mieux adaptés pour chaque attribut sachant que les identifiants seront constitués de trois caractères alphanumériques.

2. Implanter les contraintes de clefs primaires et de clefs étrangères

3. Donner les thèmes qui ne sont associés à aucun projet (not in, not exists, demi_jointure)

```
IDT NOMT                                                NHE
--- -------------------------------------------------- ----------
T04 Programmation mobile                                25
T07 Architecture                                        20
```

4. Donner la liste de tous les thèmes classés par ordre alphabétique.

```
IDT NOMT                                                NHE
--- -------------------------------------------------- ----------
T06 Algorithmique                                       20
T07 Architecture                                        20
T01 Bases de donnees                                    50
T05 Conception et modelisation                          45
T04 Programmation mobile                                25
T03 Programmation reparties                             25
```

```
T02 Programmation WEB                                          30

7 lignes sélectionnées.
```

5. Donner l'identifiant des enseignants qui n'ont pas proposé de projet (not in, not exists, demi-jointure, minus).

```
IDE
---
LMC
```

6. Donner l'identifiant des enseignants qui ont proposé au moins un projet.

```
IDE
---
ECF
BVS
BSA
ADB
FNU
TML
HML
LLM
MFL
FLG

10 lignes sélectionnées.
```

7. Donner le nom des enseignants qui ont proposé au moins un projet (in, exists, jointure).

```
NOME
--------------------
Lagneau
Dubois
Vassillief
Le Mexicain
Millan
SHAH
Naudin
Cafarelli
Muller
Folace

10 lignes sélectionnées.
```

8. Donner le nombre de projets proposés par chaque enseignant (identifiant et nombre).

```
IDE   COUNT(*)
--- ----------
ECF          4
BVS          4
BSA          5
ADB          2
FNU          3
TML          4
HML          3
LLM          1
MFL          2
FLG          1

10 lignes sélectionnées.
```

9. Donner le nombre de projets proposés par chaque enseignant (identifiant et nombre) y compris si ce nombre est zéro.

```
IDE   COUNT(*)
--- ----------
ADB           2
BSA           5
BVS           4
ECF           4
FLG           1
FNU           3
HML           3
LLM           1
LMC           0
MFL           2
TML           4

11 lignes sélectionnées.
```

10. Donner le nombre de projets par thème (identifiant et nombre).

```
IDT   COUNT(*)
--- ----------
T01           2
T03           1
T06           4
T02           2
T05           1
```

11. Donner le nom du ou des thèmes qui regroupe(nt) le plus de projets.

```
NOMT
--------------------------------------------------
Algorithmique
```

12. Donner le nom du ou des thèmes qui ont le plus de spécialistes.

```
NOMT
--------------------------------------------------
Algorithmique
```

13. Donner le nom du ou des thèmes dont les spécialistes ont le niveau de compétence moyen le plus bas.

```
NOMT
--------------------------------------------------
Bases de donnees
Programmation reparties
Programmation mobile
```

14. Donner le nom du ou des projets proposés par au moins un spécialiste de niveau 1 du thème auquel le projet est rattaché (Jointure, exists).

```
NOMP
------------------------------
Jeu en réseau
La salle de sport
```

15. Donner le nom des projets proposés uniquement par des non spécialistes du thème auquel le projet est rattaché

```
NOMP
------------------------------
```

```
Ma boutique en ligne
Extraction de la racine carree
```

16. Donner le nom des projets proposés par des non spécialistes du thème auquel le projet est rattaché

```
NOMP
-----------------------------
Ma boutique en ligne
SonarCube
Ma gestion immobiliere
Gestion d'un album photos
Suivi de la cohorte etudiante
Extraction de la racine carree

6 lignes sélectionnées.
```

17. Donner le nom des projets proposés uniquement par des spécialistes du thème auquel le projet est rattaché.

```
NOMP
-----------------------------
Jeu en réseau
Apprendre l'algo
Steganographie
La salle de sport
```

18. Donner pour chaque projet, le nom du projet, le nom du thème ou il est rattaché et le nom des personnes qui l'ont proposé

```
NOMP                            NOMT                           NOME
------------------------------- ------------------------------ --------
SonarCube                       Conception et modelisation     Millan
Ma gestion immobiliere          Bases de donnees               Millan
Apprendre l'algo                Algorithmique                  Millan
Jeu en réseau                   Programmation reparties        Millan
La salle de sport               Programmation WEB              Naudin
Gestion d'un album photos       Bases de donnees               Naudin
Apprendre l'algo                Algorithmique                  Naudin
Suivi de la cohorte etudiante   Algorithmique                  Folace
Apprendre l'algo                Algorithmique                  Folace
Apprendre l'algo                Algorithmique                  Le Mexicain
La salle de sport               Programmation WEB              Lagneau
La salle de sport               Programmation WEB              Cafarelli
Suivi de la cohorte etudiante   Algorithmique                  Cafarelli
Gestion d'un album photos       Bases de donnees               Cafarelli
Apprendre l'algo                Algorithmique                  Cafarelli
La salle de sport               Programmation WEB              Muller
Suivi de la cohorte etudiante   Algorithmique                  Muller
Apprendre l'algo                Algorithmique                  Muller
SonarCube                       Conception et modelisation     Vassillief
Steganographie                  Algorithmique                  Vassillief
Apprendre l'algo                Algorithmique                  Vassillief
Ma boutique en ligne            Programmation WEB              Vassillief
Ma gestion immobiliere          Bases de donnees               Dubois
Ma boutique en ligne            Programmation WEB              Dubois
Extraction de la racine carree  Algorithmique                  SHAH
SonarCube                       Conception et modelisation     SHAH
Suivi de la cohorte etudiante   Algorithmique                  SHAH
Ma gestion immobiliere          Bases de donnees               SHAH
Jeu en réseau                   Programmation reparties        SHAH

29 lignes sélectionnées.
```

19. Donner le nom du ou des projets proposés par au moins tous les spécialistes du thème

```
NOMP
------------------------------
SonarCube
La salle de sport
```

20. Donner le nom du ou des projets proposés par tous les spécialistes du thème et uniquement eux

```
NOMP
------------------------------
La salle de sport
```

21. Donner le nom du ou des projets proposés par au moins les mêmes enseignants que le projet 'P01'

```
NOMP
------------------------------
SonarCube
Ma gestion immobiliere
```

22. Donner le ou les identifiants des thèmes où tous les spécialistes ont un niveau de compétence compris entre 2 et 4

```
IDT
---
T01
T06
```

6- Patrons de requêtes à connaître

6.1- « le plus » ou « le moins »

select ____ from ____
group by ____ having count(*)=(select max(count(*)) from ____
group by ____));

6.2- Au moins les mêmes que Cond

select Att from Rel_1
where not exists (select ____ from Rel_2
where Cond
minus
select ____ from Rel_3
where condition de synchronisation avec Rel_1) ;

6.3- Au plus les mêmes que Cond

select Att from Rel_1
where not exists (select ____ from Rel_2
where condition de synchronisation avec Rel_1
minus
select ____ from Rel_3
where Cond) ;

6.4- Exactement les mêmes que Cond

select Att from Rel_1

```
where not exists (   select ■■ from Rel2
                     where Cond
                     minus
                     select ■■ from Rel3
                     where  condition de synchronisation avec Rel1)
and not exists (     select ■■ from Rel3
                     where condition de synchronisation avec Rel1
                     minus
                     select ■■ from Rel2
                     where  Cond)
```

7- Les contraintes

7.1- contrainte "not null"

C'est la seule contrainte qui ne s'applique qu'aux attributs. En effet, il n'est pas possible de définir la contrainte "**not null**" sur une relation. Cela n'a pas de sens.

alter table nom_relation
modify $nom\_attribut_i$ **constraint** contrainte **not null**;

7.2- Contrainte unique

Cette contrainte permet d'exprimer le fait qu'un attribut ou un ensemble d'attributs est unique pour l'ensemble des n-uplets de la relation.

alter table nom_relation
add constraint contrainte **unique** ($nom\_attribut_i$ [,$nom\_attribut_j$] …);

Remarque :

Soit la relation R={A, B}, les deux définitions ne sont pas équivalentes ;

1. create table R (
   A char(5) constraint UNIQ_R_A unique,
   B char(5) constraint UNIQ_R_B unique) ;

et

2. create table R (
   A char(5),
   B char(5),
   constraint UNIQ_R unique(A, B)) ;

Par exemple, considérons les n-uplets suivants :

R	A	B
	a1	b1
	a1	b2
	a2	b1
	a2	b2

Dans le cas 1, l'insertion est impossible car il y a violation des contraintes UNIQ_R_A, UNIQ_R_B tandis que le cas 2 n'entraîne aucune violation.

7.3- Les clefs candidates

Une clef primaire se caractérise par :

- L'unicité de chacune de ses valeurs ;
- L'impossibilité d'avoir des valeurs nulles pour les valeurs de clef ou ses composantes.

Il est donc possible de définir une clef candidate comme un attribut ou un ensemble d'attributs ayant des valeurs distinctes et des valeurs non nulles.

7.4- Contraintes sur les valeurs attributs

Il est possible de définir des contraintes sur les valeurs des attributs. Les contraintes définies au niveau des attributs ne peuvent pas porter sur les valeurs des autres attributs du n-uplet. Pour faire porter une contrainte sur plusieurs attributs d'un même n-uplet, il faut définir la contrainte au niveau de la relation.

alter table nom_relation
add constraint contrainte **check** condition;

Syntaxe d'une condition :

La syntaxe d'une condition « check » est similaire à la syntaxe d'une condition d'une clause « where » pour une relation. Toutefois, la syntaxe d'une condition pour une clause check ne peut en aucun cas utiliser les opérateurs de la clause having. En effet, il est impossible d'utiliser les opérateurs portant sur des regroupements : count, sum, avg, …

Exemples :

- L'age d'un salarié est compris entre 16 ans et 65 ans.
  alter table SALARIE
  modify age **constraint** CHK_AGE **check** (age **between** 16 **and** 65) ;
- Seul les salariés de type « COMMERCIAL » peuvent avoir une partie variable dans le salaire.
  Considérons l'algorithme de vérification de cette contrainte :

```
si TYPE = 'COMMERCIAL' alors
   contrainte vérifiée
sinon si PARVAR est non renseigné alors
    contrainte vérifiée
sinon
    contrainte non validée
fin
```

Cet algorithme peut se traduire en logique du premier ordre par l'expression suivante :

TYPE ≠ 'COMMERCIAL' ⇒ PARVAR est non renseignée

En logique du premier ordre $(A \Rightarrow B) \Leftrightarrow (\neg A \vee B)$

Dans notre exemple, cela se traduit par :
$\neg$(TYPE ≠ 'COMMERCIAL') $\vee$ PARVAR est non renseignée ⇔
TYPE = 'COMMERCIAL' $\vee$ PARVAR est non renseignée

Cette dernière expression se traduit aisément en SQL :

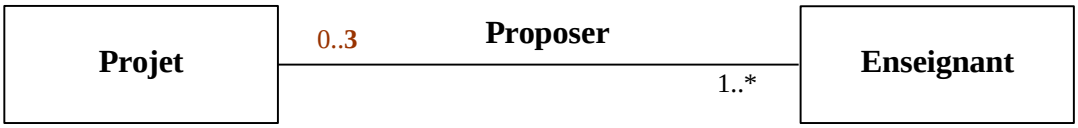
TYPE = 'COMMERCIAL' or PARVAR is null

D'où l'expression de la contrainte :

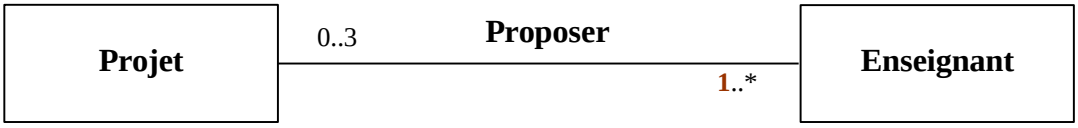
alter table SALARIE
add constraint CHK_PARVAR **check** (
TYPE = 'COMMERCIAL' or PARVAR is null) ;

7.5- Contraintes *non exprimables en SQL 2*

1. Il est impossible d'exprimer des contraintes portant sur plusieurs n-uplets.
   Par exemple, il est impossible d'exprimer :
   - Un enseignant ne peut être spécialiste de niveau 1 que d'un seul thème ;
   - Un enseignant ne peut pas proposer plus de trois projets.



2. Il est aussi impossible d'exprimer des contraintes nécessitant la connaissance des attributs d'une autre relation. Par exemple, il est impossible d'exprimer la règle qui dit :
   Tout projet doit être proposé par au moins un enseignant



   Pour ces types de contrainte, il est nécessaire d'utiliser un autre formalisme tel que les déclencheurs (triggers) Pl/SQL dans le cas d'Oracle ou les gestionnaires d'évènements VBA pour SQL-Server. Attention toutefois à n'utiliser les déclencheurs qu'à bon escient car leur coût d'exécution est loin d'être négligeable. Il est pénalisant d'utiliser un déclencheur pour mettre en œuvre une contrainte de type « 1..1 ».

8- Architecture générale d'un système de bases de données relationnel

8.1- Objectifs

Les objectifs principaux des systèmes de gestion de bases de données sont :

- L'indépendance physique : réalisation de l'indépendance des structures de stockage aux structures de données. Il faut donc pouvoir définir l'assemblage des données élémentaires entre elles dans le système informatique indépendamment de l'assemblage réalisé dans le monde réel, en tenant compte seulement des critères de performances et de flexibilités d'accès ;
- L'indépendance logique : c'est permettre à chaque groupe de travail de voir les données comme il le souhaite. Il en résulte la possibilité de faire évoluer la vue de chaque groupe de travail ;
- *La manipulation des données par des non-informaticiens ;*
- L'efficacité des accès aux données ;
- L'administration centralisée des données ;
- La non-redondance des données ;
- La cohérence des données ;
- La partageabilités des données ;
- La sécurité des données : les données doivent être protégées contre les accès non autorisés ou mal intentionnés.

8.2- Les différents niveaux de description de données

Selon l'architecture ANSI/SPARC, la description des données dans un SGBD se fait à trois niveaux. A chacun de ces niveaux correspond un ou plusieurs schémas.

8.2.1- Le niveau conceptuel ou logique

C'est l'univers réel à modéliser. Il décrit l'univers réel à l'aide des concepts du modèle utilisé. Cette description concerne les entités avec leurs caractéristiques, les liens entre les entités et éventuellement des règles de gestion appelées contraintes d'intégrité. A ce niveau, on fait abstraction de l'utilisation des données ainsi que de leur mise en œuvre physique. Cette description est représentée dans un schéma dit schéma conceptuel.

8.2.2- Le niveau interne ou physique

Un schéma dit schéma interne décrit la manière dont les objets conceptuels sont stockés sur la mémoire secondaire et la correspondance entre structures logiques de données et structures physiques. Les choix des structures de stockage doivent se faire en tenant compte des contraintes de mise en œuvre et de l'utilisation qui sera faite des données de façon à optimiser les accès à la base.

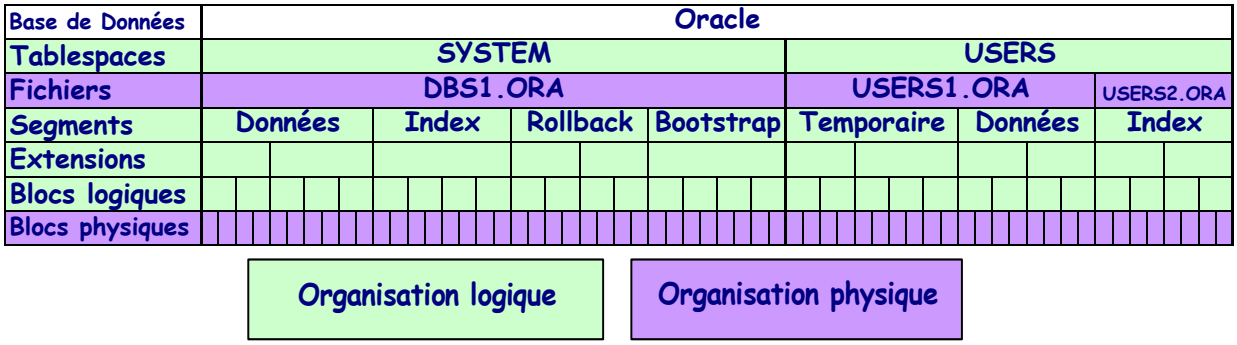
8.2.3- Le niveau externe

Le niveau externe correspond aux vues que vont avoir les utilisateurs, par l'intermédiaire des applications, des entités du schéma conceptuel. Ces différentes vues sont décrites à l'aide de schémas externes ou sous-schémas. Chaque schéma externe traduit un type d'utilisation de la base de données.

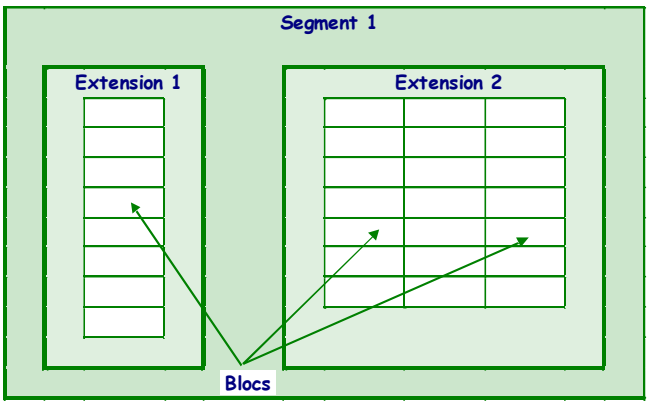
Ce choix d'architecture a pour objectif d'accroître le niveau d'indépendance entre les données et les traitements à savoir, l'indépendance physique, l'indépendance logique et l'indépendance des vis-à-vis des stratégies d'accès (un programme d'application n'a pas à préciser comment accéder à telle ou telle donnée mais uniquement ce qu'il désire).

8.3- Le stockage physique des données avec Oracle

8.3.1- Correspondance entre Structure Physique et Logique

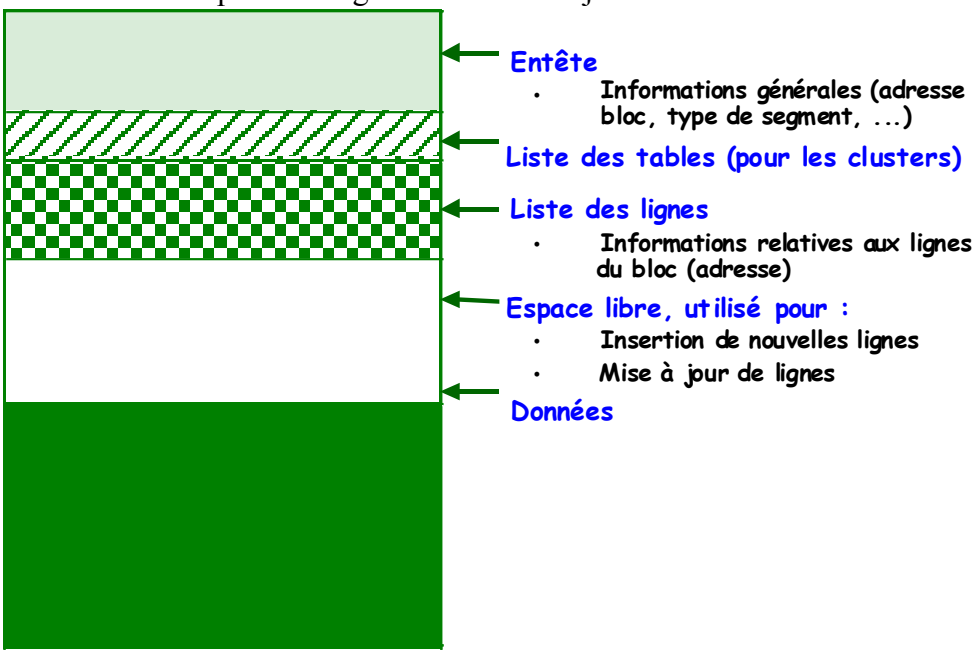


8.3.2- Correspondance entre les Trois Niveaux Logiques : Segment, Extension et Blocs



8.3.3- Format d'un Bloc de données

Cluster : c'est un regroupement physique d'une ou plusieurs tables autours d'une ou plusieurs colonnes communes. Un cluster est une structuration de données dans une ou plusieurs tables pour permettre un accès rapide aux lignes issues d'une jointure.



8.4- Index

Le but principal d'un index est d'éviter de parcourir une table séquentiellement du premier enregistrement jusqu'à celui visé. Le principe d'un index est l'association de l'adresse de chaque enregistrement avec la valeur des colonnes indexées. Un index permet d'améliorer les performances lors des consultations lorsque les relations contiennent un grand nombre de données. Un index peut être soit unique, soit non unique. Il existe trois types d'index sous Oracle : les index basés sur les B-tree, les index basés sur des fonctions et ceux appelé bitmap.

8.4.1- Les différents types d'index

8.4.1.1- Les index basés sur les B-tree

La particularité de ce type d'index est qu'il conserve en permanence une arborescence symétrique (balancé). Toutes les feuilles sont à la même profondeur. Le temps de recherche est ainsi à peu près constant quel que soit l'enregistrement cherché. Le plus bas niveau de l'index contient les valeurs des colonnes indexées et l'identifiant de l'enregistrement. Toutes les feuilles de l'index sont chaînées entre elles. Il n'y a pas de dégradation des performances lors de la monté en charge.

8.4.1.2- Les index bitmap

Alors qu'un index de type B-tree permet de stocker une liste d'identifiants pour chaque valeur de la colonne indexée, un bitmap ne stocke qu'une chaîne de bits. Chaque bit correspond à une valeur possible de la colonne indexée. Si le bit est positionné à 1, pour une valeur donnée de l'index, cela signifie que le tuple courant contient une valeur. Une fonction de transformation convertit la position du bit en identifiant. Si le nombre de valeurs de la colonne indexée est faible, l'index bitmap sera très peu gourmand en occupation de l'espace disque.

8.4.1.3- Les index basés sur des fonctions

Une fonction de calcul, autres que les fonctions de regroupement (SUM, COUNT, MAX, etc.) peut définir un index. Il est dit basé sur une fonction. Ces index servent à accélérer les requêtes contenant un calcul pénalisant s'il est effectué sur de gros volumes de données. Un index basé sur une fonction peut-être de type B-tree ou bitmap mais dans ce cas l'index bitmap ne peut pas être de type unique.

8.4.1.4- Quel index utiliser ?

Le tableau ci-dessous résume l'utilisation des index en fonction de l'application visée.

	B-tree	Bitmap	fonction
Application décisionnelles		+++	
Applications transactionnelles	+++		
Applications avec de gros calculs			+++

8.4.2- Création et mise en place des index

8.4.2.1- Index mis en place automatiquement

Lors de la déclaration d'une contrainte de clef primaire ou d'une contrainte de type unique, un index de type unique est automatiquement créé.

8.4.2.2- Index mis en place par l'utilisateur

8.4.2.2.1 Création d'index

Syntaxe : **create index** nom_index
on nom_relation(att_1, …, att_n) ;

8.4.2.2.2 Index conseillés

1. Il est important d'associer pour chaque clef étrangère un index. En effet, les clefs étrangères sont souvent utilisées lors de jointure et une optimisation est alors la bienvenue.

   Remarque :
   Un problème se pose pour les attributs participant à la fois à une clef primaire et étant individuellement des clefs étrangères. Par exemple si on reprend la relation "***Proposer***" de l'exercice précédent, les attributs IDE et IDP constituent la clef primaire de la relation. Il y a donc un index unique automatiquement créé sur la relation "***Proposer***".

   Question : faut-il créer un index sur les attributs IDE et IDP ?
   Pour IDE ce n'est pas la peine car celui existant sur la clef primaire est suffisant. Pour IDP cette création est essentielle car l'index sur la clef primaire est trié sur l'attribut IDE et n'a que peut d'effet sur l'attribut IDP.

2. On peut aussi créer des index sur des attributs souvent accédés seuls et ayant une grande plage de valeur possible. Par exemple, le nom dans la relation "Personne".

8.4.2.2.3 Limitation

Il faut éviter :

- De positionner plus de trois index sur une même relation ;
- De positionner des index sur des attributs souvent mis à jour ;
- De créer des index pour une petite relation.

8.4.3- Exercice

- En reprenant l'exercice récapitulatif, indiquez les index créés automatiquement lors de la mise en place de relations ;
- Créez les index qui vous semblent essentiels à des performances optimales du système.

9- Les plans d'exécution

Oracle possède un outil permettant de décrire le plan d'exécution d'une requête. Cette description comprend les chemins d'accès utilisés, les opérations physiques tels que par exemple le tri ou la fusion, et l'ordre des opérations représenté par un arbre.

9.1- Principe

Le SGBD analyse la requête et transforme celle-ci en un arbre d'exécution. Celui-ci est optimisé en fonction des index et des optimisations mises en œuvre sur les relations manipulées par la requête. Cet arbre optimisé est enfin évalué pour obtenir le résultat.

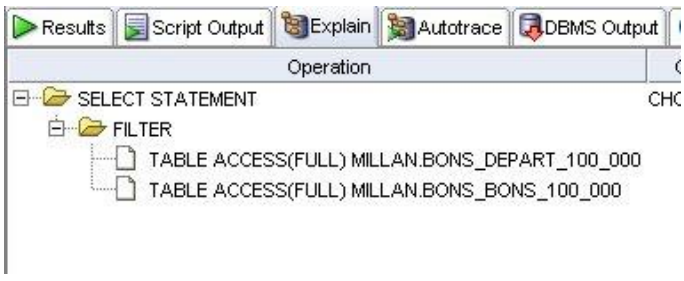
9.2- Interprétation

Soit deux relations BONS_DEPART et BONS_BONS qui contiennent respectivement les résultats d'un concours et les résultats une fois les bons erronés supprimés. Ces relations contiennent dans l'ordre le numéro du bon de participation, la réponse à la première et à la seconde question.

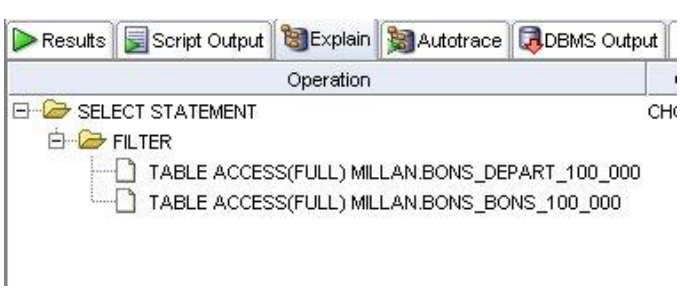
Dans un premier temps, nous étudierons les quatre types de requêtes vues en cours (ensembliste, jointure, exists, in) lorsqu'aucun index n'est positionné. Dans un second temps, nous étudierons les mêmes requêtes lorsque des index sont positionnés.

9.2.1- Oracle 9

9.2.1.1- Requête sans optimisation

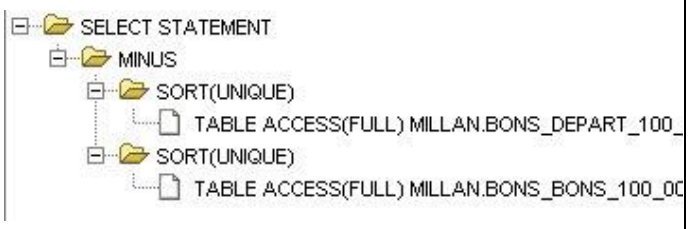
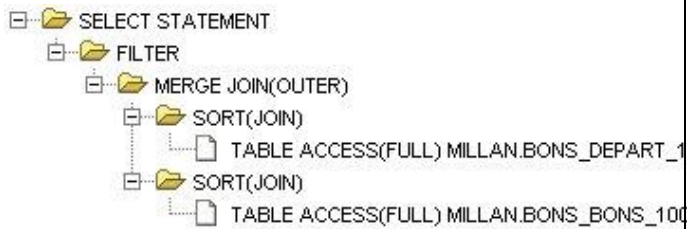
<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td>select * from BONS_DEPART
where NUMBON not in (select NUMBON from BONS_BONS) ;

Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : ∞

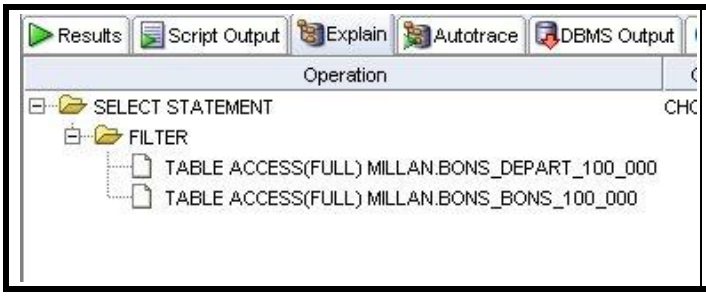
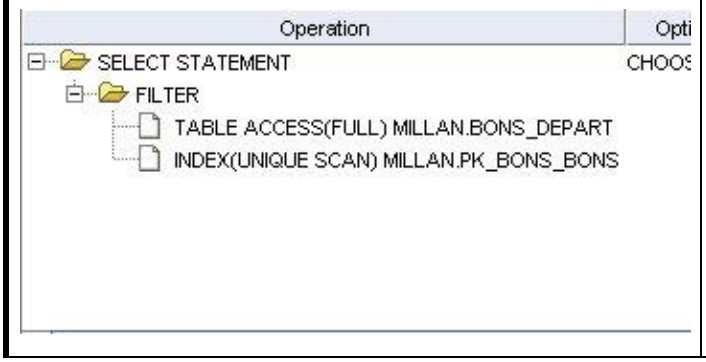
Complexité : n^2
Soit dans notre cas $4e^{+10}$ données traitées</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">filter : Accepte un ensemble de lignes, applique un filtre pour en éliminer quelques unes et retourne le reste ;
table access full : Obtension de toutes les lignes d'une table ;</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>select * from BONS_DEPART
where not exists (select NUMBON from BONS_BONS
where BONS_BONS.NUMBON = BONS_DEPART.NUMBON) ;

Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : ∞

Complexité : n^2
Soit dans notre cas $4e^{+10}$ données traitées</td>
</tr>
</table>

	select NUMBON, REP1, REP2 from BONS_DEPART minus select NUMBON, REP1, REP2 from BONS_BONS ; Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 0,500 s Complexité : 2*n*log(n)+2*n=2*n*log(n) Soit dans notre cas $2,1e^{+6}$ données traitées
minus : Différence de deux ensembles de lignes ; ***sort unique*** : Tri d'un ensemble de lignes pour éliminer les doublons.	
	select distinct BONS_DEPART.NUMBON, BONS_DEPART.REP1, BONS_DEPART.REP2 from BONS_BONS, BONS_DEPART where BONS_BONS .NUMBON (+) = BONS_DEPART.NUMBON and BONS_BONS .NUMBON is null ; Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 2,425 s Complexité : 2*n*log(n)+2*n=2*n*log(n) Soit dans notre cas $2,5e^{+6}$ données traitées
merge join outer : Accepte deux ensembles de lignes (chacun trié selon un critère), combine chaque ligne du premier ensemble avec ses correspondants du second et retourne le résultat. Le « outer » indique une jointure externe ; ***sort join*** : Tri avant la jointure (merge join).	

9.2.1.2- <u>Requête avec optimisation</u>

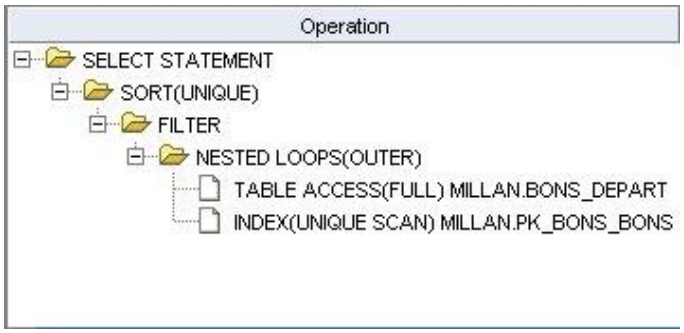
	select * from BONS_DEPART where NUMBON not in (select NUMBON from BONS_BONS) ; Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : ∞ Complexité : n^2 Soit dans notre cas $4e^{+10}$ données traitées
	select * from BONS_DEPART where not exists (select NUMBON from BONS_BONS where BONS_BONS.NUMBON = BONS_DEPART.NUMBON) ; Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 1,100 s Complexité :2*n Soit dans notre cas $4e^{+5}$ données traitées

index unique scan : Recherche d'une seule valeur Rowid d'un index. Un rowid est une chaîne hexadécimale représentant l'adresse unique d'une ligne de la table. Sa valeur est retournée par la pseudo-colonne de même nom


```
select NUMBON, REP1, REP2 from BONS_DEPART
minus
select NUMBON, REP1, REP2 from BONS_BONS ;
```

Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 0,500 s

Complexité : 2*n*log(n)+2*n=2*n*log(n)
Soit dans notre cas $2,5e^{+6}$ données traitées




```
select distinct BONS_DEPART.NUMBON, BONS_DEPART.REP1, BONS_DEPART.REP2
from BONS_BONS, BONS_DEPART
where BONS_BONS .NUMBON (+) = BONS_DEPART.NUMBON
and BONS_BONS .NUMBON is null ;
```

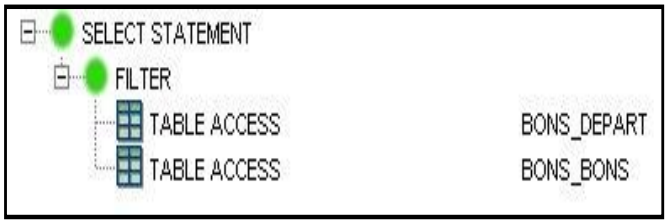
Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 0,953 s

Complexité : ?

nested loops outer : Accepte deux ensembles de lignes (chacun trié selon un critère), combine chaque ligne du premier ensemble avec ses correspondants du second et retourne le résultat. Le « outer » indique une jointure externe ;

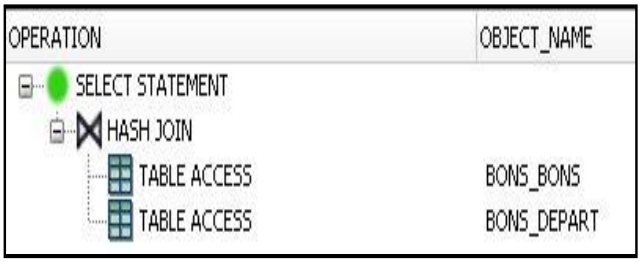
9.2.2- Oracle 10g

9.2.2.1- <u>Requête sans optimisation</u>




```
select * from BONS_DEPART
where NUMBON not in (select NUMBON from BONS_BONS) ;
```

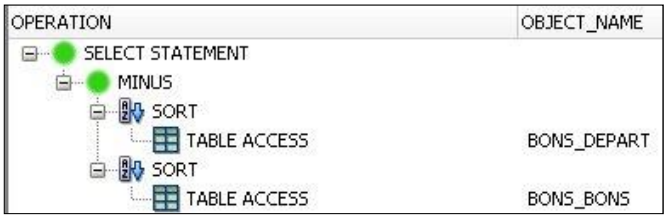
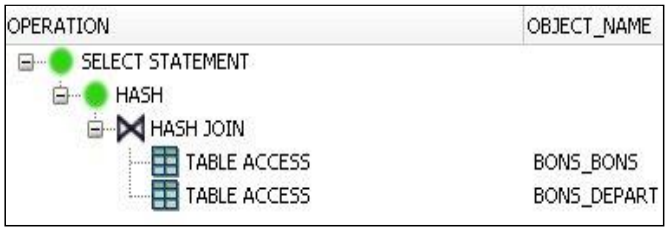
Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 550 s




```
select * from BONS_DEPART
where not exists (select NUMBON from BONS_BONS
where BONS_BONS.NUMBON = BONS_DEPART.NUMBON) ;
```

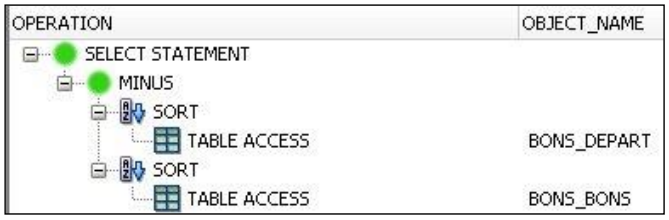
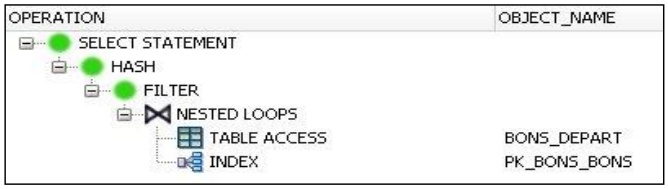
Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 1,172 s

hash join : peu de documentation !!! surement une fonction de hashage qui permet une nette amélioration des performances ;

	select NUMBON, REP1, REP2 from BONS_DEPART minus select NUMBON, REP1, REP2 from BONS_BONS ; Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 0,500 s
minus : Différence de deux ensembles de lignes ; ***sort*** : Tri d'un ensemble de lignes pour éliminer les doublons.	
	select distinct BONS_DEPART.NUMBON, BONS_DEPART.REP1, BONS_DEPART.REP2 from BONS_BONS, BONS_DEPART where BONS_BONS .NUMBON (+) = BONS_DEPART.NUMBON and BONS_BONS .NUMBON is null ; Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 0,204 s

9.2.2.2- <u>Requête avec optimisation</u>

	select * from BONS_DEPART where NUMBON not in (select NUMBON from BONS_BONS) ; Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 426 s
	select * from BONS_DEPART where not exists (select NUMBON from BONS_BONS where BONS_BONS.NUMBON = BONS_DEPART.NUMBON) ; Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 0,219 s

	select NUMBON, REP1, REP2 from BONS_DEPART minus select NUMBON, REP1, REP2 from BONS_BONS ; Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 0,500 s
	select distinct BONS_DEPART.NUMBON, BONS_DEPART.REP1, BONS_DEPART.REP2 from BONS_BONS, BONS_DEPART where BONS_BONS .NUMBON (+) = BONS_DEPART.NUMBON and BONS_BONS .NUMBON is null ; Temps d'exécution pour 200 000 n-uplets : 0,344 s

Remarque : les exemples ci-dessus ne présentent pas la totalité des opérateurs possibles. L'objectif est ici de présenter succinctement les principes qui régissent les plans d'exécution, et au-delà l'optimisation des requêtes.

10- Du modèle conceptuel de données au modèle relationnel

L'objectif de cette partie n'est pas d'apprendre à concevoir un système d'information car c'est le but du cours NFE108. L'objectif est ici de montrer comment on transforme un modèle conceptuel de données en modèle relationnel.

10.1- Qu'est-ce qu'un modèle conceptuel ?

De manière générale, un schéma conceptuel est une représentation d'un ensemble de concepts reliés sémantiquement entre eux. Les concepts sont connectés par des lignes fléchées auxquelles sont accolés des mots. La relation entre les concepts s'appuie sur des termes exprimant celle-ci : « mène à », « prévient que », « favorise », etc.

Le schéma conceptuel poursuit plusieurs buts. Il construit la représentation mentale d'une situation, que cette dernière soit personnelle, celle d'un groupe ou encore celle d'une organisation. Il permet de résumer la structure synthétique d'une connaissance construite à partir de sources diverses.

En informatique, un schéma conceptuel est une représentation graphique qui sert à décrire le fonctionnement d'une base de données. Il représente ainsi les objets principaux contenus dans cette dernière, leurs caractéristiques et les relations qui s'établissent entre ces différents objets. Cette représentation est normée suivant une modélisation bien définie.

10.2- Introduction à la conception

Le modèle conceptuel est un type de modèle permettant de décrire le fonctionnement de la base de données en notifiant les :

Entités : Ce sont des objets concrets (livre, individu) ou abstraits (compte bancaire) que l'on peut identifier. On peut représenter un ensemble d'entités de la réalité par une entité type (un élève pour l'ensemble des élèves). Ces entités sont caractérisées par leurs attributs (pour l'élève : classe, nom ...). Parmi ces attributs, on définit un identifiant qui va permettre de caractériser de façon unique l'entité dans l'ensemble.

Associations : Elles représentent les liens existant entre une ou plusieurs entités. Elles sont caractérisées par un nom, une propriété d'association et éventuellement des attributs.

Cardinalités : La cardinalité, d'une entité par rapport à une relation, exprime le nombre de participations possibles d'une entité à une relation. Comme c'est un nombre variable, on note la cardinalité minimum et maximum pour chaque entité. ***Par exemple dans l'exercice récapitulatif sur les projets étudiants, un projet porte sur un thème et un thème peut concerner de 0 à n projets.***

La réalisation d'un modèle conceptuel peut se résumer à la mise en œuvre des cinq étapes suivantes :

- Etablir la liste des entités
- Déterminer les attributs de chaque entité en choisissant un identifiant
- Etablir les associations entre les différentes entités
- Déterminer les attributs de chaque association et définir les cardinalités
- Vérifier la cohérence et la pertinence du schéma obtenu

Exemple

Lors de son inscription en début d'année scolaire, chaque étudiant remplit une fiche sur laquelle il indique certains renseignements comme son numéro d'identification national, ses noms et prénom, son adresse et la liste des UV qu'il s'engage à suivre (8 au plus sur les 15 possibles). Un code lui est automatique attribué.
Une UV est caractérisée par un code et un intitulé. Chaque UV est placée sous la responsabilité d'un enseignant identifié par ses initiales et caractérisé par un nom, un numéro de bureau et un numéro de téléphone.
Il y a trois entités : Etudiants, Enseignants et UV.

- Un étudiant est caractérisé par : CODETU, NUMIN, NOM, PRENOM, ADRESSE.
- Un UV est caractérisé par : NUMUV, INTIT
- Un enseignant est caractérisé par : INITIALE, NOM, NUMBUREAU, NUMTEL

Il existe deux associations :

- La liste des UV d'un étudiant au plus 8 ;
- La responsabilité de l'UV attribuée à un enseignant.

10.3- Mise en œuvre d'un modèle conceptuel en UML

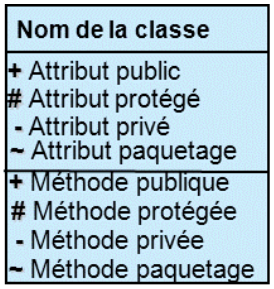
10.3.1- Qu'est-ce qu'UML ?

UML est une **notation** principalement dédiée à l'analyse et à la conception de systèmes à objets. Elle est constituée de treize diagrammes permettant de représenter aussi bien la statique du système (les modèles de données), sa dynamique (les modèles de traitements) et la mise en œuvre physique. Lors de la conception d'une base de donnes le modèle qui permet de mettre en œuvre le modèle conceptuel de données est supporté par le diagramme de classes réduit aux seuls attributs.

10.3.2- Le diagramme de classes

Le diagramme de classes est le diagramme le plus finalisé de la notation UML. Il permet de représenter à la fois les entités, les attributs, les opérations et les associations. Lors de la réalisation d'un diagramme conceptuel de données seules les entités, les attributs et les associations sont pertinentes et seront représentées.

La classe



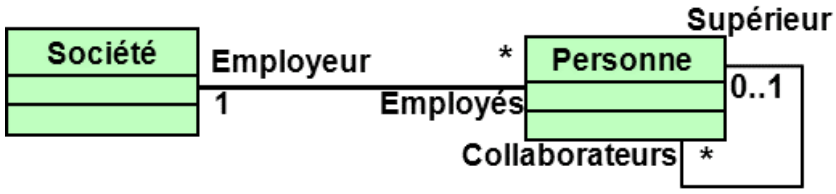
C'est le concept qui permet en UML de représenter une entité. Une classe est composée de trois parties. Le nom de la classe, l'ensemble des attributs qui définissent l'état des instances et l'ensemble des opérations qui définissent le comportement. Dans notre cas seuls les attributs sont pertinents. « + », « # », « - » et « ~ » représentent la visibilité. Ces niveaux de visibilité ne sont pas pertinents lors de la mise en œuvre uniquement d'un modèle conceptuel de données.

Les associations

Les associations permettent de relier de deux à n classes entre-elles. L'association matérialise une relation sémantique entre les classes connectées. Une association binaire est représentée par une ligne reliant les deux classes. Une association n-aire est représentée par un losange relié à toutes les classes connectées.

Attention : les associations n-aires sont rarement supportées par les outils car elles sont sources d'ambiguïtés et elles sont souvent difficiles à mettre en œuvre. **Il faut donc les utiliser avec une extrême précaution.**

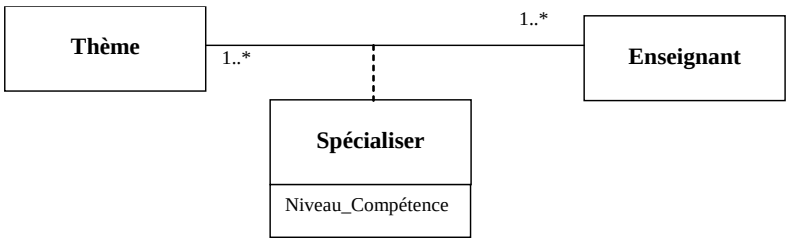
Une association peut avoir un nom et ses extrémités, ou rôles, peuvent elles aussi être nommés.



Bien que le nommage des associations et des rôles ne soient pas exclusifs, il est souvent plus aisé de soit nommer les associations soit les rôles mais pas les deux. En UML, les cardinalités se positionnent au niveau du rôle opposé à la classe considérée. Dans l'exemple ci-dessus, « Une Personne voit une Société comme un employeur » et « une Société voit les Personnes comme des employés ». De plus, « chaque supérieur peut avoir des collaborateurs » et « tout collaborateur a au plus un supérieur ».

Attention : Pour ceux qui sont habitués au modèle conceptuel de données en MERISE, il est à remarquer que les cardinalités sont ici inversées.

Dans un modèle conceptuel de données une association peut posséder des attributs. UML ne permet pas d'associer à une association des attributs. En effet, UML ne supporte qu'un seul formalisme pour représenter des ensembles d'attributs : la classe. Pour pallier ce problème, UML a introduit un formalisme à mi-chemin entre les classes et les associations : les classes-associations. Sans ce cas le nom de la classe-association est aussi le nom de l'association.



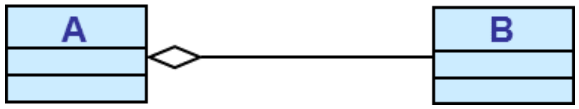
Attention : une classe-association ne peut être utilisée que pour une association.

Par exemple, si on reprend le diagramme de classes de l'exercice récapitulatif l'association entre « Enseignant » et « Thème » possède l'attribut « niveau de compétence » qui est contenu dans une classe association.

A la différence des associations définies dans un modèle conceptuel de données, il existe en UML deux autres catégories d'associations qui spécifient la forme générale : l'agrégation et la composition.

Agrégation

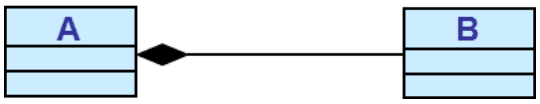
Une agrégation, qui ne concerne qu'un seul rôle d'une association, est une association non symétrique dans laquelle une des extrémités joue un rôle prédominant par rapport à l'autre extrémité. La classe du côté du losange est appelée l'agrégat et l'autre classe est le composant. Les caractéristiques (rôles, multiplicité, ...) sont les mêmes que pour la forme générale de l'association.



Remarque : L'agrégation n'ayant pas de sémantique clairement définie tombe en désuétude. Il est donc déconseillé de l'utiliser.

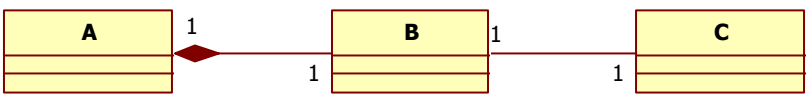
Composition

Une composition est un sous-ensemble de l'agrégation où la multiplicité de l'agrégat peut prendre la valeur 0..1 ou 1..1. Dans ce cas, l'attribut est renseigné avec une et une seule valeur ou il n'est pas renseigné

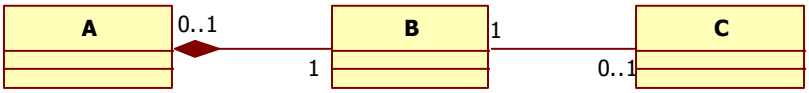


Remarque : A la différence de l'agrégation, la composition possède une sémantique clairement définie. La durée de vie du composant est subordonnée à celle de l'agrégat.

Attention : Certaines constructions peuvent s'avérer dangereuses voire fausses.



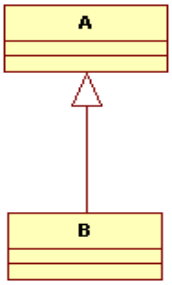
Dans cet exemple, la destruction d'une donnée de « A » entrainera une destruction de l'instance de « B » correspondante ce qui crée une incohérence car l'instance de « C » associée n'est plus connectée à une instance de « B ».



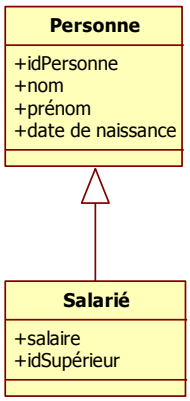
Ce nouvel exemple est correct mais uniquement si une donnée de « C » est connecté à une instance de « B » qui elle n'est connectée à aucune instance de « A » et qu'une donnée de « A » est connectée à une donnée de « B » qui n'est connectée à aucune donnée de « C ». Il est donc essentiel lors de la création du diagramme de classes de vérifier qu'à la fin de la phase de conception celui-ci est parfaitement cohérent.

L'héritage

La relation d'héritage est une relation entre classes qui permet à une sous-classe d'hériter des opérations et de la structure de données de sa ou ses super-classes. L'héritage peut être simple (une sous-classe ne peut être reliée à plusieurs super-classes) ou multiple. Dans le cadre d'un modèle conceptuel de données, si l'ensemble des attributs d'une entité « A » est inclus dans l'ensemble des attributs de l'entité « B » alors on peut écrire que :

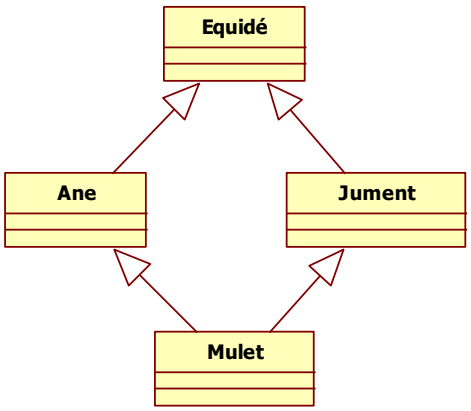


Exemple : Soit les deux entités « Personne » et « Salarié ». Une personne est définie par les attributs idPersonne, nom, prénom et date de naissance. Un salarié est défini par les attributs idSalarié, nom, prénom, date de naissance, salaire et idSupérieur.



Attention : Lorsqu'une classe « B » hérite d'une classe « A », il ne faut jamais recopier dans la classe « B » les attributs qui sont déjà présent dans la classe « A ». De plus, il n'est pas possible dans la classe « B » de supprimer des attributs présents dans la classe « A ».

L'héritage multiple est possible mais délicat. En effet, l'héritage multiple peut engendrer des duplications d'attributs (héritage en diamant) qui sont difficiles à maîtriser lors de la transformation vers le modèle relationnel.



Attention : Il ne faut pas oublier qu'outre les risques d'incohérences la duplication d'attributs est proscrite dans le modèle relationnel.

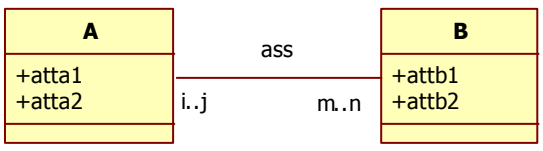
10.4- Passage du modèle conceptuel au modèle relationnel

Le diagramme de classes est un diagramme du monde objet dans lequel la notion d'identifiant au sens entité association n'existe pas. Il revient donc aux concepteurs d'introduire les identifiants nécessaires lors du passage au modèle relationnel. Toutefois, il existe des identifiants naturels qui apparaissent dans les diagrammes de classes. Par exemple, le numéro d'immatriculation est une caractéristique d'une voiture et il apparaît dans la classe voiture.

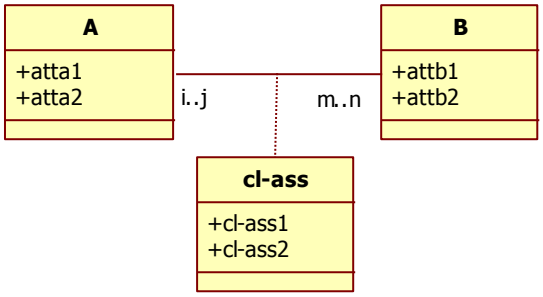
Pour chaque classe, il faut créer une relation regroupant les attributs de la classe. Si la classe ne possède pas d'attribut, il ne faut pas créer de relation sauf si elle met en œuvre les informations concernant les associations. Pour les associations, il y a soit création d'une nouvelle relation, soit l'ajout d'attributs dans certaines classes. Le choix entre ces deux alternatives dépend des cardinalités portées par l'association. Toutefois, on privilégiera lorsque cela est possible la création d'un nouvel attribut au dépend de la création d'une nouvelle relation. De plus, il faut éviter autant que faire se peut la création d'attribut pouvant avoir la valeur « null ».

Pour chaque cas étudié ici, nous donnerons les relations générées ainsi que les contraintes qui devront être implantées.

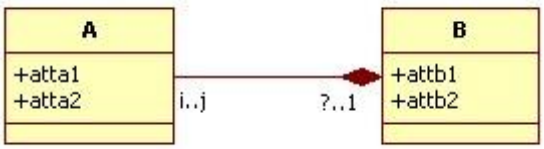
Considérons les diagrammes de classes suivants :



i	j	m	n	Modèle relationnel
0 1	1	?	>1	A = {<u>ida</u>, atta1, atta2} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant B = {<u>idb</u>, attb1, attb2, #ida} sauf si attb1 ou attb2 est un identifiant Si i = 1 il faut rajouter que la clef étrangère de la relation « B » est « not null »
1	1	0	1	A = {<u>ida</u>, atta1, atta2} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant B = {<u>idb</u>, attb1, attb2, #ida} sauf si attb1 ou attb2 est un identifiant La clef étrangère de la relation « B » est « not null »
?	>1	?	>1	A = {<u>ida</u>, atta1, atta2} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant B = {<u>idb</u>, attb1, attb2} sauf si attb1 ou attb2 est un identifiant ass = {<u>#ida, #idb</u>}



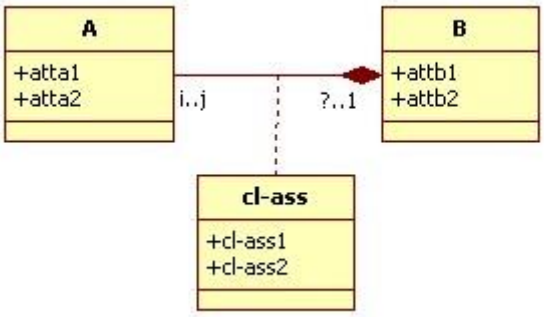
i	j	m	n	Modèle relationnel
0 1	1	?	>1	A = {<u>ida</u>, atta1, atta2} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant B = {<u>idb</u>, attb1, attb2, #ida, cl-ass1, cl-ass2} sauf si attb1 ou attb2 est un identifiant Si i = 1 il faut rajouter que la clef étrangère de la relation « B » est « not null »
1	1	0	1	A = {<u>ida</u>, atta1, atta2} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant B = {<u>idb</u>, attb1, attb2, #ida, cl-ass1, cl-ass2} sauf si attb1 ou attb2 est un identifiant La clef étrangère de la relation « B » est « not null »
?	>1	?	>1	A = {<u>ida</u>, atta1, atta2} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant B = {<u>idb</u>, attb1, attb2} sauf si attb1 ou attb2 est un identifiant ass = {<u>#ida, #idb</u>, cl-ass1, cl-ass2}



i	j	m	n	Modèle relationnel

?	>1	0
		1
			1	A = {<u>ida</u>, atta1, atta2, #idb} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant
				B = {<u>idb</u>, attb1, attb2} sauf si attb1 ou attb2 est un identifiant
				
				Si m = 1 il faut rajouter que la clef étrangère de la relation « A » est « not null »
				
				La clef étrangère de « A » devra être déclarée avec l'option « on cascade »

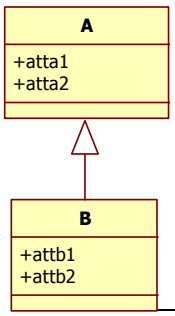
1	1	0	1	A = {<u>ida</u>, atta1, atta2, #idb} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant
				B = {<u>idb</u>, attb1, attb2} sauf si attb1 ou attb2 est un identifiant
				
				Bien que le rôle du côté de la classe « A » est 1..1, on privilégie la composition qui permet d'implanter une contrainte forte de dépendance. La clef étrangère de « A » devra être déclarée avec l'option « on cascade ».



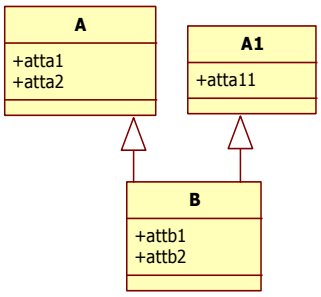
i	j	m	n	Modèle relationnel

?	1	0
		1
			1	A = {<u>ida</u>, atta1, atta2, #idb, cl-ass1, cl-ass2} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant
				B = {<u>idb</u>, attb1, attb2} sauf si attb1 ou attb2 est un identifiant
				
				Si m = 1 il faut rajouter que la clef étrangère de la relation « A » est « not null »
				
				La clef étrangère de « A » devra être déclarée avec l'option « on cascade »

1	1	0	1	A = {<u>ida</u>, atta1, atta2, #idb, cl-ass1, cl-ass2} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant
				B = {<u>idb</u>, attb1, attb2} sauf si attb1 ou attb2 est un identifiant
				
				Bien que le rôle du côté de la classe « A » est 1..1, on privilégie la composition qui permet d'implanter une contrainte forte de dépendance. La clef étrangère de « A » devra être déclarée avec l'option « on cascade ».

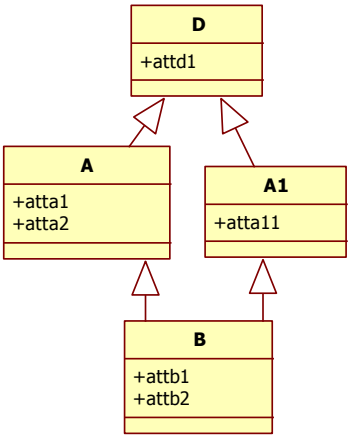


A = {<u>ida</u>, atta1, atta2} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant
B = {<u>#ida</u>, attb1, attb2}
Avec l'identifiant de « B » qui est une clef étrangère sur le domaine primaire de « A ».



A = {ida, atta1, atta2} sauf si atta1 ou atta2 est un identifiant
A1 = {ida1, atta11} sauf si atta11 est un identifiant
B = {#ida, #ida1, attb1, attb2}

Avec l'identifiant de « B » qui est une clef étrangère sur le domaine primaire de « A » ou de « A1 ». **De plus, la clef étrangère qui n'est pas clef primaire (« ida1 » dans notre cas) doit être unique dans B et « not null ».**

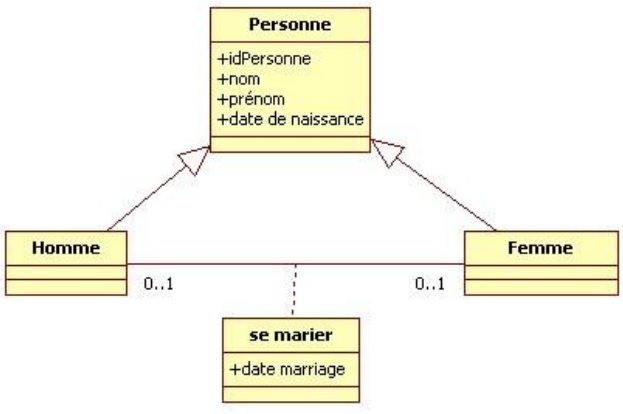


D = {idd, attd1}
A = {#idd, atta1, atta2}
A1 = {#idd, atta11} sauf si atta11 est un identifiant
B = {#idd, attb1, attb2}

Avec les identifiants de « A », « A1 » et « B » qui sont des clefs étrangères sur le domaine primaire de « D ». **Dans ce cas, il est essentiel que lors de la création d'un tuple de « B » les deux relations « A » et « A1 » possèdent un tuple ayant comme identifiant le même que celui créé dans « B ». Cette contrainte est impossible à vérifier en relationnel d'où un risque accru d'incohérence.**

10.5- Exercice récapitulatif

Exercice 1 : soit le diagramme de classes suivant :



Traduire le modèle de données ci-dessus sous forme d'un modèle relationnel en y incluant les contraintes pertinentes.

Exercice 2 : A partir de l'exemple du chapitre 10.2, donner le diagramme de classes correspondant ainsi que le modèle relationnel correspondant.

Exercice 3 : On désire modéliser la phase régulière du Top 14 de rugby. La phase régulière est composée de 26 journées numérotées de 1 à 26 chacune composée de 7 matchs. Un match se déroule à une certaine date et voit s'affronter deux équipes : une qui reçoit et une qui se déplace. A la fin de chaque match, chaque équipe possède un certain nombre de points et a

marqué un certain nombre d'essais. Les équipes, au nombre de 14, sont représentés par un sigle qui est son identifiant et un nom. Chaque équipe s'affronte deux fois en match aller-retour, le second match ayant lieu 13 journées après la première.
Donner le diagramme de classes correspondant ainsi que le modèle relationnel correspondant. On veillera à indiquer les contraintes nécessaires qu'elles soient implantables ou non.