

MODÈLE RELATIONNEL ET LANGAGE SQL

Did you really name your son ROBERT') ; DROP TABLE
students;--?

[Exploits of a Mom, XKCD](#)

À la fin de ce chapitre, je sais :

- ☞ interpréter et utiliser un modèle relationnel de base de données
- ☞ utiliser les opérateurs de projection et de sélection sur un modèle simple (select from, where)
- ☞ utiliser les clefs primaires et étrangères dans une requête simple
- ☞ opérer une jointure interne entre plusieurs tables (join on)
- ☞ utiliser les fonctions d'agrégation pour un calcul simple (min, max, sum, avg, count)
- ☞ filtrer des agrégations d'après un critère (having)
- ☞ utiliser des opérateurs ensemblistes (intersect, union, except)

A Requêtes SQL

SQL est le langage de manipulation et de création du modèle relationnel. Il implémente les opérations de l'algèbre relationnelle. De type déclaratif, ce langage décrit donc ce que l'on veut faire sur la base de données, pas comment on veut le faire car le SGBD s'en charge.

Les épreuves d'informatique commune proposent essentiellement de rédiger des requêtes SQL sur une base de données proposée. C'est un sous-ensemble de possibilités du langage qui permet déjà de se divertir un peu!

■ **Définition 1 — Requête SQL.** Une requête SQL consiste à extraire des données issues d'une base de données relationnelle en utilisant les opérateurs relationnels. Ces opérateurs sont :

- SELECT ... FROM
- WHERE

- GROUP BY
- HAVING
- ORDER BY

S'ajoutent à ces opérateurs, les opérations ensemblistes (union, intersection et différence) ainsi que l'opérateur de jointure (JOIN).

La structure générique d'une requête SQL est donnée sur le figure 1.

Code 1 – Structure de base d'une requête SQL : projection et sélection

```
1  -- Commentaire
2  SELECT nom                -- OPERATEUR   attribut
3  FROM ville                -- OPERATEUR   table
4  WHERE nom_pays = "France"; --OPERATEUR condition
```

Dans tout le chapitre, on considère qu'on manipule le modèle relationnel donné sur la figure 1 via le langage SQL.



FIGURE 1 – Modèle relationnel utilisé pour les exemples de projection et de sélection.

B Projection : SELECT ...FROM

■ **Définition 2 — Projection.** Une projection est une opération qui consiste à sélectionner des colonnes (attributs) dans une table. En langage SQL, la projection est effectuée grâce aux mots clefs **SELECT** et **FROM**.

Code 2 – Exemples de projections

```

1  SELECT nom          -- la colonne nom
2  FROM ville;         -- de la table ville
3  -- SORTIE DU SGBD :
4      -- Brest
5      -- Brest
6      -- Londres
7      -- Exeter
8      -- Edinburgh
9      -- Londres
10     -- Plymouth
11     -- Rome
12     -- Limoges
13     -- Vienne
14     -- Salzbourg
15
16  SELECT *           -- toutes les colonnes
17  FROM ville;        -- de la table ville
18  -- SORTIE DU SGBD :
19     -- 1 Brest France 140547
20     -- 2 Brest Bielorussie 309764
21     -- 3 Londres Royaume-Uni 8250205
22     -- 4 Exeter Royaume-Uni 113507
23     -- 5 Edinburgh Royaume-Uni 459366
24     -- 6 Londres Canada 366151
25     -- 7 Plymouth Royaume-Uni 234982
26     -- 8 Rome Italie 2617175
27     -- 9 Limoges France 137758
28     -- 10 Vienne Autriche 1761738
29     -- 11 Salzbourg Autriche 146676
30
31  SELECT nom, nom_pays -- la colonne nom et la colonne nom_pays
32  FROM ville;         -- de la table ville
33  -- SORTIE DU SGBD :
34     -- Brest France
35     -- Brest Bielorussie
36     -- Londres Royaume-Uni
37     -- Exeter Royaume-Uni
38     -- Edinburgh Royaume-Uni
39     -- Londres Canada
40     -- Plymouth Royaume-Uni
41     -- Rome Italie
42     -- Limoges France
43     -- Vienne Autriche
44     -- Salzbourg Autriche

```

C Sélection : WHERE ...

■ **Définition 3 — Sélection.** Une sélection est une opération qui consiste à sélectionner des lignes (enregistrements) dans une table. En langage SQL, la sélection est effectuée grâce au mot clef **WHERE** suivi d'une condition.

Code 3 – Sélections

```
1  SELECT nom          -- la colonne nom
2  FROM ville          -- de la table ville
3  WHERE nom_pays = "France";
4  -- condition de selection : les lignes dont la colonne nom_pays vaut "
   France"
5  -- SORTIE DU SGBD :
6  -- Brest
7  -- Limoges
8
9  SELECT nom          -- la colonne nom
10 FROM ville          -- de la table ville
11 WHERE nom_pays = "France" OR nom_pays = "Royaume-Uni";
12 -- condition de selection : les lignes dont la colonne nom_pays vaut "
   France" ou du "Royaume Uni"
13 -- SORTIE DU SGBD :
14 -- Brest
15 -- Londres
16 -- Exeter
17 -- Edinburgh
18 -- Plymouth
19 -- Limoges
```

Une fois la projection et la sélection effectuée, on peut préciser la manière dont les résultats s'affichent : on peut ordonner les résultats selon un attribut en particulier, c'est la vocation des mots-clefs **ORDER BY**. L'ordre suivi par le SGBD sera l'ordre alphabétique ou numérique en fonction du type de données par rapport auquel on souhaite ordonner. Si on souhaite ordonner par un attribut de type texte, c'est l'ordre lexicographique qui est utilisé. Si on souhaite ordonner par un attribut du type entier, c'est l'ordre numérique qui sera choisi.

On peut également indiquer qu'on veut une projection sans redondance, c'est à dire ne garder qu'un seul exemplaire de chaque résultat (cf. code 4) grâce aux mots-clefs **SELECT DISTINCT**.

L'opérateur **LIMIT n** permet de limiter le nombre de réponses aux *n* premières. L'opérateur **OFFSET n** permet d'écarter les *n* premières réponses. En combinant les deux, on peut sélectionner n'importe quelle plage de la réponse.

Code 4 – Sélections - ordre des résultats - projection non redondante

```

1  SELECT nom          -- la colonne nom
2  FROM ville          -- de la table ville
3  WHERE nom_pays = "France" OR nom_pays = "Royaume-Uni"
4  ORDER BY nom_pays;
5  -- condition de selection : colonne nom_pays vaut "France" ou du "Royaume
   Uni"
6  -- ordonner par nom_pays
7  -- SORTIE DU SGBD :
8      Brest
9      Londres
10     Exeter
11     Edinburgh
12     Plymouth
13     Limoges
14
15  SELECT DISTINCT nom_pays -- la colonne nom_pays
16  FROM ville              -- de la table ville
17  ORDER BY nom_pays;
18  -- projection : les pays des villes sans redondance DISTINCT
19  -- ordonner par nom_pays
20  -- SORTIE DU SGBD :
21      Autriche
22      Bielorussie
23      Canada
24      France
25      Italie
26      Royaume-Uni
27
28  SELECT nom, population -- la colonne population
29  FROM ville              -- de la table ville
30  ORDER BY nom_pays      -- regrouper par pays
31  LIMIT 3;               -- les trois premiers resultats
32  -- SORTIE DU SGBD :
33      Vienne 1761738
34      Salzbourg 146676
35      Brest 309764
36
37  SELECT nom, population
38  FROM pays
39  ORDER BY population
40  LIMIT 3 -- les trois premiers resultats
41  OFFSET 2; -- on ecarte les 5 premieres
42  -- SORTIE DU SGBD :
43      Canada 35151728
44      Italie 59433744
45      Royaume-Uni 64105654

```

R Il est possible qu'il existe une ambiguïté dans le nom des attributs. Par exemple, la table *ville* possède un champ nom, tout comme la table *pays*. Parfois, cette ambiguïté n'a pas de conséquence, comme dans le code 10 : on a deux commandes `SELECT nom` qui désignent deux attributs différents, mais cela reste intelligible pour le SGBD, car ces commandes font parties de deux projections différentes, les `FROM` sont différents.

Cependant, il arrive que le SGBD ne puisse pas lever l'ambiguïté des noms utilisés. Dans ce cas, on peut soit :

- utiliser le préfixe du nom de la table suivi d'un point pour désigner un attribut. Par exemple, pour ne pas confondre la population d'une ville et la population d'un pays, on peut écrire les deux expressions `ville.population` et `pays.population`.
- renommer les tables, les attributs ou les champs calculés grâce à l'opérateur de renommage `AS` comme dans le code 5.

D Jointure : JOIN ...ON ...

Il est possible d'effectuer une requête SQL sur plusieurs tables simultanément, soit en utilisant le produit cartésien de tables soit en effectuant une jointure interne. Celle-ci est la syntaxe à privilégier pour cette opération.

■ **Définition 4 — Jointure.** En langage SQL, une jointure est un moyen d'utiliser plusieurs tables dans une même requête en créant une liaison entre les tables. Pour associer deux tables dans une jointure, il est nécessaire d'utiliser les mots-clefs `JOIN` et `ON`. Après `JOIN` on précise quelles tables sont à joindre, après `ON` on explicite la condition qui crée la liaison entre les tables.

■ **Exemple 1 — Exemples de jointures.** Le code 5 présente deux jointures de type différent.

La première jointure est une jointure entre deux tables différentes. La condition de jointure est que les lignes des deux tables qui sont à joindre doivent porter les mêmes noms de pays. La figure 2 détaille les étapes de cette requête.

La seconde est une autojointure, c'est à dire qu'on relie la table à elle même pour faire une requête. Dans cet exemple, on joint deux à deux les lignes des villes qui font parties d'un même pays, puis on sélectionne les lignes dont la première ville possède une population plus grande que la seconde.

Code 5 – Exemples de jointures

```

1  SELECT ville.nom, pays.population
2  FROM ville
3  JOIN pays
4  ON ville.nom_pays = pays.nom
5  WHERE pays.population < 60000000;
6  -- Jointure de ville et pays d'apres les noms des pays
7  -- Condition : les pays comportent moins de 60 millions d'habitants
8  -- Sortie du SGBD
9      -- Brest  9460692
10     -- Londres 35151728
11     -- Rome 59433744
12     -- Vienne 8499759
13     -- Salzbourg 8499759
14
15
16  SELECT v.nom, w.nom, v.population-w.population
17  FROM ville as v
18  JOIN ville as w
19  ON v.nom_pays = w.nom_pays
20  WHERE v.population > w.population;
21  -- Projection avec renommage v
22  -- Autojointure avec renommage w
23  -- La condition de jointure est que le nom du pays des deux villes doit
24  -- etre le meme.
25  -- La selection ne retient que les couples de villes tels que la
26  -- premiere ville est plus peulee
27  -- On calcule la difference de population entre les deux villes
28  -- SORTIE DU SGBD :
29      -- Exeter Edinburgh 345859
30      -- Exeter Londres 8136698
31      -- Exeter Plymouth 121475
32      -- Edinburgh Londres 7790839
33      -- Plymouth Edinburgh 224384
34      -- Plymouth Londres 8015223
35      -- Limoges Brest 2789
36      -- Salzbourg Vienne 1615062

```


Étape 1 : jointure des tables ville et pays d'après les noms des pays.

id_ville	nom	nom_pays	population	nom	capitale	population
1	Brest	France	140547	France	Paris	64933400
2	Brest	Biélorussie	309764	Biélorussie	Minsk	9460692
3	Londres	Royaume-Uni	8250205	Royaume-Uni	Londres	64105654
4	Exeter	Royaume-Uni	113507	Royaume-Uni	Londres	64105654
5	Edinburgh	Royaume-Uni	459366	Royaume-Uni	Londres	64105654
6	Londres	Canada	366151	Canada	Ottawa	35151728
7	Plymouth	Royaume-Uni	234982	Royaume-Uni	Londres	64105654
8	Rome	Italie	2617175	Italie	Rome	59433744
9	Limoges	France	137758	France	Paris	64933400
10	Vienne	Autriche	1761738	Autriche	Vienne	8499759
11	Salzbourg	Autriche	146676	Autriche	Vienne	8499759

Étape 2 : sélection des pays de moins de 60 millions d'habitants.

id_ville	nom	nom_pays	population	nom	capitale	population
2	Brest	Biélorussie	309764	Biélorussie	Minsk	9460692
6	Londres	Canada	366151	Canada	Ottawa	3515172
8	Rome	Italie	2617175	Italie	Rome	59433744
10	Vienne	Autriche	1761738	Autriche	Vienne	8499759
11	Salzbourg	Autriche	146676	Autriche	Vienne	8499759

Étape 3 : projection du nom de la ville et de la population du pays.

nom	population
Brest	9460692
Londres	3515172
Rome	59433744
Vienne	8499759
Salzbourg	8499759

FIGURE 2 – Représentation des étapes de la requête `SELECT ville.nom, pays.population FROM ville JOIN pays ON ville.nom_pays = pays.nom WHERE pays.population < 60000000;` du code 5 qui opère une jointure entre les tables ville et pays. Étape 1 : les lignes des deux tables sont mises côte à côte d'après le critère de jointure. Étape 2 : seules les lignes qui respectent la condition de sélection sont gardées. Étape 3 : la projection sélectionne les colonnes résultats. à

E Agréger, grouper et filtrer des résultats

a Fonctions d'agrégation : SUM, COUNT, AVG, MAX, MIN

■ **Définition 5 — Fonction d'agrégation.** Une fonction d'agrégation effectue des opérations statistiques sur un ensemble de registres. Elle s'applique à plusieurs lignes en même temps et permet :

- **COUNT** : de compter les éléments projetés et sélectionnés.
- **MIN** et **MAX** : de trouver le minimum ou le maximum des éléments,
- **SUM** : de calculer la somme des éléments,
- **AVG** : de calculer la moyenne des éléments.

R On peut utiliser les fonctions d'agrégation avec l'opérateur de projection **SELECT** ou l'opérateur **HAVING**. Par contre, **on n'utilise jamais** de fonctions d'agrégation avec l'opérateur de sélection **WHERE**. La raison est que pour pouvoir agréger des lignes, il faut d'abord sélectionner ces lignes des tables.



Le paragraphe précédent est important pour l'épreuve d'informatique!

Code 6 – Exemples d'utilisation des fonctions d'agrégation

```

1  SELECT COUNT(nom_pays)
2  FROM ville
3  WHERE population > 1000000;
4  -- On compte les pays qui ont des villes de plus de 5 millions d'
   habitants.
5  -- SORTIE DU SGBD :
6  -- 3
7
8  SELECT MAX(population), nom
9  FROM ville
10 WHERE nom_pays = "Royaume-Uni";
11 -- On détermine le nom de la ville du Royaume-Uni qui possède le plus
   grand nombre d'habitants.
12 -- SORTIE DU SGBD :
13 -- 8250205 Londres
14
15 SELECT MIN(nom)
16 FROM pays;
17 -- On détermine le nom du pays le premier dans l'ordre lexicographique.
18 -- SORTIE DU SGBD :
19 -- Autriche
20
21 SELECT AVG(population), MIN(population), MAX(population)
22 FROM ville;
23 -- On détermine la moyenne, le minimum et la maximum de la population des
   villes.
```

```
24 -- SORTIE DU SGBD :
25 -- 1321624.45454545 113507 8250205
```

b Regrouper : GROUP BY ...

L'opérateur **GROUP BY** permet de créer des groupes dans la réponse. L'intérêt principal est que les fonctions d'agrégation peuvent calculer leurs statistiques non plus sur l'ensemble des réponses mais sur chacun de ces groupes.

Code 7 – Exemple d'utilisation de GROUP BY

```
1  SELECT nom_pays, SUM(population)
2  FROM ville
3  WHERE population > 200000
4  GROUP BY nom_pays;
5  -- On fait la somme des populations des villes de plus de 200000
   habitants par pays.
6  -- SORTIE DU SGBD :
7  -- Autriche 1761738
8  -- Bielorussie 309764
9  -- anada 366151
10 -- Italie 2617175
11 -- Royaume-Uni 8944553
```

c Filtrer des résultats regroupés : GROUP BY ...HAVING...

SQL permet de filtrer les groupes créés par **GROUP BY**. En effet, l'opérateur **WHERE** a déjà sélectionné les lignes, les groupes ont été créés à partir de ces lignes. Si on souhaite filtrer les groupes, il faut donc un autre opérateur. C'est le rôle de **HAVING**.

Code 8 – Exemple d'utilisation de GROUP BY ...HAVING

```
1  SELECT nom_pays, SUM(population)
2  FROM ville
3  WHERE population > 200000
4  GROUP BY nom_pays
5  HAVING COUNT(nom) > 2;
6  -- On fait la somme des populations des villes de plus de 200000
   habitants par pays
7  -- si seulement le pays en possède au moins 3.
8  -- SORTIE DU SGBD :
9  -- Royaume-Uni 8944553
```

F Opérations ensemblistes

SQL définit également des opérateurs ensemblistes : un opérateur d'union, d'intersection et de différence. Ils sont principalement utiles lorsqu'on dispose de plusieurs tables cohérentes,

voire qui représente la même entité, et qu'on souhaite extraire des informations de ces deux tables simultanément. Il est nécessaire que les projections génèrent le même nombre de colonnes pour pouvoir mener une opération ensembliste. Les opérateurs sont **UNION**, **INTER** et **EXCEPT**.

Code 9 – Exemple d'opération ensembliste

```

1  SELECT nom, population
2  FROM ville
3  WHERE nom = "Londres"
4  UNION
5  SELECT nom, population
6  FROM ville
7  WHERE population < 200000;
8  -- SORTIE DU SGBD :
9      -- Brest  140547
10     -- Exeter 113507
11     -- Limoges 137758
12     -- Londres 366151
13     -- Londres 8250205
14     -- Salzburg 146676

```

G Requêtes imbriquées --> HORS PROGRAMME

■ **Définition 6 — Sous-requête ou requête imbriquée.** Une requête imbriquée est une requête incluse dans une requête. Son résultat devient le champ de recherche d'une autre requête.



Vocabulary 1 — Nested request ↔ Requête imbriquée

Comme le montre le code 10, il est possible d'utiliser les opérateurs de comparaison =, <, <=, >=, <> pour créer une condition qui dépend de la requête imbriquée, si celle-ci ne renvoie qu'une seule valeur. Mais ce n'est pas toujours le cas. Dans le cas contraire, la sous-requête résulte en une liste de valeur, alors il est nécessaire d'utiliser les mots-clefs **IN** ou **NOT IN** pour tester l'appartenance du critère à la liste de valeurs retournée par la requête imbriquée.

Code 10 – Requêtes imbriquées

```

1  SELECT nom
2  FROM ville
3  WHERE ville.pays = ( SELECT nom
4                       FROM pays
5                       WHERE capitale = "Paris");
6  -- Requete imbriquee : le noms du pays dont la capitale est Paris
7  -- Sortie du SGBD
8  -- Brest
9  -- Limoges
10

```

```

11  SELECT nom
12  FROM ville
13  WHERE pays IN ( SELECT nom
14                  FROM pays
15                  WHERE population < 60000000);
16  -- Requete imbriquee : la liste des noms des pays qui comportent moins de
17    60 millions d'habitants
18  -- Sortie du SGBD
19  -- Brest
20  -- Londres
21  -- Rome
22  -- Vienne
23  -- Salzbourg

```

H De belles requêtes SQL

Comme vous l’aurez observé tout au long de ce chapitre, on n’écrit pas n’importe comment les requêtes SQL. Les codes qui vont sont présentés respectent certaines conventions.

M **Méthode 1 — Écriture de requêtes SQL et conventions** Afin de garantir une bonne lisibilité des requêtes SQL, il est nécessaire de bien les écrire. Même s’il ne s’agit de convention, il est important :

- d’écrire en majuscules pour les opérateurs SQL,
- d’écrire en minuscules les relations (tables) et les attributs (champs),
- de revenir à la ligne après chaque opération : projection, sélection, regroupement, agrégation, ordonnancement.



Le paragraphe précédent est important pour l’épreuve d’informatique!

Opérateurs	Action
SELECT ... FROM ...	Projection des colonnes d’une table
SELECT DISTINCT ... FROM ...	Idem mais sans redondance, sans doublons
WHERE ...	Condition de sélection des lignes
GROUP BY ...	Créer des regroupements des résultats
HAVING ...	Filtrer les regroupements de résultats
ORDER BY ... ASC/DESC	Ordonner les résultats
LIMIT n	Limiter le nombre de résultats aux n premiers
OFFSET n	Écarter les n premiers résultats
UNION, INTERSECT, EXCEPT	Opérations ensemblistes

TABLE 1 – Synthèse des opérateurs SQL au programme