

BDW - Conception des BD - modélisation physique

Fabien Duchateau

fabien.duchateau [at] univ-lyon1.fr

Université Claude Bernard Lyon 1

2023 - 2024



<https://perso.liris.cnrs.fr/fabien.duchateau/BDW/>

Positionnement dans BDW

Modélisation

Schéma entité/
association

Niveau conceptuel

Modèle
relationnel

Niveau logique

SQL (DDL)

Niveau physique

SGBD

Concepts

Optimisation

Base de
données

...

Base de
données

Manipulation

Algèbre
relationnelle

Combinaison
d'opérateurs

Calculs
relationnels

{projetés | formule}

SQL (DML)

SELECT ...
FROM ...

Prog. web

HTML

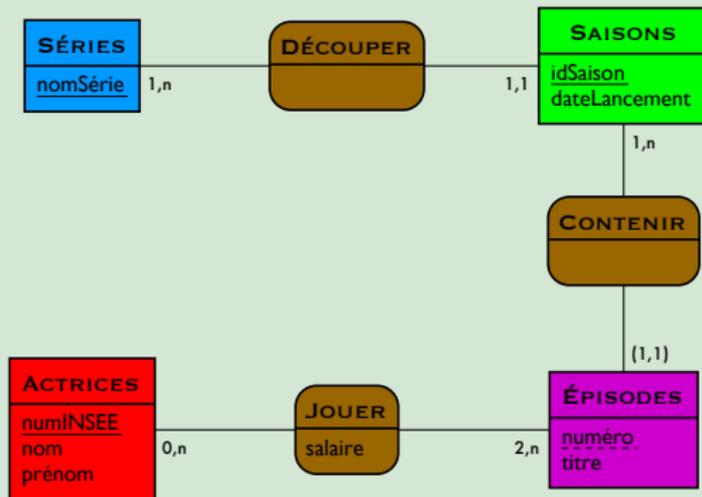
CSS

PHP

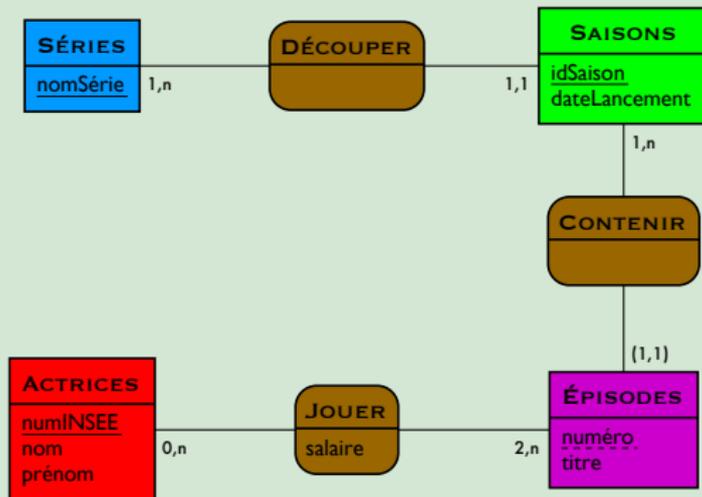
```
<html>
...
<link ... css>
...
<?php
?>
...
</html>
```

Ces diapositives utilisent **le genre féminin** (e.g., chercheuse, développeuses) plutôt que **l'écriture inclusive** (moins accessible, moins concise, et pas totalement inclusive)

D'un diagramme E/A à un schéma relationnel



D'un diagramme E/A à un schéma relationnel



SÉRIES(nomSérie)

SAISONS(idSaison, dateLancement, #nomSérie)

ÉPISODES(numéro, #idSaison, titre)

ACTRICES(numINSEE, nom, prénom)

JOUER(#numéro, #idSaison, #numINSEE, salaire)

Motivation

Dernière étape de la modélisation (niveau physique) :

- ▶ Implique le choix d'un SGBD pour stocker la BD
- ▶ Besoin de traduire le modèle logique en modèle physique
- ▶ Dans notre cas, transformation du schéma relationnel en tables SQL pour le SGBD MariaDB

Motivation

Dernière étape de la modélisation (niveau physique) :

- ▶ Implique le choix d'un SGBD pour stocker la BD
- ▶ Besoin de traduire le modèle logique en modèle physique
- ▶ Dans notre cas, transformation du schéma relationnel en tables SQL pour le SGBD MariaDB

Le langage SQL permet la création (**CRUD**) à la fois de tables et contraintes (LDD) et d'instances (LMD)

Plan

Le langage SQL

Création d'une BD

Création de tables

Insertion de n-uplets

Contraintes d'intégrité

Qu'est ce que SQL ?

SQL = Structured Query Language

Un langage concret pour interagir avec le modèle relationnel :

- ▶ Un langage de manipulation de données
- ▶ Un langage de description de données
- ▶ Un langage pour administrer la base, gérer les contrôles d'accès

Cours et tutoriels SQL sur <http://sql.sh>

Pour aller plus loin, <http://use-the-index-luke.com/> et

<http://modern-sql.com/>

Qu'est ce que SQL ?

SQL = Structured Query Language

Un langage concret pour interagir avec le modèle relationnel :

- ▶ Un langage de manipulation de données
- ▶ Un langage de description de données
- ▶ Un langage pour administrer la base, gérer les contrôles d'accès

Langage de manipulation de données **déclaratif** ⇒ description du résultat escompté

Cours et tutoriels SQL sur <http://sql.sh>

Pour aller plus loin, <http://use-the-index-luke.com/> et

<http://modern-sql.com/>

Historique de SQL

Origine : IBM en 1974

Standards :

- ▶ SQL-87 : 1987 (ISO)
- ▶ SQL-2 : 1992
- ▶ SQL-3 : 1999
- ▶ ...
- ▶ SQL-2016

6000 B.C.



WWW.USERFRIENDLY.ORG
COPYRIGHT (C) 1999 ILLIAD

2000 A.D.



<http://fr.wikipedia.org/wiki/SQL>

SQL dans les SGBD

De nombreux SGBD utilisent le langage SQL :

- ▶ MySQL / MariaDB
- ▶ PostgreSQL
- ▶ Oracle
- ▶ SQL Server
- ▶ LibreOffice Base, Access
- ▶ ...



Chaque SGBD implémente plus ou moins respectueusement le standard SQL (3 niveaux de conformité)

<https://tdan.com/is-sql-a-real-standard-anymore/4923>

Plan

Le langage SQL

Création d'une BD

Création de tables

Insertion de n-uplets

Contraintes d'intégrité

Généralités

Dans un SGBD, les tables sont stockées dans une base de données, qu'il faut créer :

- ▶ Avec une requête SQL ou un client graphique (e.g., PHPMyAdmin)
- ▶ En option :
 - ▶ spécifier le jeu de caractères utilisé pour la BD (e.g., *latin1*, *utf8*)
 - ▶ spécifier la collation, i.e., la méthode de comparaison et de tri pour un jeu de caractères (e.g., *utf8_general_ci*, *utf8_bin*)

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/create-database/>

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/use/>

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/character-set-and-collation-overview/>

Syntaxe de création de base de données

```
CREATE OR REPLACE DATABASE nom_bd ;  
USE nom_bd ;
```

- ▶ Création d'une base de données nommée *nom_bd*
- ▶ L'option **OR REPLACE** permet de remplacer (détruire puis recréer) une base de données *nom_bd* existante
- ▶ La commande **USE** spécifie que l'on va utiliser la base *nom_bd* (e.g., pour y créer des tables)

Exemple de création de base de données

```
7 /* Creation d'une base de donnees Séries */
8 CREATE OR REPLACE DATABASE BD_Series;
```

Création ou remplacement d'une base de données Series. La commande USE permet de sélectionner (travailler) avec la base mentionnée

Plan

Le langage SQL

Création d'une BD

Création de tables

Insertion de n-uplets

Contraintes d'intégrité

Généralités

Pour chaque relation du modèle relationnel, création de la table correspondante

- ▶ Avec une requête SQL ou un client graphique (e.g., PHPMyAdmin)
- ▶ Attention aux différences d'implémentation de SQL dans les SGBD (MariaDB pour cet enseignement)

À la création d'une table (schéma), on indique :

- ▶ Le nom des attributs
- ▶ Le type de chaque attribut
- ▶ De manière optionnelle :
 - ▶ certaines contraintes d'intégrité
 - ▶ des caractéristiques de stockage

Syntaxe de création de table

```
CREATE TABLE nom_table (  
  att1 type1  
  [, att2 type2, ...]  
);
```

- ▶ Création simple d'une table de nom *nom_table*, avec un attribut *att₁* de type *type₁*, un attribut *att₂* de type *type₂*, etc.
- ▶ Les crochets [...] représentent des éléments optionnels

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/create-table/>
<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/data-types/>

Types d'attributs

Type pour les **booléens** :

- ▶ `BOOLEAN` ou `TINYINT(1)`

Types pour les **chaînes de caractères** :

- ▶ `CHAR(longueur)`
 - ▶ taille fixe égale à *longueur* (complétion par des espaces), mais limitée à 255 caractères
- ▶ `VARCHAR(longueur)` et `TEXT`
 - ▶ taille **variable**, mais limitée à 65365 caractères
 - ▶ un `varchar` peut contenir jusqu'à *longueur* caractères
 - ▶ autres capacités avec `TINYTEXT`, `MEDIUMTEXT`, `LONGTEXT`

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/boolean/>

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/string-data-types/>

Types d'attributs (2)

Types **numériques** :

- ▶ DECIMAL(longueur, échelle)
 - ▶ un nombre codé exactement sur *longueur* chiffres, dont *échelle* chiffres après la virgule
 - ▶ *longueur* et *échelle* sont optionnels
- ▶ DOUBLE(longueur, échelle)
 - ▶ un nombre à virgule flottante (double précision)
 - ▶ *longueur* et *échelle* sont optionnels
- ▶ Raccourcis d'écriture :
 - ▶ INT ou INTEGER, TINYINT, MEDIUMINT, BIGINT (entier)
 - ▶ FLOAT (nombre à virgule flottante, mais à simple précision)

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/data-types-numeric-data-types/>

Types d'attributs (3)

Types pour les **dates** :

- ▶ YEAR, une année sur 4 chiffres
- ▶ DATE, une date au jour près, stockée au format *YYYY-MM-JJ*
 - ▶ d'autres formats sont acceptés (chaîne, *YY-MM-JJ*, etc.)
- ▶ TIME, un temps stocké au format *HH :MM :SS.ssssss*
 - ▶ d'autres formats sont acceptés (*HH :MM :SS*, *HHMMSS*, etc.)
- ▶ DATETIME, une date avec temps, au format *YYYY-MM-DD HH :MM :SS*
- ▶ TIMESTAMP, le nombre de secondes écoulées depuis le 1^{er} janvier 1970

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/date-and-time-data-types/>

Types d'attributs (4)

Types pour les **objets binaires** (e.g., images, fichiers) :

- ▶ TINYBLOB, un objet contenant jusqu'à 255 octets de données binaires
- ▶ BLOB, un objet contenant jusqu'à 64 Ko de données binaires
- ▶ MEDIUMBLOB, un objet jusqu'à 16 Mo
- ▶ LONGBLOB, un objet jusqu'à 4 Go

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/blob/>

Types d'attributs (5)

Types énumérés :

- ▶ `ENUM('val1', 'val2', ...)`
 - ▶ définition d'une liste de valeurs autorisées pour un attribut
 - ▶ en théorie 65535 valeurs maximales dans l'énumération

- ▶ `SET('val1', 'val2', ...)`
 - ▶ similaire à `ENUM`, mais limité à 64 valeurs

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/enum/>

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/set-data-type/>

Exemple de création de tables

SÉRIES(nomSérie)

```
18 CREATE TABLE Series(  
19   nomSérie VARCHAR(255)  
20 );
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
nomSérie	varchar(255)	YES		NULL	

SAISONS(idSaison, dateLancement, #nomSérie)

```
22 CREATE TABLE Saisons(  
23   idSaison INT,  
24   dateLancement DATE,  
25   nomSérie VARCHAR(255)  
26 );
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
idSaison	int(11)	YES		NULL	
dateLancement	date	YES		NULL	
nomSérie	varchar(255)	YES		NULL	

Exemple de création de tables (2)

ÉPISODES(numéro, #idSaison, titre)

```
28 CREATE TABLE Episodes(  
29     numero INT,  
30     idSaison INT,  
31     titre VARCHAR(255)  
32 );
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
numero	int(11)	YES		NULL	
idSaison	int(11)	YES		NULL	
titre	varchar(255)	YES		NULL	

ACTRICES(numINSEE, nom, prénom)

```
34 CREATE TABLE Actrices(  
35     numINSEE INT,  
36     nom VARCHAR(255),  
37     prenom VARCHAR(255)  
38 );
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
numINSEE	int(11)	YES		NULL	
nom	varchar(255)	YES		NULL	
prenom	varchar(255)	YES		NULL	

Exemple de création de tables (3)

JOUER(#numero, #idSaison, #numINSEE, salaire)

```
40 CREATE TABLE Jouer(  
41   numero INT,  
42   idSaison INT,  
43   numINSEE INT,  
44   salaire DOUBLE  
45 );
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
numero	int(11)	YES		NULL	
idSaison	int(11)	YES		NULL	
numINSEE	int(11)	YES		NULL	
salaire	double	YES		NULL	

Visualisation du schéma d'une table

- ▶ Avec un client graphique (e.g., PHPMyAdmin)
- ▶ En ligne de commande, avec l'instruction `DESC` :
 - ▶ noms d'attributs, types, certaines contraintes d'intégrité

```
DESC nom_table ;
```

```
Table « public.joue »
Colonne | Type | Modificateurs
-----+-----+-----
numero  | integer |
idsaison | integer |
numinsee | integer |
salaire  | real    |
```

Affichage des informations de la table Joue dans un terminal

Moteurs de stockage

Un moteur de stockage peut être spécifié lors de la création d'une table. Un moteur de stockage regroupe l'ensemble des algorithmes permettant de stocker et d'accéder aux données.

Sous MariaDB, les moteurs disponibles sont :

- ▶ **InnoDB / XtraDB** = gestion des clés étrangères et des transactions, verrouillage sur n-uplet
- ▶ **MyISAM / Aria** = non transactionnel, pas de gestion des clés étrangères, verrouillage sur table
- ▶ **Memory** = en mémoire (données temporaires), performant
- ▶ ...

<http://mariadb.com/kb/en/mariadb/storage-engines/>

<http://openclassrooms.com/courses/les-moteurs-de-stockage-de-mysql-2>

Moteurs de stockage (2)

```
CREATE TABLE nom_table (  
...  
) ENGINE = moteur ;
```

- ▶ Syntaxe de création d'une table avec un moteur de type *moteur*
- ▶ *moteur* peut prendre les valeurs MyISAM, InnoDB, etc.
- ▶ Commande optionnelle, par défaut XtraDB est utilisé
- ▶ Voir la documentation pour les moteurs disponibles sur un SGBD donné et choisir le plus adapté

En résumé

- ▶ Création (du schéma) d'une table avec `CREATE TABLE`
- ▶ Définition de chaque attribut par son nom et son type
- ▶ Possibilité de choisir un moteur de stockage pour la table



Plan

Le langage SQL

Création d'une BD

Création de tables

Insertion de n-uplets

Contraintes d'intégrité

Généralités

Le schéma de la table est créé, mais il ne contient aucune donnée !

Deux méthodes pour ajouter des instances en SQL :

- ▶ Insertion d'un seul n-uplet (valeur pour chaque attribut du n-uplet)
- ▶ Copie de données existantes

Ces deux méthodes sont aussi réalisables via un client graphique (e.g., PHPMYAdmin) ou un langage de programmation

Insertion d'un seul n-uplet

```
INSERT INTO nom_table(att1, ..., attn)  
VALUES(val1, ..., valn);
```

- ▶ Insertion d'un n-uplet dans la table *nom_table*
- ▶ Chaque attribut de *att*₁, ..., *att*_{*n*} aura la valeur *val*₁, ..., *val*_{*n*} correspondante (i.e., *val*_{*i*} pour l'attribut *att*_{*i*})
- ▶ Si un attribut de la table *nom_table* n'apparaît pas dans *att*₁, ..., *att*_{*n*}, alors la valeur du n-uplet pour cet attribut est NULL

Insertion d'un seul n-uplet (2)

```
INSERT INTO nom_table  
VALUES(val1, ..., valn);
```

- ▶ Insertion simplifiée d'un n-uplet dans la table *nom_table* (sans spécifier les attributs)
- ▶ Obligation de donner une valeur à chaque attribut de *nom_table*
- ▶ L'ordre des valeurs *val*₁, ..., *val*_{*n*} est l'ordre des attributs dans la définition de la table *nom_table*

Exemple d'insertion d'un seul n-uplet

```
52 INSERT INTO Series VALUES('The Big Bang Theory');
53 INSERT INTO Series VALUES('Game of Thrones');
```

← T →		nomSerie		
<input type="checkbox"/>	Modifier	Copier	Effacer	The Big Bang Theory
<input type="checkbox"/>	Modifier	Copier	Effacer	Game of Thrones

```
54 INSERT INTO Saisons VALUES(1, '2011-09-22', 'The Big
    Bang Theory');
55 INSERT INTO Saisons VALUES(2, '2012-09-27', 'The Big
    Bang Theory');
56 INSERT INTO Saisons VALUES(3, '2011-04-17', 'Game of
    Thrones');
```

idSaison	dateLancement	nomSerie
1	2010-09-22	The Big Bang Theory
2	2011-09-27	The Big Bang Theory
3	2011-04-17	Game of Thrones

Copie de données existantes

```
INSERT INTO nom_table(att1, ..., attn)  
SELECT e1, ..., en  
FROM ... ;
```

- ▶ Insertion de n-uplets dans la table *nom_table* à partir de données récupérées par la requête `SELECT ... FROM`
- ▶ La requête ne peut pas contenir de `ORDER BY` (le SGBD détermine l'ordre de stockage des n-uplets)
- ▶ Le nom des attributs dans le résultat de la requête n'est pas important : c'est l'ordre des expressions qui compte

Exemple de copie de données existantes

		nomSerie	
<input type="checkbox"/>	 Modifier	 Copier	 Effacer The Big Bang Theory
<input type="checkbox"/>	 Modifier	 Copier	 Effacer Game of Thones

idSaison	dateLancement	nomSerie
1	2010-09-22	The Big Bang Theory
2	2011-09-27	The Big Bang Theory
3	2011-04-17	Game of Thones

```
81 INSERT INTO Series(nomSerie)
82 SELECT nomSerie
83 FROM Saisons
84 WHERE idSaison = 2;
```

Exemple de copie de données existantes

		nomSerie
<input type="checkbox"/>	Modifier Copier Effacer	The Big Bang Theory
<input type="checkbox"/>	Modifier Copier Effacer	Game of Thones

idSaison	dateLancement	nomSerie
1	2010-09-22	The Big Bang Theory
2	2011-09-27	The Big Bang Theory
3	2011-04-17	Game of Thones

```
81 INSERT INTO Series(nomSerie)
82 SELECT nomSerie
83 FROM Saisons
84 WHERE idSaison = 2;
```

► Quel résultat obtient-on ?

Exemple de copie de données existantes

		nomSerie
<input type="checkbox"/>	Modifier Copier Effacer	The Big Bang Theory
<input type="checkbox"/>	Modifier Copier Effacer	Game of Thrones

idSaison	dateLancement	nomSerie
1	2010-09-22	The Big Bang Theory
2	2011-09-27	The Big Bang Theory
3	2011-04-17	Game of Thrones

```
81 INSERT INTO Series(nomSerie)
82 SELECT nomSerie
83 FROM Saisons
84 WHERE idSaison = 2;
```

► Quel résultat obtient-on ?

nomSerie
The Big Bang Theory
Game of Thrones
The Big Bang Theory

Exemple de copie de données existantes

		nomSerie
<input type="checkbox"/>	Modifier Copier Effacer	The Big Bang Theory
<input type="checkbox"/>	Modifier Copier Effacer	Game of Thrones

idSaison	dateLancement	nomSerie
1	2010-09-22	The Big Bang Theory
2	2011-09-27	The Big Bang Theory
3	2011-04-17	Game of Thrones

```
81 INSERT INTO Series(nomSerie)
82 SELECT nomSerie
83 FROM Saisons
84 WHERE idSaison = 2;
```

- ▶ Quel résultat obtient-on ?
- ▶ Comment visualiser le résultat en SQL ?

nomSerie
The Big Bang Theory
Game of Thrones
The Big Bang Theory

Exemple de copie de données existantes

		nomSerie
<input type="checkbox"/>	Modifier Copier Effacer	The Big Bang Theory
<input type="checkbox"/>	Modifier Copier Effacer	Game of Thrones

idSaison	dateLancement	nomSerie
1	2010-09-22	The Big Bang Theory
2	2011-09-27	The Big Bang Theory
3	2011-04-17	Game of Thrones

```
81 INSERT INTO Series(nomSerie)
82 SELECT nomSerie
83 FROM Saisons
84 WHERE idSaison = 2;
```

- ▶ Quel résultat obtient-on ?
- ▶ Comment visualiser le résultat en SQL ?
- ▶ Pourquoi peut-on avoir deux instances *The Big Bang Theory* dans la table Series ?

nomSerie
The Big Bang Theory
Game of Thrones
The Big Bang Theory

En résumé

- ▶ Insertion d'un n-uplet (INSERT INTO ... VALUES ...)
 - ▶ une version compacte de cette requête permet d'insérer plusieurs n-uplets en même temps (cf "export" sous MariaDB)
- ▶ Insertion d'un n-uplet (INSERT INTO ... SELECT ...)

```
SELECT *
FROM 'Université'
LIMIT 0, 30
```

Afficher : Ligne de départ: 0 Nombre de lignes: 30

Trier sur l'index: Aucune

+ Options

		nomU	ville	effectif		
<input type="checkbox"/>	Modifier	Copier	Effacer	INSA	Lyon	36000
<input type="checkbox"/>	Modifier	Copier	Effacer	UCB	Lyon	15000
<input type="checkbox"/>	Modifier	Copier	Effacer	UJF	Grenoble	10000
<input type="checkbox"/>	Modifier	Copier	Effacer	UJM	Saint-Etienne	21000

Démo avec MariaDB (script SQL en ligne)

Plan

Le langage SQL

Création d'une BD

Création de tables

Insertion de n-uplets

Contraintes d'intégrité

Généralités

Dans l'exemple précédent, aucune contrainte sur les tables : il est donc possible de créer des épisodes identiques, d'avoir des épisodes sans actrice, d'insérer des salaires négatifs, etc.

Généralités

Dans l'exemple précédent, aucune contrainte sur les tables : il est donc possible de créer des épisodes identiques, d'avoir des épisodes sans actrice, d'insérer des salaires négatifs, etc.

Besoin de spécifier des contraintes d'intégrité !



Généralités (2)

Le SGBD vérifie les contraintes lors des insertions, suppressions ou mises à jour de n-uplets

Quand créer les contraintes ?

- ▶ Lors de la création de la table
- ▶ Lors d'une évolution ultérieure du schéma de la table

Quels types de contraintes ?

- ▶ Unicité
- ▶ Autorisation des valeurs nulles
- ▶ Clé primaire (PK, pour Primary Key)
- ▶ Clé étrangère (FK, pour Foreign Key)
- ▶ Valeurs autorisées (CHECK)

Syntaxe de création de contrainte

```
CREATE TABLE nom_table (  
  att1 type1,  
  [...]   
  CONSTRAINT [nom1] def_contrainte1  
  [...]   
);
```

- ▶ Le mot-clé **CONSTRAINT** permet de spécifier une contrainte
- ▶ *nom₁* est le nom de la contrainte (optionnel)
- ▶ *def_contrainte₁* définit la contrainte (selon son type)
- ▶ Certaines contraintes ont une syntaxe "raccourcie" (contrainte indiquée après l'attribut concerné)

Contrainte UNIQUE

CONSTRAINT *nom_c* **UNIQUE**(*att_i*, *att_j*, ...)

- ▶ Avec la contrainte **unique**, chaque n-uplet doit avoir une combinaison de valeurs différente pour les attributs *att_i*, *att_j*, ...
- ▶ Il est par contre possible d'avoir deux fois la même valeur pour un attribut *att_i*
- ▶ Si une des valeurs pour *att_i*, *att_j*, ... est NULL, la contrainte ne s'applique pas sur le n-uplet concerné

Exemple de contrainte UNIQUE

```
103 CREATE TABLE TestUnique1(  
104     att1 INTEGER,  
105     att2 INTEGER,  
106     CONSTRAINT UNIQUE(att1, att2)  
107 );
```

Création d'une table TestUnique1 avec deux attributs, et une contrainte d'unicité sur ces deux attributs

```
109 CREATE TABLE TestUnique2(  
110     att1 INTEGER UNIQUE  
111 );
```

Création d'une table TestUnique2 avec un seul attribut unique (raccourci d'écriture)

Le raccourci d'écriture n'est valable que si la contrainte porte sur un seul attribut

Contrainte NOT NULL

*att*₁ *type*₁ [**NOT**] **NULL**

- ▶ Contrainte [NOT] NULL uniquement spécifiée lors de la définition d'un attribut
- ▶ Indique que l'attribut peut / ne peut pas recevoir de valeurs nulles
- ▶ Par défaut, les attributs acceptent les valeurs nulles

Exemple de contrainte NOT NULL

```
113 CREATE TABLE TestNotNull(  
114   att1 INTEGER NOT NULL,  
115   att2 INTEGER NOT NULL  
116 );
```

Création d'une table TestNotNull avec deux attributs dont les valeurs ne peuvent pas être nulles



Calvin et Hobbes (Bill Watterson)

Contrainte de clé primaire

CONSTRAINT *nom_c* **PRIMARY KEY**(*att_i*, *att_j*, ...)

- ▶ Une contrainte de clé primaire indique que l'ensemble d'attributs (*att_i*, *att_j*, ...) sert d'identifiant principal pour les n-uplets de la table
- ▶ La valeur de la clé primaire permet donc de retrouver un n-uplet de manière non ambiguë
- ▶ Implique **NOT NULL** et **UNIQUE** sur chacun des (*att_i*, *att_j*, ...)
- ▶ Au maximum une contrainte **PRIMARY KEY** par table

Contrainte de clé primaire - auto-incrément

Il est souvent préférable d'utiliser un entier (sans signification) en clé primaire plutôt qu'un attribut (e.g., le nom de la série, les nom/prénom d'une actrice)

- ▶ Un SGBD peut gérer automatiquement ces clés primaires par auto-incrément (`AUTO_INCREMENT` pour MariaDB et MySQL, `SERIAL` pour PostgreSQL, etc.)
- ▶ Dans la requête d'insertion, l'attribut auto-incrémenté a une valeur `NULL`
- ▶ Le SGBD affecte automatiquement à la clé primaire la plus grande valeur positive de la colonne +1
- ▶ La première valeur d'un attribut auto-incrémenté est 1

Exemple de contrainte de clé primaire

```
118 CREATE TABLE TestPK1(  
119     att1 INTEGER,  
120     att2 INTEGER,  
121     CONSTRAINT pk_TestPK1 PRIMARY KEY(att1, att2)  
122 );
```

Création d'une table TestPK1 avec deux attributs qui forment la clé primaire de la table

```
124 CREATE TABLE TestPK2(  
125     att1 INTEGER AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY  
126 );
```

Création d'une table TestPK2 avec un seul attribut qui est clé primaire (raccourci d'écriture), et dont les valeurs sont gérées par le SGBD (auto-increment)

Le raccourci d'écriture n'est valable que si la contrainte porte sur un seul attribut

Contrainte de clé étrangère

```
CONSTRAINT nomc FOREIGN KEY(att1, ..., attk)  
REFERENCES table_cible(att'1, ..., att'k)
```

- ▶ Une clé étrangère est une **référence** vers la clé primaire d'une autre table
- ▶ Les valeurs pour (*att₁*, ..., *att_k*) doivent correspondre aux valeurs d'un des n-uplets de *table_cible* pour ses attributs (*att'₁*, ..., *att'_k*)

Certains moteurs de stockage ne gèrent pas les clés étrangères (e.g., MyISAM)

Exemple de contrainte de clé étrangère

```
128 CREATE TABLE TestFK1(  
129     att1 INTEGER,  
130     att2 INTEGER,  
131     CONSTRAINT fk_TestFK1_att1 FOREIGN KEY(att1) REFERENCES  
        TestPK1(att1)  
132 );
```

Création d'une table TestFK1 avec deux attributs, parmi lesquels le premier est clé étrangère. Il ne peut donc avoir que des valeurs existantes dans l'attribut référencé (ici att1 de la table TestPK1)

```
134 CREATE TABLE TestFK2(  
135     att1 INTEGER REFERENCES TestPK2(att1)  
136 );
```

Création d'une table TestFK2 avec un attribut qui est clé étrangère (raccourci d'écriture). Il ne peut donc avoir que des valeurs existantes dans l'attribut référencé (ici att1 de la table TestPK2)

Contrainte CHECK

CONSTRAINT *nom_c* **CHECK**(*condition*)

- ▶ La contrainte CHECK permet de spécifier une condition (booléenne) qui sera vérifiée lors d'insertions ou modification de n-uplets
- ▶ La forme CHECK(*att* IN ('*val*₁', '*val*₂', ...)), utilisée pour les types énumérés est un cas particulier de cette contrainte

Dans MariaDB/MySQL, les contraintes CHECK ne sont pas vérifiées

Exemple de contrainte CHECK

```
139 CREATE TABLE TestCheck1(  
140     att1 INTEGER,  
141     att2 INTEGER,  
142     CONSTRAINT CHECK(att1 > 0)  
143 );
```

Création d'une table TestCheck1 avec deux attributs. Le premier a une contrainte qui force ses valeurs à être positives

```
145 CREATE TABLE TestCheck2(  
146     att1 INTEGER CHECK(att1 > 0)  
147 );
```

Création d'une table TestCheck2 avec un seul attribut. Celui-ci a une contrainte qui force ses valeurs à être positives (raccourci d'écriture)

Exemple de création de tables avec contraintes

SÉRIES(nomSérie)

```
150 CREATE TABLE Series(  
151     nomSerie VARCHAR(255) PRIMARY KEY  
152 );
```

Exemple de création de tables avec contraintes

SÉRIES(nomSérie)

```
150 CREATE TABLE Series(  
151   nomSérie VARCHAR(255) PRIMARY KEY  
152 );
```

SAISONS(idSaison, dateLancement, #nomSérie)

```
154 CREATE TABLE Saisons(  
155   idSaison INT PRIMARY KEY,  
156   dateLancement DATE,  
157   nomSerie VARCHAR(255) REFERENCES Series(nomSerie)  
158 );
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
idSaison	int(11)	NO	PRI	NULL	
dateLancement	date	YES		NULL	
nomSerie	varchar(255)	YES		NULL	

Exemple de création de tables avec contraintes (2)

ÉPISODES(numéro, #idSaison, titre)

```
160 CREATE TABLE Episodes(  
161     numero INT,  
162     idSaison INT REFERENCES Saisons(idSaison),  
163     titre VARCHAR(255),  
164     PRIMARY KEY(numero, idSaison)  
165 );
```

Exemple de création de tables avec contraintes (2)

ÉPISODES(numéro, #idSaison, titre)

```

160 CREATE TABLE Episodes(
161     numero INT,
162     idSaison INT REFERENCES Saisons(idSaison),
163     titre VARCHAR(255),
164     PRIMARY KEY(numero, idSaison)
165 );

```

ACTRICES(numINSEE, nom, prénom)

```

167 CREATE TABLE Actrices(
168     numINSEE INT PRIMARY KEY,
169     nom VARCHAR(255),
170     prenom VARCHAR(255)
171 );

```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
numINSEE	int(11)	NO	PRI	NULL	
nom	varchar(255)	YES		NULL	
prenom	varchar(255)	YES		NULL	

Exemple de création de tables avec contraintes (3)

JOUER(#numero, #idSaison, #numINSEE, salaire)

```

173 CREATE TABLE Jouer(
174     numero INT,
175     idSaison INT,
176     numINSEE INT REFERENCES Actrices(numINSEE),
177     salaire DOUBLE,
178     CONSTRAINT pk_Joue PRIMARY KEY(numero, idSaison, numINSEE),
179     CONSTRAINT fk_episodes FOREIGN KEY(numero, idSaison)
180         REFERENCES Episodes(numero, idSaison),
181     CONSTRAINT check_salaire_positif CHECK(salaire > 0.0)
182 );
  
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
numero	int(11)	NO	PRI	0	
idSaison	int(11)	NO	PRI	0	
numINSEE	int(11)	NO	PRI	0	
salaire	double	YES		NULL	

```

fduchateau=> \d+ series.joue
Table "series.joue"
  Column | Type | Collation | Nullable | Default | Storage | Stats target | Description
-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----
 numero | integer |          | not null |         | plain   |              | 
 idsaïson | integer |          | not null |         | plain   |              | 
 numinsee | integer |          | not null |         | plain   |              | 
 salaire | real |          |          |         | plain   |              | 
Indexes:
 "pk_joue" PRIMARY KEY, btree (numero, idsaïson, numinsee)
Check constraints:
 "check_salaire_positif" CHECK (salaire > 0.0::double precision)
Foreign-key constraints:
 "fk_episodes" FOREIGN KEY (numero, idsaïson) REFERENCES episodes(numero, idsaïson)
 "joue_numinsee_fkey" FOREIGN KEY (numinsee) REFERENCES actrices(numinsee)
Access method: heap
  
```

En résumé

- ▶ Contraintes de clés (primaires et étrangères)
- ▶ Contraintes sur les valeurs autorisées (UNIQUE, [NOT] NULL, et CHECK)

```
SELECT *
FROM "Université"
LIMIT 0, 30
```

Afficher : Ligne de départ: Nombre de lignes:

Trier sur l'index:

+ Options

	nomU	ville	effectif
<input type="checkbox"/> Modifier Copier Effacer	INSA	Lyon	36000
<input type="checkbox"/> Modifier Copier Effacer	UCB	Lyon	15000
<input type="checkbox"/> Modifier Copier Effacer	UJF	Grenoble	10000
<input type="checkbox"/> Modifier Copier Effacer	UJM	Saint-Etienne	21000

Démo avec MariaDB (script SQL en ligne)