BDBIO - Modélisation relationnelle - niveau physique

Fabien Duchateau

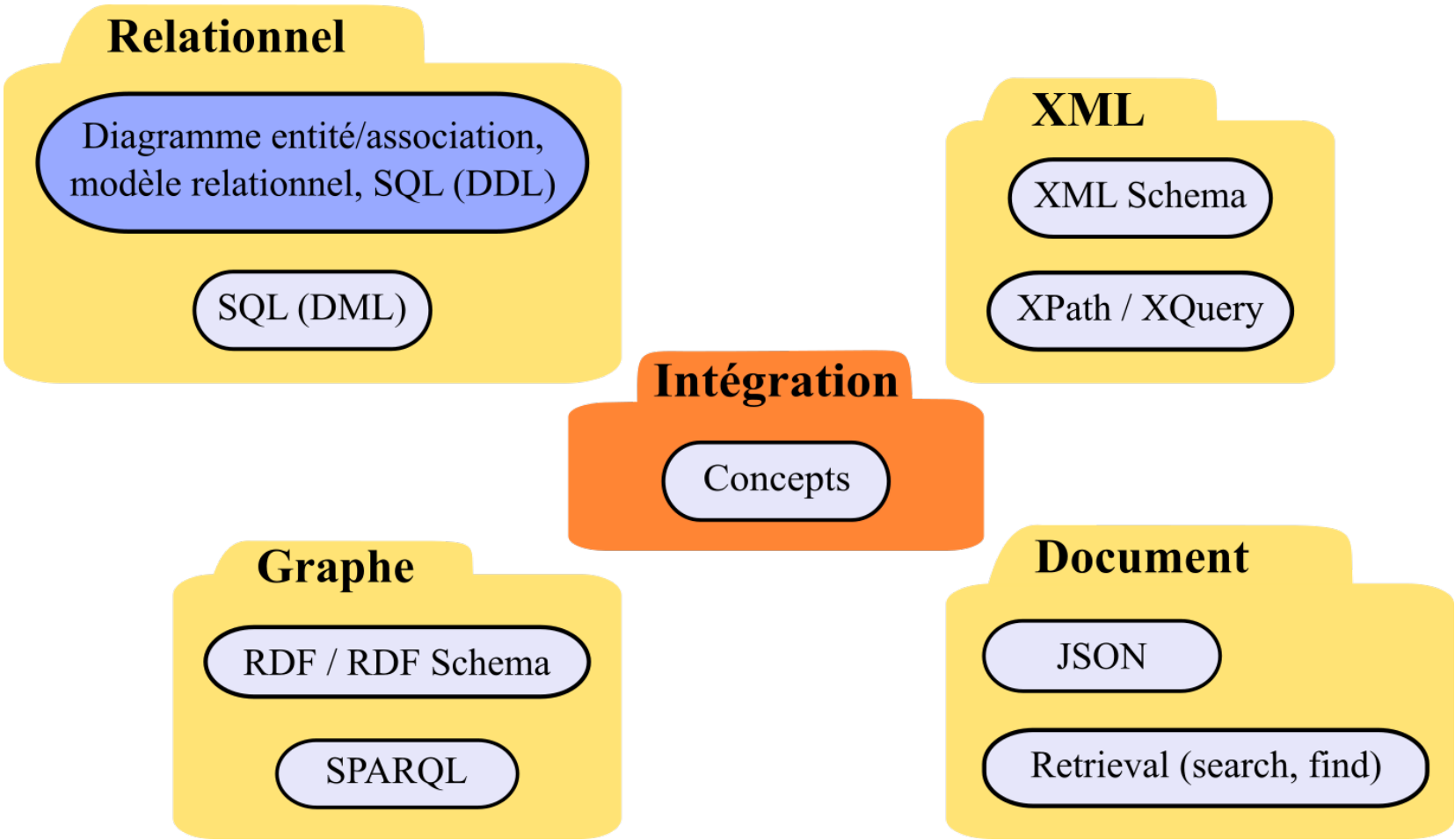
fabien.duchateau [at] univ-lyon1.fr

Université Claude Bernard Lyon 1

2023 - 2024

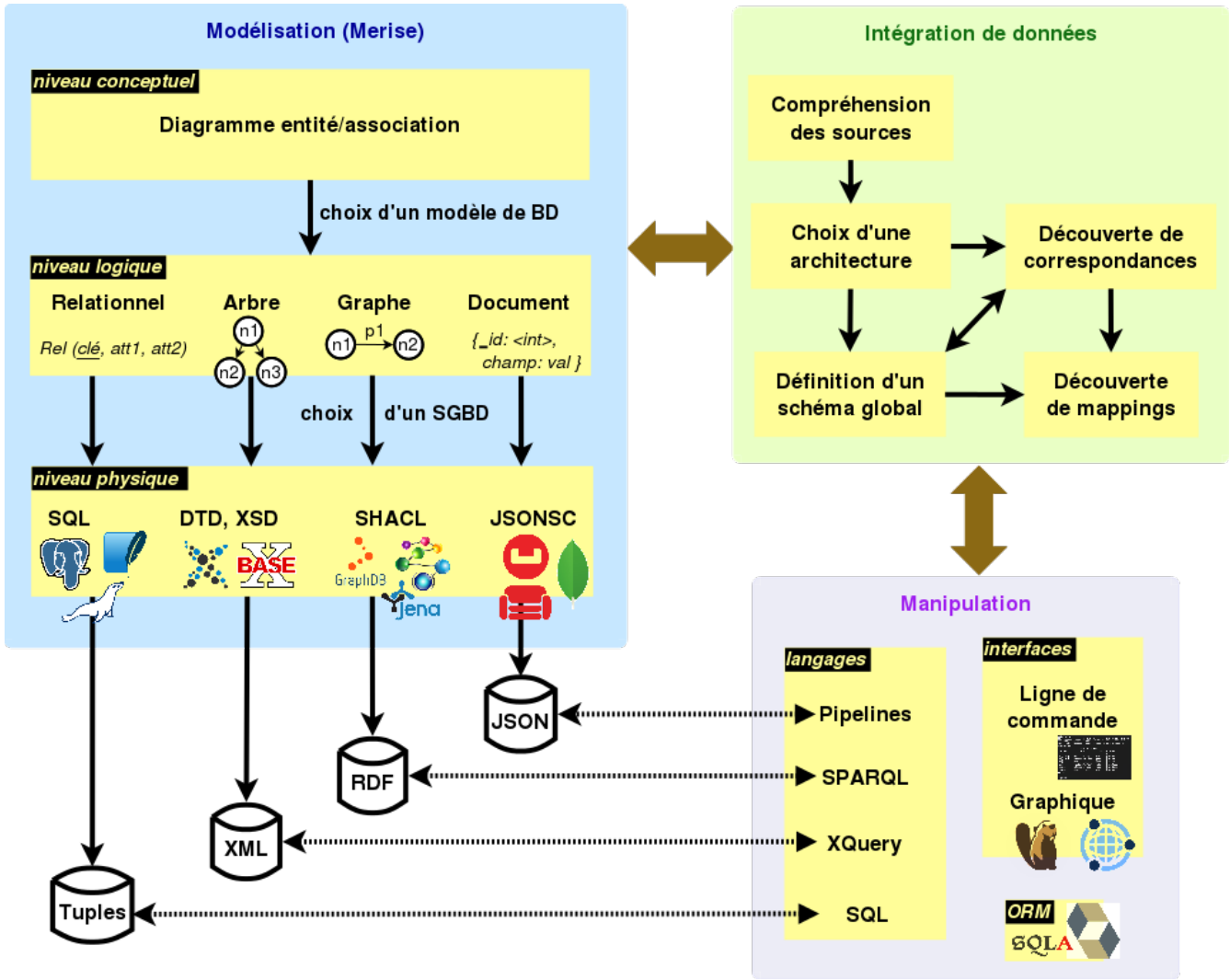
https://perso.liris.cnrs.fr/fabien.duchateau/BDBIO/

Positionnement dans BDBIO



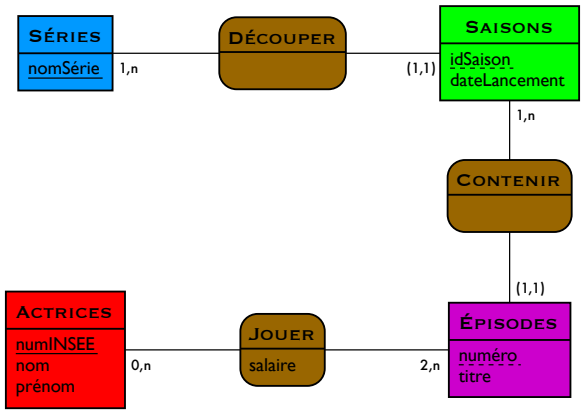
Ces diapositives utilisent le genre féminin (e.g., chercheuse, développeuses) plutôt que l'écriture inclusive (moins accessible, moins concise, et pas totalement inclusive)

Relations entre les notions étudiées en BDBIO



Rappels

Du diagramme entité / association (niveau conceptuel)...



... à un modèle relationnel (niveau logique)

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
- Certains outils traduisent automatiquement (e.g., Mocodo)

Généralités sur le langage SQL

SQL = Structured Query Language

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

SQL comme langage de description de données (niveau physique) : chaque SGBD respecte plus ou moins bien la norme SQL lors de son implémentation.
Dans ce cours, syntaxe SQL du SGBD PosgreSQL

---

http://fr.wikipedia.org/wiki/Structured_Query_Language
https://www.postgresql.org/docs/current/ddl.html

Plan

Création d'une BD

Création de tables

Insertion de n-uplets

Contraintes d'intégrité

Évolution

Syntaxe de création d'une base de données

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)

CREATE DATABASE *nom_bd* **;**

- Création d'une base de données nommée *nom_bd*
- Notion de schéma sous PosgreSQL, pour organiser logiquement les tables d'une base de données. Par défaut, schéma *public* (accès transparent)

---

https://www.postgresql.org/docs/current/sql-createdatabase.html
https://www.postgresql.org/docs/current/ddl-schemas.html

Plan

Généralités

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

- Avec une requête SQL ou un client graphique (e.g., DBeaver, pgAdmin)
- Attention aux différences d'implémentation de SQL

À la création d'une table, on indique :

- Le nom des attributs
- Le type de chaque attribut
- Des contraintes d'intégrité

---

https://www.postgresql.org/docs/current/ddl.html

Syntaxe de création de table

CREATE TABLE *nom_table* **(**
att$_1$ *type*$_1$
[, *att*$_2$ *type*$_2$, ...]
);

- Création simple d'une table de nom *nom_table*, avec un attribut *att*$_1$ de type *type*$_1$, un attribut *att*$_2$ de type *type*$_2$, etc.
- Les crochets $[\ldots]$ représentent des éléments optionnels

https://www.postgresql.org/docs/current/sql-createtable.html

Quelques types d'attributs

- `BOOLEAN`
- `VARCHAR(longueur)` ou `TEXT` (pas de limite)
- `INT` ou `INTEGER`, `SMALLINT`, `BIGINT`
- `REAL` (type inexact) ou `NUMERIC(préc, éch)`, un nombre exact de *préc* chiffres dont *éch* après la virgule
- `DATE` (format *YYYY-MM-JJ*), `TIME`, `TIMESTAMP`
- Variantes, énumération, types géométriques, tableaux, etc.

---

https://www.postgresql.org/docs/current/datatype.html

Exemple de création de tables

SÉRIES(nomSérie)

```
19 CREATE TABLE Series(
20  nomSerie VARCHAR(255)
21 );
```

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

SAISONS(idSaison, dateLancement, #nomSérie)

```
23 CREATE TABLE Saisons(
24  idSaison INT,
25  dateLancement DATE,
26  nomSerie VARCHAR(255)
27 );
```

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

Exemple de création de tables (2)

Épisodes(<u>numéro, #idSaison</u>, titre)

```
29 CREATE TABLE Episodes(
30  numero INT,
31  idSaison INT,
32  titre VARCHAR(255)
33 );
```

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

Actrices(<u>numINSEE</u>, nom, prénom)

```
35 CREATE TABLE Actrices(
36  numINSEE INT,
37  nom VARCHAR(255),
38  prenom VARCHAR(255)
39 );
```

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
41 CREATE TABLE Jouer(
42  numero INT,
43  idSaison INT,
44  numINSEE INT,
45  salaire REAL
```

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*	

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

En résumé

- Création (du schéma) d'une table avec CREATE TABLE
- Définition de chaque attribut par son nom et son type

Plan

Généralités

Le schéma de la table est créé, mais il n'y a aucune donnée !

SQL (comme LMD) permet la création (**C**RUD) d'instances

Deux méthodes pour ajouter des instances en SQL :

- Insertion d'un (ou plusieurs) n-uplets
- Copie de données existantes

---

https://www.postgresql.org/docs/current/dml-insert.html

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*(att_1, ..., att_n)
VALUES(val_1, ..., val_n) **;**

- 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 non définie (NULL)

Insertion d'un seul n-uplet (2)

INSERT INTO *nom_table*
VALUES(val_1, ..., val_n) **;**

- 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

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

←T→	nomSerie
Modifier Copier Effacer	The Big Bang Theory
Modifier Copier Effacer	Game of Thones

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

Copie de données existantes

INSERT INTO *nom_table*$(att_1, \ldots, att_n)$
SELECT $e_1, \ldots, e_n$
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

←T→	nomSerie
Modifier Copier Effacer	The Big Bang Theory
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

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

- Quel résultat obtient-on ?
- Pourquoi peut-on avoir deux instances *The Big Bang Theory* dans la table Serie ?

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

En résumé

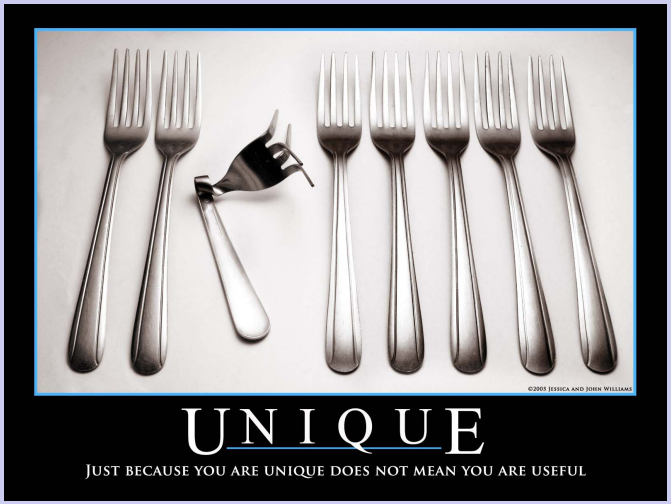
- Insertion d'un n-uplet (INSERT INTO ... VALUES ...)
  - une version compacte de cette requête permet d'insérer plusieurs n-uplets en même temps
- Insertion d'un n-uplet (INSERT INTO ... SELECT ...)

Plan

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, mises à jour ou suppressions 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 non définies
- Clé primaire (PK, pour Primary Key)
- Clé étrangère (FK, pour Foreign Key)
- Satisfaction d"une condition simple (CHECK)

---

https://www.postgresql.org/docs/current/ddl-constraints.html

Syntaxe de création de contrainte

CREATE TABLE *nom_table* (
att_1 $type_1$,
[...]
CONSTRAINT [nom_1] *def_contrainte*$_1$
[...]
);

- Le mot-clé CONSTRAINT permet de spécifier une contrainte
- nom_1 est le nom de la contrainte (optionnel)
- *def_contrainte*$_1$ 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

```
104 CREATE TABLE TestUnique1(
105  att1 INTEGER,
106  att2 INTEGER,
107  CONSTRAINT UNIQUE(att1, att2)
108 );
```

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

```
110 CREATE TABLE TestUnique2(
111  att1 INTEGER UNIQUE
112 );
```

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

Le raccourci n'est valable que lorsque 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 non définies (représentées par NULL)
- Par défaut, les attributs acceptent les valeurs non définies

Exemple de contrainte [NOT] NULL

```
114 CREATE TABLE TestNotNull(
115  att1 INTEGER NOT NULL,
116  att2 INTEGER NOT NULL
117 );
```

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

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 ambigüe
- 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 MySQL, SERIAL pour PostgreSQL, etc.)
- À l'insertion d'un n-uplet, l'attribut en clé primaire reçoit une valeur non définie (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

```
119 CREATE TABLE TestPK1(
120  att1 INTEGER,
121  att2 INTEGER,
122  CONSTRAINT pk_TestPK1 PRIMARY KEY(att1, att2)
123 );
```

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

```
125 CREATE TABLE TestPK2(
126  att1 INTEGER AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY
127 );
```

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 n'est valable que lorsque la contrainte porte sur un seul attribut

Contrainte de clé étrangère

CONSTRAINT nom_c **FOREIGN KEY**(att_1, ..., att_k)
REFERENCES $table\_cible(att'_1,...,att'_k)$

- Une clé étrangère est une **référence** vers la clé primaire d'une autre table
- Les valeurs pour (att_1, ..., att_k) doivent correspondre aux valeurs d'un des n-uplets de $table\_cible$ pour ses attributs $(att'_1,...,att'_k)$

Exemple de contrainte de clé étrangère

```
129 CREATE TABLE TestFK1(
130  att1 INTEGER,
131  att2 INTEGER,
132  CONSTRAINT fk_TestFK1_att1 FOREIGN KEY(att1) REFERENCES
         TestPK1(att1)
133 );
```

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)

```
135 CREATE TABLE TestFK2(
136  att1 INTEGER REFERENCES TestPK2(att1)
137 );
```

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

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

SERIES(nomSerie)

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

SAISONS(idSaison, dateLancement, #nomSerie)

```
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)

EPISODES(numero, #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, prenom)

```
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)

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

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

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

```
fduchateau=> select * from episodes ;
 numero | idsaison |           titre
--------+----------+---------------------------
      1 |        1 | The Skank Reflex Analysis
      1 |        2 | The Date Night Variable
      1 |        3 | Winter is coming
      2 |        3 | The Kingsroad
(4 rows)

fduchateau=> select * from joue ;
 numero | idsaison | numinsee | salaire
--------+----------+----------+---------
      1 |        3 |      111 |
      1 |        3 |      222 |    6000
      2 |        3 |      111 | 5437.65
      2 |        3 |      222 |    6000
      1 |        1 |      333 |    3200
      1 |        1 |      444 |    3200
      1 |        2 |      333 |    3200
      1 |        2 |      444 |    3200
(8 rows)
```

Plan

Motivation

Une base de données est amenée à évoluer :

- Contraintes non implémentables à la création (e.g., deux tables qui se référencent)
- Nouveaux besoins ou fonctionnalités, qui nécessitent une modification de l'application et de son modèle de données

Opérations fréquentes :

- Ajout d'information ou modification du schéma d'une table
- Mise à jour (CR**U**D) et suppression (CRU**D**) d'instance

Commandes SQL pour l'évolution

- Base de données (ALTER DATABASE, DROP DATABASE)
- Table (ALTER TABLE, DROP TABLE)
- Attribut (ALTER TABLE)
- Contrainte (ALTER TABLE)
- N-uplet (UPDATE, DELETE)

---

https://www.postgresql.org/docs/current/ddl-alter.html
https://www.postgresql.org/docs/current/sql-droptable.html
https://www.postgresql.org/docs/current/dml.html