Bases de données
SQL

LDD
Invariants et automatismes

BD111
v122a
2020-10-31

Département d'informatique
Faculté des sciences

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Christina.Khnaisser@USherbrooke.ca
http://info.USherbrooke.ca/ckhnaisser
Luc.Lavoie@USherbrooke.ca
http://info.USherbrooke.ca/llavoie

PLAN

- Les invariants (assertions)
- Les déclencheurs (triggers)
- Les automatismes (trigger functions)
- Perspectives
- Exemples
- Références

INVARIANTS
UN EXEMPLE - LE PROBLÈME

Soit la représentation suivante d'une cartothèque :

```
CREATE TABLE Inventaire (
   idArticle CHAR (8),
   idClasseur CHAR (4),
   ....
   PRIMARY KEY (idArticle)
  );
```

On désire limiter le nombre d'articles par classeur à 40.

INVARIANTS
UN EXEMPLE – UNE SOLUTION

```
CREATE ASSERTION Inventaire_Max AS
 CHECK (NOT EXISTS (
      SELECT idClasseur
      FROM Inventaire
      GROUP BY idClasseur
      HAVING  COUNT(*) > 40
 ) );
```

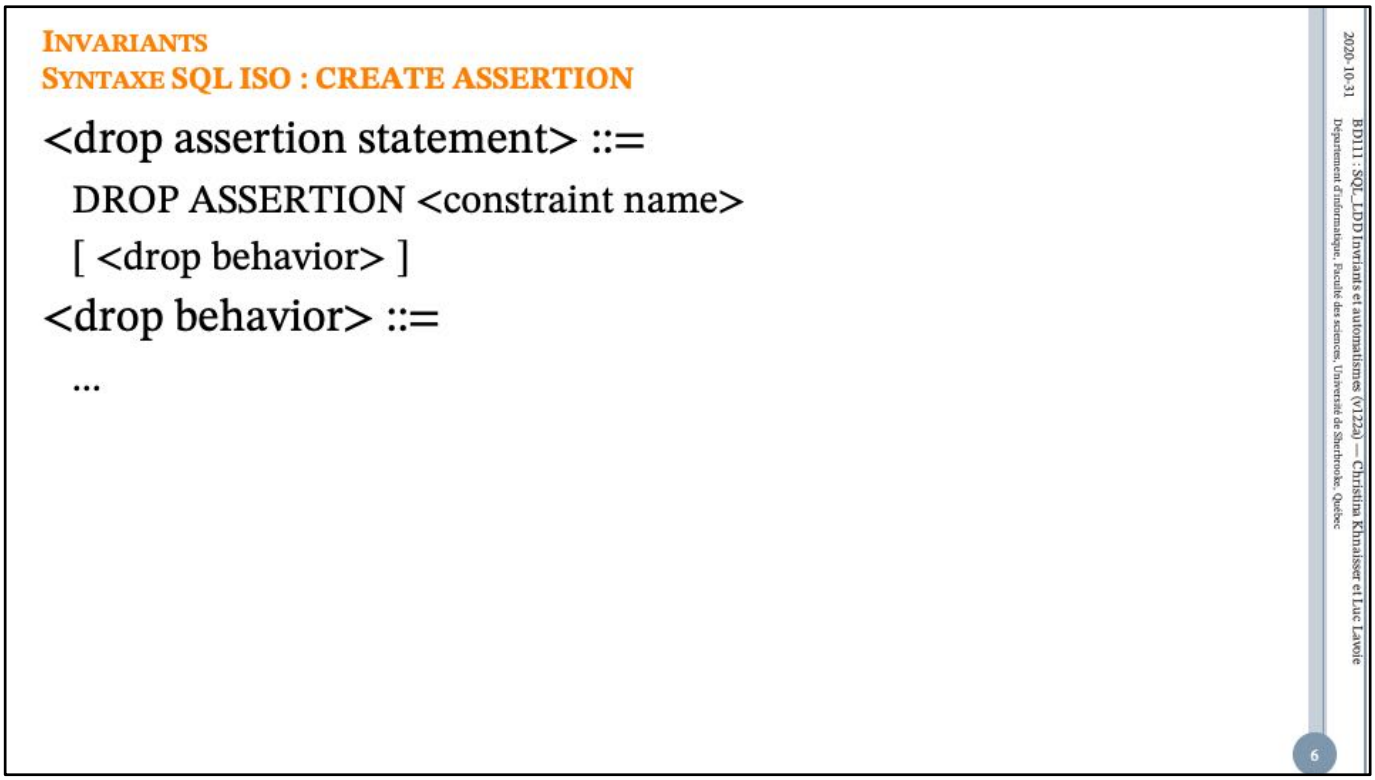
Les invariants (ASSERTION) sont des contraintes pouvant référer à une plus d'une table et pouvant utiliser toute la « puissance » des expressions relationnelles.

INVARIANTS
SYNTAXE SQL ISO : CREATE ASSERTION

<assertion definition> ::=
  CREATE ASSERTION <constraint name>
  CHECK (<search condition>)
  [<constraint characteristics>]

<constraint characteristics> ::=
    <constraint check time> [[NOT] DEFERRABLE]
  | [NOT] DEFERRABLE [<constraint check time>]

<constraint check time> ::=
  INITIALLY { DEFERRED | IMMEDIATE }



The checking of a constraint depends on its constraint mode within the current SQL-transaction. If the constraint mode is *immediate,* then the constraint is effectively checked at the end of each SQL-statement.
NOTE 29 — This includes SQL-statements that are executed as a direct result or an indirect result of executing a different SQL-statement.
If the constraint mode is *deferred,* then the constraint is effectively checked when the constraint mode is changed to *immediate* either explicitly by execution of a <set constraints mode statement>, or implicitly at the end of the current SQL-transaction.

Non, il n'y a pas de ALTER ASSERTION.
Pourquoi ?

LE LANGAGE SQL
LES INVARIANTS EN PRATIQUE

- La majorité des éditeurs de SGBD n'ont toutefois pas mis en oeuvre les invariants de BD, imposant aux concepteurs de les « programmer » à l'aide de déclencheurs (TRIGGER) et d'automatismes (TRIGGER FUNCTION).

AUTOMATISMES
RAPPEL : FONCTIONS, PROCÉDURES ET AUTOMATISMES

- Qu'ont en commun une fonction, une procédure et un automatisme ?
  - Ce sont des abstractions paramétrables d'un traitement.
- Qui fait quoi ?
  - Une *fonction* **calcule une valeur** suite à un appel (sur la base de ses paramètres ou de l'état de la BD).
  - Une *procédure* **change l'état de la BD** suite à un appel (sur la base de ses paramètres **et** de l'état de la BD).
  - Un *automatisme* change l'état de la BD **suite à un évènement** (sur la base d'un évènement et de l'état de la BD).

Faire la représentation graphique au tableau

AUTOMATISMES
SYNTAXE SQL ISO (1/2)

```
<trigger definition> ::=
   CREATE TRIGGER <trigger name>
   <trigger action time>
   <trigger event>  ON <table name>
   [ REFERENCING <transition list> ]
   <triggered action>

<trigger action time> ::=
   BEFORE  | AFTER  | INSTEAD OF
<trigger event> ::=
   INSERT  | DELETE  | UPDATE [ OF <column name list> ]

<triggered action> ::=
  [ FOR EACH { ROW | STATEMENT } ]
     [ WHEN ( <search condition> ) ]
       <triggered SQL statement>
```


Faire la représentation graphique au tableau

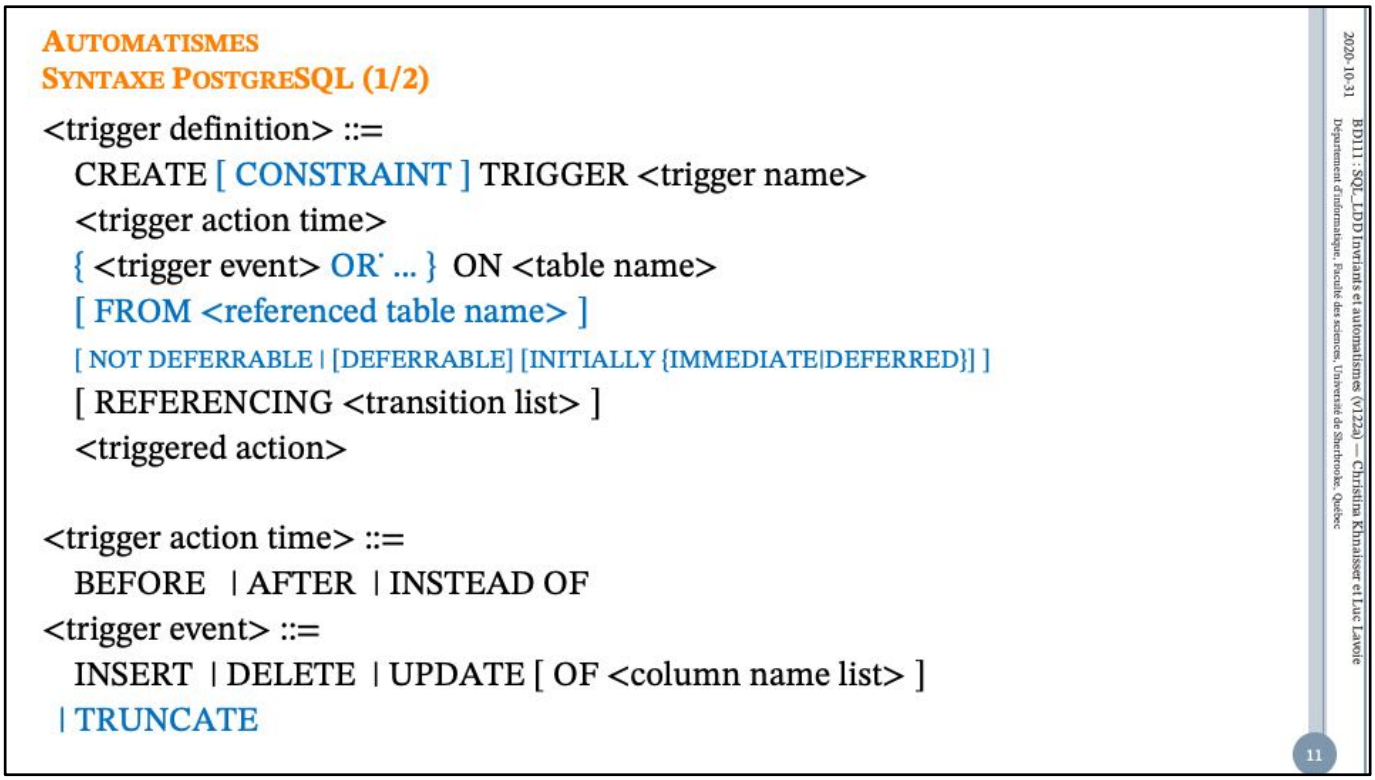
AUTOMATISMES
SYNTAXE SQL ISO (2/2)

<triggered SQL statement> ::=
  <SQL procedure statement> | BEGIN [ATOMIC] <inst> END
<inst> ::=
  { <SQL procedure statement> ; ...}

...

<transition list> ::=
  { <transition table or variable> , ...}
<transition table or variable> ::=
  OLD [ROW] [AS] <old var name>
 | NEW [ROW] [AS] <new var name>
 | OLD TABLE [AS] <old table name>
 | NEW TABLE [AS] <new table name>

Faire la représentation graphique au tableau



FOR EACH ROW FOR EACH STATEMENT
This specifies whether the trigger function should be fired once for every row affected by the trigger event, or just once per SQL statement. If neither is specified, FOR EACH STATEMENT is the default. Constraint triggers can only be specified FOR EACH ROW.

Condition

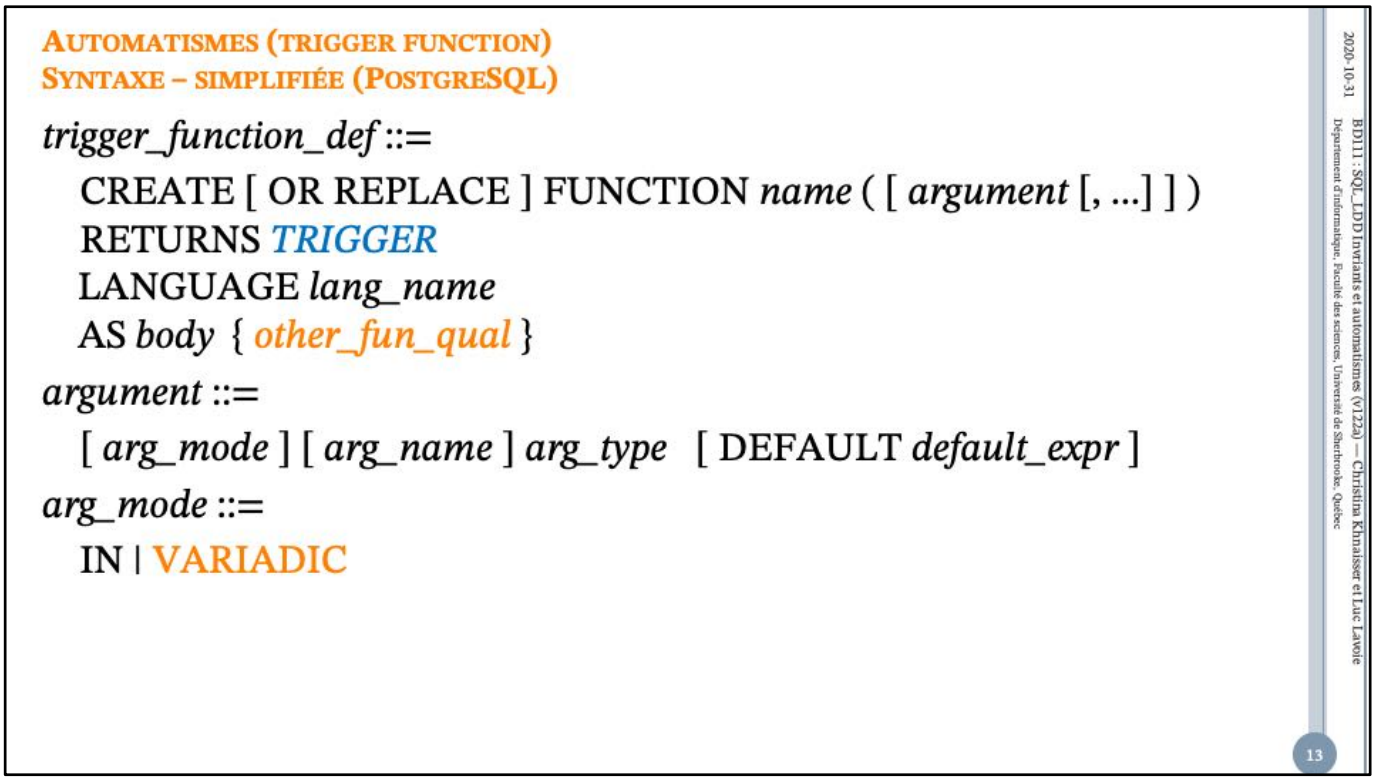
A Boolean expression that determines whether the trigger function will actually be executed. If WHEN is specified, the function will only be called if the ***condition*** returns true. In FOR EACH ROW triggers, the WHEN condition can refer to columns of the old and/or new row values by writing OLD.***column_name***or NEW.***column_name*** respectively. Of course, INSERT triggers cannot refer to OLD and DELETE triggers cannot refer to NEW. INSTEAD OF triggers do not support WHEN conditions.
Currently, WHEN expressions cannot contain subqueries.
Note that for constraint triggers, evaluation of the WHEN condition is not deferred, but occurs immediately after the row update operation is performed. If the condition does not evaluate to true then the trigger is not queued for deferred execution.

AUTOMATISMES
SYNTAXE POSTGRESQL (2/2)

```
<transition list> ::=
  { { OLD | NEW } TABLE [ AS ] transition_relation_name } [ ... ]

<triggered action> ::=
  [ FOR EACH { ROW | STATEMENT } ]
    [ WHEN ( <search condition> ) ]
      <triggered SQL statement>

<triggered SQL statement> ::=
  EXECUTE PROCEDURE function_name ( arguments )
```



other_fun_qual ::=
WINDOW
| TRANSFORM { FOR TYPE ***type_name*** } [, ...]
~~| IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE | [NOT] LEAKPROOF~~
| CALLED ON NULL INPUT | RETURNS NULL ON NULL INPUT | STRICT
| [EXTERNAL] SECURITY INVOKER | [EXTERNAL] SECURITY DEFINER
| COST ***execution_cost***
| ROWS ***result_rows***
| SET ***configuration_parameter*** { TO ***value*** | = ***value*** | FROM CURRENT }
| AS '***obj_file***', '***link_symbol***'

arg_mode

En cas d'omission, le mode est IN.

Une fonction ne devrait utiliser que des arguments IN ou VARIADIC;

les modes OUT et INOUT ne sont pas permis.

DEFAULT

En PostgreSQL, peut être remplacé par le symbole **=**.

AUTOMATISMES (TRIGGER FUNCTION)
SYNTAXE (POSTGRESQL)

- Accès à la valeur de l'objet de référence (ROW ou TABLE)
  - soit avant l'évènement (OLD)
  - soit après l'évènement (NEW)
- Selon la syntaxe suivante

```
<reference> ::=
   OLD [ ROW ]
 | NEW [ ROW ]
 | OLD TABLE
 | NEW TABLE
```


CK : Le corps (***body***) est une chaîne de caractères !!

UN EXEMPLE
LA SOLUTION PAR LE BIAIS D'UN AUTOMATISME DE TABLE

Il faut définir un « TRIGGER » et une « TRIGGER FUNCTION »

```
CREATE TRIGGER Inventaire_Max
 AFTER INSERT OR UPDATE
 ON Inventaire
 EXECUTE PROCEDURE
  Inventaire_lim () ;
```

```
CREATE FUNCTION Inventaire_lim ()
 RETURNS TRIGGER
 LANGUAGE plpgsql AS
$$
BEGIN
IF NOT EXISTS (
        SELECT idClasseur
        FROM Inventaire
        GROUP BY idClasseur
        HAVING  COUNT(*) > 40 ) THEN
 RETURN NEW; -- on peut procéder
ELSE
 RAISE EXCEPTION 'Trop de cartes';
 RETURN NULL; -- rien à insérer
END IF;
END
$$
```

2020-10-31 BD111 : SQL_LDD Invariants et automatismes (v122a) — Christina Khnaisser et Luc Lavoie
Département d'informatique, Faculté des sciences, Université de Sherbrooke, Québec
15

Pourquoi pas AFTER INSERT OR UPDATE *OR DELETE ?*

UN EXEMPLE
LA SOLUTION PAR LE BIAIS D'UN AUTOMATISME DE TABLE ... OPTIMISÉE

Il faut définir un « TRIGGER » et

```
CREATE TRIGGER Inventaire_Max
 AFTER INSERT
 ON Inventaire
 EXECUTE PROCEDURE
  Inventaire_lim () ;

CREATE TRIGGER Inventaire_Max
 AFTER UPDATE OF idClasseur
 ON Inventaire
 EXECUTE PROCEDURE
  Inventaire_lim () ;
```

une « TRIGGER FUNCTION »

```
CREATE FUNCTION Inventaire_lim ()
 RETURNS TRIGGER
 LANGUAGE  plpgsql  AS
$$
BEGIN
IF NOT EXISTS (
        SELECT idClasseur
        FROM Inventaire
        GROUP BY idClasseur
        HAVING  COUNT(*) > 40 ) THEN
 RETURN NEW; -- on peut procéder
ELSE
 RAISE EXCEPTION 'Trop de cartes';
 RETURN NULL; -- rien à insérer
END IF;
END
$$
```

UN EXEMPLE
LA SOLUTION PAR LE BIAIS D'UN AUTOMATISME DE ROW

Il faut définir un « TRIGGER » et

```
CREATE TRIGGER Inventaire_Max
 BEFORE
  INSERT OR  UPDATE OF idClasseur
 ON Inventaire
 FOR EACH ROW
  EXECUTE PROCEDURE
    Inventaire_lim () ;
```

une « TRIGGER FUNCTION »

```
CREATE FUNCTION Inventaire_lim ()
 RETURNS TRIGGER
 LANGUAGE  plpgsql  AS
$$
BEGIN
 IF (SELECT COUNT(idArticle)
      FROM Inventaire
      WHERE (idClasseur=NEW.idClasseur)) < 40 THEN
  RETURN NEW; -- on peut procéder
 ELSE
  RAISE EXCEPTION 'Trop de cartes';
  RETURN NULL; -- rien à insérer
 END IF;
END
$$
```

AUTOMATISMES
QUELS ÉVÈNEMENTS AVEC QUOI ?

Le tableau suivant récapitule les types d'automatismes pouvant être utilisés sur les tables et les vues:

When	Event	Row-level	Statement-level
BEFORE	INSERT/UPDATE/ DELETE	Tables and *foreign tables*	Tables, **views**, and *foreign tables*
	TRUNCATE	—	Tables
AFTER	INSERT/UPDATE/ DELETE	Tables and *foreign tables*	Tables, **views**, and *foreign tables*
	TRUNCATE	—	Tables
INSTEAD OF	INSERT/UPDATE/ DELETE	**Views**	—
	TRUNCATE	—	—

Source : https://www.postgresql.org/docs/12/sql-createtrigger.html

views : on peut edonc programmer les opérations insert, update et delete sur les vues !
foreign tables : on peut donc « lier » deux bases de données !!!

EXEMPLE DE DONNÉES

Étudiant

matricule	nom	adresse
15113150	Paul	ᐳᕕᖏᓂᖅ
15112354	Éliane	Blanc-Sablon
15113870	Mohamed	Tadoussac
15110132	Sergeï	Chandler

TypeÉvaluation

code	description
IN	Examen intra
FI	Examen final
TP	Travail pratique
PR	Projet

Activité

sigle	titre
IFT159	Analyse et programmation
IFT187	Éléments de bases de données
IMN117	Acquisition des médias numériques
IGE401	Gestion de projets
GMQ103	Géopositionnement

Résultat

matricule	TE	activité	trimestre	note
15113150	TP	IFT187	20133	80
15112354	FI	IFT187	20123	78
15113150	TP	IFT159	20133	75
15112354	FI	GMQ103	20123	85
15110132	IN	IMN117	20123	90
15110132	IN	IFT187	20133	45
15112354	FI	IFT159	20123	52

On remarque l'omission de la dénotation des types des attributs.
C'est fréquemment le cas dans les représentations graphiques, afin de les alléger.
Cela ne porte pas à conséquence dans la mesure où une définition textuelle les accompagne, ce qui est le cas ici.

Nous verrons bientôt d'autres représentations graphiques plus complètes.

Note : ᐳᕕᖏᓂᖅ se prononce (approximativement) Puvirnituq

ÉVALUATION
EXEMPLE 1 (V1)

Un étudiant ne peut pas s'inscrire à plus de 5 cours au même trimestre

```
CREATE FUNCTION Cours_lim
RETURNS TRIGGER
LANGUAGE plpgsql AS
$$
BEGIN
 IF EXISTS (
   SELECT * FROM Resultat
   GROUP BY matricule, trimestre
   HAVING COUNT(DISTINCT activite) > 5
 ) THEN
   RAISE EXCEPTION 'Trop de cours';
   RETURN NULL; -- rien à insérer
 ELSE
   RETURN NEW; -- on peut procéder
 END IF;
END
$$

CREATE TRIGGER Cours_dec_lim
  BEFORE INSERT OR UPDATE ON Resultat
  FOR EACH STATEMENT
    EXECUTE PROCEDURE Cours_lim();
```

ÉVALUATION
EXEMPLE 1 (V2)

Un étudiant ne peut pas s'inscrire à plus de 5 cours au même trimestre

```
CREATE TRIGGER Cours_dec_lim
  BEFORE
    INSERT
  OR
    UPDATE OF matricule, trimestre, activite
  ON Resultat
  FOR EACH STATEMENT
    EXECUTE PROCEDURE Cours_lim();
```

ÉVALUATION – EXEMPLE 2 (V1)

```
CREATE VIEW Inscription AS
  SELECT DISTINCT matricule, nom, adresse, activite, trimestre
  FROM Resultat JOIN Etudiant USING (matricule) ;

CREATE OR REPLACE FUNCTION Inscription_ins ()
  RETURNS TRIGGER
  LANGUAGE plpgsql AS
  $$
  BEGIN
    INSERT INTO Etudiant (matricule, nom, adresse)
      VALUES (NEW.matricule, NEW.nom, NEW.adresse);
    INSERT INTO Resultat (matricule, te, activite, trimestre, note)
      VALUES (NEW.matricule, 'TP', NEW.activite, NEW.trimestre, 0);
    RETURN NEW;
  END;
  $$;

CREATE TRIGGER Inscription_ins_dec
  INSTEAD OF INSERT ON Inscription
  FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE Inscription_ins () ;

INSERT INTO Inscription (matricule, nom, adresse, activite, trimestre)
  VALUES ('18773250', 'Adam', 'Laval', 'IGE401', '20133') ;
```

ÉVALUATION – EXEMPLE 2 (V2)

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION Inscription_ins()
  RETURNS TRIGGER
  LANGUAGE plpgsql AS
  $$
  BEGIN
    IF EXISTS(SELECT * FROM Etudiant  WHERE matricule= NEW.matricule) THEN
      IF EXISTS (
          SELECT * FROM  Etudiant
          WHERE matricule = NEW.matricule AND
            (nom <> NEW.nom OR adresse <> NEW.adresse)
        ) THEN
        RAISE EXCEPTION 'Incohérence de nom ou d''adresse' ;
        RETURN NULL ;
      ELSE
        -- ne rien faire
      END IF ;
    ELSE
      INSERT INTO Etudiant (matricule, nom, adresse)
        VALUES (NEW.matricule, NEW.nom, NEW.adresse);
    END IF;
    INSERT INTO Resultat (matricule, te, activite, trimestre, note)
      VALUES (NEW.matricule, 'TP', NEW.activite, NEW.trimestre, 0);
    RETURN NEW;
  END;
  $$
```


faire des variantes avec une admission si nécessaire et une correction d'adresse (et de nom) si nécessaire

AUTOMATISMES
AUTRES EXEMPLES POSTGRESQL

- Exemples
  - http://docs.postgresql.fr/11/sql-createtrigger.html

Faire la représentation graphique au tableau

AUTOMATISMES
PERSPECTIVES

- L'absence du CREATE ASSERTION dans la majorité des dialectes SQL est généralement motivée par le cout induit par leur vérification systématique. Quand on y regarde de plus près, force est de constater que le compilateur est toujours capable de faire aussi bien, sinon mieux, que le programmeur lorsque vient le temps de traduire l'assertion en automatisme. En ce qui concerne le déclencheur, cela est aussi le plus souvent le cas, surtout si le compilateur s'inspire des techniques développées pour les langages fonctionnels.
- Il appartient donc aux utilisateurs de faire des pressions sur les éditeurs pour que ceux-ci passent à l'action!
- Les automatismes et les déclencheurs demeurent toutefois pertinents dans d'autres situations.

RÉFÉRENCES

- Elmasri et Navathe (4e éd.), chapitre 7
- Elmasri et Navathe (6e éd.), chapitre 4
- [Loney2008]
  Loney, Kevin ;
  Oracle Database 11g: The Complete Reference.
  Oracle Press/McGraw-Hill/Osborne, 2008.
  ISBN 978-0071598750.
- [Date2012]
  Date, Chris J. ;
  SQL and Relational Theory: How to Write Accurate SQL Code.
  2nd edition, O'Reilly, 2012.
  ISBN 978-1-449-31640-2.
- Le site d'Oracle (en anglais)
  - http://www.oracle.com/pls/db10g/portal.portal_demo3?selected=5
  - http://docs.oracle.com/cd/B19306_01/server.102/b14200/toc.htm
- Le site de PostgreSQL (en français)
  - http://docs.postgresqlfr.org