

Bases de Données

2^{ème} année

Rosine CICCHETI, Lotfi LAKHAL, Sebastien NEDJAR

Une application doit utiliser une base de données si :

- il y a un volume de données conséquent
- les données doivent être soumises à de nombreuses contraintes d'intégrité
- il y a plusieurs utilisateurs
- il y a besoin de la notion de transaction

Le langage PL/SQL (Procedural Language/Structured Query Language) est un langage hôte qui accueille des instructions SQL.

Première partie

Structure d'un bloc PL/SQL

Il existe différents types de blocs :

- procédures
- fonctions
- packages
- blocs anonymes

Un programme PL/SQL a la structure suivante :

```
DECLARE
    <liste_declarations>
BEGIN
    <liste_instructions>
EXCEPTION
    <gestion_exceptions>
END;
```

Deuxième partie

Déclarations

On déclare des variables, des types, des exceptions développeurs et des curseurs.

1 Variables scalaires

Ce sont des variables simples dont le type est un des types proposés par Oracle : *VARCHAR2*(n), *DATE*, *NUMBER*(m,n)¹, *CHAR*(n). On a aussi le type *BOOLEAN* qui peut prendre trois valeurs : *TRUE*, *FALSE* et *NULL*.

Une variable scalaire est déclarée ainsi : `<nomvariable> <nomtype> [NOT NULL] [DEFAULT <valeur_default>]`

Au démarrage d'un programme, toutes les variables sont initialisées à *NULL*, sauf celles qui ont une valeur par défaut. Les valeurs par défaut peuvent être des constantes, le résultat de calculs ou de fonction de calcul horizontal SQL (*UPPER*, *LOWER*, *LENGTH*,...), ou le contenu d'une autre variable. On peut aussi faire des déclarations par référence : déclarer une variable en lui donnant le même type qu'une autre variable ou qu'un attribut de la base.

Exemple

```
effectif NUMBER(3,0); -- Nombre entier
diplome VARCHAR2(30) DEFAULT 'DUT'; -- Chaîne de caractère ayant 'DUT' comme valeur par défaut
nb      NUMBER(4,2) NOT NULL DEFAULT 10; -- Nombre décimal ayant 10 comme valeur par défaut
nb1     NUMBER(4,2) DEFAULT nb; -- Nombre décimal prenant la valeur de nb
nb2     nb%TYPE      DEFAULT nb*0.5; -- Variable du même type que nb, prenant comme valeur nb*0.5
date_t  DATE         DEFAULT SYSDATE; -- Date, prenant comme valeur la date du jour (SYSDATE)
```

Exemple de déclaration par référence

```
nb      NUMBER(4,2) DEFAULT 10;
nb1     nb%TYPE;
nom     ETUDIANT.NOM_ET TYPE;
ville   ETUDIANT.VILLE%TYPE;
```

Les déclarations par référence permettent une cohérence des déclarations des variables comparables, et une réduction de la maintenance des applications. Une variable déclarée par référence « hérite » de la clause *NOT NULL*, mais pas de la valeur par défaut.

2 Variables composées

On peut utiliser des enregistrements ou des tableaux à une dimension.

2.1 Les enregistrements

Déclaration d'un type enregistrement

```
TYPE <nom_type> IS RECORD (<nom_champ1> <type1> [NOT NULL] [DEFAULT <valeur_default1>]
                           [, <nom_champ2> <type2> [NOT NULL] [DEFAULT <valeur_default2>]]
<nom_variable> <nom_type>
```

1. m chiffres, dont n décimales; par exemple 545.27 est un *NUMBER*(5,2)

On peut imbriquer les enregistrements.

Pour manipuler les champs des variables enregistrement, on utilise `<nom_variable>.<nom_champ>`. Pour les variables enregistrement simples (non imbriquées), on peut faire des déclarations par référence avec `<nom_variable> <nom_type>%>ROWTYPE`, par exemple `<un_etudiant> ETUDIANT%ROWTYPE`

2.2 Les variables sculptures

Les tableaux sont à une dimension et les éléments sont scalaires.

Déclaration d'un type tableau

```
TYPE <nom_type_tableau> IS TABLE OF <nom_type | nom_var%TYPE>  
    INDEX BY BINARY_INTEGER;  
<nom_variable> <nom_type_tableau>
```

Pour manipuler les éléments du tableau, on utilise `<nom_variable_tableau>(index)`.

En PL/SQL, les tableaux sont non denses (indices non consécutifs) et non bornés (taille dynamique).

On dispose des primitives suivantes :

- `<nom_variable>.EXISTS(n)` renvoie vrai s'il existe un élément d'ordre n , faux sinon
 - `<nom_variable>.COUNT` renvoie le nombre d'éléments existant dans le tableau
 -
 - `<nom_variable>.FIRST` renvoie l'indice du premier élément du tableau
 -
 - `<nom_variable>.LAST` renvoie l'indice du dernier élément du tableau
- `tab.PRIOR(tab.FIRST)` et `tab.NEXT(tab.LAST)` renvoient `NULL`.

2.3 Constantes

```
<nom_constante> CONSTANT <nom_type>:=<valeur>
```

2.4 Exception

Seules les exceptions utilisateurs sont déclarées avec `<nom_exception> EXCEPTION`.

3 Instructions

3.1 Affectation

3.1.1 Affectation classique

On utilise `:=` pour donner une valeur à une variable.

Exemple On suppose qu'on a déclaré les variables et types nécessaires.

```
nb:=100;  
nb1:=nb/2;  
adresse.ville:='Marseille';  
notes(3):=20;
```

3.1.2 Affectation par requêtes

Pour cette affectation, la requête doit rendre au plus un résultat.

Exemple

```
DECLARE
    Effectif NUMBER(3,0);
    un_etudiant ETUDIANT%ROWTYPE;
BEGIN
    SELECT COUNT(*) INTO Effectif;
    FROM ETUDIANT;

    SELECT * INTO un_etudiant
    FROM ETUDIANT
    WHERE NUM_ET=210;END
```

La première affectation ne peut pas déclencher d'exception système (`Effectif=0` si la relation `ETUDIANT` est vide). La seconde peut déclencher l'exception système `NO_DATA_FOUND`. On peut spécifier plusieurs variables de réception pour une affectation.

3.2 Instructions conditionnelles

```
IF <condition> THEN
    [BEGIN]
    <liste_instructions>
    [END]
ELSIF <condition2> THEN
    <liste_instructions>
ELSE
    <liste_instructions>
END IF
```

<condition> et <condition2> peuvent être des conditions liées par AND, OR, NOT, et on peut utiliser les prédicats SQL ou leur forme négative.

3.3 Itérations

3.3.1 Boucle FOR

```
FOR <variable_de_parcours> IN <borne_inf>..<borne_sup>
BEGIN
    <liste_instructions>
END LOOP;
```

<variable_de_parcours> ne doit pas être initialisée.

3.3.2 Boucle WHILE

```
WHILE <condition> LOOP
    <liste_instructions>
END LOOP;
```

Exemple : parcours d'un tableau

```
numero := Notes.FIRST
WHILE numero IS NOT NULL LOOP
    <liste_instructions>
    numero:=Notes.NEXT(numero)
END LOOP;
```

3.3.3 Boucles répéter/jusqu'à (*EXIT WHEN*

```
LOOP
    <instructions>
    EXIT WHEN <condition_sortie>
END LOOP;
```

Exemple : parcours d'un tableau

```
numero:=NOTES.FIRST;
LOOP
    <instructions>
    numero:=Notes.NEXT(numero);
    EXIT WHEN numero IS NULL
END LOOP;
```

3.4 Autres instructions

- pour lever une exception utilisateur déclarée : *RAISE* <nom_exception>
- pour « ne rien faire » (terminer le programme proprement) : *NULL*

4 Les curseurs

Dans l'univers des bases de données, on manipule les tuples sous forme d'ensemble. Dans l'univers de la programmation, on manipule les tuples enregistrement par enregistrement. Pour lier les deux, on utilise des curseurs. On peut voir un curseur comme le résultat d'une requête. On le déclare par *CURSOR* <nom_curseur> *IS* <requete>;

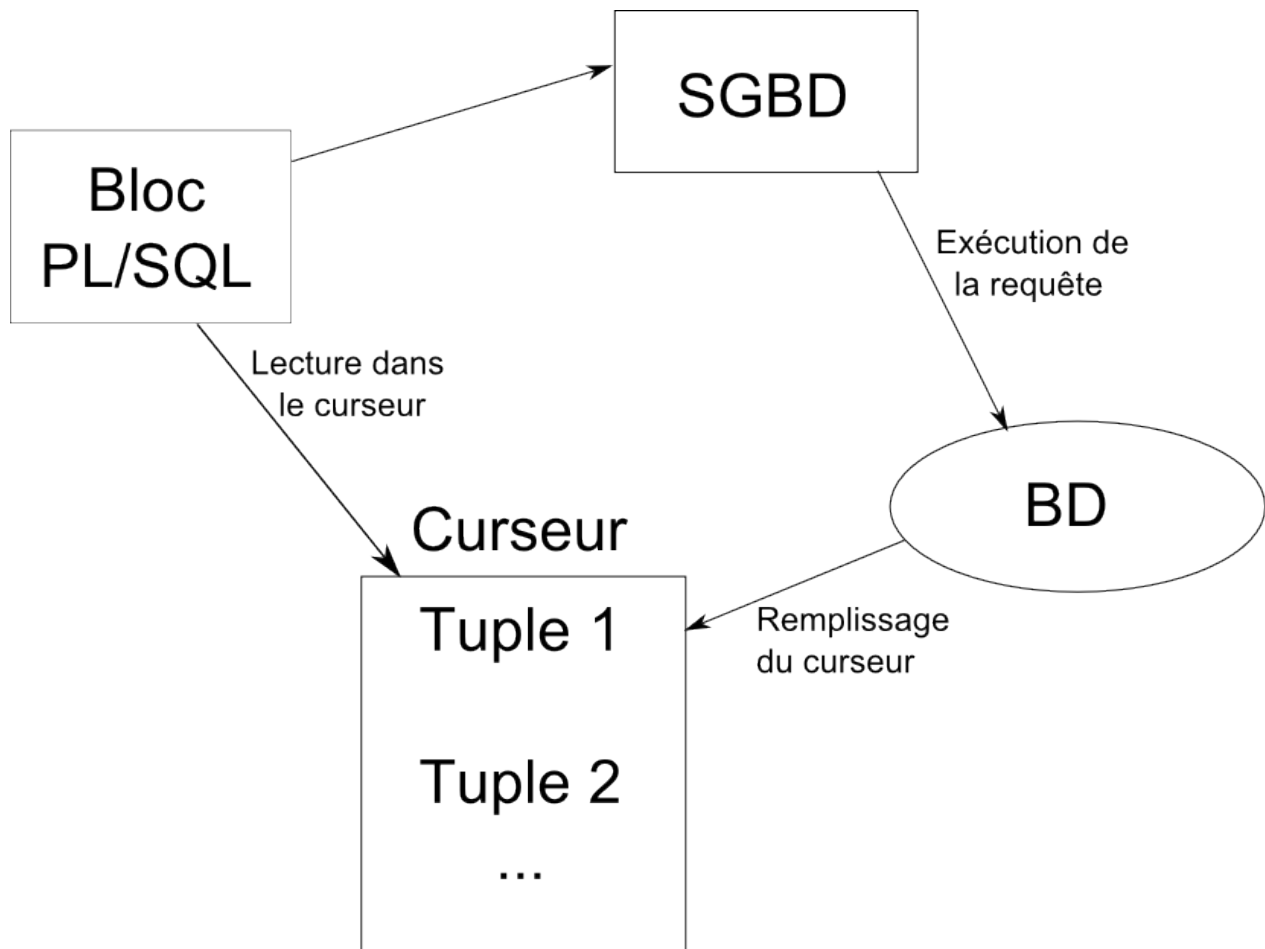


FIGURE 1 – Représentation d'un curseur

Exemple On a besoin de récupérer, dans un bloc PL/SQL, la liste des étudiants de 2^{ème} année. Dans la base, on a la relation ETUDIANT(NUM_ET, NOM_ET, PRENOM_ET, ..., ANNEE).

```

DECLARE
    CURSOR Et2 IN SELECT NUM_ET, PRENOM_ET
                  FROM ETUDIANT
                  WHERE ANNEE=2
                  ORDER BY NOM_ET, PRENOM_ET

```

4.1 Ordres de déclaration des curseurs

- *OPEN* <nom_curseur>;
La requête de définition du curseur est exécutée et le curseur est rempli.
 - *CLOSE* <nom_curseur>;
La zone mémoire nécessaire est libérée.
 - *FETCH* <nom_curseur> *INTO* <nom_variable>;
Retourne un enregistrement dans <nom_variable>.
- <nom_variable> peut être :
- une liste de variables scalaires
 - une variable enregistrement qui peut avoir la même structure que le curseur

Exemple : on déclare Et2

```
nom ETUDIANT_NOM%TYPE;  
prenom ETUDIANT_PRENOM%TYPE;  
-- OU  
etudiant Et2%ROWTYPE;  
FETCH Et2 INTO nom, prenom;  
-- OU  
FETCH Et2 INTO etudiant;  
  
nom:=UPPER(nom)  
prenom:=PRENOM(prenom)  
-- OU  
etudiant.NOM_ET:=UPPER(etudiant.NOM_ET)
```

4.2 Propriétés des curseurs

- <nom_curseur>%FOUND (ou NOTFOUND) rend TRUE si le dernier FETCH a renvoyé un résultat
- <nom_curseur>%ISOPEN rend vrai si le curseur est ouvert
- <nom_curseur>%ROWCOUNT rend le nombre d'enregistrements retournés par les FETCH. Cette propriété vaut 0 à l'ouverture du curseur.

Exemple : on utilise le curseur Et2 et la variable enregistrement

```
BEGIN  
    OPEN Et2;  
    FETCH Et2 INTO etudiant;  
    WHILE Et2%FOUND LOOP  
        <instructions>  
        FETCH Et2 INTO etudiant;  
    END LOOP;  
    CLOSE Et2;  
END;
```

Exemple : avec une boucle EXIT WHEN

```
BEGIN  
    OPEN Et2;  
    LOOP  
        FETCH Et2 INTO etudiant;  
        <instructions>  
        EXIT WHEN Et2%NOTFOUND;  
    END LOOP;  
    CLOSE Et2;  
END;
```


Exemple Dans une base, on a la relation `ETUDIANT(NUM_ET,...,DEPT#)`. On vient de créer la relation `EFF_DEPT(NUM_DEPT,EFF)` qui est vide. On va écrire un bloc permettant de remplir cette relation à partir des données de `ETUDIANT`.

```
DECLARE
    CURSOR E_D IS SELECT COUNT(*)
                    FROM   ETUDIANT
                    GROUP BY DEPT;
E      ED%ROWTYPE;
BEGIN
    OPEN E_D;
    FETCH E_D INTO E;
    WHILE E_D%FOUND LOOP
        INSERT INTO EFF_DEPT(NUM_DEPT,EFF)
                VALUES (E.DEPT, E.EFF);
        FETCH E_D INTO E;
    END LOOP;
    CLOSE E_D;END;
```

On suppose qu'on a `EFF_DEPT(NUM_DEPT, EFF, EFF_AN1, EFF_AN2)`. Ces effectifs peuvent être calculés à partir de la relation `ETUDIANT`.

```
DECLARE
    CURSOR ET1_D IS SELECT DEPT, COUNT(*) F1
                    FROM   ETUDIANT
                    WHERE    ANNEE=1
                    GROUP BY DEPT;
E1      ET1_D%ROWTYPE
BEGIN
    OPEN ET1_D;
    FETCH ET1_D INTO E1;
    WHILE ET1_D%FOUND LOOP
        UPDATE EFF_DEPT
                SET      EFF_AN1=E1.F1
                WHERE     NUMDEP=E1.DEPT;
        FETCH ET1_D INTO E1;
    END LOOP;CLOSE ET1_D;END;
```

4.3 Curseurs paramétrés

On peut paramétrer les constantes de sélection d'un curseur.

Exemple

```
CURSOR EFF_AN(An ETUDIANT, AN%TYPE) IS SELECT DEPT, COUNT(*) Nb
    FROM   ETUDIANT
    WHERE   ANNEE=An
    GROUP BY DEPT;
E      EFF_AN%ROWTYPE;
OPEN   EF_AN(1);
```

4.4 Parcours automatique d'un curseur

Les particularités du parcours automatique sont qu'il n'y a pas de variable de parcours, pas de *OPEN/CLOSE*, et pas de *FETCH*.

```
FOR <nom_variable> IN <nom_curseur>
LOOP
    <instructions>
END LOOP;
```

Exemple

```
DECLARE
    CURSOR CM IS
BEGIN
    FOR vCM IN CM LOOP
        <instructions>
    END LOOP;
END
```

5 Les exceptions

Elles sont utilisateur ou système, anonymes ou nommées.

5.1 Exceptions système nommées

Une dizaine d'exception est nommée par exemple : *NO_DATA_FOUND*, *TOO_MANY_ROWS*, *ZERO_DIVIDE*, *INVALID_CURSOR*, ...

5.2 Exceptions système anonymes

C'est le cas de la majorité des exceptions Oracle. Elles ont un code (négatif). Les fonctions *sqlcode* et *sqlerrm* renvoient respectivement le code et le message de l'erreur.

5.3 Exceptions utilisateur anonymes

Elles sont réservées aux triggers et blocs stockés. On ne les déclare pas dans *DECLARE*. On les déclenche avec :

```
IF <condition> THEN RAISE_APPLICATION_ERROR(<code>, <message>); END IF;
```

<code> est dans l'intervalle [-20999; -20000].

5.4 Traitement des exceptions

Toutes les exceptions, sauf les exceptions utilisateur anonymes, doivent être traitées dans la partie *EXCEPTION*.

```
EXCEPTION
    WHEN <nom_exception> THEN <traitement>;
    WHEN <exception1> OR <exception2> THEN <traitement>;
    WHEN OTHERS THEN
        IF sqlcode = <code> THEN
            END IF;
```

6 Les différents types de blocs

Les blocs, procédures, fonctions et blocs anonymes peuvent être imbriqués les uns dans les autres.

6.1 Procédures

```
PROCEDURE <nom_procedure> (<nom_parametre1> <mode_parametre1> <type_parametre1>  
                           [, <nom_parametre2> <mode_parametre2> <type_parametre2>...]) IS  
    <declarations_locales>  
    BEGIN  
        <instructions>  
    END <nom_procedure>;
```

<mode_parametre> peut être *IN*, *OUT* ou *IN OUT*.

Exemple : fonction qui permet de formater le nom et prénom

```
PROCEDURE Formater (nom IN OUT ETUDIANT.NOM_ET%ROWTYPE ,  
                   prenom IN OUT ETUDIANT%ROWTYPE) IS  
    nom:=UPPER(nom);  
    prenom:=INITCAP(prenom);  
END Formater;
```

6.2 Fonction

```
FUNCTION <nom_fonction> (<nom_parametre1> <mode_parametre1> <type_parametre1>  
                        [, <nom_parametre2> <mode_parametre2> <type_parametre2>...])  
    RETURN <type_retour> IS  
    <instructions>  
    RETURN(<valeur_retour>);  
END <nom_fonction>;
```

6.3 Procédures stockées et fonctions stockées

La procédure ou fonction est stockée comme un objet Oracle et décrit dans des tables système (jusqu'à son code). On peut alors l'appeler depuis n'importe quel autre bloc.

```
CREATE[OR REPLACE] PROCEDURE / FUNCTION <nom_bloc>(<parametres>) [RETURN <type_retour>] IS ...  
    <instructions>  
END <nom_bloc>;
```

6.4 Blocs imbriqués

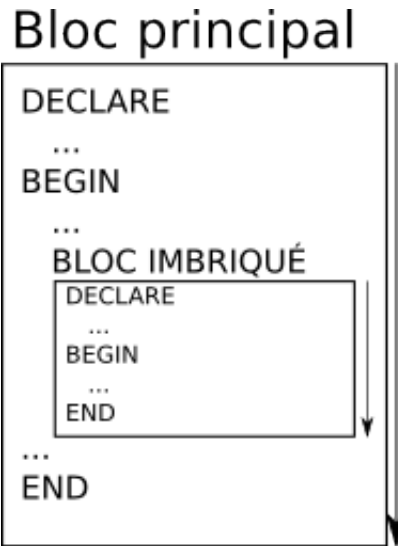


FIGURE 2 – Portée des variables

Exemple de l'intérêt des blocs imbriqués On suppose qu'on doit faire un *INSERT* dans une relation 1, puis dans une relation 2.

Hypothèse : le 1^{er} *INSERT* lève une exception; toutes les instructions suivantes (dont le 2^{ème} *INSERT*) ne sont pas évaluées. En utilisant des blocs imbriqués, on peut poursuivre l'exécution.

```
DECLARE
    <declarations>
BEGIN
    <instructions>
    DECLARE
        <declarations>
    BEGIN
        <instructions>
        INSERT ...
    EXCEPTION
    END
    INSERT ...
END
```

7 Les triggers (déclencheurs)

Les triggers sont aussi appelés « règles ECA » (Évènement/Condition/Action).

E Quand un évènement survient sur la base de données

C Si une condition est vérifiée

A Alors l'action est exécutée

Intérêts

- le même trigger peut être déclenché par plusieurs programmes, ce qui rend le code plus modulaire
- on peut automatiquement déclencher la vérification des contraintes dynamiques, des actions ou des alertes (seuil atteint,...)
- permet de propager automatiquement une mise à jour des données

7.1 Partie Évènement

Un évènement est la détection par le système d'un ordre SQL (à l'exception de *SELECT*) par un utilisateur (humain ou programme).

Les ordres SQL peuvent être des ordres :

- du LMD : *INSERT, DELETE, UPDATE*
- du LDD : *CREATE, ALTER*
- du LCD : *GRANT, REVOKE*

7.2 Chronologie d'un trigger

Détection de l'ordre SQL déclencheur du trigger	Exécution du trigger de type <i>BEFORE</i>	Exécution de l'ordre SQL	Exécution du trigger de type <i>AFTER</i>
t1	t2	t3	t4

FIGURE 3 – Chronologie d'un trigger

Remarque

- un trigger permettant le contrôle ou la mise en forme de données est forcément de type *BEFORE* car il doit vérifier/formatter les données avant leur insertion
- un trigger effectuant la propagation d'une mise à jour est forcément de type *AFTER* car il faut être sûr que l'ordre SQL déclencheur a bien été exécuté

7.3 Granularité des triggers LMD

Un trigger LMD peut être orienté ensemble (exécuté une seule fois pour tous les tuples concernés par l'ordre SQL déclencheur), ou orienté tuple (exécuté pour chaque tuple concerné).

Ordre SQL LMD de l'util- isateur	Lecture des tuples con- cernés par l'ordre SQL	$\Downarrow n + 1 \Leftarrow$	
		Exécution du trigger de type <i>BEFORE</i> pour le tuple <i>n</i>	Exécution de l'ordre SQL pour le tuple <i>n</i>
t1	t2	t3	t4

FIGURE 4 – Chronologie d'un trigger orienté tuple de type *BEFORE*

7.4 Informations véhiculées par un évènement

Il est possible d'utiliser *OLD* et *NEW* pour accéder à l'ancien et au nouveau tuple manipulé par un trigger LMD orienté tuple.

Exemple

```
UPDATENOTATION
SET    MOY_TEST=15
WHERE  CODE='BD' AND NUM_ET=2401;
```

On suppose que la moyenne de cet étudiant en BD était 12.

- *OLD*.NUM_ET=*NEW*.NUM_ET=24401
- *OLD*.CODE=*NEW*.CODE='BD'
- *OLD*.MOY_TEST=12 et *NEW*.MOY_TEST=15

Pour *INSERT*, *NEW*.attribut=nouvelle valeur de l'attribut, et *OLD*.attribut=NULL.

Pour *DELETE*, *OLD*.attribut=valeur avant la suppression, et *NEW*.attribut=NULL.

7.5 Partie Condition

Pour les triggers LMD orientés tuples, où une seule relation est concernée, les conditions (dans *WHEN*) sont des combinaisons booléennes de conditions simples (comme les conditions de *WHERE*).

Remarque pas de jointure imbriquée

Ordre LMD	Lecture des tuples concernés	Évaluation de la condition pour le 1 ^{er} tuple	Exécution du trigger pour le 1 ^{er} tuple	Exécution de la requête pour le 1 ^{er} tuple	Évaluation de la condition pour le 2 ^{ème} tuple	Exécution de la requête pour le 2 ^{ème} tuple
t1	t2	t3 Condition vraie pour le 1 ^{er} tuple	t4	t5 Condition fausse pour le 2 ^{ème} tuple	t6	t7

FIGURE 5 – Chronologie de la partie condition

7.6 Partie Action

- Jamais de *COMMIT* ou de *ROLLBACK* car le trigger est déclenché au cours d'une transaction qu'il n'a jamais le droit de terminer ou de défaire
- Pour les triggers LMD orientés tuples, on ne peut pas faire de mise à jour sur la relation concernée (table en mutation)
- On peut utiliser *IF [INSERTING | DELETING | UPDATING]*
- Enchaînement de triggers

FIGURE 6 – Enchaînement de triggers

7.7 Syntaxe

```
CREATE [OR REPLACE] TRIGGER <nom_trigger>
BEFORE / AFTER <element_delencheur>
[FOR EACH ROW]
[WHEN <condition>]
[DECLARE ...]
[BEGIN]
    <instructions>
[END;]
```

Exemple mise à jour de l'effectif des professeurs dans *DEPNT* (NOM_DEP, Eff_P)

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER MajEff
AFTER INSERT ON PROF
FOR EACH ROW
WHEN NEW.DEP IS NOT NULL
-- Partie Action
UPDATE DEPNT
SET EFF_P=EFF_P+1
WHERE NOM_DEP=:NEW.DEP
```

Pour exécuter une opération lors des mises à jour et suppression :

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER MajEff
AFTER INSERT OR UPDATE OF DEP OR DELETE ON PROF
FOR EACH ROW
WHEN NEW.DEP IS NOT NULL OR OLD.DEP IS NULL
-- Partie Action
IF INSERTING THEN
    UPDATE DEPNT
    SET EFF_P=EFF_P+1
    WHERE NOM_DEP=:NEW.DEP
ELIF DELETING THEN
    UPDATE DEPNT
    SET EFF_P=EFF_P-1
    WHERE NOM_DEP=:OLD.DEP
ELSE
    UPDATE DEPNT
    SET EFF_P=EFF_P-1
    WHERE NOM_DEP=:OLD.DEP
    UPDATE DEPNT
    SET EFF_P=EFF_P+1
    WHERE NOM_DEP=:NEW.DEP
END
```

Index

Table des matières

I	Structure d'un bloc PL/SQL	1
II	Déclarations	2
1	Variables scalaires	2
2	Variables composées	2
2.1	Les enregistrements	2
2.2	Les variables sculptures	3
2.3	Constantes	3
2.4	Exception	3
3	Instructions	3
3.1	Affectation	3
3.1.1	Affectation classique	3
3.1.2	Affectation par requêtes	3
3.2	Instructions conditionnelles	4
3.3	Itérations	4
3.3.1	Boucle <i>FOR</i>	4
3.3.2	Boucle <i>WHILE</i>	4
3.3.3	Boucles répéter/jusqu'à (<i>EXIT WHEN</i>)	5
3.4	Autres instructions	5
4	Les curseurs	5
4.1	Ordres de déclaration des curseurs	6
4.2	Propriétés des curseurs	7
4.3	Curseurs paramétrés	8
4.4	Parcours automatique d'un curseur	9
5	Les exceptions	9
5.1	Exceptions système nommées	9
5.2	Exceptions système anonymes	9
5.3	Exceptions utilisateur anonymes	9
5.4	Traitement des exceptions	9
6	Les différents types de blocs	10
6.1	Procédures	10
6.2	Fonction	10
6.3	Procédures stockées et fonctions stockées	10
6.4	Blocs imbriqués	11
7	Les triggers (déclencheurs)	11
7.1	Partie Évènement	12
7.2	Chronologie d'un trigger	12
7.3	Granularité des triggers LMD	12
7.4	Informations véhiculées par un évènement	12
7.5	Partie Condition	13
7.6	Partie Action	13
7.7	Syntaxe	13

Liste des tableaux

Table des figures

1	Représentation d'un curseur	6
2	Portée des variables	11
3	Chronologie d'un trigger	12
4	Chronologie d'un trigger orienté tuple de type <i>BEFORE</i>	12
5	Chronologie de la partie condition	13
6	Enchainement de triggers	13