PL/PgSQL et triggers

Bases de données 2

Thibaut MADELAINE

janvier 2022

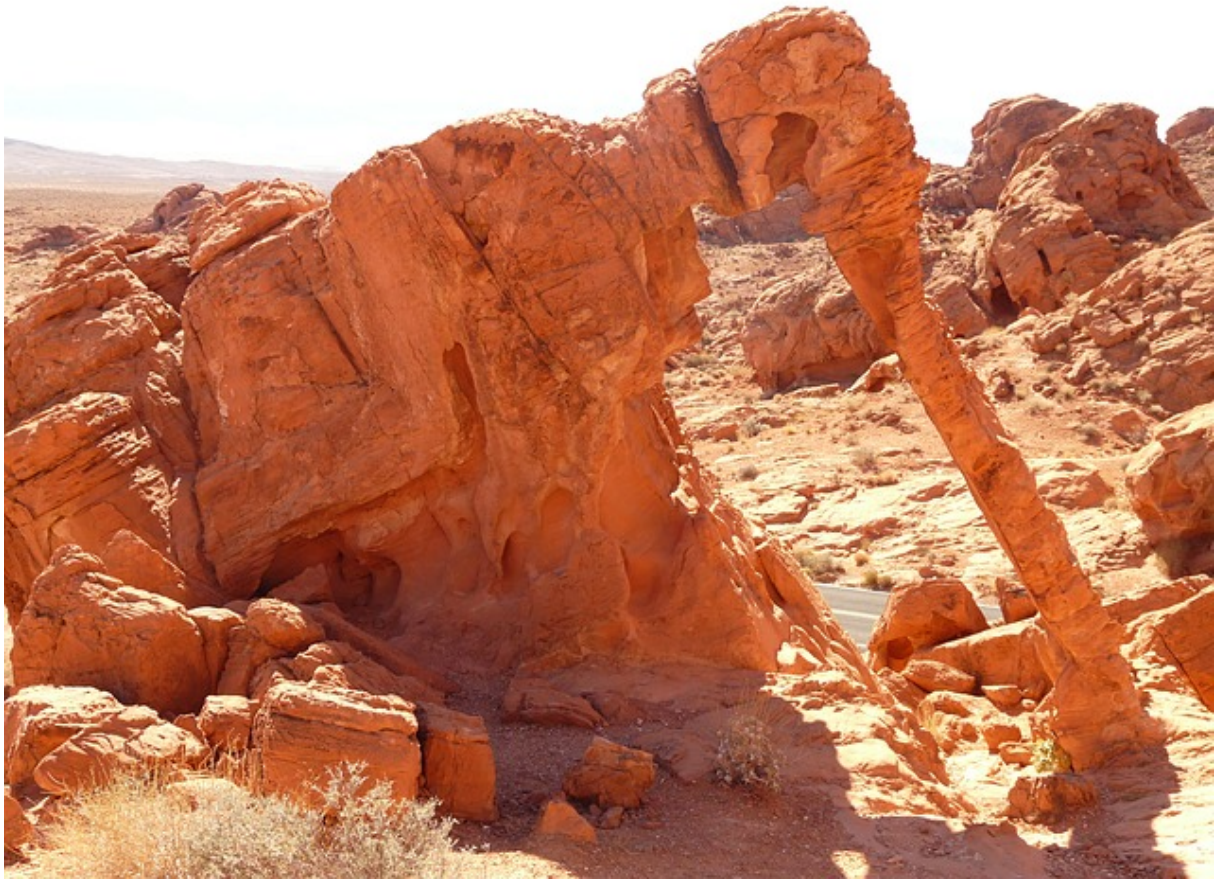
Chers lectrices & lecteurs,

Cette formation PostgreSQL est issue des manuels Dalibo. Ils ont été repris par Thibaut MADELAINE pour rentrer dans le format universitaire avec Cours Magistraux, Travaux Dirigés (sans ordinateurs) et Travaux Pratiques (avec ordinateur).

Au-delà du contenu technique en lui-même, l'intention des auteurs est de transmettre les valeurs qui animent et unissent les développeurs de PostgreSQL depuis toujours : partage, ouverture, transparence, créativité, dynamisme… Le but premier de cette formation est de vous aider à mieux exploiter toute la puissance de PostgreSQL mais nous espérons également qu'elles vous inciteront à devenir un membre actif de la communauté en partageant à votre tour le savoir-faire que vous aurez acquis avec nous.

Nous mettons un point d'honneur à maintenir nos manuels à jour, avec des informations précises et des exemples détaillés. Toutefois malgré nos efforts et nos multiples relectures, il est probable que ce document contienne des oublis, des coquilles, des imprécisions ou des erreurs. Si vous constatez un souci, n'hésitez pas à le signaler sur le site gitlab https://gitlab.com/madtibo/cours_dba_pg_universite/-/issues !

PL/PgSQL et triggers



Programme de ce cours

- Semaine 1 : découverte de PostgreSQL
- Semaine 2 : transactions et accès concurrents
- Semaine 3 : missions du DBA
- Semaine 4 : optimisation et indexation
- **Semaine 5** : *PL/PgSQL* et triggers
  - Présentation du PL et des principes
  - Présentations de *PL/PgSQL* et des autres langages PL
  - Installation d'un langage PL

  - Détails sur *PL/PgSQL*
  - Gestion des erreurs

Au menu

- Présentation du PL et des principes
- Présentations de *PL/PgSQL* et des autres langages PL
- Installation d'un langage PL
- Détails sur *PL/PgSQL*
- Gestion des erreurs

Introduction aux PL - 1

- PL = Procedural Languages
- 3 langages activés par défaut :
  - *C*
  - *SQL*
  - *PL/PgSQL*

PL est l'acronyme de « Procedural Languages ». En dehors du *C* et du *SQL*, tous les langages acceptés par PostgreSQL sont des PL.

Par défaut, trois langages sont installés et activés : *C*, *SQL* et *PL/PgSQL*.

Introduction aux PL - 2

- Nombreux autres langages disponibles
- Voici une liste non exhaustive :
  - *PL/Tcl*
  - *PL/Perl*
  - *PL/PerlU*

  - *PL/python*
  - *PL/php*
  - *PL/java*
  - *PL/ruby*
  - *PL/V8*
  - *PL/R*
  - *PL/sh*
  - *PL/scheme*

Une quinzaine de langages sont disponibles, ce qui fait que la plupart des langages connus sont couverts. De plus, il est possible d'en ajouter d'autres.

Introduction aux PL - 3

- Différence entre les langages de confiance (trusted) et les autres
- Langage de confiance
  - ne permet que l'accès à la base de données
  - donc pas d'accès aux systèmes de fichiers, aux sockets réseaux, etc.
- Trusted : *PL/PgSQL*, *SQL*, PL/Perl, PL/Python…
- Untrusted : PL/PerlU, C…

Les langages de confiance ne peuvent qu'accèder à la base de données. Ils ne peuvent pas accéder aux autres bases, aux systèmes de fichiers, au réseau, etc. Ils sont donc confinés, ce qui les rend moins facilement utilisable pour compromettre le système. *PL/PgSQL* est l'exemple typique. Mais du coup, ils offrent moins de possibilités que les autres langages.

Seuls les superutilisateurs peuvent créer une fonction dans un langage *Untrusted*. Par contre, ils peuvent ensuite donner les droits d'exécution à ces fonctions aux autres utilisateurs.

Les langages PL de PostgreSQL

- Les langages PL fournissent :
  - Des fonctionnalités procédurales dans un univers relationnel

  - Des fonctionnalités avancées du langage PL choisi
  - Des performances de traitement souvent supérieures à celles du même code côté client

Il peut y avoir de nombreuses raisons différentes à l'utilisation d'un langage PL. Simplifier et centraliser des traitements clients directement dans la base est l'argument le plus fréquent. Par exemple, une insertion complexe dans plusieurs tables, avec mise en place d'identifiants pour liens entre ces tables, peut évidemment être écrite côté client. Il est quelquefois plus pratique de l'écrire sous forme de PL. On y gagne :

- La centralisation du code : si plusieurs applications ont potentiellement besoin d'écrire le traitement, cela réduit d'autant les risques de bugs
- Les performances : le code s'exécute localement, directement dans le moteur de la base. Il n'y a donc pas tous les changements de contexte et échanges de message réseaux dûs à l'exécution de nombreux ordres *SQL* consécutifs
- La simplicité : suivant le besoin, un langage PL peut être bien plus pratique que le langage client.

Il est par exemple très simple d'écrire un traitement d'insertion/mise à jour en *PL/PgSQL*, le langage étant créé pour simplifier ce genre de traitements, et la gestion des exceptions pouvant s'y produire. Si vous avez besoin de réaliser du traitement de chaîne puissant, ou de la manipulation de fichiers, *PL/Perl* ou *PL/Python* seront probablement des options plus intéressantes, car plus performantes.

La grande variété des différents langages PL supportés par PostgreSQL permet normalement d'en trouver un correspondant aux besoins et aux langages déjà maîtrisés dans l'entreprise.

Les langages PL permettent donc de rajouter une couche d'abstraction et d'effectuer des traitements avancés directement en base.

Intérêts de *PL/PgSQL* en particulier

- Ajout de structures de contrôle au langage *SQL*
- Peut effectuer des traitements complexes
- Hérite de tous les types, fonctions et opérateurs définis par les utilisateurs
- Est «Trusted»
- Et facile à utiliser

La structure du *PL/PgSQL* est inspirée de l'ADA, donc proche du Pascal. La plupart des ~~développeurs~~ vieux développeurs ont eu l'occasion de faire du Pascal ou de l'ADA, et sont donc familiers avec la syntaxe de *PL/PgSQL*. Aussi, cette syntaxe est très proche de celle de PLSQL d'Oracle.

Elle permet d'écrire des requêtes directement dans le code PL sans déclaration préalable, sans appel à des méthodes complexes, ni rien de cette sorte. Le code *SQL* est mélangé naturellement au code PL, et on a donc un sur-ensemble de *SQL* qui est procédural.

PL/PgSQL étant intégré à PostgreSQL, il hérite de tous les types déclarés dans le moteur, même ceux que vous aurez rajouté. Il peut les manipuler de façon transparente.

PL/PgSQL est trusted. Tous les utilisateurs peuvent donc créer des procédures dans ce langage (par défaut). Vous pouvez toujours soit supprimer le langage, soit retirer les droits à un utilisateur sur ce langage (via la commande *SQL* «REVOKE»).

PL/PgSQL est donc raisonnablement facile à utiliser : il y a peu de complications, peu de pièges, il dispose d'une gestion des erreurs évoluée (gestion d'exceptions).

Les autres langages PL ont toujours leur intérêt

- Avantages des autres langages PL par rapport à *PL/PgSQL* :
  - Beaucoup plus de possibilités
  - Souvent plus performants pour la résolution de certains problèmes
- Mais un gros défaut :
  - Pas spécialisés dans le traitement de requêtes

Les langages PL «autres», comme *PL/Perl* et *PL/Python* (les deux plus utilisés après *PL/PgSQL*), sont bien plus évolués que *PL/PgSQL*. Par exemple, ils sont bien plus efficaces en matière de traitement de chaînes de caractères, ils possèdent des structures avancées comme des tables de hachages, permettent l'utilisation de variables statiques pour maintenir des caches, voire, pour leurs versions untrusted, peuvent effectuer des appels systèmes. Dans ce cas, il devient possible d'appeler un Webservice par exemple, ou d'écrire des données dans un fichier externe.

Il existe des langages PL spécialisés. Le plus emblématique d'entre eux est *PL/R*. R est un langage utilisé par les statisticiens pour manipuler de gros jeux de données. *PL/R* permet donc d'effectuer ces traitements R directement en base, traitements qui seraient très pénibles à écrire dans d'autres langages.

Il existe aussi un langage qui est, du moins sur le papier, plus rapide que tous les langages cités précédemment : vous pouvez écrire des procédures stockées en C, directement. Elles seront compilées à l'extérieur de PosgreSQL, en respectant un certain formalisme, puis seront chargées en indiquant la bibliothèque *C* qui les contient et leurs paramètres et types de retour. Attention, toute erreur

dans votre code *C* est susceptible d'accéder à toute la mémoire visible par le processus PostgreSQL qui l'exécute, et donc de corrompre les données. Il est donc conseillé de ne faire ceci qu'en dernière extrémité.

Le gros défaut est simple et commun à tous ces langages : vous utilisez par exemple *PL/Perl*. Perl n'est pas spécialement conçu pour s'exécuter en tant que langage de procédures stockées. Ce que vous utilisez quand vous écrivez du *PL/Perl* est donc du code Perl, avec quelques fonctions supplémentaires (préfixées par spi) pour accéder à la base de données. L'accès aux données est donc rapide, mais assez malaisé au niveau syntaxique, comparé à *PL/PgSQL*.

Un autre problème des langages PL (autre que *C* et *PL/PgSQL*), c'est que ces langages n'ont pas les mêmes types natifs que PostgreSQL, et s'exécutent dans un interpréteur relativement séparé. Les performances sont donc moindres que *PL/PgSQL* et *C* pour les traitements dont le plus consommateur est l'accès des données. Souvent, le temps de traitement dans un de ces langages plus évolués est tout de même meilleur grâce au temps gagné par les autres fonctionnalités (la possibilité d'utiliser un cache, ou une table de hachage par exemple).

Installation

- *PL/PgSQL* compilé et installé par défaut
- Paquets Debian et RedHat :
  - *PL/PgSQL* par défaut
  - de nombreux autres disponibles
- Autres langages à compiler explicitement
- L'installeur Windows contient aussi *PL/PgSQL*

Voici la liste des langages PL disponibles par paquets sur Debian :

```
$ apt-cache search postgresql | grep -i procedural | grep 9.6
postgresql-plperl-9.6 - PL/Perl procedural language for PostgreSQL 9.6
postgresql-plpython-9.6 - PL/Python procedural language for PostgreSQL 9.6
postgresql-plpython3-9.6 - PL/Python 3 procedural language for PostgreSQL
 ↪  9.6
postgresql-pltcl-9.6 - PL/Tcl procedural language for PostgreSQL 9.6
postgresql-9.6-pllua - Lua procedural language for PostgreSQL 9.6
postgresql-9.6-plr - Procedural language interface between PostgreSQL and R
postgresql-9.6-plsh - PL/sh procedural language for PostgreSQL 9.6
postgresql-9.6-plv8 - Procedural language interface between PostgreSQL and
 ↪  JavaScript
```

L'installeur Windows contient aussi *PL/PgSQL*. *PL/Perl* et *PL/Python* sont par contre plus compliqués de mise en œuvre. Il faut disposer d'exactement la version qui a été utilisée par le packageur au moment de la compilation de la version windows.

Pour savoir si *PL/Perl* ou *PL/Python* a été compilé, on peut à nouveau demander à `pg_config` :

```
> pg_config --configure
'--prefix=/usr/local/pgsql-10_icu' '--enable-thread-safety'
'--with-openssl'  '--with-libxml'  '--enable-nls'  '--with-perl'  '--
enable-debug'
'ICU_CFLAGS=-I/usr/local/include/unicode/'
'ICU_LIBS=-L/usr/local/lib -licui18n -licuuc -licudata' '--with-icu'
```

Vérification de la disponibilité

Comment vérifier la présence de la bibliothèque :

```
find $(pg_config --libdir) -name "plpgsql.so"
```

```
find $(pg_config --pkglibdir) -name "plpgsql.so"
```

La bibliothèque `plpgsql.so` contient les fonctions qui permettent l'utilisation du langage *PL/PgSQL*. Elle est installée par défaut avec le moteur PostgreSQL.

Elle est chargée par le moteur à la première utilisation d'une procédure utilisant ce langage.

Toutefois, il est encore plus simple de demander à PostgreSQL d'activer le langage. Il sera bien temps ensuite, si cela échoue, de lancer cette commande de diagnostic.

Ajout d'un langage dans une base de données

- Commande similaire pour tous les langages
- Activer : `sql CREATE EXTENSION plpython;`
- Désactiver : `SQL DROP EXTENSION plpython;`

Activer le langage dans la base modèle template1 l'activera aussi pour toutes les bases créées par la suite.

PostgreSQL fournit un outil, appelé `createlang`, pour activer un langage :

```
createlang plpgsql la_base_a_activer
```

L'outil se connecte à la base indiquée et exécute la commande `CREATE LANGUAGE` pour le langage précisé en argument. Son pendant Windows se nomme `createlang.exe`. Il existe aussi un outil pour désactiver un langage (`droplang`).

Si vous optez pour exécuter vous-même l'ordre *SQL*, le langage est créé dans la base dans laquelle la commande est lancée.

Pour installer un autre langage, utilisez la même commande tout en remplaçant plpgsql par plperl, plperlu, plpython, pltcl, plsh…

PL/mon_langage est-il déjà installé ?

- Vérification dans psql avec la commande `\dx`
- Ou interroger le catalogue système `pg_language`
  - Il contient une ligne par langage installé
  - Un langage peut avoir lanpltrusted à false

Le langage *PL/PgSQL* apparaît comme une extension :

```
base=# \dx
                      Liste des extensions installées
     Nom     | Version |   Schéma   |            Description
-------------+---------+------------+---------------------------------------
 ↪  -
 plpgsql     | 1.0     | pg_catalog | _PL/PgSQL_ procedural language
```

C'est évidemment aussi applicable aux autres langages PL.

Voici un exemple d'interrogation de `pg_language` :

```
SELECT lanname, lanpltrusted
FROM pg_language
WHERE lanname='plpgsql';

 lanname | lanpltrusted
---------+--------------
 plpgsql | t
(1 ligne)
```

Un langage est '*trusted*' si tous les utilisateurs peuvent créer des procédures dans ce langage. Sinon seuls les super-utilisateurs le peuvent. Il existe par exemple deux variantes de *PL/Perl* : *PL/Perl* et *PL/PerlU*. La seconde est la variante '*untrusted*' et est un Perl *complet*. La version '*trusted*' n'a pas le droit d'ouvrir des fichiers, des sockets, ou autres appels systèmes qui seraient dangereux.

SQL et *PL/PgSQL* sont trusted, *C* est '*untrusted*'.

Une fonction *PL/PgSQL*

- Fonction effectuant la somme de deux entiers : `sql CREATE FUNCTION addition(entier1 integer, entier2 integer) RETURNS integer LANGUAGE plpgsql IMMUTABLE AS ' DECLARE resultat integer; BEGIN resultat := entier1 + entier2; RETURN resultat; END';`

Le langage *PL/PgSQL* n'est pas sensible à la casse, tout comme *SQL* (sauf les noms de colonnes, si vous les mettez entre des guillemets doubles).

L'opérateur de comparaison est =, l'opérateur d'affectation `:=`

Création et structure

- Ordre *SQL* : `CREATE FUNCTION`
- Pas de procédure
- Le langage est un paramètre comme un autre

Voici la syntaxe complète :

```
Syntax:
CREATE [ OR REPLACE ] FUNCTION
    name ( [ [ argmode ] [ argname ] argtype [ { DEFAULT | = } default_expr ]
           [, ...] ] )
    [ RETURNS rettype
      | RETURNS TABLE ( column_name column_type [, ...] ) ]
  { LANGUAGE lang_name
    | TRANSFORM { FOR TYPE type_name } [, ... ]
    | WINDOW
```

```
    | IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE | [ NOT ] LEAKPROOF
    | CALLED ON NULL INPUT | RETURNS NULL ON NULL INPUT | STRICT
    | [ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
    | PARALLEL { UNSAFE | RESTRICTED | SAFE }
    | COST execution_cost
    | ROWS result_rows
    | SET configuration_parameter { TO value | = value | FROM CURRENT }
    | AS 'definition'
    | AS 'obj_file', 'link_symbol'
  } ...
    [ WITH ( attribute [, ...] ) ]
```

Et un exemple pour *PL/PgSQL* :

```
CREATE FUNCTION ma_fonction () RETURNS integer
LANGUAGE plpgsql
(...)
```

Il est à noter que PostgreSQL n'accepte que des fonctions. Si vous voulez créer une procédure, cela revient à créer une fonction qui ne renvoit rien. Il faut utiliser le type `void` dans ce cas.

Attention, c'est un des domaines où il y a le plus de nouvelles fonctionnalités ajoutées : vérifiez bien que votre code est compatible ascendant avec toutes les versions que vous allez devoir supporter

---

Arguments d'une fonction

- Préciser les arguments : `[ [ mode_argument ] [ nom_argument ] type_argument [ { DEFAULT | = } expr_defaut ] [, ...] ]`
- mode_argument : en entrée (IN), en sortie (OUT), en entrée/sortie (INOUT) ou à nombre variant (VARIADIC)
- nom_argument : nom (libre et optionnel)
- type_argument : type (parmi tous les types de base et les types utilisateur)
- valeur par défaut : clause DEFAULT

Si le mode de l'argument est omis, `IN` est la valeur implicite.

L'option `VARIADIC` permet de définir une fonction avec un nombre d'arguments libres à condition de respecter le type de l'argument (comme `printf` en *C* par exemple).
Seul un argument `OUT` peut suivre un argument `VARIADIC` : l'argument `VARIADIC` doit être le dernier de la liste des paramètres en entrée puisque tous les paramètres en entrée suivant seront

considérées comme faisant partie du tableau variadic. Seuls les arguments `IN` et `VARIADIC` sont utilisables avec une fonction déclarée renvoyant une table (clause `RETURNS TABLE`). S'il y a plusieurs paramètres en `OUT`, un enregistrement composite de tous ces types est renvoyé (c'est donc équivalent sémantiquement à un `RETURNS TABLE`).

La clause `DEFAULT` permet de rendre les paramètres optionnels. Après le premier paramètre ayant une valeur par défaut, tous les paramètres qui suivent doivent avoir une valeur par défaut. Pour rendre le paramètre optionnel, il doit être le dernier argument ou alors les paramètres suivants doivent aussi avoir une valeur par défaut.

Retour d'une fonction

- Il faut aussi indiquer un type de retour : `RETURNS type_ret`
- sauf si un ou plusieurs paramètres sont en mode OUT ou INOUT
- type_ret : type de la valeur en retour (parmi tous les types de base et les types utilisateurs)
- void est un type de retour valide
- Il est aussi possible d'indiquer un type table
- Peut renvoyer plusieurs lignes : clause `SETOF`

Voici comment s'utilise le retour de type table :

```
RETURNS TABLE ( nom_colonne nom_type [, ...] )
```

On peut aussi indiquer que la fonction ne retourne pas un enregistrement (un scalaire en termes relationnels) mais un jeu d'enregistrements (c'est-à-dire une relation, une table). Il faut utiliser le mot clé `SETOF`

Language d'une fonction

- Le langage de la fonction doit être précisé : `LANGUAGE <nomlang>`
- Dans notre cas, nous utiliserons plpgsql.
- Mais il est possible de créer des fonctions en plphp, plruby, voire des langages spécialisés comme plproxy.

Mode de la fonction

- Mode de la fonction : `IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE`
- Ce mode précise la « volatilité » de la fonction.

On peut indiquer à PostgreSQL le niveau de volatilité (ou de stabilité) d'une fonction. Ceci permet d'aider PostgreSQL à optimiser les requêtes utilisant ces fonctions, mais aussi d'interdire leur utilisation dans certains contextes.

- Une fonction est `IMMUTABLE` (immuable) si son exécution ne dépend que de ses paramètres. Elle ne doit donc dépendre ni du contenu de la base (pas de `SELECT`, ni de modification de donnée de quelque sorte), ni d'**aucun** autre élément qui ne soit pas un de ses paramètres. Par exemple, `now()` n'est évidemment pas immuable. Une fonction sélectionnant des données d'une table non plus. `to_char()` n'est pas non plus immuable : son comportement dépend des paramètres de session, par exemple `to_char(timestamp with time zone, text)` dépend du paramètre de session timezone…
- Une fonction est `STABLE` si son exécution donne toujours le même résultat sur toute la durée d'un ordre *SQL*, pour les mêmes paramètres en entrée. Cela signifie que la fonction ne modifie pas les données de la base. `to_char()` est `STABLE`.
- Une fonction est `VOLATILE` dans tous les autres cas. now() est `VOLATILE`. Une fonction non déclarée comme `STABLE` ou `IMMUTABLE` est `VOLATILE` par défaut.

Quelle importance ?

- Une fonction `IMMUTABLE` peut être remplacée par son résultat avant même la planification d'une requête l'utilisant. L'exemple le plus simple est une simple opération arithmétique. Si vous exécutez :

```
SELECT * FROM ma_table WHERE mon_champ> abs(-2)
```

et PostgreSQL substitue `abs(-2)` par 2 et planifie ensuite la requête. Cela fonctionne aussi, bien sûr, avec les opérateurs (comme +), qui ne sont qu'un habillage syntaxique au-dessus d'une fonction.

- Une fonction `STABLE` peut être remplacée par son résultat pendant l'exécution de la requête. On n'a par contre aucune idée de sa valeur avant de commencer à exécuter la requête parce qu'on ne sait pas encore, à ce moment là, quelles sont les données qui seront visibles en base. Par exemple, avec :

```
SELECT * FROM ma_table WHERE mon_timestamp > now()
```

PostgreSQL sait que `now()` (le timestamp de démarrage de la transaction) va être constant pendant toute la durée de la transaction. Néanmoins, `now()` n'est pas *IMMUTABLE*, il ne va donc pas le remplacer par sa valeur avant d'exécuter la requête. Il n'exécutera par contre `now()` qu'une seule fois.

- Une fonction `VOLATILE` doit systématiquement être exécutée à chaque appel.

On comprend donc l'intérêt de se poser la question à l'écriture de chaque fonction.

Une autre importance existe, pour la création d'index sur fonction. Par exemple,

```
CREATE INDEX mon_index ON ma_table ((ma_fonction(ma_colonne))
```

Ceci n'est possible que si la fonction est `IMMUTABLE`. En effet, si le résultat de la fonction dépend de l'état de la base, la fonction calculée au moment de la création de la clé d'index ne retournera plus le même résultat quand viendra le moment de l'interroger. PostgreSQL n'acceptera donc que les fonctions `IMMUTABLE` dans la déclaration des index fonctionnels.

Gestion des valeurs *NULL*

- Précision sur la façon dont la fonction gère les valeurs *NULL* : `CALLED ON NULL INPUT | RETURNS NULL ON NULL INPUT | STRICT`
- `CALLED ON NULL INPUT` : fonction appelée même si certains arguments sont NULL.
- `RETURNS NULL ON NULL INPUT` ou `STRICT` : la fonction renvoie *NULL* à chaque fois qu'au moins un argument est *NULL*.

Si un des arguments est NULL, PostgreSQL n'exécute même pas la fonction et utilise NULL comme résultat.

Dans la logique relationnelle, NULL signifie «la valeur est inconnue». La plupart du temps, il est logique qu'une fonction ayant un paramètre à une valeur inconnue retourne aussi une valeur inconnue, ce qui fait que cette optimisation est très souvent pertinente.

On gagne à la fois en temps d'exécution, mais aussi en simplicité du code (il n'y a pas à gérer les cas NULL pour une fonction dans laquelle NULL ne doit jamais être injecté).

Politique de sécurité

- Précision sur la politique de sécurité : `[EXTERNAL] SECURITY INVOKER | [EXTERNAL] SECURITY DEFINER`
- Permet de déterminer l'utilisateur avec lequel sera exécutée la fonction
- Le «sudo» de la base de données

  - Potentiellement dangereux

Une fonction `SECURITY INVOKER` s'exécute avec les droits de l'appelant. C'est le mode par défaut.

Une fonction `SECURITY DEFINER` s'exécute avec les droits du créateur. Cela permet, au travers d'une fonction, de permettre à un utilisateur d'outrepasser ses droits de façon contrôlée.

Bien sûr, une fonction `SECURITY DEFINER` doit faire l'objet d'encore plus d'attention qu'une fonction normale. Elle peut facilement constituer un trou béant dans la sécurité de votre base.

Des choses importantes sont à noter pour `SECURITY DEFINER` :

- Toute fonction, par défaut, est exécutable par public. La première chose à faire est donc de révoquer ce droit.
- Il faut se protéger des variables de session qui pourraient être utilisées pour modifier le comportement de la fonction, en particulier le **search_path**. Il doit donc **impérativement** être positionné en dur dans cette fonction (soit d'emblée, avec un SET dans la fonction, soit en positionnant un SET dans le `CREATE FUNCTION`).

Le mot clé `EXTERNAL` est facultatif, et n'est là que pour être en conformité avec la norme *SQL* : en effet, dans PostgreSQL, on peut modifier le security definer pour toutes les fonctions, qu'elles soient externes ou pas.

Code de la fonction

- Précision du code à exécuter : `AS 'definition' | AS 'fichier_obj', 'symbole_lien'`
- Premier cas : chaîne « definition » contenant le code réel de la fonction
- Deuxième cas : `fichier_obj` est le nom de la bibliothèque, `symbole_lien` est le nom de la fonction dans le code source *C*

`symbole_lien` n'est à utiliser que quand le nom de la fonction diffère du nom de la fonction *C* qui l'implémente.

WITH est obsolète

- Paramètre obsolète : `WITH ( attribut [, ...] )`
- `isStrict`, équivalent à `STRICT` ou `RETURNS NULL ON NULL INPUT`
- `isCachable`, équivalent à `IMMUTABLE`
- À remplacer par les syntaxes présentées précédemment

La clause `WITH` est présentée ici pour être complet mais il est fortement déconseillé de l'utiliser car obsolète. Elle pourrait disparaître rapidement.

Coût d'appel de la fonction

- `COST cout_execution`
  - coût estimé pour l'exécution de la fonction
- `ROWS nb_lignes_resultat`
  - nombre estimé de lignes que la fonction renvoie

`COST` est représenté en unité de `cpu_operator_cost` (100 par défaut).

`ROWS` vaut par défaut 1000 pour les fonctions `SETOF`. Pour les autres fonctions, la valeur de ce paramètre est ignorée et remplacée par 1.

Ces deux paramètres ne modifient pas le comportement de la fonction. Ils ne servent que pour aider l'optimiseur de requête à estimer le coût d'appel à la fonction, afin de savoir, si plusieurs plans sont possibles, lequel est le moins coûteux par rapport au nombre d'appels de la fonction et au nombre d'enregistrements qu'elle retourne.

Exécution en parallèle

- `PARALLEL [UNSAFE | RESTRICTED | SAFE]`
  - la fonction peut-elle être excutée en mode parallèle ?

`PARALLEL UNSAFE` indique que la fonction ne peut pas être exécutée dans le mode parallèle. La présence d'une fonction de ce type dans une requête *SQL* force un plan d'exécution en série. C'est la valeur par défaut.

Une fonction est non parallélisable si elle modifie l'état d'une base ou si elle fait des changements sur la transaction.

`PARALLEL RESTRICTED` indique que la fonction peut être exécutée en mode parallèle mais l'exécution est restreinte au processus principal d'exécution.

Une fonction peut être déclarée comme restreinte si elle accède aux tables temporaires, à l'état de connexion des clients, aux curseurs, aux requêtes préparées.

`PARALLEL SAFE` indique que la fonction s'exécute correctement dans le mode parallèle sans restriction.

En général, si une fonction est marquée sûre ou restreinte à la parallélisation alors qu'elle ne l'est pas, elle pourrait renvoyer des erreurs ou fournir de mauvaises réponses lorsqu'elle est utilisée dans une requête parallèle.

En cas de doute, les fonctions doivent être marquées comme `UNSAFE`, ce qui correspond à la valeur par défaut.

Structure de la définition

- Le code de la fonction est structuré comme suit :
  - DECLARE, pour la déclaration des variables locales
  - BEGIN, pour indiquer le début du code de la fonction
  - END, pour en indiquer la fin
  - Instructions séparées par des points-virgules
  - Commentaires commençent par – ou compris entre /* et */

Modification d'une fonction

- Dans le cas d'une modification, `CREATE OR REPLACE FUNCTION`
- Une fonction est définie par son nom et ses arguments
- Si type de retour différent, la fonction doit d'abord être supprimée puis recréée

Une fonction est surchargeable. La seule façon de les différencier est de prendre en compte les arguments (nombre et type). Deux fonctions identiques aux arguments près (on parle de prototype) ne sont pas identiques, mais bien deux fonctions distinctes.

Suppression d'une fonction

- Ordre *SQL* : `DROP FUNCTION`
- Arguments (en entrée) nécessaires à l'identification de la fonction à supprimer :

```
DROP FUNCTION addition(integer, integer);
DROP FUNCTION public.addition(integer, integer);
```

Les types des arguments en entrée doivent être indiqués. Par contre, leur nom n'a aucune importance. Vous pouvez toutefois les passer quand même mais, comme pour un `CREATE FUNCTION`, ils sont simplement ignorés.

Utilisation des guillemets

- L'utilisation des guillemets devient très rapidement complexe.
- Surtout lorsque le source se place directement entre guillemets
  - doublage de tous les guillemets du code source.
- Utilisation de `$$` à la place des guillemets qui entourent les sources.
- Ou de n'importe quel autre marqueur

Exemple :

Syntaxe utilisant uniquement des guillemets :

```
requete := requete || '' AND vin LIKE ''''bordeaux%'''' AND xyz''
```

Simplification grâce aux dollars :

```
requete := requete || $sql$ AND vin LIKE 'bordeaux%' AND xyz$sql$
```

Si vous avez besoin de mettre entre guillemets du texte qui inclut `$$`, vous pouvez utiliser Q, et ainsi de suite. Le plus simple étant de définir un marqueur de fin de fonction plus complexe…

Déclaration de variables

- Variables déclarées dans le source, dans la partie DECLARE : `sql DECLARE nombre integer; contenu text;`
- Les variables peuvent se voir associées une valeur initiale : `sql nombre integer := 5;`

Déclaration de constantes

- Clause supplémentaire CONSTANT : `sql DECLARE valeur_fixe CONSTANT integer := 12; version_fct CONSTANT text := '1.12';`

L'otpion CONSTANT permet de définir une variable pour laquelle il sera alors impossible d'assigner une valeur dans le reste de la fonction.

Type des variables

- Types natifs de PostgreSQL intégralement supportés
- Quelques types spécifiques à *PL/PgSQL*

En dehors des types natifs de PostgreSQL, *PL/PgSQL* y ajoute des types spécifiques pour faciliter l'écriture des fonctions.

Récupération d'un type

- Possible de récupérer le type d'une autre variable avec %TYPE : `sql quantite integer; total quantite%TYPE;`
- Possible de récupérer le type de la colonne d'une table : `sql quantite ma_table.ma_colonne%TYPE;`

Cela permet d'écrire des fonctions plus génériques.

Type ROW - 1

- But :
  - utilisation de structures,
  - renvoi de plusieurs valeurs à partir d'une fonction
- Utiliser un type composite : `sql CREATE TYPE ma_structure AS ( un_entier integer, une_chaine text, ...); CREATE FUNCTION ma_fonction () RETURNS ma_structure...;`

Type ROW - 2

- Possible d'utiliser le type composite défini par la ligne d'une table : `sql CREATE FUNCTION ma_fonction () RETURNS integer AS ' DECLARE ligne ma_table%ROWTYPE; (...)`

L'utilisation de « %ROWTYPE » permet de définir une variable qui contient la structure d'un enregistrement de la table spécifiée. « %ROWTYPE » n'est pas obligatoire, il est néanmoins préférable d'utiliser cette forme, bien plus portable. En effet, dans PostgreSQL, toute création de table créé un type associé de même nom, le nom de la table seul est donc suffisant.

Type RECORD - 1

- Identique au type ROW
  - sauf que son type n'est connu que lors de son affectation
- Une variable de type RECORD peut changer de type au cours de l'exécution de la fonction, suivant les affectations réalisées

RECORD est beaucoup utilisé pour manipuler des curseurs : cela évite de devoir se préoccuper de déclarer un type correspondant exactement aux colonnes de la requête associée à chaque curseur.

Type RECORD - 2

- Ici la variable `ligne` change de type entre les 2 traitements :

```
CREATE FUNCTION ma_fonction () RETURNS integer
AS '
DECLARE
  ligne RECORD;
  (...)
BEGIN
  SELECT INTO ligne * FROM ma_premiere_table;
  -- traitement de la ligne
  FOR ligne IN SELECT * FROM ma_deuxieme_table LOOP
  -- traitement de cette nouvelle ligne
  (...)
```

Affectation d'une valeur à une variable

- À l'ordre SELECT INTO : `sql SELECT INTO un_entier 5;`
- Préférez l'opérateur := : `sql un_entier := 5; un_entier := une_colonne FROM ma_table WHERE id = 5;`

Affectation via une requête

- Affectation de la ligne renvoyée dans une variable de type RECORD ou ROW : `sql SELECT * INTO ma_variable_ligne FROM ma_table...;`
- Si plusieurs enregistrements renvoyés, seul le premier est récupéré
- Pour contrôler qu'un seul enregistrement est renvoyé, remplacer INTO par INTO STRICT
- Pour récupérer plus d'un enregistrement, écrire une boucle
- L'ordre est statique : on ne peut pas faire varier les colonnes retournées, la clause WHERE, les tables…

Dans le cas du type ROW, la définition de la ligne doit correspondre parfaitement à la définition de la ligne renvoyée. Utiliser un type RECORD permet d'éviter ce type de problème. La variable obtient directement le type ROW de la ligne renvoyée.

Protection contre l'injection

- Fonction `quote_ident` pour mettre entre guillemets un identifiant d'un objet PostgreSQL (table, colonne, etc.)
- Fonction `quote_literal` pour mettre entre guillemets une valeur (chaîne de caractères)
- Fonction `quote_nullable` pour mettre entre guillemets une valeur (chaîne de caractères), sauf NULL qui sera alors renvoyé sans les guillemets
- L'opérateur de concaténation || est à utiliser pour concaténer tous les morceaux de la requête.
- Ou utiliser la fonction `format(...)`, équivalent de sprintf

La fonction `format` est l'équivalent de la fonction `sprintf` : elle formate une chaine en fonction d'un patron et de valeurs à appliquer à ses paramètres et la retourne. Les type de paramètre reconnus par format sont :

- `%I` : est remplacé par un identifiant d'objet. C'est l'équivalent de la fonction `quote_ident`. L'objet en question est entouré en double-guillemet si nécessaire ;
- `%L` : est remplacé par une valeur littérale. C'est l'équivalent de la fonction `quote_literal`. Des simple-guillemet sont ajoutés à la valeur et celle-ci est correctement échappée si nécessaire ;
- `%s` : est remplacé par la valeur donnée sans autre forme de transformation ;
- `%%` : est remplacé par un simple %.

Voici un exemple d'utilisation de cette fonction, utilisant des paramètre positionnels :

```
select format(
    'SELECT %I FROM %I WHERE %1$I=%3$L',
    'MaColonne',
    'ma_table',
    $$l'été$$
);
                            format
-------------------------------------------------------------
 SELECT "MaColonne" FROM ma_table WHERE "MaColonne"='l''été'
```

Exécution d'une requête via *EXECUTE* - 1

- Instruction : `sql EXECUTE '<chaine>' [INTO [STRICT] cible];`
- Exécute la requête comprise dans la variable chaîne
- La variable chaine peut être construite à partir d'autres variables

- Cible contient le résultat de l'exécution de la requête dans le cas d'un résultat sur une seule ligne.

Exécution d'une requête via EXECUTE - 2

- Sans `STRICT`, cible contient la première ligne d'un résultat multi-lignes ou `NULL` s'il n'y a pas de résultat.
- Avec `STRICT`, une exception est levée si le résultat ne contient aucune ligne (`NO_DATA_FOUND`) ou en contient plusieurs (`TOO_MANY_ROWS`).

Nous verrons comment traiter les exceptions plus loin.

Exécution d'une requête via *EXECUTE* - 3

```
EXECUTE command-string [ INTO [STRICT] target ] [ USING expression [, ... ] ];
```

- Permet de créer une requête dynamique avec des variables de substitution
- Beaucoup plus lisible que des `quote_nullable` : `sql    EXECUTE 'SELECT count(*)    FROM mytable    WHERE inserted_by = $1 AND inserted <= $2'    INTO c    USING checked_user, checked_date;`
- Le nombre de paramètres de la requête doit être fixe, ainsi que leur type
- Ne concerne pas les identifiants !

Exécution d'une requête via *PERFORM*

- `PERFORM <query>`
- Permet l'exécution
  - d'un `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` (si la clause `RETURNING` n'est pas utilisée)
  - ou même `SELECT`, si le résultat importe peu
- Permet aussi d'appeler une autre fonction sans en récupérer de résultat

Pour appeler une fonction, il suffit d'utiliser PERFORM de la manière suivante :

```
PERFORM mafonction(argument1);
```

Diagnostics d'une exécution

- Affectation de la variable FOUND si une ligne est affectée par l'instruction
- Pour obtenir le nombre de lignes affectées : `GET DIAGNOSTICS variable = ROW_COUNT;`

On peut déterminer qu'aucune ligne n'a été trouvé par la requête en utilisant la variable FOUND :

```
PERFORM * FROM ma_table WHERE une_colonne>0;
IF NOT FOUND THEN
...
END IF;
```

Il est à noter que ROW_COUNT s'applique à l'ordre SQL précédent, quel qu'il soit :

- PERFORM ;
- EXECUTE ;
- Ou même à un ordre statique directement dans le code PL/PgSQL.

Fonction renvoyant un ensemble

- Doit renvoyer un ensemble d'un type SETOF
- Chaque ligne sera récupérée par l'instruction RETURN NEXT

Exemple d'une fonction SETOF

```
CREATE FUNCTION liste_entier (limite integer)
RETURNS SETOF integer
AS $$
BEGIN
  FOR i IN 1..limite LOOP
    RETURN NEXT i;
  END LOOP;
END
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

- Le retour de l'exécution de cette requête :

```
ma_base=# SELECT * FROM liste_entier(3);

liste_entier
--------------
1
2
3
(3 lignes)
```

Structures de contrôles

- Pourquoi du PL?
- Le but du PL est de pouvoir effectuer des traitements procéduraux.
- Nous allons donc maintenant aborder les structures de contrôle.

Tests IF/THEN/ELSE/END IF

```
IF condition THEN
  instructions
[ELSEIF condition THEN
 instructions]
[ELSEIF condition THEN
  instructions]
```

```
[ELSE
  instructions]
END IF
```

Ce dernier est l'équivalent d'un CASE en *C* pour une vérification de plusieurs alternatives.

Tests IF/THEN/ELSE/END IF - exemple

Exemple :

```
IF nombre = 0 THEN
  resultat := 'zero';
ELSEIF nombre > 0 THEN
   resultat := 'positif';
ELSEIF nombre < 0 THEN
   resultat := 'négatif';
ELSE
   resultat := 'indéterminé';
END IF;
```

Tests CASE

Deux possibilités :

- 1ère : `sql CASE variable WHEN expression THEN instructions ELSE instructions END CASE`
- 2nde : `sql CASE WHEN expression-booléene THEN instructions ELSE instructions END CASE`

Quelques exemples :

```
CASE x
  WHEN 1, 2 THEN
    msg := 'un ou deux';
  ELSE
    msg := 'autre valeur que un ou deux';
END CASE;
```

```
CASE
  WHEN x BETWEEN 0 AND 10 THEN
    msg := 'la valeur est entre 0 et 10';
  WHEN x BETWEEN 11 AND 20 THEN
  msg := 'la valeur est entre 11 et 20';
END CASE;
```

Boucle LOOP/EXIT/CONTINUE

- Créer une boucle (label possible)
  - `LOOP` / `END LOOP` :
- Sortir de la boucle
  - `EXIT [label] [WHEN expression_booléenne]`
- Commencer une nouvelle itération de la boucle
  - `CONTINUE [label] [WHEN expression_booléenne]`

Boucle LOOP/EXIT/CONTINUE - exemple

Exemple :

```
LOOP
  resultat := resultat + 1;
  EXIT WHEN resultat > 100;
  CONTINUE WHEN resultat < 50;
  resultat := resultat + 1;
END LOOP;
```

Cette boucle incrémente le resultat de 1 à chaque itération tant que la valeur de resultat est inférieur à 50. Ensuite, resultat est incrémenté de 1 deux fois. Arrivé à 100, la procédure sort de la boucle.

Boucle WHILE

- Instruction : `sql WHILE condition LOOP instructions END LOOP;`
- Boucle jusqu'à ce que la condition soit fausse
- Label possible

Boucle FOR - 1

- Synopsys : `sql FOR variable in [REVERSE] entier1..entier2 [BY incrément] LOOP instructions END LOOP;`
- `variable` va obtenir les différentes valeurs entre entier1 et entier2
- Label possible.

Boucle FOR - 2

- L'option BY permet d'augmenter l'incrémentation : `sql FOR variable in 1..10 BY 5...`
- L'option REVERSE permet de faire défiler les valeurs en ordre inverse : `sql FOR variable in REVERSE 10..1 ...`

Boucle FOR... IN... LOOP

- Permet de boucler dans les lignes résultats d'une requête
- Exemple : `sql FOR ligne IN SELECT * FROM ma_table LOOP instructions END LOOP;`
- Label possible
- `ligne` de type RECORD, ROW ou liste de variables séparées par des virgules
- Utilise un curseur en interne

Exemple :

```
FOR a, b, c, d IN SELECT col_a, col_b, col_c, col_d FROM ma_table
LOOP
  -- instructions
END LOOP;
```

Boucle FOREACH

- Permet de boucler sur les éléments d'un tableau
- Syntaxe : `sql FOREACH variable [SLICE n] IN ARRAY expression LOOP instructions END LOOP`
- `variable` va obtenir les différentes valeurs du tableau retourné par `expression`
- `SLICE` permet de jouer sur le nombre de dimensions du tableau à passer à la variable
- label possible

Voici deux exemples permettant d'illustrer l'utilité de `SLICE` :

- sans `SLICE` :

```
do $$
declare a int[] := ARRAY[[1,2],[3,4],[5,6]];
        b int;
begin
  foreach b in array a loop
  raise info 'var: %', b;
end loop;
end $$;
INFO:  var: 1
INFO:  var: 2
INFO:  var: 3
INFO:  var: 4
INFO:  var: 5
INFO:  var: 6
```

- Avec `SLICE` :

```
do $$
declare a int[] := ARRAY[[1,2],[3,4],[5,6]];
        b int[];
begin
  foreach b slice 1 in array a loop
  raise info 'var: %', b;
```

```
end loop;
end $$;
INFO:  var: {1,2}
INFO:  var: {3,4}
INFO:  var: {5,6}
```

Label de blocs

- Labels de bloc possibles
- Plusieurs blocs d'exception possibles dans une fonction
- Permet de préfixer des variables avec le label du bloc
- De donner un label à une boucle itérative et de préciser de quelle boucle on veut sortir, quand plusieurs d'entre elles sont imbriquées

Indiquer le nom d'un label ainsi :

```
<<mon_label>>
-- le code (blocs DECLARE, BEGIN-END, et EXCEPTION)
```

ou bien (pour une boucle)

```
[ <<mon_label>> ]
LOOP
    ordres …
END LOOP [ mon_label ];
```

Il est aussi bien sûr possible d'utiliser des labels pour des boucles `FOR`, `WHILE`, `FOREACH`.

On sort d'un bloc ou d'une boucle avec la commande `EXIT`, on peut aussi utiliser `CONTINUE` pour passer à l'exécution suivante d'une boucle sans terminer l'itération courante.

Par exemple :

```
EXIT [mon_label] WHEN compteur > 1;
```

Retour d'une fonction

- `RETURN [expression]`
- Renvoie cette expression à la requête appelante
- `expression` optionnelle si argument(s) déclarés OUT
  - `RETURN` lui-même optionnel si argument(s) déclarés OUT

RETURN NEXT

- Fonction `SETOF`, aussi appelé fonction SRF (`Set Returning Function`)
- Fonctionne avec des types scalaires (normaux) et des types composites
- `RETURN NEXT` renvoie une ligne du `SETOF`
- Cette fonction s'appelle de cette façon : `sql SELECT * FROM ma_fonction();`
- `expression` de renvoi optionnelle si argument de mode OUT

Tout est conservé en mémoire jusqu'à la fin de la fonction. Donc, si beaucoup de données sont renvoyées, cela pourrait occasionner quelques lenteurs.

Par ailleurs, il est possible d'appeler une SRF par

```sql
SELECT ma_fonction();
```

Dans ce cas, on récupère un résultat d'une seule colonne, de type composite.

RETURN QUERY

- Fonctionne comme `RETURN NEXT`
- `RETURN QUERY la_requete`
- `RETURN QUERY EXECUTE chaine_requete`

Par ce mécanisme, on peut très simplement produire une fonction retournant le résultat d'une requête complexe fabriquée à partir de quelques paramètres.

Exemple de Fonction *PL/PgSQL*

- Permet d'insérer une facture associée à un client
- Si le client n'existe pas, une entrée est créée
- L'accès aux données est simple et naturel
- Les types de données *SQL* sont natifs
- La capacité de traitement est limitée par le langage
- **Attention** au nommage des variables et paramètres

Pour éviter les conflits avec les objets de la base, il est conseillé de préfixer les variables.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION
public.demo_insert_plpgsql(p_nom_client text, p_titre_facture text)
 RETURNS integer
 LANGUAGE plpgsql
 STRICT
AS $function$
DECLARE
  v_id_facture int;
  v_id_client int;
BEGIN
  -- Le client existe-t-il ?
  SELECT id_client
  INTO v_id_client
  FROM mes_clients
  WHERE nom_client = p_nom_client;
  -- Sinon on le crée :
  IF (NOT FOUND) THEN
    INSERT INTO mes_clients (nom_client)
    VALUES (p_nom_client)
    RETURNING id_client INTO v_id_client;
  END IF;
  -- Dans les deux cas, l'id client est dans v_id_client

  -- Insérons maintenant la facture
  INSERT INTO mes_factures (titre_facture, id_client)
  VALUES (p_titre_facture, v_id_client)
  RETURNING id_facture INTO v_id_facture;

  return v_id_facture;
END;
$function$ ;
```

Gestion des erreurs

Sans exceptions :

- Toute erreur provoque un arrêt de la fonction
- Toute modification suite à une instruction *SQL* (`INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`) est annulée
- D'où l'ajout d'une gestion personnalisée des erreurs avec le concept des exceptions

---

Gestion des erreurs : une exception

- La fonction comporte un bloc supplémentaire, EXCEPTION :

```
DECLARE
  -- déclaration des variables locales
BEGIN
  -- instructions de la fonction
EXCEPTION
WHEN condition THEN
  -- instructions traitant cette erreur
WHEN condition THEN
  -- autres instructions traitant cette autre erreur
  -- etc.
END
```

Gestion des erreurs : flot dans une fonction

- L'exécution de la fonction commence après le `BEGIN`
- Si aucune erreur ne survient, le bloc EXCEPTION est ignoré
- Si une erreur se produit
  - tout ce qui a été modifié dans la base dans le bloc est annulé
  - les variables gardent par contre leur état
  - l'exécution passe directement dans le bloc de gestion de l'exception

---

Gestion des erreurs : flot dans une exception

- Recherche d'une condition satisfaisante
- Si cette condition est trouvée
  - exécution des instructions correspondantes
- Si aucune condition n'est compatible
  - sortie du bloc `BEGIN`/`END` comme si le bloc d'exception n'existait pas
  - passage de l'exception au bloc `BEGIN`/`END` contenant (après annulation de ce que ce bloc a modifié en base)
- Dans un bloc d'exception, les instructions `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` de la fonction ont été annulées
- Dans un bloc d'exception, les variables locales de la fonction ont gardé leur ancienne valeur

---

Gestion des erreurs : codes d'erreurs

- `SQLSTATE` : code d'erreur
- `SQLERRM` : message d'erreur
- par exemple :
  - `Data Exception` : division par zéro, overflow, argument invalide pour certaines fonctions, etc.
  - `Integrity Constraint Violation` : unicité, CHECK, clé étrangère, etc.
  - `Syntax Error`
  - `PL/pgsql Error` : `RAISE EXCEPTION`, pas de données, trop de lignes, etc.
- Les erreurs sont contenues dans des classes d'erreurs plus génériques, qui peuvent aussi être utilisées

Toutes les erreurs sont référencées dans la documentation[1]

Attention, des codes d'erreurs nouveaux apparaissent à chaque version.

La classe `data_exception` contient de nombreuses erreurs, comme `datetime_field_overflow`, `invalid_escape_character`, `invalid_binary_representation`… On peut donc, dans la déclaration de l'exception, intercepter toutes les erreurs de type `data_exception` d'un coup, ou une par une.

[1] http://docs.postgresql.fr/current/errcodes-appendix.html

L'instruction GET STACKED DIAGNOSTICS permet d'avoir une vision plus précise de l'erreur récupéré par le bloc de traitement des exceptions. La liste de toutes les informations que l'on peut collecter est disponible dans la documentation[2] .

La démonstration ci-dessous montre comment elle peut être utilisée.

```
# CREATE TABLE t5(c1 integer PRIMARY KEY);
CREATE TABLE
# INSERT INTO t5 VALUES (1);
INSERT 0 1
# CREATE OR REPLACE FUNCTION test(INT4) RETURNS void AS $$
DECLARE
    v_state   TEXT;
    v_msg     TEXT;
    v_detail  TEXT;
    v_hint    TEXT;
    v_context TEXT;
BEGIN
    BEGIN
        INSERT INTO t5 (c1) VALUES ($1);
    EXCEPTION WHEN others THEN
        GET STACKED DIAGNOSTICS
            v_state   = RETURNED_SQLSTATE,
            v_msg     = MESSAGE_TEXT,
            v_detail  = PG_EXCEPTION_DETAIL,
            v_hint    = PG_EXCEPTION_HINT,
            v_context = PG_EXCEPTION_CONTEXT;
        raise notice E'Et une exception :
            state  : %
            message: %
            detail : %
            hint   : %
            context: %', v_state, v_msg, v_detail, v_hint, v_context;
    END;
    RETURN;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
# SELECT test(2);
 test
------

(1 row)
```

[2] http://docs.postgresql.fr/current/plpgsql-control-structures.html#plpgsql-exception-diagnostics-values

```
# SELECT test(2);
NOTICE:  Et une exception :
            state  : 23505
           message: duplicate key value violates unique constraint "t5_pkey"
            detail : Key (c1)=(2) already exists.
            hint   :
            context: SQL statement "INSERT INTO t5 (c1) VALUES ($1)"
PL/pgSQL function test(integer) line 10 at SQL statement
 test
------

(1 row)
```

Conclusion

- Ajoute un grand nombre de structure de contrôle (test, boucle, etc.)
- Facile à utiliser et à comprendre
- Attention à la compatibilité ascendante

Pour aller plus loin

- Documentation officielle
  - « Chapitre 42. *PL/PgSQL* - Langage de procédures *SQL* »

La documentation officielle sur le langage *PL/PgSQL* peut être consultée en français à cette adresse[3].

Les triggers

- Aperçu du comportement des déclencheurs

[3] http://docs.postgresql.fr/10/plpgsql.html

- Les variables disponibles
- Traitement du retour
- Options de `CREATE TRIGGER`
  - Les tables de transition en PostgreSQL 10

Procédures trigger : introduction

- Procédure stockée
- Action déclenchée par INSERT (incluant COPY), UPDATE, DELETE, TRUNCATE
- Mode **par ligne** ou **par instruction**
- Exécution d'une procédure stockée codée à partir de tout langage de procédure activée dans la base de données

Un déclencheur est une spécification précisant que la base de données doit exécuter une fonction particulière quand un certain type d'opération est traité. Les fonctions déclencheurs peuvent être définies pour s'exécuter avant ou après une commande `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` ou `TRUNCATE`.

Un déclencheur peut être attaché à une table ou à une vue.

La fonction déclencheur doit être définie avant que le déclencheur lui-même puisse être créé. La fonction déclencheur doit être déclarée comme une fonction ne prenant aucun argument et retournant un type trigger.

Une fois qu'une fonction déclencheur est créée, le déclencheur est créé avec CREATE TRIGGER. La même fonction déclencheur est utilisable par plusieurs déclencheurs.

Un trigger TRUNCATE ne peut utiliser que le mode par instruction, contrairement aux autres triggers pour lesquels vous avez le choix entre « par ligne » et « par instruction ».

Enfin, l'instruction COPY est traitée comme s'il s'agissait d'une commande `INSERT`.

Les variables `OLD` et `NEW` (1/2)

- `OLD` :
  - type de données RECORD correspondant à la ligne avant modification
  - valable pour un `DELETE` et un UPDATE

- NEW :
  - type de données RECORD correspondant à la ligne après modification
  - valable pour un INSERT et un UPDATE

Les variables OLD et NEW (2/2)

- Ces deux variables sont valables uniquement pour les triggers en mode ligne
  - pour les triggers en mode instruction, la version 10 propose les tables de transition
- Accès aux champs par la notation pointée
  - NEW.champ1 pour accéder à la nouvelle valeur de champ1

Les variables d'opération

- TG_NAME : nom du trigger qui a déclenché l'appel de la fonction
- TG_WHEN : chaîne valant BEFORE, AFTER ou INSTEAD OF suivant le type du trigger
- TG_LEVEL : chaîne valant ROW ou STATEMENT suivant le mode du tigger
- TG_OP : chaîne valant INSERT, UPDATE, DELETE, TRUNCATE suivant l'opération qui a déclenché le trigger

---

Les variables de relations

- TG_RELID : OID de la table qui a déclenché le trigger
- TG_TABLE_NAME : nom de la table qui a déclenché le trigger
- TG_TABLE_SCHEMA : nom du schéma contenant la table qui a déclenché le trigger

Vous pourriez aussi rencontrer dans du code TG_RELNAME. C'est aussi le nom de la table qui a déclenché le trigger. Attention, cette variable est obsolète, il est préférable d'utiliser maintenant TG_TABLE_NAME

Les variables d'arguments

- TG_NARGS : nombre d'arguments donnés à la fonction trigger
- TG_ARGV : les arguments donnés à la fonction trigger (le tableau commence à 0)

La fonction trigger est déclarée sans arguments mais il est possible de lui en passer dans la déclaration du trigger. Dans ce cas, il faut utiliser les deux variables ci-dessus pour y accéder. Attention, tous les arguments sont convertis en texte. Il faut donc se cantonner à des informations simples, sous peine de compliquer le code.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION verifier_somme()
RETURNS trigger AS $$
DECLARE
    fact_limit integer;
    arg_color varchar;
BEGIN
    fact_limit   := TG_ARGV[0];

    IF NEW.somme > fact_limit THEN
       RAISE NOTICE 'La facture % necessite une verification. '
                    'La somme % depasse la limite autorisee de %.',
                    NEW.idfact, NEW.somme, fact_limit;
    END IF;

    NEW.datecreate := current_timestamp;

    return NEW;
END;
$$
LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER trig_verifier_debit
   BEFORE INSERT OR UPDATE ON test
   FOR EACH ROW
   EXECUTE PROCEDURE verifier_somme(400);

CREATE TRIGGER trig_verifier_credit
   BEFORE INSERT OR UPDATE ON test
   FOR EACH ROW
   EXECUTE PROCEDURE verifier_somme(800);
```

Traitement du retour

- Une fonction trigger a un type de retour spécial, `trigger`
- Trigger ROW, BEFORE :
  - Si retour NULL, annulation de l'opération, sans déclencher d'erreur
  - Sinon, poursuite de l'opération avec cette valeur de ligne
- Trigger ROW, AFTER : valeur de retour ignorée
- Trigger STATEMENT : valeur de retour ignorée
- Pour ces deux derniers cas, annulation possible dans le cas d'une erreur à l'exécution de la fonction (que vous pouvez déclencher dans le code du trigger)

Une fonction de trigger retourne le type spécial `trigger`, pour cette raison ces fonctions ne peuvent être utilisées que dans le contexte d'un ou plusieurs triggers.

Il est possible d'annuler l'action d'un trigger de type ligne avant l'opération en retournant `NULL`. Ceci annule purement et simplement le trigger sans déclencher d'erreur.

Pour les triggers de type ligne intervenant après l'opération, comme pour les triggers à l'instruction, une valeur de retour est inutile. Elle est ignorée.

Il est possible d'annuler l'action d'un trigger de type ligne intervenant après l'opération ou d'un trigger à l'instruction, en remontant une erreur à l'exécution de la fonction.

Options de `CREATE TRIGGER`

CREATE TRIGGER permet quelques variantes :

- `CREATE TRIGGER name WHEN ( condition )`
- `CREATE TRIGGER name BEFORE UPDATE OF colx ON my_table`
- `CREATE CONSTRAINT TRIGGER` : exécuté qu'au moment de la validation de la transaction
- `CREATE TRIGGER view_insert INSTEAD OF INSERT ON my_view`

- On peut ne déclencher un trigger que si une condition est vérifiée. Cela simplifie souvent le code du trigger, et gagne en performances : plus du tout besoin pour le moteur d'aller exécuter la fonction.
- On peut ne déclencher un trigger que si une colonne spécifique a été modifiée. Il ne s'agit donc que de triggers sur update. Encore un moyen de simplifier le code et de gagner en performances en évitant les déclenchements inutiles.

- On peut créer un trigger en le déclarant comme étant un trigger de contrainte. Il peut alors être 'deferrable', 'deferred', comme tout autre contrainte, c'est à dire n'être exécutée qu'au moment de la validation de la transaction, ce qui permet de ne vérifier les contraintes implémentées par le trigger qu'au moment de la validation finale.
- On peut créer un trigger sur une vue. C'est un trigger INSTEAD OF, qui permet de programmer de façon efficace les INSERT/UPDATE/DELETE/TRUNCATE sur les vues. Auparavant, il fallait passer par le système de règles (RULES), complexe et sujet à erreurs.

Procédures trigger : exemple - 1

- Horodater une opération sur une ligne :

```
CREATE TABLE ma_table (
  id serial,
  -- un certain nombre de champs informatifs
  date_ajout timestamp,
  date_modif timestamp);
```

Procédures trigger : exemple - 2

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION horodatage() RETURNS trigger
AS $$
BEGIN
  IF TG_OP = 'INSERT' THEN
    NEW.date_ajout := now();
  ELSEIF TG_OP = 'UPDATE' THEN
    NEW.date_modif := now();
  END IF;
  RETURN NEW;
END; $$ LANGUAGE plpgsql;
```

Tables de transition

- À partir de la version 10

- REFERENCING OLD TABLE
- REFERENCING NEW TABLE
- Par exemple

```
CREATE TRIGGER tr1
  AFTER DELETE ON t1
  REFERENCING OLD TABLE AS oldtable
  FOR EACH STATEMENT
  EXECUTE PROCEDURE log_delete();
```

Dans le cas d'un trigger en mode instruction, il n'est pas possible d'utiliser les variables OLD et NEW car elles ciblent une seule ligne. Pour cela, le standard SQL parle de tables de transition. Ces dernières ont été implémentées dans PostgreSQL pour la version 10. Voici un exemple de leur utilisation.

Nous allons créer une table t1 qui aura le trigger et une table poubelle qui a pour but de récupérer les enregistrements supprimés de la table t1.

```
CREATE TABLE t1 (c1 integer, c2 text);
CREATE TABLE poubelle (id integer GENERATED ALWAYS AS IDENTITY,
  dlog timestamp DEFAULT now(),
  t1_c1 integer, t1_c2 text);
```

Maintenant, il faut créer le code de la procédure stockée :

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION log_delete() RETURNS trigger LANGUAGE plpgsql AS $$
BEGIN
  INSERT INTO poubelle (t1_c1, t1_c2) SELECT c1, c2 FROM oldtable;
  RETURN null;
END
$$;
```

Et ajouter le trigger sur la table t1 :

```
CREATE TRIGGER tr1
AFTER DELETE ON t1
REFERENCING OLD TABLE AS oldtable
FOR EACH STATEMENT
EXECUTE PROCEDURE log_delete();
```

Maintenant, insérons un million de ligne dans t1 et supprimons-les :

```
$ INSERT INTO t1 SELECT i, 'Ligne '||i FROM generate_series(1, 1000000) i;
INSERT 0 1000000
$ \timing on
$ DELETE FROM t1;
DELETE 1000000
Time: 6753.294 ms (00:06.753)
```

La suppression avec le trigger prend 6.7 secondes. Il est possible de connaître le temps à supprimer les lignes et le temps à exécuter le trigger en utilisant l'ordre `EXPLAIN ANALYZE` :

```
$ TRUNCATE poubelle;
TRUNCATE TABLE
Time: 545.840 ms
$ INSERT INTO t1 SELECT i, 'Ligne '||i FROM generate_series(1, 1000000) i;
INSERT 0 1000000
Time: 4259.430 ms (00:04.259)
$ EXPLAIN (ANALYZE) DELETE FROM t1;
                          QUERY PLAN
-----------------------------------------------------------------------
---
 Delete on t1  (cost=0.00..17880.90 rows=1160690 width=6)
               (actual time=2552.210..2552.210 rows=0 loops=1)
   ->  Seq Scan on t1  (cost=0.00..17880.90 rows=1160690 width=6)
                       (actual time=0.071..183.026 rows=1000000 loops=1)
 Planning time: 0.094 ms
 Trigger tr1: time=4424.651 calls=1
 Execution time: 6982.290 ms
(5 rows)
```

Donc la suppression des lignes met 2,5 secondes alors que l'exécution du trigger met 4,4 secondes.

Pour comparer, voici l'ancienne façon de faire (configuration d'un trigger en mode row) :

```
$ CREATE OR REPLACE FUNCTION log_delete() RETURNS trigger LANGUAGE plpgsql AS $$
BEGIN
    INSERT INTO poubelle (t1_c1, t1_c2) VALUES (old.c1, old.c2);
    RETURN OLD;
END
```

```
$$;
CREATE FUNCTION
$ CREATE TRIGGER tr1
  BEFORE DELETE ON t1
  FOR EACH ROW
  EXECUTE PROCEDURE log_delete();
CREATE TRIGGER
$ TRUNCATE poubelle;
TRUNCATE TABLE
$ TRUNCATE t1;
TRUNCATE TABLE
$ INSERT INTO t1 SELECT i, 'Ligne '||i FROM generate_series(1, 1000000) i;
INSERT 0 1000000
$ DELETE FROM t1;
DELETE 1000000
Time: 19021.459 ms (00:19.021)
$ TRUNCATE poubelle;
TRUNCATE TABLE
Time: 51.709 ms
$ INSERT INTO t1 SELECT i, 'Ligne '||i FROM generate_series(1, 1000000) i;
INSERT 0 1000000
Time: 2382.365 ms (00:02.382)
$ EXPLAIN (ANALYZE) DELETE FROM t1;
                          QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------
----
 Delete on t1  (cost=0.00..10650.00 rows=1 width=6)
               (actual time=20819.006..20819.006 rows=0 loops=1)
   ->  Seq Scan on t1  (cost=0.00..10650.00 rows=1 width=6)
                       (actual time=0.057..268.418 rows=1000000 loops=1)
 Planning time: 0.153 ms
 Trigger tr1: time=16140.528 calls=1000000
 Execution time: 20819.097 ms
(5 rows)
```

Donc avec un trigger en mode ligne, la suppression du million de lignes met 20 secondes à s'exécuter, dont 16 pour l'exécution du trigger. Sur le trigger en mode instruction, il faut compter 7 secondes, donc 4,4 sur le trigger. Les tables de transition nous permettent de gagner en performance.

Le gros intérêt des tables de transition est le gain en performance que cela apporte. Sur la suppression d'un million de lignes, il est deux fois plus rapide de passer par un trigger en mode instruction que par un trigger en mode ligne.

Déclencheurs sur évènement

- Trigger global à une base de données
  - Capable de capturer tous les évènements *DDL*
- Type de retour spécial de la fonction : `event_trigger`
- ne peut pas être écrit en *SQL*

La syntaxe de l'ordre de crétion est le suivant :

```
CREATE EVENT TRIGGER nom
  ON evenement
  [ WHEN variable_filtre IN (valeur_filtre [, ... ]) [ AND ... ] ]
  EXECUTE PROCEDURE nom_fonction()
```

Les évènements possibles sont :

- `ddl_command_start` : se déclenche juste avant l'exécution d'une commande `CREATE`, `ALTER`, `DROP`, `SECURITY LABEL`, `COMMENT`, `GRANT` ou `REVOKE`.
  - `ddl_command_end` : se déclenche juste après l'exécution de ces même ensembles de commandes.
  - `sql_drop` : se déclenche juste avant le trigger sur évènement `ddl_command_end` pour toute opération qui supprime des objets de la base.
  - `table_rewrite` : se déclenche juste avant qu'une table soit modifiée par certaines actions des commandes ALTER TABLE et ALTER TYPE.

Pour aller plus loin

- Documentation officielle

- « Chapitre 38. Déclencheurs (*triggers*) »
  - « Chapitre 39. Déclencheurs (*triggers*) sur évènement »

La documentation officielle sur le langage *PL/PgSQL* peut être consultée en français à cette adresse[4].

Questions

N'hésitez pas, c'est le moment !

Travaux Dirigés 5

- *PL/PgSQL* et triggers

Enoncés

Fonctions *PL/PgSQL* Syntaxe de création d'une fonction :

```
CREATE [ OR REPLACE ] FUNCTION
    nom ( [ [ mode_argument ] [ nom_agrégat ] type_argument
                [ { DEFAULT | = } expression_par_défaut ]
                    [, ...] ] )
    [ RETURNS type_en_retour
      | RETURNS TABLE ( nom_colonne type_colonne [, ...] ) ]
  { LANGUAGE nom_langage
    | TRANSFORM { FOR TYPE nom_type } [, ... ]
    | WINDOW
    | IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE | [ NOT ] LEAKPROOF
    | CALLED ON NULL INPUT | RETURNS NULL ON NULL INPUT | STRICT
    | [ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
    | PARALLEL { UNSAFE | RESTRICTED | SAFE }
    | COST coût_exécution
    | ROWS lignes_de_résultat
    | SET paramètre_configuration { TO valeur | = valeur | FROM CURRENT }
```

[4] https://docs.postgresql.fr/10/triggers.html

```
    | AS 'définition'
    | AS 'fichier_objet', 'symbole_link'
  } ...
    [ WITH ( attribut [, ...] ) ]
```

Exercice 1

- Écrire une fonction de division appelée `division`. Elle acceptera en entrée deux arguments de type entier et renverra un nombre flottant.
- Ré-écrire la fonction de division pour tracer le problème de division par zéro.

Conseil : dans ce genre de calcul impossible, il est possible d'utiliser avec PostgreSQL la constante NaN (*Not A Number*).

- Modifier la fonction pour tracer le problème de division par zéro via les exceptions.

Exercice 2

Écrire une fonction de multiplication dont les arguments sont des chiffres en toute lettre.

Par exemple, appeler la fonction avec comme arguments les chaînes « deux » et « trois » doit renvoyer 6.

Exercice 3

- En utilisant la base de données *cave*, créer une fonction `nb_bouteilles` qui renvoie le nombre de bouteilles en stock suivant une année et un type de vin (donc passés en paramètre).
- Utiliser la fonction `generate_series()` pour extraire le nombre de bouteilles en stock sur plusieurs années, de 1990 à 1999.

Triggers Syntaxe de création d'un trigger :

```
CREATE [ CONSTRAINT ] TRIGGER nom { BEFORE | AFTER | INSTEAD OF }
       { événement [ OR ... ] }
    ON nom_table
    [ FROM nom_table_référencée ]
    [ NOT DEFERRABLE
         | [ DEFERRABLE ] [ INITIALLY IMMEDIATE | INITIALLY DEFERRED ] ]
    [ REFERENCING { { OLD | NEW } TABLE [ AS ] nom_relation_transition } [
↪   ... ] ]
    [ FOR [ EACH ] { ROW | STATEMENT } ]
```

```
    [ WHEN ( condition ) ]
    EXECUTE PROCEDURE nom_fonction ( arguments )
```

Exercice 4

Tracer dans une table toutes les modifications du champ `nombre` dans `stock`. On veut garder le trace de l'heure, de l'opération, du type de vin, du contenant, de l'année, de l'ancienne valeur et de la nouvelle valeur.

Afficher un message `NOTICE` quand nombre devient inférieur à 5, et `WARNING` quand il vaut 0.

Solutions du TD 3

Fonctions *PL/PgSQL* Exercice 1

- version de base :

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION division(arg1 integer, arg2 integer)
RETURNS float4
AS $BODY$
  BEGIN
    RETURN arg1::float4/arg2::float4;
  END
$BODY$
LANGUAGE plpgsql;
```

Requêtage :

cave=# SELECT division(1,5); division ———- 0.2 (1 ligne)

cave=# SELECT division(1,0); ERREUR: division par zéro CONTEXTE : PL/pgSQL function “division” line 2 at return

```
  * gestion de la division par 0 :

```sql
CREATE OR REPLACE FUNCTION division(arg1 integer, arg2 integer)
RETURNS float4
AS $BODY$
  BEGIN
    IF arg2 = 0 THEN
```
```

```
      RETURN 'NaN';
    ELSE
      RETURN arg1::float4/arg2::float4;
    END IF;
  END $BODY$
LANGUAGE plpgsql;
```

Requêtage 2 :

```
cave=# SELECT division(1,5);
 division
----------
      0.2
(1 ligne)

cave=# SELECT division(3,0);
 division
----------
      NaN
(1 ligne)
```

  * Tracer la division par zéro via les **exceptions** :

```sql
  CREATE OR REPLACE FUNCTION division(arg1 integer, arg2 integer)
    RETURNS float4 AS
  $BODY$BEGIN
    RETURN arg1::float4/arg2::float4;
    EXCEPTION WHEN OTHERS THEN
      -- attention, division par zéro
      RAISE LOG 'attention, [%]: %', SQLSTATE, SQLERRM;
      RETURN 'NaN';
  END $BODY$
    LANGUAGE 'plpgsql' VOLATILE;
```

Requêtage 3 :

```
  cave=# SET client_min_messages TO log;
  SET
  cave=# SELECT division(1,5);
   division
  ----------
```

```
       0.2
(1 ligne)

cave=# SELECT division(1,0);
LOG:  attention, [22012]: division par zéro
 division
----------
       NaN
(1 ligne)
```

Exercice 2

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION multiplication(arg1 text, arg2 text)
RETURNS integer
AS $BODY$
  DECLARE
    a1 integer;
    a2 integer;
  BEGIN
    IF arg1 = 'zéro' THEN
      a1 := 0;
    ELSEIF arg1 = 'un' THEN
      a1 := 1;
    ELSEIF arg1 = 'deux' THEN
      a1 := 2;
    ELSEIF arg1 = 'trois' THEN
      a1 := 3;
    ELSEIF arg1 = 'quatre' THEN
      a1 := 4;
    ELSEIF arg1 = 'cinq' THEN
      a1 := 5;
    ELSEIF arg1 = 'six' THEN
      a1 := 6;
    ELSEIF arg1 = 'sept' THEN
      a1 := 7;
    ELSEIF arg1 = 'huit' THEN
      a1 := 8;
    ELSEIF arg1 = 'neuf' THEN
      a1 := 9;
    END IF;

    IF arg2 = 'zéro' THEN
      a2 := 0;
    ELSEIF arg2 = 'un' THEN
```

```
      a2 := 1;
    ELSEIF arg2 = 'deux' THEN
      a2 := 2;
    ELSEIF arg2 = 'trois' THEN
      a2 := 3;
    ELSEIF arg2 = 'quatre' THEN
      a2 := 4;
    ELSEIF arg2 = 'cinq' THEN
      a2 := 5;
    ELSEIF arg2 = 'six' THEN
      a2 := 6;
    ELSEIF arg2 = 'sept' THEN
      a2 := 7;
    ELSEIF arg2 = 'huit' THEN
      a2 := 8;
    ELSEIF arg2 = 'neuf' THEN
      a2 := 9;
    END IF;

    RETURN a1*a2;
  END
$BODY$
LANGUAGE plpgsql;
```

Requêtage:

```
cave=# SELECT multiplication('deux', 'trois');
 multiplication
----------------
              6
(1 ligne)
```

Exercice 3

```sql
CREATE OR REPLACE FUNCTION nb_bouteilles(v_annee integer, v_typevin text)
RETURNS integer
AS $BODY$
  DECLARE
    nb integer;
  BEGIN
    SELECT INTO nb count(vin.id)
```

```
    FROM vin, stock, type_vin
    WHERE
      stock.annee=v_annee
      AND type_vin.libelle=v_typevin
      AND type_vin.id=vin.type_vin_id
      AND vin.id=stock.vin_id;

    RETURN nb;
  END
$BODY$
LANGUAGE 'plpgsql';
```

Requêtage :

- Sur une seule année :

```
SELECT nb_bouteilles(2000, 'rouge');
```

- Sur une période :

```
SELECT a, nb_bouteilles(a, 'rosé')
  FROM generate_series(1990, 1999) AS a
  ORDER BY a;
```

Triggers Exercice 4

La table de log :

```
  CREATE TABLE log_stock (
  id serial,
  dateheure timestamp,
  operation char(1),
  vin_id integer,
  contenant_id integer,
  annee integer,
  anciennevaleur integer,
  nouvellevaleur integer);
```

La fonction trigger :

```
  CREATE OR REPLACE FUNCTION log_stock_nombre()
    RETURNS TRIGGER AS
  $BODY$DECLARE
    v_requete text;
    v_operation char(1);
```

```
    v_vinid integer;
    v_contenantid integer;
    v_annee integer;
    v_anciennevaleur integer;
    v_nouvellevaleur integer;
    v_atracer boolean := false;
  BEGIN

    -- ce test a pour but de vérifier que le contenu de nombre a bien changé
    -- c'est forcément le cas dans une insertion et dans une suppression
    -- mais il faut tester dans le cas d'une mise à jour en se méfiant
    -- des valeurs NULL
    v_operation := substr(TG_OP, 1, 1);
    IF TG_OP = 'INSERT'
    THEN
      -- cas de l'insertion
      v_atracer := true;
      v_vinid := NEW.vin_id;
      v_contenantid := NEW.contenant_id;
      v_annee := NEW.annee;
      v_anciennevaleur := NULL;
      v_nouvellevaleur := NEW.nombre;
    ELSEIF TG_OP = 'UPDATE'
    THEN
      -- cas de la mise à jour
      v_atracer := OLD.nombre != NEW.nombre;
      v_vinid := NEW.vin_id;
      v_contenantid := NEW.contenant_id;
      v_annee := NEW.annee;
      v_anciennevaleur := OLD.nombre;
      v_nouvellevaleur := NEW.nombre;
    ELSEIF TG_OP = 'DELETE'
    THEN
      -- cas de la suppression
      v_atracer := true;
      v_vinid := OLD.vin_id;
      v_contenantid := OLD.contenant_id;
      v_annee := NEW.annee;
      v_anciennevaleur := OLD.nombre;
      v_nouvellevaleur := NULL;
    END IF;

    IF v_nouvellevaleur < 1
```

```
    THEN
      RAISE WARNING 'Il ne reste plus que % bouteilles dans le stock (%, %,
↪   %)',
                  v_nouvellevaleur, OLD.vin_id, OLD.contenant_id, OLD.annee;
    ELSEIF v_nouvellevaleur < 5
    THEN
      RAISE LOG 'Il ne reste plus que % bouteilles dans le stock (%, %, %)',
                v_nouvellevaleur, OLD.vin_id, OLD.contenant_id, OLD.annee;
    END IF;

    IF v_atracer
    THEN
      INSERT INTO log_stock
       (utilisateur, dateheure, operation, vin_id, contenant_id,
        annee, anciennevaleur, nouvellevaleur)
      VALUES
       (current_user, now(), v_operation, v_vinid, v_contenantid,
        v_annee, v_anciennevaleur, v_nouvellevaleur);
    END IF;

    RETURN NEW;

  END $BODY$
    LANGUAGE 'plpgsql' VOLATILE;
```

Le trigger :

```
  CREATE TRIGGER log_stock_nombre_trig
  AFTER INSERT OR UPDATE OR DELETE
  ON stock
  FOR EACH ROW
  EXECUTE PROCEDURE log_stock_nombre();
```

Travaux Pratiques 5

- *PL/PgSQL* et triggers

Rappel

Durant ces travaux pratiques, nous allons utiliser la machine virtuelle du TP 1 pour héberger notre serveur de base de données PostgreSQL.

Effectuez les manipulations nécessaires pour réaliser les actions listées dans la section *Énoncés*.

Vous pouvez vous aider du cours, de l'annexe de ce TP, des derniers TP, ainsi que de l'aide en ligne ou des pages de manuels (`man`).

Énoncés

Solutions du TP 5
