PL/pgSQL

***Programming Language* pour *PostgreSQL* basé sur SQL**

Fabien Coelho
MINES ParisTech

Composé avec LaTeX, révision 3617

Introduction à PL/pgSQL

PL langage de programmation côté serveur
- installation nécessaire : `CREATE LANGUAGE`
- interprété : erreurs de syntaxe possibles à l'exécution

SQL à la base : types, expressions, requêtes
- inspiré du PL/SQL d'Oracle

langage fonctions, déclarations, conditions, boucles, exceptions
- adapté au relationnel : retour d'un tuple, d'une relation...
- scalaires ou tableaux polymorphes

aussi SQL, PL/(C Tcl Perl Python Ruby PHP R Java sh scheme PSM...)
- *trusted* vs *untrusted* : protégé ou peut planter un serveur

Utilisations des langages côté serveur

Développement d'extensions

fonction nouvelle en SQL `CBRT`...

aggrégation nouvelle `SUM AVG`...

opérateur supplémentaire `=+ **`

type/domaine nouveaux

cast traduction de type explicite, affectation ou implicite

conversion de chaînes de caractères *latin1 utf8*...

trigger actions automatiques lors d'évènements (DML ou DDL)

Structure du langage

— déclaration ou remplacement d'une fonction
important lors du développement, attention aux erreurs !
```
CREATE OR REPLACE FUNCTION
```
— déclaration de la signature : nom, retour, arguments
```
log_nep(a REAL) RETURNS REAL
```
— caractéristiques particulières
```
RETURNS NULL ON NULL INPUT
```
— début du code
```
AS $$
```


— déclaration des variables et code de la fonctions
retour d'une valeur ou levée d'une exception
```
BEGIN
  IF a>0 THEN
    RETURN LN(a);
  END IF;
  RAISE EXCEPTION 'argument negatif invalide';
END;
```
— fin du code, précise le langage
```
$$ LANGUAGE plpgsql;
```
— utilisation de la fonction
```
SELECT log_nep(10.0); -- 2.30259
SELECT log_nep(-3.0); -- ERROR: argument negatif invalic
SELECT log_nep(NULL); -- NULL
```


Autre exemple

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION
plus_un(i INTEGER) RETURNS INTEGER
RETURNS NULL ON NULL INPUT
AS $$
BEGIN
  RETURN i+1;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT plus_un(3) AS "total";
```

total
4

Signature de la fonction `CREATE FUNCTION`

— type PostgreSQL des arguments et du résultat
accès aux arguments possible par leur numéro $n
```
is_one(INTEGER) RETURNS BOOLEAN ...
add(REAL, REAL) RETURNS REAL ...
```
— nommage des arguments, plus agréable
```
email(nom TEXT, domaine TEXT) RETURNS TEXT
```
— types génériques scalaire ou tableau
```
last(a ANYARRAY) RETURNS ANYELEMENT
```
— référence au type d'un attribut d'une relation
```
x nom_table.nom_attribut%TYPE
```


Déclaration des caractéristiques des fonctions

— unification des appels de fonctions, volatile par défaut

`IMMUTABLE` résultat constants selon les arguments

`STABLE` résultat constant dans un scan : *requête dans fonction...*

`VOLATILE` résultat variable `RANDOM NEXTVAL NOW`

— gestion si arguments `NULL`

`RETURNS NULL ON NULL INPUT` **ou** **`STRICT`** ne pas appeler

`CALLED ON NULL INPUT` appeler, arguments gérés, par défaut

— parallélisme, UNSAFE par défaut

PARALLEL SAFE/RESTRICTED/UNSAFE selon

— droits lors d'un appel

SECURITY DEFINER/INVOKER selon

— autres détails :

LEAKPROOF effets de bord...

WINDOW fonction de fenêtre (sorte d'aggrégation...)

COST coût d'appel, utilisé par l'optimiseur

ROWS nombre de tuples retournés

Caractéristiques d'une fonction

— informations importantes pour l'optimiseur de requêtes

— valeurs par défaut conservatives

VOLATILE CALLED ON NULL INPUT SECURITY INVOKER

```
CREATE FUNCTION now() RETURNS DATE VOLATILE ...

CREATE FUNCTION nrows(name TEXT) RETURNS INTEGER
  STRICT STABLE ...

CREATE FUNCTION chpass(old TEXT, new TEXT) RETURNS BOOLEAN
  STRICT STABLE SECURITY DEFINER ...

CREATE FUNCTION concatenate(TEXT, TEXT) RETURNS TEXT
  STRICT IMMUTABLE ...
```


Encadrement du code de la fonction

— différents langages possibles :
SQL, PL/pgSQL, PL/Perl, PL/Python, PL/Tcl, PL/Java, C...

— fourniture du source
chaîne de caractère SQL '...', oblige à échapper les *quotes*
séparateur générique $marque...$ plus pratique !

— ou d'une librarie dynamique, précise librairie et symbole

```
CREATE FUNCTION add(REAL, REAL) RETURNS REAL AS '
  SELECT $1 + $2;
' LANGUAGE sql IMMUTABLE STRICT;

CREATE FUNCTION add(REAL, REAL) RETURNS REAL AS $$
  BEGIN RETURN $1 + $2; END;
$$ LANGUAGE plpgsql IMMUTABLE STRICT;
```



```
CREATE FUNCTION add(REAL, REAL) RETURNS REAL AS $x$
  return $_[0] + $_[1];
$x$ LANGUAGE plperl IMMUTABLE STRICT;

CREATE FUNCTION add(REAL, REAL) RETURNS REAL AS $_$
  return args[0]+args[1];
$_$ LANGUAGE plpythonu IMMUTABLE STRICT;

CREATE FUNCTION add(REAL, REAL) RETURNS REAL
AS '$libdir/add', 'add_fun'
LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
```


Attributs (colonnes) virtuels

— fonction sur le *type* de la relation

— appel style attribut : relation.fonction

— note : pourrait être fait avec une vue

```
CREATE TABLE People(firstname TEXT, lastname TEXT);

CREATE FUNCTION fullname(p People) RETURNS TEXT AS
$$ SELECT p.firstname || ' ' || p.lastname ; $$
LANGUAGE SQL IMMUTABLE STRICT;

SELECT ppl.fullname FROM People AS ppl;
-- Edgar Codd, Michael Stonebraker
```


Déclaration de variables et du code en PL/pgSQL

— section initiale facultative DECLARE pour variables
contraintes à la SQL : valeur par défaut, non nulle, constante

— code dans bloc BEGIN...END;

```
DECLARE
  pi CONSTANT REAL DEFAULT 3.1415927;
  i INTEGER NOT NULL DEFAULT 3;
  r REAL DEFAULT NULL;
BEGIN
  r := 2.5;
  RETURN pi*(i+r);
END;
```


Affectation et opérations SQL

— expressions de SQL, comme un SELECT
i > 19 AND v IS NOT NULL

— affectation directe à une variable
i := 3;
j := 2*i + 1;

— opérations SQL directes après substitution des variables
s := 'ciel';
INSERT INTO def(mot,definition)
VALUES(s,'en haut');

— ne pas faire grand chose...
-- commentaire pour mieux comprendre
NULL; -- pas d'opération

Tableau SQL

— type pas très relationnel...

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION jour(d DATE) RETURNS TEXT
IMMUTABLE STRICT AS $$
DECLARE
  jours TEXT[] DEFAULT  -- indexation à partir de 1
    '{dimanche,lundi,mardi,mercredi,jeudi,vendredi,samedi}';
BEGIN
  -- accès à un élément
  RETURN jours[1+EXTRACT(DOW FROM d)];
END
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT jour('today'); -- TEXT -> DATE automatique
```

Récupération `SELECT INTO STRICT var ...`

- type spécial `RECORD` ou `%ROWTYPE` ou liste
- valeurs `NULL` si vide, un seul tuple si `STRICT`

```
DECLARE
  c RECORD; h pg_user%ROWTYPE;  name TEXT;  sysid INTEGER;
BEGIN
  SELECT * INTO STRICT c
    FROM pg_user WHERE usename='calvin';
  SELECT * INTO STRICT h
    FROM pg_user WHERE usename='hobbes';
  SELECT usename, usesysid INTO STRICT name, sysid
    FROM pg_user WHERE usename='postgres';
  RETURN c.name || ' ' || h.name || ' ' || name;
END;
```


Tester le fonctionnement d'un opération

- `GET DIAGNOSTICS ...` pour `ROW_COUNT` et `RESULT_OID`
- test si il s'est passé quelque chose : booléen `FOUND`

```
UPDATE comptes SET total = total+10.0;
GET DIAGNOSTICS ncomptes = ROW_COUNT;

SELECT total INTO montant
  FROM comptes WHERE id=12;
IF NOT FOUND THEN ...
```


Structures de contrôle : retour, condition

- retour obligatoire d'une fonction `RETURN`, retour de relations...
- condition `IF ... THEN ... ELSE ... END IF;`
  insertions possibles de `ELSEIF ... THEN ...`
  partie finale `ELSE` facultative

```
IF i=0 THEN
  RETURN 'zéro';
ELSEIF i>0 THEN
  RETURN 'positif';
ELSEIF i<0 THEN
  RETURN 'négatif';
ELSE
 RETURN 'nul';
END IF;
```


Structures de contrôle : boucles

- boucle infinie `LOOP ... END LOOP;`
  sortie avec `EXIT`, éventuellement précise le niveau (bof)

```
i := 1;
LOOP
  i := i+1;
  EXIT WHEN i=10;
END LOOP;
```

- boucle conditionnelle `WHILE ... LOOP ... END LOOP;`

```
i := 1;
WHILE i<>10 LOOP
  i := i+1;
END LOOP;
```


- boucle sur entiers `FOR i IN x .. y LOOP ... END LOOP;`
  parcours inverse avec `REVERSE`

```
FOR i IN 1 .. n LOOP
  total := total + tab[i];
END LOOP;

FOR j IN REVERSE n .. 1 LOOP
  total := total + tab[j];
END LOOP;
```

- boucle sur une requête statique ou dynamique...

Structures de contrôle : exceptions

- bloc `BEGIN ... EXCEPTION ... END;` `try/catch` Java
- nom des exceptions fixé, plus `others`
- envoie d'une exception avec `RAISE EXCEPTION ...`
  `RAISE NOTICE` produit un warning, utile pour debug !
  premier argument chaîne, remplacement des %

```
BEGIN
  i := j/k;
EXCEPTION
  WHEN division_by_zero THEN
    RAISE NOTICE 'boum i=% j=% k=%', i, j, k;
    RETURN NULL;
  -- sinon exception non attrapée
END;
```


Exécution de commandes SQL

- commandes directes `INSERT DELETE UPDATE CREATE...`
  positionnement de la variable booléenne spéciale `FOUND`...
- sélection avec un résultat `SELECT INTO ...`

```
SELECT usename INTO name
  FROM pg_user WHERE usesysid=id;
```

- sélection sans résultat `PERFORM`, pour effets de bords
  même syntaxe qu'un `SELECT` remplacé par `PERFORM`
  attention, pas de `SELECT` sans `INTO` direct

```
PERFORM change_passe(username, newpass);
```


Parcours `FOR r IN query LOOP ... END LOOP;`

- r de type `RECORD` générique ou `%ROWTYPE`
- accès aux attributs `r.prenom r.nom r.naissance`

```
DECLARE
  r RECORD;
BEGIN
  FOR r IN
    SELECT * FROM pg_user WHERE usesysid>=100
  LOOP
    RAISE NOTICE 'user % num %', r.usename, r.usesysid;
  END LOOP;
  RETURN;
END;
```

Curseur CURSOR REFCURSOR

- nommage d'une requête SELECT en cours
- création et manipulation : OPEN FETCH MOVE CLOSE...
- peut être retourné d'une fonction !

```
DECLARE
  st RECORD;
  students REFCURSOR;
BEGIN
  OPEN students FOR SELECT * FROM Student;
  FOR st IN students LOOP
    -- ...
  END LOOP;
  CLOSE students;
END;
```


Interprétation de SQL avec EXECUTE

- requête inconnue lors de la définition de la fonction
- échappement identificateurs/litéraux quote_ident/literal
- fonction FORMAT avec %I (ident), %L (litéral), %s (string)

```
EXECUTE 'DELETE FROM ' || quote_ident(tn) ||
        ' WHERE key=' || quote_literal(i);

EXECUTE 'SELECT COUNT(*) FROM ' || quote_ident(tn)
         INTO STRICT compte;

EXECUTE FORMAT('SELECT * FROM %I WHERE %I=%L', t, a, v);
```


Parcours avec EXECUTE

- FOR r IN EXECUTE 'query' LOOP ... END LOOP;
- r de type RECORD ou ROW...
- aussi EXECUTE FORMAT ...

```
FOR r IN EXECUTE
  FORMAT('SELECT montant FROM %I', nom_table)
LOOP
  n := n + 1;
  somme := somme + r.montant;
END LOOP;
```


Retour d'un tuple, type composite

```
CREATE TYPE infos AS (nom TEXT, age INTEGER);
CREATE OR REPLACE FUNCTION suzy()
RETURNS infos AS $$
DECLARE
  r infos;
BEGIN
  r.nom := 'Suzy' ; r.age := 6;
  RETURN r;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

nom	*age*
Suzy	6

Retour d'une relation

- retour d'un ensemble de quelque chose SETOF INTEGER
- tuples avec RETURN NEXT i, fin de la relation avec RETURN

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION
un_a_n(n INTEGER) RETURNS SETOF INTEGER
AS $$
DECLARE
  i INTEGER;
BEGIN
  FOR i IN 1 .. n LOOP
    RETURN NEXT i;
  END LOOP;
  RETURN; -- fin de la relation
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```


Utilisation comme une relation

mais l'optimiseur ne sait pas trop à quoi s'en tenir ?

```
SELECT * FROM un_a_n(3);
```

un_a_n
1
2
3

```
SELECT * FROM un_a_n(5);
```

un_a_n
1
2
3
4
5

Retour d'une relation de tuples

```
CREATE TYPE infos AS (nom TEXT, age INTEGER);

CREATE OR REPLACE FUNCTION nom_age()
RETURNS SETOF infos AS $$
DECLARE r infos;
BEGIN
  r.nom := 'Calvin'; r.age := 6; RETURN NEXT r;
  r.nom := 'Hobbes'; r.age := 3; RETURN NEXT r;
  RETURN; -- fin des sorties
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT * FROM nom_age();
```

nom	*age*
Calvin	6
Hobbes	3

Définition d'un type CREATE TYPE ... AS ...

- type composite, structure de donnée *record*
  déjà utilisé par les relations
  `CREATE TYPE infos AS (prenom TEXT, nom TEXT);`
- ou nouveau type de plein droit avec fonctions en C

  input/output conversion de/vers chaîne de caractères

  receive/send conversion de/vers représentation binaire externe

  mais aussi ordre, indexation, analyse...

Définition d'un domaine `CREATE DOMAIN ... AS ...`

— type de base, **plus** ...

— contraintes SQL similaire à une déclaration d'attribut

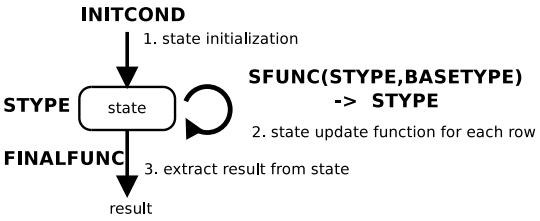
`NOT NULL`, `DEFAULT ...`, `CHECK(...)`,

valeur dans variable spéciale `VALUE` pour expressions

```
CREATE DOMAIN email AS TEXT
  NOT NULL
  DEFAULT 'nobody@nowhere'
  CHECK (VALUE LIKE '%@%');
```


Fonctionnement d'une aggrégation

— état interne initialisé, mises à jour, extraction finale



Définition d'une aggrégation `CREATE AGGREGATE ... (`

`BASETYPE =` type de donnée concerné

`SFUNC =` fonction d'état : état, élément → état

`STYPE =` type de l'état stocké pendant le calcul

`FINALFUNC =` calcul le résultat final : état → élément

si non définie, retourne l'état

`INITCOND =` condition initiale de l'état (sinon `NULL`)

et d'autres pour aggrégats flottants *(moving aggregates)*

ou optimisation avec index, aggrégats dépendant d'un ordre...

Réimplementation simplifiée de `COUNT`

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION fcompte(s INTEGER, x ANYELEMENT)
RETURNS INTEGER IMMUTABLE CALLED ON NULL INPUT AS $$
BEGIN
  IF x IS NULL THEN RETURN s;
  ELSE RETURN s+1; END IF;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE AGGREGATE compte(BASETYPE=ANYELEMENT,
  SFUNC=fcompte, STYPE=INTEGER, INITCOND='0');

SELECT compte(titre) FROM oeuvre;
```


Aggrégat Moyenne

```
-- aggregate internal state
CREATE TYPE MoyStat AS (n INTEGER, s FLOAT);

-- state update function
CREATE OR REPLACE FUNCTION
moyupd(state MoyStat, val FLOAT) RETURNS MoyStat
IMMUTABLE STRICT AS $$
BEGIN
  state.n := state.n + 1;
  state.s := state.s + val;
  RETURN state;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```



```
-- result extraction
CREATE OR REPLACE FUNCTION
moyfin(state MoyStat) RETURNS FLOAT
IMMUTABLE STRICT AS $$
BEGIN RETURN state.s/state.n; END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

-- aggregate declaration
DROP AGGREGATE IF EXISTS moyenne(FLOAT);
CREATE AGGREGATE moyenne(
  BASETYPE = FLOAT,
  STYPE = MoyStat,
  SFUNC = moyupd,
  INITCOND = '(0, 0.0)',
  FINALFUNC = moyfin
);
```


Aggrégat Prems – *première valeur non nulle*

```
CREATE FUNCTION prems_sfunc(s ANYELEMENT, a ANYELEMENT)
RETURNS ANYELEMENT IMMUTABLE AS $$
  SELECT COALESCE(s, a);
$$ LANGUAGE SQL;

CREATE AGGREGATE PREMS(ANYELEMENT) (
  STYPE = ANYELEMENT,
  SFUNC = prems_sfunc
);

SELECT PREMS(titre) FROM oeuvre;
SELECT titre FROM oeuvre LIMIT 1;
```


Définition d'un opérateur `CREATE OPERATOR ...`

— opérateurs composés de séquences de caractères (qq exceptions)

`+ - * / < > = ~ ! @ # % ^ & | ` ?`

— nombreuses propriétés, associativité non modifiable

```
CREATE FUNCTION addtext(a TEXT, b TEXT)
RETURNS INTEGER IMMUTABLE STRICT AS $$
  BEGIN RETURN LENGTH(a) + LENGTH(b); END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE OPERATOR +
( PROCEDURE = addtext, LEFTARG = TEXT, RIGHTARG = TEXT,
  COMMUTATOR = + -- + commute avec lui-même
);
SELECT 'hello' + 'world'; -- 10
```

Définition d'un cast `CREATE CAST ...`

traduction entre deux types, fonction à fournir

3 niveaux explicite, `AS ASSIGNMENT`, auto `AS IMPLICIT`

différent de `CONVERSION` pour les encodages de caractères !

```
CREATE FUNCTION time2int(t TIMESTAMPTZ)
RETURNS INTEGER IMMUTABLE STRICT AS $$
  BEGIN RETURN EXTRACT(YEAR FROM t); END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE CAST (TIMESTAMPTZ AS INTEGER)
  WITH FUNCTION time2int(TIMESTAMPTZ);

SELECT CAST(NOW() AS INTEGER);
SELECT NOW()::INTEGER;
```


Impact des cast implicites

— recherche automatique des opérateurs avec casts...

```
SELECT 2 * CURRENT_DATE; -- error

CREATE FUNCTION date2int(d DATE)
RETURNS INTEGER IMMUTABLE STRICT AS $$
  BEGIN RETURN EXTRACT(YEAR FROM d); END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE CAST (DATE AS INTEGER)
WITH FUNCTION date2int(DATE)
AS IMPLICIT;

SELECT 2 * CURRENT_DATE; -- ok
```


Trigger sur DML : `CREATE TRIGGER ...`

— fonction spéciale invoquée automatiquement

— quand : **avant**, **après**, **à la place** (vues)
`BEFORE`, `AFTER`, `INSTEAD OF`

— évènements `INSERT UPDATE DELETE TRUNCATE`

— pour chaque tuple **ou** pour la table entière

— éventuellement : condition, références

```
CREATE TRIGGER coucou_compte
BEFORE INSERT OR UPDATE OR DELETE
ON compte FOR EACH ROW
EXECUTE PROCEDURE trace('salut');
```


Programmation d'une trigger en PL/pgSQL

— pas d'arguments, retour type `TRIGGER`

— accès aux informations par variables spéciales définies selon cas

OLD ancien tuple (`RECORD`) pour `UPDATE DELETE`

NEW nouveau tuple pour `INSERT UPDATE`

TG_NAME TG_RELID TG_RELNAME nom de la trigger et relation

TG_WHEN TG_LEVEL `BEFORE`/`AFTER`/..., `ROW`/`STATEMENT`

TG_OP opération en cours `INSERT UPDATE`...

TG_NARGS TG_ARGV nombre et tableau des arguments texte

— retour du nouveau tuple (éventuellement modifié), de l'ancien
ou levée d'une exception pour refuser...


```
CREATE TABLE entiers(i INTEGER);

CREATE FUNCTION trace() RETURNS TRIGGER AS $$
BEGIN
  RAISE NOTICE '% % % on %',
    TG_OP, TG_WHEN, TG_LEVEL, TG_RELNAME;
  RETURN NEW;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER trace_entiers BEFORE INSERT OR UPDATE
ON entiers FOR EACH STATEMENT EXECUTE PROCEDURE trace();

INSERT entiers(i) VALUES(1);
-- NOTICE:  INSERT BEFORE STATEMENT on entiers
-- INSERT 0 1
```


Trigger sur DDL : `CREATE EVENT TRIGGER ...`

— spécificité PostgreSQL – non standard

— event : `ddl_command_start/end sql_drop table_rewrite`

— tag : presque toutes les opérations sur objets locaux
matrice de déclangement selon les événements
mais pas sur objects globaux `DATABASE ROLE TABLESPACE`
ni sur `EVENT TRIGGER` (risque de blocage !)

— programmation en C ou PL/pgSQL, type spécial `event_trigger`

```
CREATE EVENT TRIGGER table_event ON ddl_command_start
WHEN TAG IN ('CREATE TABLE', 'ALTER TABLE', 'DROP TABLE')
EXECUTE PROCEDURE do_something();
```



```
CREATE FUNCTION do_something()
RETURNS event_trigger AS $$
BEGIN
  RAISE NOTICE 'event %: %', TG_EVENT, TG_TAG;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TABLE foo(stuff TEXT);
-- NOTICE:  event ddl_command_start: CREATE TABLE
DROP TABLE foo;
-- NOTICE:  event ddl_command_start: DROP TABLE
```


Utilisations possibles des triggers

— vérifications de contraintes (clefs étrangères, ...)

— mise à jour automatique d'attributs
date de dernière mise à jour du tuple...

— contrôle de cohérence avec requêtes (attention aux récursions ? !)
blocage de tuples sous certaines conditions

— blocage de certaines opérations DDL

— duplication logique asynchrone de tables (Slony-I)
évènements envoyés vers une autre base

— possible d'activer/désactiver un `TRIGGER`

```
ALTER TABLE oeuvre
  DISABLE TRIGGER oeuvre_check_titre;
```

Extensions (depuis PostgreSQL 9.1)

— regroupement cohérent d'objets
fonctions, opérateurs, aggrégations, casts, tables...
— installation/désinstallation automatisée, gestion des versions...
`CREATE EXTENSION intagg;`
— **pgxn** : *PostgreSQL eXtension Network*
répertoire d'extensions, description standardisée

Foreign Data Wrapper (PostgreSQL 9.1)

— accès à des données distantes, dans une autre base de données
Oracle, MySQL, MS SQL Server, Sybase, ODBC...
Amazon S3, LDAP, Twitter...

Conclusion sur PL/pgSQL

— un **langage** pas extraordinaire mais très utile !
bien intégré car basé sur SQL
— déboguage peu commode
erreurs de syntaxe tardives pour `;`
utiliser des `RAISE NOTICE ...` pour tracer
éventuellement dans des expressions...
— performance : programmation directe en C
plus délicate, *untrusted* : peut planter la base
— tout n'est pas possible
librairies dynamiques additionnelles en C ?
développement dans un langage plus généraliste ?

List of Slides