

NewGen

Pierre Jouvelot

CRI, Ecole des Mines (France)
LCS, MIT (U.S.A.)

Conférence GRECO de Programmation
Paris, 28 Novembre 1991

© Pierre Jouvelot (1991)

Qu'est-ce que NewGen

- NewGen (New Generation)
- Outil de génie logiciel
- Aide à l'écriture de logiciels de taille importante
- Développement à l'Ecole des Mines de Paris (Automne 1988)
- Prototype "Public Domain" distribué (Mines, Bull, NASA, Boeing, ...)
- Applications : Paralléliseurs (environ 50 klines)

NewGen en résumé

- Outil de gestion de structures de données
- Méta-langage de définition de *domaines* : base, somme, produit, liste, ensemble, tableau
- Génération automatique de fonctions de création, manipulation, mise à jour, libération, stockage ...
- Bibliothèque générale (listes, tableaux, itérateurs, ...)
- Intégration dans logiciels existants (externe)
- Modularité (import)
- Efficacité temps/espace

Plan

- Problématique
- Atouts
- Description du langage de spécification
- Fonctions de manipulation (en C)
- Bibliothèques
- Un Premier Exemple
- NewGen “avancé” : tabulation, importation, external
- Retour sur l’exemple
- NewGen et CommonLISP
- Aspects de l’implémentation
- PIPS : Un exemple “vraie grandeur”
- Autres systèmes
- Conclusion

Problématique

- Modèles de Développement Logiciel : *waterfall*, prototypage
- Prototypage : Spécification vs. Implémentation
- Spécification : Exécutabilité vs. Expressivité
- Implémentation : Efficacité vs. Simplicité
- Solution : *Interopérabilité*

Interopérabilité

- Indépendance par rapport au langage cible
- Paradigme uniforme de programmation
- Etat : support pour CommonLISP (orienté spécification) et C (orienté implémentation)
- Compatibilité complète au niveau fichier
- Maintien de la cohérence (persistance)
- Transition souple (conception modulaire)

Atouts

- *Abstraction Fonctionnelle* :
 - Constructions de haut niveau (fonctions)
 - Indépendance de l'implémentation
 - Extensions/redéfinitions possibles
- *Processus Evolutif* :
 - Support pour logiciel multi-passes
 - Gestion de persistance (partage, cycle)
 - Multi-langages
 - Intégration progressive (fichiers, pipes, variables globales)
- *Environnement de Programmation* :
 - Lisibilité inter-langages
 - Réutilisation des bibliothèques
 - Mise-au-point aisée (tests dynamiques possibles)

Langage de Description de Domaines

- `--` pour les commentaires
- Définitions de domaines :
`name = expression ;`
- Prédéfinis : `unit, bool, char, int, string, float`
- Produit de *membres* :
`user = name:string x id:int x
passwd x shell:string ;`
- Somme de membres :
`passwd = crypted:string +
clear:string ;`
- Énumération (vue comme somme) :
`passwd_status = {crypted, clear} ;`

- Les *membres* peuvent être complexes
- Définitions récursives autorisées
- Liste ordonnée de domaines :

```
node = information:int x
      children:node* ;
```

- Ensemble (non ordonné) de domaines :

```
group = elements:user{}
```

- Tableau (indexé) de domaines :

```
#define BUFFER_SIZE 100
```

```
buffer = first:int x lats:int x
        elements:char[ BUFFER_SIZE ] ;
```

Fonctions de Manipulation : Création

- Tout domaine *domain* définit :
 - un type *domain*
 - un *constructeur* `make_domain`
 - une valeur par défaut `domain_undefined`
- Domaines produit : création à partir des membres :

```
user pierre =
    make_user( "jouvelot",
              110,
              passwd_undefined,
              "/usr/local/bin/ksh" ) ;
```

- Domaines somme : création à partir d'un *tag* et d'une valeur
- Chaque membre *member* d'une somme *domain* a un tag `is_domain_member` :

```
char buffer[ 8 ] ;
passwd at_login =
    make_passwd( is_passwd_encrypted,
                crypt( gets( buffer ),
                       "aa" )) ;
```

— Il existe un type `tag`.

Fonctions de Manipulation : Accès

— Call-by-sharing (vs. call-by-value, call-by-reference)

— Un domaine *domain* et un membre *member* définissent un *accesseur domain_member* :

```
printf( "User %s logged on\n",  
        user_name( pierre ) ) ;
```

— Le tag d'une somme *domain* s'obtient par *domain_tag* :

```
if( passwd_tag( at_login ) ==  
    is_passwd_encrypted ) {  
    check( passwd_crypted( at_login ) ) ;  
}
```

— Des prédicats *domain_member_p* existent pour les sommes :

```
if( passwd_encrypted_p( at_login ) ) {  
    check( passwd_crypted( at_login ) ) ;  
}
```

— Implémentation sous forme de macros.

Fonctions de Manipulation : Modification

— Utilisation de = :

```
passwd_tag( at_login ) =  
    is_passwd_clear ;  
passwd_clear( at_login ) = "go ahead" ;
```

— Création de partage et cycle :

```
node = info:int x next:node ;
```

```
node n =  
    make_node( 1, node_undefined ) ;  
next( n ) = n ;
```

Fonctions de Manipulation : Opérations I/O

- Tout domaine *domain* définit :
 - une fonction d'écriture *write_domain*
 - une fonction de lecture *read_domain*

```
user pierre = read_user( open_db() ) ;  
fprintf( stderr,  
         "Read data for user %s\n",  
         user_name( pierre ) ) ;
```
- Le partage (sharing) est préservé dans la sous-structure.
- Gestion des cycles.

Fonctions de Manipulation : Libération

— Tout domaine *domain* définit *free_domain*.

```
if( denied_access( pierre )) {  
    fprintf( stderr,  
            "Permission denied: %s\n",  
            user_name( pierre )) ;  
    free_user( pierre ) ;  
    restart_top_level() ;  
}
```

— Réclamation récursive des structures de données

— Gestion des cycles et partage *dans la sous-structure* (attention au partage transverse)

— Remarque : pas nécessaire en CommonLISP!

Bibliothèques

- A chaque constructeur de type est associée une bibliothèque
- Listes
- Ensembles
- Remarque : tables de hachage

Bibliothèque : Listes

- Constructeurs classiques de Lisp : CONS, CAR, CDR, NIL, ENDP, ...
- Nécessité de typage explicite (listes polymorphes)
- Tout domain *domain* définit la conversion *DOMAIN*:

```
list logged_on = NIL ;

void add_to_users( u )
user u ;
{
    logged_on =
        CONS( USER, u, logged_on ) ;
}
```

- Itérateurs :

```
printf( "Users logged on: " ) ;
MAPL( users, {
    user u = USER( CAR( users ) ) ;
    printf( "%s ", user_name( u ) ) ;
}, logged_on ) ;
```

— Mise-à-jour simple :

CAR(logged_on) = pierre ;

— Ensemble “extensible” de fonctions (**remove,**
nconc, copy, find, length, ...)

Bibliothèque : Ensembles

- Problème : gestion d'ensemble (et non multi-ensembles), implémentation efficace
- Support pour chaînes, entiers et pointeurs
- Convention d'allocation à l'appelant (solution simple pour appels emboîtés).
- Opérations triadiques :

```
set_op( result, operand1, operand2 ) ;
```

- Nécessité d'allocation :

```
set logged_on = set_undefined ;
```

```
void add_to_users( u )  
user u ;  
{  
    if( set_undefined_p( logged_on )) {  
        logged_on =  
            set_make( set_pointer) ;  
    }  
    set_add_element( logged_on,  
                    logged_on,  
                    u ) ;  
}
```

```
}
```

— Itérateurs :

```
printf( "Users logged on: " ) ;  
SET_MAP( u, {  
    printf( "%s ", user_name( u )) ;  
}, logged_on ) ;
```

— Ensemble “extensible” de fonctions :

- `set_intersection`,
- `set_union`,
- `set_equal_p`,
- `set_free`,
- `set_size ...`

Bibliothèque : Tables de hachage

- Tables dans Unix SV “inutilisables”
- Utilisation fréquente : ensembles, NewGen, ...
- Itérateurs :

```
#define SET_MAP(element,code,set) { \  
    HASH_MAP(_set_map_key, element, \  
            code, \  
            (set)->table); \  
}
```

Un Premier Exemple

— SIMPLE est un petit langage d'expression

— Fichier `expression.tex` :

```
\title{SIMPLE Language Specifications}
\author{Pierre Jouvelot}
```

```
\begin{document}
\domain{expression = constant:int +
          identifier:string +
          binary +
          let ;} {
```

An expression is either an integer constant, an identifier, a binary expression, or a nested let construct.

```
}
```

```
\domain{binary = operator:string x
          lhs:expression x
          rhs:expression ;} {
```

A binary expression consists of an operator and two subexpressions.

```
}
```

```
\domain{let = bindings:binding* x
        expression ;} {
```

A let construct includes a binding list and a body expression.

```
}
```

```
\domain{binding = name:string x
        value:expression ;} {
```

A binding binds a name to a value.

```
}
```

- Fichier `expression.newgen` trié, automatiquement généré

```
binary = operator:string x
        lhs:expression x rhs:expression ;
binding = name:string x value:expression ;
expression = constant:int +
            identifier:string +
            binary + let ;
let = bindings:binding* x expression ;
```

- Fichier `expression.dvi` de documentation automatiquement généré.

Frontal pour SIMPLE

— Syntaxe d'entrée à la Lisp :

```
. 1
. (+ x 1)
. (let ((x 1)) (+ x 2))
. (let ((x 1))
    (let ((y (* 2 x)))
      (+ x y)))
```

— Génération des structures de données NewGen :

```
. make_expression(is_expression_constant, 1)
. make_expression(
  is_expression_binary,
  make_binary(
    "+",
    make_expression(
      is_expression_identifieur,
      "x"),
    make_expression(
      is_expression_constant,
      1)))
```

— NewGen est compatible avec tous les outils Unix

— Frontal généré automatiquement par Yacc


```

%{

#include <stdio.h>          /* Unix standard IO */
#include <string.h>        /* String managt. */
#include "genC.h"          /* Newgen basic
                           C library */
#include "expression.h"    /* Newgen-generated
                           header files */

expression Top ;
%}

%token LP RP
%token LET

%term INT
%term STRING

%union {
    expression expression ;
    let let ;
    list list ;
    identifier identifier ;
    string string ;
}

```

```
%type <expression> Axiom Expression
%type <let> Let
%type <identifier> Identifier
```

```
%type <list> Bindings
%type <string> String
```

```
%%
Axiom : Expression {
        Top = $1 ;
    }
;
```

```
Expression
    : INT {
        $$ = make_expression(
            is_expression_constant,
            atoi( yytext )) ;
    }
    | Identifier {
        $$ = make_expression(
            is_expression_identifier,$1);
    }
    | LP String Expression Expression RP {
```

```
binary b =  
make_binary( $2, $3, $4 ) ;  
  
$$ = make_expression(  
    is_expression_binary, b );  
}
```

```

    | Let {
        $$ = make_expression(
            is_expression_let, $1 ) ;
    }
;

Let      : LP LET LP Bindings RP Expression RP {
        $$ = make_let( $4, $6 ) ;
    }
;

Bindings
: {
    $$ = NIL ;
}
| Bindings LP String Expression RP {
    $$ = CONS( BINDING,
               make_binding( $3, $4 ),
               $1 ) ;
}
;

Identifier
: String {
    $$ = make_identifier( $1 ) ;
}
;

```

```
    }  
    ;  
  
String : STRING {  
        $$ = strdup( yytext ) ;  
    }  
    ;  
%%
```

Commande newgen

— Commande shell de génération de code

— **newgen** prend en arguments :

— Language objet (**-C**, **-Lisp**),

— Fichiers **.newgen**

```
% newgen -C expression.newgen
```

```
GEN_READ_SPEC order:
```

```
expression.spec
```

```
% ls
```

```
expression.newgen          expression.h          expression..
```

```
%
```

— Pour chaque fichier **foo.newgen**, on obtient deux fichiers :

— Déclarations C : **foo.h**,

— Spécifications : **foo.spec**

— Remarque : les **spec** devraient disparaître dans une nouvelle version de NewGen

— Fichiers **spec** lus à l'exécution, *avant* tout appel de fonctions NewGen.

— Ordre des fichiers **spec** donné par **newgen**

```
#include <stdio.h>
#include "genC.h"
#include "expression.h"

expression Top ;

main()
{
    gen_read_spec( "expression.spec",
                  (char*) NULL) ;
    yyparse() ;
    fprintf( stdout, "%d\n",
            constant_fold( Top )) ;
    free_expression( Top ) ;
}
```

```

int
constant_fold( e )
expression e ;
{
    int value ;
    tag t ;

    switch( t = expression_tag( e )) {
    case is_expression_constant:
        value = expression_constant( e ) ;
        break ;
    case is_expression_binary:
        binary b = expression_binary( e ) ;
        int lhs = constant_fold(binary_lhs(b));
        int rhs = constant_fold(binary_rhs(b));

        value =
            eval_primitive( binary_operator(b),
                            lhs, rhs ) ;

        break ;
    default:
        fprintf( stderr,
                "Unimplemented %d\n",
                t ) ;
        exit( 1 ) ;
    }
}

```



```

    }
    return( value ) ;
}

int
eval_primitive( op, lhs, rhs )
char *op ;
int lhs, rhs ;
{
    if( strcmp( op, "+" ) == 0 )
        return( lhs+rhs ) ;
    if( strcmp( op, "-" ) == 0 )
        return( lhs-rhs ) ;
    if( strcmp( op, "*" ) == 0 )
        return( lhs*rhs ) ;
    if( strcmp( op, "/" ) == 0 )
        return( lhs/rhs ) ;

    fprintf( stderr, "Primitive %s unknown\n",
             op ) ;
    exit( 1 ) ;
}

```

Aspects Avancés

Tabulation

- Domaines *tabulés*
- Accès global aux objets d'un même type
- Le premier membre *doit* être une chaîne (unique par objet) :

```
tabulated user = name:string x id:int x  
                passwd x shell:string ;
```

- Permet une dissociation entre définition et référence
- Notion de *object-id* en programmation persistente
- Unicité des objets (**name** est une clé utilisée à la création des objets)

— Utilisation : déallocation, accès fichiers, ...

```
user pierre, francois, michel ;
```

```
list roots = CONS( USER, pierre,  
                  CONS( USER, francois,  
                        NIL )) ;
```

```
list admins = CONS( USER, michel,  
                   CONS( USER, pierre,  
                         NIL )) ;
```

```
group root = make_group( roots ) ;
```

```
group admin = make_group( admins ) ;
```

```
free_group( admin ) ;
```

```
--> CAR( group_elements( root )) ????
```

— Si **user** est tabulé, pas de libération automatique

- Chaque domaine tabulé *tab* définit *tab_domain*
- Manipulation globale d'objets tabulés en mémoire :

```
TABULATED_MAP( u, {  
    fprintf( stdout, "User %s\n",  
            user_name( u )) ;  
}, user_domain ) ;
```

- Libération explicite (même en CommonLISP) et IO :

```
FILE *db = fopen("user.database", "w");  
  
gen_write_tabulated( db, user_domain ) ;  
gen_free_tabulated( user_domain ) ;
```

- Remarque : Attention au problème de partage
- Remarque : Tabulation automatique dans une future version de NewGen

Aspects Avancés Importation

- Définition modulaire de spécifications NewGen
- Spécification multifichiers
- Complétude requise (mais voir *external*)

```
-- network.newgen

import workstation from
    "Include/workstation.newgen" ;
import gateway from
    "Include/gateway.newgen" ;

network = nodes:node* ;
node = workstation + gateway +
    repeater:node*;
```

- newgen donne l'ordre pour gen_read_spec

```
% newgen -C network.newgen \
    workstation.newgen gateway.newgen
GEN_READ_SPEC order:
workstation.spec
gateway.spec
network.spec
```

%

Aspects Avancés Externes

- Compatibilité ascendante ("dusty data")
- Utilisation de NewGen en présence de données non-NewGen
- Contrainte : Compatible avec `char *` en C et pointeur en CommonLISP

```
external punch ;
import laser from "printers.newgen" ;
import daisy from "printers.newgen" ;

output_device = laser + daisy + punch ;
```
- Routines de lecture, écriture, libération et copie à fournir par l'utilisateur
- `gen_init_external` à appeler avant toute utilisation.
- Définition de *DOMAIN* pour premier argument de `gen_init_external`

Retour sur l'exemple

```
— Tabulation des identificateurs
— Définition séparée de identifieur :
  -- File identifieur.newgen

  tabulated identifieur = name:string ;
— Forme ASCII compacte external
  -- File expression.newgen

  import identifieur from "identifieur.newgen" ;
  external compacted ;

  binary = operator:string x
           lhs:expression x rhs:expression ;
  binding = name:string x value:expression ;
  expression = constant:int + identifieur +
              compacted + binary + let ;
  let = bindings:binding* x expression ;
```


— Appel de newgen :

```
% newgen -C expression.newgen \  
    identifieur.newgen  
GEN_READ_SPEC order  
identifieur.spec  
expression.spec  
%
```

— Création des identificateurs :

```
| Identifieur {  
    $$ = make_expression(  
        is_expression_identifieur,  
        make_identifieur( $1 )) ;  
}
```

— Initialisation de `compacted` dans `main` :

```
void compacted_write( FILE *, compacted ) ;
compacted compacted_read( FILE *,
                          char (*)() ) ;
void compacted_free( compacted ) ;
compacted compacted_copy( compacted ) ;
```

```
main()
```

```
{
```

```
    gen_read_spec( "identif.ier.spec",
                  "expression.spec",
                  (char*) NULL ) ;
    gen_init_external( COMPACTED,
                      compacted_read,
                      compacted_write,
                      compacted_free,
                      compacted_copy ) ;
```

```
    yyparse() ;
```

```
    fprintf( stdout, "%d\n",
             constant_fold( Top ) ) ;
```

```
#ifdef DEBUG
```

```
    fprintf( stderr, "Bound Identifiers:\n");
```

```

TABULATED_MAP( i, {
    fprintf( stderr, "%s,",
             identifier_name( i )) ;
}, identifier_domain ) ;
#endif

free_expression( Top ) ;
gen_free_tabulated(identifier_domain);
}

```

— Support pour externes

```

void compacted_write( fd, c )
FILE *fd ;
compacted c ;
{
    int val = *(int *)(char *)c ;

    fprintf( fd, "%d",
             (int)log2( (double)val )) ;
}

```

```

compacted
compacted_read( fd, read )
FILE *fd ;
char (*read)() ;
{

```

```

    int *c = (int *)malloc( sizeof( int ) ) ;

    fscanf( fd, "%d", c ) ;
    return( (compacted)(char *)c ) ;
}

void
compacted_free( c )
compacted c ;
{
    free( c ) ;
}

compacted
compacted_copy( c )
compacted c ;
{
    int *cc = (int *)malloc( sizeof( int ) );

    *cc = *c ;
    return( (compacted)(char *)cc ) ;
}

```

NewGen et CommonLISP

- Intérêt : Facilité de prototypage, développement, spécifications
- Permettre le développement “souple” : LISP fonctionnel, LISP impératif, C
- Intéropérabilité C/LISP limitée en général (*foreign function interface*)
- NewGen : pont entre deux mondes
- CommonLISP : *de facto* standard, plus norme ANSI en préparation
- Similitude de programmation (listes), mais GC
- Compatibilité “fichiers” ou pipes

Changements

— Type NewGen : `defstruct`

— Adaptation à la syntaxe CommonLISP :

```
(setf pierre
      (make-user
        :name "jouvelot"
        :id 110
        :passwd passwd-undefined
        :shell "/usr/local/bin/ksh"))
```

— Modification via `setf` :

```
(setf (user-id pierre) 120)
```

— Le `switch` de C est défini comme une macro :

```
(gen-switch (expression-tag e)
            (is-expression-constant
              (expression-constant e))
            (:default
              (error "~%Incorrect tag"))))
```

— `gen-switch` peut aussi créer des liaisons :

```
(gen-switch (expression-tag e)
            ((is-expression-constant c) c)
            (:default
              (error "~%Incorrect tag"))))
```

- Pas de libération explicite (sauf pour domaines tabulés)
- Visibilité des fonctions de manipulation via `use-package`

Evaluateur pour SIMPLE

— Création des fichiers Lisp :

```
% newgen -lisp expression.newgen \  
  identifieur.newgen  
REQUIRE order:  
identifieur.cl  
expression.cl  
% ls  
expression.cl    expression.spec  
identifieur.cl  identifieur.spec  
%
```

— `require` pour chargement des fichiers

— Pas d'arguments à `gen-read-spec` : auto-initialisation des fichiers CommonLISP

Top Level

```
(require "genLisplib")      ; Newgen basic
                             ; Lisp library
(require "identifier")      ; Newgen-generated
                             ; header files
(require "expression")

(use-package '(:newgen
              :identifier
              :expression))

(defun test (&optional (file *standard-input*))
  "FILE contains the parser output."
  (gen-read-spec)
  (let ((*standard-input* (open file)))
    (eval-expression (read-expression) '())))
```

Boucle d'évaluation

```
(defun eval-expression (e env)
  (gen-switch e
    ((is-expression-constant c) c)
    ((is-expression-identifiant i)
     (eval-identifiant i env))
    ((is-expression-binary b)
     (eval-binary b env))
    ((is-expression-let l)
     (eval-let l env))))

(defun eval-identifiant (i env)
  (let ((var-val (assoc (identifiant-name i) env
                        :test #'string-equal)))
    (if (null var-val)
        (error "~%Unbound identifier ~S"
                (identifiant-name i))
        (cdr var-val))))

(defparameter operators
  '(("add" . ,\#'+)
    ("sub" . ,\#'-))
```

```

    (,"times" . ,\#'*)
    (,"cons" . ,\#'cons)
    (,"eq" . ,\#'eq)))

(defun eval-binary (b env)
  (let ((op (assoc (binary-operator b)
                   operators
                   :test #'string-equal)))
    (if (null op)
        (error "~\%Incorrect op code ~S"
                (binary-operator b))
        (funcall
         (cdr op)
         (eval-expression (binary-lhs b)
                          env)
         (eval-expression (binary-rhs b)
                          env))))))

(defun eval-let (l env)
  (let ((new-env
        (mapcar
         #'(lambda (b)
              '(,(binding-name b) .
                ,(eval-expression
                   (binding-value b)
                   env)))
         l)))
    (eval-expression (binary-lhs b)
                     new-env)))

```

```
env)))  
  (let-bindings l)))  
(eval-expression (let-expression l)  
  (append new-env env)))
```

Aspects avancés

Exemples

— `gen-recurse` : Couplage appels récursifs et dispatch :

```
(defun eval-expression (e env)
  (gen-recurse e
    ((expression tag) tag)
    (identifiant
      (cdr (assoc
              (identifiant-name i)
              env
              :test #'string-equal)))
    ((binary lhs rhs)
      (funcall
        (cdr (assoc
              (binary-operator b)
              operators
              :test #'string-equal))
          lhs rhs))))
```

— Opérations implicitement itérées (sur listes)
— Utilisation des domaines tabulés :

```
(defun gensym ()
  "Generate a brand new identifier."
  (do ((i 0 (+ i 1)))
      ((gen-find-tabulated
        (format nil "gensym-~D" i)
        identifier-domain)
       (make-identifier
        :name (format nil "gensym-~D"
                       i))))))
```

Aspects de l'implémentation

- Outil “léger” :
 - 6 klignes de C, Yacc, Lex et Korn shell
 - 800 lignes de CommonLISP
- Compilateur :
 - token.l** Lexèmes du langage NewGen
 - gram.y** Syntaxe du langage NewGen
 - build.c** Compilation en fichier spec, création dynamique des descripteurs de domaines
 - genC.c, genLisp.c** Génération de code C et Lisp
 - newgen** Commande shell
- Run time C/Lisp :
 - genClib.c, genLisplib.cl** Bibliothèque runtime C et Lisp
 - list.c** Support de listes en C
 - set.c, set.cl** Support d'ensembles en C et Lisp
 - hash.c** Package de hash-coding dynamique (interne et externe – set) par *open coding*

read.l,read.y Parser C de structures de données NewGen(utilisation de macros en Lisp)

- Structure mémoire taggée, avec inlining
- Vérification dynamique de types (**gen_debug**)
- Parcours générique parallèle descripteurs/structures : gestion de partage, écriture, copie, libération
- Un mot supplémentaire pour objets tabulés
- Ecriture compacte sur disque (mais pas binaire)

PIPS : Un exemple “vraie grandeur”

- PIPS : Paralléliseur Interprocédural de Programmes Scientifiques
- Transformation DO en DOALL (Fortran77)
- Projet de recherche : structure modulaire en phases (50 klignes)
- Prise en compte complète de Fortran :

-- Entities

```
tabulated entity = name:string x type x  
                  value x storage ;
```

-- Expressions

```
expression = reference + range + call ;  
reference = variable:entity x  
           indices:expression* ;  
range = lower:expression x  
        upper:expression x  
        increment:expression ;  
call = function:entity x
```

```
arguments:expression* ;
```

```
-- Statements
```

```
statement = label:entity x  
           number:int x  
           comments:string x  
           instruction ;
```

```
instruction = block:statement* + test +  
             loop + call + unstructured ;
```

```
test = condition:expression x  
      true:statement x  
      false:statement ;
```

```
loop = index:entity x  
      range x  
      body:statement x  
      label:entity ;
```

```
unstructured = control x exit:control ;
```

```
control = statement x  
         predecessors:control* x  
         successors:control* ;
```

- Gestion de la persistance par `pipsdbm`
- Prototypes du linker incrémental, `prettyprinter`

et détection des réductions en CommonLISP

Autres systèmes

- IDL
 - Outil logiciel (North-Carolina U., développé chez Tartan)
 - Génération de structures de données (C, Pascal)
 - Description des phases (*processes*) et des interconnexions
 - GC
 - Forme limitée de sous-typage
 - Assertions (définition d'un langage complet d'assertions)
 - Format binaire
 - Conclusion : industriel, moins abstrait, plus lourd
- OODB (O2, ORION, VBASE, Exodus, Postgres)
 - Extension des modèles orienté-objet aux DB (limitation du modèle relationnel)
 - Manipulation et langage de requêtes intégrés dans un langage classique (CO2, Common-LISP, C, C++)

- Orienté accès interactif (SQL)
- Conclusion : plus puissant que NewGen, accès coûteux (persistance implicite)

- OOL (C++, CLOS, Smalltalk, Trellis)
 - Dépendent d'un langage, pas *upward* compatible (sauf C++)
 - Plus puissant que NewGen : héritage, redéfinition
 - Performances ?
 - Pas de persistance
- Langages Persistants
 - Nécessite des modifications de compilateurs (Pascal/P, PS-algol)
 - Pas de standard dans les primitives
- RPC, XDR
 - Bas niveau (orienté transferts de données)
 - Pas de gestion de sharing ou de cycle

Conclusion

- NewGen : outil de génie logiciel (Ecole des Mines de Paris)
- Abstraction fonctionnelle, Multi-langages (C, CommonLISP), Compatibilité
- Prototype “Public Domain” distribué par ftp anonyme (Mines, Bull, NASA, Boeing, ...)
- Applications : PIPS, PMACS (Bull)
- Futur : extensions aux fonctions (tabulation automatique) :
`typing = expression -> type ;`