Compilation M1

Félix Jamet, Mica Ménard

Avril 2018

Contents

1 Types des grammaires

0 grammaires de type C
1 grammaires contextuelles (CS) $\gamma \to \beta$ avec $\|\gamma\| \leq \|\beta\|$
2 grammaires non contextuelles (CF) $A \to B$ avec $A \in V_N, B \in V^+$
3 grammaires régulières

$$\begin{cases} A \to aB \\ A \to a \end{cases} \quad \text{ou} \quad \begin{cases} A \to Ba \\ A \to a \end{cases}$$

Le langage L généré par une grammaire G est tel que:

$$L(G) = \{x \in V_T^* / S \stackrel{*}{\Rightarrow} x\}$$

S étant ici le symbole de départ de la grammaire G (*start symbol*).

l'intersection de deux langages de type x n'est pas forcément de type x.

2 Grammaires LL(k)

k est une mesure de l'ambiguité. Représente le nombre de caractères qu'il est nécessaire de regarder pour déterminer quelle règle utiliser. Bien entendu, les règles LL(1) sont préférables.

2.1 First(N)

- Si $N \to A \ldots$ alors $First(N) = First(A)$
- Si $N \to c \ldots$ alors $First(N) = \{c\}$
- Si $N \to A.B \ldots$ et si $A \stackrel{*}{\Rightarrow} \epsilon$ alors $First(N) = First(B)$

Avec "$\overset{*}{\Rightarrow}$" signifiant "se derive en".

Il ne s'agit pas d'appliquer une règle a chaque fois, mais plutot d'appliquer toutes les règles possibles.

2.2 Follow(N)

- Si $A \to \dots Nc \dots$ alors $Follow(N) = \{c\}$
- Si $A \to \dots NB \dots$ alors $Follow(N) = First(B)$
- Si $A \to N \dots$ alors $Follow(N) = Follow(A)$

Concernant la dernière règle, hippolyte a noté: - Si $A \to \dots N$ alors $Follow(N) = Follow(A)$

À déterminer.

2.3 Grammaire LL(1)

- si $A \to \alpha_1/\alpha_2/\dots/\alpha_n$ alors

  $$First(\alpha_i) \cap First(\alpha_j) = \varnothing, \forall i \neq j$$

- si $A \Rightarrow \epsilon$ on doit avoir

  $$First(A) \cap Follow(A) = \varnothing$$

Si une règle ne possède qu'une dérivation, la règle 1 ne s'applique pas. Si une règle ne possède pas de suivant, la règle 2 ne s'applique pas.

3 Projet compilo

3.1 Définitions

GPL Grammaire Petit Langage
Scanner analyseur lexical, découpe du texte en unités syntaxiquement correctes (tokens)
Parseur analyse syntaxique, s'assure que les tokens sont syntaxiquement corrects

3.2 Schémas

3.3 Processus divers

3.3.1 Scan G_0

Scanne les

- élements terminaux
- élements non-terminaux

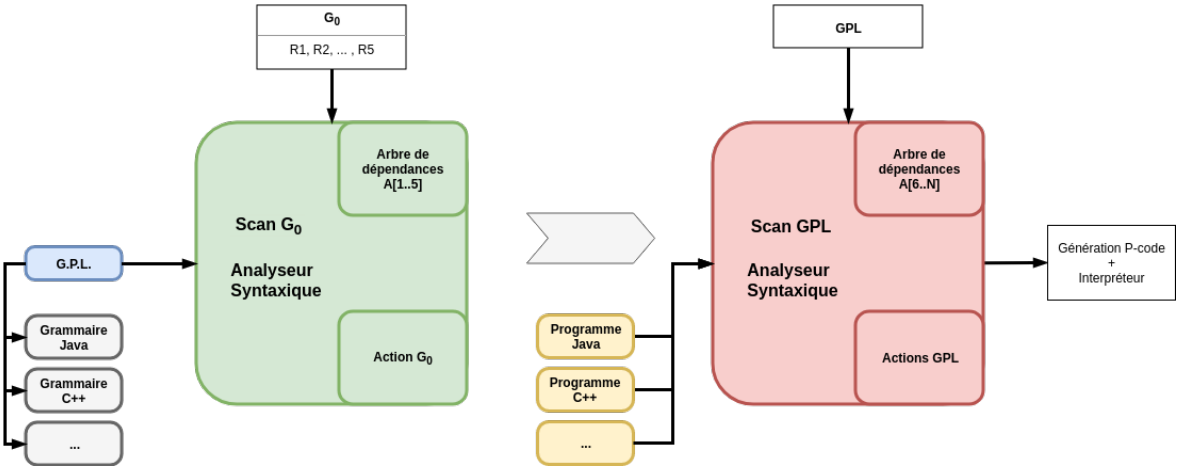


Figure 1: Projet Compilo

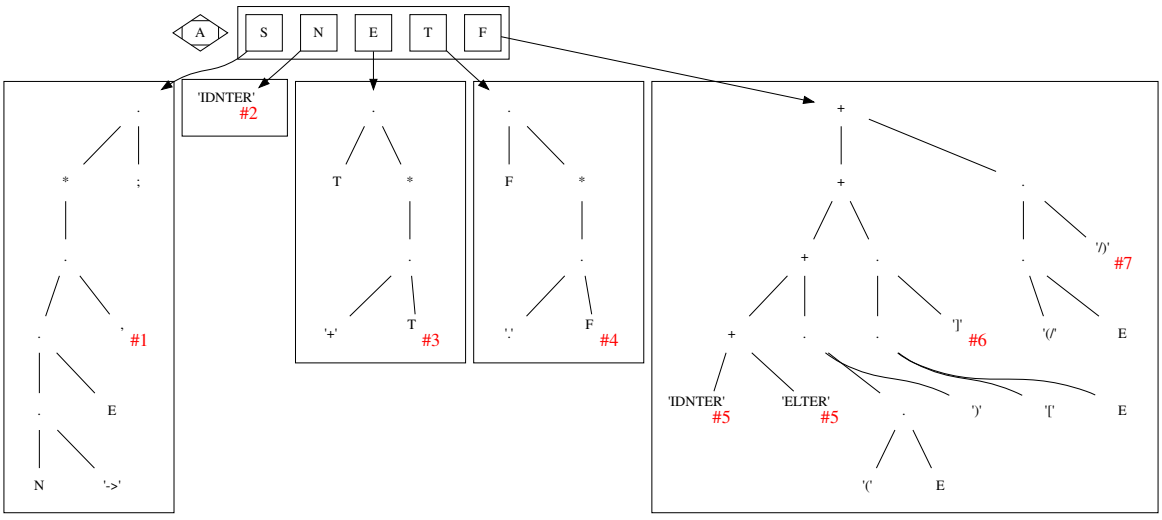


Figure 2: Arbres de dépendances G_0

3.3.2 Scan GPL

Scanne les

- identificateurs
- nombres entiers
- symboles (>, #, [, etc.)

3.3.3 Action G_0

Construit l'arbre GPL

3.4 Construction de la grammaire G_0

3.4.1 Notation B.N.F.

- ::= $\Longleftrightarrow \rightarrow$
- $[X] \iff X.X.X...X$(n fois), $n \geq 0$
- $(/X/) \iff X$ ou Vide
- $/ \iff +$
- $concat \iff .$
- 'X' correspond à un élément terminal

3.4.2 Règle 1

$S \rightarrow [N.' \rightarrow '.E.',].';',$

Une grammaire est forcément composée de plusieurs règles, séparées par des ', ' et terminée par un '; '.

3.4.3 Règle 2

$N \rightarrow 'IDNTER',$

'$IDNTER$' signifie identificateur non terminal.

3.4.4 Règle 3

$E \rightarrow T.[' + '.T],$

E est une expression qui peut être un terme ou un autre.

3.4.5 Règle 4

$T \rightarrow F.['.'.F],$

Un terme T peut être composé d'un seul facteur F ou de facteurs concaténés.

3.4.6 Règle 5

$F \rightarrow 'IDNTER' + 'ELTER' + '('.E.')' + '['.E.']' + '(/'.E.'/)', ;$

3.5 Structure de données

Syntaxe maison...

```
Type Atomtype = (Terminal, Non-Terminal);
     Operation = (Conc, Union, Star, UN, Atom); ##Atom = {IDNTER, ELTER}
PTR = ↑Node

Node = Enregistrement
       case operation of
       Conc: (left, right : PTR);
       Union: (left, right : PTR);
       Star: (stare: PTR);
       UN: (UNE : PTR);
       ATOM: (COD, Act : int ; AType: Atomtype);
       EndEnregistrement

A: Array [1..5] of PTR;
```

3.6 Construction des 5 Arbres

3.6.1 Fonctions Gen*

```
Fonction GenConc(P1, P2 : PTR) : PTR;
  var P : PTR;
debut
  New(P, conc);
  P↑.left := P1;
  P↑.right := P2;
  P↑.class := conc;
  GenConc := P;
fin

Fonction GenUnion(P1, P2 : PTR) : PTR;
  var P : PTR;
  début
    New(P, union);
    P↑.left := P1;
    P↑.right := P2;
    P↑.class := union;
    GenUnion := P;
  fin

Fonction GenStar(P1 : PTR) : PTR; ##0 ou n fois
  var P:PTR;
  début
    New(P, star);
    P↑.stare := P1;
    P↑.class := star;
    GenStar := P;
  fin
```

```
Fonction GenUn(P1 : PTR) : PTR; ##0 ou une fois
  var P:PTR;
  début
    New(P, un);
    P↑.une := P1;
    P↑.class := un;
    GenUn := P;
  fin

Fonction GenAtom(COD, Act : int, AType : Atomtype) : PTR
  var P:PTR;
  début
    New(P, atom);
    P↑.COD := COD;
    P↑.Act := Act;
    P↑.AType := AType;
    GenAtom := P;
  fin
```

3.6.2 Arbres

1. S

```
A[S] :=
  GenConc(
    GenStar(
      GenConc(
        GenConc(
          GenConc(GenAtom('N', 0, NonTerminal),
          GenAtom('->', 0, Terminal)
        ),
        GenAtom('E', 0, NonTerminal)
      ),
      GenAtom(',', 1, Terminal)
    ),
    GenAtom(';', 0, Terminal)
  );
```

2. N

```
##Ajouts de ma part, je ne suis pas sûr des résultats :

A[N] := GenAtom('IDNTER', 2, Terminal);
```

3. E

```
A[E] := GenConc(
          GenAtom('T', 0, NonTerminal),
          GenStar(
            GenConc(
              GenAtom('+', 0, Terminal),
              GenAtom('T', 3, Terminal)
              )
```

```
            )
        )
```

4. T

```
A[T] := GenConc(
          GenAtom('F', 0, NonTerminal),
          GenStar(
            GenConc(
              GenAtom('.', 0, Terminal),
              GenAtom('F', 4, Terminal)
              )
            )
        )
```

5. F

```
A[F] := GenUnion(
          GenUnion(
            GenUnion(
              GenUnion(
                GenAtom('IDNTER', 5, Terminal),
                GenAtom('ELTER', 5, Terminal)
                ),
              GenConc(
                GenConc(
                  GenAtom('(', 0, Terminal),
                  GenAtom('E', 0, NonTerminal)
                  ),
                GenAtom(')', 0, Terminal)
                )
              ),
            GenConc(
              GenConc(
                GenAtom('[', 0, Terminal),
                GenAtom('E', 0, NonTerminal)
                ),
              GenAtom(']', 6, Terminal)
              )
            ),
          GenConc(
            GenConc(
              GenAtom('(/', 0, Terminal),
              GenAtom('E', 0, NonTerminal)
              ),
            GenAtom('/)', 7, Terminal)
            )
        )
```

3.7 Scan G_0

```
fonction Analyse(P : PTR) : booléen
```

```
  début
    case P↑.class of
      Conc: if Analyse(P↑.left) then Analyse := true
                                else Analyse := Analyse(P↑.right);
      Union: if Analyse(P↑.left) then Analyse := true
                                else Analyse := Analyse(P↑.right);
      Star: Analyse := true;
            while Analyse(P↑.stare) do;
      Un: Analyse := true;
            if Analyse(P↑.une) then;
      Atom: case P↑.Atype of
              Terminal: if P↑.cod = code then #cod = code ASCII
                              début
                                Analyse := true;
                                if P↑.act != 0 then G0-action(P↑.act)
                                scanG0;
                              fin
                        else Analyse := false;
              Non-Terminal: if Analyse(A[P↑.cod]) then
                              début
                                if P↑.act != 0 then G0-action(P↑.act);
                                Analyse := true;
                              fin
                            else Analyse := false;
  fin

Main() #vérifie si une grammaire est correcte
{
  scan;
  if Analyse(A[s]) then write('OK');
}
```

3.8 Action G_0

De quoi a-t-on besoin ?

- Deux dictionnaires : *DicoT*, *DicoNT*
- Tableau *pile*[*I*] : Tableau de pointeurs

Remarque : les nombres du case correspondent aux actions associées aux numéros inscrits dans les arbres.

```
Procédure Action G0(Act : int);
  var T1, T2 : PTR;
  début
    case Act of
    1: Dépiler(T1);
       Dépiler(T2);
       A[T2↑.cod + 5] := T1; ##Arbres GPL commencent à 6
    2: Empiler(GenAtom(Recherche(DicoT), Action, CAType)) ##donne la
      ##partie gauche d'une règle
      ##Recherche() stocke le token si non stocké dans dico
```

```
   3: Dépiler(T1);
      Dépiler(T2);
      Empiler(GenUnion(T2,T1))
   4: Dépiler(T1);
      Dépiler(T2);
      Empiler(GenConc(T2,T1))
   5: if CAType = Terminal then
       Empiler(GenAtom(Recherche(DicoT), Action, Terminal))
      else
       Empiler(GenAtom(Recherche(DicoNT), Action, Terminal))
   6: Dépiler(T1);
      Empiler(GenStar(T1));
   7: Dépiler(T1);
      Empiler(GenUn(T1));

Pile : Array[1..50] : PTR;
DicoT, DicoNT: Dico;
Dico : Array[1..50] : String[10];
```

3.9 Exemple

GPL : $S_0 \rightarrow [\prime a\prime].\prime b\prime,$; Regex : $a^n b$

3.9.1 Pile

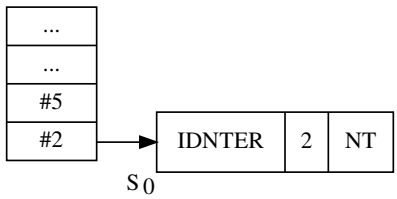


Figure 3: Pile

3.9.2 Dictionnaires

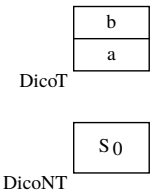


Figure 4: Dictionnaires

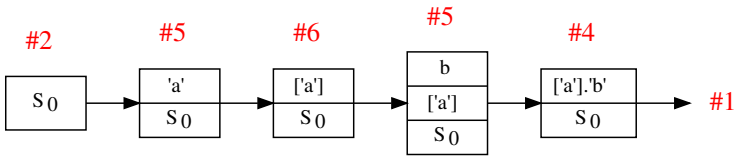


Figure 5: Compilation

3.9.3 Compilation

3.9.4 Arbre GPL

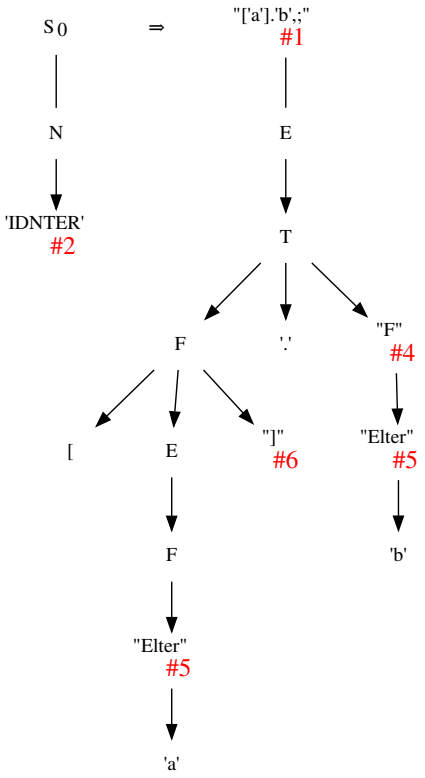


Figure 6: Arbre GPL

4 Tables S.R.

4.1 Algorithme Table Analyse L.R.

Shift Empiler le caractère; scan;
Reduce Remplacer la partie droite au sommet de la pile par la partie gauche ($A \rightarrow a$)

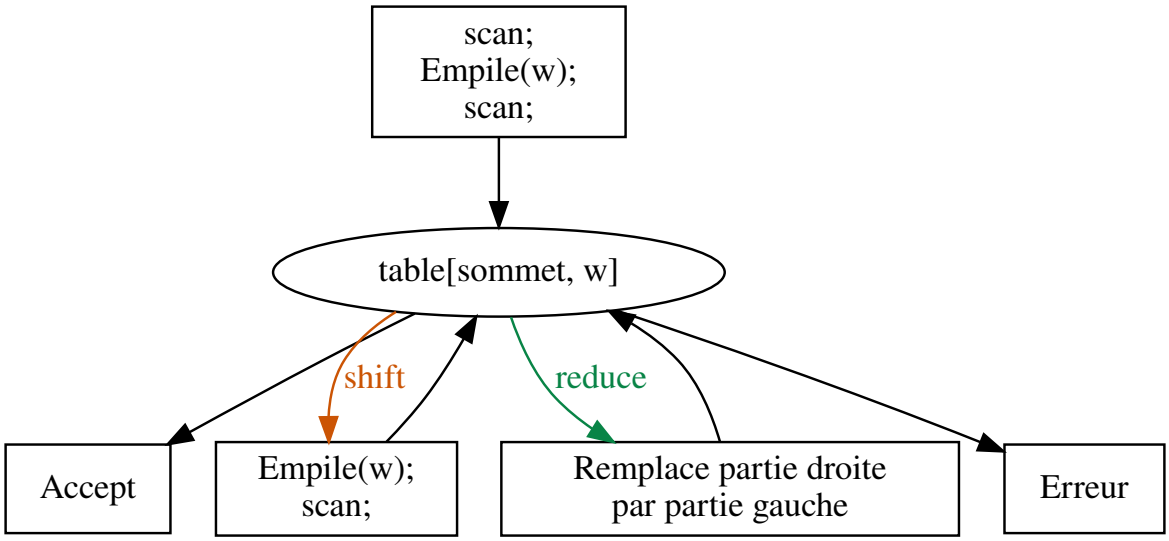


Figure 7: Algorithme Table Analyse L.R.

4.2 Astuces de construction de la table SR

- Commencer par remplir l'accept (en regardant la première règle) et les erreurs.
- On reduce quand une poignée apparaît dans la pile.
- Si un mot n'est pas en fin de règle, sa ligne ne comprendra pas de reduce.

4.3 Génération automatique de la table SR

4.3.1 Opérateurs $\doteq$, $\gtrdot$, et $\lessdot$

- $X \doteq Y$ si

  $A \to \dots X.Y \dots \in \mathcal{P}$

- $X \lessdot Y$ si

  $A \to \dots X.Q \dots \in \mathcal{P}$

  et $Q \overset{*}{\Rightarrow} Y$

- $X \gtrdot Y$ si

  $A \doteq Y$

  et $A \overset{*}{\Rightarrow} X$

On peut remplir le tableau SR à partir des relations $\doteq$, $\gtrdot$ et $\lessdot$:

- (ligne $\doteq$ colonne) et (ligne $\lessdot$ colonne) se traduisent en (ligne Shift colonne)
- (ligne $\gtrdot$ colonne) se traduit en (ligne Reduce colonne)

4.4 Exemple de génération de table S.R.

4.4.1 GPL

$S \to E\$$

$E \to E + a$

$E \to a$

Type 2 car deux terminaux (‘+’ et ‘a’)

4.4.2 Fenêtre

$a + a + a + a\$$

4.4.3 Questions

1. Poignées ?
2. Configuration de la pile
3. Table S.R.

4.4.4 Dérivation

$$a + a + a + a\$ \to E + a + a + a\$ \to E + a + a\$ \to E + a\$ \to E\$ \to S$$

4.4.5 Arbre et poignées

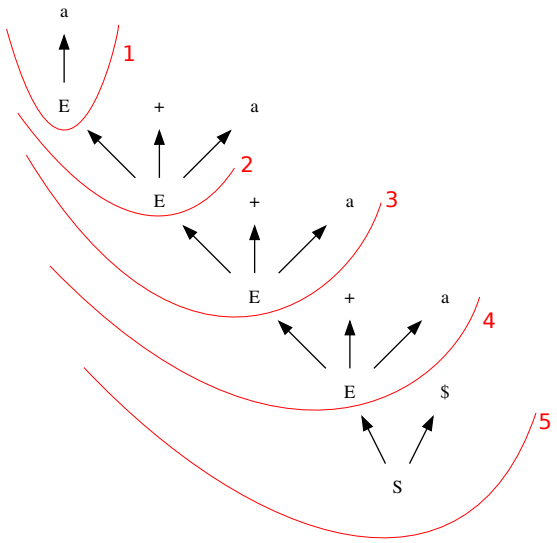


Figure 8: Arbre et poignées

5 Génération de code

5.1 Mnémoniques associés à un accumulateur

```
Load A
STO A
ADD A
SUB A
```

5.1.1 Exemples

$y := a + b * c$

```
Load b
MULT c
ADD a
STO y
```

$a := (a + b) * c$

```
Load a
ADD b
MULT c
STO a
```

$a := c/(a + b)$

```
Load a
ADD b
STO d
Load c
DIV d
```

5.2 Automatisation du processus

Utilisation de la notation post-fixée.

$c/(a + b) \rightarrow cab + /$

5.2.1 Exemple

$(a + b)/(c + d)$

Notation post-fixée : $ab + cd + /$

```
Load c
ADD d
STO x
Load a
ADD b
DIV x
```

5.3 Génération de code avec plusieurs registres

5.3.1 Opérations

$$Mov \begin{Bmatrix} R \\ A \end{Bmatrix}, \begin{Bmatrix} R \\ A \end{Bmatrix}$$

avec R : registres et A : addresses. La première partie est la source et la deuxième la destination.

`Mov A, R` : prendre le contenu de A et le mettre dans R.

$$Op \begin{Bmatrix} R \\ A \end{Bmatrix}, R$$

Exemples :

`ADD R1, R2`

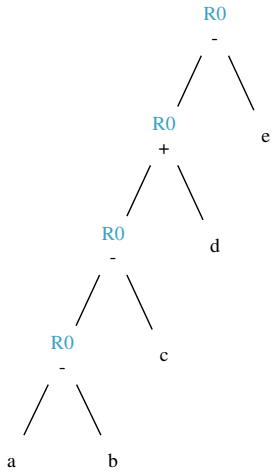
$\Leftrightarrow R2 \leftarrow R2 + R1$

`DIV b, R1`

$\Leftrightarrow R1 \leftarrow R1/b$

5.3.2 Combien a-t-on besoin de registres ?

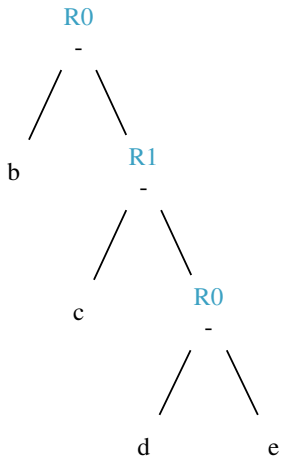
$$[((a-b)-c)+d]-e \rightarrow ab-c-d+e-$$



```
MOV a, R0
SUB b, R0
SUB c, R0
ADD d, R0
SUB e, R0
```

On a donc besoin d'un seul registre.

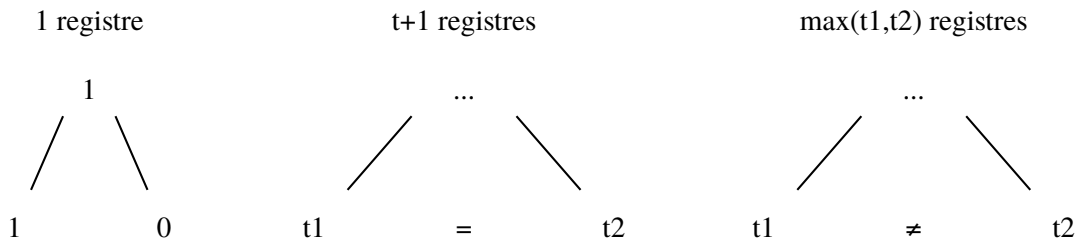
$$b - (c - (d - e)) \rightarrow bcde - --$$




```
MOV d, R0
SUB e, R0
MOV c, R1
SUB R0, R1
MOV b, R0
SUB R1, R0
```

On a besoin de deux registres.

5.3.3 Règles générales



5.4 P-code

5.4.1 Opérations

Trois instances de chargement

```
LDA@ #address
LDV@ #value in add
LDC #constant
```

Quatre instances de saut

```
JMP #while
JIF #jump if false
JSR #jump if subroutine
RSR #return from subroutine
```

Opérateurs

```
ADD # +
Moins # -
DIV # /
Mult # *
NEG # (- unaire)
INC
DEC
```

Opérateurs relationels

```
SUP # >
SUPE # >=
INF # <
INFE # <=
EG # =
DIFF # !=
```

Instances Els(?)

```
RD
RDLN # avec retour chariot
WRT
WRTLN
```

Opérateurs logiques

```
AND
OR
NOT
```

Affectation

```
AFF
```

Instances d'arrêt

```
STOP
INDA #Tableau -> adresse
INDV #Tableau -> valeur
```

5.4.2 Exemples

```
Programme Sommej #somme des entiers de i à n
  var I, S, N :int;
  début
    Read(N);
    S := 0;
    I := 1;
    while I <= N do
      début
        S := S + I;
        I := I + 1;
      fin
    writeln(S);
  fin
```

Instruction	N°	Opération	V/A
Read(N)	1	LDA	3
	3	RD	
	4	AFF	
S := 0	5	LDA	2
	7	LDC	0
	9	AFF	
I := 1	10	LDA	1
	12	LDC	1
	14	AFF	
while I <= N do	15	LDA	1
	17	LDA	3
	19	INFE	
	20	JIF	39
S := S + I	22	LDA	2
	24	LDV	2
	26	LDV	1
	28	ADD	
	29	AFF	
I := I + 1	30	LDA	1
	32	LDV	1
	34	INC	
	35	ADD	
	36	AFF	
fin	37	JMP	15
writeln(S)	39	LDV	2
	41	WRTLN	
fin	42	STOP	

5.4.3 Procédures *Exec* et *Interpréter*

```
Procédure Exec
  while P-code[c0] != STOP do Interpréter(P-code[c0])
```

```
Procédure Interpréter(x:int)
  début
    case x of
      LDA:
        spx := spx + 1;
        Pilex[spx] := P-code[c0 + 1];
        c0 := c0 + 2;
      #le reste est spéculatif...
      LDV:
        spx := spx + 1;
        Pilex[spx] := Pilex[P-code[c0 + 1]];
        c0 := c0 + 2;
      JMP:
        c0 := c0 + 1;
      RD:
        spx := spx + 1;
        Pilex[spx] := Pilex[P-code[c0 - 1]];
      WRTLN:
        Pilex[spx]; # ou Pilex[P-code[c0 - 1]];
      AFF:
        Pilex[spx - 2] := Pilex[spx - 1]
      ...
  fin
```