IUT - Département Informatique

*Théorie des langages – 2013-2014*

**Langages algébriques**

# MATHS S4 - TDL

## 1 BNF

Backus-Naur Form, inventée pour les besoins du groupe de travail ALGOL (1960).

### 1.1 La BNF ... en BNF

```
1  syntax      ::=  { rule }
2  rule        ::=  identifier  "::="  expression
3  expression  ::=  term { "|" term }
4  term        ::=  factor { factor }
5  factor      ::=  identifier |
6                   quoted_symbol |
7                   "("  expression  ")" |
8                   "["  expression  "]" |
9                   "{"  expression  "}"
10 identifier  ::=  letter { letter | digit }
11 quoted_symbol ::= """ { any_character } """
```

### 1.2 Exercices

**Le langage PL/0** de N. Wirth est décrit par une grammaire de type E-BNF (extended BNF). Ecrivez quelques programmes dans ce langage.

```
1  program = block "." .
2
3  block =
4      ["const" ident "=" number {"," ident "=" number} ";"]
5      ["var" ident {"," ident} ";"]
6      {"procedure" ident ";" block ";"} statement .
7
8  statement =
9      ident ":=" expression
10     | "call" ident
11     | "begin" statement ";" {statement ";"} "end"
12     | "if" condition "then" statement
13     | "while" condition "do" statement .
14
15 condition =
16     "odd" expression
17     | expression ("="|"#"|"<"|"<="|">"|">=") expression .
18
19 expression = ["+"|"-"] term {("+"|"-") term} .
20
21 term = factor {("*"|"/") factor} .
22
```

```
23 | factor =
24 |     ident
25 |     | number
26 |     | "(" expression ")" .
```

**Exercice.** Voici des exemples de déclarations de type en langage Pascal. Fournissez une grammaire qui couvre au moins les exemples :

```
type chaine = array [1 .. 30] of char;
type date = record
               jour : 1..31;
               mois : 1..12;
               annee : integer
            end;
type personne = record
                  nom, prenom : chaine;
                  naissance   : date
                end;
```

**Exercice.** Voici un programme écrit dans un langage jouet

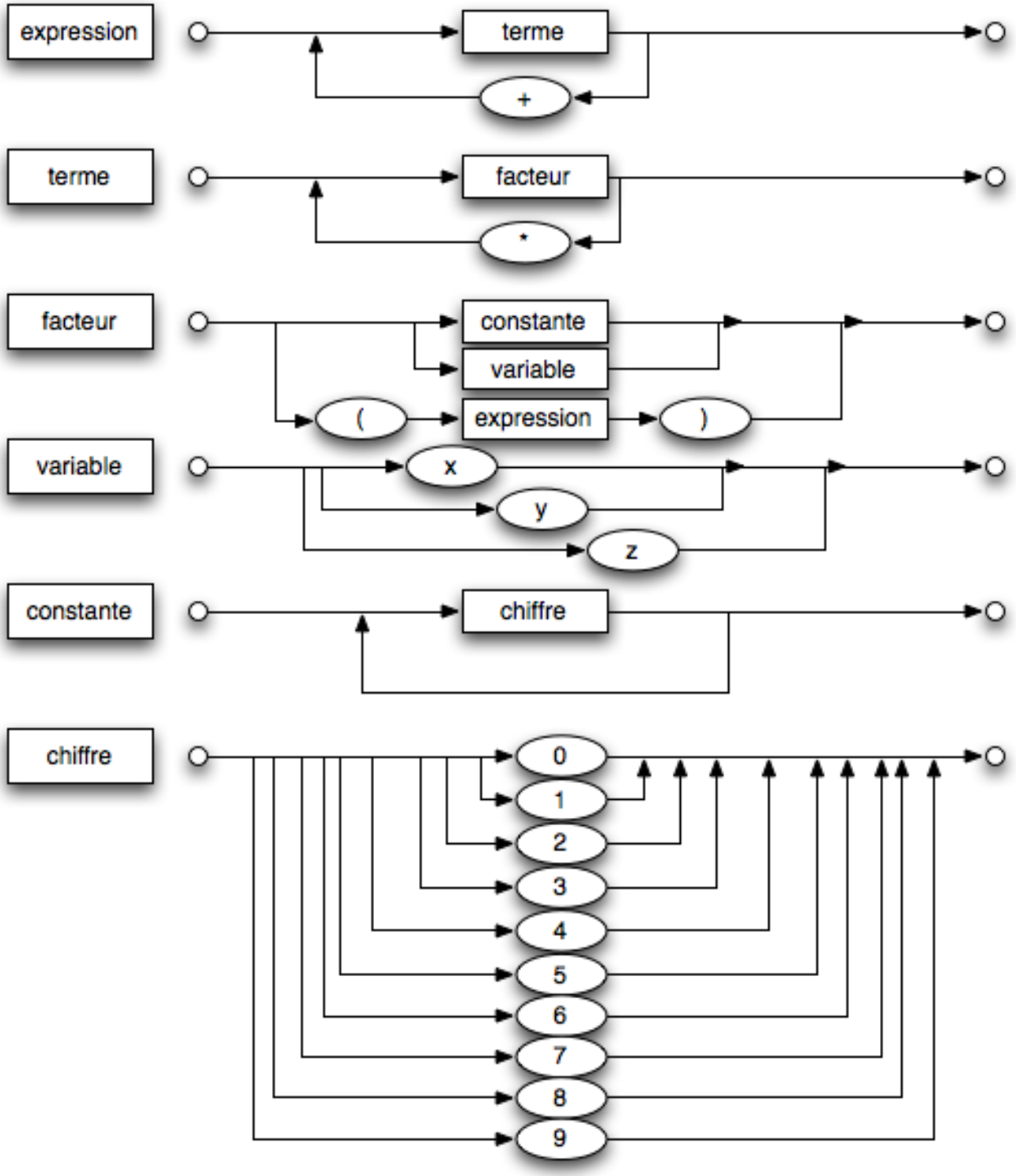
```
function fac(n)
  local r = 1, i
  for i = 1 to n do
    let r = r * i
  endfor
  return r
endfunction

let encore = 1
while encore == 1 do
  print "valeur de n ? "
  read n
  if n < 0
  then
     print "n est négatif"
     let encore = 0
  else
     let r = fac(n)
     print "factorielle ", n, " = ", r
  endif
endwhile
```

Fournir une description du langage en BNF étendue.

## 2 Diagrammes syntaxiques

Exemple : les expressions arithmétiques.
`http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagrammes_Syntaxiques.png`




**Exercice.** Convertir la description de PL :0 en diagrammes syntaxiques.

## 3 Descente récursive, un exemple

Le programme ci-dessous analyse une expression arithmétique, et en fournit une paraphrase.

```
1  // à compiler avec  C++ version 11
2  //       g++ -std=c++11 lecture-expr.cxx -o lecture-expr
3
4  #include <iostream>
5  using namespace std;
6
7  // ---------------------------------------
8
9  enum TypeLexeme {
10     OUVRANTE, FERMANTE,          PLUS, MOINS, ETOILE, BARRE,
11     NOMBRE, IDENTIFICATEUR,      FIN, ERREUR
12 };
13
14 // ---------------------------------------
15
16 class AnalyseurLexical {
17 private:
18     string m_chaine;
19     uint   m_longueur, m_position;
20     TypeLexeme m_typeLexeme;
21     string m_lexeme;
22
23 public:
24
25     AnalyseurLexical(const string & chaine) :
26         m_chaine(chaine),
27         m_longueur(chaine.size()),
28         m_position(0)
29     {
30         avancer();
31     }
32
33     void avancer()
34     {
35         m_lexeme = "";
36         while ((m_position < m_longueur) &&
37                 isspace(m_chaine[m_position])) {
38             m_position++;
39         }
40         if (m_position == m_longueur) {
41             m_typeLexeme = FIN;
42             return;
43         }
44         char premier = m_chaine[m_position++];
45         m_lexeme = premier;
46         // nombres
47         if (isdigit(premier)) {
48             m_typeLexeme = NOMBRE;
49             while ((m_position < m_longueur) &&
50                     isdigit(m_chaine[m_position])) {
51                 m_lexeme += m_chaine[m_position++];
52             }
53             return;
54         }
55         // identificateurs
```

```
56          if (isalpha(premier)) {
57              m_typeLexeme = IDENTIFICATEUR;
58              while ((m_position < m_longueur) &&
59                      isalnum(m_chaine[m_position])) {
60                  m_lexeme += m_chaine[m_position++];
61              }
62              return;
63          }
64          // symboles
65          m_typeLexeme
66          = premier == '(' ? OUVRANTE
67            : premier ==  ')' ? FERMANTE
68            : premier == '+' ? PLUS
69            : premier == '-' ? MOINS
70            : premier == '*' ? ETOILE
71            : premier == '/' ? BARRE
72            : ERREUR;
73      }
74
75      TypeLexeme typeLexeme(void) const
76      {
77          return m_typeLexeme;
78      }
79      string lexeme(void) const
80      {
81          return m_lexeme;
82      }
83  };
84
85  void test_analyse_lexicale(const string & s)
86  {
87      cout << "-- test analyse lexicale" << endl;
88      cout << "chaine : " << s << endl;
89      AnalyseurLexical lex(s);
90      while (lex.typeLexeme() != FIN) {
91          cout << "- " << lex.typeLexeme()
92               << " " << lex.lexeme() << endl;
93          lex.avancer();
94      };
95  }
96
97  // ------------------------------------------------------
98
99  class Expression {
100 public:
101     virtual ~Expression()   {} ;
102     virtual void afficher() const = 0;
103 };
104
105 class ExpressionBinaire
106     : public Expression
107 {
108     string m_nom;
109     const Expression * m_gauche, *m_droite;
110
111 public:
112     ExpressionBinaire(const string  & nom,
113                       const Expression * gauche,
```

```
114                         const Expression * droite)
115         :       m_nom(nom),
116             m_gauche(gauche),
117             m_droite(droite)
118     {};
119
120     void afficher() const override
121     {
122         cout << "( "<< m_nom << " de ";
123         m_gauche->afficher();
124         cout << " et de ";
125         m_droite->afficher();
126         cout << ") ";
127     }
128
129     ~ExpressionBinaire() {
130         delete m_gauche;
131         delete m_droite;
132     }
133 };
134
135 class ExpressionSimple
136     : public Expression
137 {
138     string m_type, m_nom;
139 public:
140     ExpressionSimple(const string & type, const string & nom)
141         : m_type(type), m_nom(nom)
142     {}
143     void afficher() const override
144     {
145         cout << "la " << m_type << " " << m_nom;
146     }
147 };
148
149 // ---------------------------------------------------------------
150 class AnalyseurSyntaxique
151 {
152     AnalyseurLexical m_lex;
153     Expression *m_expr = NULL;
154 public:
155     AnalyseurSyntaxique(const string & chaine)
156         : m_lex(chaine)
157     {}
158
159     Expression * expression() {
160         if (m_expr == NULL) {
161             m_expr = lireExpr();
162         }
163         return m_expr;
164     }
165
166     Expression * lireExpr()
167     {
168         Expression * expr = lireTerme();
169         for(;;) {
170             TypeLexeme t = m_lex.typeLexeme();
171             if (t == PLUS) {
```

```
172                 m_lex.avancer();
173                 Expression * terme = lireTerme();
174                 expr = new ExpressionBinaire("la somme ",
175                                              expr, terme);
176             } else if (t == MOINS) {
177                 m_lex.avancer();
178                 Expression * terme = lireTerme();
179                 expr = new ExpressionBinaire("la difference ",
180                                              expr, terme);
181             } else {
182                 break;
183             }
184         }
185         return expr;
186     }
187
188     Expression * lireTerme()    {
189         Expression * terme = lireFacteur();
190         for(;;) {
191             TypeLexeme t = m_lex.typeLexeme();
192             if (t == ETOILE) {
193                 m_lex.avancer();
194                 Expression * facteur = lireFacteur();
195                 terme = new ExpressionBinaire("le produit ",
196                                               terme, facteur);
197             } else if (t == BARRE) {
198                 m_lex.avancer();
199                 Expression * facteur = lireFacteur();
200                 terme = new ExpressionBinaire("le quotient ",
201                                               terme, facteur);
202             } else {
203                 break;
204             }
205         }
206         return terme;
207     }
208
209     Expression * lireFacteur()
210     {
211         Expression *facteur = NULL;
212         if (m_lex.typeLexeme() == OUVRANTE) {
213             m_lex.avancer();
214             facteur = lireExpr();
215             if (m_lex.typeLexeme() != FERMANTE) {
216                 cout << "** oups il manque une fermante" << endl;
217             }
218         } else if (m_lex.typeLexeme() == NOMBRE) {
219             facteur = new ExpressionSimple("constante ",
220                                            m_lex.lexeme());
221         } else if (m_lex.typeLexeme() == IDENTIFICATEUR) {
222             facteur = new ExpressionSimple("variable ",
223                                            m_lex.lexeme());
224         }
225         else {
226             cout << "** oups, probleme avec "
227                  << m_lex.lexeme() << endl;
228         }
229         m_lex.avancer();
```

```
230         return facteur;
231     }
232 };
233
234 void test_analyse_syntaxique(const string & s)
235 {
236     cout << "-- test analyse  syntaxique" << endl;
237     cout << "chaine : " << s << endl;
238     AnalyseurSyntaxique a(s);
239     Expression * r = a.expression();
240     r->afficher();
241     cout << endl;
242     delete r;
243 }
244
245 // ----------------------------------------------------------------
246
247 int main(int argc, char **argv)
248 {
249     test_analyse_lexicale("beta * beta - (4*  alpha*gamma)");
250     test_analyse_syntaxique("beta * beta - (4*  alpha*gamma)");
251     test_analyse_syntaxique( "HT * (100+TVA)/100");
252     return 0;
253 }
```

Résultat :

```
-- test analyse lexicale
chaine : beta * beta - (4*  alpha*gamma)
- 7 beta
- 4 *
- 7 beta
- 3 -
- 0 (
- 6 4
- 4 *
- 7 alpha
- 4 *
- 7 gamma
- 1 )
-- test analyse  syntaxique
chaine : beta * beta - (4*  alpha*gamma)
(  la difference  de (  le produit  de la variable  beta et de la variable  beta)  et
    de (  le produit  de (  le produit  de la constante  4 et de la variable  alpha)
    et de la variable  gamma) )
-- test analyse  syntaxique
chaine : HT * (100+TVA)/100
(  le quotient  de (  le produit  de la variable  HT et de (  la somme  de la
   constante  100 et de la variable  TVA) )  et de la constante  100)
```