Analyse Syntaxique 2

Dr Souissi Abdelmoghit

Calcul des ensembles PREMIER

Règle générale pour PREMIER :

1- Si $X \rightarrow a\alpha$, où a est un terminal, alors $a \in$PREMIER(X).

2- Si $X \rightarrow \varepsilon$, alors $\varepsilon \in$PREMIER(X).

3- Si $X \rightarrow Y\alpha$, alors PREMIER(X)$\supseteq$PREMIER(Y)

<u>Exemple</u>:

Soit la grammaire:

$$
\begin{aligned}
E &\longrightarrow E + T \mid E - T \mid T \\
T &\longrightarrow T * F \mid T / F \mid F \\
F &\longrightarrow id \mid (E)
\end{aligned}
\qquad P \uparrow \qquad S \downarrow
$$

Calcul des ensembles PREMIER

Calcul pour chaque règle :

- ❑ PREMIER(F) :
  - $F \rightarrow$nb | (E)
  - PREMIER(F)={nb,(}
- ❑ PREMIER(T) :
  - $T \rightarrow T*F$ | T/F | F
  - PREMIER(T)=PREMIER(F)={nb,(}.
- ❑ PREMIER(E) :
  - $E \rightarrow E+T$ | $E-T$ | T
  - PREMIER(E)=PREMIER(T)={nb,(}.

Calcul des ensembles SUIVANT

1. Pour le symbole de départ S, $\$ \in \mathrm{SUIVANT}(S)$.
2. Si $X \to \alpha Y \beta$, alors $\mathrm{PREMIER}(\beta) \setminus \{\varepsilon\} \subseteq \mathrm{SUIVANT}(Y)$.
3. Si $X \to \alpha Y$, ou si $X \to \alpha Y \beta$ et $\varepsilon \in \mathrm{PREMIER}(\beta)$, alors $\mathrm{SUIVANT}(X) \subseteq \mathrm{SUIVANT}(Y)$.

<u>Exemple</u>:

Soit la grammaire:

$$
\begin{aligned}
E &\longrightarrow E + T \mid E - T \mid T \\
T &\longrightarrow T * F \mid T / F \mid F \\
F &\longrightarrow id \mid (E)
\end{aligned}
$$

P $\uparrow$ S $\downarrow$

Calcul des ensembles SUIVANT

Calcul pour chaque règle :

- ❑ SUIVANT(E) :
  - E→E+T | E−T | T
  - SUIVANT(E)={$,+,-,)}.
- ❑ SUIVANT(T) :
  - E→E+T | E−T | T donc SUIVANT(E) C SUIVANT(*T*)
  - T→$T*F$ | T/F | F
  - SUIVANT(*T*) ={$,+,-,*,/,)}.
- ❑ SUIVANT(F) :
  - T→$T*F$ | T/F | F donc SUIVANT(*T*) C SUIVANT(*F*)
  - F→nb | (E)
  - SUIVANT(*T*) ={$,+,-,*,/,)}.

Ensembles SUIVANT

<u>Exemple</u>:

Soit la grammaire:

E ⟶ E + T | E - T | T P↑ S↓

T ⟶ T * F | T / F | F

F ⟶ id | (E)

PREMIER(F) = {id,(}
PREMIER(T) = {id,(}
PREMIER(E) = {id,(}
SUIVANT(E) = {$, + , - ,)}
SUIVANT(T) = {$, + , -, *, /,)}
SUIVANT(F) = {$, + , - , * , / ,)}

<u>Tableau récapitulatif</u>:

	E	T	F
PREMIER	id (	id (	id (
SUIVANT	$ + -)	$ + - * /)	$ + - * /)

Calcul des ensembles PREMIER

PREMIER

1. $E \to TE'$
2. $E' \to +TE' \mid -TE' \mid \varepsilon$
3. $T \to FT'$
4. $T' \to *FT' \mid /FT' \mid \varepsilon$
5. $F \to \mathrm{nb} \mid (E)$

Règle générale pour PREMIER :

1. Si $X \to a\alpha$, où a est un terminal, alors $a \in \mathrm{PREMIER}(X)$.
2. Si $X \to \varepsilon$, alors $\varepsilon \in \mathrm{PREMIER}(X)$.
3. Si $X \to Y\alpha$, alors $\mathrm{PREMIER}(X) \supseteq \mathrm{PREMIER}(Y)$.

Calcul des ensembles PREMIER :

1. $\mathrm{PREMIER}(F) = \{\mathbf{nb}, (\}$
2. $\mathrm{PREMIER}(T') = \{*, /, \varepsilon\}$
   - Car $T' \to *FT' \mid /FT' \mid \varepsilon$.
3. $\mathrm{PREMIER}(T) = \mathrm{PREMIER}(F) = \{\mathrm{nb}, (\}$
   - Car $T \to FT'$.
4. $\mathrm{PREMIER}(E') = \{+, -, \varepsilon\}$
   - Car $E' \to +TE' \mid -TE' \mid \varepsilon$.
5. $\mathrm{PREMIER}(E) = \mathrm{PREMIER}(T) = \{\mathrm{nb}, (\}$
   - Car $E \to TE'$.

Calcul des ensembles SUIVANT

SUIVANT

1. $E \to TE'$
2. $E' \to +TE' \mid -TE' \mid \varepsilon$
3. $T \to FT'$
4. $T' \to *FT' \mid /FT' \mid \varepsilon$
5. $F \to \text{nb} \mid (E)$

Règle générale pour SUIVANT :

1. Pour le symbole de départ S, $\$ \in \text{SUIVANT}(S)$.
2. Si $X \to \alpha Y \beta$, alors $\text{PREMIER}(\beta) \setminus \{\varepsilon\} \subseteq \text{SUIVANT}(Y)$.
3. Si $X \to \alpha Y$, ou si $X \to \alpha Y \beta$ et $\varepsilon \in \text{PREMIER}(\beta)$, alors $\text{SUIVANT}(X) \subseteq \text{SUIVANT}(Y)$.

1- SUIVANT(E)={$,)}
- Car E est le symbole de départ et F→(E).

2- SUIVANT(*E'*)= SUIVANT(*E*)={$,)}
- Car *E → TE' donc SUIVANT(E) C SUIVANT(E')*

3- SUIVANT(T)=PREMIER(E') ∪ SUIVANT(E)={$,+,−,)}
- Car E→TE' donc PREMIER(E') *C SUIVANT(T)*
- Car E→TE' donc SUIVANT(E) *C SUIVANT(T)*

4- SUIVANT(T')=SUIVANT(T)={$,+,−,)}
- Car T→FT' donc PREMIER(T) *C SUIVANT(T')*

5- SUIVANT(F)=PREMIER(T')∪SUIVANT(T)={$,∗,/,+,−,)}
- Car T→FT' donc PREMIER(T') *C SUIVANT(F)*
- Car T→FT' donc SUIVANT(T) *C SUIVANT(F)*

ENSEMBLE PREMIER & SUIVANT

	E	E'	T	T'	F
PREMIER	id (	+ - ε	id (	* / ε	id (
SUIVANT	$)	$)	$ + -)	$ + -)	$ + - * /)

La grammaire équivalente:

$E \longrightarrow T\ E'$

$E' \longrightarrow +\ T\ E' \mid -\ T\ E' \mid \varepsilon$

$T \longrightarrow F\ T'$

$T' \longrightarrow *\ F\ T' \mid /\ F\ T' \mid \varepsilon$

$F \longrightarrow id \mid (E)$

PREMIER(F) = {id,(}
PREMIER(T) = {id,(}
PREMIER(T') = {*, / , ε}
PREMIER(E) = {id,(}
PREMIER(E') = {+, - , ε}
SUIVANT(E) = {$,)}
SUIVANT(E')= {$,)}
SUIVANT(T) = {$, +, - ,)}
SUIVANT(T')= {$,) , + ,-}
SUIVANT(F) = {$, + ,- , *,/ ,)}

Les conditions LL(1)

Pour qu'une grammaire soit de type LL(1), c'est à dire qu'elle soit analysable par une ***méthode descendante déterministe****, il faut que ses règles de production respectent 2 conditions:*

soit une paire de règles: $A \longrightarrow \alpha$ et $A \longrightarrow \beta$ on a:

1ère condition:

$\boldsymbol{PREMIER}(\alpha) \cap \boldsymbol{PREMIER}(\beta) = \emptyset$

exemple: $A \longrightarrow a\,B \mid a\,C$

2ème condition:

si $\varepsilon \in \boldsymbol{PREMIER}(\beta)$ alors $\boldsymbol{PREMIER}(\alpha) \cap \boldsymbol{SUIVANT}(A) = \emptyset$

Les conditions LL(1)

<u>Exemple 1</u>: Soit la grammaire des expressions arithmétiques,

1/ $E \rightarrow T\,E'$

2/ $E' \rightarrow +\,T\,E' \mid \varepsilon$

3/ $T \rightarrow F\,T'$

4/ $T' \rightarrow *\,F\,T' \mid \varepsilon$

5/ $F \rightarrow (E) \mid nb$

Vérifions les conditions LL(1).

1/ - La 1ère condition est vérifiée car on a une seule alternative,
- La 2ème condition est vérifiée car $\varepsilon \notin$ PREMIER(E)

2/ - La 1ère condition: $\underbrace{\text{PREMIER}(+TE')}_{\{+\}} \cap \underbrace{\text{PREMIER}(\varepsilon)}_{\{\varepsilon\}} = \emptyset$?
- La 2ème condition: $\underbrace{\text{PREMIER}(+TE')}_{\{+\}} \cap \underbrace{\text{SUIVANT}(E')}_{\{\$\,,\,)\}} = \emptyset$?

3/ - La 1ère condition est vérifiée car on a une seule alternative,
- La 2ème condition est vérifiée $\varepsilon \notin$ PREMIER(T)

4/ - La 1ère condition: $\underbrace{\text{PREMIER}(*FT')}_{\{*\}} \cap \underbrace{\text{PREMIER}(\varepsilon)}_{\{\varepsilon\}} = \emptyset$?
- La 2ème condition: $\underbrace{\text{PREMIER}(*FT')}_{\{*\}} \cap \underbrace{\text{SUIVANT}(T')}_{\{\$,)+,-\}} = \emptyset$?

5/ - La 1ère condition: $\underbrace{\text{PREMIER}((E))}_{\{(\}} \cap \underbrace{\text{PREMIER}(nb)}_{\{nb\}} = \emptyset$?
- La 2ème condition est vérifiée car $\varepsilon \notin$ PREMIER(F)

⟹ **Cette grammaire est LL(1)**

Les conditions LL(1)

Exemple 2: Soit la grammaire suivante

$$S \rightarrow X\,a \mid \varepsilon$$
$$X \rightarrow X\,b \mid Y$$
$$Y \rightarrow a\,X \mid \varepsilon$$

	S	X	Y
PREMIER	a b ε	a ε b	a b
SUIVANT	$	a b	a b

1/ Les ensembles PREMIER et SUIVANT

PREMIER(Y) = {a, ε}

PREMIER(X) = {a, ε , b}

PREMIER(Y) ⊂ PREMIER(X) donc {a, ε} ⊂ PREMIER(X)

pour b : X → Y et Y → ε donc X → b

PREMIER(S) = {a, b} U {ε} = {a, b, ε}

SUIVANT(S) = {$} $ car S est l'axiome

SUIVANT(X) = {a, b} car X est suivi par a et b

X → Y donc SUIVANT(X) ⊂ SUIVANT(Y)

SUIVANT(Y) = {a, b}

Y → a X donc SUIVANT(Y) ⊂ SUIVANT(X)

Les conditions LL(1)

ε

<u>Exemple 2</u>: Soit la grammaire suivante

1/ $S \rightarrow X\,a \mid \varepsilon$

2/ $X \rightarrow X\,b \mid Y$

3/ $Y \rightarrow a\,X \mid \varepsilon$

Vérifions les conditions LL(1).

2/ <u>Les conditions LL(1)</u> :

1/ $S \rightarrow X\,a \mid \varepsilon$

1ère condition : si PREMIER(X a) ∩ PREMIER(ε) = Ø ?

PREMIER(X a) = {a, b} et PREMIER(ε) = {ε}

2ème condition: si PREMIER(X a) ∩ SUIVANT(S) = Ø ?

SUIVANT(S) = {$}

Cette règle est LL(1) car les 2 conditions sont respectées.

2/ $X \rightarrow X\,b \mid Y$

1ère condition: PREMIER(X b) ∩ PREMIER(Y) = Ø ?

PREMIER(X b) = {a, b} et PREMIER(Y) = {a, ε}

Cette règle n'est pas LL(1) car cette condition n'est pas respectée.

3/ $Y \rightarrow a\,X \mid \varepsilon$

1ère condition: PREMIER(a X) ∩ PREMIER(ε) = Ø ?

PREMIER(a X) = {a} donc la 1ère règle est respectée

2ème condition: PREMIER(aX) ∩ SUIVANT(Y) = Ø ?

PREMIER(a X) = {a} et SUIVANT(Y) = {a, b}

Cette condition n'est pas respectée, cette règle n'est pas LL(1).

Les conditions LL(1)

Exemple 3:

Montrer qu'une grammaire LL(1) ne peut pas avoir des productions récursives à gauche, c'est à dire:

$$A \rightarrow A\,\alpha \mid \beta$$

1ère condition: PREMIER(A α) ∩ PREMIER(β) = Ø ?

A → β implique PREMIER(β) C PREMIER(A)

et PREMIER(A) C PREMIER(A α)

par conséquent : PREMIER(A α) ∩ PREMIER(β) ≠ Ø donc la 1ère condition n'est pas respectée.

On peut déduire qu'une grammaire LL(1) ne peut pas être récursive à gauche.

Construction d’un analyseur LL(1)

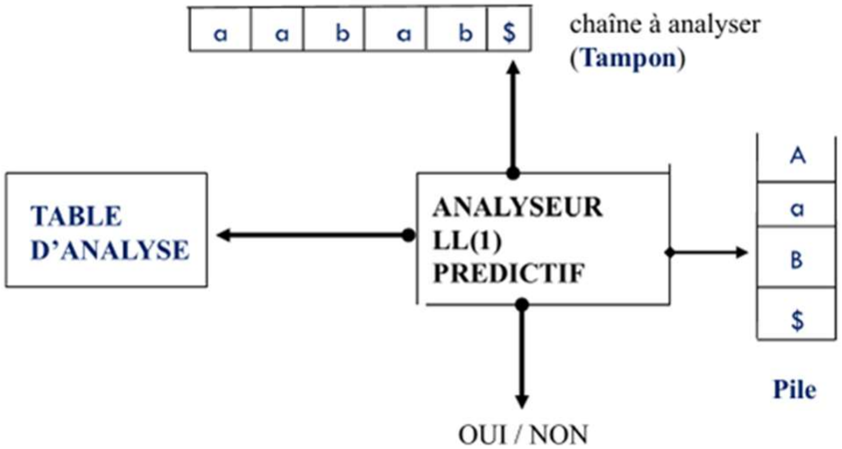
L’intérêt de cet analyseur est de reconnaître et de fournir ***l’unique dérivation gauche*** *des phrases d’un langage.*

Un analyseur LL(1) est implanté sous forme d’un automate à pile.

Il est constitué de:

- un ***tampon*** qui contient la chaîne du programme à analyser, suivie par le symbole **$**.
- une ***pile*** qui contient une séquence de symboles grammaticaux, avec **$** au fond de la pile.
- une ***table d’analyse*** à deux dimensions qui permet de choisir la règle de production à utiliser.

Construction d’un analyseur LL(1)



1. $E \to TE'$
2. $E' \to +TE' \mid \varepsilon$
3. $T \to FT'$
4. $T' \to *FT' \mid \varepsilon$
5. $F \to (E) \mid \text{nb}$

- $\text{PREMIER}(E) = \{(, \text{nb}\}$
- $\text{PREMIER}(E') = \{+, \varepsilon\}$
- $\text{PREMIER}(T) = \{(, \text{nb}\}$
- $\text{PREMIER}(T') = \{*, \varepsilon\}$
- $\text{PREMIER}(F) = \{(, \text{nb}\}$

- $\text{SUIVANT}(E) = \{), \$\}$
- $\text{SUIVANT}(E') = \{), \$\}$
- $\text{SUIVANT}(T) = \{+,), \$\}$
- $\text{SUIVANT}(T') = \{*, +,), \$\}$
- $\text{SUIVANT}(F) = \{*, +,), \$\}$

Pour chaque non-terminal et chaque terminal, nous remplissons les cases de la table avec les règles correspondantes en utilisant les ensembles PREMIER et SUIVANT.

Table d'analyse LL(1) :

Non-Terminal	$($	nb	$+$	$*$	$)$	$\$$
E	$E \to TE'$	$E \to TE'$				
E'			$E' \to +TE'$		$E' \to \varepsilon$	$E' \to \varepsilon$
T	$T \to FT'$	$T \to FT'$				
T'			$T' \to \varepsilon$	$T' \to *FT'$	$T' \to \varepsilon$	$T' \to \varepsilon$
F	$F \to (E)$	$F \to \text{nb}$				

1. Les entrées de la table sont remplies en utilisant PREMIER des règles.
2. Lorsque $\varepsilon \in \text{PREMIER}$, les colonnes sont remplies en utilisant SUIVANT.
3. La table permet de déterminer quelle règle appliquer pour chaque paire $(\text{Non-Terminal}, \text{Terminal})$.

La grammaire est **LL(1)** car aucune ambiguïté n'apparaît dans la table d'analyse.

La trace d'analyse (1)

Pour analyser une chaîne, on initialise l'automate à pile, en empilant $ puis l'axiome.

Ensuite, on combine le s symboles du texte d'entrée, les uns après les autres, avec le symbole courant au sommet de la pile.

Lorsque cette combinaison nous donne, à partir de la table d'analyse, une règle de production à appliquer, on remplace le symbole au sommet de la pile par la partie droite de la production.

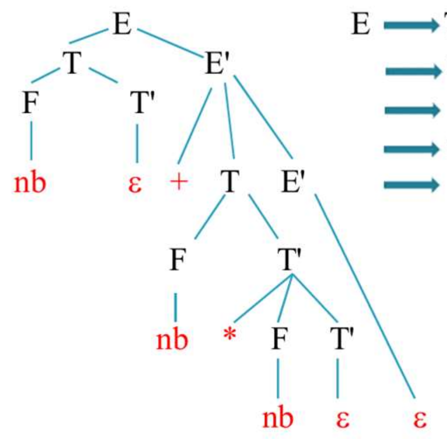
	pile	tampon
<u>Etat initial</u>	S$	ω$
<u>Etat final</u>	$	$

La trace d'analyse, nous donne l'arbre d'analyse, et le processus de l'unique dérivation gauche de la phrase analysée.

La trace d’analyse

<u>Exemple1: La trace d’analyse de la phrase</u> "nb + nb * nb"

La pile	Le tampon	Action	L'arbre syntaxique
E$	nb+nb*nb$	$E \to T\ E'$	
TE'$	nb+nb*nb$	$T \to F\ T'$	
FT'E'$	nb+nb*nb$	$F \to nb$	
nbT'E'$	nb+nb*nb$	DEPILER	
T'E'$	+nb*nb$	$T' \to \varepsilon$	
E'$	+nb*nb$	$E' \to +TE'$	
+TE'$	+nb*nb$	DEPILER	
TE'$	nb*nb$	$T \to FT'$	
FT'E'$	nb*nb$	$F \to nb$	
nbT'E'$	nb*nb$	DEPILER	
T'E'$	*nb$	$T' \to *FT'$	
*FT'E'$	*nb$	DEPILER	
FT'E'$	nb$	$F \to nb$	
nbT'E'$	nb$	DEPILER	
T'E'$	$	$T' \to \varepsilon$	
E'$	$	$E' \to \varepsilon$	
$	$	ACCEPTER	

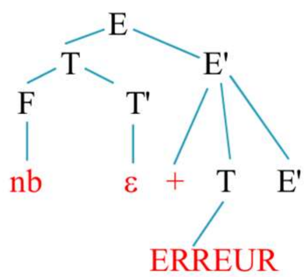


Processus de dérivation:

$E \to T\ E' \to FT'E' \to nbT'E'$
$\to nbE' \to nb+TE' \to nb+FT'E'$
$\to nb+nbT'E' \to nb+nb*FT'E'$
$\to nb+nb*nbT'E' \to nb+nb*nbE'$
$\to nb+nb*nb$

La trace d’analyse

Exemple2: La trace d’analyse de la phrase "nb +) nb * nb"

La pile	Le tampon	Action	L'arbre syntaxique
E$	nb+)nb*nb$	$E \rightarrow T\,E'$	
TE'$	nb+)nb*nb$	$T \rightarrow F\,T'$	
FT'E'$	nb+)nb*nb$	$F \rightarrow nb$	
nbT'E'$	nb+)nb*nb$	DEPILER	
T'E'$	+)nb*nb$	$T' \rightarrow \varepsilon$	
E'$	+)nb*nb$	$E' \rightarrow +TE'$	
+TE'$	+)nb*nb$	DEPILER	
TE'$	)nb*nb$	ERREUR	

Processus de dérivation:

$E \longrightarrow T\,E' \longrightarrow FT'E' \longrightarrow nbT'E' \longrightarrow nbE' \longrightarrow nb+TE' \longrightarrow$ ERREUR