

Ce fichier vous aide à affronter les erreurs à la compilation en lien avec les analyses lexicale et syntaxique.

Erreurs dans lib/lexer.mll

- trompez-vous dans le nom d'un lexème et recompilez pour voir ce que ça fait
- effacez la ligne définissant le lexème PLUS (par exemple), recompilez, et lancez fouine, saisissez 3+3 : c'est à ce moment qu'on récupère une erreur un peu surprenante, exception Failure("lexing: empty token")

Erreurs dans lib/parser.mly

Si un message indiquant la présence de "shift/reduce conflict" ou "reduce/reduce conflict" s'affiche lors de la compilation, il faut réparer (même si vous avez une fouine qui veut bien s'exécuter). Il s'agit de comprendre ce qu'est un conflit dans la création de l'automate.

Pour cela, on commente ci-dessous un exemple. On vous encourage également à lire

<https://cambium.inria.fr/~fpottier/menhir/manual.html#sec39> (au moins le début de la partie 6). Le paragraphe "%prec annotations" dans la partie 4.2.1 du manuel de menhir est aussi utile.

technique numéro 1 : regarder les conflits

- effacez la ligne "%left TIMES", et recompilez.
- il y a des conflits : il faut les éliminer, que ce soient des conflits shift/reduce ou reduce/reduce
- cela signifie que l'outil menhir a trouvé des erreurs dans votre grammaire.

Pour analyser la situation, il faut regarder le fichier parser.conflicts. Ce fichier se trouve dans _build/default/lib/

Dans ce fichier, on trouve en particulier quelque chose qui ressemble à :

```
** Conflict (shift/reduce) in state 8.
** Token involved: TIMES
** This state is reached from main after reading:
expression PLUS expression

** The derivations that appear below have the following common factor:
** (The question mark symbol (?) represents the spot where the derivations begin)

main
expression EOL
(?)  

** In state 8, looking ahead at TIMES, reducing production
** expression -> expression PLUS expression
** is permitted because of the following sub-derivation:  

expression TIMES expression // lookahead token appears
expression PLUS expression .

** In state 8, looking ahead at TIMES, shifting is permitted
** because of the following sub-derivation:
```

expression PLUS expression

Avoir omis de préciser l'associativité de TIMES fait que dans certaines situations, l'automate ne sait pas s'il doit empiler TIMES (shift) ou reconnaître l'expression qui précède TIMES. C'est le cas ci-dessus. Dans l'état 8, l'automate a vu passer

expression PLUS expression

et il rencontre TIMES. Est-ce que le TIMES va avec le second argument du PLUS (shift) ? Ou bien expression PLUS expression est le premier argument de TIMES (reduce) ?

Dans le parser originel, on a donné à TIMES une priorité plus grande que PLUS, ce qui a pour effet de faire gagner le reduce : c'est ce à quoi on s'attend.

Notons que si on écrit 4-2+5, on reconnaît (4-2)+5 : en effet, MINUS et PLUS sont associatifs à gauche, et ont la même priorité.

Les autres conflits que l'on trouve dans parser.conflicts sont des variantes du conflit pour l'état 8.

Vous pouvez aussi mettre les mains dans le cambouis (mais la plupart du temps ça ne devrait pas être nécessaire). Il y a deux techniques pour cela.

technique numéro 2 : lancer

```
menhir --dump lib/parser.mly
```

[NB : pour recompiler avec dune, il faudra d'abord supprimer les fichiers lib/parser.ml et lib/parser.mli (mais pas parser.mly!!) qui ont été engendrés par cet appel à menhir]

Vous verrez qu'un fichier lib/parser.automaton a été engendré. C'est la description de l'automate. On y trouve notre conflit pour l'état 8 :

```
State 8:  
## Known stack suffix:  
## expression PLUS expression  
## LR(1) items:  
expression -> expression . PLUS expression [ TIMES RPAREN PLUS MINUS EOL ]  
expression -> expression PLUS expression . [ TIMES RPAREN PLUS MINUS EOL ]  
expression -> expression . TIMES expression [ TIMES RPAREN PLUS MINUS EOL ]  
expression -> expression . MINUS expression [ TIMES RPAREN PLUS MINUS EOL ]  
## Transitions:  
-- On TIMES shift to state 5  
## Reductions:  
-- On TIMES RPAREN PLUS MINUS EOL  
--   reduce production expression -> expression PLUS expression  
** Conflict on TIMES
```

L'état 8 de l'automate signale une ambiguïté: il a le choix entre d'une part faire "shift" lorsqu'il lit TIMES, puis passer à l'état 5, et d'autre part faire "reduce" pour reconnaître qu'il peut appliquer la règle expression -> expression PLUS expression. Par défaut, on lit qu'il fait shift, ce qui le conduit à l'état 5, où l'on peut voir que le TIMES a été empilé (le point s'est "déplacé sur la droite") :

State 5

```
expression : expression TIMES . expression [ TIMES RPAREN PLUS MINUS EOL ]
```

Essayez de vous convaincre du fait que ce choix par defaut est le bon, meme s'il ne faut pas se contenter de cela : il ne faut pas qu'il reste de conflits (que ce soient des conflits shift/reduce, ou reduce/reduce) lors de la compilation.

Il est **très très préférable** de développer le parser progressivement, en compilant étape par étape, plutôt que de mettre toutes les règles et se retrouver avec 19 conflits shift/reduce et 27 conflits reduce/reduce..

Les priorités des opérateurs (et des "opérateurs factices", que l'on peut introduire juste dans `parser.mly`, pour spécifier la priorité d'une règle de grammaire particulière) peuvent être utiles pour éliminer les conflits. Parfois, il est judicieux de modifier la grammaire, pour la rendre moins ambiguë.

Technique numéro 3: regarder l'automate qui s'exécute

Pour afficher des transitions de l'automate, voici comment procéder :

- dans le fichier `lib/dune`, on remplace la ligne (`flags --dump`) par (`flags --dump --trace`)
- on recompile `dune build`
- on exécute le programme et on saisit l'expression `2+3*5` : on voit alors s'afficher toutes les transitions de l'automate

```
State 0:  
2+3*5  
Lookahead token is now INT (0-1)  
Shifting (INT) to state 3  
State 3:  
Lookahead token is now PLUS (1-2)  
Reducing production expression -> INT  
State 14:  
Shifting (PLUS) to state 8  
State 8:  
Lookahead token is now INT (2-3)  
Shifting (INT) to state 3  
State 3:  
Lookahead token is now TIMES (3-4)  
Reducing production expression -> INT  
State 9:  
Shifting (TIMES) to state 5  
State 5:  
Lookahead token is now INT (4-5)  
Shifting (INT) to state 3  
State 3:  
Lookahead token is now EOL (5-6)  
Reducing production expression -> INT  
State 6:  
Reducing production expression -> expression TIMES expression  
State 9:  
Reducing production expression -> expression PLUS expression  
State 14:  
Shifting (EOL) to state 15  
State 15:  
Reducing production main -> expression EOL
```

```

State 13:
Accepting
Add(2, Mul(3, 5))
17

```

et voici ci-dessous la même execution, commentée.

- on note $1>3>6>4$ si la pile des etats contient 1 au fond, et 4 en haut.
- l'action shift a pour effet d'empiler un etat (et d'empiler le lexeme qui est lu sur la pile des lexemes)
- l'action reduce correspond à l'application d'une règle de la forme $A : B_1 B_2 \dots B_k$ (on reconnaît un A , après avoir reconnu les $B_1 \dots B_k$)
 - on dépile k éléments de la pile des états
 - on retombe dans un état qui nous dit "lorsqu'on reconnaît un A , goto n "
 - on empile l'état n en haut de la pile.

```

State 0:                                \\ ça démarre dans l'état 0
2+3*5                                    \\ la saisie au clavier
Lookahead token is now INT (0-1)          \\ on récupère le lexème `INT(i)`
Shifting (INT) to state 3                 \\ on empile `INT(i)` et on passe à l'état
                                         \\ c'est la ligne `On INT shift to stat
                                         \\ l'état 0 reste dans la pile des état

State 3:                                \\ on réduit comme écrit dans l'état 3
0>3                                     \\ on passe ensuite à l'état 14; pourquoi
Lookahead token is now PLUS (1-2)          \\ - car on a reconnu une `expression`
Reducing production expression -> INT    \\ - ce faisant on dépile l'état 3, et
                                         \\ - l'état 0 nous dit que lorsqu'on a
                                         \\ une expression, on "shift" à l'état
                                         \\ (c'est la ligne `On expression st

State 14:                               \\ on empile et on passe à l'état 8
0>14
Shifting (PLUS) to state 8               \\ on empile et on passe à l'état 8

State 8:                                \\ on empile et on passe à l'état 3
0>14>8
Lookahead token is now INT (2-3)
Shifting (INT) to state 3               \\ on empile et on passe à l'état 3

State 3:                                \\ on réduit et on passe à l'état 9; pourquoi
0>14>8>3
Lookahead token is now TIMES (3-4)
Reducing production expression -> INT    \\ - car on a reconnu une expression, on la
                                         \\ pile d'état et on lit `On expression
                                         \\ dans l'état 8 dans lequel on retombe
                                         \\ l'état 3

State 9:                                \\ on empile et on passe à l'état 5
0>14>8>9
Shifting (TIMES) to state 5             \\ on empile et on passe à l'état 5

State 5:                                \\ on empile et on passe à l'état 3
0>14>8>9>5
Lookahead token is now INT (4-5)
Shifting (INT) to state 3               \\ on empile et on passe à l'état 3

```

```

State 3:
 0>14>8>9>5>3
Lookahead token is now EOL (5-6)
Reducing production expression -> INT \\ on réduit et on va dans l'état 6
                                         (car l'état 5 dit `On expression shi
State 6:
 0>14>8>9>5>6
Reducing production expression -> expression TIMES expression \\ on réduit par
                                         on passe en 9
                                         trois fois (le
                                         de la règle à
                                         on tombe alors
                                         dit `On expres
State 9:
 0>14>8>9
Reducing production expression -> expression PLUS expression \\ on réduit par 1
                                         on passe en 14 car
                                         on tombe alors
                                         nous envoie sur
State 14:
 0>14
Shifting (EOL) to state 15           \\ on empile et on passe à l'état 15
State 15:
 0>14>15
Reducing production main -> expression EOL \\ on réduit par la règle, on dépil
                                         tombe sur l'état 0, et l'état 0
                                         `On main shift to state 13` lors
                                         main
State 13:
 0>13
Accepting                           \\ on accepte `main` dans l'état 13
Add(2, Mul(3, 5))                  \\ la sortie du programme
17

```