Traduction des langages

Les pointeurs

Objectif :
- Etre capable d'ajouter les pointeurs au langage RAT
- Modifier le compilateur en conséquence

1 Les pointeurs

Une variable est physiquement identifiée de façon unique par son **adresse**, c'est-à-dire l'adresse de l'emplacement mémoire qui contient sa valeur.
Un **pointeur** est une variable qui contient l'**adresse** d'un autre objet informatique (une "variable de variable" en somme).

1.1 Déclaration

La déclaration d'un pointeur se fait selon la syntaxe suivante :

```
type* id;
```

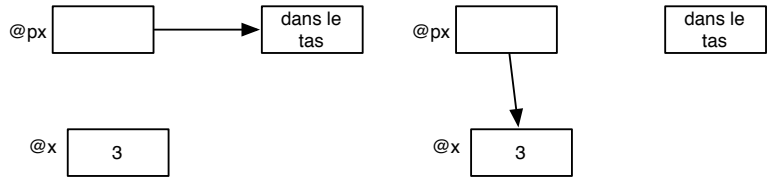
Cette instruction déclare une variable de nom id et de type pointeur(type) (pointeur sur une valeur de type type). Par exemple :

```
int* x;
```

déclare une variable x qui pointe sur une valeur de type int.

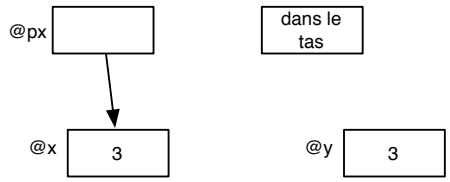
1.2 Adresse et valeur pointée

Les deux opérateurs particuliers en relation avec les pointeurs sont : & et *.
- & est l'opérateur qui **retourne l'adresse mémoire d'une variable**
  Si x est de type t alors &x est de type Pointeur(t)
  Exemple :
  ```
  int * px = (new int);
  int x = 3;
  px = &x;
  ```



- * est l'opérateur qui **retourne la valeur pointée par une variable pointeur**.
  Si x est de type Pointeur (t) alors *x est de type t
  Exemple :

```
int * px = (new int);
int x = 3;
px = &x;
int y = *px;
```



1.3 Exercice

▷ **Exercice 1** *Donner le type des variables dans le programme suivant :*

```
int * x = (new int);
int * * y = & x;
int z = 3;
*x = z;
*y = &z;
```

```
int * x = (new int);    // x.type = Pointeur(int)
int * * y = & x;      // y.type = Pointeur(Pointeur(int))
int z = 3;            // z.type=int
*x = z;              // (*x).type = z.type = int
*y = &z;             // (&z).type = Pointeur(int) = *y
```

▷ **Exercice 2** *Donner le type des variables dans le programme suivant :*

```
pointeur{
  int * x = (new int);
  * x = 3;
  int z= 18;
  int *y = & z;
  * y = *x;
}
```

```
pointeur{
  int * x = (new int);  // x.type = Pointeur(int)
  * x = 3;             // (*x).type = int
  int z= 18;           // z.type=int
  int *y = & z;        // y.type = Pointeur(int)
  * y = *x;
}
```

2 Modification de TAM et du compilateur

▷ **Exercice 3**

1. *Quelle(s) règles(s) faut-il modifier ou ajouter pour compléter l'introduction des pointeurs dans le langage ?*

   On simplifie les choses en limitant ce que l'on peut écrire :
   — $*$ **uniquement devant un identifiant mais en nombre quelconque** $(***x)$
   — & **unique et uniquement devant un identifiant (sens de** $\&\&z$ **?)**

   (a) $TYPE \rightarrow TYPE\ *$
   (b) Remplace $I \rightarrow id = E;$ **par** $I \rightarrow A = E;$
   (c) $E \rightarrow A$
   (d) $A \rightarrow *A$
   (e) $A \rightarrow id$
   (f) $E \rightarrow null$
   (g) $E \rightarrow (new\ TYPE)$ **(on récupère une nouvelle adresse dans le tas)**
   (h) $E \rightarrow \&\ id$

   Les parenthèses sont obligatoires autour de `new TYPE` pour que la grammaire reste analysable par Menhir. Cette forme de grammaire peut sembler compliquée, mais cela permet de préparer le projet.

2. *Quelles modifications faut-il apporter à l'AST ?*

   (a) Ajouter un cas de type : Pointeur **of** typ
   (b) Modifier un cas d'instruction : Affectation **of** affectable $*$ expression
   (c) Ajouter le nouveau type affectable = Ident **of** string | Valeur **of** affectable
   (d) Ajouter des cas aux expressions :
   — Affectable **of** affectable
   — Null
   — New **of** typ
   — Adresse **of** string

3. *Modifier la passe de gestion des identifiants.*

   Lors de la passe de gestion des identifiants, l'AST est modifié pour remplacer les identifiants par un pointeur sur leur information.
   Il faut ajouter à AstTds :

   (a) Modifier un cas d'instruction : Affectation **of** affectable $*$ expression
   (b)

```
(* les affectables *)
type affectable =
  | Ident of Tds.info_ast
  | Valeur of affectable
```

   (c) Ajouter des cas aux expressions :
   — Affectable **of** affectable
   — Null
   — New **of** typ
   — Adresse **of** Tds.info_ast

Actions à réaliser :

(a) Ajout des méthodes d'analyse des affectables

On notera que selon que l'affectable est en partie droite ou gauche d'une affectactation, le traitement n'est pas même : par exemple une constante est autorisée en partie droite mais pas en partie gauche. Il y a plusieurs possibilités pour résoudre ce problème, ici nous en proposons une avec un booléen (*modif*) qui indique si l'affectable est modifié (partie gauche d'une affectation) ou pas (les autres cas).

```
let rec analyse_tds_affectable tds (a:AstSyntax.affectable) modif : affectable =
  match a with
  | AstSyntax.Ident n ->
  begin
    match chercherGlobalement tds n with
    | None -> raise (IdentifiantNonDeclare n)
    | Some info ->
      begin
      match info_ast_to_info info with
      |InfoFun _ -> raise (MauvaiseUtilisationIdentifiant n)
      |InfoVar _ -> Ident info
      |InfoConst (_,v) -> if modif then raise (MauvaiseUtilisationIdentifiant n) else Entier v
      end
  end
  | AstSyntax.Valeur v -> Valeur (analyse_tds_affectable tds v)
```

(b) Instruction :

```
AstSyntax.Affectation (n,e) ->
  (* Dans affectation donc affectable en écriture *)
  Affectation ( analyse_tds_affectable tds n true, analyse_tds_expression tds e)
```

(c) Expression :

```
(* Dans expression donc affectable en lecture *)
  |AstSyntax.Affectable aff -> Affectable (analyse_tds_affectable tds aff false)
  |AstSyntax.Null -> Null
  |AstSyntax.New t -> New t
  |AstSyntax.Adresse n -> begin
      match chercherGlobalement tds n with
      | None -> raise (IdentifiantNonDeclare n)
      | Some info ->
        begin
        match info_ast_to_info info with
        |InfoFun _ -> raise (MauvaiseUtilisationIdentifiant n)
        |InfoVar _ -> Adresse info
        |InfoConst _ -> raise (MauvaiseUtilisationIdentifiant n)
        end
    end
```

4. *Modifier la passe de typage.*

Lors de la passe de typage les types sont supprimés de l'AST car ajoutés aux informations (pas de changement particulier pour les pointeurs) et l'AST est

modifié pour la résolution de surcharge (là encore pas de traitement particulier).

Il faut ajouter à AstTyp :

(a) Modifier un cas d'instruction : Affectation **of** affectable * expression

(b) type affectable = inchangé

(c) Ajouter des cas aux expressions (inchangé) :

- Affectable **of** affectable
- Null
- New **of** typ **(là on garde le type car pas d'info associé)**
- Adresse **of** Tds.info_ast

Actions à réaliser :

(a) Penser à modifier est_compatible **du module Type**

(b) Ajout des méthodes d'analyse des affectables

```
let rec analyse_type_affectable (aff:AstTds.affectable) : (affectable*typ) =
  match aff with
  | Ident info ->
  begin
    match info_ast_to_info info with
    | InfoVar (t,_,_) -> (Ident info, t)
    | InfoConst _ -> (Ident info, Int)
    | _ -> failwith ("Internal error: symbol not found")
  end
  | Valeur aff ->
  begin
    match analyse_type_affectable aff with
    | (naff, Pointeur t) -> Valeur (naff), t
    | _ -> raise NotAPointer
  end
```

(c) Instruction :

```
|AstTds.Affectation (n,e) ->
   let (naff, taff) = analyse_type_affectable aff in
   let (ne, texp) = analyse_type_expression e in
   if est_compatible texp taff
        then Affectation (naff, ne)
        else raise (TypeInattendu (texp,taff))
```

(d) Expression :

```
| AstTds.Affectable a -> let (na,t) = analyse_type_affectable a in (Affectable na,t)
| AstTds.Null -> Null, Pointeur Undefined
| AstTds.New t -> New t, Pointeur t
| AstTds.Adresse info ->     begin
    match info_ast_to_info info with
    | InfoVar (t,_,_) -> (Adresse info, Pointeur t)
    | _ -> failwith ("Internal error: symbol not found")
  end
```

5. *Modifier la passe de placement mémoire.*
   Rien à faire, il faut juste définir la taille du type pointeur (1).
6. *Proposer la traduction en TAM de l'exemple de l'exercice 2. On rappelle l'existence des instructions TAM suivantes, permettant de manipuler des adresses :*
   — *Empiler une adresse : LOADA d[r]*
   — *Empiler n mots à partir de l'adresse laissée en sommet de pile : LOADI (n)*
   — *Écrire n mots de la pile à l'adresse laissée en sommet de pile : STOREI (n)*
   — *Allocation de mémoire : SUBR MAlloc (réserve dans le tas une zone de la taille laissée en sommet de pile, l'adresse obtenue est laissée en sommet de pile).*

```
PUSH 1              On réserve pour x
LOADL 1             Taille de l'entier
SUBR MAlloc         On réserve pour x
STORE (1) 0[SB]     On enregistre au déplacement de x, l'adresse ou sera stockée sa valeur
LOADL 3             On charge la constante
LOAD (1) 0[SB]      On charge l'adresse ou sera stockée la valeur de x
STOREI (1)          Ecrit la valeur de la constante à l'adresse de x
PUSH 1
LOADL 18
STORE (1) 1[SB]
PUSH 1              La taille de y
LOADA 1[SB]         Empile l'adresse de z
STORE (1) 2[SB]     L'adresse de y reçois celle de z
LOAD (1) 0[SB]      x
LOADI (1)           *x
LOAD (1) 2[SB]      y
STOREI (1)          Range
```

On notera que

```
LOADL 18
STORE (2) 0[SB]
```

est une action identique à

```
LOADL 18
LOADA 0[SB]
STOREI (2)
```

Et que :

```
LOAD (2) 0[SB]
```

est une action identique à

```
LOADA 0[SB]
LOADI (2)
```

7. *Modifier la passe de génération de code.*
   Réflechir et coder !