Revision: 1.1

Master d'informatique 2014-2015
Spécialité STL
« Développement d'un Langage de Programmation »
DLP – 4I501
épisode ILP7

C.Queinnec

Plan du cours 10

- Compilation indépendante, séparée
- Édition de liens

Compilation indépendante/séparée

- Tronçonner la définition d'une application
- tout en assurant la même sémantique qu'une définition unique.

Quelle est l'unité de compilation : fichier (`load`) ou module (`use`) ?

Partage

Le problème se pose sur les variables ou fonctions globales : comment les partager ?
ILP n'a qu'un seul espace de noms. Un même nom global, à deux endroits différents, doit désigner la même chose.

```
// fichier f
function foo (x) {
   print("foo()");
   return 2*x
}
foo(11);
```

```
// fichier g
function bar (x,y) {
  print("bar()");
  return x*y
}
foo(22);
foo = bar;
foo(33, 44);
```

Interprétation

Évaluation séquentielle des expressions dans le même espace global.

- Évaluation avec

```
% ilp f.ilp g.ilp
```

- `#include "fichier"`
- `use module;`
  Quel est le lien entre un nom de module et un nom de fichier ?
- `load("fichier")`

Partage

Aux variables globales sont associées des adresses qui permettent d'obtenir des valeurs (fonctionnelles ou autres).
En C : distinguer déclaration et initialisation, même espace de noms pour fonctions et variables globales (pareil pour `ld`).
En C : `ld` est assez primitif.

Stratégie 1

- Utiliser l'éditeur de liens `ld`
- Les variables globales d'ILP sont des variables globales de C
- Les `.o` de C sont les `.c` d'ILP

Mise en œuvre

```
% ls
f.ilp  g.ilp
% ilpc f.ilp g.ilp && ls
f.c    f.ilp   g.c     g.ilp   # des fichiers C
% ilpld f.c g.c && ls  # travail sur fichiers C
a.out  f.c     f.ilp   g.c    g.ilp    main.c
% ./a.out
```

Principes de traitement

Pour toute unité de compilation *m*,

- Compiler `function foo () {...}` en `foo = function () {...}`
- Collecter les variables globales (les déclarer en `extern`)
- Compiler les variables globales par leur nom en C
- Placer tout le code de *m* dans une fonction `m_init()`
- Déterminer un ordre de chargement des fichiers
- Engendrer un fichier `main.c` qui déclare toutes les variables globales, les exporte et invoque séquentiellement toutes les `m_init()`

Exemple : fichier f

```
/* fichier f */
extern ILP_Object foo;

static ILP_Object
ILP_foo (ILP_Object x)
{
  ILP_print(...);
  return ILP_Times(ILP_Integer2ILP(2), x);
}

void
ILP_f_init () {
  /* les initialisations */
  foo = ILP_Function2ILP(ILP_foo, 1);
  /* les instructions */
  ILP_Invoke(foo, 1, ILP_Integer2ILP(11));
}
```


Nouveau type

Au passage, la bibliothèque d'exécution s'enrichit d'un type fonctionnel créé par `ILP_Function2ILP` (qui prend l'arité) et d'un mécanisme d'invocation `ILP_Invoke` (qui prend le nombre d'arguments).

Exemple : fichier g

```
/* fichier g */
extern ILP_Object foo;
extern ILP_Object bar;

static ILP_Object
ILP_bar (ILP_Object x, ILP_Object y)
{
  ILP_print(...);
  return ILP_Times(x, y);
}

void
ILP_g_init () {
  /* les initialisations */
  bar = ILP_Function2ILP(ILP_bar, 2);
  /* les instructions */
  ILP_Invoke(foo, 1, ILP_Integer2ILP(22));
  foo = bar;
  ILP_Invoke(foo, 2, ILP_Integer2ILP(33), ILP_Integer2ILP(44));
}
```

Lancement

```
/* Engendre automatiquement par

 cat *.c | \
 sed -re 's/^extern (ILP_Object .+);/\1 = NULL;/'

*/
ILP_Object foo = NULL;
ILP_Object bar = NULL;

int
main () {
  ILP_f_init();
  ILP_g_init();
  return EXIT_SUCCESS;
}
```


Conclusions partielles

- Avantages :
  - protocole simple pour modules faits main.
  - Accès à variables globales C simple (mais conversion de leurs valeurs vers ILP).
  - Couplage à bibliothèques C simple.
- Inconvénients :
  - toute variable globale est potentiellement modifiable,
  - plus aucune intégration possible de fonction globale.
  - Pas de chargement dynamique de module.
  - Ordre de chargement des modules délicat (certaines variables globales pourraient ne pas être initialisées).
  - Les `.c` sont lus par `ilpld` pour collecter les variables globales qui peut aussi numéroter les classes.

Stratégie 2

Plus dynamique, plus de contrôle sur les partages. Plus besoin des fichiers `.c`
Permet le renommage de variables globales (et ainsi prendre en compte les traductions de noms de variables).

Mise en œuvre

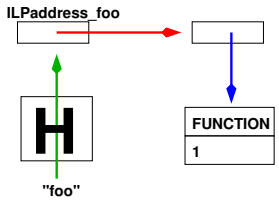
```
% ls
f.ilp  g.ilp
% ilpc f.ilp g.ilp && ls
f.o    f.ilp   g.o    g.ilp   # des .o
% ilpld f g && ls      # travail sur noms
a.out  f.o     f.ilp  g.o   g.ilp
% ./a.out
```

Exemple : fichier f

```
/* fichier f */
static ILP_Object* ILPaddress_foo;

static ILP_Object ILP_foo (ILP_Object x)
{
  ILP_print(...);
  return ILP_Times(ILP_Integer2ILP(2), x);
}

void
ILP_f_init () {
  /* l'edition de liens */
  ILPaddress_foo = ILP_register("foo");
  /* les initialisations */
  *ILPaddress_foo = ILP_Function2ILP(ILP_foo, 1);
  /* les instructions */
  ILP_Invoke(*ILPaddress_foo, 1, ILP_Integer2ILP(11));
}
```

Exemple : fichier g

```
/* fichier g */
static ILP_Object* ILPaddress_foo;
static ILP_Object* ILPaddress_bar;

static ILP_Object
ILP_bar (ILP_Object x, ILP_Object y)
{
  ILP_print(...);
  return ILP_Times(x, y);
}

void
ILP_g_init () {
  /* l'edition de liens */
  ILPaddress_foo = ILP_register("foo");
  ILPaddress_bar = ILP_register("bar");
  /* les initialisations */
  *ILPaddress_bar = ILP_Function2ILP(ILP_bar, 2);
  /* les instructions */
  ILP_Invoke(*ILPaddress_foo, 1, ILP_Integer2ILP(22));
  *ILPaddress_foo = *ILPaddress_bar;
  ILP_Invoke(*ILPaddress_foo, 2, ILP_Integer2ILP(33), ILP_Integer2ILP(44
}
```


Lancement

Le module `main` correspond à une simple concaténation. La fonction d'initialisation est la seule chose exportée d'un module.

```
/* Engendre automatiquement */
int
main () {
  ILP_init();
  /* pour chaque module: */
  ILP_f_init();
  ILP_g_init();
  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Espace global

La fonction `ILP_register` maintient une table associative (chaîne C vers valeur ILP). Elle repose sur des maillons de la forme :

```
struct HashItem {
  char*      name;  /* Nom variable globale */
  ILP_Object value; /* valeur d'icelle */
}
```

L'adresse du second champ du maillon deviendra la valeur des pointeurs d'accès `ILPaddress_foo`.
Avantages : prise en compte des différences de nommages des variables globales entre ILP et C. Plus besoin de conserver les fichiers `.c` (sauf pour mise au point).
Inconvénients : indirection pour accès à variables globales.

Extensions

La directive (pas l'instruction) `use f` dans le module `g` revient à ajouter `ILP_f_init()` dans la fonction d'initialisation du module `g`. Comme cela fixe un ordre, on peut utiliser cet ordre pour presque se passer de l'édition de liens.

```
/* Engendre automatiquement */
int
main () {
  ILP_Symbols hash = ILP_makeSymbols();
  ILP_g_init(hash); /* invoquera ILP_f_init(hash)
  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Prévenir la double inclusion !
Pas de cycle !

Renommages

Renommage à l'export `foo@current = foobar`

```
void
ILP_g_init (ILP_Symbols hash) {
  ILPaddress_foo = ILP_register(hash, "foobar");
  ...
}
```

Renommage à l'import `foobar = bar@current`

```
void
ILP_g_init (ILP_Symbols hash) {
  ...
  ILP_f_init(hash);
  ILPaddress_bar = ILP_register(hash, "foobar");
  ...
}
```

Manipulation de la table des symboles globaux (comme en Perl) avec de nouvelles fonctions telles que `ILP_unregister`

Conclusions générales d'ILP

- Lecture de programmes imparfaits
- Progression en Java
- Génération de code C
- Meilleure connaissance des exceptions et des objets