Présentation de l'outil IRPF90

Anthony Scemama, *François Colonna*

LCPQ-IRSAMC, Toulouse
LCT, Paris VI

13 Novembre 2008

Présentation

Préambule

- Un programme (ou sous-programme) est une fonction des données :
  output = programme(input)
- Dans la vision fonctionnelle, on peut toujours représenter un programme comme un graphe sans cycle où :
- Les nœuds du graphe sont les variables
- Les segments représentent la relation “a besoin de” ou “est nécessaire pour” (“est un argument de”).
- On parle d’*arbre de production*

Préambule

- Un programme (ou sous-programme) est une fonction des données :
  output = programme(input)
- Dans la vision fonctionnelle, on peut toujours représenter un programme comme un graphe sans cycle où :
- Les nœuds du graphe sont les variables
- Les segments représentent la relation “a besoin de” ou “est nécessaire pour” (“est un argument de”).
- On parle d’*arbre de production*

Préambule

- Un programme (ou sous-programme) est une fonction des données :
  output = programme(input)
- Dans la vision fonctionnelle, on peut toujours représenter un programme comme un graphe sans cycle où :
- Les nœuds du graphe sont les variables
- Les segments représentent la relation “a besoin de” ou “est nécessaire pour” (“est un argument de”).
- On parle d’*arbre de production*

Préambule

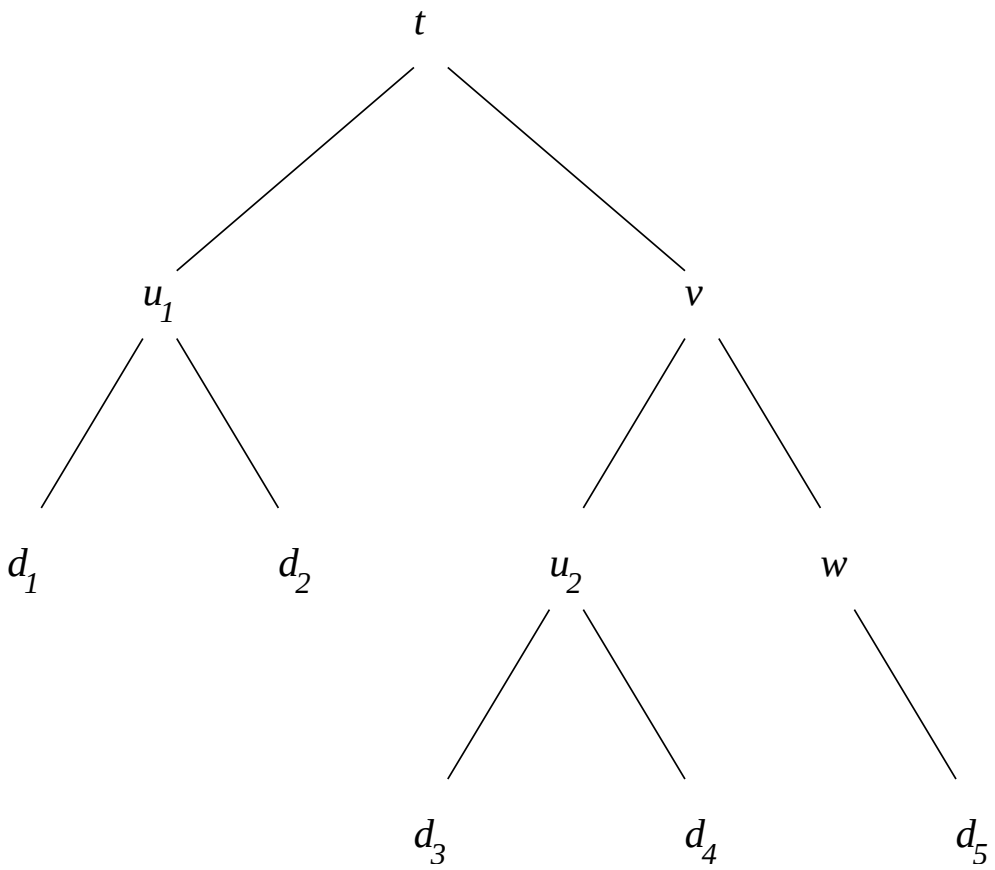
- Un programme (ou sous-programme) est une fonction des données :
  output = programme(input)
- Dans la vision fonctionnelle, on peut toujours représenter un programme comme un graphe sans cycle où :
- Les nœuds du graphe sont les variables
- Les segments représentent la relation “a besoin de” ou “est nécessaire pour” (“est un argument de”).
- On parle d’*arbre de production*

Préambule

- Un programme (ou sous-programme) est une fonction des données :
  output = programme(input)
- Dans la vision fonctionnelle, on peut toujours représenter un programme comme un graphe sans cycle où :
- Les nœuds du graphe sont les variables
- Les segments représentent la relation “a besoin de” ou “est nécessaire pour” (“est un argument de”).
- On parle d’*arbre de production*

Exemple

Arbre de production de t :



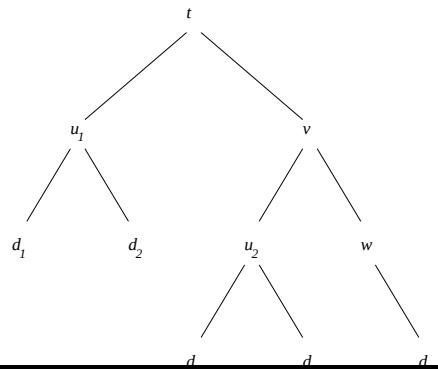
Exemple

On cherche à calculer $t(u(d_1, d_2), v(u(d_3, d_4), w(d_5)))$:

$$u(x, y) = x + y + 1 \quad (1)$$
$$v(x, y) = x + y + 2 \quad (2)$$
$$w(x) = x + 3 \quad (3)$$
$$t(x, y) = x + y + 4 \quad (4)$$

Programmation usuelle

```
program exemple_1
   call lecture(d1,d2,d3,d4,d5)
   call calcule_u(d1,d2,u1)
   call calcule_u(d3,d4,u2)
   call calcule_w(d5,w)
   call calcule_v(u2,w,v)
   call calcule_t(u1,v,t)
   print *, t
end program
```



Autres possibilités

```
program exemple_2
   call lecture(d1,d2,d3,d4,d5)
   u1 = calcule_u(d1,d2)
   u2 = calcule_u(d3,d4)
   w = calcule_w(d5)
   v = calcule_v(u2,w)
   t = calcule_t(u1,v)
   print *, t
end program
```

ou même :

```
program exemple3
   call lecture(d1,d2,d3,d4,d5)
   print *, t( u(d1,d2) , v( u(d3,d4),w(d5) ) )
end program
```

Autres possibilités

```
program exemple_2
   call lecture(d1,d2,d3,d4,d5)
   u1 = calcule_u(d1,d2)
   u2 = calcule_u(d3,d4)
   w = calcule_w(d5)
   v = calcule_v(u2,w)
   t = calcule_t(u1,v)
   print *, t
end program
```

ou même :

```
program exemple3
   call lecture(d1,d2,d3,d4,d5)
   print *, t( u(d1,d2) , v( u(d3,d4),w(d5) ) )
end program
```

Présentation

Programmation par IRP

fichier: exemple.irp.f

```
program exemple_4
   print *, t
end program
```

- L'utilisation de *t* engendre l'exploration de l'arbre.
- Équivalent à un appel de fonction mais sans paramètres (IRP : Implicit Reference to Parameters)

Programmation par IRP

fichier: exemple.irp.f

```
program exemple_4
   print *, t
end program
```

- L'utilisation de *t* engendre l'exploration de l'arbre.
- Équivalent à un appel de fonction mais sans paramètres (IRP : Implicit Reference to Parameters)

Programmation par IRP

fichier: exemple.irp.f

```
program exemple_4
   print *, t
end program
```

- L'utilisation de *t* engendre l'exploration de l'arbre.
- Équivalent à un appel de fonction mais sans paramètres (IRP : Implicit Reference to Parameters)

Construction des nœuds de l'arbre

On écrit comment construire un nœud en fonction de ses fils

fichier: uvwt.irp.f

```
BEGIN_PROVIDER [ integer, t ]
   t = u1+v+4
END_PROVIDER

BEGIN_PROVIDER [ integer, u1 ]
   u1 = d1+d2+1
END_PROVIDER

BEGIN_PROVIDER [ integer, v ]
   v = u2+w+2
END_PROVIDER
```

Construction des feuilles de l'arbre

On peut aussi écrire un seul fournisseur pour plusieurs variables :

fichier: input.irp.f

```
 BEGIN_PROVIDER [ integer, d1 ]
&BEGIN_PROVIDER [ integer, d2 ]
&BEGIN_PROVIDER [ integer, d3 ]
&BEGIN_PROVIDER [ integer, d4 ]
&BEGIN_PROVIDER [ integer, d5 ]
  read(*,*) d1
  read(*,*) d2
  read(*,*) d3
  read(*,*) d4
  read(*,*) d5
END_PROVIDER
```

Génération du Fortran

- Le programme *irpf90* lit tous les fichiers `*.irp.f` du répertoire courant
- Toutes les variables fournies sont répertoriées
- Toutes les variables fournies sont recherchées dans le code
- Les fournisseurs sont créés à partir des blocs `BEGIN_PROVIDER ... END_PROVIDER`
- Des appels `call provide_*` sont insérés dans le texte
- Chaque fichier `*.irp.f` engendre un fichier `*.F90` contenant un module `*_mod`.
- Un module contient les variables fournies dans le fichier, et l'information de la validité des données.
- Un fichier contenant les dépendences entre modules est construit pour le Makefile

Génération du Fortran

- Le programme *irpf90* lit tous les fichiers `*.irp.f` du répertoire courant
- Toutes les variables fournies sont répertoriées
- Toutes les variables fournies sont recherchées dans le code
- Les fournisseurs sont créés à partir des blocs `BEGIN_PROVIDER ... END_PROVIDER`
- Des appels `call provide_*` sont insérés dans le texte
- Chaque fichier `*.irp.f` engendre un fichier `*.F90` contenant un module `*_mod`.
- Un module contient les variables fournies dans le fichier, et l'information de la validité des données.
- Un fichier contenant les dépendences entre modules est construit pour le Makefile

Génération du Fortran

- Le programme *irpf90* lit tous les fichiers `*.irp.f` du répertoire courant
- Toutes les variables fournies sont répertoriées
- Toutes les variables fournies sont recherchées dans le code
- Les fournisseurs sont créés à partir des blocs `BEGIN_PROVIDER ... END_PROVIDER`
- Des appels `call provide_*` sont insérés dans le texte
- Chaque fichier `*.irp.f` engendre un fichier `*.F90` contenant un module `*_mod`.
- Un module contient les variables fournies dans le fichier, et l'information de la validité des données.
- Un fichier contenant les dépendences entre modules est construit pour le Makefile

Génération du Fortran

- Le programme *irpf90* lit tous les fichiers `*.irp.f` du répertoire courant
- Toutes les variables fournies sont répertoriées
- Toutes les variables fournies sont recherchées dans le code
- Les fournisseurs sont créés à partir des blocs `BEGIN_PROVIDER ... END_PROVIDER`
- Des appels `call provide_*` sont insérés dans le texte
- Chaque fichier `*.irp.f` engendre un fichier `*.F90` contenant un module `*_mod`.
- Un module contient les variables fournies dans le fichier, et l'information de la validité des données.
- Un fichier contenant les dépendences entre modules est construit pour le Makefile

Génération du Fortran

- Le programme *irpf90* lit tous les fichiers `*.irp.f` du répertoire courant
- Toutes les variables fournies sont répertoriées
- Toutes les variables fournies sont recherchées dans le code
- Les fournisseurs sont créés à partir des blocs `BEGIN_PROVIDER ... END_PROVIDER`
- Des appels `call provide_*` sont insérés dans le texte
- Chaque fichier `*.irp.f` engendre un fichier `*.F90` contenant un module `*_mod`.
- Un module contient les variables fournies dans le fichier, et l'information de la validité des données.
- Un fichier contenant les dépendences entre modules est construit pour le Makefile

Génération du Fortran

- Le programme *irpf90* lit tous les fichiers `*.irp.f` du répertoire courant
- Toutes les variables fournies sont répertoriées
- Toutes les variables fournies sont recherchées dans le code
- Les fournisseurs sont créés à partir des blocs `BEGIN_PROVIDER ... END_PROVIDER`
- Des appels `call provide_*` sont insérés dans le texte
- Chaque fichier `*.irp.f` engendre un fichier `*.F90` contenant un module `*_mod`.
- Un module contient les variables fournies dans le fichier, et l'information de la validité des données.
- Un fichier contenant les dépendences entre modules est construit pour le Makefile

Génération du Fortran

- Le programme *irpf90* lit tous les fichiers `*.irp.f` du répertoire courant
- Toutes les variables fournies sont répertoriées
- Toutes les variables fournies sont recherchées dans le code
- Les fournisseurs sont créés à partir des blocs `BEGIN_PROVIDER ... END_PROVIDER`
- Des appels `call provide_*` sont insérés dans le texte
- Chaque fichier `*.irp.f` engendre un fichier `*.F90` contenant un module `*_mod`.
- Un module contient les variables fournies dans le fichier, et l'information de la validité des données.
- Un fichier contenant les dépendences entre modules est construit pour le Makefile

Génération du Fortran

- Le programme *irpf90* lit tous les fichiers `*.irp.f` du répertoire courant
- Toutes les variables fournies sont répertoriées
- Toutes les variables fournies sont recherchées dans le code
- Les fournisseurs sont créés à partir des blocs `BEGIN_PROVIDER ... END_PROVIDER`
- Des appels `call provide_*` sont insérés dans le texte
- Chaque fichier `*.irp.f` engendre un fichier `*.F90` contenant un module `*_mod`.
- Un module contient les variables fournies dans le fichier, et l'information de la validité des données.
- Un fichier contenant les dépendences entre modules est construit pour le Makefile

Présentation

Fortran généré

fichier: exemple_4.F90

```
program exemple_4
  use uvwt_mod     ! Module qui contient t
  call provide_t   ! Fournit (et construit) t
  print *, t       ! Code du fichier exemple_4.irp.f
end
```

fichier: input.F90

```
module input_mod
  integer :: d1
  logical :: d1_is_built = .False.
  integer :: d5,d4,d3,d2
end module input_mod
subroutine provide_d1
  use input_mod
  if (.not.d1_is_built) then
   d1_is_built = .True.
   call bld_d1
  endif
end subroutine provide_d1
...
```

fichier: input.F90

```
...
subroutine bld_d1
  use input_mod    ! Code insere
  read(*,*) d1
  read(*,*) d2
  read(*,*) d3
  read(*,*) d4
  read(*,*) d5
end subroutine bld_d1
...
```

fichier: uvwt.F90

```
module uvwt_mod
  integer :: u2
  logical :: u2_is_built = .False.
  integer :: u1
  logical :: u1_is_built = .False.
  integer :: v
  logical :: v_is_built = .False.
  integer :: w
  logical :: w_is_built = .False.
  integer :: t
  logical :: t_is_built = .False.
end module uvwt_mod
...
```

fichier: uvwt.F90

```
...
subroutine provide_u2
  use input_mod
  use uvwt_mod
  if (.not.u2_is_built) then
   call provide_d1                ! Fournit aussi d2,d3,d4,d5
   u2_is_built = .True.
   call bld_u2
  endif

end subroutine provide_u2
...
```

fichier: uvwt.F90

```
...
subroutine bld_u2
  use input_mod
  use uvwt_mod
  integer :: fu
  u2 = fu(d3,d4)
end subroutine bld_u2
...
```

On peut utiliser des subroutines et des fonctions Fortran, comme la fonction `fu` dans cet exemple.

Présentation

Déclaration des tableaux

Par exemple, un tableau A est déclaré par :

```
BEGIN_PROVIDER [ integer, A, (dim1,dim2) ]
```

où `dim1` et `dim2` peuvent être :

- des entiers
- des variables fournies
- un domaine `a:b` entre `a` et `b`

Déclaration des tableaux

Par exemple, un tableau A est déclaré par :

```
BEGIN_PROVIDER [ integer, A, (dim1,dim2) ]
```

où `dim1` et `dim2` peuvent être :

- des entiers
- des variables fournies
- un domaine `a:b` entre `a` et `b`

Déclaration des tableaux

Par exemple, un tableau A est déclaré par :

```
BEGIN_PROVIDER [ integer, A, (dim1,dim2) ]
```

où `dim1` et `dim2` peuvent être :

- des entiers
- des variables fournies
- un domaine `a:b` entre `a` et `b`

Dans la routine `provide_a`, si la variable `A` n'est pas construite :

- Si le tableau `A` n'est pas encore alloué, on fait l'allocation.
- Si le tableau `A` est déjà alloué, on vérifie que ses dimensions sont correctes. Si elles ne le sont pas, on le ré-alloue avec les bonnes dimensions.
- En cas d'allocation, on vérifie que l'allocation s'est bien produite (`stat=err`)
- Si les dimensions sont des variables fournies, on appelle les fournisseurs de ces variables avant de procéder à l'allocation.

Dans la routine `provide_a`, si la variable `A` n'est pas construite :

- Si le tableau `A` n'est pas encore alloué, on fait l'allocation.
- Si le tableau `A` est déjà alloué, on vérifie que ses dimensions sont correctes. Si elles ne le sont pas, on le ré-alloue avec les bonnes dimensions.
- En cas d'allocation, on vérifie que l'allocation s'est bien produite (`stat=err`)
- Si les dimensions sont des variables fournies, on appelle les fournisseurs de ces variables avant de procéder à l'allocation.

Dans la routine `provide_a`, si la variable `A` n'est pas construite :

- Si le tableau `A` n'est pas encore alloué, on fait l'allocation.
- Si le tableau `A` est déjà alloué, on vérifie que ses dimensions sont correctes. Si elles ne le sont pas, on le ré-alloue avec les bonnes dimensions.
- En cas d'allocation, on vérifie que l'allocation s'est bien produite (`stat=err`)
- Si les dimensions sont des variables fournies, on appelle les fournisseurs de ces variables avant de procéder à l'allocation.

Dans la routine `provide_a`, si la variable `A` n'est pas construite :

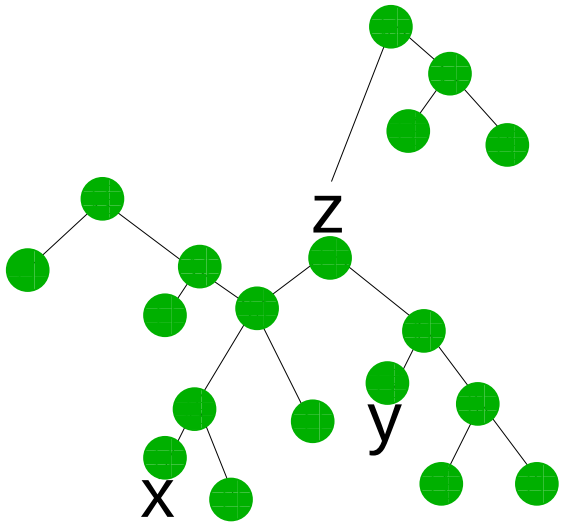
- Si le tableau `A` n'est pas encore alloué, on fait l'allocation.
- Si le tableau `A` est déjà alloué, on vérifie que ses dimensions sont correctes. Si elles ne le sont pas, on le ré-alloue avec les bonnes dimensions.
- En cas d'allocation, on vérifie que l'allocation s'est bien produite (`stat=err`)
- Si les dimensions sont des variables fournies, on appelle les fournisseurs de ces variables avant de procéder à l'allocation.

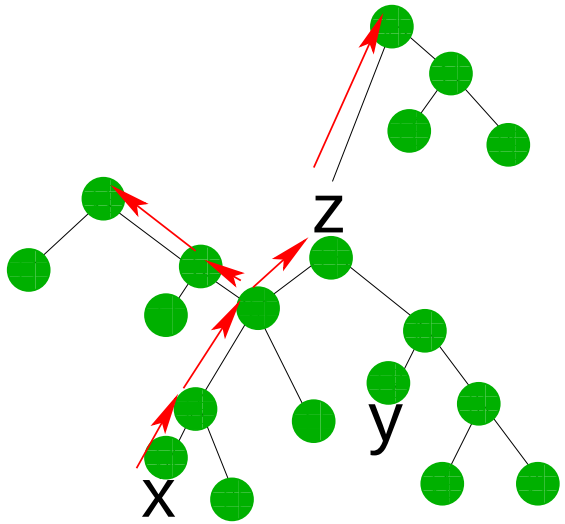
Modification de variables fournies

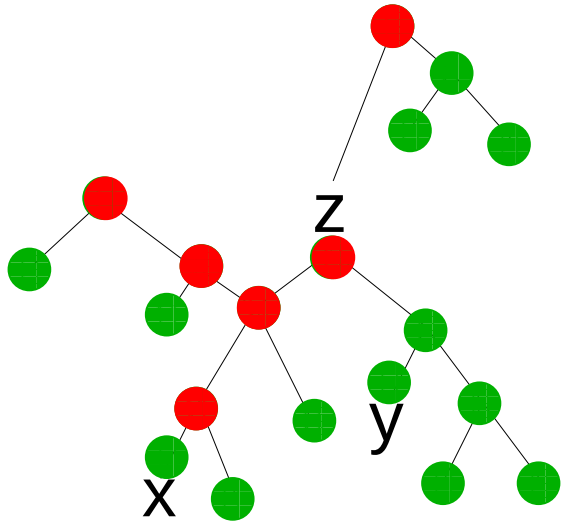
La modification d'une variable fournie entraîne l'invalidation de tous ses parents. Cela est réalisé avec le mot-clé `TOUCH` :

```
do i=1,10
 do j=1,10
  x(j) = x(j)+3
 enddo
 TOUCH x
 print *, y ! ou y depend de x
enddo
```

Si `y` et `x` ont un parent `z` en commun celui-ci sera donc recalculé, ainsi que tous les intermédiaires entre `z` et `y`


z
y
x


z
y
x


z
y
x

Assertions

Une assertion est exprimée par le mot-clé `ASSERT`

```
ASSERT (d2 > d1)
```

- Si l'option -a n'est pas présente dans la ligne de commande, les assertions sont supprimées
- Si la condition n'est pas remplie, un message d'erreur est produit à l'exécution, avec la pile d'execution

```
Stack trace:
------------------------
irp_example1
subroutine run
provide_t
provide_v
provide_w
provide_d5
bld_d1
------------------------
bld_d1: Assert failed:
 file: input.irp.f, line: 8
( d3 > d2 )
d3 =            2
d2 =            3
```

Assertions

Une assertion est exprimée par le mot-clé `ASSERT`

```
ASSERT (d2 > d1)
```

- Si l'option -a n'est pas présente dans la ligne de commande, les assertions sont supprimées
- Si la condition n'est pas remplie, un message d'erreur est produit à l'exécution, avec la pile d'execution

```
Stack trace:
------------------------
irp_example1
subroutine run
provide_t
provide_v
provide_w
provide_d5
bld_d1
------------------------
bld_d1: Assert failed:
 file: input.irp.f, line: 8
( d3 > d2 )
d3 =            2
d2 =            3
```

Assertions

Une assertion est exprimée par le mot-clé `ASSERT`

```
ASSERT (d2 > d1)
```

- Si l'option -a n'est pas présente dans la ligne de commande, les assertions sont supprimées
- Si la condition n'est pas remplie, un message d'erreur est produit à l'exécution, avec la pile d'execution

```
Stack trace:
------------------------
irp_example1
subroutine run
provide_t
provide_v
provide_w
provide_d5
bld_d1
------------------------
bld_d1: Assert failed:
 file: input.irp.f, line: 8
( d3 > d2 )
d3 =            2
d2 =            3
```

Sauvegarde de l'état du code

L'écriture et la lecture de sous-arbres est effectuée à l'aide des mots clés `IRP_READ` et `IRP_WRITE`.

```
IRP_WRITE A
IRP_WRITE B 2
IRP_READ  B 1
```

La commande `IRP_WRITE A` écrit dans le fichier `$prog_a_$i` le contenu de la variable A, et procède à l'appel de `IRP_WRITE` pour tous les fils de A (où `$prog` est le nom du programe et `$i` est la valeur de l'entier qui suit la commande, 0 par défaut).
De même pour la commande `IRP_READ`
Utilisation : checkpoints.

Introduction de scripts dans le code

Il est possible d'introduire des scripts dont le résultat est du code fortran. Par exemple :

fichier: exemple_5.irp.f

```
program example_5
  BEGIN_SHELL [ /bin/bash ]
    echo print *, \'Compiled by `whoami` on `date`\'
  END_SHELL
end
```

donne :

fichier: exemple_5.F90

```
program example_5
print *, 'Compiled by scemama on Fri Sep 5 09:14:22 CEST 20
end
```

Le bloc BEGIN_SHELL...END_SHELL peut aussi permettre de construire des blocs BEGIN_PROVIDER...END_PROVIDER :

```
BEGIN_SHELL [ /usr/bin/python ]
for i in [1,2]:
  var="x_"+str(i)
  print "BEGIN_PROVIDER [ integer, "+var+" ]"
  print " "+var+" = "+str(i)
  print "END_PROVIDER"
END_SHELL

BEGIN_PROVIDER [ integer, x_1 ]
 x_1 = 1
END_PROVIDER
BEGIN_PROVIDER [ integer, x_2 ]
 x_2 = 2
END_PROVIDER
```

Compilation conditionnelle

Il est possible de définir des variables dans la ligne de commande avec l'option `-D`. Par exemple : `irpf90 -DMPI` définit la variable `MPI`.
Ces variables définissent le code fortran à générer en utilisant la construction `IRP_IF...IRP_ELSE...IRP_ENDIF`. Par exemple :

```
subroutine abort
 IRP_IF MPI
  include 'mpif.h'
  call mpi_abort(MPI_COMM_WORLD,0,ierr)
 IRP_ELSE
  stop
 IRP_ENDIF
end
```

Parallélisation automatique

La présence dans la ligne de commande de l'option `-parallel` parallélise automatiquement les appels `call provide_*`, et construit donc les variables en parallèle via OpenMP.
Par exemple, le code généré est :

```
!$OMP PARALLEL SECTIONS
!$OMP SECTION
   call provide_a
!$OMP SECTION
   call provide_b
!$OMP SECTION
   call provide_c
!$OMP END PARALLEL SECTIONS
```

Debug

Chaque subroutine, fonction et fournisseur de variable contient la variable chaîne de caractères `irp_here` qui contient le nom de la routine. L'ajout de

```
print *, irp_here
```

dans le code imprime le nom de la routine courante.
La présence de l'option `-d` dans la ligne de commande imprime (pour la routine `r`) :

```
 -> r            Entrée dans la routine r
 <- r    xxx s   Sortie de la routine r
```

ou `xxx` est le temps CPU passé dans `r`.

Présentation

- Simplicité d'écriture du code
- Simplicité de débugage : la complexité reste faible
- Code généré très performant
- Parallélisation automatique possible
- Portabilité du code généré

Pour utiliser IRPF90 : venir me voir...
Pour plus d'infos sur l'IRP (Wiki de F. Colonna) :
http ://galileo.lct.jussieu.fr/~frames/mediawiki/index.php/IRP_Programming_Presentation