Université d'Orléans — DEA d'Informatique

Module "compilation avancée"

Sujet d'examen proposé par C. Eisenbeis et F. Thomasset
Session de rattrapage

Avril 2001

Exercice 1
On considère un graphe de flot de contrôle G, avec nœud d'entrée i et nœud de sortie s. Nous allons étudier une nouvelle représentation du programme, qui permet des analyses plus efficaces.
On étend aux arcs de G la notion de la dominance et post-dominance :

Définitions Un arc a *domine* un arc $b = (u \rightarrow v)$ ssi tout chemin de i à u contient l'arc a (dans ce cas, l'arc a domine le nœud u).
Un arc $b = (u \rightarrow v)$ *post-domine* un arc a ssi tout chemin de v à s contient l'arc a (dans ce cas, l'arc b post-domine le nœud v).
Les propriétés sur les nœuds se vérifient également sur les arcs, en particulier : si les arcs a et b dominent un même nœud n, alors ou bien a domine b, ou bien b domine a. De même pour la post-dominance.

Une *Région à Une Entrée et Une Sortie* est un sous-graphe possédant un seul arc d'entrée et un seul arc de sortie ; on la définit formellement par un couple d'arcs distincts (a, b) tels que :

1. a domine b ;

2. b post-domine a ;

3. tout cycle contenant b contient également a ;

4. tout cycle contenant a contient également b.

Donc, tout chemin quittant la région (a, b) doit passer par l'arc de sortie b.

Question 1.1 Que se passerait-il si l'on omettait les conditions 3. et 4. dans la définition ci-dessus ? (indication : penser aux arcs "arrière" (*back-edges*)). ◇

Question 1.2 Évaluer, en fonction du nombre d'arcs de G, le nombre maximal de régions différentes. ◇

Par la suite, on pourra utiliser par exemple le sigle SESE (pour *"Single Entry, Single Exit"*) pour désigner ces régions.

Parmi toutes les régions possibles, on cherche à caractériser les régions minimales ; on introduit pour cela la notion de région canonique :

Définition Une région (a, b) (définie par les 2 arcs a, b) est dite *canonique* si pour toute région SESE :

- b domine b' pour toute région SESE (a, b') ;
- a post-domine a' pour toute région SESE (a', b) ;

Question 1.3 Considérez le programme ci-dessous :

```
a = 0;
if (x>0)
```

```
    {
      y = 1;
      x = z + y + 1;
    }
else
    {
      y = 2;
      x = z + 1;
    }
w = z * 2;
```

Construire le CFG et indiquez les régions SESE canoniques. ◇

Nous allons organiser les régions SESE hiérarchiquement, en les emboîtant à la manière des nids de boucles vus en cours. Pour cela, nous allons avoir besoin de définir quels sont les nœuds "contenus" dans une région.

Définition
Un nœud n est *contenu* dans la région (a, b) si a domine n, et b post-domine n.
Une région $R1$ contient une région $R2$ ssi tout nœud contenu dans $R2$ est contenu dans $R1$.

Question 1.3 Soient$R1$ et $R2$ deux régions canoniques. Montrez que l'une des alternatives est vraie :

- $R1$ et $R2$ sont disjointes : aucun n n'appartient à la fois à $R1$ et $R2$;
- $R1$ est contenue dans $R2$;
- $R2$ est contenue dans $R1$.

Indications : *Supposer que (a, b) et (c, d) sont deux régions distintes contenant un nœud n ; vérifier que ou bien a domine c, ou bien c domine a. Supposer par exemple que a domine c, et examiner les différentes situations de post-dominance entre b et d ; conclure dans chaque cas à une contradiction.* ◇

Question 1.4 En déduire que l'on peut organiser les régions sous forme arborescente.
On admettra que cet arbre peut être calculé en temps linéaire en le nombre d'arcs du graphe G. ◇

Question 1.5 Pouvez-vous utiliser les régions SESE pour caractériser une région correspondant à un bloc de base? À un *if-then-else*? À une boucle? ◇

Question 1.6 Supposer qu'un problème d'analyse de flots de données est posé sur G. Comment utiliser la structure étudiée dans cet exercice pour rendre l'analyse plus efficace? On pourra supposer que le cadre d'analyse est distributif. ◇

Exercice 2

Question 2.1 Donnez le graphe de dépendances pour la boucle ci-dessous, en précisant leur type :

```
      DO I = 1, N*2
S1:      A(I) = A(N*2-I+1) + 1
      END DO
```

◇

Question 2.2 Pouvez-vous trouver un mécanisme transformant cette boucle en boucles parallèles? ◇