

Nid de Boucles

1 Analyse de dépendances

▷ **Question 1** Effectuer l'analyse de dépendances sur le code suivant :

$$\begin{aligned} S_1 &: A \leftarrow B + C \\ S_2 &: D \leftarrow E + F \\ S_3 &: C \leftarrow A + C \\ S_4 &: E \leftarrow C + D \\ S_5 &: E \leftarrow 1 \end{aligned}$$

▷ **Question 2** Effectuer l'analyse de dépendance du programme suivant :

Pour $i = 1$ à N :

Pour $j = 1$ à N :

$$\begin{aligned} S_1 &: a(i+1, j-1) \leftarrow b(i, j+4) + c(i-2, j-3) + 1 \\ S_2 &: b(i-1, j) \leftarrow a(i, j) - 1 \\ S_3 &: c(i, j) \leftarrow a(i, j-2) + b(i, j) \end{aligned}$$

2 Élimination de dépendances

▷ **Question 3** Calculer le GDR du code suivant :

Pour $i = 1$ à N :

$$\begin{aligned} S_1 &: a(i) \leftarrow b(i) + c(i) \\ S_2 &: a(i+1) \leftarrow a(i) + 2d(i) \end{aligned}$$

Essayer de casser le cycle de dépendance en introduisant une variable temporaire.

Dans le cas général, la découpe de sommet s'applique ainsi :

Pour $i = 1$ à N :

$$\begin{aligned} \dots \\ S_k &: lhs(f(i)) \leftarrow rhs(\dots) \\ \dots \\ S_i &: \dots \leftarrow lhs(g(i)) \end{aligned}$$

avant la découpe

Pour $i = 1$ à N :

$$\begin{aligned} \dots \\ S'_k &: temp(f(i)) \leftarrow rhs(\dots) \\ S_k &: lhs(f(i)) \leftarrow temp(f(i)) \\ \dots \\ S_i &: \dots \leftarrow temp(g(i)) \end{aligned}$$

après la découpe

▷ **Question 4** On suppose que la fonction d'accès lhs (pour left hand side) est injective. Montrer ce que deviennent les six types de dépendance possibles avec la découpe du sommet : dépendances en entrée sur S_k de type flot, anti et sortie, et dépendances en sortie de S_k de type flot, anti et sortie.

▷ **Question 5** Soit G le GDR d'un nid de boucles, et soit G' le graphe obtenu à partir de G en découplant tous ses sommets. Montrer qu'un cycle de G' comprend, soit uniquement des dépendances de flot, soit uniquement des dépendances de sortie. De plus, montrer que tout cycle de G' correspond à un cycle déjà présent dans G .

▷ **Question 6** Appliquer la méthode de découpe des sommets au code suivant (on découpera uniquement les sommets S_2 et S_3) :

Pour $i = 4$ à N :

$$\begin{aligned} S_1 &: a(i+5) \leftarrow c(i-3) + b(2i+2) \\ S_2 &: b(2i) \leftarrow a(i-1) + 1 \\ S_3 &: a(i) \leftarrow c(i+5) + 1 \\ S_4 &: c(i) \leftarrow b(2i-4) \end{aligned}$$

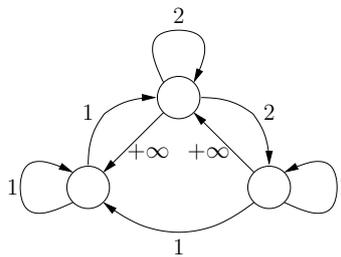
3 Algorithme d'Allen et Kennedy

▷ **Question 7** On considère le code suivant :

Pour $i = 1$ à N :
Pour $j = 1$ à N :
 $S_1 : a(i + 1, j + 1) \leftarrow a(i + 1, j) + b(i, j + 2)$
 $S_2 : b(i + 1, j) \leftarrow a(i + 1, j - 1) + b(i, j - 1)$
 $S_3 : a(i, j + 2) \leftarrow b(i + 1, j + 1) - 1$

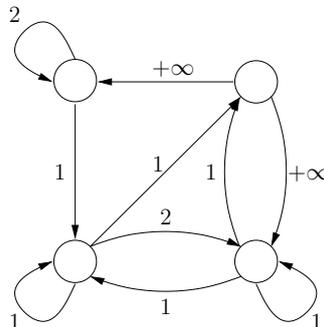
Donner le graphe de dépendances réduit, avec pour chaque dépendance son type (flot, anti, sortie) et son niveau. Appliquer l'algorithme d'Allen et Kennedy pour restructurer le nid de boucles et vérifier la nature des boucles obtenues.

▷ **Question 8** Donner un nid de boucles parfait où toutes les dépendances sont uniformes, et dont le GDRN est exactement le graphe suivant :



Exécuter l'algorithme d'Allen et Kennedy sur ce nid de boucles.

▷ **Question 9** Donner un nid de boucles parfait où toutes les dépendances sont uniformes, et dont le GDRN est exactement le graphe suivant :



Exécuter l'algorithme d'Allen et Kennedy sur ce nid de boucles.

4 Nid de boucles de Peir et Cytron

▷ **Question 10** Calculer le graphe de dépendance réduit par niveau, puis appliquer l'algorithme d'Allen et Kennedy sur l'exemple classique suivant, du à Peir et Cytron.

Pour $i = 0$ à N :
Pour $j = 0$ à N :
 $a(i, j) \leftarrow b(i, j - 6) + d(i - 1, j + 3)$
 $b(i + 1, j - 1) \leftarrow c(i + 2, j + 5)$
 $c(i + 3, j - 1) \leftarrow a(i, j - 2)$
 $d(i, j - 1) \leftarrow a(i, j - 1)$