Validation d'algorithmes

Chapitre IV

Tests en boîte blanche : Compléxité cyclomatique

Raphaël Charrondière raphael.charrondiere@inria.fr

Définition (Thomas J. McCabe)

Soit $\mathcal{G} = (N, V)$ un GFC avec $n = \#N$ et $v = \#V$, la complexité cyclomatique est définie par :$v(\mathcal{G}) = e - n + 2$ en supposant n'avoir qu'une seule composante connexe.

Rappel : aucun test ne remplace une preuve.

- $v(\mathcal{G}) \geq 1$
- $v(\mathcal{G}) = 1$ si et seulement s'il y a un seul chemin
- L'ajout et le retrait de nœuds de commandes ne change pas $v(\mathcal{G})$
- $v(\mathcal{G})$ est la dimension des vecteurs chemins (c'e-a-d le nombre maximum de chemins indépendants)
- $v(\mathcal{G}) = \pi + 1$ où π est le nombre de nœuds de décisions (2 arcs sortants)
- Si $\mathcal{G}$ est planaire $v(\mathcal{G}) = r$ où r est le nombre de régions de graphe

On doit

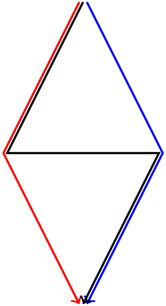
1. calculer la complexité cyclomatique.
2. calculer un ensemble maximal de chemins indépendants.
3. trouver des données de test pour couvrir tous ses chemins.

On doit

1. calculer la complexité cyclomatique.
2. calculer un ensemble maximal de chemins indépendants.
3. trouver des données de test pour couvrir tous ses chemins.

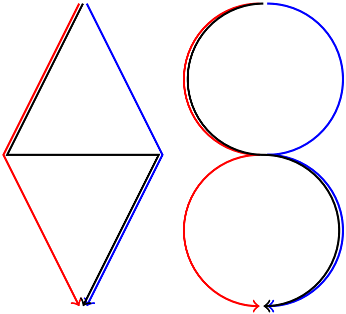
Le piège : il n'existe pas forcément de DT pour chaque chemin, le choix des chemins n'est pas forcément facile.

Ce que la plupart de vous n'ont pas vu : les espaces vectoriels.
On veut une notion de chemins indépendants.
"Ben deux chemins indépendants c'est quand c'est pas les mêmes"
Et pour trois chemins ?



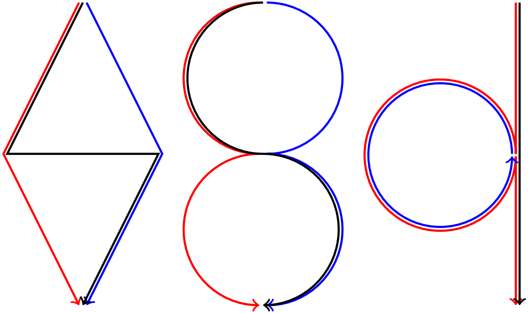
1 Chemins indépendants

Ce que la plupart de vous n'ont pas vu : les espaces vectoriels.
On veut une notion de chemins indépendants.
"Ben deux chemins indépendants c'est quand c'est pas les mêmes"
Et pour trois chemins ?



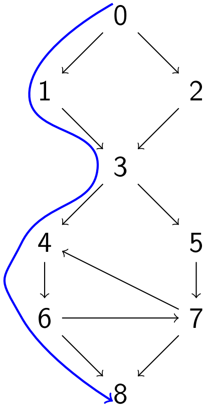
1. Chemins indépendants
2. Comment exprimer "un morceau de chemin"

Ce que la plupart de vous n'ont pas vu : les espaces vectoriels.
On veut une notion de chemins indépendants.
"Ben deux chemins indépendants c'est quand c'est pas les mêmes"
Et pour trois chemins ?



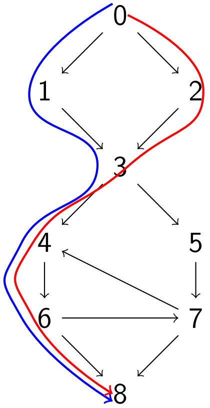
1. Chemins indépendants
2. Comment exprimer "un morceau de chemin"
3. Rouge = bleu + noir

Représenter un chemin : par l'ensemble des arcs qui le constituent



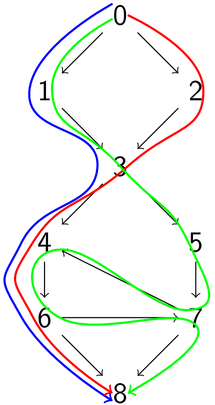
	b
$0 \rightarrow 1$	1
$0 \rightarrow 2$	0
$1 \rightarrow 3$	1
$2 \rightarrow 3$	0
$3 \rightarrow 4$	1
$3 \rightarrow 5$	0
$4 \rightarrow 6$	1
$5 \rightarrow 7$	0
$6 \rightarrow 7$	0
$6 \rightarrow 8$	1
$7 \rightarrow 4$	0
$7 \rightarrow 8$	0

Représenter un chemin : par l'ensemble des arcs qui le constituent



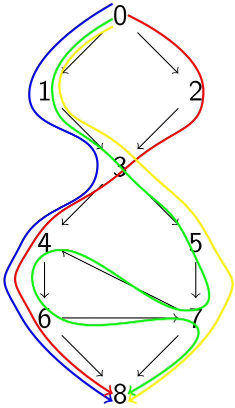
	b	r
$0 \to 1$	1	0
$0 \to 2$	0	1
$1 \to 3$	1	0
$2 \to 3$	0	1
$3 \to 4$	1	1
$3 \to 5$	0	0
$4 \to 6$	1	1
$5 \to 7$	0	0
$6 \to 7$	0	0
$6 \to 8$	1	1
$7 \to 4$	0	0
$7 \to 8$	0	0

Représenter un chemin : par l'ensemble des arcs qui le constituent



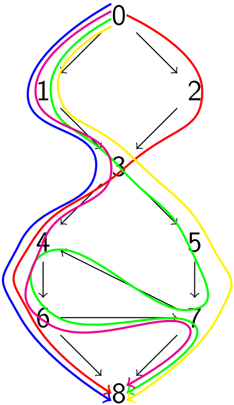
	b	r	v
$0 \to 1$	1	0	1
$0 \to 2$	0	1	0
$1 \to 3$	1	0	1
$2 \to 3$	0	1	0
$3 \to 4$	1	1	0
$3 \to 5$	0	0	1
$4 \to 6$	1	1	1
$5 \to 7$	0	0	1
$6 \to 7$	0	0	1
$6 \to 8$	1	1	0
$7 \to 4$	0	0	1
$7 \to 8$	0	0	1

Représenter un chemin : par l'ensemble des arcs qui le constituent



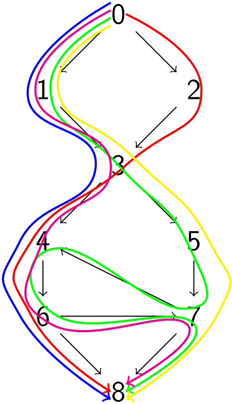
	b	r	v	j
$0 \to 1$	1	0	1	1
$0 \to 2$	0	1	0	0
$1 \to 3$	1	0	1	1
$2 \to 3$	0	1	0	0
$3 \to 4$	1	1	0	0
$3 \to 5$	0	0	1	1
$4 \to 6$	1	1	1	0
$5 \to 7$	0	0	1	1
$6 \to 7$	0	0	1	0
$6 \to 8$	1	1	0	0
$7 \to 4$	0	0	1	0
$7 \to 8$	0	0	1	1

Représenter un chemin : par l'ensemble des arcs qui le constituent



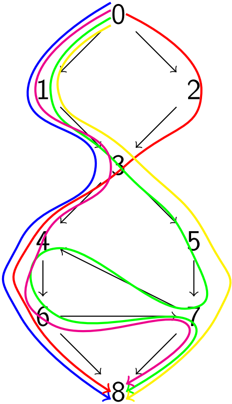
	b	r	v	j	m
$0 \to 1$	1	0	1	1	1
$0 \to 2$	0	1	0	0	0
$1 \to 3$	1	0	1	1	1
$2 \to 3$	0	1	0	0	0
$3 \to 4$	1	1	0	0	0
$3 \to 5$	0	0	1	1	0
$4 \to 6$	1	1	1	0	1
$5 \to 7$	0	0	1	1	0
$6 \to 7$	0	0	1	0	1
$6 \to 8$	1	1	0	0	0
$7 \to 4$	0	0	1	0	0
$7 \to 8$	0	0	1	1	1

Pour chaque chemin : donner une combinaison linéaire de chemins qui lui est égal



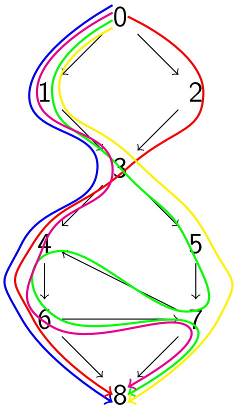
1. $7 \to 4 \to 6 \to 7$:
2. $0 \to 2 \to 3 \to 5 \to 7 \to 8$:
3. $0 \to 1 \to 3 \to 4 \to 6 \to 7 \to 4 \to 6 \to 8$:
4. $0 \to 1 \to 3 \to 4 \to 6 \to 7 \to 4 \to 6 \to 7 \to 8$:

Pour chaque chemin : donner une combinaison linéaire de chemins qui lui est égal



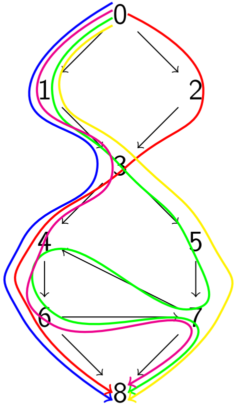
1. $7 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7$: v-j
2. $0 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 8$:
3. $0 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 8$:
4. $0 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8$:

Pour chaque chemin : donner une combinaison linéaire de chemins qui lui est égal

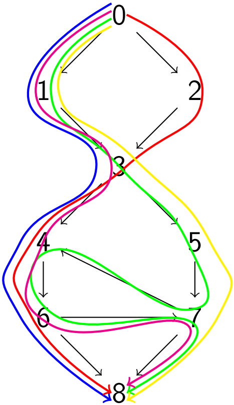


1. $7 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7$: v-j
2. $0 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 8$: j-b+r
3. $0 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7$ $\rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 8$:
4. $0 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7$ $\rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8$:

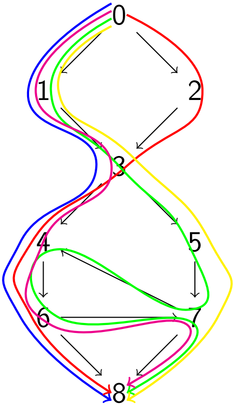
Pour chaque chemin : donner une combinaison linéaire de chemins qui lui est égal



1. $7 \to 4 \to 6 \to 7$: v-j
2. $0 \to 2 \to 3 \to 5 \to 7 \to 8$: j-b+r
3. $0 \to 1 \to 3 \to 4 \to 6 \to 7 \to 4 \to 6 \to 8$: b+v-j
4. $0 \to 1 \to 3 \to 4 \to 6 \to 7 \to 4 \to 6 \to 7 \to 8$: m+v-j

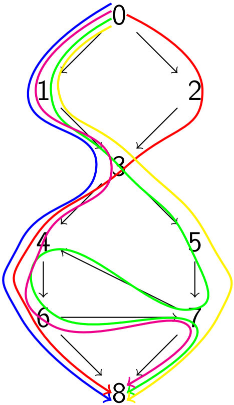


	b	r	v	j	m	v-j
$0 \to 1$	1	0	1	1	1	0
$0 \to 2$	0	1	0	0	0	0
$1 \to 3$	1	0	1	1	1	0
$2 \to 3$	0	1	0	0	0	0
$3 \to 4$	1	1	0	0	0	0
$3 \to 5$	0	0	1	1	0	0
$4 \to 6$	1	1	1	0	1	1
$5 \to 7$	0	0	1	1	0	0
$6 \to 7$	0	0	1	0	1	1
$6 \to 8$	1	1	0	0	0	0
$7 \to 4$	0	0	1	0	0	1
$7 \to 8$	0	0	1	1	1	0

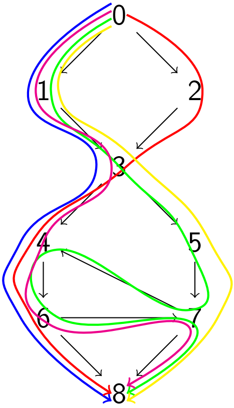


	b	r	v	j	m	v-j	j-b+r
$0 \rightarrow 1$	1	0	1	1	1	0	0
$0 \rightarrow 2$	0	1	0	0	0	0	1
$1 \rightarrow 3$	1	0	1	1	1	0	0
$2 \rightarrow 3$	0	1	0	0	0	0	1
$3 \rightarrow 4$	1	1	0	0	0	0	0
$3 \rightarrow 5$	0	0	1	1	0	0	1
$4 \rightarrow 6$	1	1	1	0	1	1	0
$5 \rightarrow 7$	0	0	1	1	0	0	1
$6 \rightarrow 7$	0	0	1	0	1	1	0
$6 \rightarrow 8$	1	1	0	0	0	0	0
$7 \rightarrow 4$	0	0	1	0	0	1	0
$7 \rightarrow 8$	0	0	1	1	1	0	1

Exemple : et niveau vecteur ?



	b	r	v	j	m	v-j	j-b+r	b+v-j
$0 \rightarrow 1$	1	0	1	1	1	0	0	1
$0 \rightarrow 2$	0	1	0	0	0	0	1	0
$1 \rightarrow 3$	1	0	1	1	1	0	0	1
$2 \rightarrow 3$	0	1	0	0	0	0	1	0
$3 \rightarrow 4$	1	1	0	0	0	0	0	1
$3 \rightarrow 5$	0	0	1	1	0	0	1	0
$4 \rightarrow 6$	1	1	1	0	1	1	0	2
$5 \rightarrow 7$	0	0	1	1	0	0	1	0
$6 \rightarrow 7$	0	0	1	0	1	1	0	1
$6 \rightarrow 8$	1	1	0	0	0	0	0	1
$7 \rightarrow 4$	0	0	1	0	0	1	0	1
$7 \rightarrow 8$	0	0	1	1	1	0	1	0



	b	r	v	j	m	v-j	j-b+r	b+v-j	m+v-j
$0 \to 1$	1	0	1	1	1	0	0	1	1
$0 \to 2$	0	1	0	0	0	0	1	0	0
$1 \to 3$	1	0	1	1	1	0	0	1	1
$2 \to 3$	0	1	0	0	0	0	1	0	0
$3 \to 4$	1	1	0	0	0	0	0	1	0
$3 \to 5$	0	0	1	1	0	0	1	0	0
$4 \to 6$	1	1	1	0	1	1	0	2	2
$5 \to 7$	0	0	1	1	0	0	1	0	0
$6 \to 7$	0	0	1	0	1	1	0	1	2
$6 \to 8$	1	1	0	0	0	0	0	1	0
$7 \to 4$	0	0	1	0	0	1	0	1	1
$7 \to 8$	0	0	1	1	1	0	1	0	1

- On a un ensemble de chemins "une base", tel que
  - Tous les chemins du graphes doivent être des combinaisons linéaire de cette base, c.-à-d. le vecteur représentant doit être une combinaison des vecteurs des chemins de base, pondérée par des relatifs.
  - On ne peut pas exprimer un chemin de la base comme combinaison des autres.
- Toute combinaison linéaire de chemins de la base n'est pas forcément un chemin

Intérêts

- On considère la structure du graphe de contrôle de flot.
- La complexité est facile à calculer et il est facile de trouver une base de chemins indépendants.
- Le nombre de tests requit ne dépend pas des DT
- Plus de problèmes de dépendance sont détectées.

Inconvénients

- Requiert beaucoup de tests
- Requiert d'être strict dans l'écriture du code, qui doit être pensée en même temps que les tests, par exemple :
- Un do-while ne peut pas être un while-do (*)
- Une boucle à nombre fixe d'itération devrait être une séquence (*)

(*): Cela provient de la séparation de la structure du code, et du contenu des nœuds. Certains chemins n'ont pas de DT, et donc on peut ne pas trouver assez de test pour couvrir $v(\mathcal{G})$ chemins indépendants.

Une fois que l'on a trouvé un ensemble maximal de chemins indépendants, il est utile de couvrir ces chemins avec les DT, mais on peut toujours couvrir d'autres chemins (en supplément) par les DT.