



## Marche uniforme pour le test de conformité imbriqué

Michaël CADILHAC

Sous la direction de Fatiha ZAÏDI

M2 LMFI



<http://www.logique.jussieu.fr>

LRI



<http://www.lri.fr/asspro>

27 septembre 2007



# Présentation du stage

Où, avec qui, quand ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Stage de fin de DEA/d'Épita au LRI
  - 4 cinquième du stage effectué
  - Équipe Programmation et Génie Logiciel, dirigé par Marie-Claude GÖDEL
  - Sous la direction de Fatiha ZAÏDI
  - Avec Richard LASSAIGNE, Johan OUDINET et Frédéric MAGNIEZ



# Présentation du stage

Où, avec qui, quand ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Stage de fin de DEA/d'Épita au LRI
- 4 cinquième du stage effectué
- Équipe Programmation et Génie Logiciel, dirigé par Marie-Claude GÖDEL
- Sous la direction de Fatiha ZAÏDI
- Avec Richard LASSAIGNE, Johan OUDINET et Frédéric MAGNIEZ



# Présentation du stage

Où, avec qui, quand ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Stage de fin de DEA/d'Épita au LRI
- 4 cinquième du stage effectué
- Équipe Programmation et Génie Logiciel, dirigé par Marie-Claude GÖDEL
- Sous la direction de Fatiha ZAÏDI
- Avec Richard LASSAIGNE, Johan OUDINET et Frédéric MAGNIEZ



# Présentation du stage

Où, avec qui, quand ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Stage de fin de DEA/d'Épita au LRI
- 4 cinquième du stage effectué
- Équipe Programmation et Génie Logiciel, dirigé par Marie-Claude GAUDEL
- Sous la direction de Fatiha ZAÏDI
- Avec Richard LASSAIGNE, Johan OUDINET et Frédéric MAGNIEZ



# Présentation du stage

Où, avec qui, quand ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Stage de fin de DEA/d'Épita au LRI
- 4 cinquième du stage effectué
- Équipe Programmation et Génie Logiciel, dirigé par Marie-Claude GAUDEL
- Sous la direction de Fatiha ZAÏDI
- Avec Richard LASSAIGNE, Johan OUDINET et Frédéric MAGNIEZ



# Présentation du stage

Où, avec qui, quand ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Stage de fin de DEA/d'Épita au LRI
- 4 cinquième du stage effectué
- Équipe Programmation et Génie Logiciel, dirigé par Marie-Claude GAUDEL
- Sous la direction de Fatiha ZAÏDI
- Avec Richard LASSAIGNE, Johan OUDINET et Frédéric MAGNIEZ



# Problématique

Pourquoi ce stage ?

## Problématique concrète :

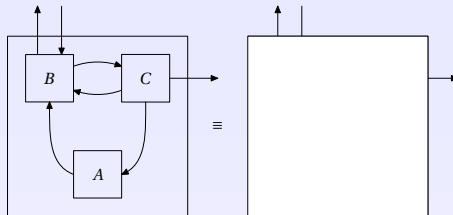


FIG.: Protocole spécifié et implémenté

- Vérification automatique de la conformité
- L'implémentation est une boîte noire
- Tester l'implémentation → générer des tests intéressants





# Problématique

Pourquoi ce stage ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Problématique concrète :

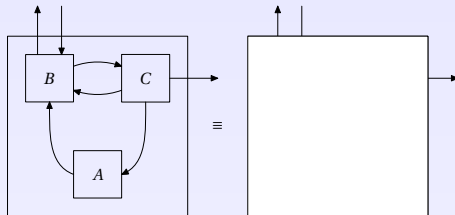


FIG.: Protocole spécifié et implémenté

- Vérification automatique de la conformité
- L'implémentation est une boîte noire
- Tester l'implémentation → générer des tests intéressants



# Problématique

Pourquoi ce stage ?

## Problématique concrète :

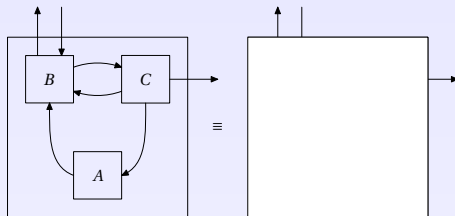


FIG.: Protocole spécifié et implémenté

- Vérification automatique de la conformité
- L'implémentation est une boîte noire
- Tester l'implémentation → générer des tests intéressants



# Plan

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

1 Test

2 HIT-OR-JUMP

3 Marche uniforme

4 Mélange marche uniforme et HIT-OR-JUMP

5 Conclusion

6 Bibliographie



# Plan

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

1 Test

2 HIT-OR-JUMP

3 Marche uniforme

4 Mélange marche uniforme et HIT-OR-JUMP

5 Conclusion

6 Bibliographie



## Définition (Test (IEEE 829))

Le test est un processus visant à établir qu'un système répond aux exigences d'une spécification

- Le test appartient au domaine de la vérification ([Clarke et al., 2000], [Goldreich, 1997])
- Opposition implémentation (boîte noire)/spécification
- Tester tout ou une partie d'un système



## Définition (Test (IEEE 829))

Le test est un processus visant à établir qu'un système répond aux exigences d'une spécification

- Le test appartient au domaine de la vérification ([Clarke et al., 2000], [Goldreich, 1997])
- Opposition implémentation (boîte noire)/spécification
- Tester tout ou une partie d'un système



## Définition (Test (IEEE 829))

Le test est un processus visant à établir qu'un système répond aux exigences d'une spécification

- Le test appartient au domaine de la vérification ([Clarke et al., 2000], [Goldreich, 1997])
- Opposition implémentation (boîte noire)/spécification
- Tester tout ou une partie d'un système



## Définition (Test (IEEE 829))

Le test est un processus visant à établir qu'un système répond aux exigences d'une spécification

- Le test appartient au domaine de la vérification ([Clarke et al., 2000], [Goldreich, 1997])
- Opposition implémentation (boîte noire)/spécification
- Tester tout ou une partie d'un système





# Système et test de composants

Composition de composants composables

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Définitions

Un composant est une entité indivisible dotée d'entrées et de sorties, où les communications sont *synchrones*

Assemblage de composants  $\rightarrow$  système

D'une part les composants spécifiés  $\mathcal{A}_i, i \in \llbracket 1..r \rrbracket$ , d'autre part le système implémenté  $\mathcal{A}$ .

- But : vérifier qu'un composant est bien implémenté
- Problème : on ne peut pas l'extraire de l'implémentation
- Solution (?) : prendre le produit des composants et comparer



# Système et test de composants

Composition de composants composables

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Définitions

Un composant est une entité indivisible dotée d'entrées et de sorties, où les communications sont *synchrones*

Assemblage de composants  $\rightarrow$  système

D'une part les composants spécifiés  $\mathcal{A}_i, i \in \llbracket 1..r \rrbracket$ , d'autre part le système implémenté  $\mathcal{A}$ .

- But : vérifier qu'**un** composant est bien implémenté
- Problème : on ne peut pas l'extraire de l'implémentation
- Solution (?) : prendre le produit des composants et comparer



### Définitions

Un composant est une entité indivisible dotée d'entrées et de sorties, où les communications sont *synchrones*

Assemblage de composants  $\rightarrow$  système

D'une part les composants spécifiés  $\mathcal{A}_i, i \in \llbracket 1..r \rrbracket$ , d'autre part le système implémenté  $\mathcal{A}$ .

- But : vérifier qu'**un** composant est bien implémenté
- Problème : on ne peut pas l'extraire de l'implémentation
- Solution (?) : prendre le produit des composants et comparer



### Définitions

Un composant est une entité indivisible dotée d'entrées et de sorties, où les communications sont *synchrones*

Assemblage de composants  $\rightarrow$  système

D'une part les composants spécifiés  $\mathcal{A}_i, i \in \llbracket 1..r \rrbracket$ , d'autre part le système implémenté  $\mathcal{A}$ .

- But : vérifier qu'**un** composant est bien implémenté
- Problème : on ne peut pas l'extraire de l'implémentation
- Solution (?) : prendre le produit des composants et comparer



### Définitions

Un composant est une entité indivisible dotée d'entrées et de sorties, où les communications sont *synchrones*

Assemblage de composants  $\rightarrow$  système

D'une part les composants spécifiés  $\mathcal{A}_i, i \in \llbracket 1..r \rrbracket$ , d'autre part le système implémenté  $\mathcal{A}$ .

- But : vérifier qu'**un** composant est bien implémenté
- Problème : on ne peut pas l'extraire de l'implémentation
- Solution (?) : prendre le produit des composants et *comparer*



# Comment tester ?

Extraire, appliquer

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

On ne peut ni comparer, ni prendre le produit de composants.

Technique :

- À partir des spécifications, extraire une entrée pour le système intéressante
- La donner à l'implémentation
- Vérifier que la sortie de l'implémentation est celle attendue

Une bonne séquence de test :

- Couvre au maximum les transitions du composant testé
- N'est pas trop imposante
- Se trouve vite et en consommant peu de mémoire



# Comment tester ?

Extraire, appliquer

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

On ne peut ni comparer, ni prendre le produit de composants.

Technique :

- À partir des spécifications, extraire une entrée pour le système intéressante
- La donner à l'implémentation
- Vérifier que la sortie de l'implémentation est celle attendue

Une bonne séquence de test :

- Couvre au maximum les transitions du composant testé
- N'est pas trop imposante
- Se trouve vite et en consommant peu de mémoire



# Comment tester ?

Extraire, appliquer

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

On ne peut ni comparer, ni prendre le produit de composants.

Technique :

- À partir des spécifications, extraire une entrée pour le système intéressante
- La donner à l'implémentation
- Vérifier que la sortie de l'implémentation est celle attendue

Une bonne séquence de test :

- Couvre au maximum les transitions du composant testé
- N'est pas trop imposante
- Se trouve vite et en consommant peu de mémoire





# Comment tester ?

Extraire, appliquer

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

On ne peut ni comparer, ni prendre le produit de composants.

Technique :

- À partir des spécifications, extraire une entrée pour le système intéressante
- La donner à l'implémentation
- Vérifier que la sortie de l'implémentation est celle attendue

Une bonne séquence de test :

- Couvre au maximum les transitions du composant testé
- N'est pas trop imposante
- Se trouve vite et en consommant peu de mémoire



# Comment tester ?

Extraire, appliquer

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

On ne peut ni comparer, ni prendre le produit de composants.

Technique :

- À partir des spécifications, extraire une entrée pour le système intéressante
- La donner à l'implémentation
- Vérifier que la sortie de l'implémentation est celle attendue

Une bonne séquence de test :

- Couvre au maximum les transitions du composant testé
- N'est pas trop imposante
- Se trouve vite et en consommant peu de mémoire



# Que sont nos objets ?

Les restrictions à faire

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

L'implémentation :

- Doit être observable en sortie sur une entrée
- Ne doit pas être trop grosse

Les spécifications doivent être faites formellement :

Définition (CFSM)

Un automate communiquant est un transducteur dont certaines transitions possèdent des synchronisations

Ou bien réseaux de Pétri, systèmes de transitions, ...



# Que sont nos objets ?

Les restrictions à faire

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

L'implémentation :

- Doit être observable en sortie sur une entrée
- Ne doit pas être trop grosse

Les spécifications doivent être faites formellement :

## Définition (CFSM)

Un automate communiquant est un transducteur dont certaines transitions possèdent des synchronisations

Ou bien réseaux de Pétri, systèmes de transitions, ...



# De l'impossibilité

Pourquoi ne pas utiliser la spécification du système entier ?

Le système entier  $\mathcal{A}$  est le produit synchrone des  $\mathcal{A}_i$ ;

## Définition (Produit synchrone)

Le produit synchrone de 2 CFSM est un CFSM dont les ensembles de bases (états, symboles) sont les produits cartésiens de ceux des CFSM

Il y a une transition entre deux noeuds du produit s'il y en a dans les composants, en prenant en compte les synchronisations

## Théorème ([Lee et al., 1996])

*Les problèmes suivants sont PSPACE-complets. Dans le produit :*

- *Accessibilité d'une transition ou d'un état d'un composant*
- *Accessibilité d'une transition ou d'un état du système*

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie



# De l'impossibilité

Pourquoi ne pas utiliser la spécification du système entier ?

Le système entier  $\mathcal{A}$  est le produit synchrone des  $\mathcal{A}_i$

## Définition (Produit synchrone)

Le produit synchrone de 2 CFSM est un CFSM dont les ensembles de bases (états, symboles) sont les produits cartésiens de ceux des CFSM

Il y a une transition entre deux noeuds du produit s'il y en a dans les composants, en prenant en compte les synchronisations

## Théorème ([Lee et al., 1996])

*Les problèmes suivants sont PSPACE-complets. Dans le produit :*

- *Accessibilité d'une transition ou d'un état d'un composant*
- *Accessibilité d'une transition ou d'un état du système*

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie



# Méthodes de test

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

But : extraire une séquence de test

Méthodes structurées :

- Construction coûte que coûte [Yannakakis, 1991]
- Élagage puis ou pendant construction [Lee et al., 1996]

Méthodes non structurées :

- Test passif [Seitz, 1972]
- Marche aléatoire (guidée)

Méthode hybride : HIT-OR-JUMP [Cavalli et al., 1999]



# Méthodes de test

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

But : extraire une séquence de test

Méthodes structurées :

- Construction coûte que coûte [Yannakakis, 1991]
- Élagage puis ou pendant construction [Lee et al., 1996]

Méthodes non structurées :

- Test passif [Seitz, 1972]
- Marche aléatoire (guidée)

Méthode hybride : HIT-OR-JUMP [Cavalli et al., 1999]





# Méthodes de test

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

But : extraire une séquence de test

Méthodes structurées :

- Construction coûte que coûte [Yannakakis, 1991]
- Élagage puis ou pendant construction [Lee et al., 1996]

Méthodes non structurées :

- Test passif [Seitz, 1972]
- Marche aléatoire (guidée)

Méthode hybride : HIT-OR-JUMP [Cavalli et al., 1999]

# Marche aléatoire comme méthode de test



Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

→ Parcours du produit sans le construire

① À un instant donné, on se trouve sur un noeud  $s$  du produit

②  $t \leftarrow$  successeur aléatoire de  $s$

③  $\sigma \leftarrow \sigma +$  entrées des transitions de  $t$  à  $s$

Jusqu'à ce que le critère de couverture soit satisfait

⇒ Ne nécessite qu'une connaissance locale



# Marche aléatoire comme méthode de test

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

→ Parcours du produit sans le construire

- 1 À un instant donné, on se trouve sur un noeud  $s$  du produit
- 2  $t \leftarrow$  successeur aléatoire de  $s$
- 3  $\sigma \leftarrow \sigma +$  entrées *des* transitions de  $t$  à  $s$

Jusqu'à ce que le critère de couverture soit satisfait

⇒ Ne nécessite qu'une connaissance locale

# Marche aléatoire comme méthode de test



Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

→ Parcours du produit sans le construire

- 1 À un instant donné, on se trouve sur un noeud  $s$  du produit
- 2  $t \leftarrow$  successeur aléatoire de  $s$
- 3  $\sigma \leftarrow \sigma +$  entrées *des* transitions de  $t$  à  $s$

Jusqu'à ce que le critère de couverture soit satisfait

⇒ Ne nécessite qu'une connaissance locale

# Marche aléatoire comme méthode de test



Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

→ Parcours du produit sans le construire

- 1 À un instant donné, on se trouve sur un noeud  $s$  du produit
- 2  $t \leftarrow$  successeur aléatoire de  $s$
- 3  $\sigma \leftarrow \sigma +$  entrées *des* transitions de  $t$  à  $s$

Jusqu'à ce que le critère de couverture soit satisfait

⇒ Ne nécessite qu'une connaissance locale



# Mieux que la marche aléatoire

On peut influencer le choix du successeur ; quel critère ?

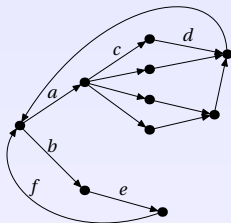


FIG.: Produit de composants problématique

⇒ Marche aléatoire guidée (uniforme)

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie



# Plan

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

1 Test

2 **HIT-OR-JUMP**

3 Marche uniforme

4 Mélange marche uniforme et HIT-OR-JUMP

5 Conclusion

6 Bibliographie



# Motivations

Pourquoi donc avoir créé HIT-OR-JUMP ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Problèmes des marches aléatoires

- 1 Rester bloquer dans une petite partie du graphe
- 2 Passage de goulots d'étranglement
- 3 Pas de *look-ahead*

HIT-OR-JUMP [Cavalli et al., 1999] est une marche aléatoire à saveur structurée





# Motivations

Pourquoi donc avoir créé HIT-OR-JUMP ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Problèmes des marches aléatoires

- 1 Rester bloquer dans une petite partie du graphe
- 2 Passage de goulots d'étranglement
- 3 Pas de *look-ahead*

HIT-OR-JUMP [Cavalli et al., 1999] est une marche aléatoire à saveur structurée



# Motivations

Pourquoi donc avoir créé HIT-OR-JUMP ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Problèmes des marches aléatoires

- 1 Rester bloquer dans une petite partie du graphe
- 2 Passage de goulots d'étranglement
- 3 Pas de *look-ahead*

HIT-OR-JUMP [Cavalli et al., 1999] est une marche aléatoire à saveur structurée



# Motivations

Pourquoi donc avoir créé HIT-OR-JUMP ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Problèmes des marches aléatoires

- ① Rester bloquer dans une petite partie du graphe
- ② Passage de goulots d'étranglement
- ③ Pas de *look-ahead*

HIT-OR-JUMP [Cavalli et al., 1999] est une marche aléatoire à saveur structurée



# HIT-OR-JUMP : Algorithme

[Cavalli et al., 1999]

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- ➊ À un instant donné, on se trouve sur un noeud  $s$  du produit
- ➋ À partir de  $s$ , faire une DFS de profondeur  $\phi$
- ➌ HIT : Si l'on trouve une transition contenant une transition non parcourue du composant testé, on la prend
- ➍ JUMP : Sinon, on choisit une feuille de l'arbre de parcours aléatoirement

Mélange de méthode structurée et de marche aléatoire :

- Si  $\phi = 1$ , marche aléatoire préférant les transitions non parcourues,
- Si  $\phi = \infty$ , complètement structuré



# HIT-OR-JUMP : Algorithme

[Cavalli et al., 1999]

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- 1 À un instant donné, on se trouve sur un noeud  $s$  du produit
- 2 À partir de  $s$ , faire une DFS de profondeur  $\phi$
- 3 HIT : Si l'on trouve une transition contenant une transition non parcourue du composant testé, on la prend
- 4 JUMP : Sinon, on choisit une feuille de l'arbre de parcours aléatoirement

Mélange de méthode structurée et de marche aléatoire :

- Si  $\phi = 1$ , marche aléatoire préférant les transitions non parcourues,
- Si  $\phi = \infty$ , complètement structuré



# HIT-OR-JUMP : Algorithme

[Cavalli et al., 1999]

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- ➊ À un instant donné, on se trouve sur un noeud  $s$  du produit
- ➋ À partir de  $s$ , faire une DFS de profondeur  $\phi$
- ➌ HIT : Si l'on trouve une transition contenant une transition non parcourue du composant testé, on la prend
- ➍ JUMP : Sinon, on choisit une feuille de l'arbre de parcours aléatoirement

Mélange de méthode structurée et de marche aléatoire :

- Si  $\phi = 1$ , marche aléatoire préférant les transitions non parcourues,
- Si  $\phi = \infty$ , complètement structuré



# HIT-OR-JUMP : Algorithme

[Cavalli et al., 1999]

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- ➊ À un instant donné, on se trouve sur un noeud  $s$  du produit
- ➋ À partir de  $s$ , faire une DFS de profondeur  $\phi$
- ➌ HIT : Si l'on trouve une transition contenant une transition non parcourue du composant testé, on la prend
- ➍ JUMP : Sinon, on choisit une feuille de l'arbre de parcours aléatoirement

Mélange de méthode structurée et de marche aléatoire :

- Si  $\phi = 1$ , marche aléatoire préférant les transitions non parcourues,
- Si  $\phi = \infty$ , complètement structuré



# HIT-OR-JUMP : Algorithme

[Cavalli et al., 1999]

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- ➊ À un instant donné, on se trouve sur un noeud  $s$  du produit
- ➋ À partir de  $s$ , faire une DFS de profondeur  $\phi$
- ➌ HIT : Si l'on trouve une transition contenant une transition non parcourue du composant testé, on la prend
- ➍ JUMP : Sinon, on choisit une feuille de l'arbre de parcours aléatoirement

Mélange de méthode structurée et de marche aléatoire :

- Si  $\phi = 1$ , marche aléatoire préférant les transitions non parcourues,
- Si  $\phi = \infty$ , complètement structuré





# HIT-OR-JUMP : Algorithme

[Cavalli et al., 1999]

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- ➊ À un instant donné, on se trouve sur un noeud  $s$  du produit
- ➋ À partir de  $s$ , faire une DFS de profondeur  $\phi$
- ➌ HIT : Si l'on trouve une transition contenant une transition non parcourue du composant testé, on la prend
- ➍ JUMP : Sinon, on choisit une feuille de l'arbre de parcours aléatoirement

Mélange de méthode structurée et de marche aléatoire :

- Si  $\phi = 1$ , marche aléatoire préférant les transitions non parcourues,
- Si  $\phi = \infty$ , complètement structuré



# Avantages de l'algorithme

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Vis-à-vis des problèmes vus précédemment

- 1 On évite de rester coincé grâce au JUMP
- 2 Passage de goulot d'étranglement facilité par le saut en *feuille*
- 3 Problème du *look-ahead* résolu par la DFS

On peut essayer d'améliorer le JUMP en donnant un poids aux feuilles (JUMP guide)

⇒ Algorithme intuitivement/empiriquement plus efficace



# Avantages de l'algorithme

## Vis-à-vis des problèmes vus précédemment

- 1 On évite de rester coincé grâce au JUMP
- 2 Passage de goulot d'étranglement facilité par le saut en *feuille*
- 3 Problème du *look-ahead* résolu par la DFS

On peut essayer d'améliorer le JUMP en donnant un poids aux feuilles (JUMP guidé)

⇒ Algorithme intuitivement/empiriquement plus efficace



# Avantages de l'algorithme

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Vis-à-vis des problèmes vus précédemment

- ① On évite de rester coincé grâce au JUMP
- ② Passage de goulot d'étranglement facilité par le saut en *feuille*
- ③ Problème du *look-ahead* résolu par la DFS

On peut essayer d'améliorer le JUMP en donnant un poids aux feuilles (JUMP guidé)

⇒ Algorithme intuitivement/empiriquement plus efficace



# Avantages de l'algorithme

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Vis-à-vis des problèmes vus précédemment

- ① On évite de rester coincé grâce au JUMP
- ② Passage de goulot d'étranglement facilité par le saut en *feuille*
- ③ Problème du *look-ahead* résolu par la DFS

On peut essayer d'améliorer le JUMP en donnant un poids aux feuilles (JUMP guidé)

⇒ Algorithme intuitivement/empiriquement plus efficace



# Avantages de l'algorithme

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Vis-à-vis des problèmes vus précédemment

- ① On évite de rester coincé grâce au JUMP
- ② Passage de goulot d'étranglement facilité par le saut en *feuille*
- ③ Problème du *look-ahead* résolu par la DFS

On peut essayer d'améliorer le JUMP en donnant un poids aux feuilles (JUMP guidé)

⇒ Algorithme intuitivement/empiriquement plus efficace



# Plan

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

1 Test

2 HIT-OR-JUMP

3 Marche uniforme

4 Mélange marche uniforme et HIT-OR-JUMP

5 Conclusion

6 Bibliographie



# Description

Quoi, pourquoi, comment ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Travaux de [Denise et al., 2006]

- But : tirer uniformément un chemin de taille  $\psi$  dans le produit
- Contrainte : ne pas construire le produit, rester polynomial

## Méthode :

- Extraire des chemins uniformes dans les composants
- Les mélanger uniformément





# Description

Quoi, pourquoi, comment ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Travaux de [Denise et al., 2006]

- But : tirer uniformément un chemin de taille  $\psi$  dans le produit
- Contrainte : ne pas construire le produit, rester polynomial

## Méthode :

- Extraire des chemins uniformes dans les composants
- Les mélanger uniformément



# Description

Quoi, pourquoi, comment ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Travaux de [Denise et al., 2006]

- But : tirer uniformément un chemin de taille  $\psi$  dans le produit
- Contrainte : ne pas construire le produit, rester polynomial

Méthode :

- Extraire des chemins uniformes dans les composants
- Les mélanger uniformément



# Génération uniforme dans un automate

[Hickey and Cohen, 1983] [Flajolet et al., 1994]

Marche aléatoire guidée, choix influencé par le nombre de chemins sortants

$g_i(s)$  nombre de chemins de taille  $i$  partant de  $s$

$$g_0(s) = 1$$

$$g_i(s) = \sum_{s' \text{ successeur de } s} g_{i-1}(s') \text{ pour } i \in \llbracket 1..k \rrbracket$$

Génération d'un chemin de taille  $k$  : passage de  $s$  à un successeur  $t$  avec probabilité

$$\frac{g_{k-1}(s_i)}{g_k(s)}$$

Mémoire et temps en  $\mathcal{O}(k \times |Q|)$

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie



# Génération uniforme dans un automate

[Hickey and Cohen, 1983] [Flajolet et al., 1994]

Marche aléatoire guidée, choix influencé par le nombre de chemins sortants

$g_i(s)$  nombre de chemins de taille  $i$  partant de  $s$

$$g_0(s) = 1$$

$$g_i(s) = \sum_{s' \text{ successeur de } s} g_{i-1}(s') \text{ pour } i \in \llbracket 1..k \rrbracket$$

Génération d'un chemin de taille  $k$  : passage de  $s$  à un successeur  $t$  avec probabilité

$$\frac{g_{k-1}(s_i)}{g_k(s)}$$

Mémoire et temps en  $\mathcal{O}(k \times |Q|)$

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie



# Des composants au produit

## Mélange de chemins

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Enchevêtrement de  $r$  chemins

**Entrées:**  $r$  chemins  $w_1, \dots, w_r$  de tailles resp.  $n_1, \dots, n_r$

**Sorties:** Un chemin  $w$  de taille  $\sum n_i$

$w \leftarrow ""$

**tant que**  $n_i > 0 \forall i$  **faire**

Choisir un  $i$  entre 1 et  $r$  avec une probabilité  $\frac{n_i}{\psi}$

Ajouter la première étape de  $w_i$  à la fin de  $w$

Supprimer la première étape de  $w_i$

$n_i \leftarrow n_i - 1$

**fin tant que**

Retourner  $w$

$\Rightarrow$  Quel découpage pour  $\psi = \sum n_i$  ?



# Des composants au produit

Mélange de chemins

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Enchevêtrement de  $r$  chemins

**Entrées:**  $r$  chemins  $w_1, \dots, w_r$  de tailles resp.  $n_1, \dots, n_r$

**Sorties:** Un chemin  $w$  de taille  $\sum n_i$

$w \leftarrow ""$

**tant que**  $n_i > 0 \forall i$  **faire**

Choisir un  $i$  entre 1 et  $r$  avec une probabilité  $\frac{n_i}{\psi}$

Ajouter la première étape de  $w_i$  à la fin de  $w$

Supprimer la première étape de  $w_i$

$n_i \leftarrow n_i - 1$

**fin tant que**

Retourner  $w$

$\Rightarrow$  Quel découpage pour  $\psi = \sum n_i$  ?



# Des composants au produit

Mélange de chemins

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Enchevêtrement de  $r$  chemins

**Entrées:**  $r$  chemins  $w_1, \dots, w_r$  de tailles resp.  $n_1, \dots, n_r$

**Sorties:** Un chemin  $w$  de taille  $\sum n_i$

$w \leftarrow ""$

**tant que**  $n_i > 0 \forall i$  **faire**

Choisir un  $i$  entre 1 et  $r$  avec une probabilité  $\frac{n_i}{\psi}$

Ajouter la première étape de  $w_i$  à la fin de  $w$

Supprimer la première étape de  $w_i$

$n_i \leftarrow n_i - 1$

**fin tant que**

Retourner  $w$

$\Rightarrow$  Quel découpage pour  $\psi = \sum n_i$  ?

# Le poids des composants



Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

## Théorème ([Denise et al., 2006])

*Pour obtenir une uniformité après mélange, les chemins sur les composants  $\mathcal{A}_i$  doivent avoir des tailles telles que*

$$\Pr(n_1, \dots, n_r) = \frac{\binom{\psi}{n_1, \dots, n_r} l_1(n_1) l_2(n_2) \dots l_r(n_r)}{I(\psi)}$$

*avec  $l_i(n_i)$  le nombre de chemins de taille  $n_i$  dans  $\mathcal{A}_i$  et  $I(\psi)$  dans le produit*

Problème : trouver  $I(\psi)$



# Le poids des composants

## Théorème ([Denise et al., 2006])

*Pour obtenir une uniformité après mélange, les chemins sur les composants  $\mathcal{A}_i$  doivent avoir des tailles telles que*

$$\Pr(n_1, \dots, n_r) = \frac{\binom{\psi}{n_1, \dots, n_r} l_1(n_1) l_2(n_2) \dots l_r(n_r)}{I(\psi)}$$

*avec  $l_i(n_i)$  le nombre de chemins de taille  $n_i$  dans  $\mathcal{A}_i$  et  $I(\psi)$  dans le produit*

Problème : trouver  $I(\psi)$



Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

# Approximation de $l(\psi)$

Théorème ([Flajolet and Sedgewick, 2006])

*On peut approximer tous les  $l_i(\cdot)$  et  $l(\cdot)$  : il existe  $C$  et  $\omega$  tel que*

$$l(\psi) \sim C\omega^\psi \text{ et } \frac{C\omega^\psi}{l(\psi)} \rightarrow 1 \text{ exponentiellement vite}$$

En simplifiant

$$\Pr(n_1, \dots, n_r) \sim \frac{\binom{\psi}{n_1, \dots, n_r} \omega_1^{n_1} \omega_2^{n_2} \dots \omega_r^{n_r}}{(\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_r)^\psi}$$



Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

# Approximation de $l(\psi)$

**Théorème ([Flajolet and Sedgewick, 2006])**

*On peut approximer tous les  $l_i(\cdot)$  et  $l(\cdot)$  : il existe  $C$  et  $\omega$  tel que*

$$l(\psi) \sim C\omega^\psi \text{ et } \frac{C\omega^\psi}{l(\psi)} \rightarrow 1 \text{ exponentiellement vite}$$

En simplifiant

$$\Pr(n_1, \dots, n_r) \sim \frac{\binom{\psi}{n_1, \dots, n_r} \omega_1^{n_1} \omega_2^{n_2} \dots \omega_r^{n_r}}{(\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_r)^\psi}$$





# Marche et tirage uniforme

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Générer uniformément un chemin de longueur  $\psi$ , récapitulatif :

- Découper  $\psi = n_1 + \dots + n_r$
- Tirer  $r$  chemins par marche guidée dans les composants
- Utiliser le mélange uniforme

Quelques considérations :

- La présence de synchronisations complexifie grandement
- On a une marche uniforme en combinant le mélange et les marches guidées



# Marche et tirage uniforme

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Générer uniformément un chemin de longueur  $\psi$ , récapitulatif :

- Découper  $\psi = n_1 + \dots + n_r$
- Tirer  $r$  chemins par marche guidée dans les composants
- Utiliser le mélange uniforme

Quelques considérations :

- La présence de synchronisations complexifie grandement
- On a une marche uniforme en combinant le mélange et les marches guidées



# Marche et tirage uniforme

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Générer uniformément un chemin de longueur  $\psi$ , récapitulatif :

- Découper  $\psi = n_1 + \dots + n_r$
- Tirer  $r$  chemins par marche guidée dans les composants
- Utiliser le mélange uniforme

Quelques considérations :

- La présence de synchronisations complexifie grandement
- On a une marche uniforme en combinant le mélange et les marches guidées



# Plan

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

1 Test

2 HIT-OR-JUMP

3 Marche uniforme

4 Mélange marche uniforme et HIT-OR-JUMP

5 Conclusion

6 Bibliographie



# Premières considérations

... et premiers problèmes

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Problèmes dans les critères d'arrêt :

- HIT-OR-JUMP : exécution non bornée
- Marche uniforme : exécution bornée

Le mélange des deux algorithmes a deux paramètres :

- Le  $\phi$  de HIT-OR-JUMP, arbitraire
- La taille du chemin de la marche uniforme, supposée connue  $\psi$

Démarche : ajout de la marche uniforme, puis amélioration





# Premières considérations

... et premiers problèmes

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Problèmes dans les critères d'arrêt :

- HIT-OR-JUMP : exécution non bornée
- Marche uniforme : exécution bornée

Le mélange des deux algorithmes a deux paramètres :

- Le  $\phi$  de HIT-OR-JUMP, arbitraire
- La taille du chemin de la marche uniforme, supposée connue  $\psi$

Démarche : ajout de la marche uniforme, puis amélioration



# Premières considérations

... et premiers problèmes

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Problèmes dans les critères d'arrêt :

- HIT-OR-JUMP : exécution non bornée
- Marche uniforme : exécution bornée

Le mélange des deux algorithmes a deux paramètres :

- Le  $\phi$  de HIT-OR-JUMP, arbitraire
- La taille du chemin de la marche uniforme, supposée connue  $\psi$

Démarche : ajout de la marche uniforme, puis amélioration



# Premières considérations

... et premiers problèmes

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Problèmes dans les critères d'arrêt :

- HIT-OR-JUMP : exécution non bornée
- Marche uniforme : exécution bornée

Le mélange des deux algorithmes a deux paramètres :

- Le  $\phi$  de HIT-OR-JUMP, arbitraire
- La taille du chemin de la marche uniforme, supposée connue  $\psi$

Démarche : ajout de la marche uniforme, puis amélioration



# Première tentative

... et seconds problèmes

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Avec les composants  $\mathcal{A}_i$  et  $\mathcal{A} = \prod \mathcal{A}_i$

- Une exécution sans HIT est une marche aléatoire sur  $\mathcal{A}^\phi$
- Idée : faire une marche uniforme sur  $\mathcal{A}^\phi$

Méthode, avec  $s$  sommet et  $t_i$  les feuilles de la DFS

- On ne modifie pas le HIT
- Sur le JUMP, on prend les probabilités des composants :

$$\Pr[s \rightarrow t_i] = \prod_{j=1}^k \Pr[\pi^j(s) \rightarrow \pi^j(t_i)]$$

Problèmes :

- On n'induit une uniformité que sur les composants, par sur le produit
- Successeurs dans  $\mathcal{A}^\phi \neq$  feuilles de l'arbre
- Probabilité de stagner ?



# Première tentative

... et seconds problèmes

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Avec les composants  $\mathcal{A}_i$  et  $\mathcal{A} = \prod \mathcal{A}_i$

- Une exécution sans HIT est une marche aléatoire sur  $\mathcal{A}^\phi$
- Idée : faire une marche uniforme sur  $\mathcal{A}^\phi$

Méthode, avec  $s$  sommet et  $t_i$  les feuilles de la DFS

- On ne modifie pas le HIT
- Sur le JUMP, on prend les probabilités des composants :

$$\Pr[s \rightarrow t_i] = \prod_{j=1}^k \Pr[\pi^j(s) \rightarrow \pi^j(t_i)]$$

Problèmes :

- On n'induit une uniformité que sur les composants, par sur le produit
- Successeurs dans  $\mathcal{A}^\phi \neq$  feuilles de l'arbre
- Probabilité de stagner ?



# Première tentative

... et seconds problèmes

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Avec les composants  $\mathcal{A}_i$  et  $\mathcal{A} = \prod \mathcal{A}_i$

- Une exécution sans HIT est une marche aléatoire sur  $\mathcal{A}^\phi$
- Idée : faire une marche uniforme sur  $\mathcal{A}^\phi$

Méthode, avec  $s$  sommet et  $t_i$  les feuilles de la DFS

- On ne modifie pas le HIT
- Sur le JUMP, on prend les probabilités des composants :

$$\Pr[s \rightarrow t_i] = \prod_{j=1}^k \Pr[\pi^j(s) \rightarrow \pi^j(t_i)]$$

Problèmes :

- On n'induit une uniformité que sur les composants, par sur le produit
- Successeurs dans  $\mathcal{A}^\phi \neq$  feuilles de l'arbre
- Probabilité de stagner ?



# Deuxième tentative

## Plusieurs marches au lieu d'une DFS

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Un algorithme essentiellement probabiliste :

- Idée : émuler la DFS avec  $N$  marches aléatoires de profondeur  $\phi$
- Reprise sur non-HIT
  - Nécessité de se rappeler de toutes les marches
  - Résultat : algorithme presque équivalent à HIT-OR-JUMP

Quelle valeur pour  $N$ ? Nécessité d'approximer la DFS



# Deuxième tentative

## Plusieurs marches au lieu d'une DFS

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Un algorithme essentiellement probabiliste :

- Idée : émuler la DFS avec  $N$  marches aléatoires de profondeur  $\phi$
- Reprise sur non-HIT
- Nécessité de se rappeler de toutes les marches
- Résultat : algorithme presque équivalent à HIT-OR-JUMP

Quelle valeur pour  $N$ ? Nécessité d'approximer la DFS





# Deuxième tentative

## Plusieurs marches au lieu d'une DFS

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

Un algorithme essentiellement probabiliste :

- Idée : émuler la DFS avec  $N$  marches aléatoires de profondeur  $\phi$
- Reprise sur non-HIT
- Nécessité de se rappeler de toutes les marches
- Résultat : algorithme presque équivalent à HIT-OR-JUMP

Quelle valeur pour  $N$ ? Nécessité d'approximer la DFS



# Deuxième tentative

Ajout de la marche uniforme dans ce contexte

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- $N$  marches uniformes de profondeur  $\phi$  : dispense de se rappeler des marches
- Mais recalcule de  $l(n)$  à chaque itération
- $\Rightarrow$  Utilisation d'une uniformité globale (performant ?)

Amélioration : orienter la marche vers les transitions non parcourues  $T_{np}$ , pour le composant sous test, recalculer

$$g_0(s) = 0$$

$$g_i(s) = \sum_{s \rightarrow s'} \begin{cases} 1 + g_{i-1}(s') & \text{si } s \rightarrow s' \in T_{np} \\ g_{i-1}(s') & \text{sinon.} \end{cases} \text{ pour } i \in \llbracket 1..n_k \rrbracket$$



# Deuxième tentative

Ajout de la marche uniforme dans ce contexte

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- $N$  marches uniformes de profondeur  $\phi$  : dispense de se rappeler des marches
- Mais recalcul de  $I(n)$  à chaque itération
- $\Rightarrow$  Utilisation d'une uniformité globale (performant ?)

Amélioration : orienter la marche vers les transitions non parcourues  $T_{np}$ , pour le composant sous test, recalculer

$$g_0(s) = 0$$

$$g_i(s) = \sum_{s \rightarrow s'} \begin{cases} 1 + g_{i-1}(s') & \text{si } s \rightarrow s' \in T_{np} \\ g_{i-1}(s') & \text{sinon.} \end{cases} \quad \text{pour } i \in \llbracket 1..n_k \rrbracket$$



# Deuxième tentative

Ajout de la marche uniforme dans ce contexte

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- $N$  marches uniformes de profondeur  $\phi$  : dispense de se rappeler des marches
- Mais recalcul de  $I(n)$  à chaque itération
- $\Rightarrow$  Utilisation d'une uniformité globale (performant ?)

Amélioration : orienter la marche vers les transitions non parcourues  $T_{np}$ , pour le composant sous test, recalculer

$$g_0(s) = 0$$

$$g_i(s) = \sum_{s \rightarrow s'} \begin{cases} 1 + g_{i-1}(s') & \text{si } s \rightarrow s' \in T_{np} \\ g_{i-1}(s') & \text{sinon.} \end{cases} \quad \text{pour } i \in \llbracket 1..n_k \rrbracket$$



# Deuxième tentative

Ajout de la marche uniforme dans ce contexte

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- $N$  marches uniformes de profondeur  $\phi$  : dispense de se rappeler des marches
- Mais recalcul de  $I(n)$  à chaque itération
- $\Rightarrow$  Utilisation d'une uniformité globale (performant ?)

Amélioration : orienter la marche vers les transitions non parcourues  $T_{np}$ , pour le composant sous test, recalculer

$$g_0(s) = 0$$

$$g_i(s) = \sum_{s \rightarrow s'} \begin{cases} 1 + g_{i-1}(s') & \text{si } s \rightarrow s' \in T_{np} \\ g_{i-1}(s') & \text{sinon.} \end{cases} \text{ pour } i \in \llbracket 1..n_k \rrbracket$$



# Calcul de $N$ [I/II]

Une application de méthodes du *model-checking*

## Valeur exacte ?

Technique de type approximation de MONTE-CARLO  
[Grosu and Smolka, 2005] :

- Soit  $p$  la probabilité d'atteindre une transition non marquée de  $A_k$  en  $\phi$  coups
- Après  $M$  marches, la probabilité d'atteindre une transition non marquée

$$F(M) = \sum_{i=1}^M (1-p)^{i-1} \cdot p = 1 - (1-p)^M$$

- Soit  $X$  V.A. = nombre d'essais jusqu'à ce qu'un HIT possible soit fait,

$$F(M) = \Pr[X \leq M]$$

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie



# Calcul de $N$ [I/II]

Une application de méthodes du *model-checking*

## Valeur exacte ?

Technique de type approximation de MONTE-CARLO  
[Grosu and Smolka, 2005] :

- Soit  $p$  la probabilité d'atteindre une transition non marquée de  $A_k$  en  $\phi$  coups
- Après  $M$  marches, la probabilité d'atteindre une transition non marquée

$$F(M) = \sum_{i=1}^M (1-p)^{i-1} \cdot p = 1 - (1-p)^M$$

- Soit  $X$  V.A. = nombre d'essais jusqu'à ce qu'un HIT possible soit fait,

$$F(M) = \Pr[X \leq M]$$

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie



# Calcul de $N$ [I/II]

Une application de méthodes du *model-checking*

Valeur exacte ?

Technique de type approximation de MONTE-CARLO  
[Grosu and Smolka, 2005] :

- Soit  $p$  la probabilité d'atteindre une transition non marquée de  $A_k$  en  $\phi$  coups
- Après  $M$  marches, la probabilité d'atteindre une transition non marquée

$$F(M) = \sum_{i=1}^M (1-p)^{i-1} \cdot p = 1 - (1-p)^M$$

- Soit  $X$  V.A. = nombre d'essais jusqu'à ce qu'un HIT possible soit fait,

$$F(M) = \Pr[X \leq M]$$

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie





# Calcul de $N$ [I/II]

Une application de méthodes du *model-checking*

Valeur exacte ?

Technique de type approximation de MONTE-CARLO  
[Grosu and Smolka, 2005] :

- Soit  $p$  la probabilité d'atteindre une transition non marquée de  $A_k$  en  $\phi$  coups
- Après  $M$  marches, la probabilité d'atteindre une transition non marquée

$$F(M) = \sum_{i=1}^M (1-p)^{i-1} \cdot p = 1 - (1-p)^M$$

- Soit  $X$  V.A. = nombre d'essais jusqu'à ce qu'un HIT possible soit fait,

$$F(M) = \Pr[X \leq M]$$

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie



# Calcul de $N$ [II/II]

Une application de méthodes du *model-checking*

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Soit  $\delta$  le paramètre de confiance,  $F(M) \geq 1 - \delta$

$$M \geq \frac{\log(\delta)}{\log(1 - p)}$$

- $p$  inconnu  $\Rightarrow$  on suppose  $p \geq \epsilon$  en plus de  $F(M) \geq 1 - \delta$

$$N = \frac{\log(\delta)}{\log(1 - \epsilon)} \Rightarrow \Pr[X > N | p \geq \epsilon] < \delta$$



# Calcul de $N$ [II/II]

Une application de méthodes du *model-checking*

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Soit  $\delta$  le paramètre de confiance,  $F(M) \geq 1 - \delta$

$$M \geq \frac{\log(\delta)}{\log(1 - p)}$$

- $p$  inconnu  $\Rightarrow$  on suppose  $p \geq \epsilon$  en plus de  $F(M) \geq 1 - \delta$

$$N = \frac{\log(\delta)}{\log(1 - \epsilon)} \Rightarrow \Pr[X > N | p \geq \epsilon] < \delta$$



- Seulement effectuées pour vérifier que les implémentations sont correctes
- 5 saveurs d'HIT-OR-JUMP implémentés
  - Trop petits exemples pour entrevoir une différence

Exemple : bit alterné

Bien plus à venir !



Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Seulement effectuées pour vérifier que les implémentations sont correctes
- 5 saveurs d'HIT-OR-JUMP implémentés
- Trop petits exemples pour entrevoir une différence

Exemple : bit alterné

Bien plus à venir !



- Seulement effectuées pour vérifier que les implémentations sont correctes
- 5 saveurs d'HIT-OR-JUMP implémentés
- Trop petits exemples pour entrevoir une différence

Exemple : bit alterné

Bien plus à venir !



- Seulement effectuées pour vérifier que les implémentations sont correctes
- 5 saveurs d'HIT-OR-JUMP implémentés
- Trop petits exemples pour entrevoir une différence

Exemple : bit alterné

Bien plus à venir !



# Plan

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- 1 Test
- 2 HIT-OR-JUMP
- 3 Marche uniforme
- 4 Mélange marche uniforme et HIT-OR-JUMP
- 5 Conclusion**
- 6 Bibliographie





# Conclusion

Plus qu'une slide !

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Une avancée *intuitive* à confirmer
  - Demande encore du travail (approfondir les méthodes et expérimenter)
  - Lier ce travail avec les avancées d'LOUDINET *et al.* sur les synchronisations
  - Étude en complexité
  - D'autres cadres d'application ?



# Conclusion

Plus qu'une slide !

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Une avancée *intuitive* à confirmer
- Demande encore du travail (approfondir les méthodes et expérimenter)
  - Lier ce travail avec les avancées d'OUINET *et al.* sur les synchronisations
  - Étude en complexité
  - D'autres cadres d'application ?



# Conclusion

Plus qu'une slide !

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Une avancée *intuitive* à confirmer
- Demande encore du travail (approfondir les méthodes et expérimenter)
- Lier ce travail avec les avancées d'OUINET *et al.* sur les synchronisations
- Étude en complexité
- D'autres cadres d'application ?



# Conclusion

Plus qu'une slide !

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Une avancée *intuitive* à confirmer
- Demande encore du travail (approfondir les méthodes et expérimenter)
- Lier ce travail avec les avancées d'LOUDINET *et al.* sur les synchronisations
- Étude en complexité
- D'autres cadres d'application ?



# Conclusion

Plus qu'une slide !

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- Une avancée *intuitive* à confirmer
- Demande encore du travail (approfondir les méthodes et expérimenter)
- Lier ce travail avec les avancées d'OUINET *et al.* sur les synchronisations
- Étude en complexité
- D'autres cadres d'application ?



# Des questions ?

i — ?

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

1 Test

2 HIT-OR-JUMP

3 Marche uniforme

4 Mélange marche uniforme et HIT-OR-JUMP

5 Conclusion

6 Bibliographie



# Plan

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

- 1 Test
- 2 HIT-OR-JUMP
- 3 Marche uniforme
- 4 Mélange marche uniforme et HIT-OR-JUMP
- 5 Conclusion
- 6 Bibliographie

# Bibliographie I



Cavalli, A. R., Lee, D., Rinderknecht, C., and Zaïdi, F. (1999).

Hit-or-jump : An algorithm for embedded testing with applications to in services.

In *FORTE XII / PSTV XIX '99*, pages 41–56, Deventer, The Netherlands, The Netherlands. Kluwer, B.V.



Clarke, E., Grumberg, O., and Peled, D. (2000).  
*Model Checking*.

MIT Press.



Denise, A., Gaudel, M.-C., Gouraud, S.-D., Lassaigne, R., and Peyronnet, S. (2006).

Uniform random sampling of traces in very large models.  
In *RT '06*, pages 10–19, New York, NY, USA. ACM Press.

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie



# Bibliographie II



Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test




HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

-  Flajolet, P. and Sedgewick, R. (2006).  
*Analytic Combinatorics*.  
Cambridge University Press.
-  Flajolet, P., Zimmerman, P., and Cutsem, B. V. (1994).  
A calculus for the random generation of labelled  
combinatorial structures.  
*Theor. Comput. Sci.*, 132(1-2) :1–35.
-  Goldreich, O. (1997).  
Combinatorial property testing (a survey).  
*Electronic Colloquium on Computational Complexity  
(ECCC)*, 4(56).

# Bibliographie III



Grosu, R. and Smolka, S. A. (2005).  
Monte carlo model checking.  
In *TACAS*, pages 271–286.



Hickey, T. and Cohen, J. (1983).  
Uniform random generation of strings in a context-free  
language.  
*SIAM Journal on Computing*, 12(4) :645–655.



Lee, D., Sabnani, K., Kristol, D., and Paul, S. (1996).  
Conformance testing of protocols specified as  
communicating finite state machines - a guided random  
walk based approach.  
44(5) :631–640.

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie

# Bibliographie IV

Test de  
conformité  
probabiliste

M. CADILHAC

Introduction

Test

HIT-OR-JUMP

Marche  
uniforme

Marche  
uniforme et  
HIT-OR-JUMP

Conclusion

Bibliographie



Seitz, C. (1972).

An approach to design checking experiments based on a dynamic model.

*Theory of machines and computations.*



Yannakakis, M. (1991).

Testing finite state machines.

In Lee, D., editor, *STOC '91*, pages 476–485, New York, NY, USA. ACM Press.