

# Puissance de l'attente aux stations pour l'exploration des réseaux de transport public

Ahmed Wade David Ilcinkas

LaBRI, CNRS & Université de Bordeaux I

ALGOTEL, 01 Juin 2012

# Sommaire

- 1 Introduction
  - Le problème
  - Etat de l'art
  - Nos résultats
- 2 Solvabilité
- 3 Bornes inférieures
- 4 Bornes supérieures
- 5 Conclusion

# Exploration de graphes par un agent

## Exploration de graphes

- Problème classique très étudié.
- La complexité en temps, en espace ou l'impact d'une connaissance à priori

# Exploration de graphes par un agent

## Exploration de graphes

- Problème classique très étudié.
- La complexité en temps, en espace ou l'impact d'une connaissance à priori

# Exploration de graphes par un agent

## Exploration de graphes

- Problème classique très étudié.
- La complexité en temps, en espace ou l'impact d'une connaissance à priori

# Exploration de graphes dynamiques par un agent

## Graphes dynamiques

- Modélisent les nouvelles générations d'environnements interconnectés, **très dynamiques**.
- Des chercheurs ont commencé à étudier ces réseaux dynamiques.

## Graphes périodiquement variables (PV-graphes)

- Un **PV-graphe** est un ensemble de trajets et de transporteurs suivant ces trajets de façon **périodique**.
- Ils modélisent en particulier les systèmes de transport publics (bus, métro, ...)

# Exploration de graphes dynamiques par un agent

## Graphes dynamiques

- Modélisent les nouvelles générations d'environnements interconnectés, **très dynamiques**.
- Des chercheurs ont commencé à étudier ces réseaux dynamiques.

## Graphes périodiquement variables (PV-graphes)

- Un **PV-graphe** est un ensemble de trajets et de transporteurs suivant ces trajets de façon **périodique**.
- Ils modélisent en particulier les systèmes de transport publics (bus, métro, ...)

# Exploration de graphes dynamiques par un agent

## Graphes dynamiques

- Modélisent les nouvelles générations d'environnements interconnectés, **très dynamiques**.
- Des chercheurs ont commencé à étudier ces réseaux dynamiques.

## Graphes périodiquement variables (PV-graphes)

- Un **PV-graphe** est un **ensemble de trajets** et de **transporteurs** suivant ces trajets de **façon périodique**.
- Ils modélisent en particulier les systèmes de transport publics (bus, métro, ...)



# Exploration de graphes dynamiques par un agent

## Graphes dynamiques

- Modélisent les nouvelles générations d'environnements interconnectés, **très dynamiques**.
- Des chercheurs ont commencé à étudier ces réseaux dynamiques.

## Graphes périodiquement variables (PV-graphes)

- Un **PV-graphe** est un **ensemble de trajets** et de **transporteurs** suivant ces trajets de **façon périodique**.
- Ils modélisent en particulier les systèmes de transport publics (bus, métro, ...)

# Modèle de PV-graphes

## Modèle de PV-graphes

- Un **PV-graphe** est défini par la paire  $(S, C)$ .
- $S = \{s_1, \dots, s_n\}$  est l'ensemble des **sites** (nœuds).
- $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  est l'ensemble des **transporteurs**.
- Chaque transporteur  $c$  a un identifiant  $Id(c)$  et parcourt une séquence ordonnée  $R(c)$  de sites, appelée **route**, de manière **périodique**.

# Modèle de PV-graphes

## Modèle de PV-graphes

- Un **PV-graphe** est défini par la paire  $(S, C)$ .
- $S = \{s_1, \dots, s_n\}$  est l'ensemble des **sites** (nœuds).
- $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  est l'ensemble des **transporteurs**.
- Chaque transporteur  $c$  a un identifiant  $Id(c)$  et parcourt une séquence ordonnée  $R(c)$  de sites, appelée **route**, de manière **périodique**.

# Modèle de PV-graphes

## Modèle de PV-graphes

- Un **PV-graphe** est défini par la paire  $(S, C)$ .
- $S = \{s_1, \dots, s_n\}$  est l'ensemble des **sites** (nœuds).
- $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  est l'ensemble des **transporteurs**.
- Chaque transporteur  $c$  a un identifiant  $Id(c)$  et parcourt une séquence ordonnée  $R(c)$  de sites, appelée **route**, de manière **périodique**.

# Modèle de PV-graphes

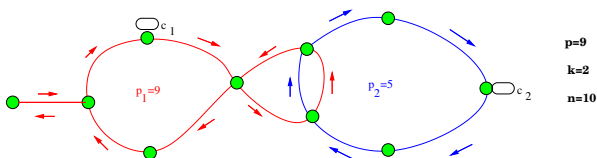
## Modèle de PV-graphes

- Un **PV-graphe** est défini par la paire  $(S, C)$ .
- $S = \{s_1, \dots, s_n\}$  est l'ensemble des **sites** (nœuds).
- $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  est l'ensemble des **transporteurs**.
- Chaque transporteur  $c$  a un identifiant  $Id(c)$  et parcourt une séquence ordonnée  $R(c)$  de sites, appelée **route**, de manière **périodique**.

# Modèle de PV-graphes

## Modèle de PV-graphes

- Un **PV-graphe** est défini par la paire  $(S, C)$ .
- $S = \{s_1, \dots, s_n\}$  est l'ensemble des **sites** (nœuds).
- $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  est l'ensemble des **transporteurs**.
- Chaque transporteur  $c$  a un identifiant  $Id(c)$  et parcourt une séquence ordonnée  $R(c)$  de sites, appelée **route**, de manière **périodique**.



# Définitions

## Un PV-graphe est dit

- **anonyme** si les noeuds n'ont pas d'identifiant, ou l'agent ne peut pas les voir.
- **étiqueté** si les noeuds ont des identifiants distincts et l'agent peut les voir et les mémoriser.
- **homogène** si tous les transporteurs ont la même période.

# Définitions

## Un PV-graphe est dit

- **anonyme** si les noeuds n'ont pas d'identifiant, ou l'agent ne peut pas les voir.
- **étiqueté** si les noeuds ont des identifiants distincts et l'agent peut les voir et les mémoriser.
- **homogène** si tous les transporteurs ont la même période.



## Définitions

### Un PV-graphe est dit

- **anonyme** si les noeuds n'ont pas d'identifiant, ou l'agent ne peut pas les voir.
- **étiqueté** si les noeuds ont des identifiants distincts et l'agent peut les voir et les mémoriser.
- **homogène** si tous les transporteurs ont la même période.

# Exploration de PV-graphe

- Une entité, appelée agent, opère sur ces PV-graphes
  - Il peut voir les transporteurs et leurs identifiants
  - Il peut monter sur un transporteur pour aller d'un site à un autre
  - Il peut également quitter un transporteur pour monter sur un autre transporteur
- Nous ne faisons aucune restriction sur :
  - la **taille de la mémoire** de l'agent
  - ses **capacités de calcul**
- Nous disons qu'un **agent explore** un **PV-graphe** si et seulement si, commençant au temps 0 sur le site de départ, l'**agent visite** éventuellement **tous les sites du PV-graphe** et se met dans un état terminal.

# Exploration de PV-graphe

- Une entité, appelée agent, opère sur ces PV-graphes
  - Il peut voir les transporteurs et leurs identifiants
  - Il peut monter sur un transporteur pour aller d'un site à un autre
  - Il peut également quitter un transporteur pour monter sur un autre transporteur
- Nous ne faisons aucune restriction sur :
  - la **taille de la mémoire** de l'agent
  - ses **capacités de calcul**
- Nous disons qu'un **agent explore** un **PV-graphe** si et seulement si, commençant au temps 0 sur le site de départ, l'**agent visite** éventuellement **tous les sites du PV-graphe** et se met dans un état terminal.

# Exploration de PV-graphe

- Une entité, appelée agent, opère sur ces PV-graphes
  - Il peut voir les transporteurs et leurs identifiants
  - Il peut monter sur un transporteur pour aller d'un site à un autre
    - Il peut également quitter un transporteur pour monter sur un autre transporteur
- Nous ne faisons aucune restriction sur :
  - la **taille de la mémoire** de l'agent
  - ses **capacités de calcul**
- Nous disons qu'un **agent explore** un **PV-graphe** si et seulement si, commençant au temps 0 sur le site de départ, l'**agent visite** éventuellement **tous les sites du PV-graphe** et se met dans un état terminal.

# Exploration de PV-graphe

- Une entité, appelée agent, opère sur ces PV-graphes
  - Il peut voir les transporteurs et leurs identifiants
  - Il peut monter sur un transporteur pour aller d'un site à un autre
  - Il peut également quitter un transporteur pour monter sur un autre transporteur
- Nous ne faisons aucune restriction sur :
  - la **taille de la mémoire** de l'agent
  - ses **capacités de calcul**
- Nous disons qu'un **agent explore** un **PV-graphe** si et seulement si, commençant au temps 0 sur le site de départ, l'**agent visite** éventuellement **tous les sites du PV-graphe** et se met dans un état terminal.

# Exploration de PV-graphe

- Une entité, appelée agent, opère sur ces PV-graphes
  - Il peut voir les transporteurs et leurs identifiants
  - Il peut monter sur un transporteur pour aller d'un site à un autre
  - Il peut également quitter un transporteur pour monter sur un autre transporteur
- Nous ne faisons aucune restriction sur :
  - la **taille de la mémoire** de l'agent
  - ses **capacités de calcul**
- Nous disons qu'un **agent explore** un **PV-graphe** si et seulement si, commençant au temps 0 sur le site de départ, l'**agent visite** éventuellement **tous les sites du PV-graphe** et se met dans un état terminal.

# Exploration de PV-graphe

- Une entité, appelée agent, opère sur ces PV-graphes
  - Il peut voir les transporteurs et leurs identifiants
  - Il peut monter sur un transporteur pour aller d'un site à un autre
  - Il peut également quitter un transporteur pour monter sur un autre transporteur
- Nous ne faisons aucune restriction sur :
  - la **taille de la mémoire** de l'agent
  - ses **capacités de calcul**
- Nous disons qu'un **agent explore** un **PV-graphe** si et seulement si, commençant au temps 0 sur le site de départ, l'**agent visite** éventuellement **tous les sites du PV-graphe** et se met dans un état terminal.

# Exploration de PV-graphe

- Une entité, appelée agent, opère sur ces PV-graphes
  - Il peut voir les transporteurs et leurs identifiants
  - Il peut monter sur un transporteur pour aller d'un site à un autre
  - Il peut également quitter un transporteur pour monter sur un autre transporteur
- Nous ne faisons aucune restriction sur :
  - la **taille de la mémoire** de l'agent
  - ses **capacités de calcul**
- Nous disons qu'un **agent explore** un **PV-graphe** si et seulement si, commençant au temps 0 sur le site de départ, l'**agent visite** éventuellement **tous les sites du PV-graphe** et se met dans un état terminal.



# Exploration de PV-graphe

- Une entité, appelée agent, opère sur ces PV-graphes
  - Il peut voir les transporteurs et leurs identifiants
  - Il peut monter sur un transporteur pour aller d'un site à un autre
  - Il peut également quitter un transporteur pour monter sur un autre transporteur
- Nous ne faisons aucune restriction sur :
  - la **taille de la mémoire** de l'agent
  - ses **capacités de calcul**
- Nous disons qu'un **agent explore** un **PV-graphe** si et seulement si, commençant au temps 0 sur le site de départ, l'**agent visite** éventuellement **tous les sites du PV-graphe** et se met dans un état terminal.

# Exploration de PV-graphes

[Paola Flocchini, Bernard Mans et Nicola Santoro, ISAAC 2009]

## PV-Graphes anonymes

La connaissance d'une **borne supérieure** sur la plus grande **période** est **nécessaire et suffisante**.

## PV-Graphes étiquetés

Connaissance du **nombre de nœuds** ou d'une **borne supérieure** sur la plus grande **période** est **nécessaire et suffisante**.

# Exploration de PV-graphes

[Paola Flocchini, Bernard Mans et Nicola Santoro, ISAAC 2009]

## PV-Graphes anonymes

La connaissance d'une **borne supérieure** sur la plus grande **période** est **nécessaire et suffisante**.

## PV-Graphes étiquetés

Connaissance du **nombre de nœuds** ou d'une **borne supérieure** sur la plus grande **période** est **nécessaire et suffisante**.

# Exploration de PV-graphes

[Paola Flocchini, Bernard Mans et Nicola Santoro, ISAAC 2009]

## PV-Graphes anonymes

La connaissance d'une **borne supérieure** sur la plus grande **période** est **nécessaire et suffisante**.

## PV-Graphes étiquetés

Connaissance du **nombre de nœuds** ou d'une **borne supérieure** sur la plus grande **période** est **nécessaire et suffisante**.

# Exploration de PV-graphes

[Paola Flocchini, Bernard Mans et Nicola Santoro, 2009]

- $k$  : nombre de bus
- $p$  : période de la plus grande route
- $B$  : borne supérieure sur  $p$  que l'on donne à l'agent

## Cas général

- $\Omega(kp^2)$  mouvements et unités de temps.
- $O(kB^2)$  mouvements et unités de temps.

## PV-graphes homogènes

- $\Omega(kp)$  mouvements et unités de temps.
- $O(kB)$  mouvements et unités de temps.

# Exploration de PV-graphes

[Paola Flocchini, Bernard Mans et Nicola Santoro, 2009]

- $k$  : nombre de bus
- $p$  : période de la plus grande route
- $B$  : borne supérieure sur  $p$  que l'on donne à l'agent

## Cas général

- $\Omega(kp^2)$  mouvements et unités de temps.
- $O(kB^2)$  mouvements et unités de temps.

## PV-graphes homogènes

- $\Omega(kp)$  mouvements et unités de temps.
- $O(kB)$  mouvements et unités de temps.

# Exploration de PV-graphes

[Paola Flocchini, Bernard Mans et Nicola Santoro, 2009]

- $k$  : nombre de bus
- $p$  : période de la plus grande route
- $B$  : borne supérieure sur  $p$  que l'on donne à l'agent

## Cas général

- $\Omega(kp^2)$  mouvements et unités de temps.
- $O(kB^2)$  mouvements et unités de temps.

## PV-graphes homogènes

- $\Omega(kp)$  mouvements et unités de temps.
- $O(kB)$  mouvements et unités de temps.

# Modèle de PV-graphes

[FMS09] ont considéré que **l'agent ne peut pas quitter le transporteur** pour rester sur un site.

## Remarque

Dans la plupart des systèmes de transport public, il est possible pour l'agent (humain ou non) de rester sur un site afin d'attendre un transporteur (éventuellement différent).



# Modèle de PV-graphes

[FMS09] ont considéré que l'agent ne peut pas quitter le transporteur pour rester sur un site.

## Remarque

Dans la plupart des systèmes de transport public, il est possible pour l'agent (humain ou non) de rester sur un site afin d'attendre un transporteur (éventuellement différent).

# Nos résultats

## Notre contribution

Nous étendons le travail de Flocchini, Mans et Santoro [FMS09] dans le cas où **l'agent peut descendre d'un transporteur et rester sur un site.**

Montrer que cette possibilité permet

- de pouvoir explorer même les PV-graphes qui sont **moins connectés dans le temps.**
- de **réduire**, dans le cas général, la **complexité en temps** et en **mouvements.**
- d'avoir un **algorithme** qui en plus de l'**exploration**, fournit la **carte du PV-graphe.**

# Nos résultats

## Notre contribution

Nous étendons le travail de Flocchini, Mans et Santoro [FMS09] dans le cas où **l'agent peut descendre d'un transporteur et rester sur un site.**

## Montrer que cette possibilité permet

- de pouvoir explorer même les PV-graphes qui sont **moins connectés dans le temps.**
- de **réduire**, dans le cas général, la **complexité en temps** et en **mouvements.**
- d'avoir un **algorithme** qui en plus de l'**exploration**, fournit la **carte du PV-graphe.**

# Nos résultats

## Notre contribution

Nous étendons le travail de Flocchini, Mans et Santoro [FMS09] dans le cas où **l'agent peut descendre d'un transporteur et rester sur un site.**

## Montrer que cette possibilité permet

- de pouvoir explorer même les PV-graphes qui sont **moins connectés dans le temps.**
- de **réduire**, dans le cas général, la **complexité** en **temps** et en **mouvements.**
- d'avoir un **algorithme** qui en plus de l'**exploration**, fournit la **carte du PV-graphe.**

# Nos résultats

## Notre contribution

Nous étendons le travail de Flocchini, Mans et Santoro [FMS09] dans le cas où **l'agent peut descendre d'un transporteur et rester sur un site.**

## Montrer que cette possibilité permet

- de pouvoir explorer même les PV-graphes qui sont **moins connectés dans le temps.**
- de **réduire**, dans le cas général, la **complexité** en **temps** et en **mouvements.**
- d'avoir un **algorithme** qui en plus de l'**exploration**, fournit la **carte du PV-graphe.**

# Exploration avec attente de PV-graphes

- $k$  : nombre de bus
- $p$  : période de la plus grande route
- $B$  : borne supérieure sur  $p$  que l'on donne à l'agent

## Cas général

- $\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$  mouvements.
- $\Omega(np)$  unités de temps.
- $O(nB)$  unités de temps.

## PV-graphes homogènes ou hautement connexes

- la complexité en temps et en mouvements reste la même.

# Exploration avec attente de PV-graphes

- $k$  : nombre de bus
- $p$  : période de la plus grande route
- $B$  : borne supérieure sur  $p$  que l'on donne à l'agent

## Cas général

- $\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$  mouvements.
- $\Omega(np)$  unités de temps.
- $O(nB)$  unités de temps.

## PV-graphes homogènes ou hautement connexes

- la complexité en temps et en mouvements reste la même.

# Exploration avec attente de PV-graphes

- $k$  : nombre de bus
- $p$  : période de la plus grande route
- $B$  : borne supérieure sur  $p$  que l'on donne à l'agent

## Cas général

- $\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$  mouvements.
- $\Omega(np)$  unités de temps.
- $O(nB)$  unités de temps.

## PV-graphes homogènes ou hautement connexes

- la complexité en temps et en mouvements reste la même.



# Exploration avec attente de PV-graphes

- $k$  : nombre de bus
- $p$  : période de la plus grande route
- $B$  : borne supérieure sur  $p$  que l'on donne à l'agent

## Cas général

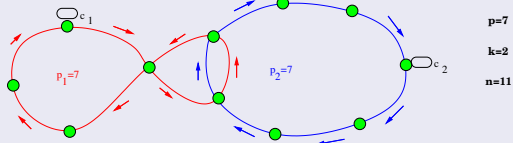
- $\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$  mouvements.
- $\Omega(np)$  unités de temps.
- $O(nB)$  unités de temps.

## PV-graphes homogènes ou hautement connexes

- la complexité en temps et en mouvements reste la même.

# Définitions : notion de connexité

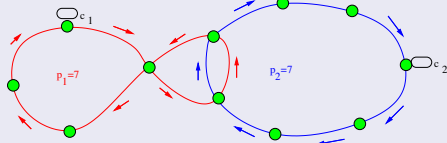
## PV-graphe connexe



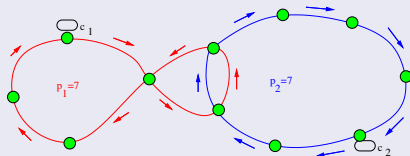
## PV-graphe hautement connexe

# Définitions : notion de connexité

## PV-graphe connexe

 $p=7$  $k=2$  $n=11$ 

## PV-graphe hautement connexe

 $p=7$  $k=2$  $n=11$

# Tableau de comparaison

- $B = O(p)$
- [FMS09] (l'agent ne peut pas quitter le transporteur)
- Nos résultats (l'agent peut quitter le transporteur)

	Connexe	$Haut^t$ connexe
Cas général	Impossible	$\Theta(kp^2)$ mouvements et unités de temps
	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements
	$\Theta(np)$ unités de temps	$\Theta(np)$ unités de temps
Homogène	Impossible	$\Theta(kp)$ mouvements et unités de temps
	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements
	$\Theta(np)$ unités de temps	

# Tableau de comparaison

- $B = O(p)$
- [FMS09] (l'agent ne peut pas quitter le transporteur)
- Nos résultats (l'agent peut quitter le transporteur)

	Connexe	<i>Haut<sup>t</sup> connexe</i>
Cas général	Impossible	$\Theta(kp^2)$ mouvements et unités de temps
	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements
	$\Theta(np)$ unités de temps	$\Theta(np)$ unités de temps
Homogène	Impossible	$\Theta(kp)$ mouvements et unités de temps
	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements
	$\Theta(np)$ unités de temps	

## Tableau de comparaison

- $B = O(p)$
- [FMS09] (l'agent ne peut pas quitter le transporteur)
- Nos résultats (l'agent peut quitter le transporteur)

	Connexe	$Haut^t$ connexe
Cas général	Impossible	$\Theta(kp^2)$ mouvements et unités de temps
	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements
	$\Theta(np)$ unités de temps	$\Theta(np)$ unités de temps
Homogène	Impossible	$\Theta(kp)$ mouvements et unités de temps
	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements
	$\Theta(np)$ unités de temps	

# Tableau de comparaison

- $B = O(p)$
- [FMS09] (l'agent ne peut pas quitter le transporteur)
- Nos résultats (l'agent peut quitter le transporteur)

	Connexe	<i>Haut<sup>t</sup> connexe</i>
Cas général	Impossible	$\Theta(kp^2)$ mouvements et unités de temps
	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements
	$\Theta(np)$ unités de temps	$\Theta(np)$ unités de temps
Homogène	Impossible	$\Theta(kp)$ mouvements et unités de temps
	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements	$\Theta(\min\{kp, np, n^2\})$ mouvements
	$\Theta(np)$ unités de temps	

# Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Solvabilité**
- 3 Bornes inférieures
- 4 Bornes supérieures
- 5 Conclusion

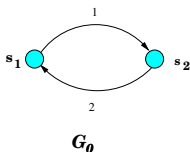


# Solvabilité

Un agent sans information sur les PV-graphes à explorer ne peut pas explorer tous les PV-graphes.

# Solvabilité

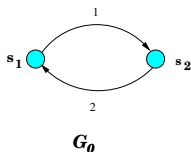
Un agent sans information sur les PV-graphes à explorer ne peut pas explorer tous les PV-graphes.



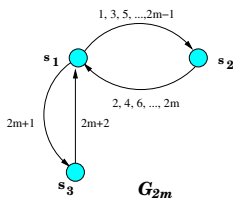
Stopping time in  $G_0 = m$

# Solvabilité

Un agent sans information sur les PV-graphes à explorer ne peut pas explorer tous les PV-graphes.



Stopping time in  $G_0 = m$



# Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Solvabilité
- 3 Bornes inférieures**
  - Mouvements
  - Temps
- 4 Bornes supérieures
- 5 Conclusion

## Théorème

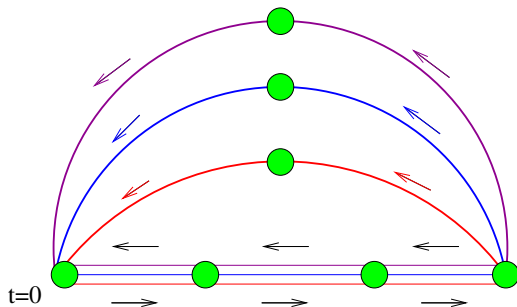
- Pour tout  $n$ ,  $k$  et  $p$ , il existe un PV-graphe étiqueté, homogène et hautement connexe tel que tout agent doit faire au moins  $\Omega(\min\{kp, np, n^2\})$  mouvements pour l'explorer.
- Ce résultat reste vrai même si l'agent connaît le PV-graphe, et a une mémoire illimitée.

## Théorème

- Pour tout  $n$ ,  $k$  et  $p$ , il existe un PV-graphe **étiqueté, homogène** et **hautement connexe** tel que **tout agent** doit faire au moins  $\Omega(\min\{kp, np, n^2\})$  mouvements pour l'explorer.
- Ce résultat reste vrai même si **l'agent** connaît le PV-graphe, et a une **mémoire illimitée**.

# Éléments de la preuve

Il existe un PV-graphe ou l'agent doit faire au moins  $\Omega(\min\{kp, np, n^2\})$



$$k \geq n/2$$

$$p \geq 5n/2$$

$$n=7$$

## Borne inférieure sur le temps

Le temps (en unités de temps)  $\neq$  Nombre de mouvements

### Lemme

- Pour tout  $n, k, p$ , il existe une famille de PV-graphes homogènes  $\mathcal{G}_{n,p,k}$  tel que pour tout agent, il existe un PV-graphe de la famille où il utilisera au moins  $\Omega(np)$  unités de temps pour l'explorer.
- Ce résultat reste vrai même si l'agent connaît la famille de PV-graphes, et a une mémoire illimitée.



## Borne inférieure sur le temps

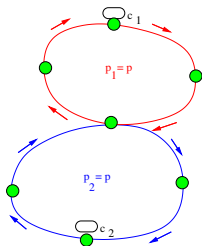
Le temps (en unités de temps)  $\neq$  Nombre de mouvements

### Lemme

- Pour tout  $n, k, p$ , il existe une famille de PV-graphes homogènes  $\mathcal{G}_{n,p,k}$  tel que pour tout agent, il existe un PV-graphe de la famille où il utilisera au moins  $\Omega(np)$  unités de temps pour l'explorer.
- Ce résultat reste vrai même si l'agent connaît la famille de PV-graphes, et a une mémoire illimitée.

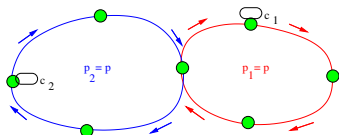
# Une idée de la preuve

Pour tout agent, il existe un PV-graphe  $\in \mathcal{G}_{n,p,k}$  où il utilisera au moins  $\Omega(np)$  unités de temps pour l'explorer.



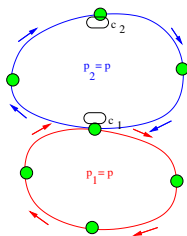
## Une idée de la preuve

Pour tout agent, il existe un **PV-graphe**  $\in \mathcal{G}_{n,p,k}$  où il utilisera au moins  $\Omega(np)$  unités de temps pour l'explorer.



## Une idée de la preuve

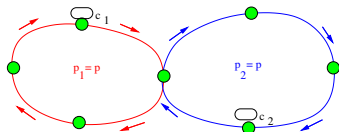
Pour tout agent, il existe un PV-graphe  $\in \mathcal{G}_{n,p,k}$  où il utilisera au moins  $\Omega(np)$  unités de temps pour l'explorer.





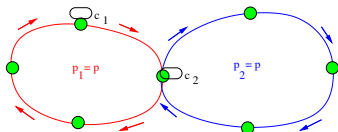
## Une idée de la preuve

Pour tout agent, il existe un **PV-graphe**  $\in \mathcal{G}_{n,p,k}$  où il utilisera au moins  $\Omega(np)$  unités de temps pour l'explorer.



## Une idée de la preuve

Pour tout agent, il existe un PV-graphe  $\in \mathcal{G}_{n,p,k}$  où il utilisera au moins  $\Omega(np)$  unités de temps pour l'explorer.

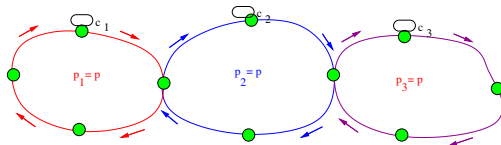






## Une idée de la preuve

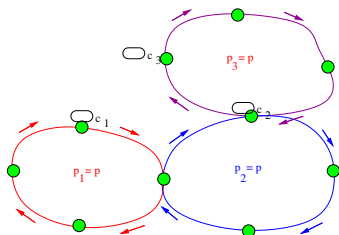
Pour tout agent, il existe un **PV-graphe**  $\in \mathcal{G}_{n,p,k}$  où il utilisera au moins  $\Omega(np)$  unités de temps pour l'explorer.





# Une idée de la preuve

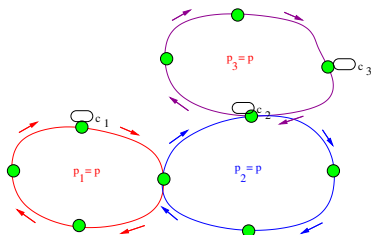
Pour tout agent, il existe un PV-graphe  $\in \mathcal{G}_{n,p,k}$  où il utilisera au moins  $\Omega(np)$  unités de temps pour l'explorer.





## Une idée de la preuve

Pour tout agent, il existe un **PV-graphe**  $\in \mathcal{G}_{n,p,k}$  où il utilisera au moins  $\Omega(np)$  unités de temps pour l'explorer.



# Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Solvabilité
- 3 Bornes inférieures
- 4 Bornes supérieures**
  - Notre algorithme
  - Complexités
- 5 Conclusion

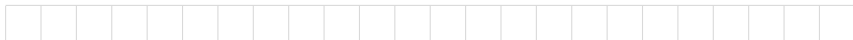
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

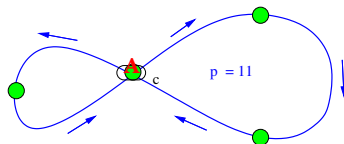
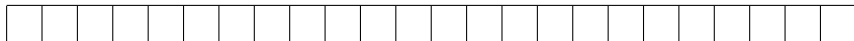
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.





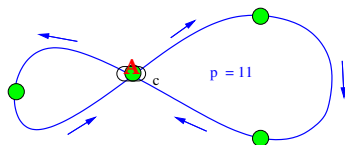
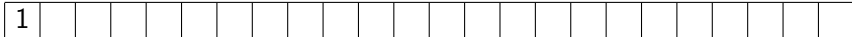
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



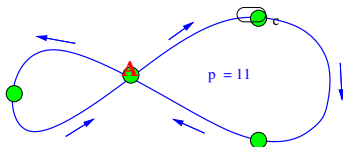
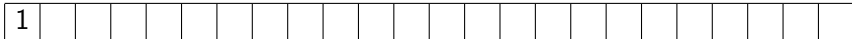
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



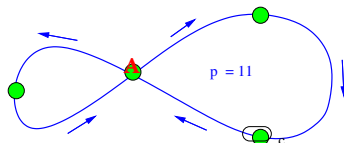
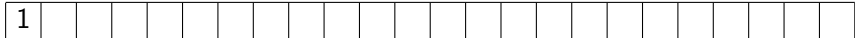
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



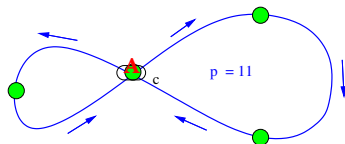
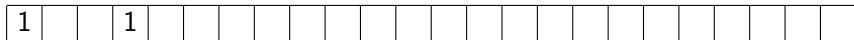
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



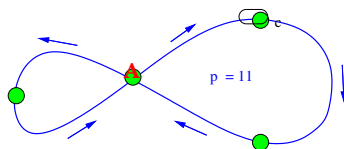
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



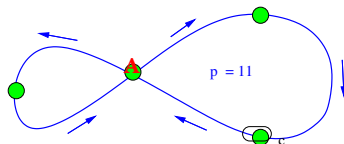
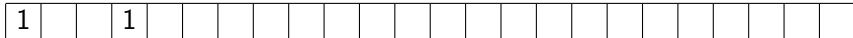
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



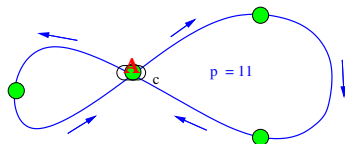
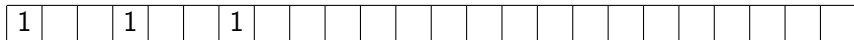
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

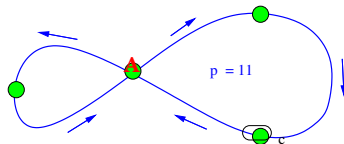
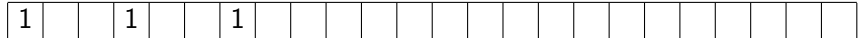






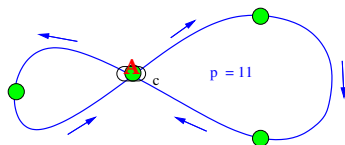
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



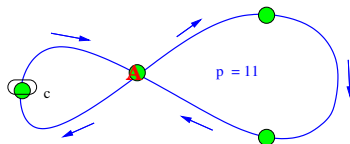
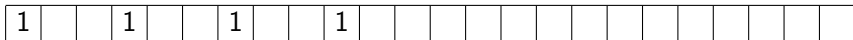
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



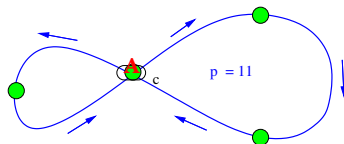
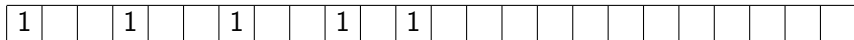
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



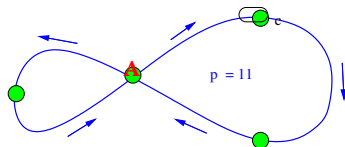
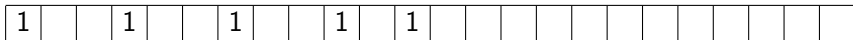
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



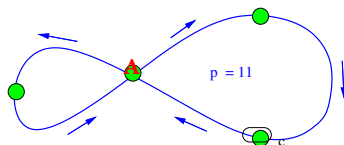
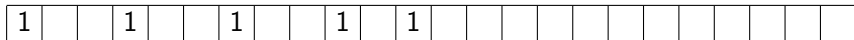
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



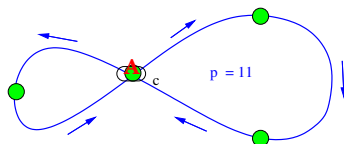
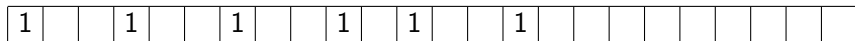
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

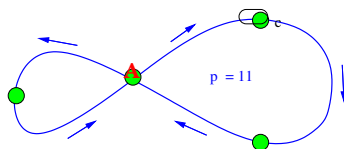
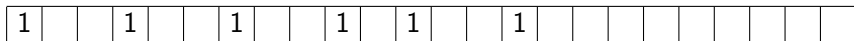
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.





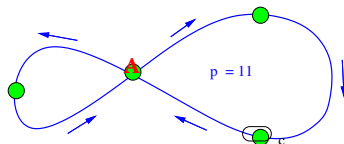
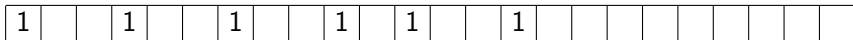
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



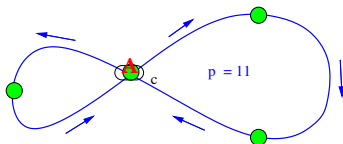
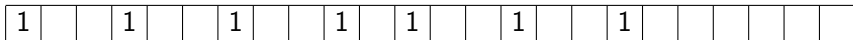
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



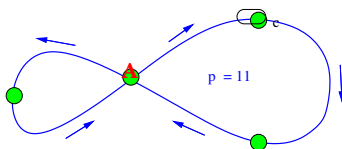
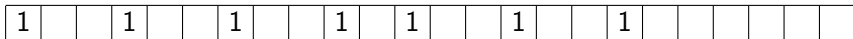
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



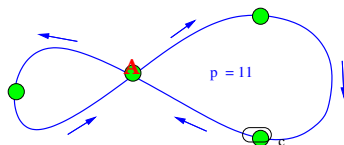
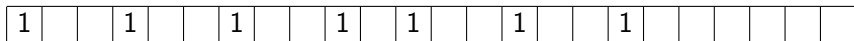
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



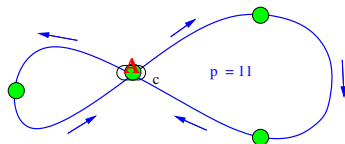
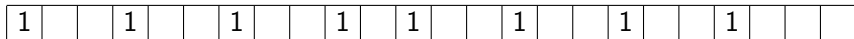
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



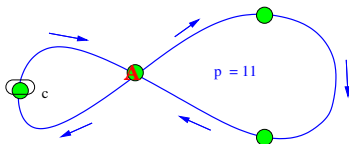
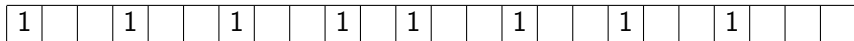
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



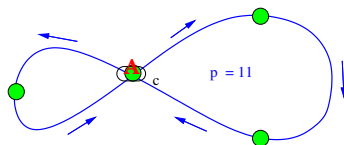
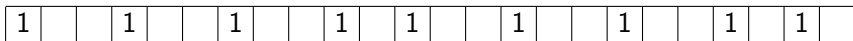
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

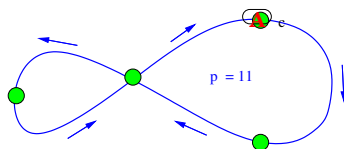
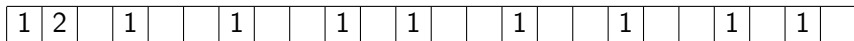
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.





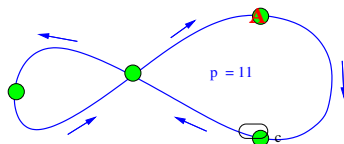
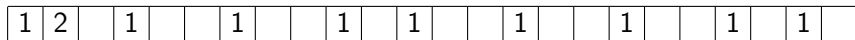
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

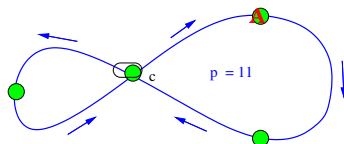
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

1	2		1		1		1	1		1		1		1		1		1		1
---	---	--	---	--	---	--	---	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---

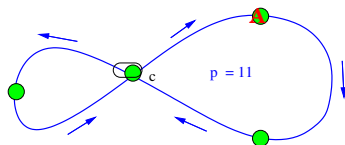
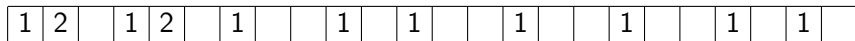






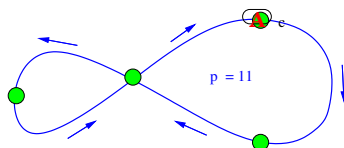
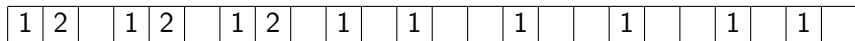
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



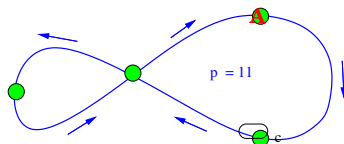
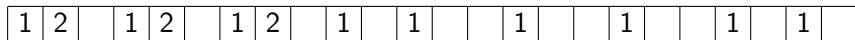
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

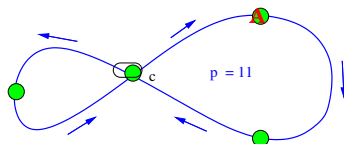
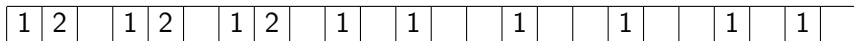
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.





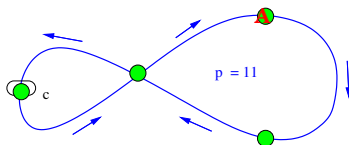
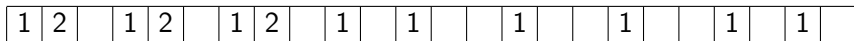
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



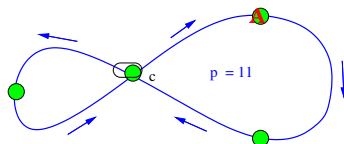
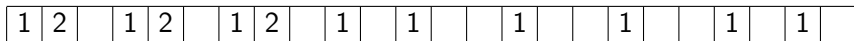
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



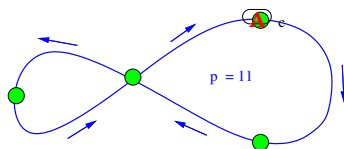
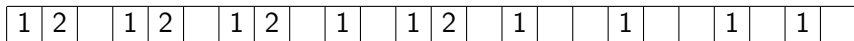
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



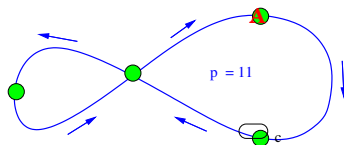
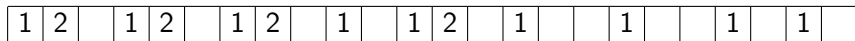
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



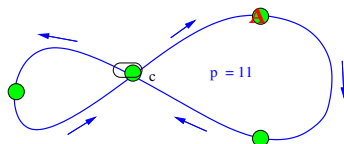
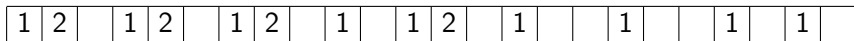
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



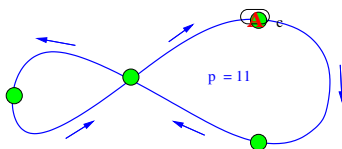
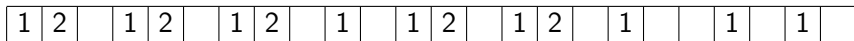
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



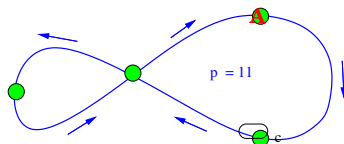
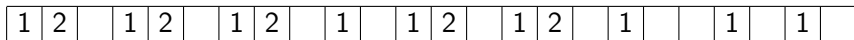
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

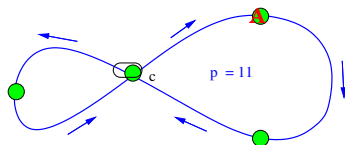
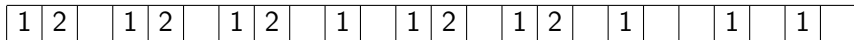
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.





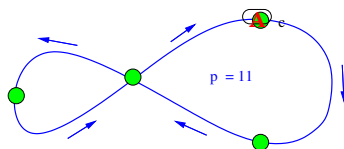
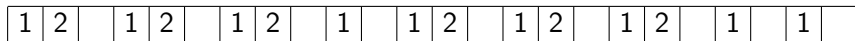
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



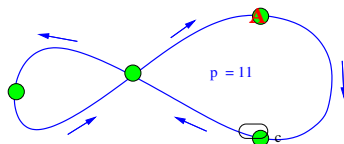
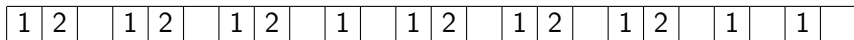
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



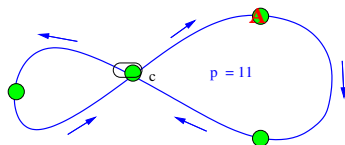
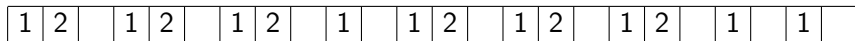
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



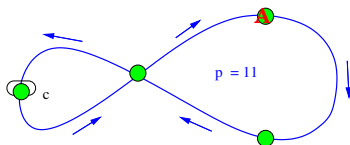
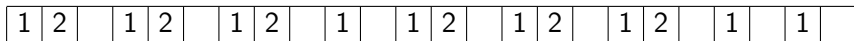
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

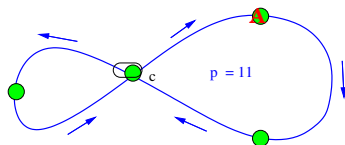
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

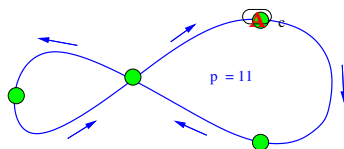
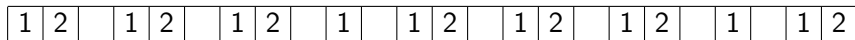
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

1	2		1	2		1	2		1	2		1	2		1	2		1	1
---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	---



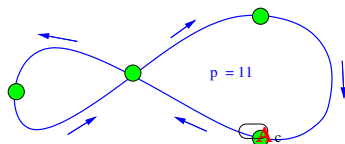
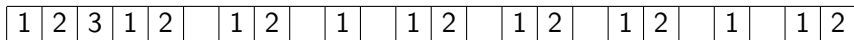
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

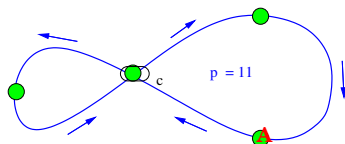
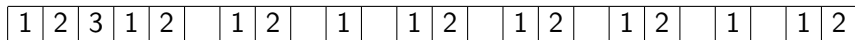
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.





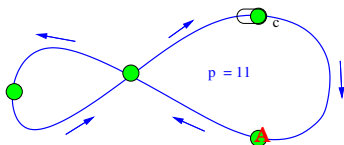
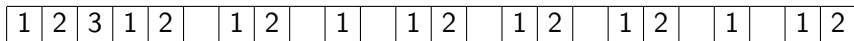
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

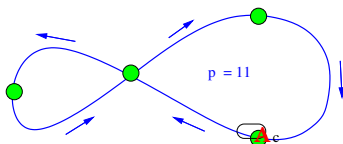
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

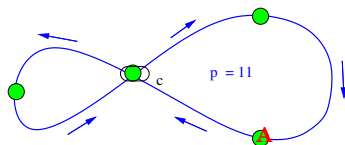
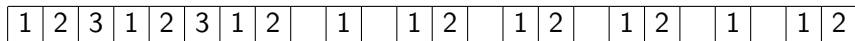
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

1	2	3	1	2	3	1	2			1		1	2		1	2		1	2		1		1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	---	--	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	--	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

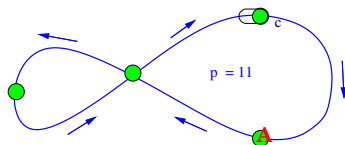
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

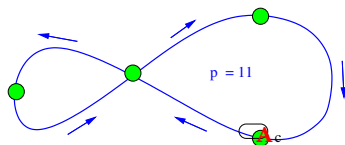
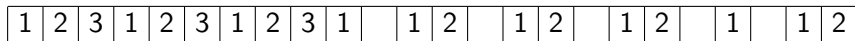
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

1	2	3	1	2	3	1	2			1		1	2		1	2		1	2		1		1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	---	--	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	--	---	---



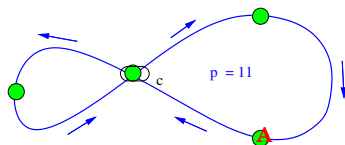
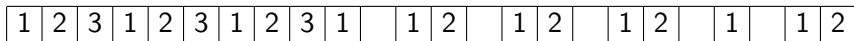
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

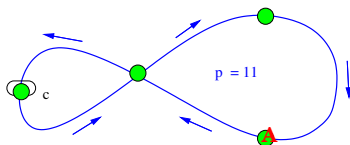
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

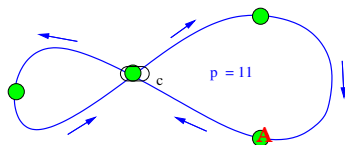
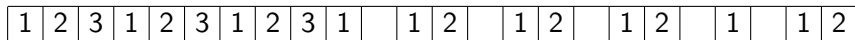
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		1	2		1	2		1	2		1		1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	--	---	---





- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

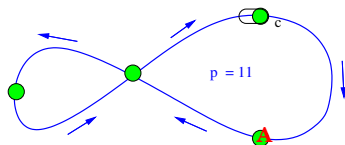
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

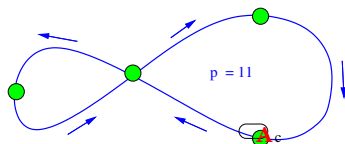
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		1	2		1	2		1	2		1		1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	--	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

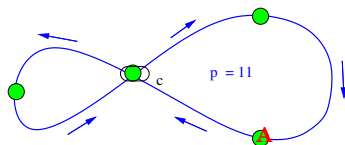
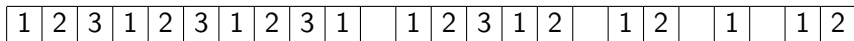
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		1	2	3	1	2		1	2		1		1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	--	---	---	--	---	--	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

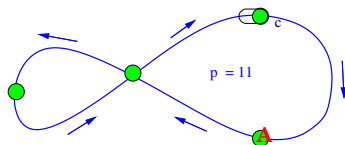
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

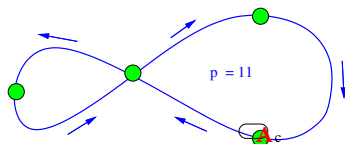
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		1	2	3	1	2		1	2		1		1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	--	---	---	--	---	--	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

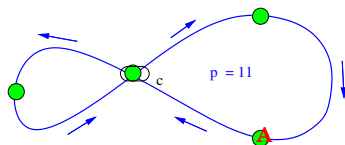
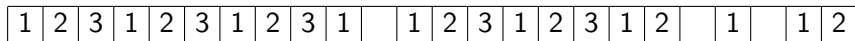
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		1	2	3	1	2	3	1	2		1		1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	--	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

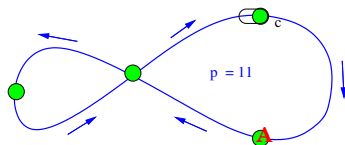
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

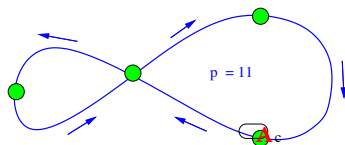
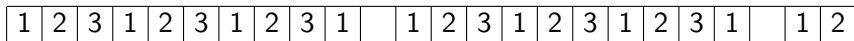
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		1	2	3	1	2	3	1	2		1		1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	--	---	---





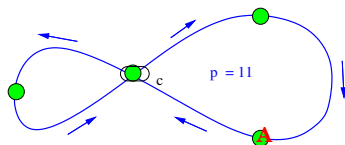
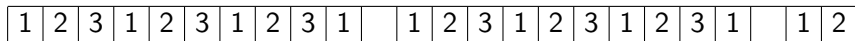
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



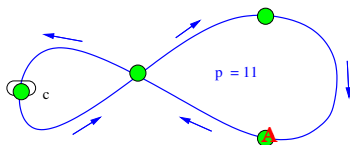
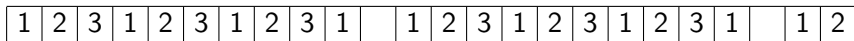
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



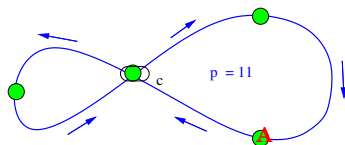
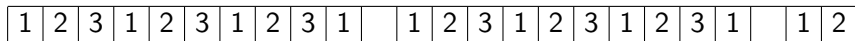
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



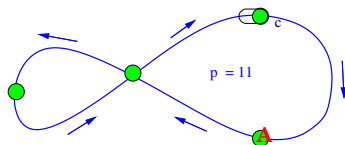
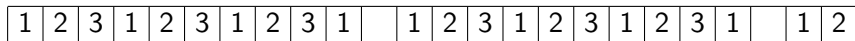
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



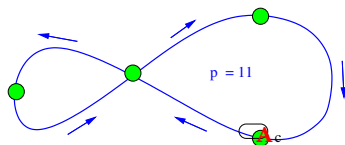
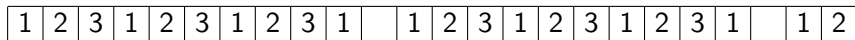
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



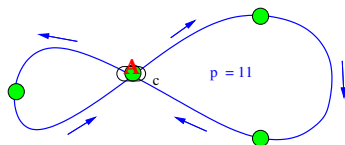
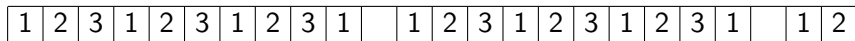
- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

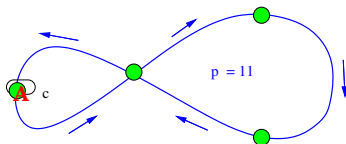
L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

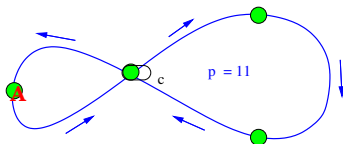




- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

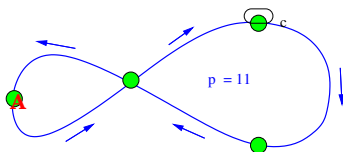
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

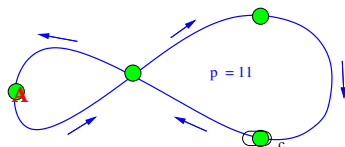
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

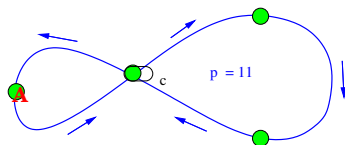
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

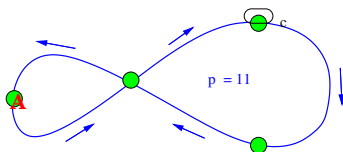
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

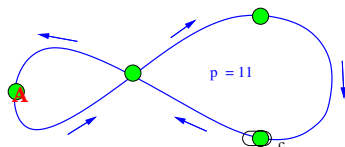
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

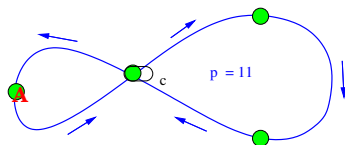
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

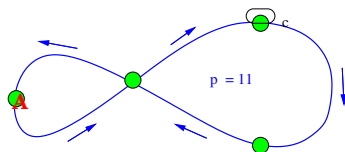
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

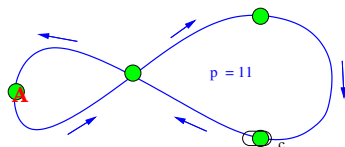




- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

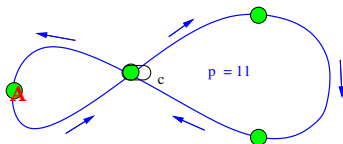
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

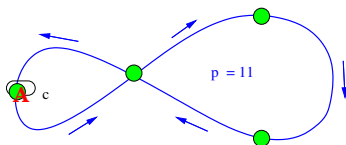
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



- $B$  une borne supérieure sur la plus grande route

L'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET** explore n'importe quel PV-graphe, en un temps fini, en connaissant une borne supérieure sur la période de la plus grande route.

1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	4	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Avec l'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET**

- l'agent fait au plus  $O(\min\{kp, np, n^2\})$  mouvements pour explorer n'importe quel PV-graphe.
- l'agent explore n'importe quel PV-graphe en  $O(nB)$  unités de temps.

Avec l'algorithme **EXPLORE-AVEC-ARRET**

- l'agent fait au plus  $O(\min\{kp, np, n^2\})$  mouvements pour explorer n'importe quel PV-graphe.
- l'agent explore n'importe quel PV-graphe en  $O(nB)$  unités de temps.

# Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Solvabilité
- 3 Bornes inférieures
- 4 Bornes supérieures
- 5 Conclusion

## Résumé

- Réduction du nombre de mouvements d'un facteur multiplicatif d'au moins  $\Theta(p)$ .
- Réduction de la complexité en temps de  $\Theta(kp^2)$  à  $\Theta(np)$ .
- Algorithme optimal et qui permet aussi de construire la carte du PV-graphe

## Perspectives

- Utilisation de plusieurs agents
- Borner la mémoire de l'agent
- Etudier d'autres modèles de graphe dynamique

## Résumé

- Réduction du nombre de mouvements d'un facteur multiplicatif d'au moins  $\Theta(p)$ .
- Réduction de la complexité en temps de  $\Theta(kp^2)$  à  $\Theta(np)$ .
- Algorithme optimal et qui permet aussi de construire la carte du PV-graphe

## Perspectives

- Utilisation de plusieurs agents
- Borner la mémoire de l'agent
- Etudier d'autres modèles de graphe dynamique



## Résumé

- Réduction du nombre de mouvements d'un facteur multiplicatif d'au moins  $\Theta(p)$ .
- Réduction de la complexité en temps de  $\Theta(kp^2)$  à  $\Theta(np)$ .
- Algorithme optimal et qui permet aussi de construire la carte du PV-graphe

## Perspectives

- Utilisation de plusieurs agents
- Borner la mémoire de l'agent
- Etudier d'autres modèles de graphe dynamique

## Résumé

- Réduction du nombre de mouvements d'un facteur multiplicatif d'au moins  $\Theta(p)$ .
- Réduction de la complexité en temps de  $\Theta(kp^2)$  à  $\Theta(np)$ .
- Algorithme optimal et qui permet aussi de construire la carte du PV-graphe

## Perspectives

- Utilisation de plusieurs agents
- Borner la mémoire de l'agent
- Etudier d'autres modèles de graphe dynamique

## Résumé

- Réduction du nombre de mouvements d'un facteur multiplicatif d'au moins  $\Theta(p)$ .
- Réduction de la complexité en temps de  $\Theta(kp^2)$  à  $\Theta(np)$ .
- Algorithme optimal et qui permet aussi de construire la carte du PV-graphe

## Perspectives

- Utilisation de plusieurs agents
- Borner la mémoire de l'agent
- Etudier d'autres modèles de graphe dynamique

## Résumé

- Réduction du nombre de mouvements d'un facteur multiplicatif d'au moins  $\Theta(p)$ .
- Réduction de la complexité en temps de  $\Theta(kp^2)$  à  $\Theta(np)$ .
- Algorithme optimal et qui permet aussi de construire la carte du PV-graphe

## Perspectives

- Utilisation de plusieurs agents
- Borner la mémoire de l'agent
- Etudier d'autres modèles de graphe dynamique

Merci de votre attention