Du TASEP lifté aux vraies marches auto-répulsives

Brune Massoulié

Avec Clément Erignoux, Werner Krauth,
François Simenhaus, Cristina Toninelli

4 Février 2026

Les Probabilités de Demain

Motivation

Loi π "compliquée"

Motivation

Chaîne de Markov P
Dynamique "physique"

$$\xrightarrow[t\to\infty]{t \geq t_{mix}}$$

Loi π "compliquée"

Temps de mélange $t_{mix} = \inf\{t \geq 0 : \forall \text{ condition initiale}, d_{tv}(\text{loi au temps } t, \pi) \leq 1/4\}$

Motivation

Chaîne de Markov P
Dynamique "physique"

$\xrightarrow[t\to\infty]{t \geq t_{mix}}$

Loi π "compliquée"

Chaîne "liftée" $\hat{P}$
Espace élargi
Dynamique modifiée

Temps de mélange t_{mix} $= \inf\{t \geq 0 : \forall$ condition initiale, $d_{tv}($loi au temps $t, \pi) \leq 1/4\}$

Motivation

Chaîne de Markov P
Dynamique "physique"

$\xrightarrow[t\to\infty]{t \geq t_{mix}}$

Loi π "compliquée"

Chaîne "liftée" $\hat{P}$
Espace élargi
Dynamique modifiée

$\xrightarrow[t\to\infty]{t \geq \hat{t}_{mix}}$

$\hat{\pi}$

Temps de mélange t_{mix} $= \inf\{t \geq 0 : \forall$ condition initiale, $d_{tv}(\text{loi au temps } t, \pi) \leq 1/4\}$

Motivation

Chaîne de Markov P
Dynamique "physique"

$\xrightarrow[t\to\infty]{t \geq t_{mix}}$

Loi π "compliquée"

Chaîne "liftée" $\hat{P}$
Espace élargi
Dynamique modifiée

$\xrightarrow[t\to\infty]{t \geq \hat{t}_{mix}}$

$\hat{\pi}$ $\uparrow$ projetée

Temps de mélange $t_{mix} = \inf\{t \geq 0 : \forall$ condition initiale, $d_{tv}(\text{loi au temps } t, \pi) \leq 1/4\}$

Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

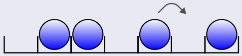
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)

Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)



Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

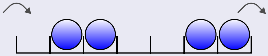
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)

Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)



Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

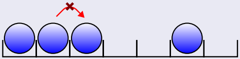
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)

Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)



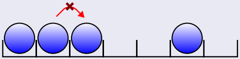
π uniforme

Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

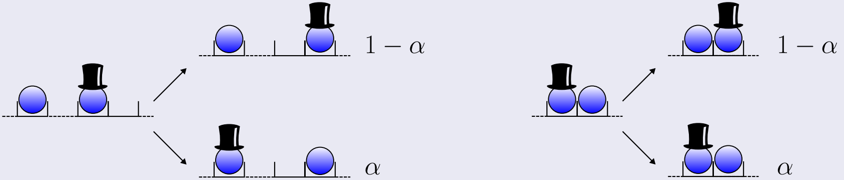
Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

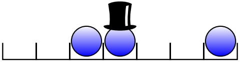
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)



π uniforme

Le TASEP lifté de paramètre $\alpha \in (0, 1)$ $\quad\hat{\pi}$ uniforme



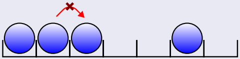


Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

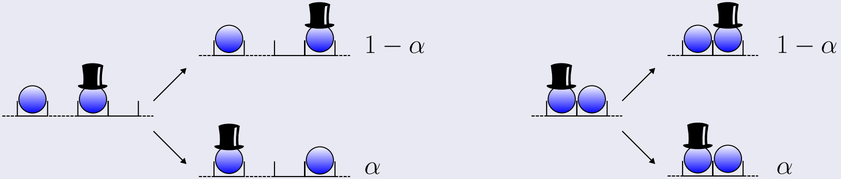
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)

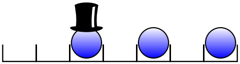


π uniforme

Le TASEP lifté de paramètre $\alpha \in (0, 1)$

$\hat{\pi}$ uniforme



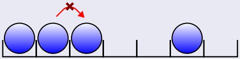


Le modèle

N particules sur *L* sites. Système périodique, temps discret

Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

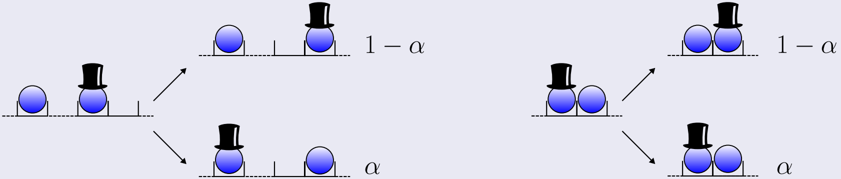
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)

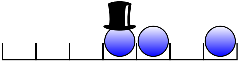


π uniforme

Le TASEP lifté de paramètre $\alpha \in (0, 1)$

$\hat{\pi}$ uniforme



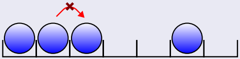


Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

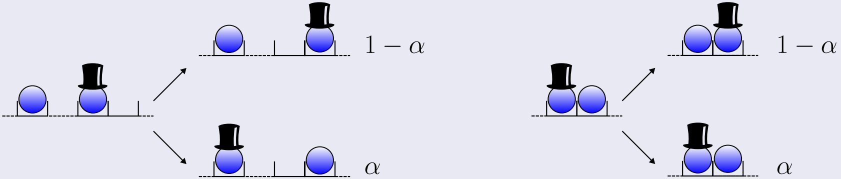
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)

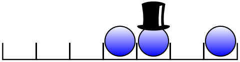


π uniforme

Le TASEP lifté de paramètre $\alpha \in (0, 1)$

$\hat{\pi}$ uniforme



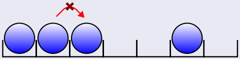


Le modèle

N particules sur *L* sites. Système périodique, temps discret

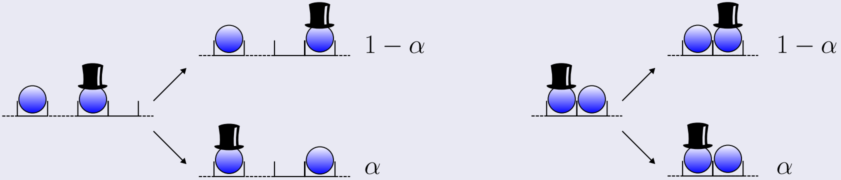
Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

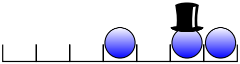
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)



π uniforme

Le TASEP lifté de paramètre $\alpha \in (0, 1)$ $\hat{\pi}$ uniforme



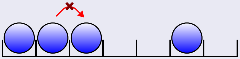


Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

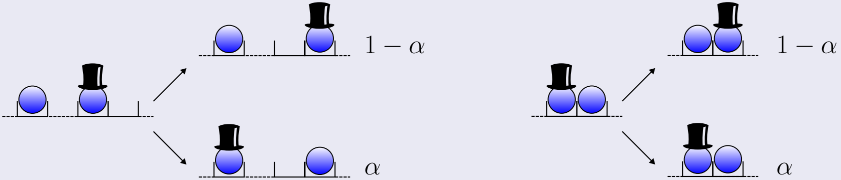
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)

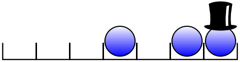


π uniforme

Le TASEP lifté de paramètre $\alpha \in (0, 1)$

$\hat{\pi}$ uniforme



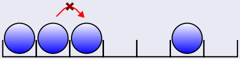


Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

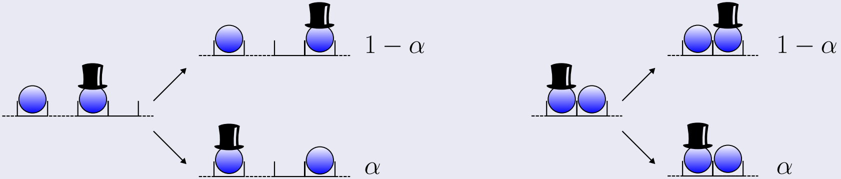
Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

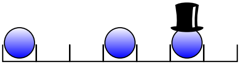
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)



π uniforme

Le TASEP lifté de paramètre $\alpha \in (0, 1)$ $\hat{\pi}$ uniforme



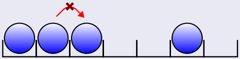


Le modèle

N particules sur L sites. Système périodique, temps discret

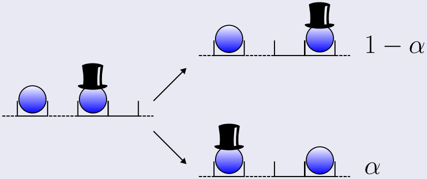
Le processus d'exclusion totalement asymétrique (TASEP)

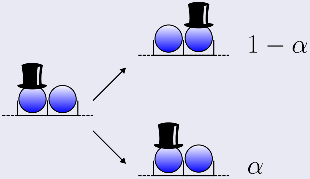
A chaque étape, prendre une particule au hasard et essayer de l'avancer, sauf si le site visé est occupé (contrainte d'*exclusion*)



π uniforme

Le TASEP lifté de paramètre $\alpha \in (0, 1)$ — $\hat{\pi}$ uniforme





Observations 1/2

- Si $\alpha = \frac{N}{L}$, numériquement, il semble que $t_{mix} = O(L^2)$ [Essler & Krauth 2024]
  Pour le TASEP en temps discret, $t_{mix} = O(L^{5/2})$ [Schmid & Sly 2024]
  $t_{mix} = \inf\{t \geq 0 : \forall$ condition initiale, $d_{tv}($loi au temps $t, \pi) \leq 1/4\}$

Observations 1/2

- Si $\alpha = \frac{N}{L}$, numériquement, il semble que $t_{mix} = O(L^2)$ [Essler & Krauth 2024]
  Pour le TASEP en temps discret, $t_{mix} = O(L^{5/2})$ [Schmid & Sly 2024]
  $t_{mix} = \inf\{t \geq 0 : \forall$ condition initiale, d_{tv}(loi au temps $t, \pi) \leq 1/4\}$

- A l'état stationnaire: le temps pour se déplacer de $O(\ell)$ semble $O(\ell^{3/2})$.
  $\rightarrow$ Comme les "vraies" marches auto-répulsives (TSAW) [Tóth 1995]

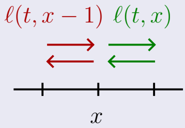
Observations 1/2

- Si $\alpha = \frac{N}{L}$, numériquement, il semble que $t_{mix} = O(L^2)$ [Essler & Krauth 2024]
  Pour le TASEP en temps discret, $t_{mix} = O(L^{5/2})$ [Schmid & Sly 2024]
  $t_{mix} = \inf\{t \geq 0 : \forall$ condition initiale, $d_{tv}(\text{loi au temps } t, \pi) \leq 1/4\}$

- A l'état stationnaire: le temps pour se déplacer de $O(\ell)$ semble $O(\ell^{3/2})$.
  $\rightarrow$ Comme les “vraies” marches auto-répulsives (TSAW) [Tóth 1995]

Vraie marche auto-répulsives

$$\ell(t,x) = \#\{k < t : \{X_k, X_{k+1}\} = \{x, x+1\}\}$$

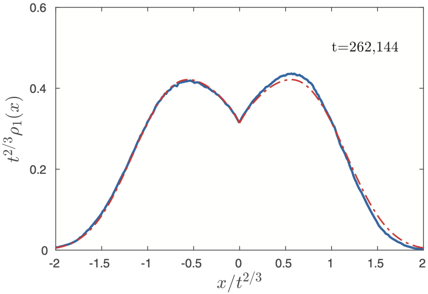


Soit $\beta > 0$

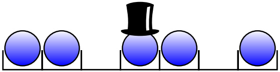
$$\mathbb{P}(X_{t+1} = X_t + 1 | \mathcal{F}_t) = 1 - \mathbb{P}(X_{t+1} = X_t - 1 | \mathcal{F}_t) = \frac{e^{-\beta\ell(t,X_t)}}{e^{-\beta\ell(t,X_t)} + e^{-\beta\ell(t,X_t-1)}}$$

Observations 2/2

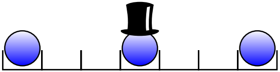
- Dans [Maggs 2024]: la loi de la position du pointeur et celle du "vrai" mouvement auto-répulsif (TSRM) [Dumaz & Tóth 2013] semblent correspondre



Heuristique du comportement 1/2



Haute densité



Basse densité

Si l'environnement est $\otimes Ber(\rho)$ autour du pointeur:

$$\text{position moyenne après un pas } = \frac{\rho - \alpha}{\rho}$$

Heuristique du comportement 1/2

Haute densité

Basse densité

Si l'environnement est $\otimes$*Ber*(ρ) autour du pointeur:

$$\text{position moyenne après un pas } = \frac{\rho - \alpha}{\rho}$$

Sous la loi stationnaire : dans une boîte de taille ℓ, densité $\alpha + \frac{\xi}{\sqrt{\ell}}$.
Vitesse $O(1/\sqrt{\ell})$, besoin de $O(\ell^{3/2})$ étapes pour se déplacer de $O(\ell)$

Heuristique du comportement 2/2

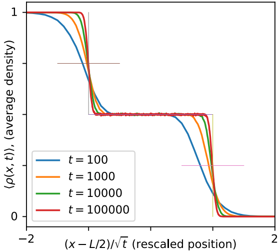
$$\text{position moyenne après un pas } = \frac{\rho - \alpha}{\rho} \tag{1}$$

Comment on atteint la loi stationnaire : le pointeur est poussé à l'interface entre les zones dense et moins dense, crée une zone à densité α.

Heuristique du comportement 2/2

$$\text{position moyenne après un pas } = \frac{\rho - \alpha}{\rho} \quad (1)$$

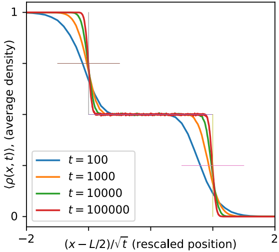
Comment on atteint la loi stationnaire : le pointeur est poussé à l'interface entre les zones dense et moins dense, crée une zone à densité α.



Simulations depuis la configuration à moitié pleine - à moitié vide. Zone de densité $\alpha = \frac{1}{2}$ s'étend, taille $\simeq 2\sqrt{t}$ au temps t.
$\rightarrow$ peut s'expliquer avec (1)

$$\text{position moyenne après un pas } = \frac{\rho - \alpha}{\rho} \quad (1)$$

Comment on atteint la loi stationnaire : le pointeur est poussé à l'interface entre les zones dense et moins dense, crée une zone à densité α.

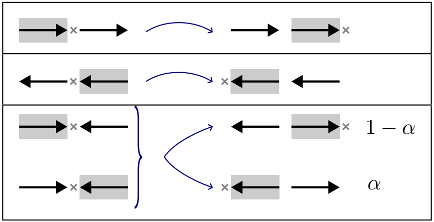


Simulations depuis la configuration à moitié pleine - à moitié vide. Zone de densité $\alpha = \frac{1}{2}$ s'étend, taille $\simeq 2\sqrt{t}$ au temps t.
$\rightarrow$ peut s'expliquer avec (1)

Lien avec le vrai mouvement auto-répulsif :
Dans le TSRM, formellement, $\dot{X}_t = -\nabla L_t(X_t)$
$\rightarrow$ peut être obtenu depuis (1)

Modèle avec flèche marquée

Un changement de temps du TASEP lifté
N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites
Une flèche marquée $\longrightarrow\times$ ou $\times\longleftarrow$



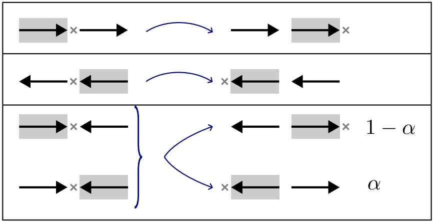
Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.

Modèle avec flèche marquée

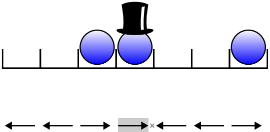
Un changement de temps du TASEP lifté

N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites

Une flèche marquée $\longrightarrow^{\times}$ ou ${}^{\times}\!\longleftarrow$

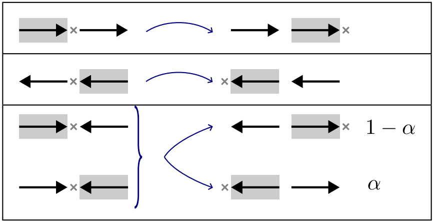


Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.

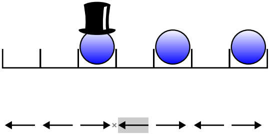


Modèle avec flèche marquée

Un changement de temps du TASEP lifté
N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites
Une flèche marquée $\boxed{\longrightarrow}\times$ ou $\times\boxed{\longleftarrow}$

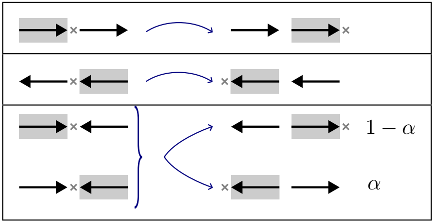


Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.

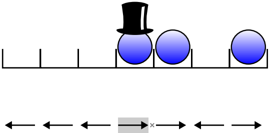


Modèle avec flèche marquée

Un changement de temps du TASEP lifté
N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites
Une flèche marquée $\longrightarrow^{\times}$ ou ${}^{\times}\longleftarrow$



Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.

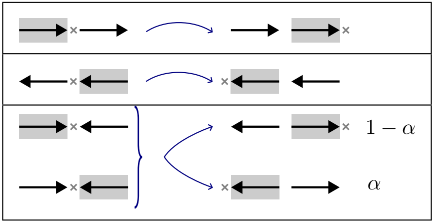


Modèle avec flèche marquée

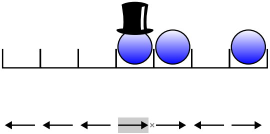
Un changement de temps du TASEP lifté

N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites

Une flèche marquée $\longrightarrow\times$ ou $\times\longleftarrow$



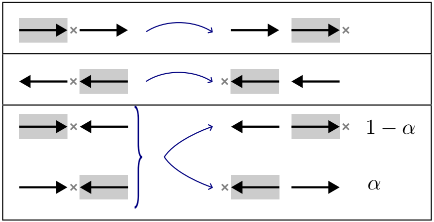
Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.



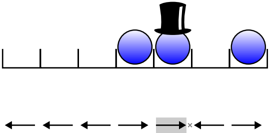
(pause)

Modèle avec flèche marquée

Un changement de temps du TASEP lifté
N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites
Une flèche marquée $\longrightarrow\times$ ou $\times\longleftarrow$



Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.

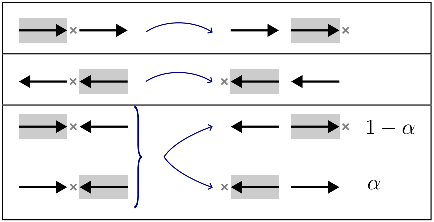


Modèle avec flèche marquée

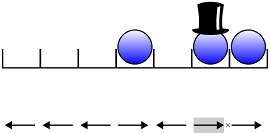
Un changement de temps du TASEP lifté

N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites

Une flèche marquée $\longrightarrow^{\times}$ ou ${}^{\times}\!\longleftarrow$



Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.

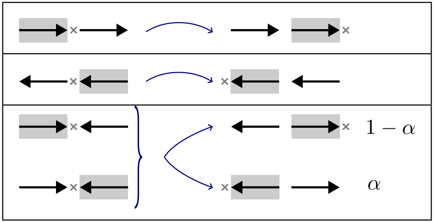


Modèle avec flèche marquée

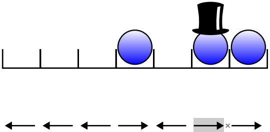
Un changement de temps du TASEP lifté

N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites

Une flèche marquée $\longrightarrow^{\times}$ ou ${}^{\times}\!\longleftarrow$



Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.



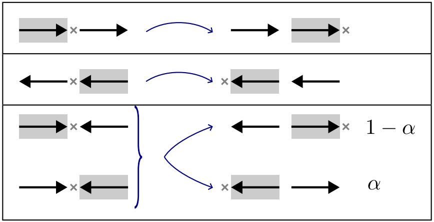
(pause)

Modèle avec flèche marquée

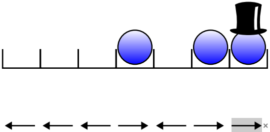
Un changement de temps du TASEP lifté

N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites

Une flèche marquée $\boxed{\longrightarrow}^{\times}$ ou ${}^{\times}\boxed{\longleftarrow}$



Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.

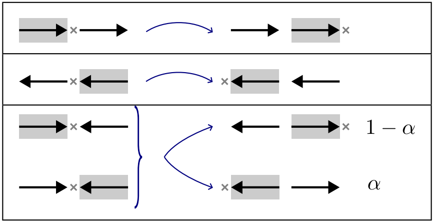


Modèle avec flèche marquée

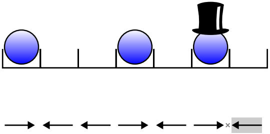
Un changement de temps du TASEP lifté

N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites

Une flèche marquée $\longrightarrow^{\times}$ ou $^{\times}\longleftarrow$



Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.

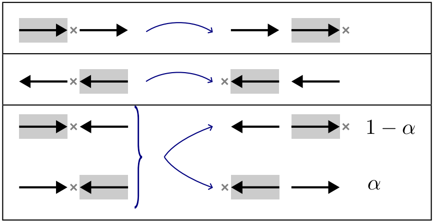


Modèle avec flèche marquée

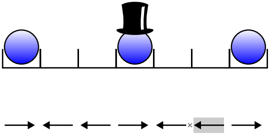
Un changement de temps du TASEP lifté

N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites

Une flèche marquée $\longrightarrow^{\times}$ ou ${}^{\times}\!\longleftarrow$



Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.



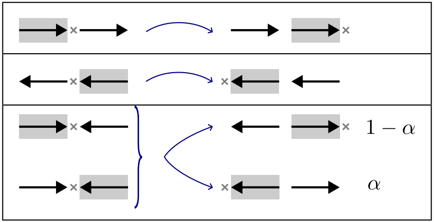
(pause)

Modèle avec flèche marquée

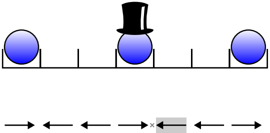
Un changement de temps du TASEP lifté

N flèches droites $\longrightarrow$ et $L - N$ flèches gauches $\longleftarrow$ sur L sites

Une flèche marquée $\longrightarrow^{\times}$ ou ${}^{\times}\longleftarrow$



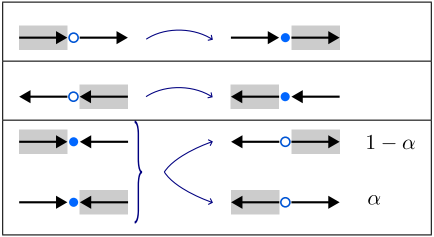
Le pointeur suit les flèche et les inverse quand il y a un conflit.



Représentation ouvert - fermé

On se place sur $\mathbb{Z}$.
Un site est ouvert ○ si quand le pointeur arrive, étape déterministe
Un site est fermé ● si quand le pointeur arrive, conflit

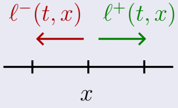
On se place sur $\mathbb{Z}$.
Un site est ouvert ○ si quand le pointeur arrive, étape déterministe
Un site est fermé ● si quand le pointeur arrive, conflit
La dynamique du système ouvert-fermé est la suivante :



→ La nature d'un site s'inverse à chaque visite

Vraie marche auto-répulsive, arêtes orientées [Tóth & Vető 2008]

$$\ell^{\pm}(t,x) = \#\{k < t : (X_k, X_{k+1}) = (x, x \pm 1)\}$$



Soit $\beta > 0$

$$\mathbb{P}(X_{t+1} = X_t \pm 1 | \mathcal{F}_t) = \frac{e^{-\beta \ell^{\pm}(t,X_t)}}{e^{-\beta \ell^{\pm}(t,X_t)} + e^{-\beta \ell^{\mp}(t,X_t)}}$$

Condition initiale: tout fermé (...● ● ● ● ●... ou ...→ → → ← ← ←...)

Si $X_t = x$:

Si x est fermé (visite impaire), $\ell^+(t,x) = \ell^-(t,x)$

Si x est ouvert (visite paire),

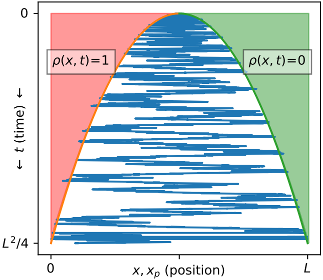
- si → →, $\ell^+(t,x) = \ell^-(t,x) - 1$
- si ← ←, $\ell^+(t,x) = \ell^-(t,x) + 1$

$\to$ Version asymétrique et à température nulle de ces marches

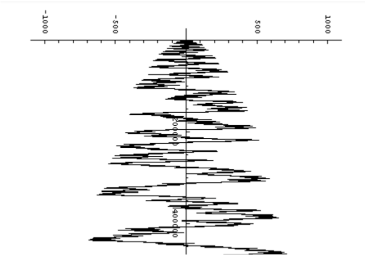
Conséquences

Pour la condition initiale avec tout fermé

- La zone explorée au temps t est environ $[-\sqrt{\frac{\alpha}{1-\alpha}t}, \sqrt{\frac{1-\alpha}{\alpha}t}]$
- La loi dans la zone explorée est très proche de la loi stationnaire (s'exprime avec une marche aléatoire)



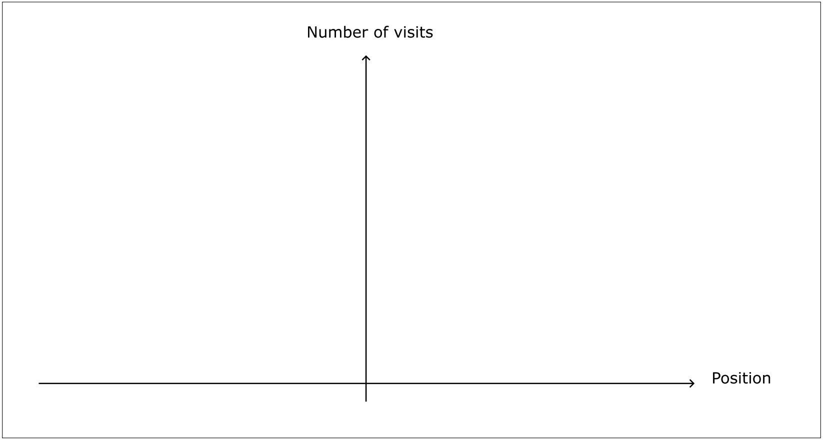
Trajectoire du pointeur dans le TASEP lifté, $\alpha = \frac{1}{2}$



Simulation de la TSAW avec arêtes orientées, de Tóth & Vető (2008)

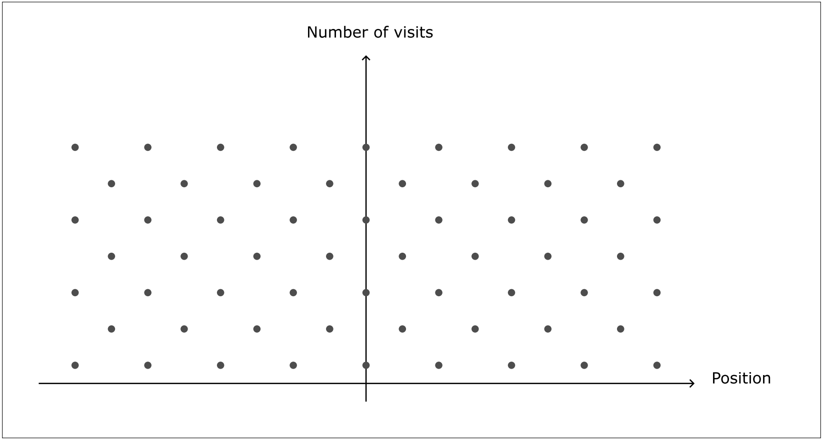
Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)



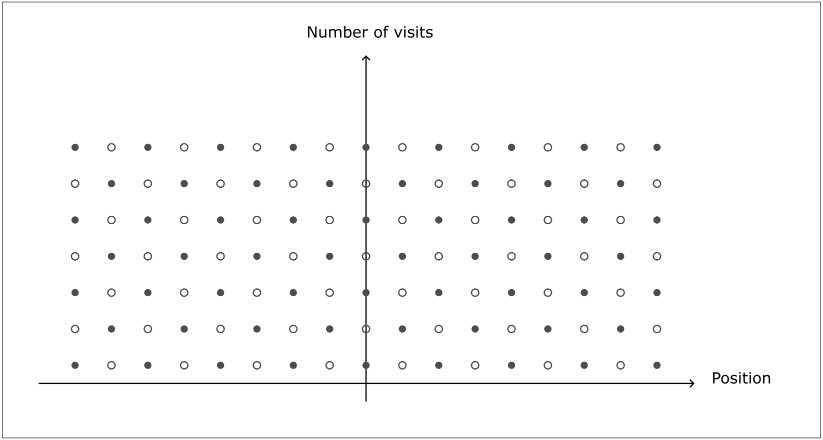
Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)



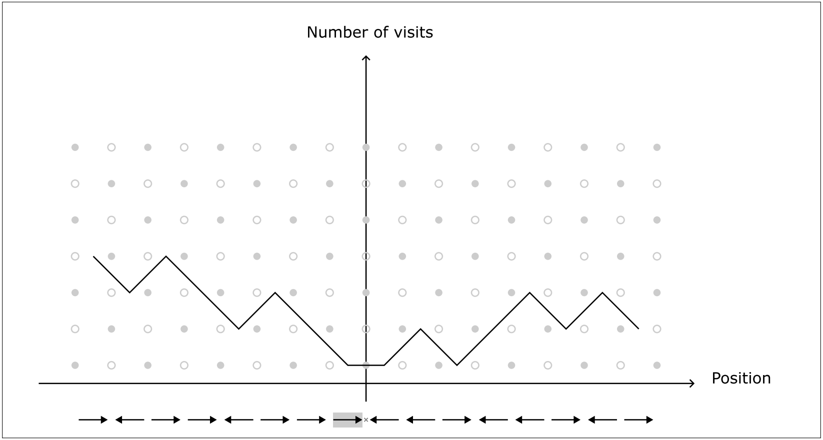
Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)



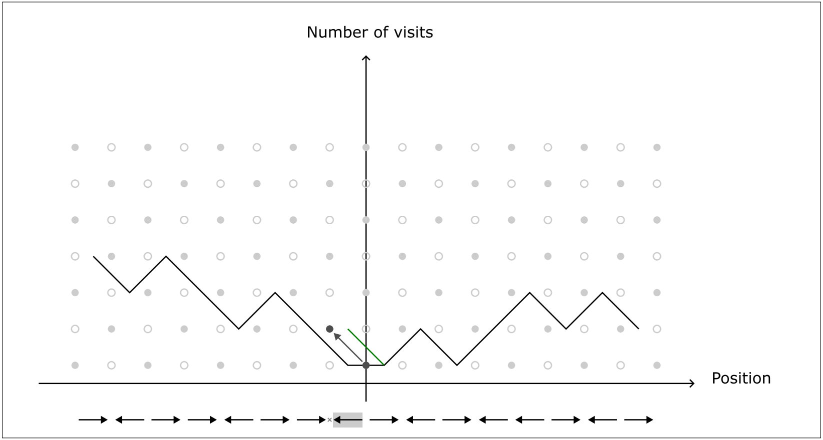
Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)



Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)

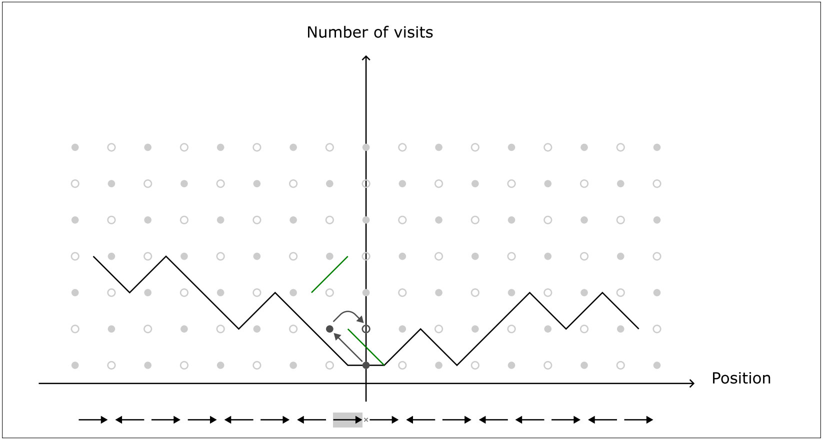


Instruction vers la gauche :

Instruction vers la droite :

Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)

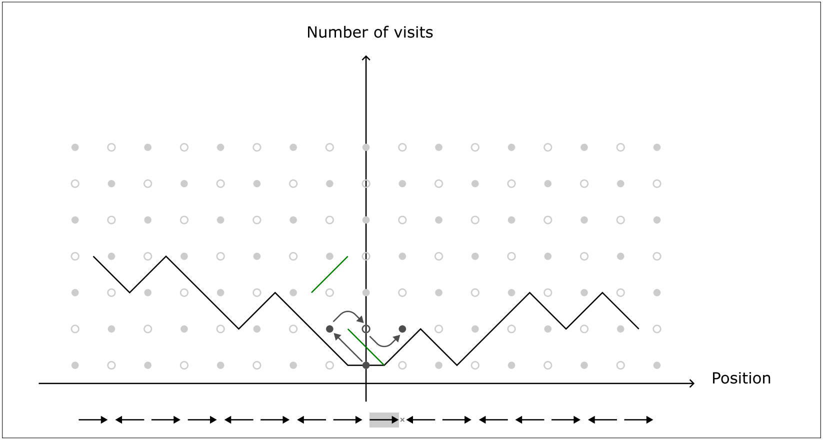


Instruction vers la gauche : 

Instruction vers la droite : 

Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

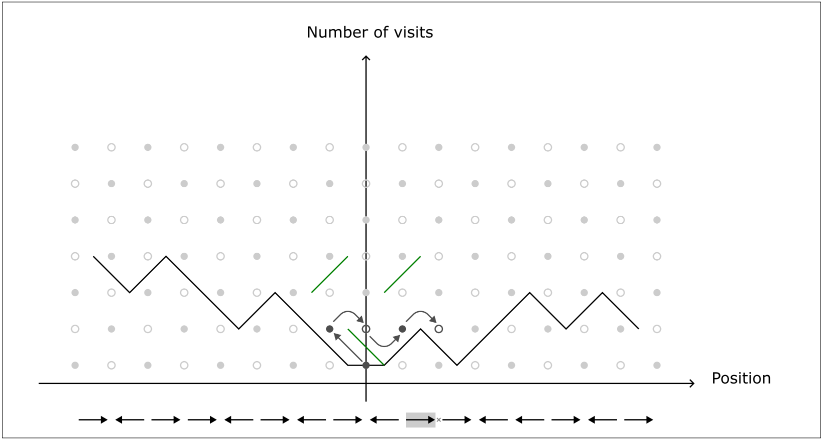
Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)



Instruction vers la gauche : 

Instruction vers la droite : 

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)

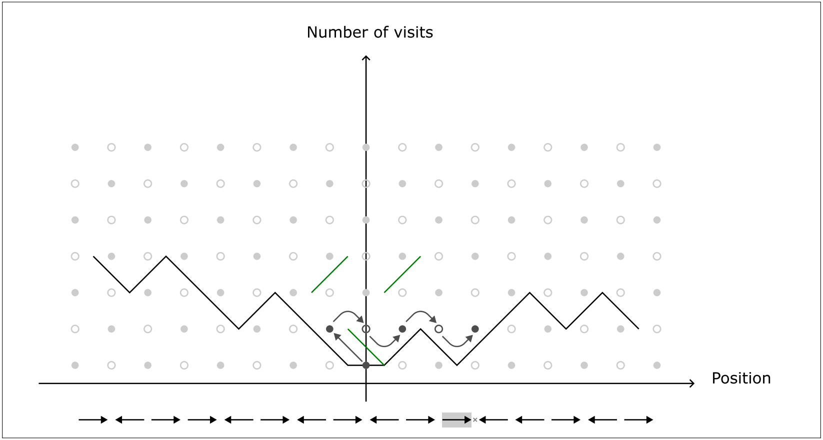


Instruction vers la gauche :

Instruction vers la droite :

Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)

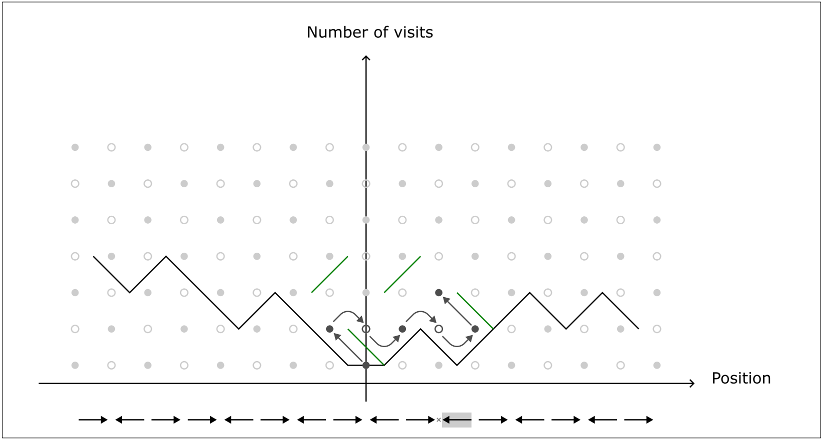


Instruction vers la gauche :

Instruction vers la droite :

Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)

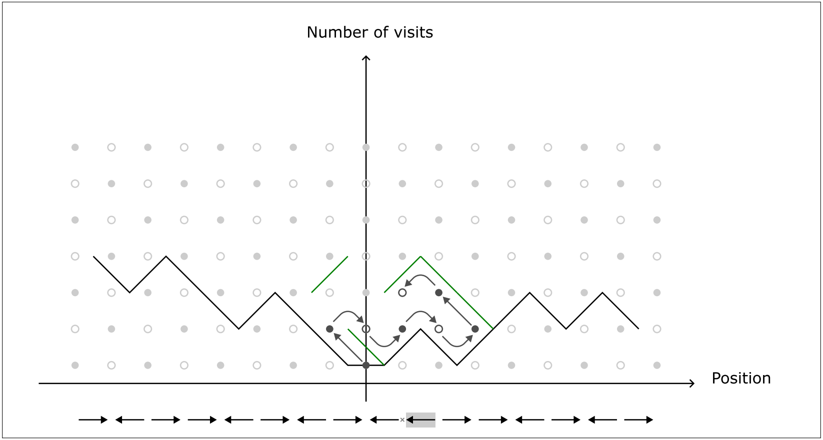


Instruction vers la gauche : 

Instruction vers la droite : 

Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)

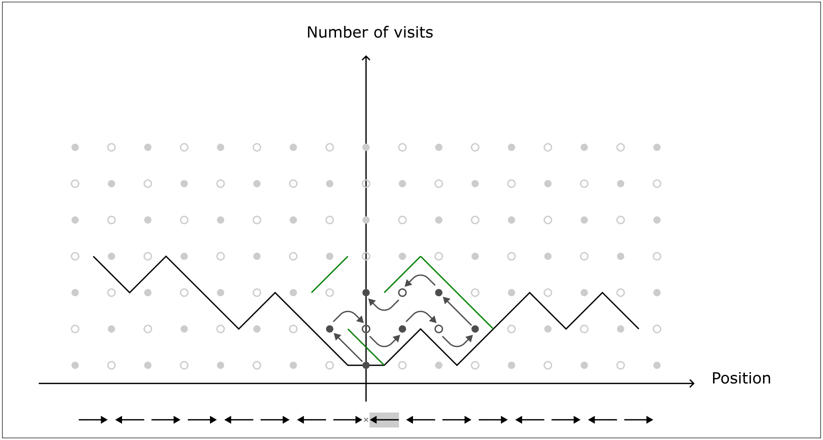


Instruction vers la gauche :

Instruction vers la droite :

Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)

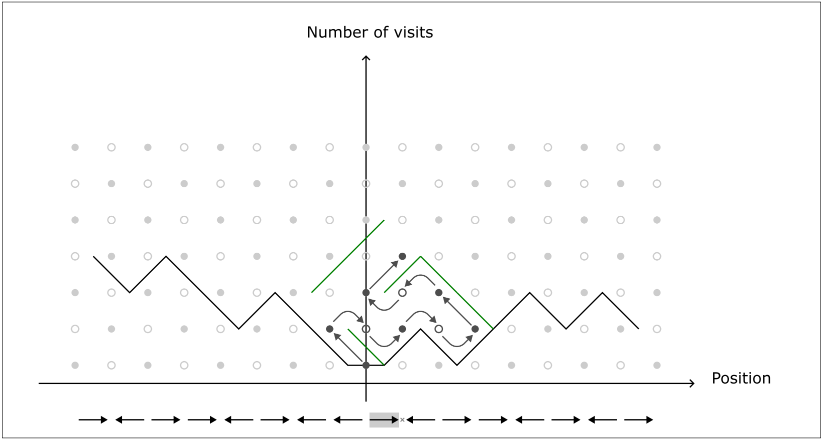


Instruction vers la gauche : 

Instruction vers la droite : 

Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)

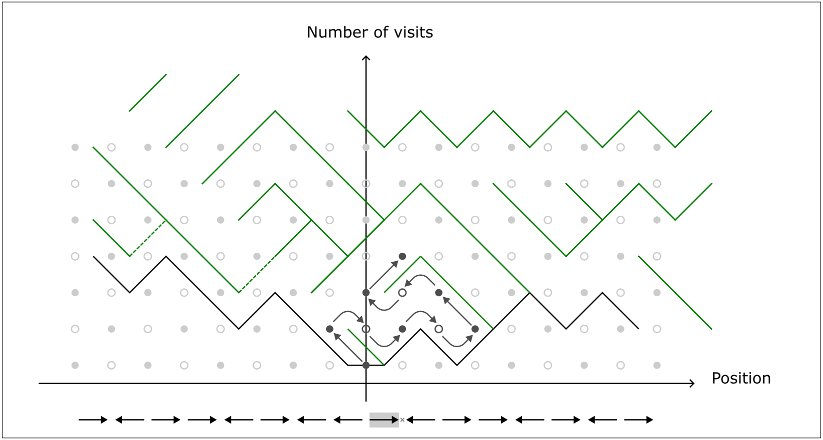


Instruction vers la gauche : 

Instruction vers la droite : 

Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)

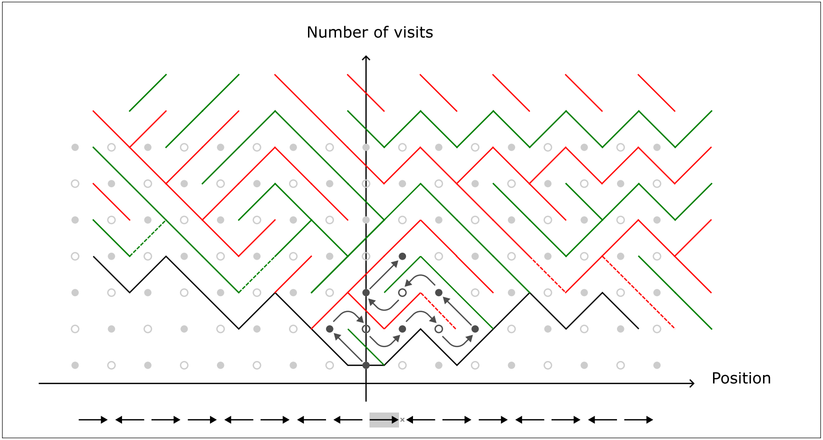


Instruction vers la gauche :

Instruction vers la droite :

Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)

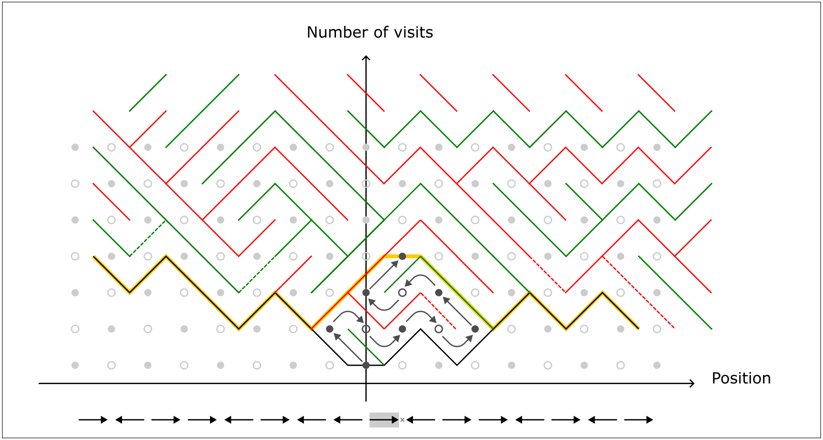


Instruction vers la gauche : 

Instruction vers la droite : 

Construction graphique sur $\mathbb{Z}$

Lien plus fort avec les TSAW : le modèle de flèches est une version (biaisée) du modèle jouet pour le TSRM dans Tóth & Werner (1998)



Instruction vers la gauche : 

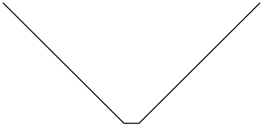
Instruction vers la droite : 

Conséquences

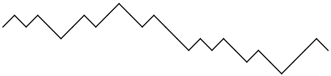
- Le pointeur suit les contours des marches coalescentes
- La configuration s'exprime avec des marches absorbées

Courbes associées aux configurations:

Tout fermé initialement



Stationaire

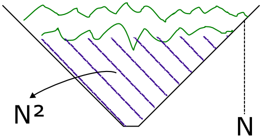


Conséquences

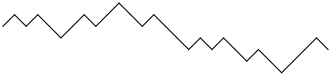
- Le pointeur suit les contours des marches coalescentes
- La configuration s'exprime avec des marches absorbées

Courbes associées aux configurations:

Tout fermé initialement



Stationaire

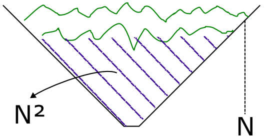


Conséquences

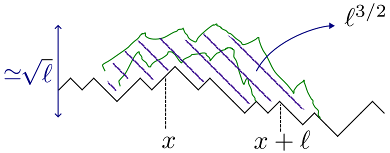
- Le pointeur suit les contours des marches coalescentes
- La configuration s'exprime avec des marches absorbées

Courbes associées aux configurations:

Tout fermé initialement



Stationaire



Conclusion

- Lien entre techniques de Monte Carlo non-réversible et vraies marches auto-répulsives
- Construction graphique = outil très puissant pour étudier le système de particules sur $\mathbb{Z}$
- Deux échelles de temps
  - Temps d'exploration pour tout fermé / TSAW à arêtes orientées (diffusif, temps $O(L^2)$ pour explorer L)
  - Temps de déplacement à l'état stationnaire / TSAW non-orientée (surdiffusif, temps $O(\ell^{3/2})$ pour se déplacer de ℓ)
- Perspectives : système fini périodique

M, Erignoux, Toninelli, Krauth - PRL 2025

Erignoux, M, Simenhaus, Toninelli - le futur