

# Game AI : de Starcraft et au-delà

Florian Richoux

6 février 2017

1 Pourquoi le Game AI ?

2 IA et ML dans StarCraft

3 Comment s'y mettre ?

1 Pourquoi le Game AI ?

2 IA et ML dans StarCraft

3 Comment s'y mettre ?

# Le Game AI, c'est quoi ?



## Une définition possible

Ensemble de méthodes, techniques et connaissances en intelligence artificielle pour **traiter des problèmes** appliqués aux jeux.



## 10 raisons de faire de la recherche en Game AI



"It would be disingenuous of us to disguise the fact that the principal motive which prompted the work was the **sheer fun of the thing**."

## L'industrie du jeu

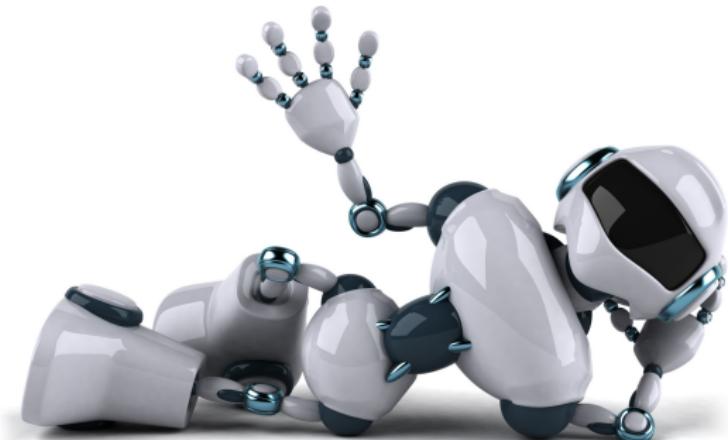
Une vraie industrie, avec ses problématiques, ses besoins et ses attentes.



# Vulgarisation scientifique



Les jeux parlent à **tout le monde** : il est facile d'expliquer des idées et concepts via leur prisme.

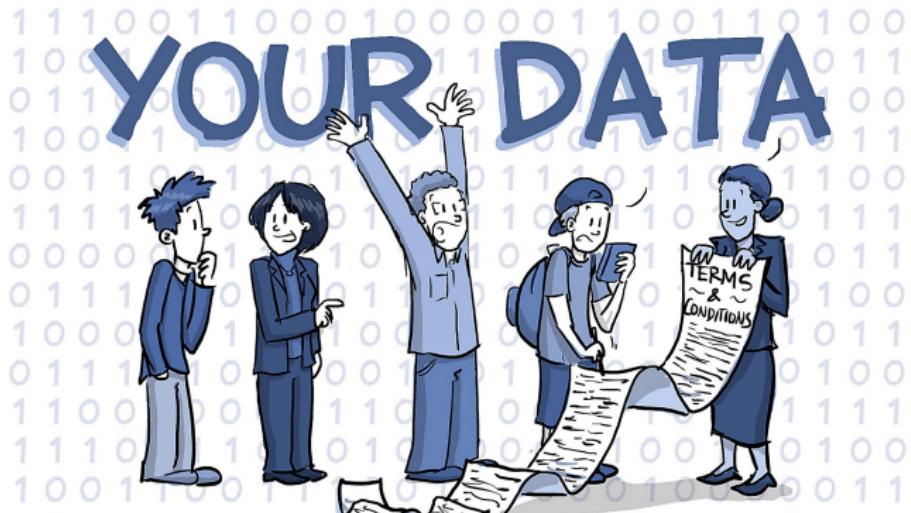


Par exemple **plus pratique** que la robotique :

- ▶ dématérialisé,
- ▶ moins cher,
- ▶ contrôle du flux temporel, ...



Compétitions internationales dans beaucoup de jeux : les vainqueurs sont bien placés pour apporter leur **expertise**.



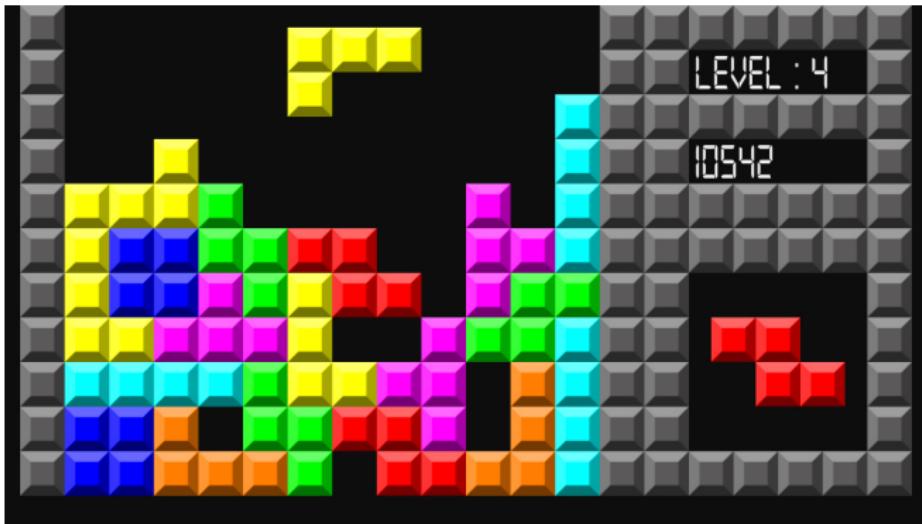
PhD Comics - Jorge Cham

Grande collection de parties analysable, gratuite, souvent libre d'accès sans problème de confidentialité.



**Interactions** coopératives ou compétitives à une échelle massive.  
Implique des compétences de communication et d'interaction sociale.

# Nature d'un jeu



Jeu : environnement où on doit prendre une suite de décisions, avec une métrique claire de succès (score).

Terrain idéal d'apprentissage.

- ▶ StarCraft 1 API (BWAPI ; competitions AIIDE, CIG, SSCAIT)
- ▶ StarCraft 2 API (Google DeepMind + Blizzard)
- ▶ Minecraft Malmö (Microsoft Research)
- ▶ Universe (Open AI)
- ▶ DeepMind Labs (Google DeepMind)
- ▶ TorchCraft (Facebook)
- ▶ General Video Game AI (Univ. of Essex + Google DeepMind)
- ▶ General Game Playing (Stanford Univ., AAAI)
- ▶ Fighting Game AI (Ritsumeikan Univ., CIG)
- ▶ ...

# Simplification du monde



**Petit monde** : règles plus simples, espace plus restreint, interactions plus limitées, mais assez riche et complexe pour contenir des problèmes scientifiquement pertinents.

1 Pourquoi le Game AI ?

2 IA et ML dans StarCraft

3 Comment s'y mettre ?

## Les principes

- ▶ 1 contre 1 en temps réel (pas de tour par tour).
- ▶ Très grande *carte* couverte par un *brouillard de guerre*,
- ▶ Gérer une base, collecter des ressources, entraîner et gérer une armée pour rouler sur son adversaire.



## Quelques problèmes

- ▶ Gestion/allocation de ressources (macro-management),
- ▶ Attribution de cibles (micro-management),
- ▶ Reconnaissance de stratégie,
- ▶ Prise de décision sous incertitude,
- ▶ Ordonnancement de production/construction (build order),
- ▶ ...

## Quelques problèmes

- ▶ Gestion/allocation de ressources (macro-management),
- ▶ Attribution de cibles (micro-management),
- ▶ Reconnaissance de stratégie,
- ▶ Prise de décision sous incertitude,
- ▶ Ordonnancement de production/construction (build order),
- ▶ ...

## Quelques méthodes d'IA...

- ▶ Recherche arborescence,
- ▶ Case-based reasoning,
- ▶ Algorithmes génétiques,
- ▶ Programmation par contraintes,

## ...et de ML

- ▶ Modèles bayésiens,
- ▶ Modèles markoviens,
- ▶ Réseaux de neurones,
- ▶ ...

## Quelques problèmes

- ▶ Gestion/allocation de ressources (macro-management),
- ▶ Attribution de cibles (micro-management),
- ▶ Reconnaissance de stratégie,
- ▶ Prise de décision sous incertitude,
- ▶ Ordonnancement de production/construction (build order),
- ▶ ...

## Quelques méthodes d'IA...

- ▶ Recherche arborescence,
- ▶ Case-based reasoning,
- ▶ **Algorithmes génétiques**,
- ▶ Programmation par contraintes,

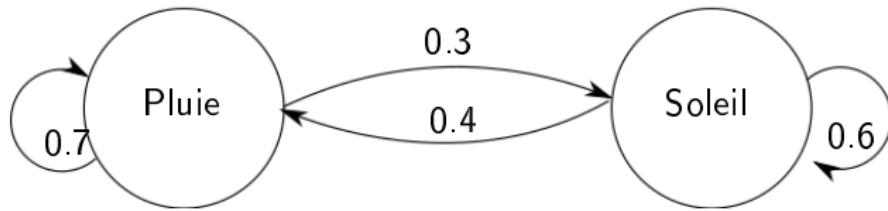
## ...et de ML

- ▶ Modèles bayésiens,
- ▶ **Modèles markoviens**,
- ▶ Réseaux de neurones,
- ▶ ...

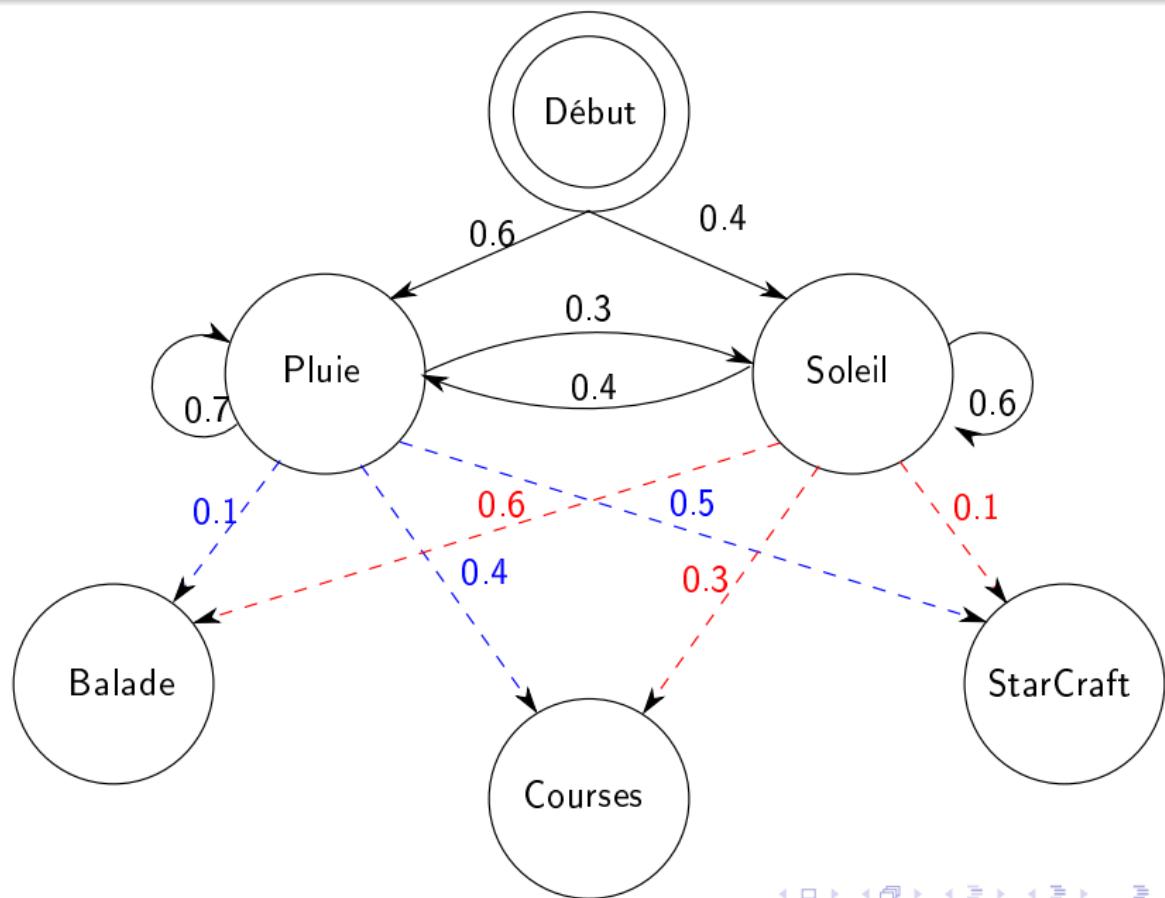


# Prédire la stratégie adverse avec un modèle de Markov caché

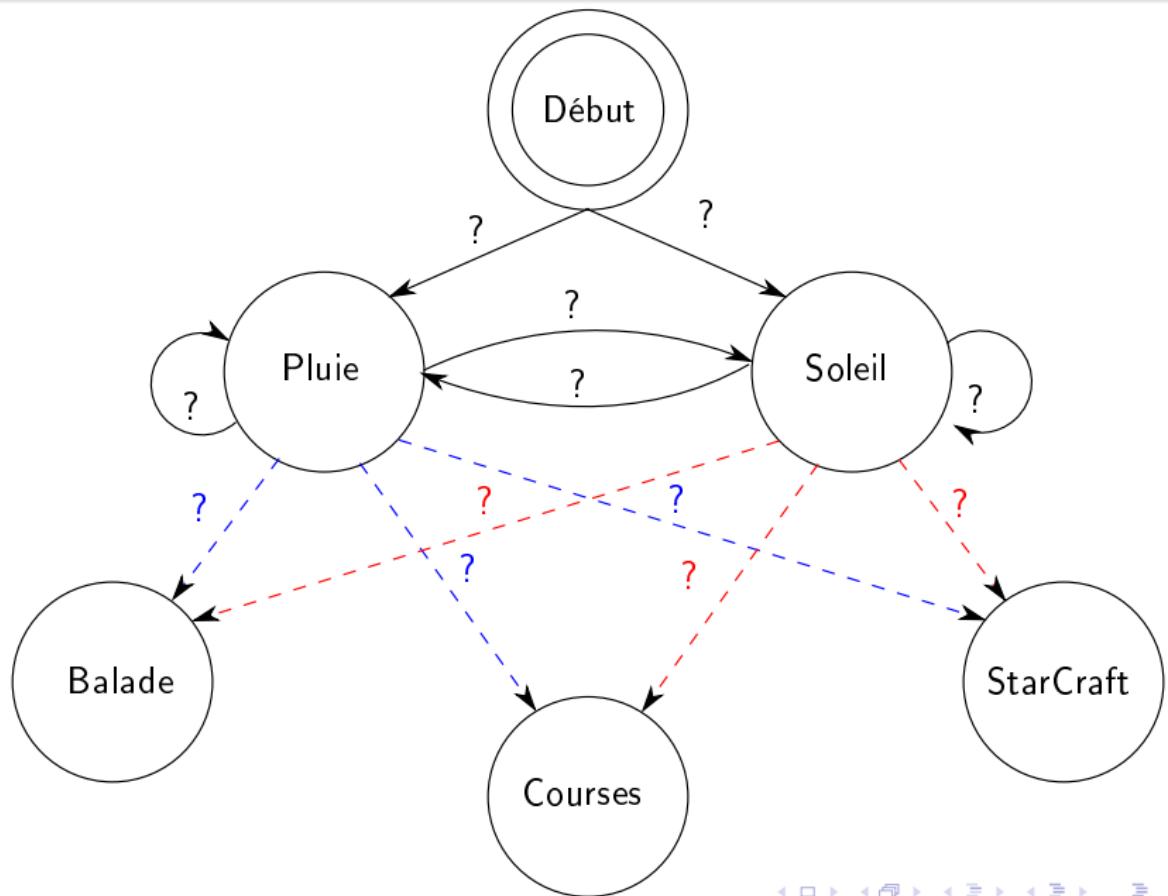
# Chaîne de Markov



# Modèle de Markov caché



# Entraîner un modèle de Markov caché



## Type de questions exploitant ce modèle

- ▶ Étant donné une séquence d'observations,  
dans quel état je me trouve probablement ?
- ▶ Étant donné une séquence d'observations,  
quelles sont les prochaines observations les plus probables ?
- ▶ Étant donné une séquence d'observations,  
quelle est la probabilité d'observer  $x$  dans  $n$  tours ?

### Problème de reconnaissance de stratégie

- ▶ Stratégie = choix des unités et bâtiments produits.
- ▶ 1 observation toutes les 30s, pendant les 7 premières minutes de jeu.

### Problème de reconnaissance de stratégie

- ▶ Stratégie = choix des unités et bâtiments produits.
- ▶ 1 observation toutes les 30s, pendant les 7 premières minutes de jeu.

### Leur modèle

- ▶ Modèle appris sur 331 replays de joueurs pros.

### Problème de reconnaissance de stratégie

- ▶ Stratégie = choix des unités et bâtiments produits.
- ▶ 1 observation toutes les 30s, pendant les 7 premières minutes de jeu.

### Leur modèle

- ▶ Modèle appris sur 331 replays de joueurs pros.
- ▶ 30 états (ils ont fait plusieurs essais).

## Problème de reconnaissance de stratégie

- ▶ Stratégie = choix des unités et bâtiments produits.
- ▶ 1 observation toutes les 30s, pendant les 7 premières minutes de jeu.

## Leur modèle

- ▶ Modèle appris sur 331 replays de joueurs pros.
- ▶ 30 états (ils ont fait plusieurs essais).
- ▶ Observations = vecteur  $v$  de booléens.  $v[x]$  est vrai si au moins une unité  $x$  a été produite depuis la dernière observation.

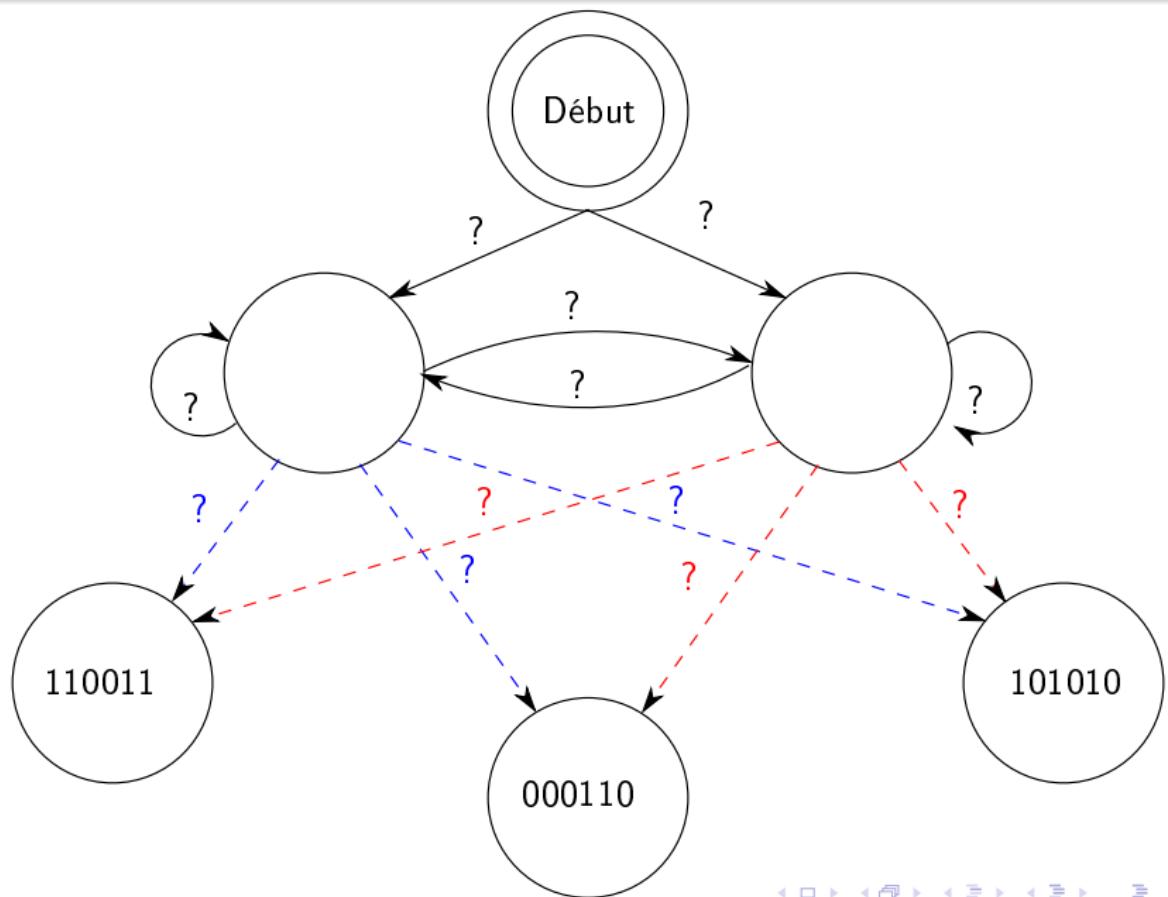
## Problème de reconnaissance de stratégie

- ▶ Stratégie = choix des unités et bâtiments produits.
- ▶ 1 observation toutes les 30s, pendant les 7 premières minutes de jeu.

## Leur modèle

- ▶ Modèle appris sur 331 replays de joueurs pros.
- ▶ 30 états (ils ont fait plusieurs essais).
- ▶ Observations = vecteur  $v$  de booléens.  $v[x]$  est vrai si au moins une unité  $x$  a été produite depuis la dernière observation.
- ▶ Hypothèse que les probabilités de productions des unités d'une même observation sont indépendantes (!!!).

# Intuition de l'algorithme Espérance-Maximisation

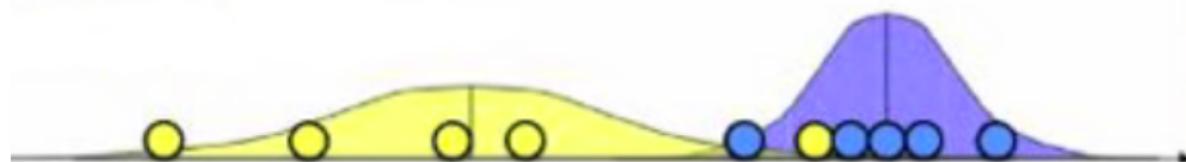


# Intuition de l'algorithme Espérance-Maximisation



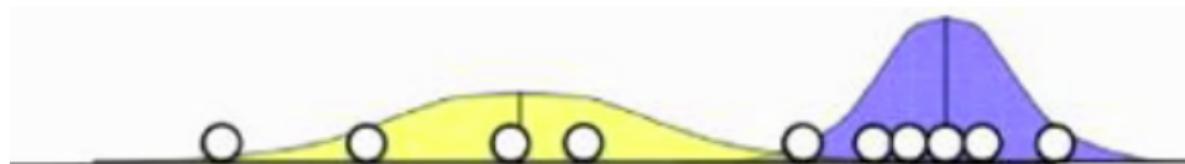
Copyright Victor Lavrenko : [youtu.be/REypj2sy\\_5U](https://youtu.be/REypj2sy_5U) et [youtu.be/iQoXFmbXRJA](https://youtu.be/iQoXFmbXRJA)

# Intuition de l'algorithme Espérance-Maximisation



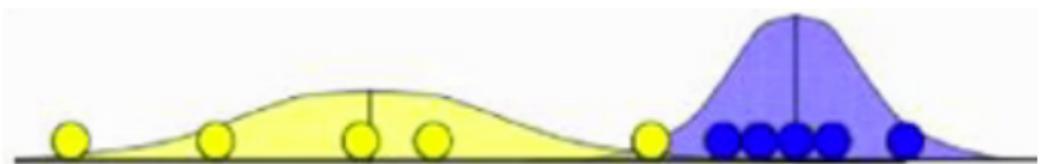
Copyright Victor Lavrenko : [youtu.be/REypj2sy\\_5U](https://youtu.be/REypj2sy_5U) et [youtu.be/iQoXFmbXRJA](https://youtu.be/iQoXFmbXRJA)

# Intuition de l'algorithme Espérance-Maximisation



Copyright Victor Lavrenko : [youtu.be/REypj2sy\\_5U](https://youtu.be/REypj2sy_5U) et [youtu.be/iQoXFmbXRJA](https://youtu.be/iQoXFmbXRJA)

# Intuition de l'algorithme Espérance-Maximisation



Copyright Victor Lavrenko : [youtu.be/REypj2sy\\_5U](https://youtu.be/REypj2sy_5U) et [youtu.be/iQoXFmbXRJA](https://youtu.be/iQoXFmbXRJA)

# Intuition de l'algorithme Espérance-Maximisation



Copyright Victor Lavrenko : [youtu.be/REypj2sy\\_5U](https://youtu.be/REypj2sy_5U) et [youtu.be/iQoXFmbXRJA](https://youtu.be/iQoXFmbXRJA)

# Intuition de l'algorithme Espérance-Maximisation



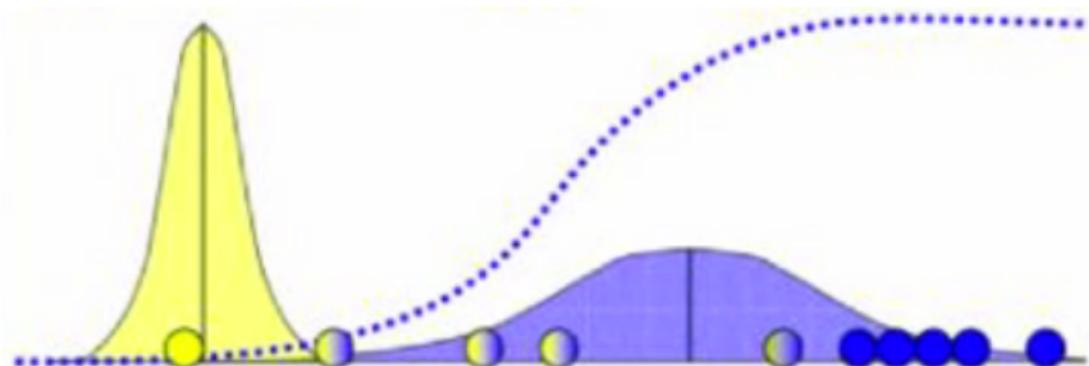
Copyright Victor Lavrenko : [youtu.be/REypj2sy\\_5U](https://youtu.be/REypj2sy_5U) et [youtu.be/iQoXFmbXRJA](https://youtu.be/iQoXFmbXRJA)

# Intuition de l'algorithme Espérance-Maximisation



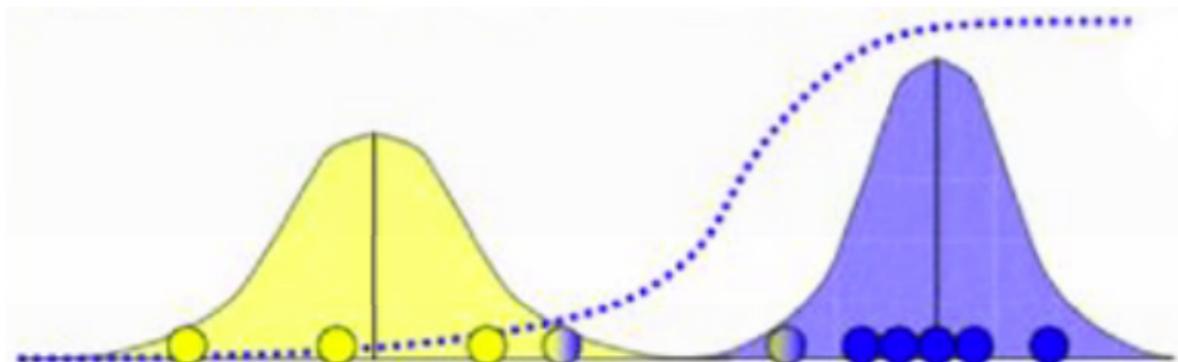
Copyright Victor Lavrenko : [youtu.be/REypj2sy\\_5U](https://youtu.be/REypj2sy_5U) et [youtu.be/iQoXFmbXRJA](https://youtu.be/iQoXFmbXRJA)

# Intuition de l'algorithme Espérance-Maximisation

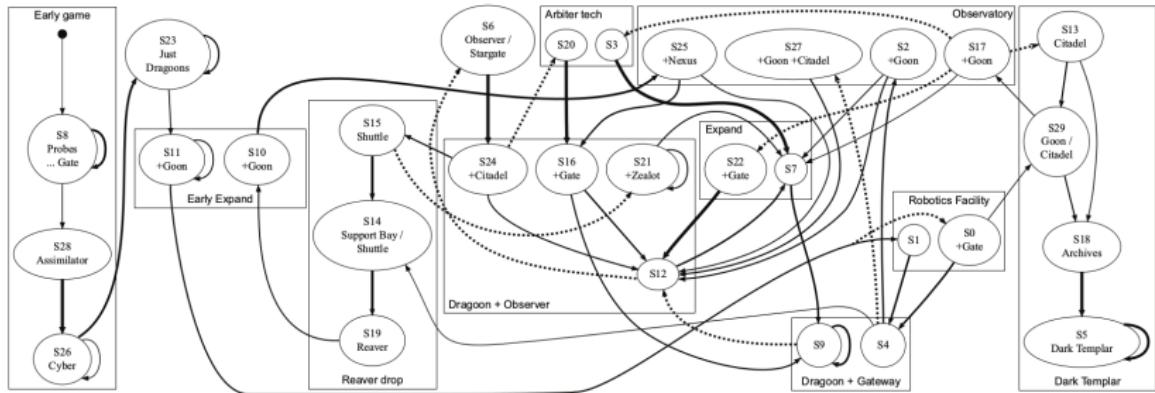


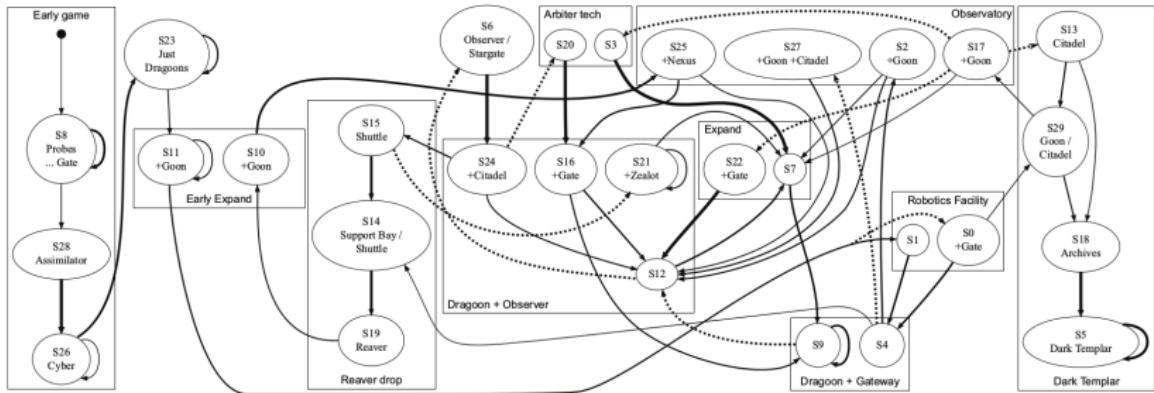
Copyright Victor Lavrenko : [youtu.be/REypj2sy\\_5U](https://youtu.be/REypj2sy_5U) et [youtu.be/iQoXFmbXRJA](https://youtu.be/iQoXFmbXRJA)

# Intuition de l'algorithme Espérance-Maximisation



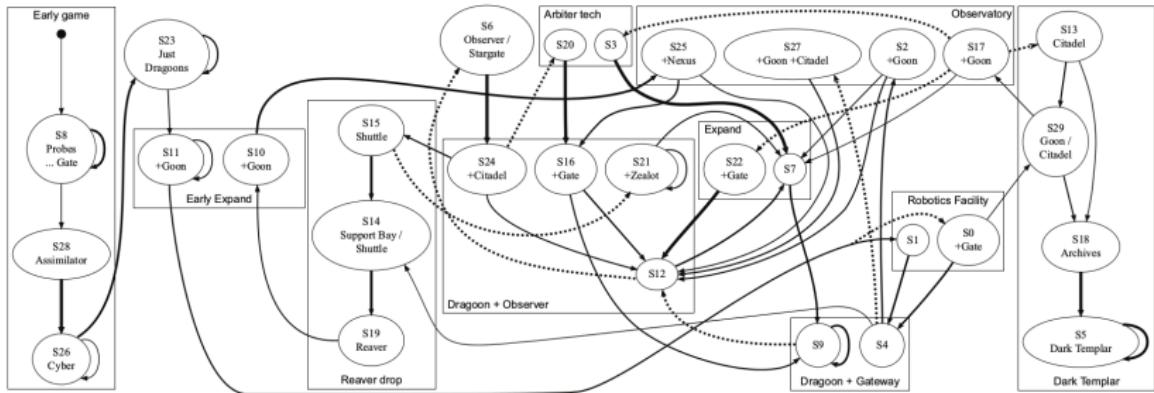
Copyright Victor Lavrenko : [youtu.be/REypj2sy\\_5U](https://youtu.be/REypj2sy_5U) et [youtu.be/iQoXFmbXRJA](https://youtu.be/iQoXFmbXRJA)





## Requêtes

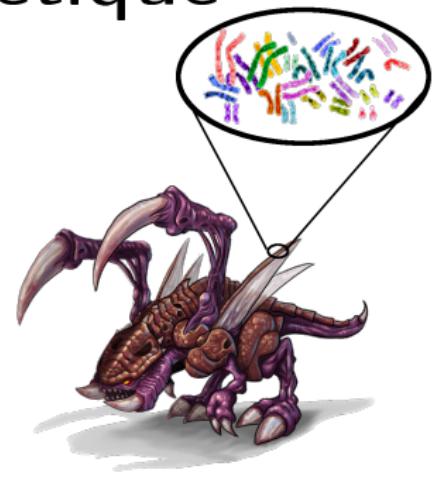
- Étant donné tout ce que j'ai observé depuis le début de la partie, quelle est la probabilité que mon adversaire produise l'unité x dans 30s ? 1min?

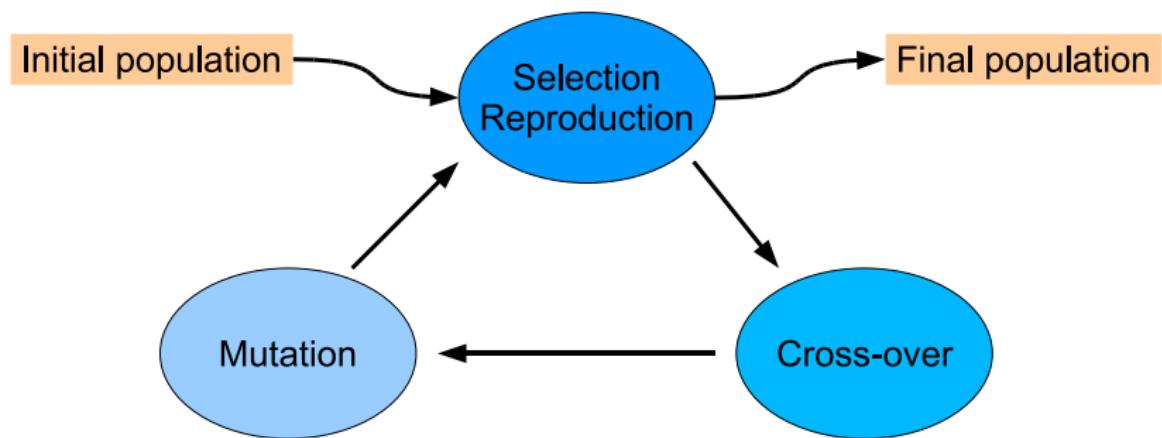


## Requêtes

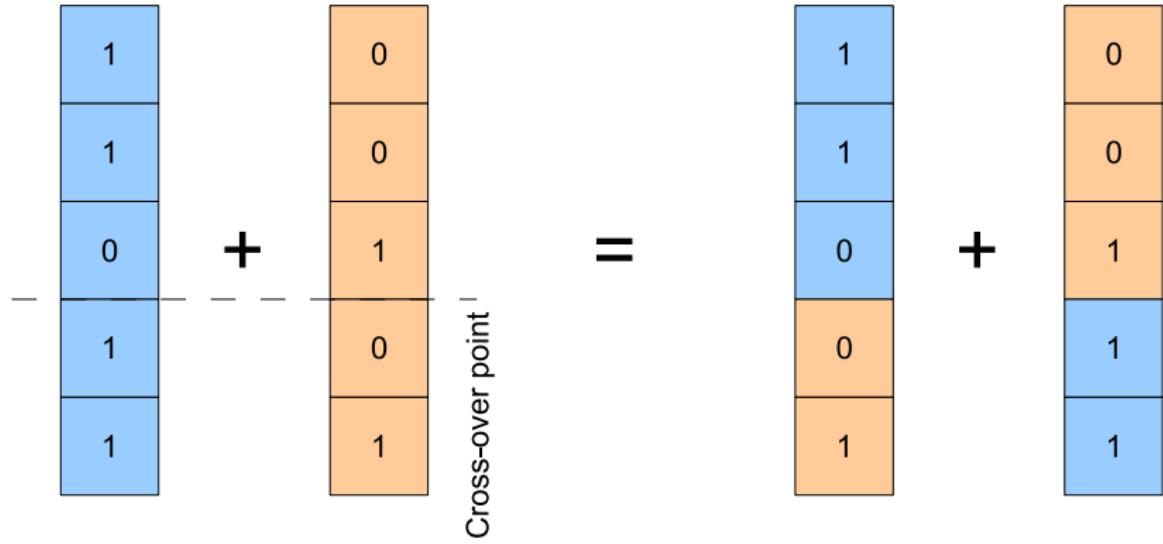
- ▶ Étant donné tout ce que j'ai observé depuis le début de la partie, quelle est la probabilité que mon adversaire produise l'unité x dans 30s ? 1min?
- ▶ Étant donné tout ce que j'ai observé depuis le début de la partie, quel est l'état le plus probable dans lequel mon adversaire se situe ?

# Build order avec un algo génétique





# Cross-over



Objectif : 7 roaches

- ➊ Drone
- ➋ Drone
- ➌ Drone
- ➍ Spawning Pool
- ➎ Extractor
- ➏ Drone
- ➐ Drone
- ➑ Drone
- ➒ Overlord
- ➓ Roach Warren
- ➔ Drone
- ➕ Drone
- ➖ ...

Objectif : 7 roaches

- ➊ Drone
- ➋ Drone
- ➌ Drone
- ➍ Spawning Pool
- ➎ Extractor
- ➏ Drone
- ➐ Drone
- ➑ Drone
- ➒ Overlord
- ➓ Roach Warren
- ➔ Drone
- ➕ Drone
- ➖ ...

## Déroulement

- ▶ Mesure de qualité = durée du build order,

Objectif : 7 roaches

- ➊ Drone
- ➋ Drone
- ➌ Drone
- ➍ Spawning Pool
- ➎ Extractor
- ➏ Drone
- ➐ Drone
- ➑ Drone
- ➒ Overlord
- ➓ Roach Warren
- ➔ Drone
- ➕ Drone
- ➖ ...

## Déroulement

- ▶ Mesure de qualité = durée du build order,
- ▶ On garde les  $x\%$  meilleurs individus,

Objectif : 7 roaches

- ➊ Drone
- ➋ Drone
- ➌ Drone
- ➍ Spawning Pool
- ➎ Extractor
- ➏ Drone
- ➐ Drone
- ➑ Drone
- ➒ Overlord
- ➓ Roach Warren
- ➔ Drone
- ➕ Drone
- ➖ ...

## Déroulement

- ▶ Mesure de qualité = durée du build order,
- ▶ On garde les  $x\%$  meilleurs individus,
- ▶ On copie des individus pour repeupler,

Objectif : 7 roaches

- ➊ Drone
- ➋ Drone
- ➌ Drone
- ➍ Spawning Pool
- ➎ Extractor
- ➏ Drone
- ➐ Drone
- ➑ Drone
- ➒ Overlord
- ➓ Roach Warren
- ➔ Drone
- ➕ Drone
- ➖ ...

## Déroulement

- ▶ Mesure de qualité = durée du build order,
- ▶ On garde les  $x\%$  meilleurs individus,
- ▶ On copie des individus pour repeupler,
- ▶ Pas de cross-over,

Objectif : 7 roaches

- ➊ Drone
- ➋ Drone
- ➌ Drone
- ➍ Spawning Pool
- ➎ Extractor
- ➏ Drone
- ➐ Drone
- ➑ Drone
- ➒ Overlord
- ➓ Roach Warren
- ➔ Drone
- ➕ Drone
- ➖ ...

## Déroulement

- ▶ Mesure de qualité = durée du build order,
- ▶ On garde les  $x\%$  meilleurs individus,
- ▶ On copie des individus pour repeupler,
- ▶ Pas de cross-over,
- ▶ Plein de mutations.

Objectif : 7 roaches

- ① Drone
- ② Drone
- ③ Drone
- ④ Spawning Pool
- ⑤ Extractor
- ⑥ Drone
- ⑦ Drone
- ⑧ Drone
- ⑨ Overlord
- ⑩ Roach Warren
- ⑪ Drone
- ⑫ Drone
- ⑬ ...

# Build order : pas de cross-over

Objectif : 7 roaches

- ① Drone
- ② Drone
- ③ Drone
- ④ Spawning Pool
- ⑤ Extractor
- ⑥ Drone
- ⑦ Drone
- ⑧ Drone
- ⑨ Overlord
- ⑩ Roach Warren
- ⑪ Drone
- ⑫ Drone
- ⑬ ...

Objectif : 7 roaches

- ① Overlord
- ② Overlord
- ③ Drone
- ④ Drone
- ⑤ Spawning Pool
- ⑥ Drone
- ⑦ Drone
- ⑧ Extractor
- ⑨ Drone
- ⑩ Drone
- ⑪ Drone
- ⑫ Roach Warren
- ⑬ ...

# Build order : pas de cross-over

Objectif : 7 roaches

- ① Drone
- ② Drone
- ③ Drone
- ④ Spawning Pool

- ⑤ Extractor
- ⑥ Drone
- ⑦ Drone
- ⑧ Drone
- ⑨ Overlord
- ⑩ Roach Warren
- ⑪ Drone
- ⑫ Drone
- ⑬ ...

Objectif : 7 roaches

- ① Overlord
- ② Overlord
- ③ Drone
- ④ Drone

- ⑤ Spawning Pool
- ⑥ Drone
- ⑦ Drone
- ⑧ Extractor
- ⑨ Drone
- ⑩ Drone
- ⑪ Drone
- ⑫ Roach Warren
- ⑬ ...

## Types de mutation

- ▶ Ajouter une production aléatoire à une place aléatoire,
- ▶ Retirer une production aléatoire à une place aléatoire,
- ▶ Échanger deux productions.

1 Pourquoi le Game AI ?

2 IA et ML dans StarCraft

3 Comment s'y mettre ?

# Comment s'y mettre ?

Lire la littérature, souvent accessible gratuitement :

- ▶ Actes de la conférence [AIIDE](#)
- ▶ Actes de la conférence [CIG](#)
- ▶ Journal [TCIAIG](#) (malheureusement pas gratuit)

Quelques surveys

- ▶ [A Review of Real-Time Strategy Game AI](#)
- ▶ [RTS AI Problems and Techniques](#)
- ▶ [StarCraft Bots and Competitions](#)



## StarCraft AI

- ▶ [www.starcraftai.com](http://www.starcraftai.com)
- ▶ [bwapi.github.io](https://bwapi.github.io)
- ▶ [UAlbertaBot](https://UAlbertaBot)

## Compétitions :

- ▶ [AIIDE](#)
- ▶ [CIG](#)
- ▶ [sscaitournament.com](http://sscaitournament.com)

# Questions ?



[florian.richoux@univ-nantes.fr](mailto:florian.richoux@univ-nantes.fr)



@FloRicx

