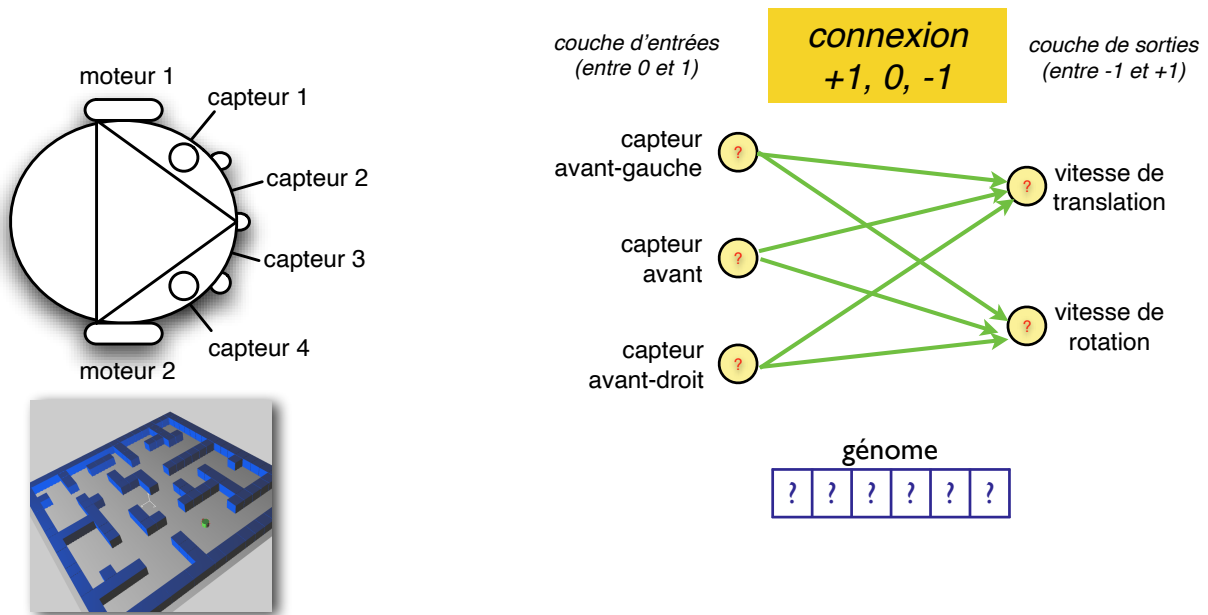


Algorithmes génétiques

Problème: $y^* = \operatorname{argopt}_{y \in Y} f(y)$

Solution candidate: $a := (y, f(y))$

Formulation simplifiée



$$f(y) : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$$

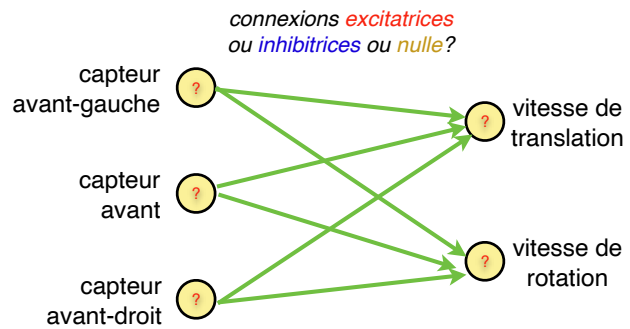
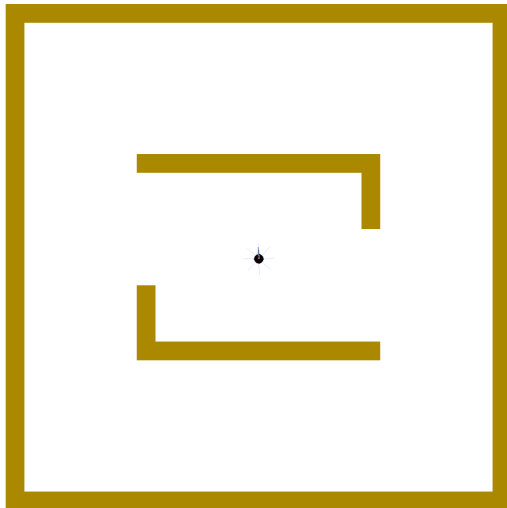
par exemple: surface explorée

$$y^* = \operatorname{argopt}_{y \in Y} f(y)$$

Définition de la classe de problèmes

4

- Propriétés
 - Espace de recherche
 - ▶ binaire, symbolique, continu
 - ▶ structuré ou non
 - Fonction de performance
 - ▶ lien ténu entre représentation et performance
 - ▶ évaluation potentiellement bruitée
 - Relation faible entre espace de recherche et objectif
 - ▶ l'espace de recherche contraint la forme des solutions
 - ▶ la mesure de performance permet de comparer des solutions



mesure à maximiser: distance euclidienne
entre la position de départ et celle de fin
sur une période de $N=400$ pas de temps

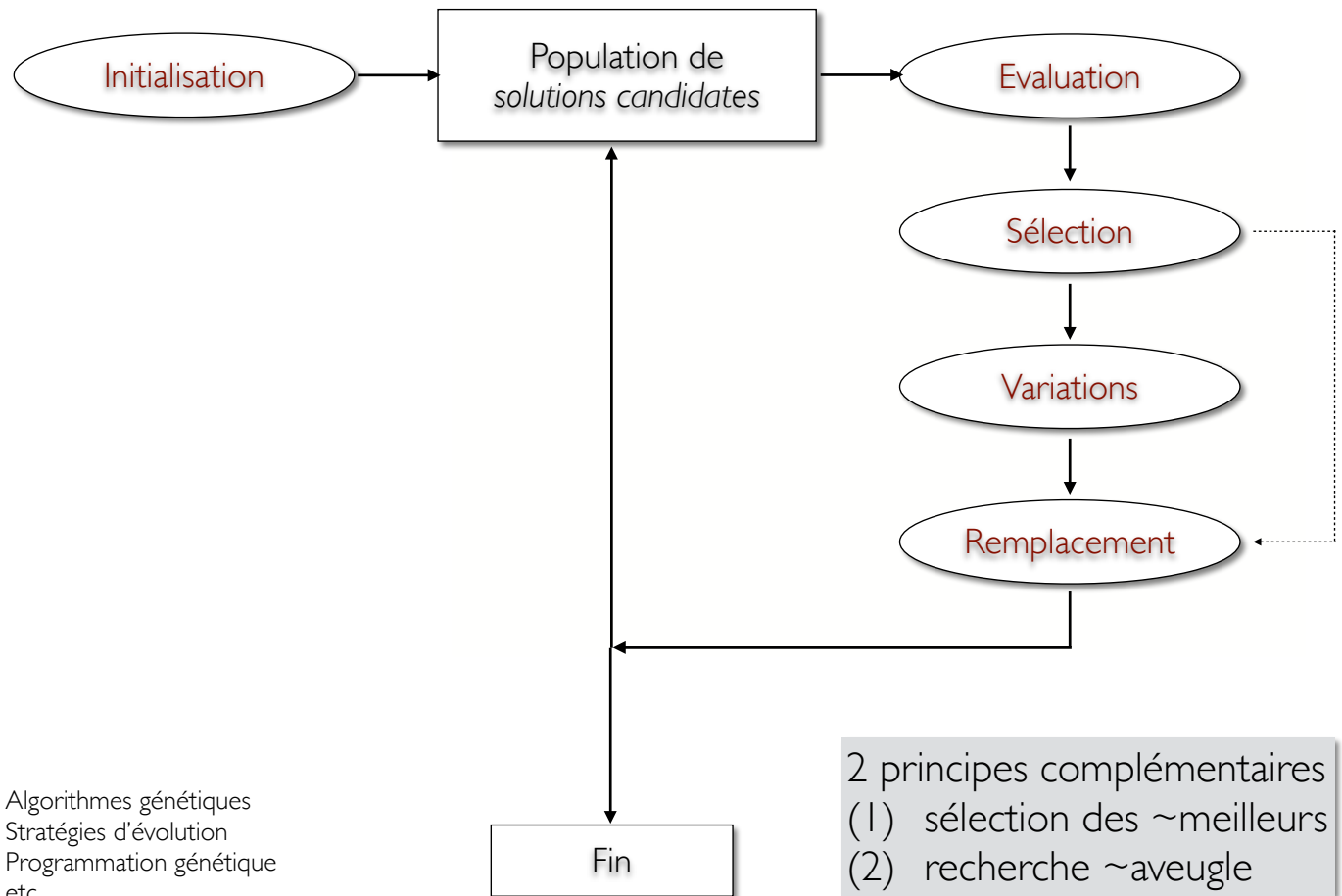
$$f(y) = \text{score}(y) = \sqrt{(pos_{end} - pos_{init})^2}$$

un algorithme naïf: la *recherche au hasard*

cf. TP #2 - optimisation.py

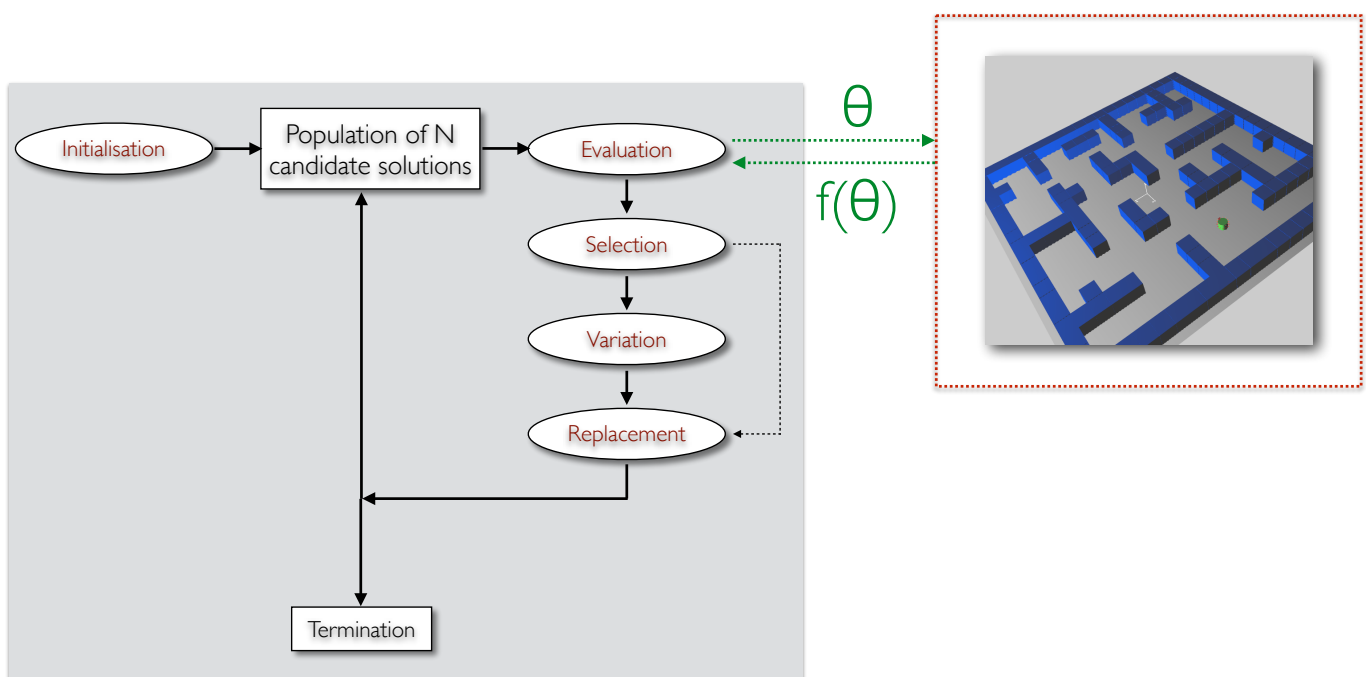
Optimisation

- Des méthodes pour des classes de problèmes
 - ▶ Algorithme de gradient (recherche locale, suit le gradient si il existe)
 - ▶ Hill-climbing (recherche locale, change un élément à la fois)
 - ▶ Méthodes énumératives (recherche globale, espace de recherche discret)
 - ▶ Méthodes heuristiques (espaces structurés)
 - ▶ Méta-heuristique et méthodes stochastiques
 - recherche aléatoire (recherche globale, sans a priori) [Monte carlo, Tabu]
 - recuit simulé (recherche globale) ["simulated annealing"]
 - méthodes bio-inspirées (recherche globale) [DE, PSO, Algo. évol., ...]



C'est (presque) la même chose avec le café !

8



θ : parameters

f : objective function

$f(\theta)$: fitness

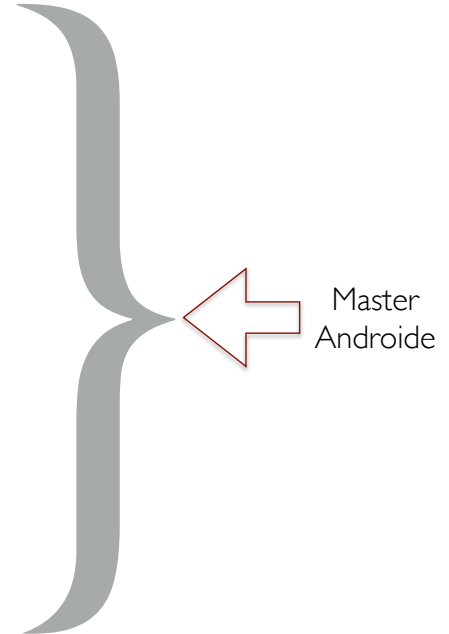
problème classique d'optimisation boîte noire

[Herdy, 1997]

- **Algorithmes génétiques**
 - ▶ Holland, 1975 (IA et Biologie)
 - ▶ représentation: chaînes de bits
- **Stratégies d'évolution**
 - ▶ Rechenberg, Schwefel, 1965 (Math Appl.)
 - ▶ représentation: vecteur de réels
- **Programmation génétique**
 - ▶ Koza, 1992
 - ▶ représentation: arbre, DAG, graphe, AdF
- **Programmation évolutionnaire**
 - ▶ Fogel, 1966
 - ▶ représentation: Automates



UE IA&Jeux



Master
Androïde

Algorithmes génétiques

Recherche dans un espace d'entiers ou de symboles

Problème: $y^* = \operatorname{argopt}_{y \in Y} f(y)$

Solution candidate: $a := (y, f(y))$

→ algorithmes génétiques

Exemples d'espace de recherche:

- composition d'une équipe de football
- découverte d'un code secret
- construire un emploi du temps

$$a := (y, s, f(y), f'(y), f''(y))$$

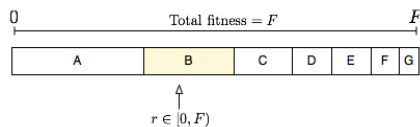
Opérateurs de sélection



- Définition
 - ▶ Sélectionne une sous-partie des solutions candidates
- Exemple
 - ▶ Renvoie les N meilleurs individus parmi M



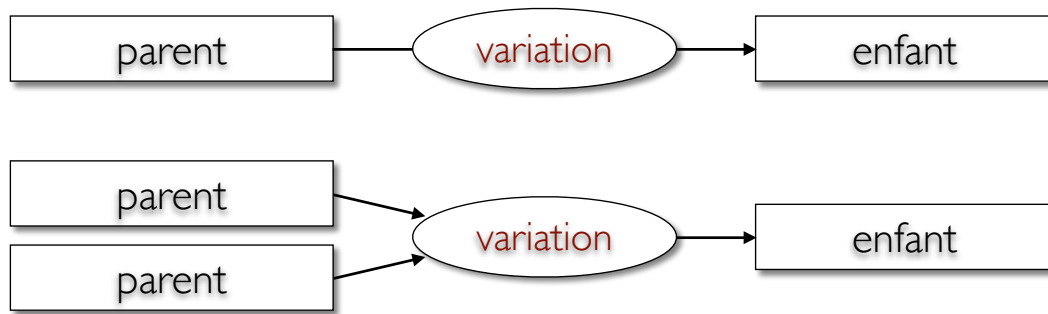
- K-tournament
 - ▶ sélectionner k individus
 - ▶ garder le meilleur
- Fitness-proportionate



- (μ, λ) -ES
 - ▶ sélectionner les μ meilleurs, générer λ enfants, garder λ
- $(\mu + \lambda)$ -ES ("élitiste")
 - ▶ sélectionner les μ meilleurs, générer λ enfants, garder μ et λ

Tableau

- Propriétés
 - Déterministe vs. stochastique
 - Compromis exploration/exploitation
 - Ne pas confondre l'archivage et la sélection
 - ▶ ex.: la sélection avec élitisme vs. archivage des meilleurs

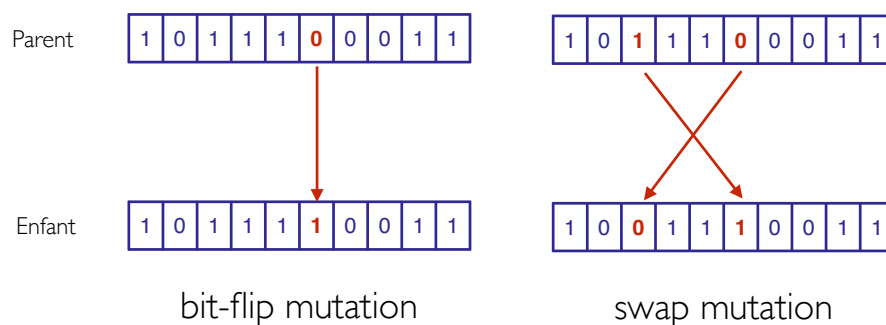


- Définition
 - Construit un nouvel individu à partir d'un (ou plusieurs) individus
- Exemple
 - Modifie aléatoirement un élément du génome
- Propriétés
 - Conservatif vs. disruptif

Opérateur de variation: mutation



- Définition
 - Construit un nouvel individu à partir d'un seul individu parent
- Exemples

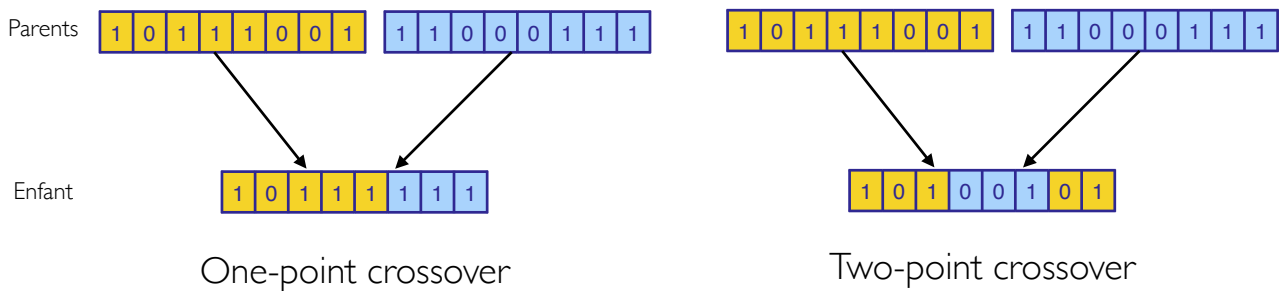




- Définition

- ▶ Construit un nouvel individu à partir de 2 (ou +) individus parents

- Exemples:



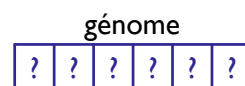
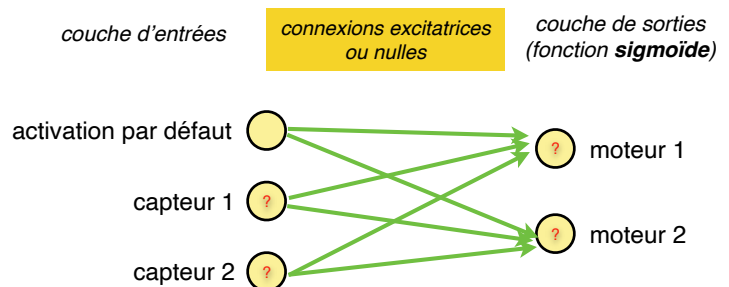
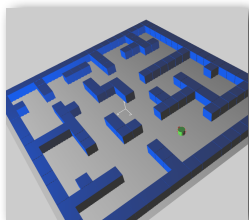
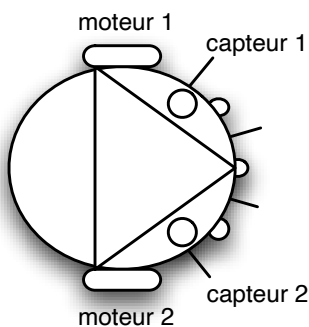
Stochastique

- Les opérateurs de variation sont **stochastiques**
- il s'applique avec une certaine **probabilité**
 - ▶ “*probabilité de mutation*”, “*probabilité de croisement*”
- il s'applique de manière déterministe **ou non**
 - ▶ *la mutation bit-flip choisit un paramètre au hasard*

Cas d'étude

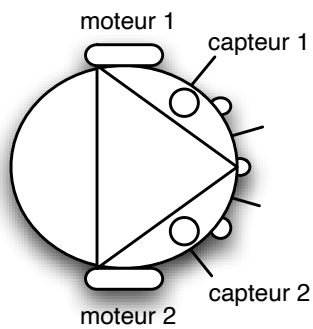
Optimiser l'exploration

Blackbox optimisation and robotics



$$f(y) : \{-1, 0, 1\}^6 \rightarrow \mathbb{R}$$

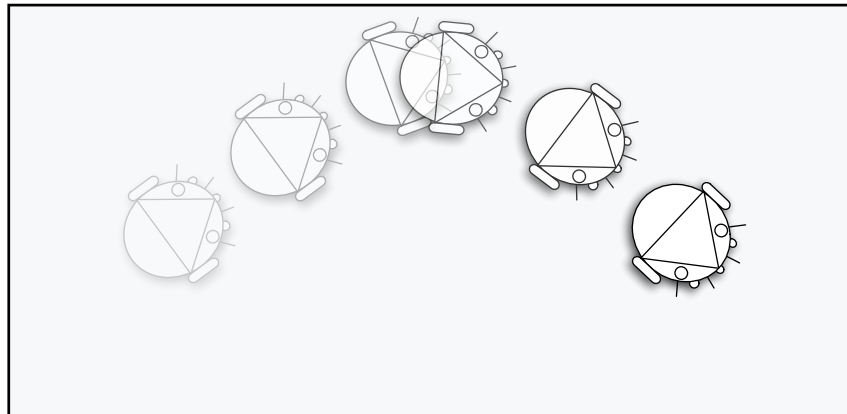
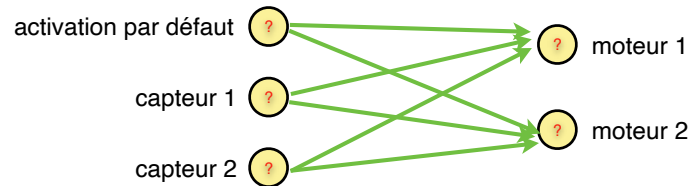
$$y^* = \operatorname{argopt}_{y \in Y} f(y)$$



couche d'entrées
normalisée entre 0 et 1

connexions
valeurs dans $\{0, +1\}$

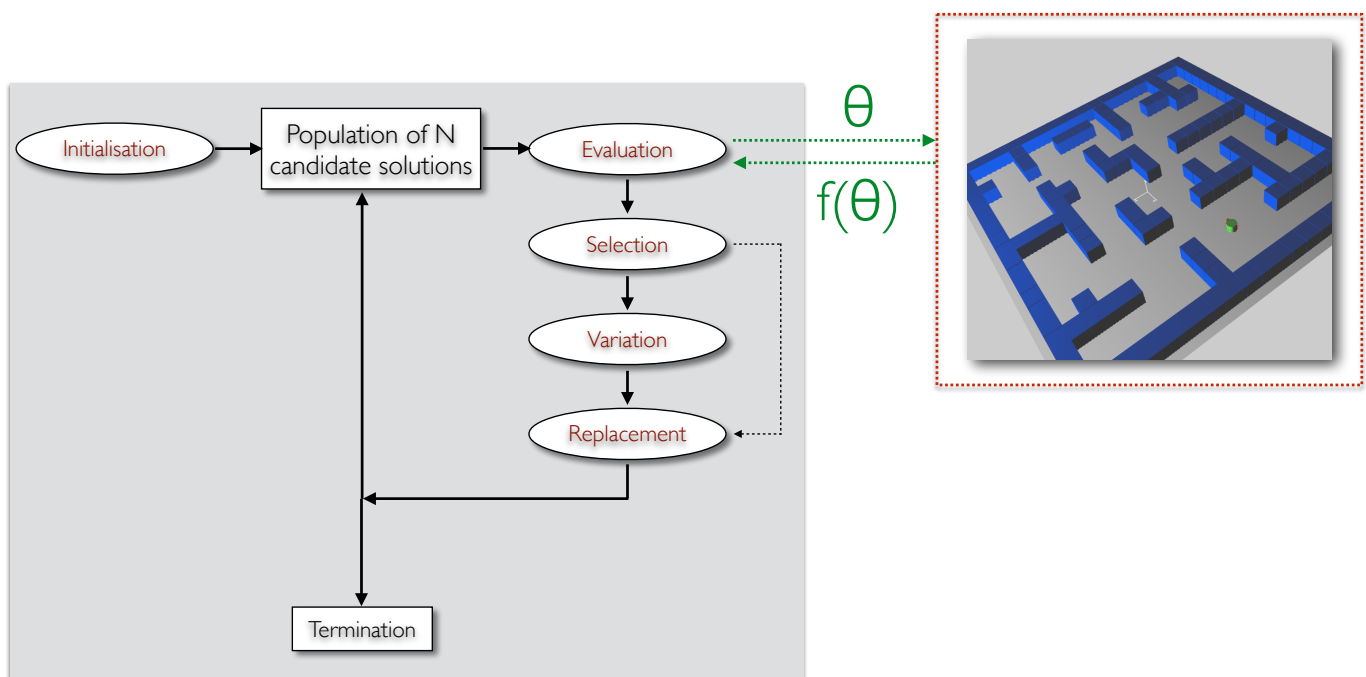
couche de sorties
(fonction Heaviside
ou tangente hyperbolique)



nicolas.bredecche@upmc.fr

Evolutionary Robotics

22



θ : parameters

f : objective function

$f(\theta)$: fitness

problème classique d'apprentissage par renforcement

[Nolfi, Floreano, 2000][Doncieux et al. 2015]

Problème : trouver une combinaison de 0 et 1

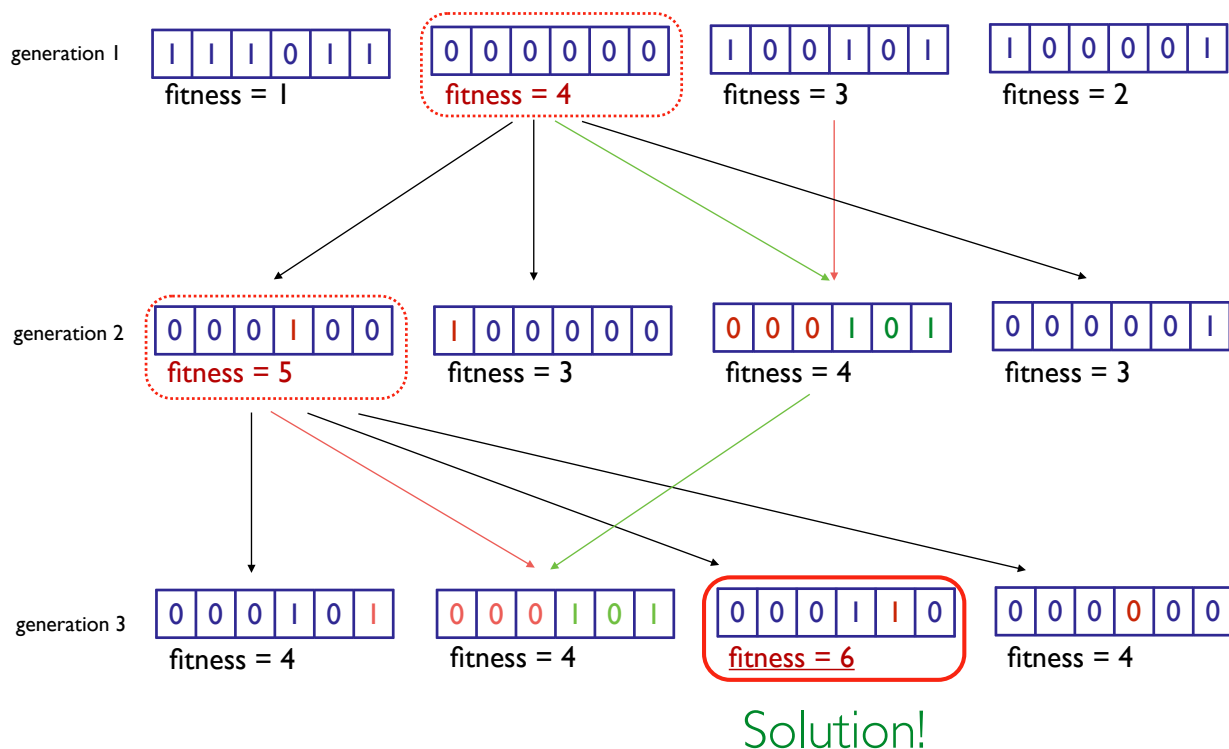
- Objectif : maximiser la fonction fitness
- Population initiale : 4 individus tirés au hasard
- Opérateur de Sélection : prend le meilleur
- Opérateurs de Variation : croisement ou mutation
 - Probabilité de croisement: p ; probabilité de mutation: $1-p$; avec $p=0.5$
 - Croisement: on mélange le début d'un génome et la fin d'un second
 - Mutation: on change une valeur au hasard

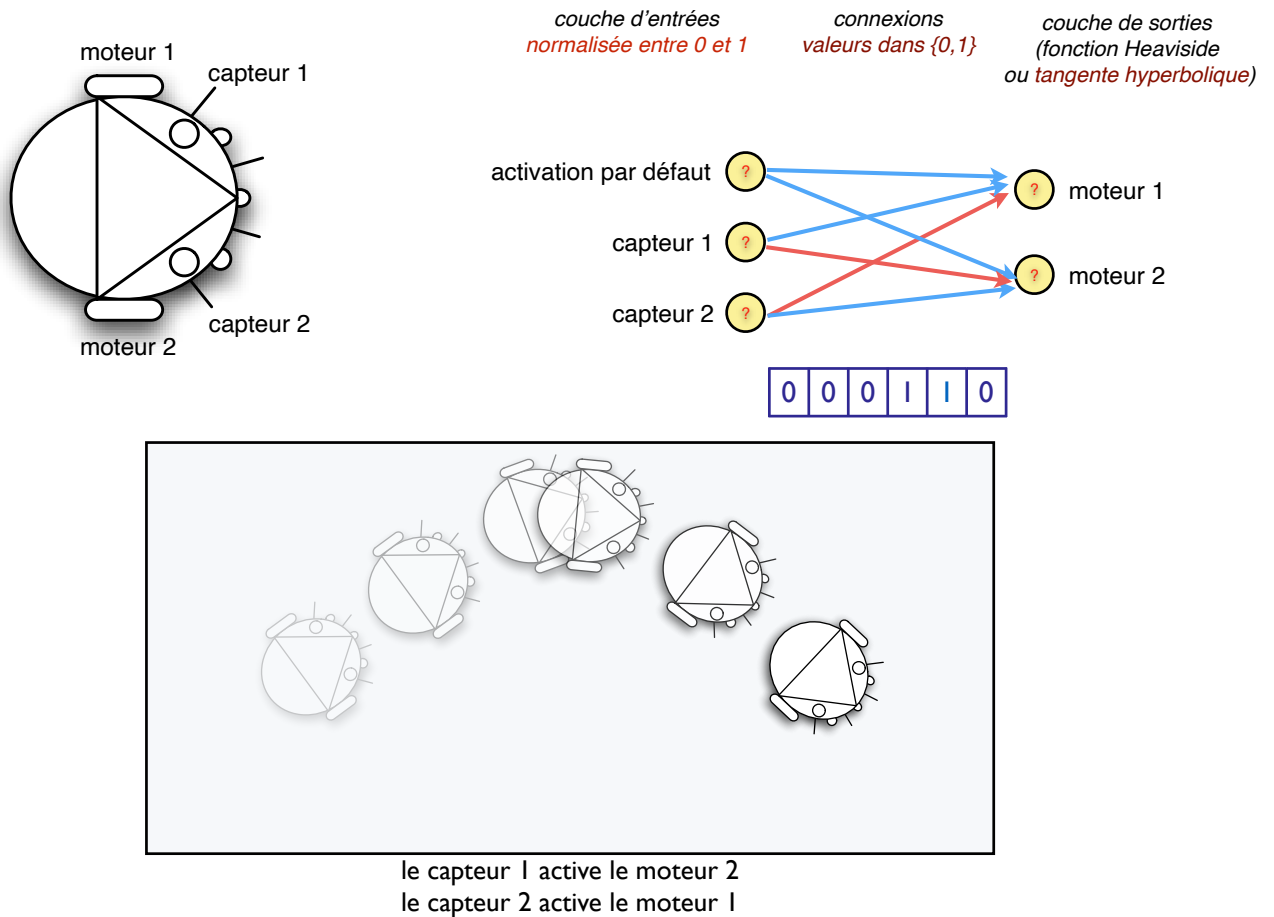
Remarques:

1. les opérateurs sont ici choisis arbitrairement. D'autres choix sont possibles.
2. on imagine que les scores sont calculés par un simulateur externe qui renvoie un scalaire entre 0 et 6 pour un génome donné en entrée

nicolas.bredecche@upmc.fr random generator : <0.1 0.3 0.6 0.1 0.7 0.3 0.9 0.9 0.7 0.1 0.9 0.2 0.4 0.1 0.9 0.5 0.6 0.9>

déroulement de l'algorithme



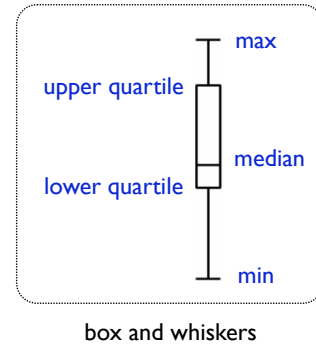
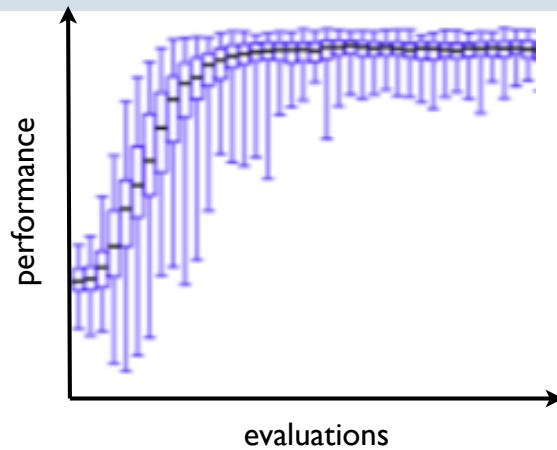


nicolas.bredecche@upmc.fr

Comment mesurer la performance d'une solution?

26

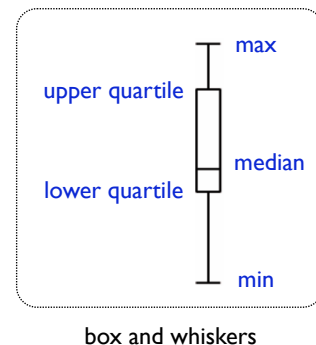
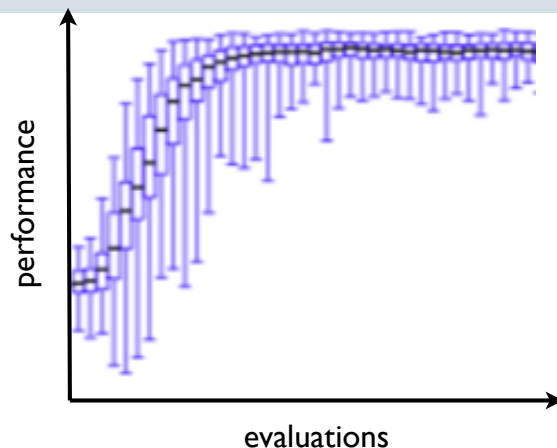
- Paysage de la fonction fitness
 - ▶ Une fitness renvoie une valeur unique...
 - ▶ ce "score" peut aider (ou non) la recherche
- Combiner plusieurs objectifs
 - ▶ Fitness agrégée (combinaison linéaire d'objectifs)
 - ▶ Fitness lexico-graphique (ordonner les objectifs)
 - ▶ Multi-objectif



● En pratique

- Il s'agit d'une méthode stochastique, donc: faire plusieurs runs!
- Sur le calcul de la fitness: réévaluer pour bien estimer la qualité
- Fonction fitness:
 - elle guide l'évolution. Il faut la définir avec soin (si possible).

Tableau



● A retenir:

- ▶ Médianes plutôt que moyennes
- ▶ Evaluations plutôt que générations
- ▶ Répéter les expériences, poursuivre jusqu'à convergence
- ▶ En pratique:
 - meilleures performances au mieux: le choix de la solution
 - meilleures performances en moyenne: le choix de l'algorithme

Tableau

- **Objectif** : maximiser la correspondance entre une chaîne de bits et une autre (ex.: [1,1,1,1,1,1,...,1])
- **Représentation d'un individu** : $\{0,1\}^m$
- **Population initiale** : N individus
- **Opérateur de sélection** : par tournoi de taille k
- **Opérateurs de variation** : mutation bit-flip (probabilité/bits)

en rouge, les paramètres à régler

nicolas.bredeche@upmc.fr

30



WEB

- 1 Connectez-vous sur www.wooclap.com/QCCFRA
- 2 Vous pouvez participer



SMS

- 1 Pas encore connecté ? Envoyez **@QCCFRA** au **06 44 60 96 62**
- 2 Vous pouvez participer

exemple pratique (sur Moodle)
Algorithme génétique et maxOne

Fin du cours