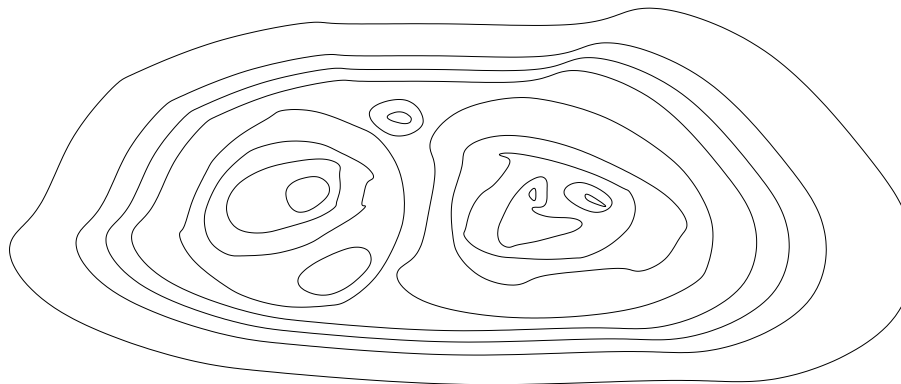
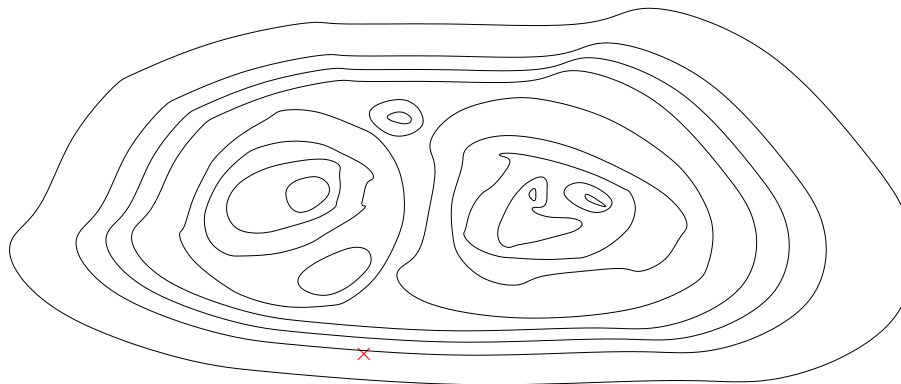


Hill-climbing



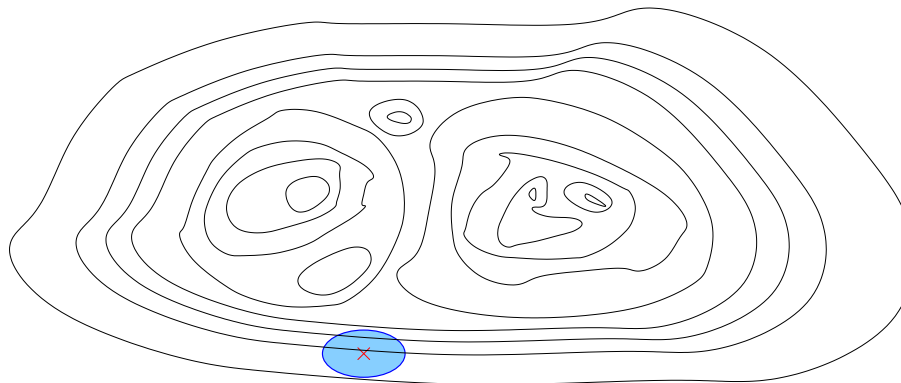
Ne *pas* se fier à l'image ! L'ensemble des solutions ne possède pas de *métrie*.

Hill-climbing



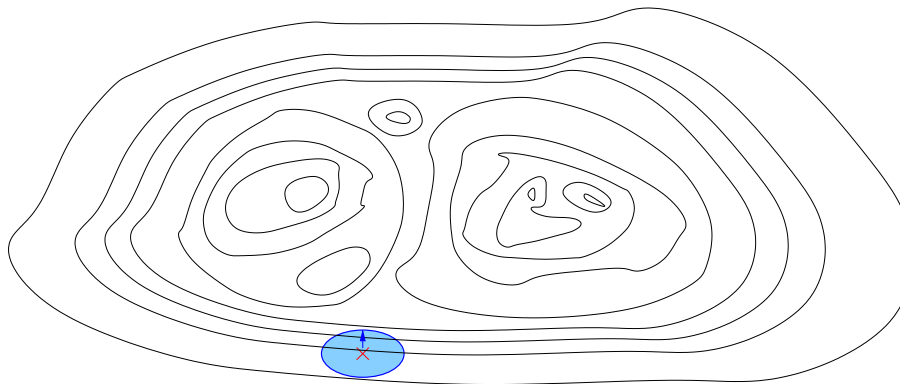
Solution initiale se trouve dans l'ensemble des solutions

Hill-climbing



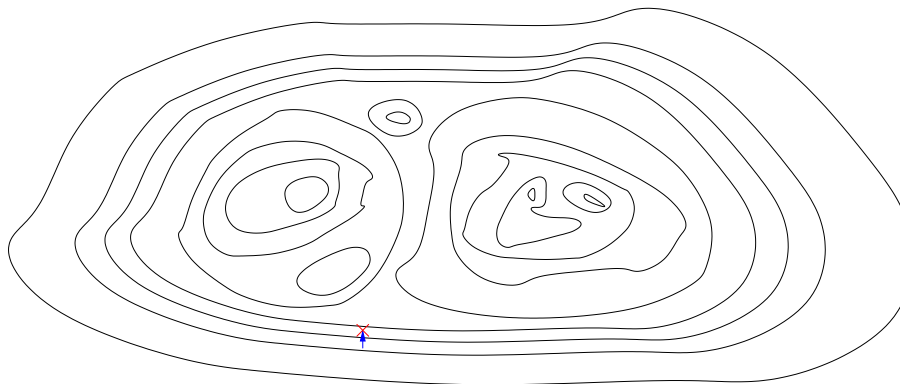
Voisinage de la première solution

Hill-climbing



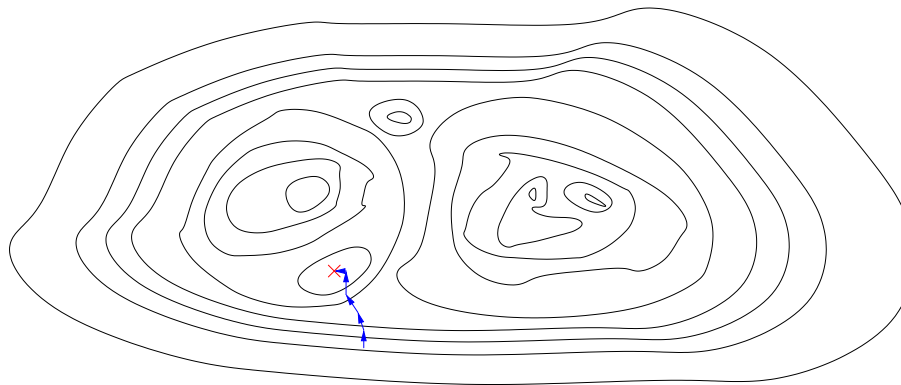
Exploration du voisinage

Hill-climbing



Choisir cette solution

Hill-climbing



Itérer jusqu'à ce qu'un *optimum local* soit atteint

Hill-climbing

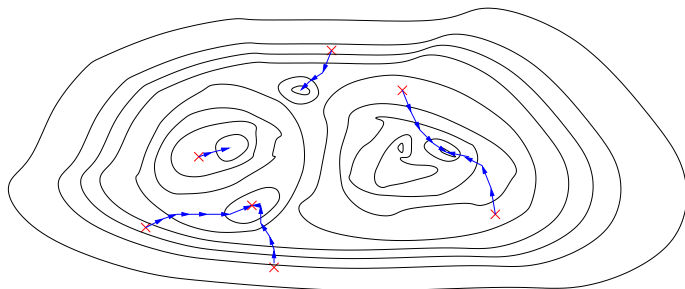
- ▶ Deux stratégies existent pour la sélection de la prochaine solution dans le voisinage
 - ▶ **Première amélioration** : choisir la première solution trouvée améliorant le coût.
 - ▶ **Meilleure amélioration** : choisir la meilleure solution trouvée dans le voisinage.
- ▶ L'algorithme du *Simplexe* pour les Programmes Linéaires est un algorithme de descente (Hill-Climbing).

Sortir d'un minimum local

- ▶ **Grands voisinages**
 - ▶ Plusieurs optima locaux dans un voisinage
 - ▶ Exploration dans un voisinage est plus coûteuse
- ▶ **Mouvements non-améliorants**
 - ▶ Quels mouvements non-améliorants ? Combien ?
 - ▶ Eviter une recherche "aléatoire".

Approche Multi-start

Construire **différentes** solutions réalisables (GRASP) et appliquer une méthode de descente (hill-climbing) pour chacune d'elles.



Sommaire

Recuit simulé

Recherche à voisinages variables

Recherche avec tabous

Recuit simulé (Simulated Annealing)

- ▶ Le **Recuit simulé** opère en autorisant des mouvements dégradant le coût selon une règle probabiliste.
- ▶ A chaque étape, une solution est *aléatoirement* choisie dans le voisinage. Cette solution peut ne pas être aussi bonne que la solution courante.
- ▶ La **probabilité** d'accepter une solution non-améliorante (test de Métropolis) :
 - ▶ augmente lorsque les dégradations sont faibles
 - ▶ diminue lorsque le nombre d'itérations est grand : un mouvement non-améliorant a plus de chances d'être accepté au début de l'algorithme itératif.

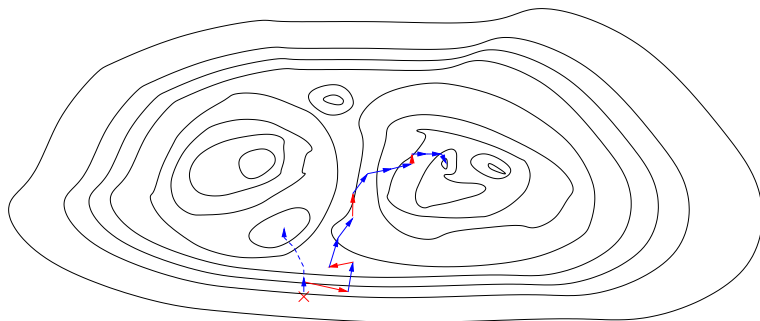
Température pour le recuit simulé

- ▶ Pour paramétrer le fait que les mouvements non-améliorants sont de moins en moins acceptés, un paramètre de *température* T qui décroît (légèrement) à chaque étape est introduit. Typiquement : $T \leftarrow 0.999 T$.
- ▶ La probabilité d'accepter un mouvement non-améliorant $y \in N(x)$ (x est la solution courante) est

$$e^{-(f(y)-f(x))/T}$$

- ▶ L'origine de la méthode repose sur des principes de physique statistique d'un système thermodynamique. Le *recuit* est en effet un processus thermique qui vise à atteindre des niveaux d'énergie “plus bas” en refroidissant le système par paliers.

Recuit simulé type



Mouvements non-améliorants représentés en rouge. L'itinéraire en pointillé représente la méthode de descente (hill-climbing).