

### Objectif du TP

L'objectif est de comprendre le fonctionnement et l'utilisation de la technique du recuit simulé. Il s'agit ici de minimiser des fonctions objectifs. La mise en œuvre de l'algorithme et l'effet des différents paramètres seront étudiés.

**Évaluation :** le travail est évalué sur la base d'un compte-rendu qui présente la démarche employée et une analyse des résultats obtenus ainsi que les portions de code qui ont été modifiées ou ajoutées.

## 1 Recuit simulé

Pour des problèmes NP complets d'optimisation (telque le problème du voyageur de commerce), on ne connaît pas d'algorithme polynomial permettant une résolution de façon optimale. On va donc chercher une solution approchée de cette optimum en utilisant des heuristiques. Le recuit simulé est un algorithme basé sur une heuristique permettant la recherche de solution à un problème donné. Il permet notamment d'éviter les minima locaux mais nécessite un réglage minutieux de ses paramètres.

### Algorithme

L'algorithme du recuit simulé peut être représenté de la manière suivante :

- Fournir une *Solution initiale*  $X$  (configuration initiale)
- $X_{opt} = X$
- $F_{opt} = F(X_{opt})$  ( $F()$  : Fonction objectif)
- Fournir une *Temperature Initiale*
- Tant que ( $Temperature > Temperature\ Finale$ ) faire
  - {
    - tant que ( $Repetition > MaxRepetitionTconstant$ ) faire :
      - {
        - choisir  $Y$  dans le *Voisinage* de ( $X$ )
        - calculer  $DF = F(Y) - F(X)$
        - Si  $DF < 0$  alors
          - {
            - $X = Y$
            - Si  $F(X) < F(X_{opt})$  alors
              - $X_{opt} = X$
      - }
      - $F_{opt} = F(X_{opt})$
      - Sinon
        - Tirer  $p$  dans  $[0, 1]$
        - Si  $p \leq \exp(-\frac{DF}{T})$   $X = Y$
    - }
    - $T = g(T)$
- Retourner  $X_{opt}$

## Paramètres

La technique du recuit simulé est soumise à plusieurs paramètres. Nous allons proposer à l'utilisateur de définir :

1. *Temperature Initiale* (TInit)
2. *Temperature Finale* (TFin)
3. *Alpha* permettant de faire décroître la température par le biais de  $g()$  (Alpha)
4. *Amplitude* permettant de définir le voisinage (Ampli)
5. Nombre de transformations à température constante (NMaxEAcc)
6. Nombre maximum de tentatives de transformations (NMaxRep)

## 2 Travail demandé

### Recherche d'optimum d'une fonction

L'implémentation incomplète est disponible. Le fichier se nomme `recuitFonctions.c`.

1. Algorithme

Complétez le code du fichier en incorporant l'algorithme du recuit simulé. Ce dernier doit être le plus générique possible.

2. Manipulation

Vous disposez de 2 fonctions polynomiales :

(a)  $f_1 = x^2$

(b)  $f_2 = x^2, x \leq 3$

$$f_2 = \frac{5}{49}(x - 10)^2 + 4, x > 3$$

L'objectif est de tester l'algorithme en utilisant les fonctions ci-dessus. Il s'agit notamment d'étudier l'impact de la modification des différents paramètres sur la solution trouvée et sur la convergence de l'algorithme. En choisissant judicieusement les paramètres, montrez comment l'algorithme peut aboutir à un optimum local pour  $f_2$ .

*NB* : On peut remarquer que  $f_1$  admet un minimum unique global au point  $(x = 0, f_1(0) = 0)$ . La fonction  $f_2$  possède un minimum global au point  $(x = 0, f_2(0) = 0)$  et un minimum local au point  $(x = 10, f_2(10) = 4)$

### Le problème du voyageur de commerce

Un voyageur de commerce doit visiter une seule fois un ensemble de villes et revenir chez lui en minimisant la distance parcourue.

Vous trouverez l'implémentation d'une ville (définie par une position(x,y) ) ainsi que

quelques fonctions à utiliser dans le fichier `recuitVoyageur.c`.

### 1. Algorithme

Afin de montrer que l'algorithme du recuit simulé est indépendant du problème, modifier la fonction de transformation `void transformation()` et la fonction de calcul du coût `float f()` pour les adapter au problème du voyageur de commerce. Vous pourrez vous aider notamment de la fonction `float distanceVilles(Ville v1, Ville v2)`.

### 2. Manipulation

Il s'agit d'étudier l'impact de la modification des différents paramètres sur la solution trouvée et sur la convergence de l'algorithme. Il peut être intéressant de tester

- (a) différents schémas de décroissances de la température (linéaire, discret, exponentielle ...)
- (b) différents types de transformations (inversement, déplacement, échange ...)
- (c) ...

### Compte-rendu

Le travail est évalué sur la base d'un compte-rendu écrit qui présente la démarche employée et une analyse des résultats obtenus, ainsi que les portions de code modifiées ou ajoutées. Le travail repose sur une démarche expérimentale qui conduit donc à faire des choix (c'est-à-dire à formuler des hypothèses) et à mettre en place un protocole expérimental permettant d'en analyser la validité.

Le compte-rendu devra présenter les différentes étapes de la démarche :

- Formulation d'hypothèses
- Protocole expérimental (reposant ici sur la simulation) :
  - \* Modèle utilisé ou construit
  - \* Paramétrisation : éléments fixes et variables
  - \* Éléments mesurés
- Résultats numériques (valeurs, courbes...)
- Analyse des résultats : confrontation / hypothèses
- Propositions d'amélioration (si les résultats ne sont pas totalement satisfaisants).