ENSEIRB-MATMECA Année 2014-2015

PROJET de Programmation

Calcul Parallèle

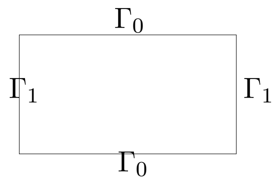
Partie I: Maillages non structurés

- Décrire et expliquer en quoi consiste le parallélisme dans le code éléments finis (EF) fourni en précisant l'équation résolue par le code;

- Présenter et analyser les courbes de speed-up et d'efficacité obtenues pour ce code EF avec SCOTCH et METIS:
  - en décrivant la procédure de partitionnement pour SCOTCH et pour METIS;
  - en illustrant par des figures les partitions obtenues;
  - en présentant au moins une courbe de Speed-up partition METIS et une courbe de Speed-up partition SCOTCH. Vous pouvez également comparer le Speed-up sur différentes machines et analyser les temps de communication...

Partie II: maillage cartésien structuré, parallélisme d'opérateur

On se place dans le domaine $[0, L_x] \times [0, L_y]$ de $\mathbb{R}^2$ dans lequel on résoud l'équation de la chaleur:



$$\partial_t u(x,y,t) - D\Delta u(x,y,t) = f(x,y,t) \tag{1}$$
$$u|_{\Gamma_0} = g(x,y,t) \tag{2}$$
$$u|_{\Gamma_1} = h(x,y,t) \tag{3}$$

1. **Analyse du problème**
   On se propose de résoudre numériquement cette équation par la méthode des différences finies.
   (a) Ecrire le schéma de résolution de l'équation à l'aide de différences finies centrées du second ordre en espace
   - le schéma pour l'équation stationnaire;
   - le schéma pour l'équation instationnaire en utilisant le schéma d'Euler implicite.

   (b) En utilisant la numérotation proposée figure 2, montrer que le schéma précédent se met sous la forme matricielle $AU = F$.

   (c) Décrire précisément la structure de la matrice A.

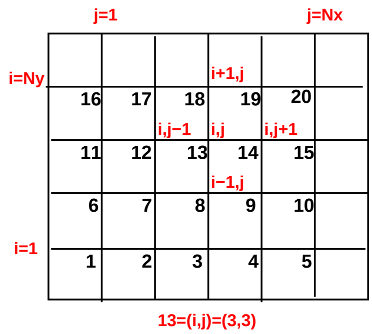


Figure 2: Principe de la numérotation globale et locale

2. **Implémentation informatique**

   On utilisera les cas test suivants pour valider le travail:
   $L_x = L_y = 1.0,\ D = 1.0$
   La solution stationnaire résultant des conditions suivantes

$$f = 2(y - y^2 + x - x^2) \qquad g = 0 \qquad h = 0 \tag{4}$$

   Puis

$$f = sin(x) + cos(y) \qquad g = sin(x) + cos(y) \qquad h = sin(x) + cos(y) \tag{5}$$

   La solution instationnaire périodique résultant des conditions suivantes

$$f = e^{-(x-\frac{L_x}{2})^2} e^{-\left(y-\frac{L_y}{2}\right)^2} cos(\frac{\pi}{2}t) \qquad g = 0 \qquad h = 1 \tag{6}$$

   (a) **Pour le code séquentiel**

   i. Modifier le code de manière à pouvoir traiter les deux cas stationnaires et si possible le cas instationnaire avec le même code (en lisant un paramètre dans le fichier de paramètres).
   ii. Résolution du système linéaire soit par le gradient conjugué ou la méthode de Jacobi (choix dans le fichier de paramètres). Comparer l'efficacité des 2 solveurs pour ce type de problème.
   iii. Valider le code à l'aide des solution exactes données en cours (calcul de l'erreur, figures présentant la solution).

   (b) **Ecrire le code parallèle**

   i. Décrivez précisment la répartition de la charge sur chacun des process.
   ii. Chaque process n'agira que sur une partie de la matrice.
   iii. Les solveurs devront être parallélisés:
      - Quelles sont les opérations nécessitant des communications?
      - Détaillez les communications pour chacun des process (taille du message, émetteur, récepteur,..).
      - Optimisez les communications en fonction de la structure de la matice.

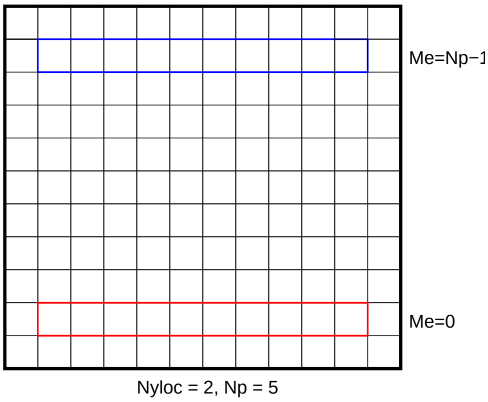


Figure 3: Exemple de répartition des inconnues sur les process, utilisation de 5 process avec 2 lignes par process.

iv. Chaque process écrira sa partie de la solution dans son fichier solMe.dat.

v. Validez le travail accompli.

Il faudra fournir les documents suivants:

1. Un rapport contenant
   - La description mathématique du problème (schémas utilisés, matrices obtenues).
   - Une description détaillée des communications réalisées.
   - Le processus de validation du code.
   - Les courbes du temps de calcul en fonction du nombre de process (Speed-up, Efficacité, ...).
   - Votre analyse des résultats et vos conclusions.
2. Le code // documenté et commenté, avec les commandes de compilation.