MINEURE 'CALCUL PARALLÈLE'
Travaux Dirigés - Projet de programmation
Campagne sismique synthétique
TD 6 - 7 - 8
Oral de mineure

10 mars 1999

Préambule

Pour ceux qui ne sont pas encore arrivés à la fin des TD précédents, nous conseillons de bien comprendre et assimiler ces derniers avant de passer à la suite.

Les TD 4 et 5 ont permis la construction d'un code de propagation des ondes acoustiques en 2D avec des conditions limites simplifiées du type $u = 0$. Pour le graphique, des instantanés du champs de pression sont affichés en cours de simulation. Le but de ces trois derniers TD est de:

- Introduire des conditions aux limites non réfléchissantes sur les bords ainsi qu'une condition de surface libre
- Visualiser les sismogrammes en cours de simulation
- Enregistrer les différentes images sous format compressé (JPEG)

Pour le mini-projet servant d'oral de mineure, il est demandé le travail complémentaire suivant:

- Rédaction d'un document (10 pages environ) décrivant
  - la structure du code de calcul
  - les différentes validations effectuées
  - une analyse des améliorations potentielles
- Une démonstration du fonctionnement

1 Conditions aux limites

Les conditions limites de type $u = 0$ ont un comportement de conditions totalement réfléchissantes. Dans la réalité, on distingue deux types de conditions:

- La condition de surface qui doit traduire une condition de surface libre (contrainte normale nulle)
- Les conditions sur les bords droit, gauche et bas qui doivent avoir un comportement de conditions non réfléchissantes. En effet, ces bords ne sont pas 'physiques', ils sont introduits uniquement par la caractère nécessairement fini du domaine de calcul.

1.1 Condition de surface libre

Cette condition se traduit tout simplement par une condition limite du type:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 0 \tag{2}$$

sur le bord supérieur.

1.2 Conditions non réfléchissantes

Cette condition est réalisée par l'association d'une condition limite paraxiale d'ordre 1 qui absorbe les ondes arrivant perpendiculairement au bord avec une couche éponge (dissipative) qui absorbe les ondes à forte incidence.

En $x = L$, bord droit du domaine, on applique une équation paraxiale d'ordre 1 qui s'écrit:

$$\frac{1}{c(\boldsymbol{x})}\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \tag{3}$$

Remarquer que pour le bord gauche la condition paraxiale est de la forme:

$$\frac{1}{c(\boldsymbol{x})}\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \tag{4}$$

Pour le bord droit (x croissant), on écrit:

$$\frac{1}{c(\boldsymbol{x})^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}(t,\boldsymbol{x}) - \Delta u(t,\boldsymbol{x}) + a(x)\left(\frac{1}{c(\boldsymbol{x})}\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x}\right) = 0 \tag{5}$$

où $a(x)$ est non nul sur une couche au bord du domaine ($a = 0.2$ par exemple) et nul ailleurs.

Pour appliquer cette condition en pratique, on opère un splitting de l'opérateur:

- Dans un premier temps, on calcule u^{n+1} pour tout le domaine avec la condition de surface libre et la condition paraxiale d'ordre 1.
- Par la suite, on ajoute sur une bande autour du domaine, le terme de dissipation qui sera calculé avec les valeurs u^{n+1}. On prendra comme largeur de la bande une largeur équivalente à la longueur d'onde maximale rencontrée dans le domaine.

2 Sismogrammes

Les sismogrammes sont gérés comme les snapshots. Ils doivent être affichés à l'écran au cours de la simulation. Cependant, à la différence des snapshots, l'image sera créée au fur et à mesure de la simulation.

Chaque sismogramme sera géré par un processus particulier (qui sera si possible sur la même machine que le DISPLAY). Les processus de calcul devront donc communiquer directement avec ces processus pour fournir les valeurs des sismos (ie. on ne passe pas par le master).

La table des couleurs sera globale pour tous les affichages (snapshots et sismos). Elle sera recalculée périodiquement à partir des valeurs dans les sismos. Les valeurs des snapshots seront écrêtées. Afin de minimiser les temps d'affichage, on ne réaffichera l'image globale que si la table des couleurs a été modifiée ou si l'écran a été redimensionné.

En fin de simulation, les sismogrammes seront sauvegardés au format JPEG.

3 Compression des images sismiques

Pour les snapshots, on désire pouvoir conserver un film de la simulation. A cette fin, on va sauvegarder tous les snapshots affichés. La taille des fichiers pouvant être assez grande, on va opérer une compression de type JPEG (voir cours de E. Goubault).

Une librairie de compression est fournie. Elle est disponible sur la page web du cours (lire le ficher libjpeg.doc pour plus d'informations; la librairie compilée pour HP est libjpeg.a.hp, celle pour LINUX est libjpeg.a.linux). Un fichier d'exemple d'utilisation est disponible dans le même répertoire.

1. Dans un premier temps, le master sera chargé de la compression
2. Le compression étant un processus consommateur de temps CPU, nous allons paralléliser ce processus de compression. Deux approches sont envisageables: d'une part paralléliser la compression JPEG (très facile mais demande la réécriture d'un compresseur), d'autre part répartir les compressions sur plusieurs processeurs. C'est la deuxième solution que nous adoptons. Nous allons donc démarrer un ensemble de processus qui seront chargés des compressions. Le master répartira dynamiquement la charge en fonction de l'activité de ces différents processus de compression.

Les différents fichiers seront nommés de façon lexicographiques afin d'apparaître dans l'ordre lors de la commande `ls -al`. On pourra alors facilement appeler un convertisseur JPEG - MPEG pour créer des animations MPEG (Ex: outil ImageMagick).