

Calcul haute performance pour la propagation d'ondes en milieu hétérogène et pour l'écoulement en compresseur multi-étages

L'évolution du calcul haute performance permet d'aborder des problématiques de plus en plus complexes et réalistes à condition d'adapter, d'optimiser et de valider les codes sur les nouvelles architectures disponibles. Dans ce grand challenge, le CERFACS a proposé d'effectuer une double étude : deux solveurs ont été optimisés et validés, le premier permettant l'analyse de la propagation d'ondes en milieu hétérogène, le second étant adapté à la simulation d'écoulements fluides. En première partie, nous présenterons l'analyse du comportement de la méthode de résolution itérative pour la propagation d'ondes proposée dans [1] en fonction de la fréquence sur un très grand nombre de cœurs de calcul. En seconde partie, nous détaillerons les travaux effectués cette fois-ci sur la simulation d'écoulements extrêmement complexes dans un compresseur aéronautique.

Analyse de performance pour la simulation de la propagation d'ondes en milieu hétérogène en sismique

(H. Calandra, S. Gratton, X. Pinel et X. Vasseur)

La simulation de phénomènes de propagation d'ondes en milieu hétérogène en sismique requiert généralement la résolution d'une équation aux dérivées partielles dite de Helmholtz. Cette activité concerne de multiples champs applicatifs et, de par sa complexité, représente un domaine très actif de recherche au niveau algorithmique, puisque des systèmes linéaires comportant des matrices indéfinies de très grande taille doivent être résolus dans un environnement massivement parallèle. Ce challenge nous a permis d'analyser sur Turing le comportement de la méthode de résolution itérative proposée dans [1] en fonction de la fréquence f .

Le tableau 1 synthétise les résultats obtenus relatifs à un cas test partagé par la communauté en sismique nommé EAGE/SEG Overthrust. Le cas $f=32$ Hz conduit à un système

f (Hz)	Maillage	Cœurs	Prec	T (s)	M (To)
4	512 x 512 x 128	131072	6	3	0,03
8	1071 x 1071 x 256	131072	13	10	0,16
12	1792 x 1792 x 512	131072	19	30	0,72
16	2560 x 2560 x 640	131072	25	77	1,74
20	3584 x 3584 x 896	131072	35	269	4,5
24	4352 x 4352 x 1024	131072	41	507	7,5
28	5376 x 5376 x 1280	131072	50	1155	13,9
32	6144 x 6144 x 1536	131072	62	2217	21,5

Tableau 1 - Analyse de complexité (EAGE/SEG Overthrust) en fonction de la fréquence. Méthode de Krylov préconditionnée par une méthode multigrille géométrique pour la résolution de l'équation d'Helmholtz en milieu hétérogène. Prec dénote le nombre d'applications du préconditionnement, T le temps de calcul total en secondes et M la mémoire totale requise en To.

linéaire comportant approximativement 58 milliards d'inconnues (l'arithmétique complexe simple précision a été utilisée), calcul que nous pouvons véritablement considérer comme frontière. Nous remarquons l'efficacité de l'approche développée conduisant à un nombre réduit d'applications du préconditionnement, y compris à haute fréquence. Si N dénombre le nombre total d'inconnues, le temps de calcul T se comporte comme $N^{1,28}$. De plus, nous notons que la mémoire totale croît linéairement avec le nombre d'inconnues car aucune factorisation directe ou approchée n'est requise au sein de la méthode numérique. Ce challenge effectué sur le calculateur GENCI Turing de l'IDRIS a été l'occasion de réaliser des calculs frontières utilisant plus de 130 000 cœurs de calcul pour la résolution de l'équation d'Helmholtz et de démontrer l'efficacité de la méthode proposée en terme de complexité vis-à-vis de la fréquence. Dans un futur proche, la réflexion se portera sur les adaptations algorithmiques à réaliser pour tirer pleinement parti des futures machines exascale.

Simulation aux grandes échelles et validation pour les écoulements dans les compresseurs aéronautiques

(J. de Laborderie, F. Duchaine, L. Gicquel, O. Vermorel, G. Staffelbach)

Les compresseurs présents dans les moteurs aéronautiques des avions et des hélicoptères représentent un composant critique en terme de rendement et de stabilité. Afin de permettre une avancée technologique sur la conception des futurs compresseurs, il est nécessaire de pouvoir réaliser des simulations aérodynamiques haute-fidélité de ces machines. L'écoulement se développant dans un compresseur est très complexe puisqu'il est instationnaire, possède une large gamme de structures turbulentes et dépend fortement des effets technologiques. Le code de simulation aérodynamique doit donc être capable de prendre en compte toutes ces caractéristiques.

L'objectif de l'étude consiste à démontrer la faisabilité d'une Simulation aux Grandes Échelles (SGE) d'un compresseur axial multi-étages avec le code TurboAVBP [2]. TurboAVBP est basé sur le couplage de plusieurs instances du même code AVBP [3], un code SGE résolvant les écoulements compressibles et réactifs. L'information est transférée entre ces instances, à chaque pas de temps, via un algorithme de couplage sur des maillages recouverts [2]. La configuration correspond au compresseur de recherche CREATE, conçu par SAFRAN-SNECMA et opéré au LMFA (École Centrale de Lyon).