

PERF016 – Performances d'INFO_MODE et de CALC_MODES+OPTION='BANDE' parallèles

Résumé :

L'objectif de ce cas-test est de mesurer les performances du cumul de deux stratégies de parallélisation dans INFO_MODE et CALC_MODES +OPTION='BANDE' avec découpage en sous-bandes. Les gains en temps et en mémoire sont intéressants et ces accélérations (jusqu'à 2 fois en pic mémoire, 30/40 fois en temps sur une soixantaine de processeurs) peuvent réellement faciliter de nombreuses études dynamiques sur base modale.

1 Problème de référence

Le cas-test perf013c sert de problème de référence.

Les gros calculs modaux, en taille de problème et/ou en nombre de modes recherchés, sont effectués via l'opérateur `CALC_MODES +OPTION='BANDE'` avec découpage en sous-bandes. Cet opérateur découpe la bande fréquentielle de recherche en plusieurs sous-bandes contiguës de manière à réduire les consommations en temps et en mémoire du calcul. Cette recherche par sous-bandes permet aussi d'améliorer la robustesse et la précision des résultats.

Pour limiter les déséquilibres de charge dans le calcul modal, on les pré-calibre via un appel à `INFO_MODE`. Ce dernier opérateur active les mêmes deux niveaux de parallélisme que ceux de `CALC_MODES +OPTION='BANDE'` avec découpage en sous-bandes.

La décomposition en sous-bandes procure enfin un dernier avantage, elle aménage un niveau de parallélisme explicite et très efficace, en permettant la distribution de chaque sous-bande sur 1 ou plusieurs processeurs. Ainsi, les calculs modaux opérés au sein de chaque sous-bande se déroulent concurremment. Si plusieurs processeurs sont disponibles pour chaque sous-bande, on peut même appeler un deuxième niveau de parallélisme via le solveur linéaire direct MUMPS. Ces deux niveaux de parallélisme conjugués permettent de gagner beaucoup en temps et un peu en pic mémoire RAM (mot-clé `NIVEAU_PARALLELISME='COMPLET'`, valeur par défaut).

Pour axer les gains principalement sur le pic mémoire ou parce que le nombre de processeurs disponibles est insuffisant par rapport au nombre de sous-bandes, on peut aussi limiter le parallélisme au seul deuxième niveau, celui de MUMPS (`NIVEAU_PARALLELISME='PARTIEL'`).

L'objectif de ce cas-test est de mesurer les performances de ces deux stratégies de parallélisation dans `INFO_MODE` et `CALC_MODES +OPTION='BANDE'` avec découpage en sous-bandes. Les gains en temps et en mémoire sont intéressants et ces accélérations (jusqu'à 2 fois en pic mémoire, 30/40 fois en temps sur une soixantaine de processeurs) peuvent réellement faciliter de nombreuses études dynamiques sur base modale.

Le calcul modal utilisé reprend la modélisation C du cas-test *perf013*: plaque carrée maillée en éléments de coques ($N=4M$ degrés de liberté), éléments finis linéaires, recherche de 50 modes propres en 4 sous-bandes avec le solveur modal par défaut et le solveur linéaire MUMPS. On teste la configuration séquentielle (modélisation A), ainsi que les deux stratégies parallèles sur 4 et 16 processeurs (modélisations B/C et D/E).

Pour les calculs `CALC_MODES +OPTION='BANDE'` avec découpage en sous-bandes, on vérifie différentes valeurs de fréquence et différentes composantes des masses modales effectives unitaires 1 .

Pour les calculs `INFO_MODE`, on teste les valeurs minimales, maximales et la somme des composantes `'NB_MODE'` de la table générée.

2 Solution de référence

Voir le cas-test perf013c.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation A

Nombre de processeur : 1

On utilise la modélisation C du cas-test perf0013 : plaque carrée maillée en éléments de coques, éléments finis linéaires, recherche de 50 modes propres via l'opérateur `CALC_MODES` +`OPTION='BANDE'` avec découpage en sous-bandes. On utilise le solveur modal et la valeur du test de Sturm par défaut.

On pré-calibre le calcul modal par un appel à `INFO_MODE` sur les sous-bandes de fréquences: $[0.1\text{GHz}, 1.1\text{GHz}]$, $[1.1\text{GHz}, 2.0\text{GHz}]$, $[2.0\text{GHz}, 3.0\text{GHz}]$ et $[3.0\text{GHz}, 4.0\text{GHz}]$.

On paramètre la brique solveur linéaire avec le meilleur outil disponible actuellement dans `Code_Aster` pour ce type de calcul: le solveur MUMPS (`METHODE='MUMPS'`) couplé au renumérotateur QAMD (`RENUM='QAMD'`) et appelé en mémoire (pour accélérer les nombreuses descente-remontées, `GESTION_MEMOIRE='IN_CORE'`).

Caractéristiques du maillage : 667 489 `NOEUD`, 3 264 `SEG2` et 665 856 `QUAD4`.

Nombre de degrés de liberté : 4 024 530.

3.2 Résultats

Grandeur	Référence
<code>FREQ</code> n°1	47.605
<code>MASS_EFFE_UN_DZ</code> n°1	0.420180
<code>FREQ</code> n°10	1546.457
<code>MASS_EFFE_UN_DZ</code> n°10	$3.423 \cdot 10^{-3}$
<code>FREQ</code> n°21	3978.453
<code>MASS_EFFE_UN_DZ</code> n°21	$1.467 \cdot 10^{-3}$

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation B

Nombre de processeurs: 4.

Identique à la modélisation A mais le calcul est effectué ici sur 4 processeurs en privilégiant le premier niveau de parallélisme (celui par défaut via `NIVEAU_PARALLELISME='COMPLET'`).

Chaque sous-bande est confiée à un processeur. Les occurrences MUMPS, appelées concurremment par chacune des sous-bandes, ne travaillent donc que sur 1 processeur.

4.2 Résultats

Identique à la modélisation A.

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation C

Nombre de processeurs: 16.

Identique à la modélisation A mais le calcul est effectué ici sur 16 processeurs en utilisant deux niveaux de parallélisme (fonctionnement par défaut *via* NIVEAU_PARALLELISME='COMPLET'). Chaque sous-bande est confiée à quatre processeurs. Les occurrences MUMPS, appelées concurremment par chacune des sous-bandes, travaillent donc chacune sur 4 processeurs.

5.2 Résultats

Identique à la modélisation A.

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation D

Nombre de processeur : 4.

Identique à la modélisation A mais le calcul est effectué ici sur 4 processeurs en privilégiant le second niveau de parallélisme (NIVEAU_PARALLELISME='PARTIEL'). Toutes les sous-bandes sont traitées les unes après les autres.

Seules les occurrences MUMPS, appelées pour les factorisations numériques et les descente-remontées requises par le solveur modal, travaillent en parallèle sur 4 processeurs.

6.2 Résultats

Identique à la modélisation A.

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation E

Identique à la modélisation D mais le calcul est effectué ici sur 16 processeurs.

7.2 Résultats

Identique à la modélisation A.

8 Synthèse des résultats

Ces résultats ont été obtenus en version 11.3.9 sur la machine IVANOE avec 1 processus MPI par nœud. Pour rappel, les performances en version 11.2 (paramètres par défaut) étaient : 9296 s et 23.5 Go (pour CALC_MODES +OPTION='BANDE' avec découpage en sous-bandes) et 2016 s et 17.0 Go (pour INFO_MODE).

V11.3.9 INFO_MODE/ CALC_MODES	A	B	C	D	E
Type de parallélisme	1×1	4×1	4×4	1×4	1×16
Temps Elapsed	1008 s 3544 s	387 s 1123 s	170 s 636 s	422 s 1853 s	253 s 1432 s
Vmpeak	7.8 Go 17.2 Go	7.8 Go 19.5 Go	7.8 Go 13.8 Go	7.8 Go 10.6 Go	7.8 Go 9.5 Go