

FF2A3

FreeFem++ de la dimension 2 à la dimension 3

F. Hecht

Laboratoire Jacques-Louis Lions
Université Pierre et Marie Curie
Paris, France

<http://www.freefem.org/ff2a3>
<mailto:hecht@ann.jussieu.fr>

<http://www.freefem.org/ff++>

With the support of ANR (French gov.)
<http://www.freefem.org/ff2a3/>

ANR-07-CIS7-002-01
<http://www-anr-ci.cea.fr/>



PLAN

- Introduction
- Les équipes
- L'organisation
- Les Tâches
- Quelques exemples
- Les Diffusions des resultats
- Les travaux hors ANR
- les problèmes de gestion
- Rapport d'activite des Post Doc.

<http://www.freefem.org/>

<http://www.freefem.org/ff2a3/>

Les équipes/ CDD

LJLL deux Post Doc , un stage

- . Jacques Morice post doctorant 01/06/08 22mois (Post01) (JM)
- . Eric Dalissier stagiaire 01/07/08 3mois (Stage de M2)

Sujet : Evaluation de la perte de parallélisme dans l'assemblage des matrices MEF.

- . Sheng Zhiqiang post doctorant 01/11/08 24mois (REO) (SZ)

Scalapplix (en attente d'embauche)

INRIA/Orsay

- . Guy Antoine Atenekeng, post doctorant 01/02/09 12mois (Post02) (GA)

CMAP

- . Alex Kelly 01/09/2009 12mois (Post03) (AK)

IRMAR

- . Cedric ODY, post doctorant, 01/01/08 24 mois (CO)

Organisation

ETAT : fait, en cours, en retard

1 Passer le noyau de FreeFem++ de 2D à 3D (FH) :

1.1 Élément fini 3D : P0,P1,P2, RT0, Edge element (FH)

1.2 Interpolation rapide 3D (FH)

1.3 Éléments surfaciques et linéiques

2 Génération de maillage 3D (JM)

2.1 Le maillage est lue dans un fichier , sauf pour quelques formes simples :
cube, Sphere, ... (JM)

+ interface avec tetgen, netgen, ghs3d, gmsh (JM)

3 Adaptation de maillage 3D / maillage mobile

3.1 utiliser les outils créés par P. Frey et ses coauteur.

4 Décomposition de Domaine :

4.1 Interfacer les outils de metis, parmetis, scotch (GA)

4.2 Interfacer decoup de L'Inria

5 Résolution des systèmes linéaires en parallèle (GA,JM)

5.1 Interfacer les solveurs linéaires parallèle de superLU, MUMPS, PASTIX, HYPRE (GA,JM)

5.2 Ecriture d'un solveur linéaire parallèle itératif (FN,LG,AG,FH).

6 Visualisation 3D des résultats

6.1 Interfacer avec le logiciel medit + réécriture de l'interface graphique (pb avec Windows VISTA) en 2d et 3D. (FH)

6.2 Interfacer avec le logiciel Xd3d (FH,FJ)

7 Tests numériques / validation

7.1 Le calcul massivement parallèle (GA,JM,FH)

7.2 Tests du CMAP (applications en optimisation de formes 3d)

7.3 Tests de l'IRMAR (Ecoulement autour de filet de pêche avec IFREMER), Ecriture de page web de test . (CO)

7.4 Tests Bio-Médical (Application to physiological flows and pathophysiology of respiratory diseases) (SZ)

7.5 test Scalapplix (fluide compressible)

8 La documentation (JM,FH,OP)

9 Debugging (remarque cette tache existe déjà et existera indépendamment du projet).(JM,FH)

Vie du projet

- Il y a eu 3 réunions entre tous les partenaires
- Il y a des contacts réguliers (\sim hebdomadaire) entre les post doc et moi par mail, telephone, etc.
- 3 ou 4 demi-journées de travail pour définir les interfaces entre freefem++ et les solveurs //
- (Depuis mars) 37 mèls de (GA), 103 mèls de (CO), 98 mèls de (JM),

1) Ecriture du noyau éléments finis

Responsable FH [0,12] 20%

Participant PoD1 [0,12] 20%

Conseiller de OP, FN, PF, AR, LG

1.1 Réécriture des modules élément finis en trois 3D, avec une grande utilisation de la STL. D'un point de vue technique nous ferons la même hypothèse que dans le cas 2D. Un type d'élément des simplexes (tétraèdre) et un noeud par support géométrique : sommet, arête, face ou élément. Remarque dans FreeFem++ la partie élément fini est relativement petite elle ne concerne que 13000 lignes de C++ et il faut réécrire environ 3000 lignes de C++. (Correspond à mon Cours de M2)

1.2 Interpolation rapide, c'est juste ajouter une dimension, c'est-à-dire de passer d'un arbre quaternaire à un octree.

1.3 Ajout des éléments surfaciques (triangle) et linéique (segment) afin de traiter ces questions de couplage de modèles 1D, 2D et 3D.

2) Mailleur 3d

Responsable FH [0,1] 3%

Participant PoD1 [0,1]5% (JM)

Conseiller PF et CB

nous allons juste interfacier FreeFem++ via la lecture de fichiers de maillages dans un premier temps. Puis, nous pourrons ajouter des «plug-ins» pour interfacier des mailleurs du domaine public comme NetGen <http://www.hpfem.com> ou tetgen <http://tetgen.berlios.de>

Ajout d'un petit mailleur par produit tensoriel avec dégénérescence et des transformation de base.

3) Adaptation de maillage 3D / maillage mobile

Responsable PF [0,1] 3%

Participant PoD1 [0,24] 20%, FH [0,24] 10%, CB 50%.

Conseiller PF, et CB

Ce point est très en retard

4) Décomposition de domaine

Responsable FH [6,9] 3%

Participant PoD1 [6,9] 15%

Cette tache est simple, il s'agit juste d'interfacer les logiciels du domaine public de décomposition de domaine qui sont

- metis, parmetis <http://glaros.dtc.umn.edu/gkhome/metis/parmetis/overview>
- decomp (MODULEF de L'inria)

5) Solver //

Responsable LG [0,24]

Participant PoD2 100%, Sta1 100% , FN 100%

Interfacer les solveur parallele du domaine public qui sont

SUPERLU, MUMPS, HYPRE, HIPS, pARMS, Pastix, ...

6) Visualisation

Responsable PF [0,12] 30% et FJ [0,36] 100%

Participant PoD1 à 15%

interfacer avec le logiciel domaine publique medit de P. Frey

interfacer avec le logiciel domaine publique xd3d de F. Jouve

Reécriture de l'interface graphique en OpenGL/GLUT en raison de problème sous Windows VISTA.

7) TESTS

Test Massivement Parallèle (GA, JM, FH)

Applications en optimisation de formes (Post DOC au 1 sept 2009) (AC)

Flow around a fishing net (en cours) (CO)

Tests bio-medical (en cours) (SZ)

Tests Scalaplix (recherche de POST DOC/ Thésard) (Bordeaux)

8) Documentation //

<http://www.freefem.org/ff++/>

<http://www.freefem.org/ff++/ftp/INNOVATION>

<http://www.freefem.org/ff++/ftp/freefem++doc.pdf>

<http://www.freefem.org/ff2a3/irmar/web/index/html/index.html>

9) Debugging

<https://www.ann.jussieu.fr/pipermail/freefempp/2009/thread.html>

<https://www.ann.jussieu.fr/pipermail/freefempp/2008/thread.html>

Quelques exemples 3D

- Execute `examples++-3d/3d-Leman.edp`
- Execute `examples++-3d/Lac.edp`
- Execute `examples++-3d/Laplace3d.edp`
- Execute `examples++-3d/LaplaceRT-3d.edp`
- Execute `examples++-3d/NSI3d-carac.edp`
- Execute `examples++-3d/NSI3d.edp`
- Execute `examples++-3d/Period-Poisson-cube-ballon.edp`
- Execute `examples++-3d/Poisson-cube-ballon.edp`
- Execute `examples++-3d/Poisson.edp`
- Execute `examples++-3d/Poisson3d.edp`
- Execute `examples++-3d/Stokes.edp`
- Execute `examples++-3d/convect-3d.edp`
- Execute `examples++-3d/cube-period.edp`
- Execute `examples++-3d/first.edp`
- Execute `examples++-3d/refinesphere.edp`
- Execute `examples++-3d/sphere2.edp`

Quelques exemples avec PLUGIN

- Execute `examples++-load/metis.edp`
- Execute `examples++-load/LaplaceP4.edp`
- Execute `examples++-load/NSP2BRP0.edp`
- Execute `examples++-load/SuperLU.edp`
- Execute `examples++-load/bilapMorley.edp`
- Execute `examples++-load/buildlayermesh.edp`
- Execute `examples++-load/checkglumeshcube.edp`
- Execute `examples++-load/glumesh3D.edp`
- Execute `examples++-load/plot-fb-P4dc.edp`
- Execute `examples++-load/ppm2rnm.edp`
- Execute `examples++-load/provadxw.edp`
- Execute `examples++-load/refinesphere.edp`
- Execute `examples++-load/tetgencube.edp`
- Execute `examples++-load/tetgenholeregion.edp`
- Execute `examples++-load/tetgenholeregion_rugby.edp`

Quelques exemples 2D

- Execute Chesapeake/Chesapeake-mesh.edp
- Execute Chesapeake/Chesapeake-flow.edp
- Execute BlackScholes2D.edp
- Execute Poisson-mesh-adap.edp
- Execute Micro-wave.edp
- Execute wafer-heating-laser-axi.edp
- Execute nl-elast-neo-Hookean.edp
- Execute Stokes-eigen.edp
- Execute fluid-Struct-with-Adapt.edp
- Execute optim-control.edp
- Execute VI-2-membrane-adap.edp

Exemple 3D //

Execute `examples++-mpi/schwarz-3.edp`

Diffusion des résultats / Colloque

Montreal , Juin 2008 deuxième congrès canada-france <http://www.cms.math.ca/Reunions/ete08>

Venice, juil. 2008 Colloque ECCOMAS <http://www.iacm-eccomascongress2008.org/>

Seville, juil. 2008 Cours FF++ à l'université de Seville (4 jours)

Valladolid, sep 2008 Ecole Franco Espagnole JL Lions <http://hermite.mac.cie.uva.es/ehf2008frances/index.html>

Setif, Oct. 2008 Atelier de Simulation Numerique (O. Pantz) <http://www.cmap.polytechnique.fr/spip.php?article239>

Jyvaskyla, mars 2009 http://www.mit.jyu.fi/scoma/MD02009/poster_mdo_SC.pdf

Helsinki, Juin 2009 Finite element Fair <http://math.tkk.fi/numericsyear/fefair/>

PAU, Juin 2009 MAMERN 09 <http://lma.univ-pau.fr/meet/mamern09/>

Seville, juil. 2009 Cours FF++ à l'université de Seville (4 jours)

Ecriture de Papier (dans le désordre) utilisant FreeFem++ avec C. Bernardi, T. Chacon, R. Lewandowski, R. Verfürth, Y. Achou, O. Pironneau, Z. Belhachmi, H. Le Dret, A. Blouza, J. Periaux, J. Leskinen,

Participation au CEMARS 2009 S. Zhiqiang (biological flows) , et au CEMARS 2008 R. Kuate (Adaptation de de Maillage pour E.F. P2,P3)

Il y a 66 inscrits à ce jour, de 11 nationalités différentes

Monday 14 september: short course and tutorial

08h45 - 09h00 Welcome

09h00 - 10h30 Introductory course: (O. Pironneau)

Finite element, Linear problems, mesh generation,
result visualization, times depend problems.

10h30 - 11h00 tea++coffee break++

11h00- 12h30 Some freefem++ tools: (F. Hecht)

Mesh adaptation, variational form, matrix computation,
solving non linear problems and unsteady state problems.

12h30 - 14h00 Lunch

14h00 - 18h00 FreeFem++ Tutorial, on users own laptops: (Supervised by F. Hecht)

- installation of FreeFem++ from the web
- solving a basic problem with FreeFem++
- a minimal surface problem
- Solving incompressible Navier-Stokes equations using a Newton Method
- Solving 2D problem suggested by the users (Please send your basic example)
- tea++coffee break++

computer configuration's: Mac OsX : 10.4 or better,

Linux : Debian, ubuntu, but not too old.

Windows : XP or Vista

Recent development in freefem++ (ANR FF2a3)

09h00

The new Finite Elements (F. Hecht)

The 3d mesh tools: tetgen, buildlayers, ... (J. Morice)

The parallel Linear solver interfaced with FreeFem++ (G.Atenekeng / J.Morice)

10h30 tea++coffee break++

11h

- Visualization (F. Hecht / A. Le Hyaric)

- Presentation of the 2D/3D applications developed by the ANR ff2a3 project team:
biological flows, flows around a fish net, shape optimization.

- Ongoing work on FreeFem++ (F. Hecht)

12h30 Lunch

14h00 Short communication on applications of FreeFem++

The program will be announced at the beginning of the workshop.

++ tea,coffee break

++ open discussion : "On the future of FreeFem++"

information: authors interested in giving a presentation are invited to submit
brief abstract in pdf format by e-mail to Frederic.Hecht@umpc.fr

18h00 FIN.

Le travail sur FreeFem++ hors ANR

- . Un Financement de Thèse (S. Auliac) sur L'Optimisation de forme et le calcul parallèle. Le but est double :
 - Utiliser les outils de la différentiation automatique pour faire de l'optimisation de forme (calcul de gradient) et pour construire automatiquement des schémas de résolution non linéaire.
 - Utiliser le calcul parallèle massif pour accélérer des calculs. Les outils de parallélisation seront les méthodes de décomposition de domaine et les algorithmes optimisations stochastiques.
- . Ecriture d'un visualisateur en VTK (A. Le Hyaric , IR CNRS/LJLL)
- . Appliquer FreeFem++ à des écoulements hydrodynamiques (Séville Espagne)
- . JYU (Jyvaskyla, Finlande) coopération in MDO
- . Insertion de quadrangle dans FreeFem++ (CMAP)

Les petits soucis

- Problème de démarrage avec 5/6 mois de retard.
- Problème de Fractionnement du budget
 - ↳ Peu d'argent pour les missions en 2009.
- Problème de la gestion Enseignement / Recherche / ANR (FH)
 - ↳ manque de temps
- ...

Travail de Jacques Morice

1. Etude bibliographique
 - (a) Mailleur 3D libre : netgen, tetgen, gmsh, ...
 - (b) Librairie de différents solveur directe parallèles libre : SuperLU_DIST, MUMPS, pastix, hypre, hips, pARMS
2. Implementation et tests
 - (a) Mailleur 3D :
 - Fonctionnalités simple sur un maillage 3D
 - Implémentation d'un mailleur par couche
 - Interface avec la librairie tetgen
 - Lecture du format de fichier de sortie du mailleur 3D netgen (interface faible)
 - Exemple de test utilisant ces fonctionnalités dans Freefem++ (cf documentation)
 - (b) Solveur parallèle
 - Interface avec le solveur directe parallele : SuperLU_DIST, MUMPS, pastix
 - comparaison de ces differents solveurs parallèles sur l'équation de Laplace et de Stokes.
3. Condition Inf-sup pour l'équation de Stokes
4. Documentation
 - (a) Rédaction dans la documentation des différentes fonctionnalité rajouter dans Freefem++ : Interface avec les différents mailleurs et solveurs parallèle.
 - (b) Rédaction de l'utilisation des différents mailleur et solveur parallèle directes dans la documentation de Freefem++ avec exemples.
 - (c) Rédaction d'une Fiche d'installation des différents solveur parallèle directes et itératifs (page web).

Travail de Cédric Ody

1. Etude bibliographique

- (a) Interaction fluide structure d'une membrane poreuse dans un écoulement (filet de pêche plus spécifiquement).
- (b) Méthodes de résolution numérique des équations de Navier-Stokes (projection, uzawa, picard).
- (c) Elements finis et formulation variationnelle

2. Implémentation et programmation

- (a) Tests interaction fluide-structure, échange code C++ G. Pichot - Freefem.
- (b) Algorithmes 2D et 3D pour simulation écoulements turbulents avec freefem (projection, uzawa, picard, deconvolution, modele k).
- (c) Cas d'étude - cylindre 2D, marche descendante, cavité entraînée par un vent de surface
- (d) Tests pour le calcul de la forme de gouttes
- (e) Scripts bash pour étude de paramètres

3. Documentation web

Quelques exemples d'utilisation de freefem ont été rédigés et sont disponibles sur le site web de l'ANR.

Travail de Guy ATENEKENG

L'objectif étant alors de pouvoir faire fonctionner FreeFem++ sur les ordinateurs distribués. Le premier point était de joindre des solveurs linéaires parallèles du domaine publiques à FreeFem++. Nous avons pour cela interfacé les solveurs directs parallèle comme SuperLu_dist et MUMPS. Pour ce qui est des méthodes itératives, nous avons choisi les solveurs qui mettent en œuvre des méthodes de Krylov comme CG (Conjuguate Gradient) et GMRES (General Minimun RESidual) et aussi plusieurs préconditionneurs comme les factorisations incomplètes parallèles dans HIPS, les préconditionneurs de type décomposition de domaine dans pARMS et enfin les préconditionneurs de type multigrille dans HYPRE. A l'état actuel de FreeFem++, un utilisateur a la possibilité de choisir l'un de ces solveurs parallèles au moment de la résolution du système linéaire déduit de la discrétisation de l'équation aux dérivés partielles.

Sur un deuxième point nous avons doté FreeFem++ d'un langage d'expression du parallélisme en s'appuyant sur MPI . Ainsi dans FreeFem++ il est possible de réaliser les opérations communications(bloquantes et non bloquantes) de MPI, les opérations globales de MPI. Il est aussi possible de diviser le communicateur MPI, socle de communication sur MPI en sous communicateur. L'intérêt de ce deuxième point est de donner aux spécialistes des techniques de décomposition de domaine un outil leur permettant d'exprimer simplement leurs différents algorithmes.

Dans la suite, nous comptons doter FreeFem++ des structures de données parallèles comme des matrices parallèles, des vecteurs parallèles. Pour celà, il faudra au préalable réaliser une interface de FreeFem++ avec les outils de partitionnement de maillage comme METIS .