

ANR MAIDESC

-

Industrialisation des maillages fortement anisotrope de GAMMA dans le logiciel CFD ANANAS

Olivier ALLAIN

LEMMA

9 avril 2014



1 Adaptation de maillage

- Métriques
- Point fixe instationnaire
- Écoulements bifluïdes

2 Résultats numériques

- Écoulement viscoplastique
- Barrage 3D

1 Adaptation de maillage

- Métriques
- Point fixe instationnaire
- Écoulements bifluïdes

2 Résultats numériques

- Écoulement viscoplastique
- Barrage 3D

Contexte

- ▶ Maillage 3D anisotrope
- ▶ Simulation CFD instationnaires bifluides

Techniques utilisées

- ▶ Adaptation de maillage automatique basée sur la notion de métriques
- ▶ Contrôle optimal de la précision par les métriques continues L^p ,
- ▶ Intersection de métriques pour contrôler la précision des différentes variables et solutions évoluant au cours du temps,
- ▶ Algorithme de point fixe instationnaire
- ▶ Métrique spécifique basée sur la Level Set pour les problèmes bifluides

Plan de la présentation

1 Adaptation de maillage

- Métriques
- Point fixe instationnaire
- Écoulements bifluïdes

2 Résultats numériques

- Écoulement viscoplastique
- Barrage 3D

Le concept de métriques continues

- ▶ Modèle local d'erreur basé sur l'erreur d'interpolation

$$e_{\mathcal{M}}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n h_i^2(\mathbf{x}) \left| \frac{\partial^2 u}{\partial \alpha_i^2} \right|(\mathbf{x}),$$

avec : α_i : direction principale du hessien de la solution u .

- ▶ Recherche du maillage optimal pour contrôler cette erreur
- ▶ Minimisation de manière globale en norme L^p

$$\min_{\mathcal{M}} \mathcal{E}(\mathcal{M}) = \min_{\mathcal{M}} \int_{\Omega} (e_{\mathcal{M}}(\mathbf{x}))^p d\Omega = \min_{h_i} \int_{\Omega} \left(\sum_{i=1}^n h_i^2 \left| \frac{\partial^2 u}{\partial \alpha_i^2} \right| \right)^p d\Omega,$$

$$C(\mathcal{M}) = \int_{\Omega} \prod_{i=1}^n \frac{1}{h_i}(\mathbf{x}) d\Omega = \int_{\Omega} d(\mathbf{x}) d\Omega = N.$$

Le concept de métriques continues

► Métrique optimale

$$\mathcal{M}_{opt,L^p} = \underbrace{N^{\frac{2}{n}} \left(\int_{\Omega} |\det(\mathcal{H}_u)|^{\frac{p}{2p+n}} \right)^{-\frac{2}{n}}}_{(1)} \underbrace{\left(|\det(\mathcal{H}_u)| \right)^{-\frac{1}{2p+n}}}_{(2)} \underbrace{\mathcal{R}_u^{-1}}_{(3)} \underbrace{|\Lambda|}_{(4)} \mathcal{R}_u,$$

avec :

(1)	: terme de normalisation globale,
(2)	: terme de normalisation locale,
(3)	: vecteurs propres de $\mathcal{H}_u$,
(4)	: valeurs absolues des valeurs propres de $\mathcal{H}_u$.

En pratique

- ▶ Spécification de l'erreur ε ,
- ▶ Calcul du nombre de points nécessaire pour respecter l'erreur ε :

$$N_\varepsilon = \left(\frac{\varepsilon}{n}\right)^{-\frac{n}{2}} \left(\int_{\Omega} |\det(\mathcal{H}_u)|^{\frac{p}{2p+n}}\right)^{\frac{2p+n}{p^2}},$$

- ▶ Calcul de la métrique optimale $\mathcal{M}_{opt,L^p}$

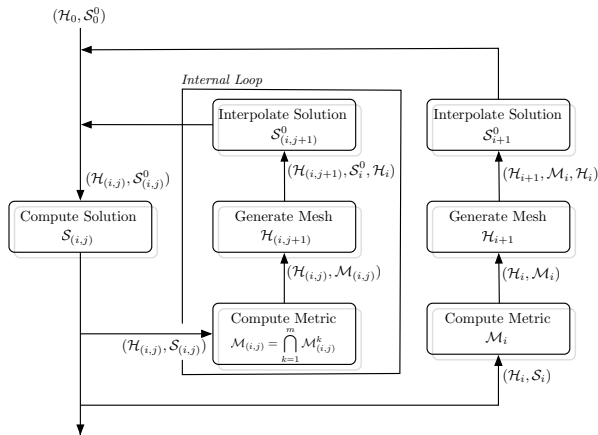
1 Adaptation de maillage

- Métriques
- Point fixe instationnaire
- Écoulements bifluïdes

2 Résultats numériques

- Écoulement viscoplastique
- Barrage 3D

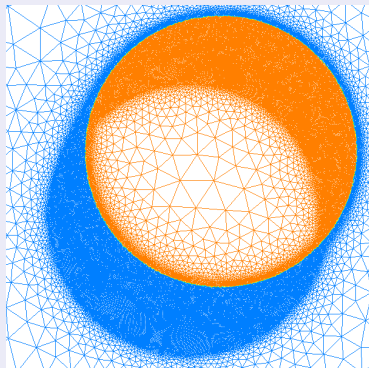
Point fixe instationnaire



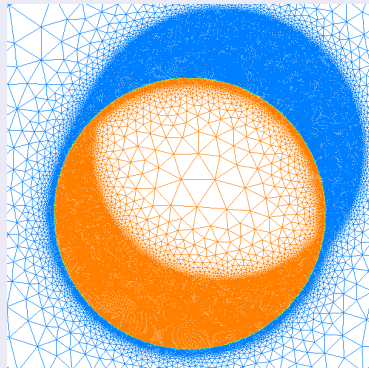
Couple maillage/solution convergé en temps et en espace
sur une décomposition grossière de la durée totale de la
simulation

Propagation d'un cercle 2D

Exemple d'intersection de métriques en temps



Solution à t_i



Solution à t_{i+1}

1 Adaptation de maillage

- Métriques
- Point fixe instationnaire
- Écoulements bifluïdes

2 Résultats numériques

- Écoulement viscoplastique
- Barrage 3D

Adaptation de maillage pour les interfaces

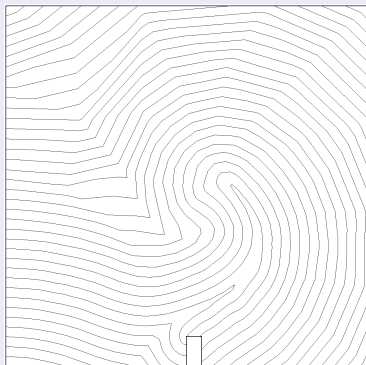
- ▶ Métrique basée sur le hessien de la densité épaissie
- ▶ Métrique Level Set

Prise en compte de la dynamique des fluides

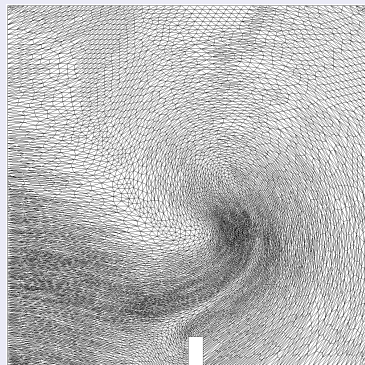
- ▶ Adaptation sur le hessien de la vitesse
- ▶ Adaptation sur le hessien de la quantité de mouvement

⇒ Intersection des deux métriques obtenues

Définition d'une métrique pour les iso-lignes

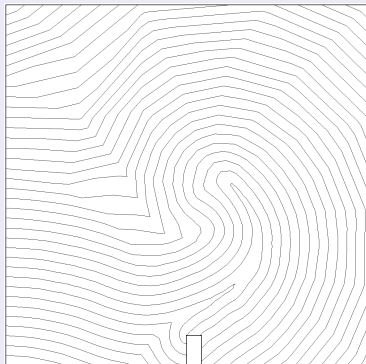


Iso-lignes

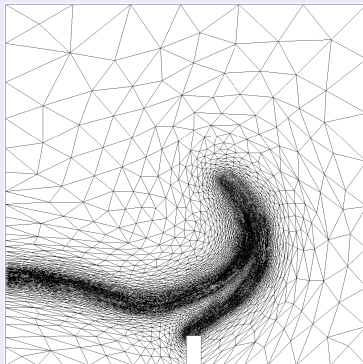


Maillage

Définition d'une métrique pour le niveau 0 de la Level Set



Iso-lignes



Maillage

Plan de la présentation

1 Adaptation de maillage

- Métriques
- Point fixe instationnaire
- Écoulements bifluïdes

2 Résultats numériques

- Écoulement viscoplastique
- Barrage 3D

Plan de la présentation

1 Adaptation de maillage

- Métriques
- Point fixe instationnaire
- Écoulements bifluïdes

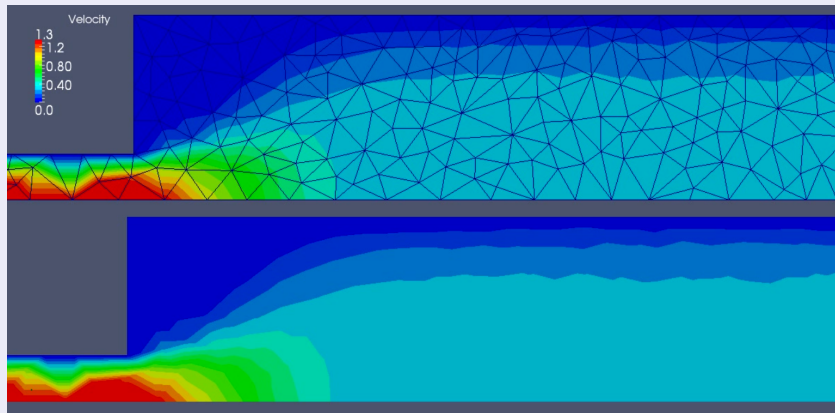
2 Résultats numériques

- Écoulement viscoplastique
- Barrage 3D

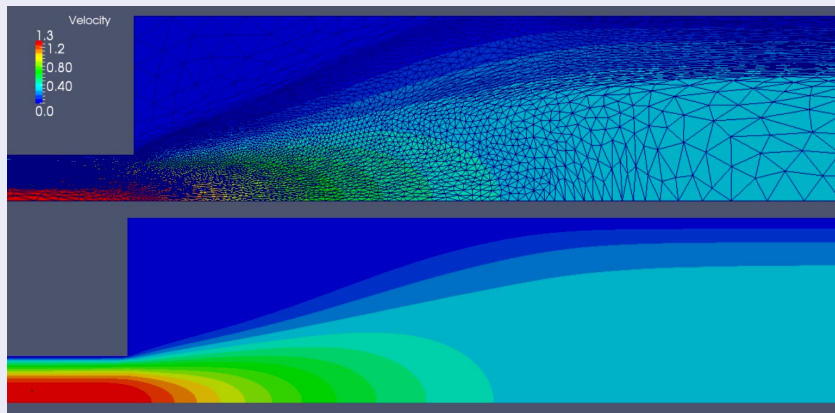
Caractéristiques

- ▶ Écoulement rhéologique complexe
- ▶ 3D stationnaire
- ▶ Adaptation sur la vitesse
- ▶ Maillage anisotrope (généré par FEFLO)

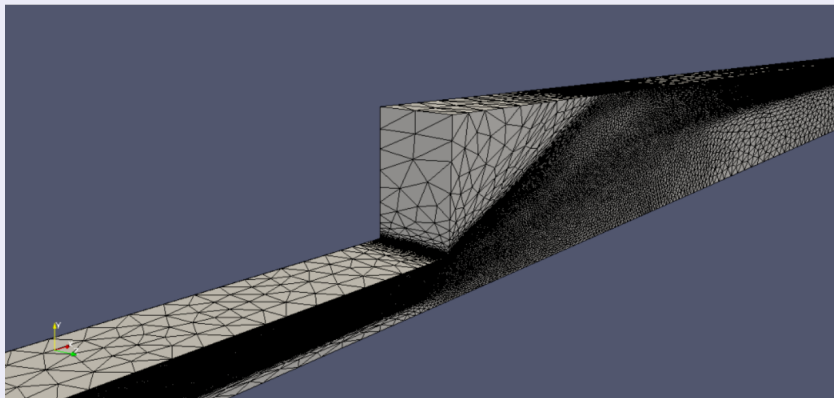
Vitesse / Maillage sans adaptation



Vitesse / Maillage à convergence



Maillage



Plan de la présentation

1 Adaptation de maillage

- Métriques
- Point fixe instationnaire
- Écoulements bifluïdes

2 Résultats numériques

- Écoulement viscoplastique
- Barrage 3D

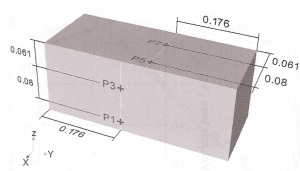
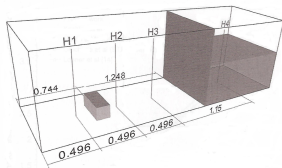
Impact d'une colonne d'eau 3D sur un obstacle

Intérêt du test

- ▶ Géométrie et conditions limites simples
- ▶ Données expérimentales du Maritime Research Institute Netherlands (MARIN) et résultats numériques récents : Kleesman *et al.* (2005), Elias *et al.* (2007)

Évolution de l'écoulement (phases de complexité $\neq$)

- ▶ Impact sur l'obstacle, puis déferlements
- ▶ Retour à l'équilibre

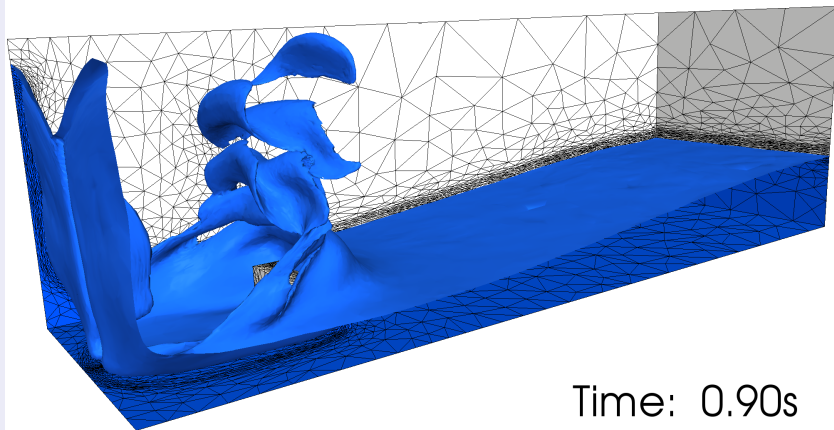


Caractéristiques

- ▶ Écoulement bifluides non visqueux
- ▶ 3D instationnaire
- ▶ Adaptation sur la Level Set
- ▶ Maillage anisotrope (généré par FEFLO)
- ▶ Simulation parallèle (4 processeurs sur poste de travail)
- ▶ Temps CPU : 1j
- ▶ Temps physique : 15s

Impact d'une colonne d'eau 3D sur un obstacle

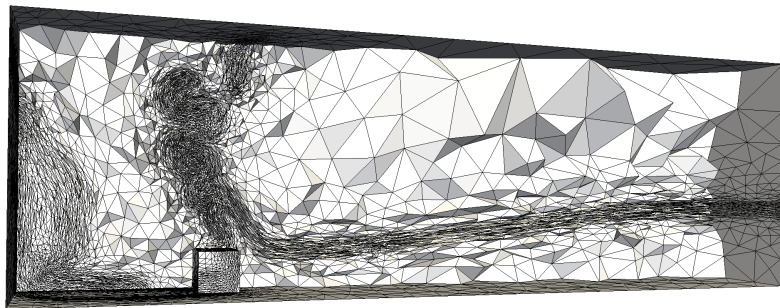
Interface / Maillage



Time: 0.90s

Impact d'une colonne d'eau 3D sur un obstacle

Maillage (rapport max d'anisotropie ≈ 50)



Time: 0.90s

Impact d'une colonne d'eau 3D sur un obstacle

Évolution de la complexité du maillage

► min = 4 543 pts max = 328 944 pts moy = 62 863 pts

