Projet de physique Numérique - Allée de Von Karman

Simulation python

Cadiou Corentin Petit Antoine

Janvier 2014

Table of Contents

Mise en place de la simulation
- Point de départ
- Incorporation du problème
- BFECC
- L'obstacle qui bouge

Résultats de la simulation
- La propulsion

Point de départ

Code initial : simulation d'une cellule de Rayleigh-Benard.
Schéma d'advection :

- advection 1/2 lagrangienne -¿ diffusion (u,v) ;
- advection 1/2 lagrangienne -¿ diffusion (T) ;

Point de départ

Premières modifications :

- suppression de la température ;

Point de départ

Premières modifications :

- suppression de la température ;
- modification des conditions aux limites :

Point de départ

Premières modifications :

- suppression de la température ;
- modification des conditions aux limites :
  - haut et bas :

$$\left.\frac{\partial u}{\partial y}\right|_{y=0,H} = \left.\frac{\partial v}{\partial y}\right|_{y=0,H} = 0$$

Point de départ

Premières modifications :

- suppression de la température ;
- modification des conditions aux limites :
  - haut et bas :
  $$\left.\frac{\partial u}{\partial y}\right|_{y=0,H} = \left.\frac{\partial v}{\partial y}\right|_{y=0,H} = 0$$
  - droite :
  $$\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=W} = \left.\frac{\partial v}{\partial y}\right|_{y=W} = 0$$

Point de départ

Premières modifications :

- suppression de la température ;
- modification des conditions aux limites :
  - haut et bas :
  $$\left.\frac{\partial u}{\partial y}\right|_{y=0,H} = \left.\frac{\partial v}{\partial y}\right|_{y=0,H} = 0$$
  - droite :
  $$\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=W} = \left.\frac{\partial v}{\partial y}\right|_{y=W} = 0$$
  - gauche :
  $$\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=0} = u_0 \qquad \left.\frac{\partial v}{\partial x}\right|_{x=0} = 0$$

Table of Contents

Mise en place de la simulation
- Point de départ
- Incorporation du problème
- BFECC
- L'obstacle qui bouge

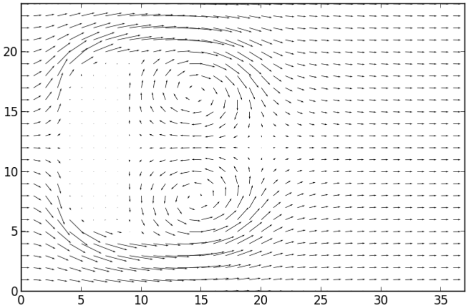
Résultats de la simulation
- La propulsion

Obstacle

Pour commencer, nous avons imposé un obstacle fixe (noté $\mathcal{O}$) :

$$\forall (x,y) \in \mathcal{O} : u(x,y) = v(x,y) = 0$$

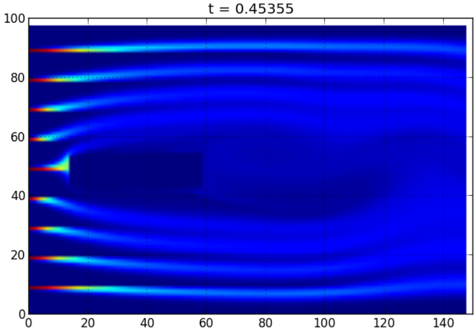
On visualisait en regardant le champ de vitesse ...



Traceurs

…avant de remplacer cet affichage par la visualisation de traceurs, c'est-à-dire un champ supplémentaire noté T advecté et passif tel que :

$$\forall n \in \mathbb{Z} \quad T(0, n\Delta, t > 0) = 1$$
$$\forall (x, y) \quad T(x, y, 0) = 0$$



Traceurs “derrière”

Idée : l'obstacle impose $\forall (x, y) \in \mathcal{O} : T^n(x, y) = 0$ et on met initialement $\forall (x, y) \notin \mathcal{O} : T^0 = 1$.

Table of Contents

Mise en place de la simulation
- Point de départ
- Incorporation du problème
- BFECC
- L'obstacle qui bouge

Résultats de la simulation
- La propulsion

Back and Forth Error Compensation and Correct

On effectue les pas suivants pour un champ scalaire $X^n(x, y)$, un champ de vitesse $\vec{v}$ et un opérateur d'advection $A(\vec{v}, X)$:

$$X_1 = A(\vec{v}, X^n) \tag{1}$$

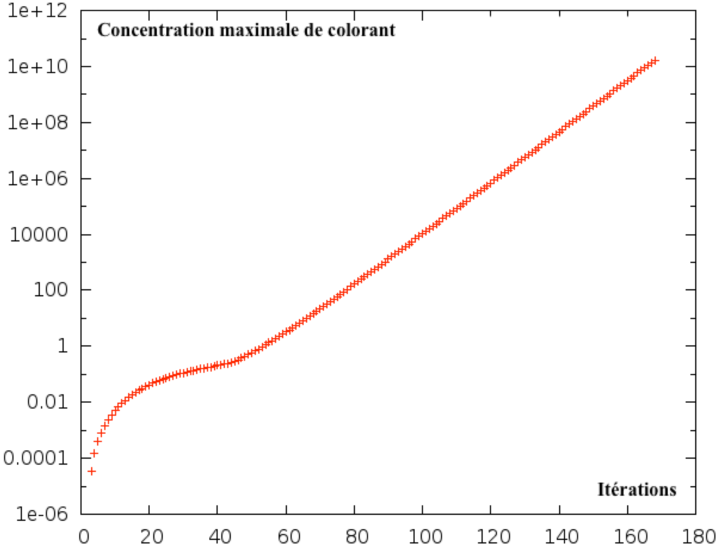
$$X_2 = A(-\vec{v}, X_1) \tag{2}$$

$$X^{n+1} = A(\vec{v}, X - \alpha(X^n - X_2)) \tag{3}$$

Dans la littérature, $\alpha = \frac{1}{2}$.

BFECC instable

Dans nos conditions (pas de diffusion physique, haut Reynolds) : BFECC instable



Solution : diminuer α

Si on diminue α, la diffusion numérique augmente :

Table of Contents

Mise en place de la simulation
- Point de départ
- Incorporation du problème
- BFECC
- L'obstacle qui bouge

Résultats de la simulation
- La propulsion

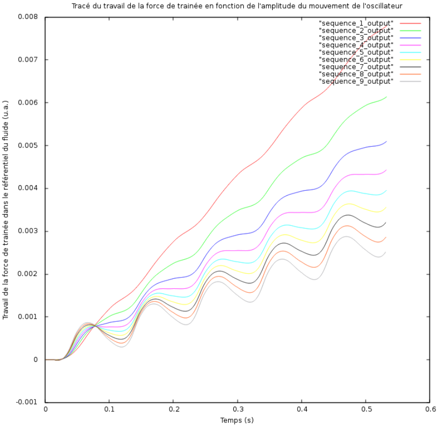
Table of Contents

Mise en place de la simulation
- Point de départ
- Incorporation du problème
- BFECC
- L'obstacle qui bouge

Résultats de la simulation
- La propulsion

L'effet de l'amplitude d'oscillation

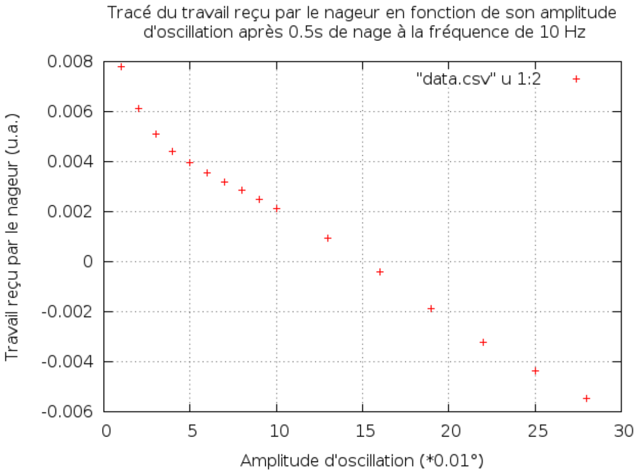
On fait varier l'amplitude d'oscillation



Travail de la force de traînée pour une amplitude entre 0,01 ° et 0,09 ° à une fréquence de 10 Hz.

L'effet de l'amplitude d'oscillation

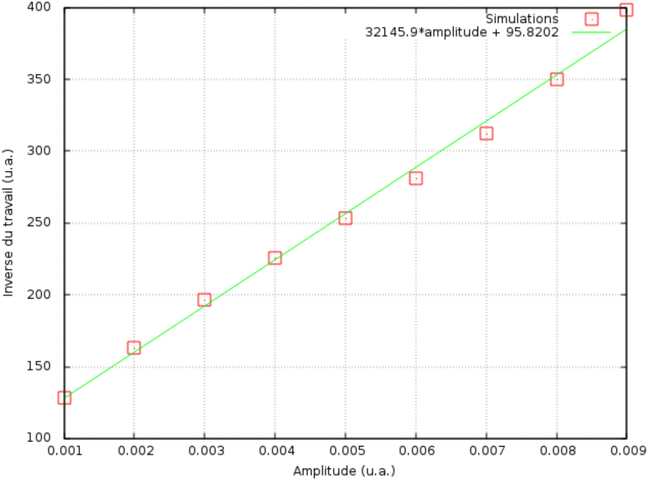
Sur une plus grande plage d'amplitudes, la traînée devient motrice



Travail de la traînée au bout de 2000 itérations

Interpolation

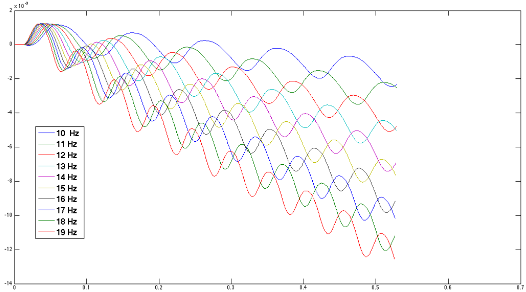
On remarque que pour $\theta_0 < 0,01$, $W_t \propto \theta_0^{-1}$



Régression linéaire de W_t^{-1} en fonction de θ_0

L'effet de la fréquence d'oscillation

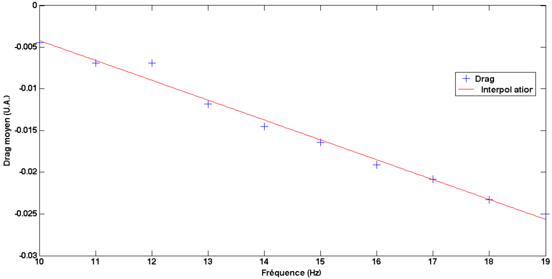
On fait varier la fréquence d'oscillation



Travail de la force de traînée pour une fréquence entre 10 Hz et 20 Hz à une amplitude de 0,02°.

Interpolation

On interpole la force de traînée moyenne (pentes des droites d'interpolations des droites précédentes)



La force de traînée est linéaire en fréquence sur la plage étudiée.