

Etude des transferts d'énergie en turbulence MHD pour le
developpement de modèles sous mailles
Atelier Fluide OSUG

Mouloud KESSAR

LEGI/ISTerre

18 *juin* 2012

Objets géophysiques ou astrophysiques : R_e et R_m beaucoup trop grands
Simulations des grandes échelles : grandes échelles résolues, petites modélisées, modèles utilisables pour des codes non spectraux
Problèmes des modèles actuels : l'énergie n'est pas conservée, on s'écarte trop de la réalité
Objectif de la première année de thèse :
Etudier les transferts d'énergies avec différents écoulements, afin de mieux les reproduire

Sommaire

Simulation numérique directe en turbulence MHD

Simulations de grandes échelles et modélisation sous-maille

Bilan d'énergie et séparation d'échelles

Plan

Simulation numérique directe en
turbulence MHD

Simulations de grandes échelles et
modélisation sous-maille

Bilan d'énergie et séparation
d'échelles

Turbulence homogène isotrope forcée, écoulement incompressible.

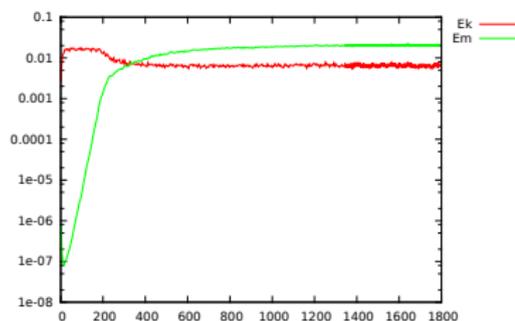
$$\partial_t \mathbf{u} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\nabla p + \mathbf{j} \times \mathbf{b} + \nu \Delta \mathbf{u} + \mathbf{f} \quad (1)$$

$$\partial_t \mathbf{b} = \mathbf{rot}(\mathbf{u} \times \mathbf{b}) + \eta \Delta \mathbf{b} \quad (2)$$

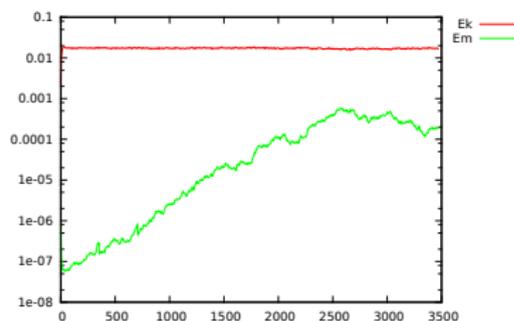
Forçage hélicoïdal : favorise l'hélicité cinétique

Forçage non hélicoïdal : faible hélicité cinétique

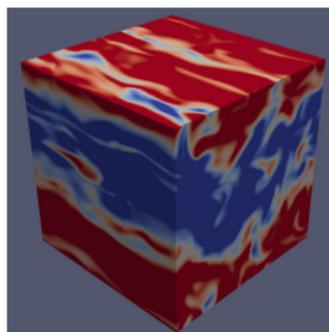
Base de donnée : 128^3 , $Pm = 1$, $Re_\lambda = 20$, $\nu = 0.002$



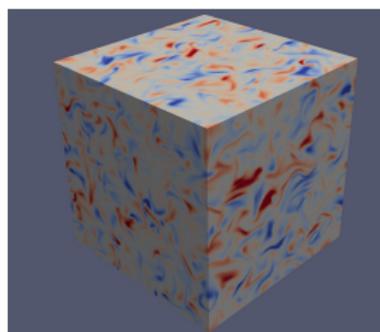
(a) cas hélicoïdal



(b) cas non-hélicoïdal

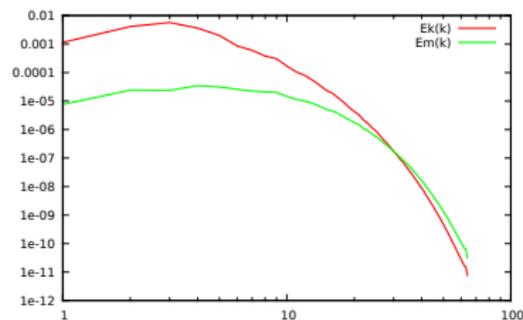
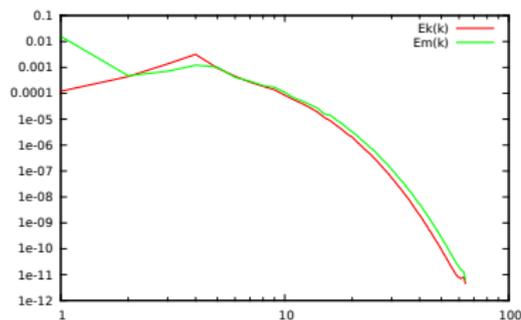


(c) cas hélicoïdal



(d) cas non-hélicoïdal

Champ B occupe la plus grande échelle dans le cas hélicoïdal



Plan

Simulation numérique directe en
turbulence MHD

Simulations de grandes échelles et
modélisation sous-maille

Bilan d'énergie et séparation
d'échelles

$\bar{u}_i = f * u_i$ f : filtre passe bas. largeur du filtre : Δ . Taille de maille : Δ_x

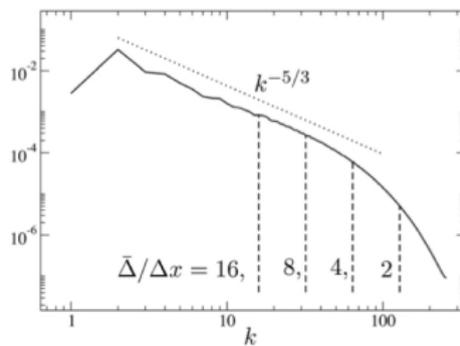
$$\partial_t \bar{u}_i + \bar{u}_j \partial_j \bar{u}_i = -\partial_i \bar{\Pi} + \bar{b}_j \partial_j \bar{b}_i + \nu \partial_j^2 \bar{u}_i - \partial_j (\tau_{ij}^u - \tau_{ij}^b) \quad (3)$$

$$\partial_t \bar{b}_i + \bar{u}_j \partial_j \bar{b}_i = \bar{b}_j \partial_j \bar{u}_i + \eta \partial_j^2 \bar{b}_i - \partial_j \tau_{ij}^{ub} \quad (4)$$

$$\tau_{ij}^u = \overline{u_i u_j} - \bar{u}_i \bar{u}_j \quad (5)$$

$$\tau_{ij}^b = \overline{b_i b_j} - \bar{b}_i \bar{b}_j \quad (6)$$

$$\tau_{ij}^{ub} = \overline{b_i u_j} - \bar{b}_i \bar{u}_j - (\overline{u_i b_j} - \bar{u}_i \bar{b}_j) \quad (7)$$



Plan

Simulation numérique directe en
turbulence MHD

Simulations de grandes échelles et
modélisation sous-maille

Bilan d'énergie et séparation
d'échelles

$$\partial_t E_k^{GE} = T_1 + T_2 + T_3 + \dots \quad (8)$$

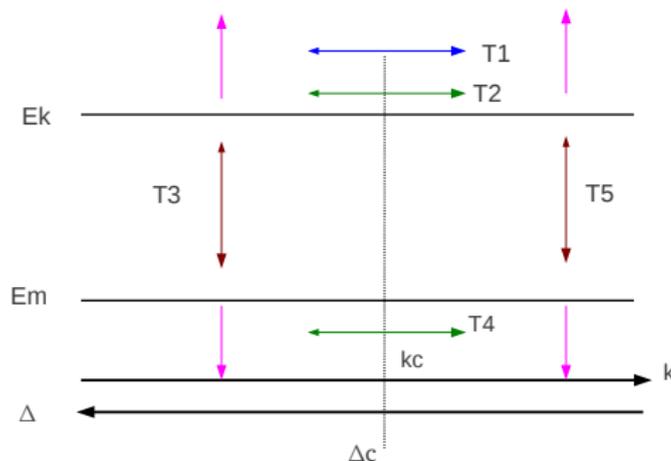
$$\partial_t E_k^{PE} = -T_1 - T_2 + T_5 + \dots \quad (9)$$

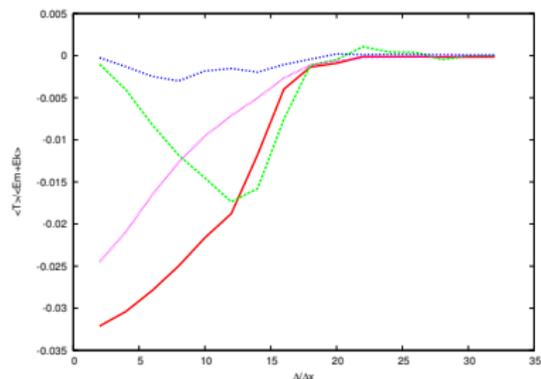
$$\partial_t E_m^{GE} = -T_3 + T_4 + \dots \quad (10)$$

$$\partial_t E_m^{PE} = -T_4 - T_5 + \dots \quad (11)$$

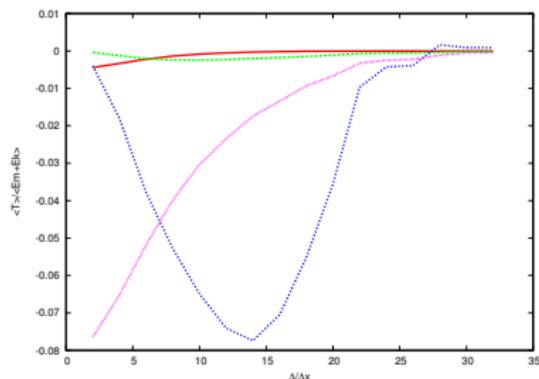
$$E_k = E_k^{GE} + E_k^{PE} \text{ et } E_m = E_m^{GE} + E_m^{PE}$$

$$T_1 \alpha \tau_{ij}^u; T_2 \alpha \tau_{ij}^b; T_4 \alpha \tau_{ij}^{ub}$$



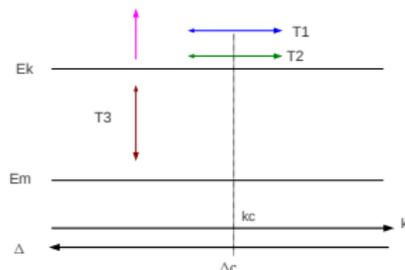


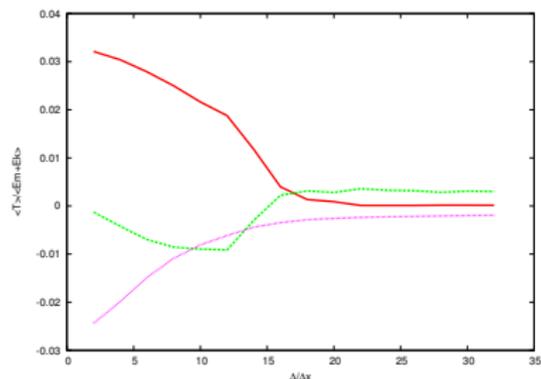
(g) cas hélicoïdal



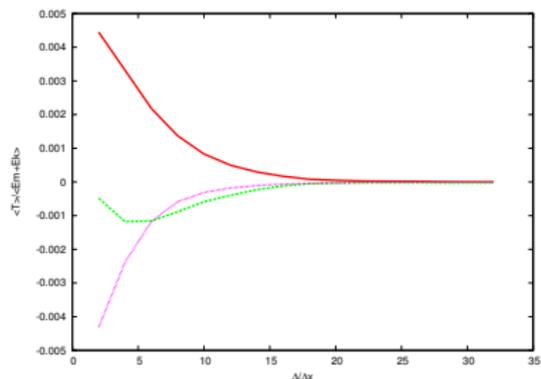
(h) cas non-hélicoïdal

echelle du forçage : $\Delta/\Delta_x = 15$ Comportements de T_1 et T_2 inversé selon les cas \Rightarrow un modèle pour chacun





(i) cas hélicoïdal

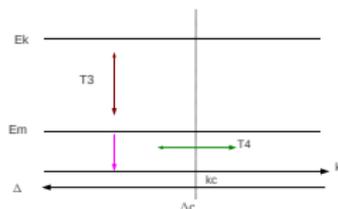


(j) cas non-hélicoïdal

échelle du forçage : $\Delta / \Delta_x = 15$

On retrouve la cascade inverse pour $L > L_{\text{forçage}}$

Transferts directs pour $L < L_{\text{forçage}}$; cascade inverse non modélisée pour τ_{ij}^{ub}



Etudier les performances structurelles des modèles existants
Amélioration des modèles qui peuvent progresser.
Choix des meilleurs candidats pour des LES.
Etude des performances fonctionnelles de ces modèles