

Modélisation physique des erreurs de modèles pour les écoulements fluides géophysiques

Valentin Resseguier, Pierre Dérian, Etienne Mémin, Bertrand Chapron

► **To cite this version:**

Valentin Resseguier, Pierre Dérian, Etienne Mémin, Bertrand Chapron. Modélisation physique des erreurs de modèles pour les écoulements fluides géophysiques. CNA 2018 - Colloque National d'Assimilation de Données, Nov 2016, Grenoble, France. pp.1-12. hal-01891160

HAL Id: hal-01891160

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01891160>

Submitted on 9 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation physique des erreurs de modèles pour les écoulements fluides géophysiques

Valentin Resseguier,
Pierre Dérian,
Etienne Mémin,
Bertrand Chapron

Motivations

- Identifier rigoureusement l'effet de la dynamique sous-maille
- Injecter une dynamique petite échelle plausible
- Etudier les bifurcations et les attracteurs



Projection climatique

- Quantifier les erreurs de modèle



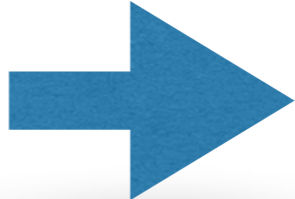
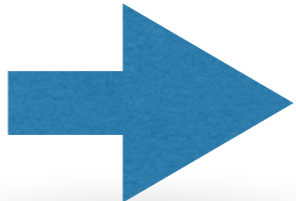


Prévision d'ensemble et assimilation de données

Plan

- Dynamique randomisée
- SQG sous incertitude modérée (SQG MU)
- Lorenz sous incertitude de position

Dynamique randomisée

Introduction d'aléas

- Conditions initiales aléatoires  Sous-dispersif +
Nécessite un large ensemble
- Forçage Gaussien arbitraire  Rajoute de l'énergie +
Mauvaise phase
- Moyennage,
homogénéisation  Problèmes d'hypothèses et
de conservation de l'énergie
- Ajout d'une vitesse
décorrélée en temps  $v = w + \sigma \dot{B}$

Advection d'un traceur Θ

$$\frac{D\Theta}{Dt} = 0$$

$$v = w + \sigma \dot{B}$$

Advection d'un traceur Θ

$$v = w + \sigma \dot{B}$$

Advection d'un traceur Θ

$$\partial_t \Theta + \boldsymbol{w}^* \cdot \nabla \Theta + \sigma \dot{B} \cdot \nabla \Theta = \nabla \cdot \left(\frac{1}{2} \boldsymbol{a} \nabla \Theta \right)$$

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{w} + \sigma \dot{B}$$

Advection d'un traceur Θ

$$\partial_t \Theta + \underbrace{w^* \cdot \nabla \Theta + \sigma \dot{B} \cdot \nabla \Theta}_{\text{Advection}} = \nabla \cdot \left(\frac{1}{2} a \nabla \Theta \right)$$

$$v = w + \sigma \dot{B}$$

Advection d'un traceur Θ

$$\partial_t \Theta + \underbrace{w^* \cdot \nabla \Theta + \sigma \dot{B} \cdot \nabla \Theta}_{\text{Advection}} = \underbrace{\nabla \cdot \left(\frac{1}{2} a \nabla \Theta \right)}_{\text{Diffusion}}$$

$$v = w + \sigma \dot{B}$$

Advection d'un traceur Θ

Advection

$$\partial_t \Theta + w^* \cdot \nabla \Theta + \sigma \dot{B} \cdot \nabla \Theta = \nabla \cdot \left(\frac{1}{2} a \nabla \Theta \right)$$

Diffusion

Correction du drift

$$v = w + \sigma \dot{B}$$

Advection d'un traceur Θ

$$\partial_t \Theta + w^* \cdot \nabla \Theta + \sigma \dot{B} \cdot \nabla \Theta = \nabla \cdot \left(\frac{1}{2} a \nabla \Theta \right)$$

Advection

Diffusion

Correction du drift

Forçage aléatoire multiplicatif

$$v = w + \sigma \dot{B}$$

Advection d'un traceur Θ

$$\partial_t \Theta + w^* \cdot \nabla \Theta + \sigma \dot{B} \cdot \nabla \Theta = \nabla \cdot \left(\frac{1}{2} a \nabla \Theta \right)$$

Advection

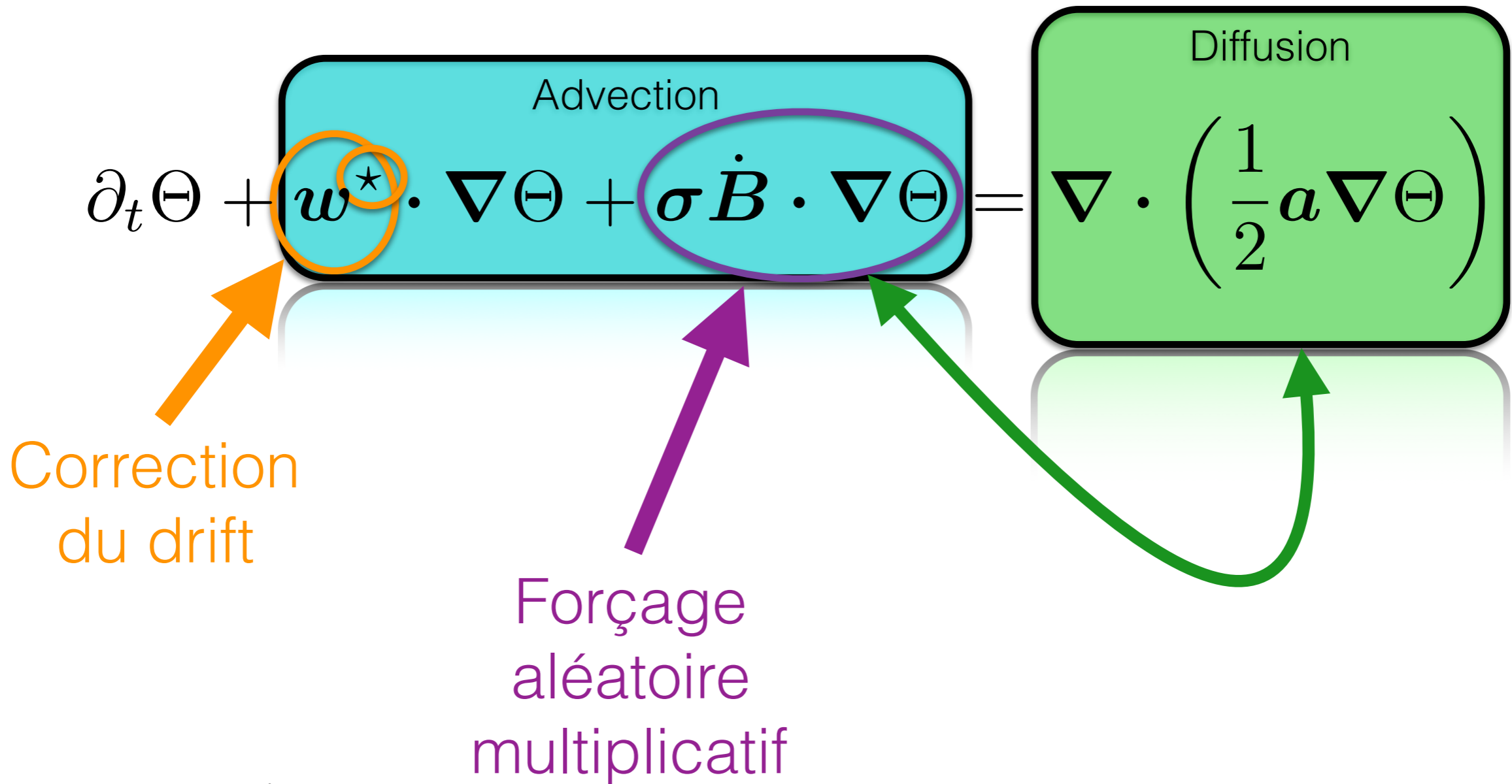
Diffusion

Correction du drift

Forçage aléatoire multiplicatif

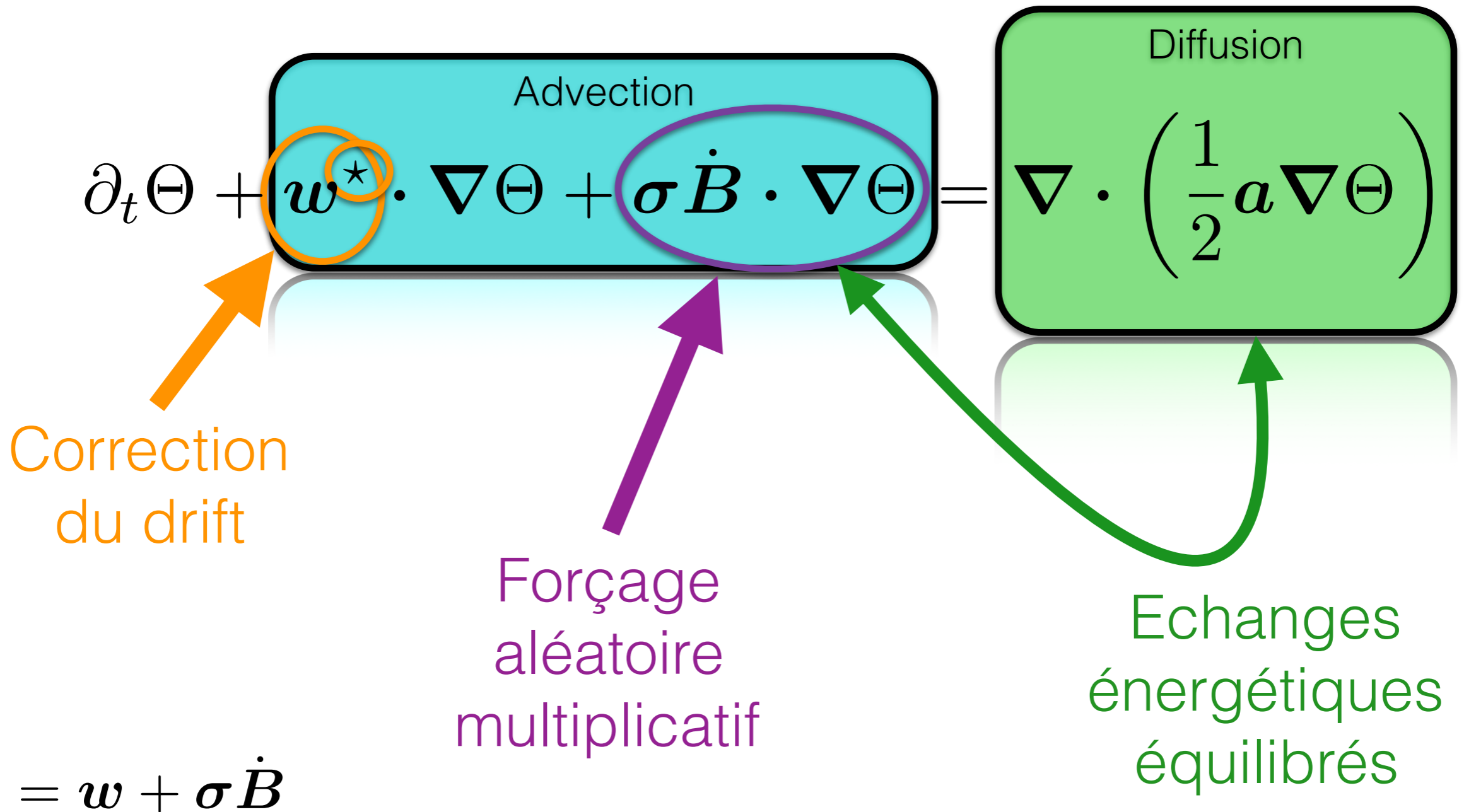
$$v = w + \sigma \dot{B}$$

Advection d'un traceur Θ

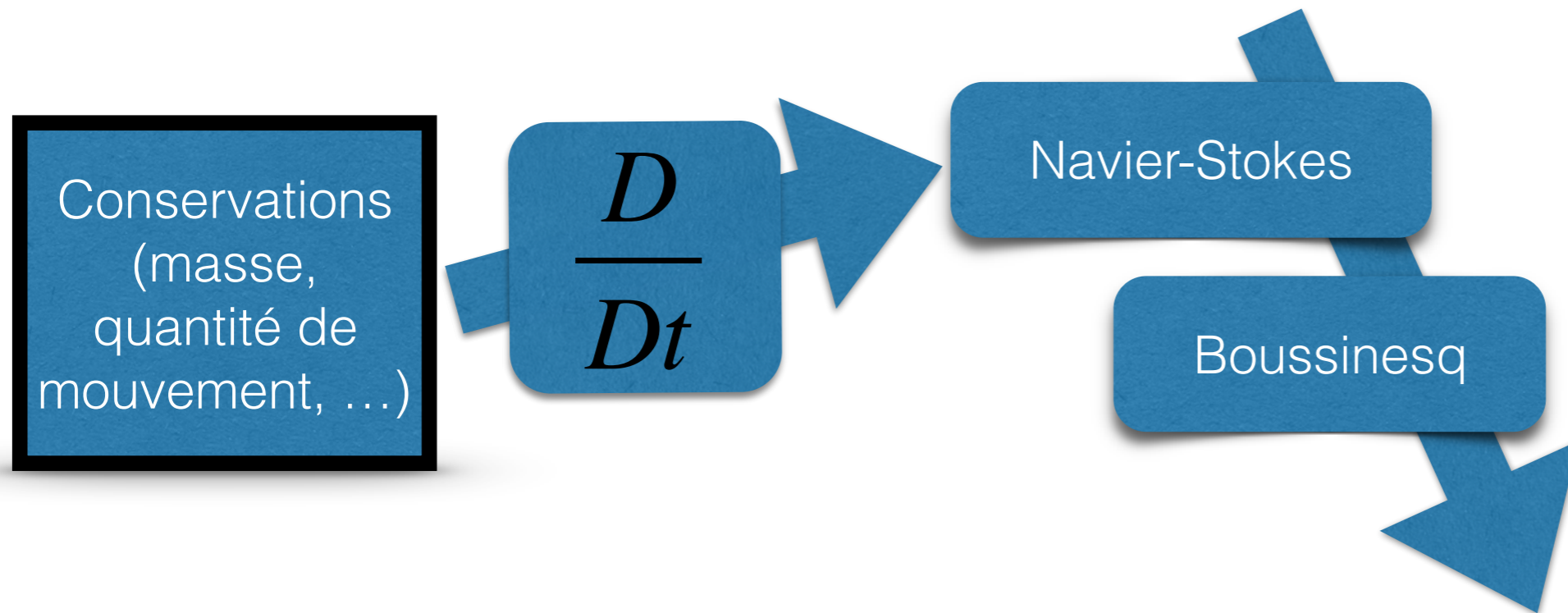


$$v = w + \sigma \dot{B}$$

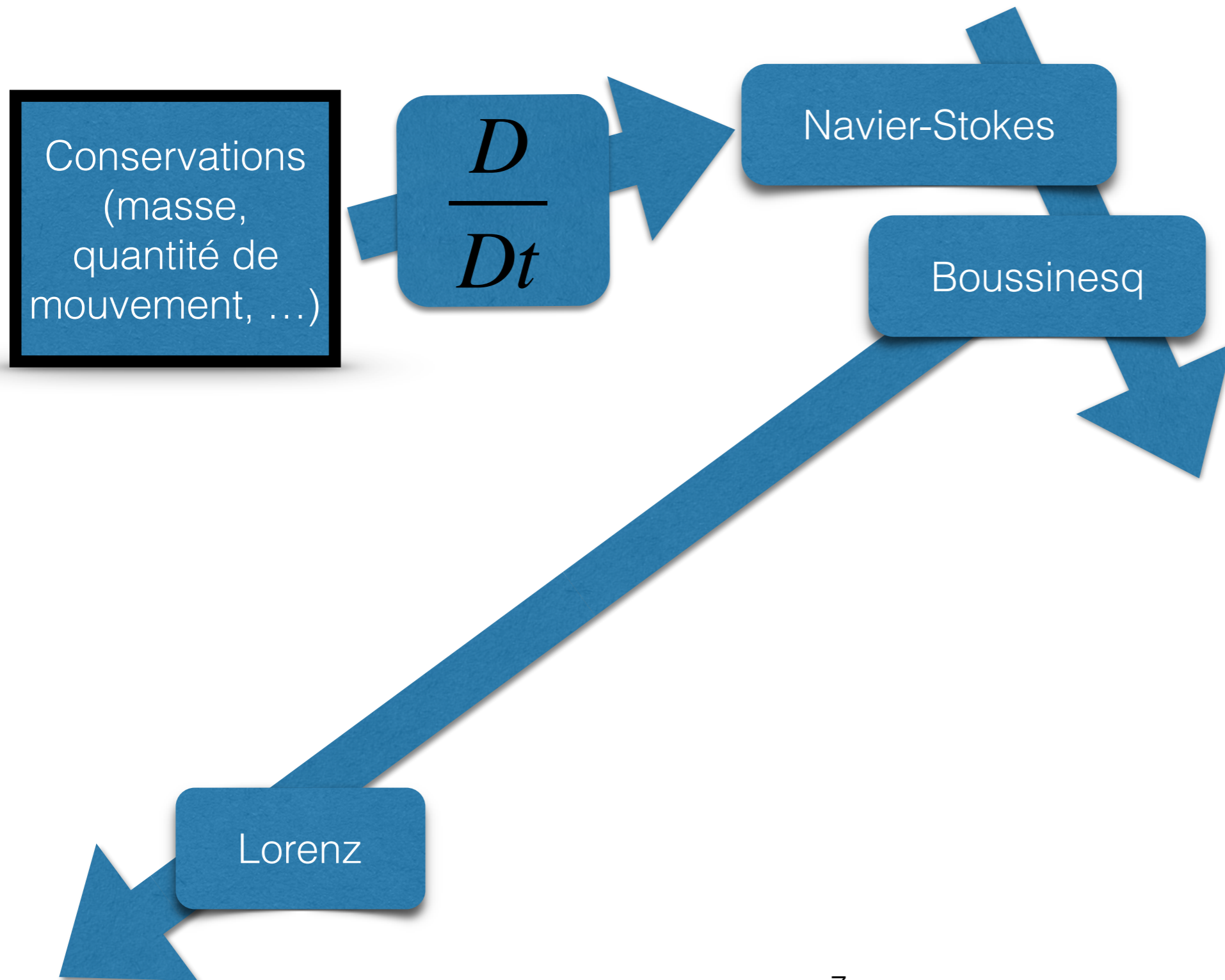
Advection d'un traceur Θ



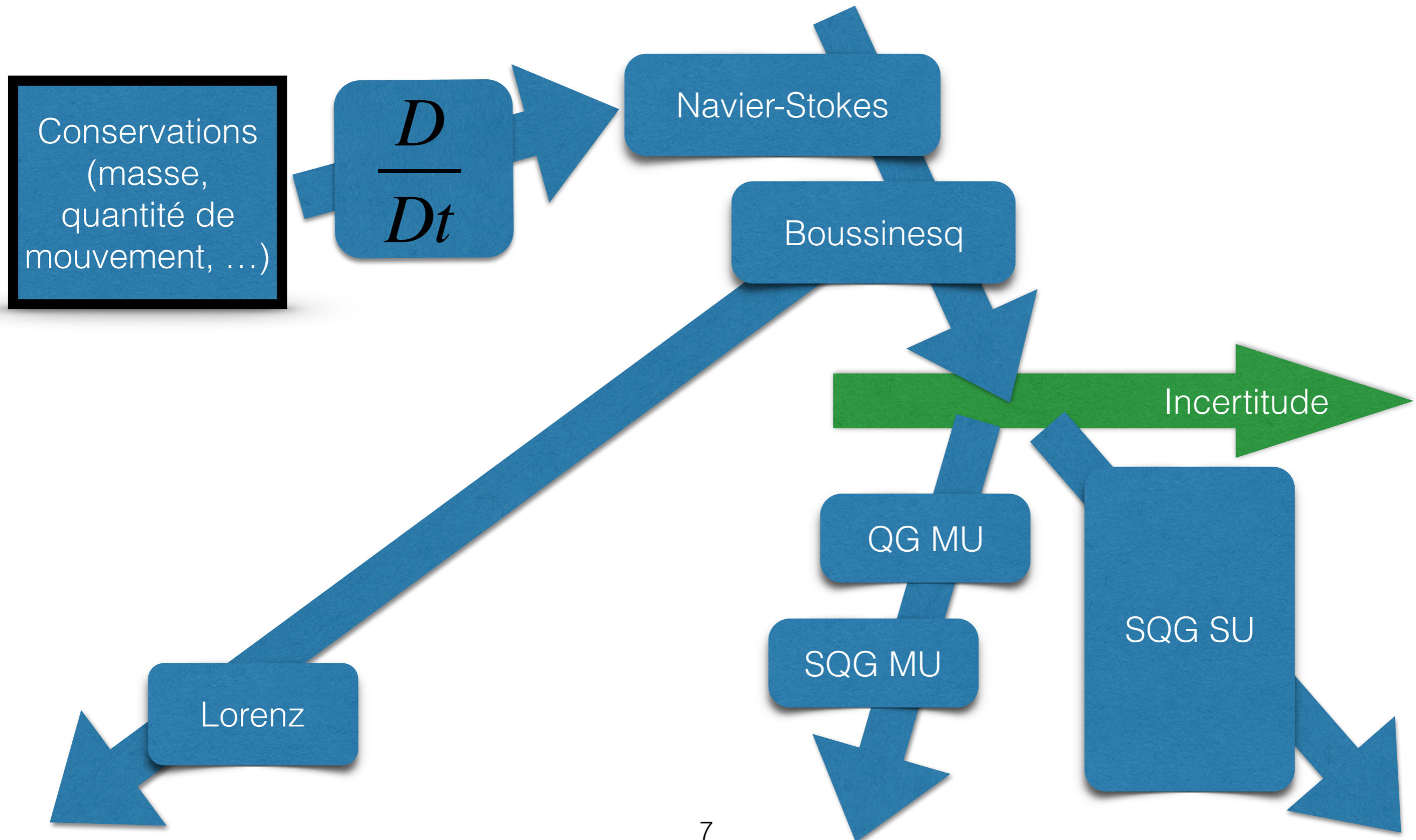
Modèles aléatoires dérivés



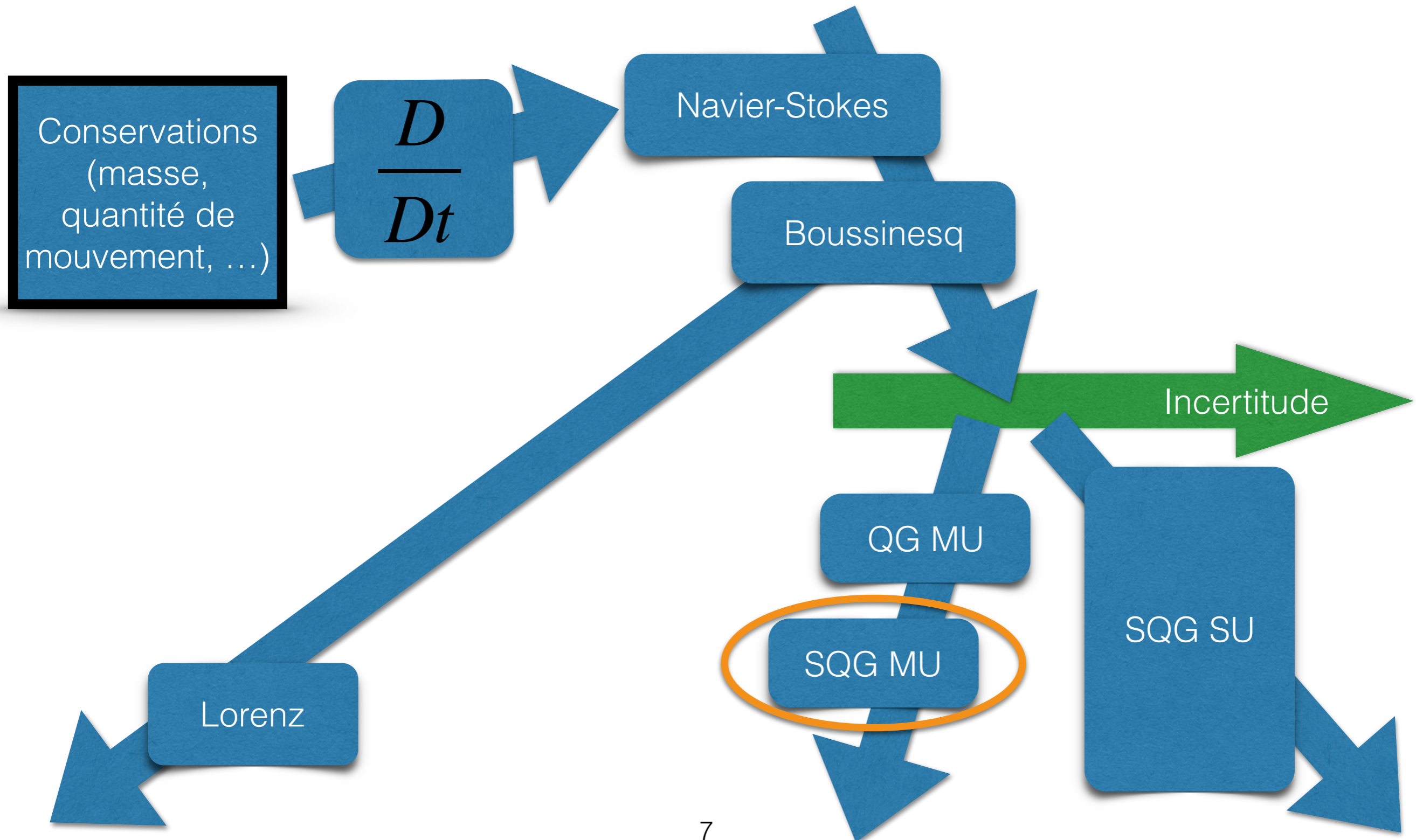
Modèles aléatoires dérivés



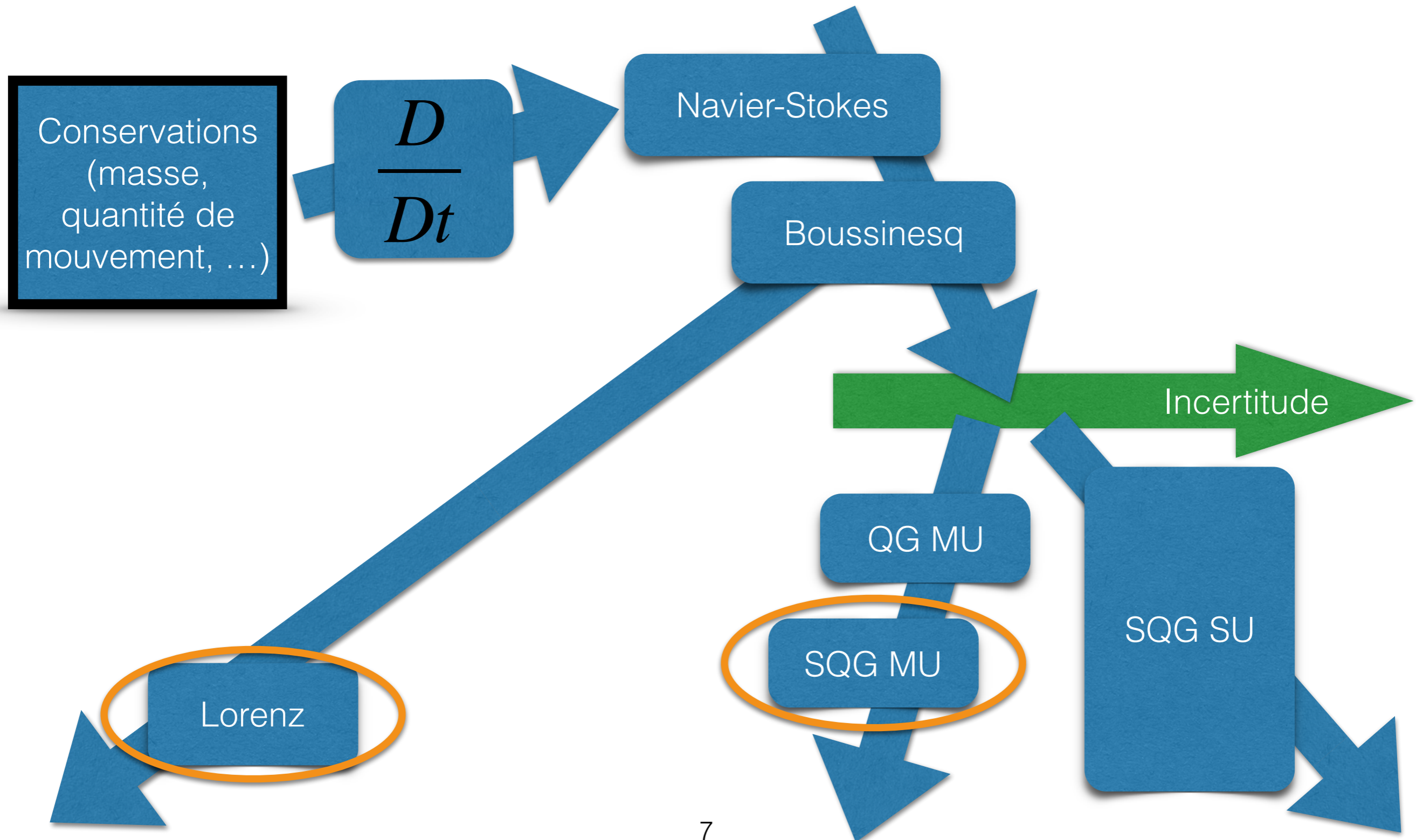
Modèles aléatoires dérivés



Modèles aléatoires dérivés



Modèles aléatoires dérivés



SQG sous incertitude modérée

SQG MU

Code disponible en ligne

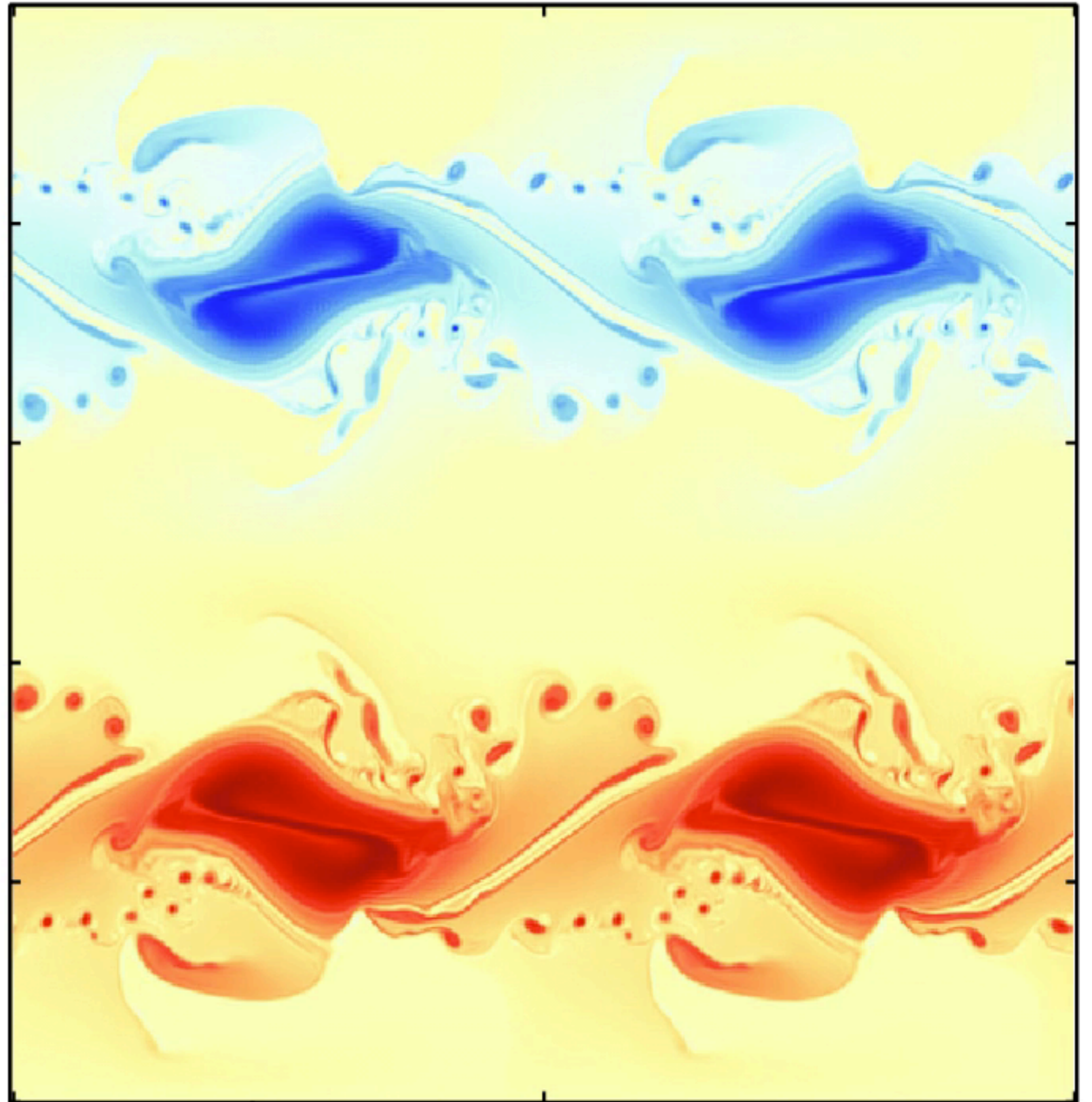
$t = 17$ days

Simulation de
référence:

SQG

déterministe

512 x 512



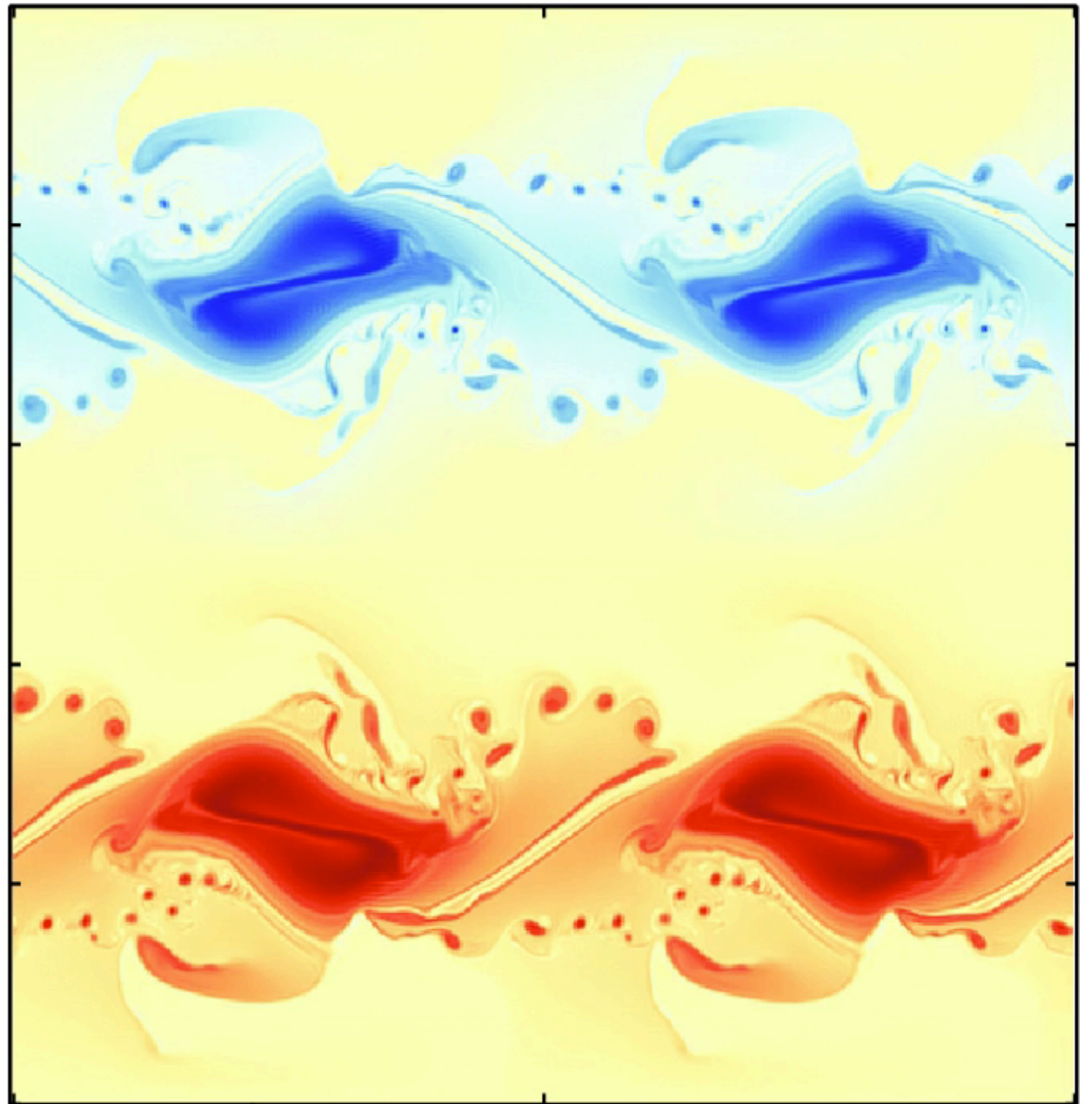
$t = 17$ days

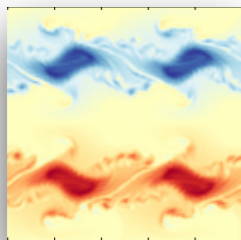
Simulation de
référence:

SQG

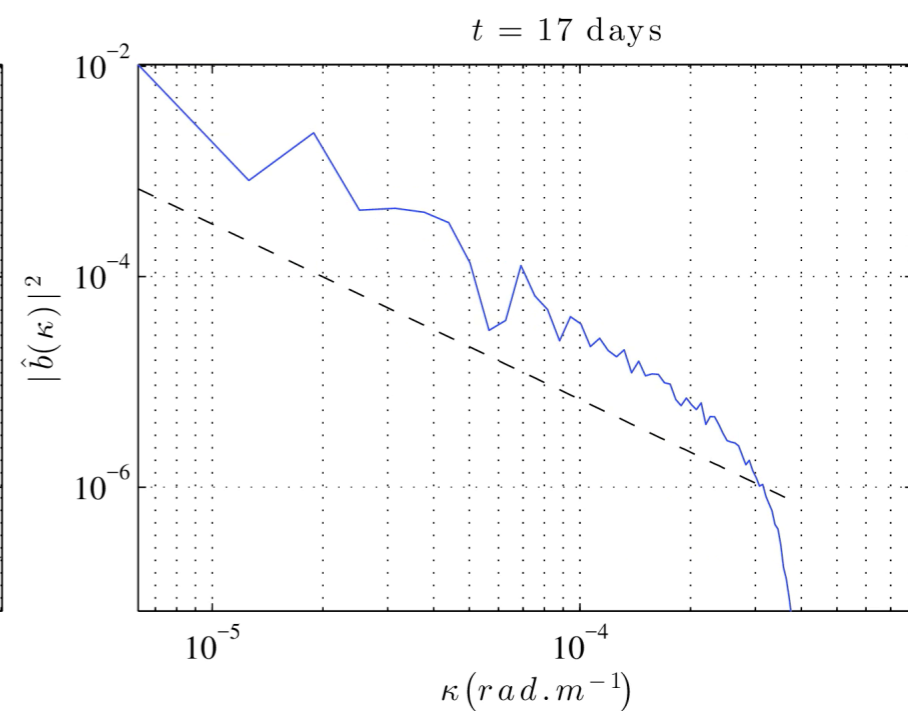
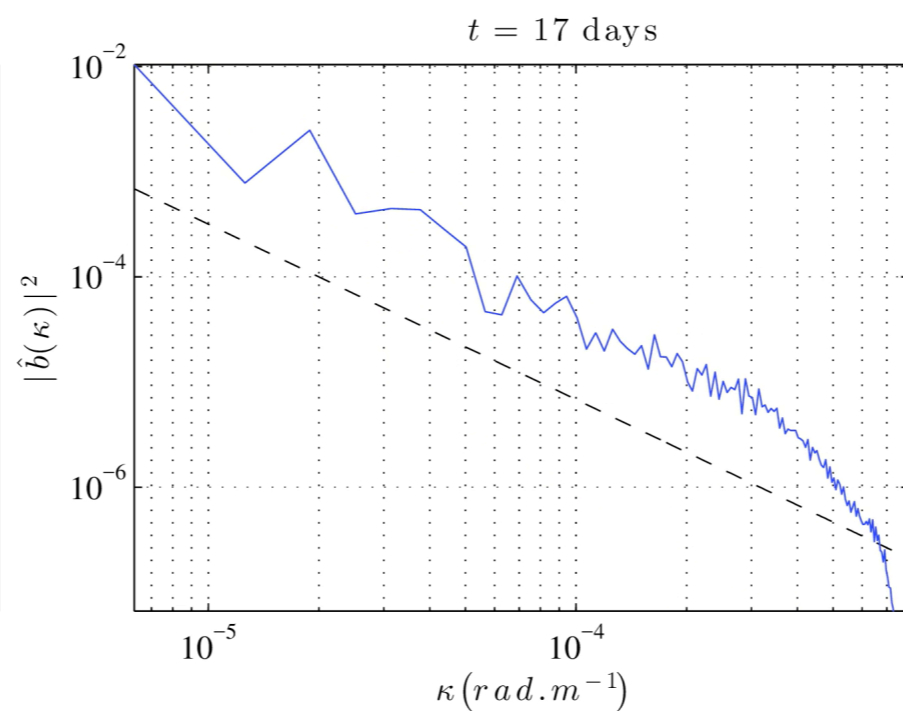
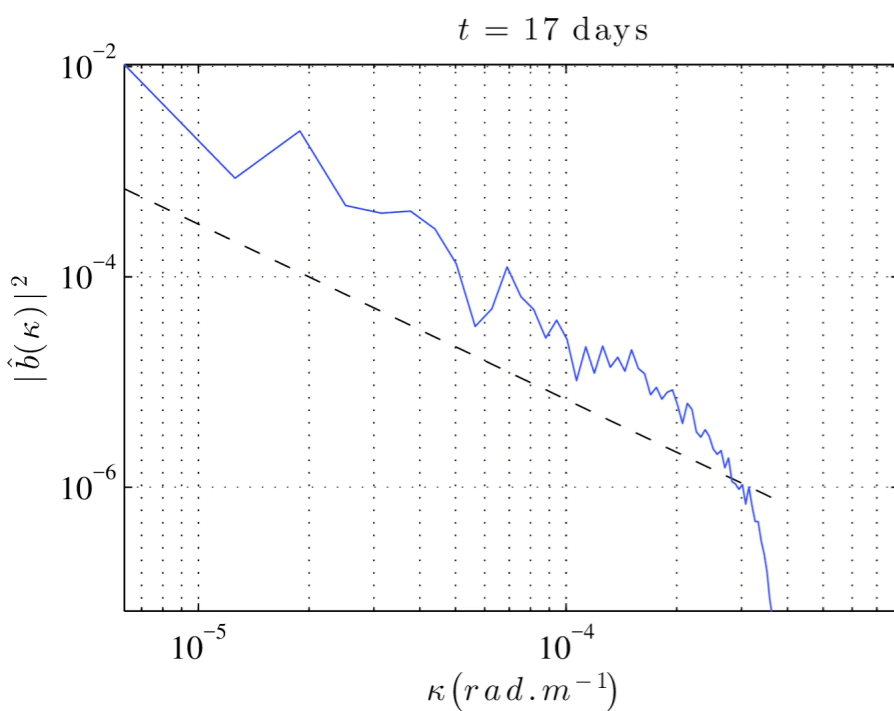
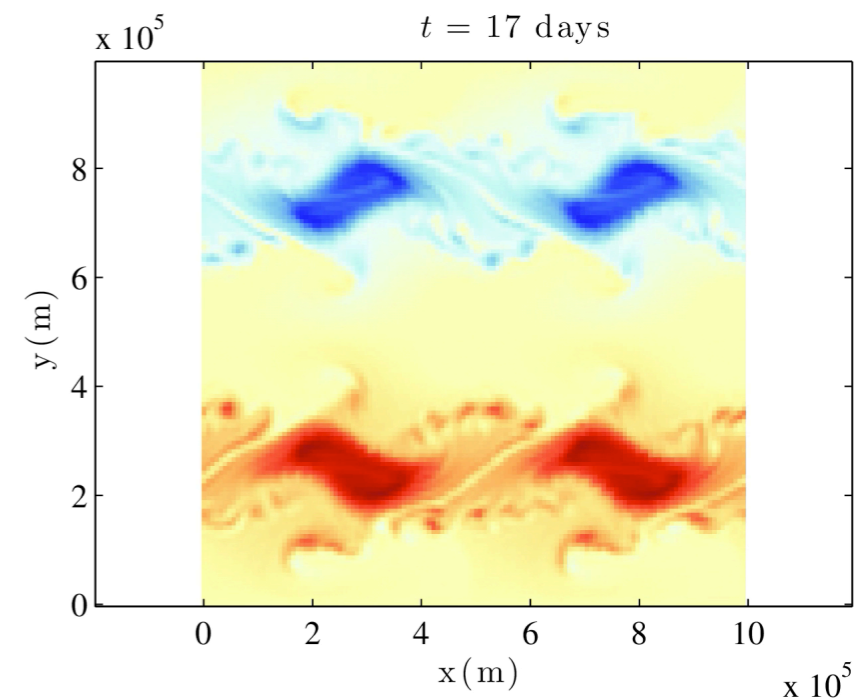
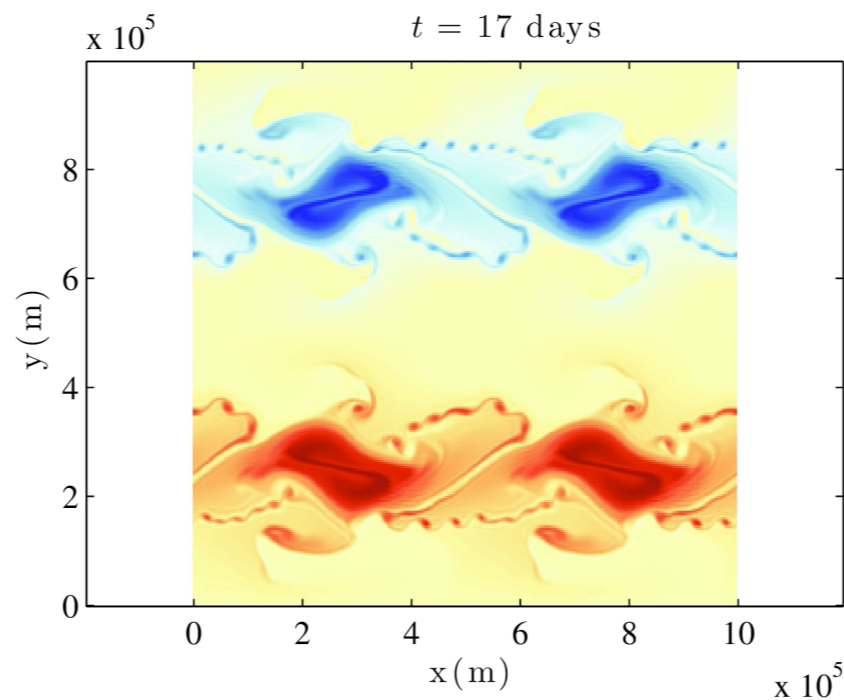
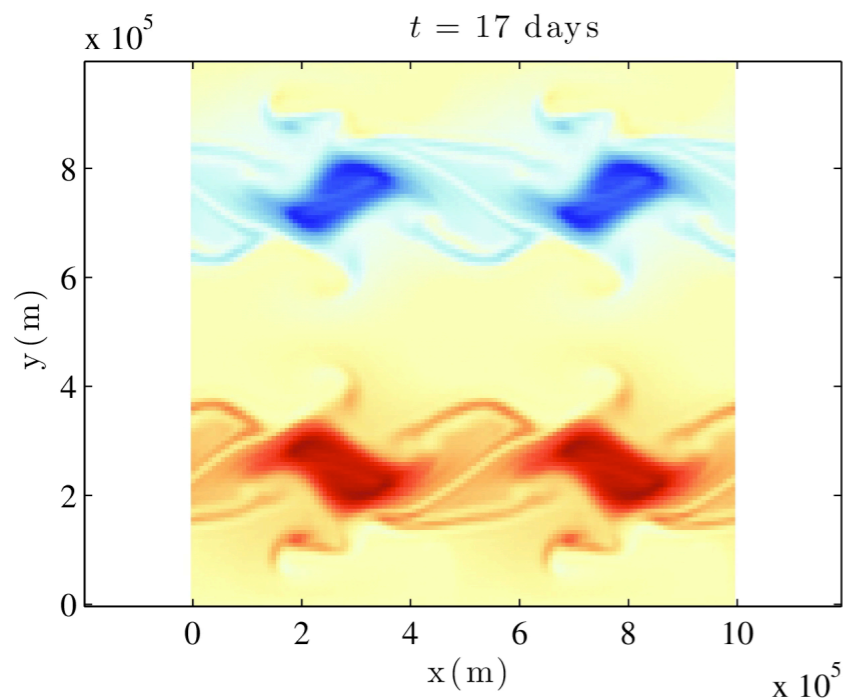
déterministe

512 x 512





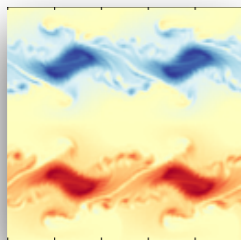
Une réalisation



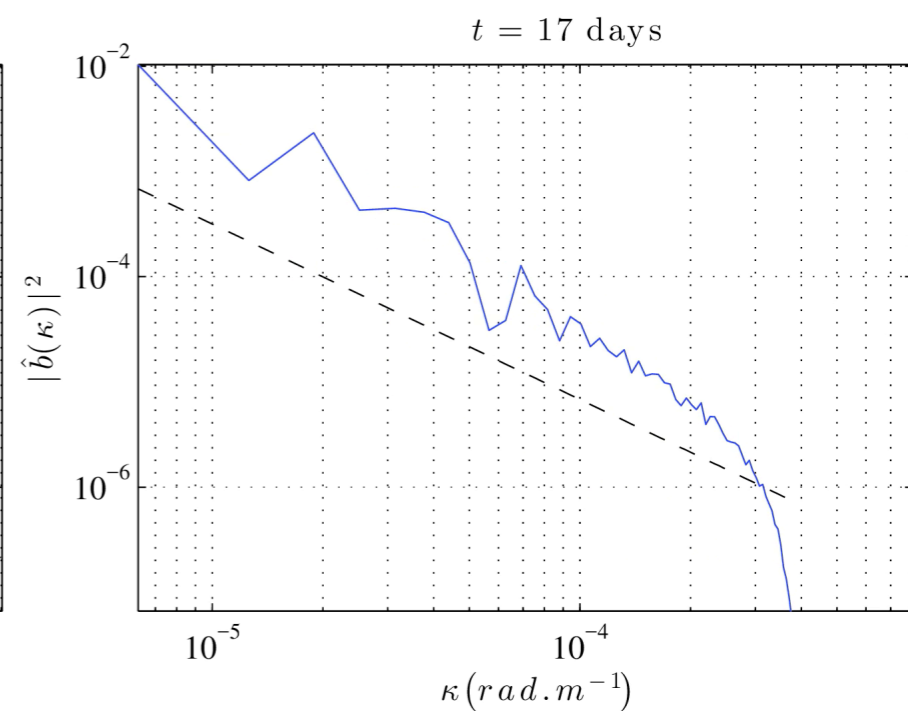
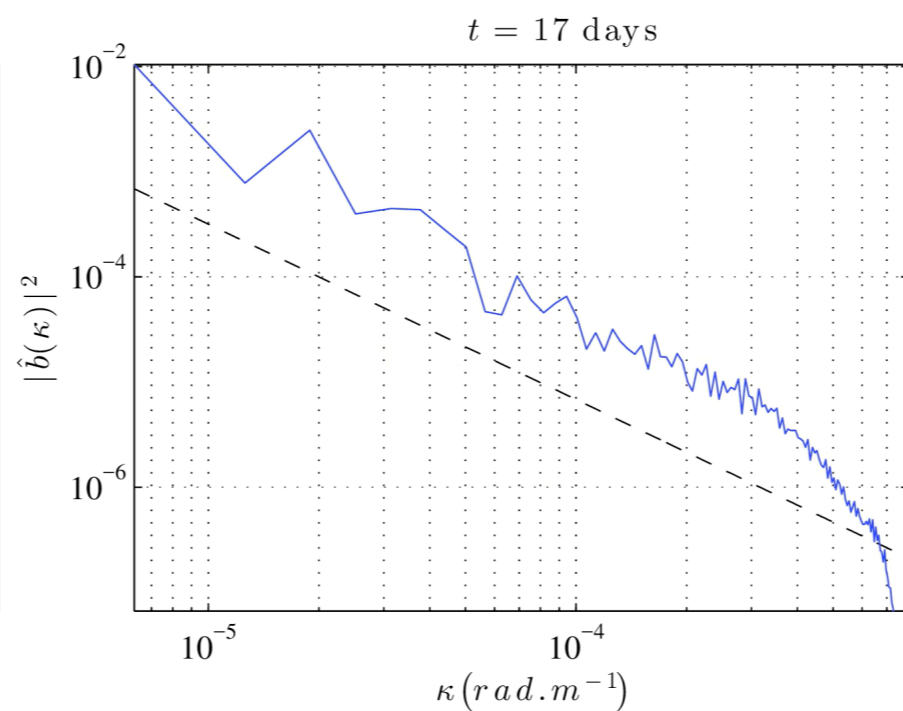
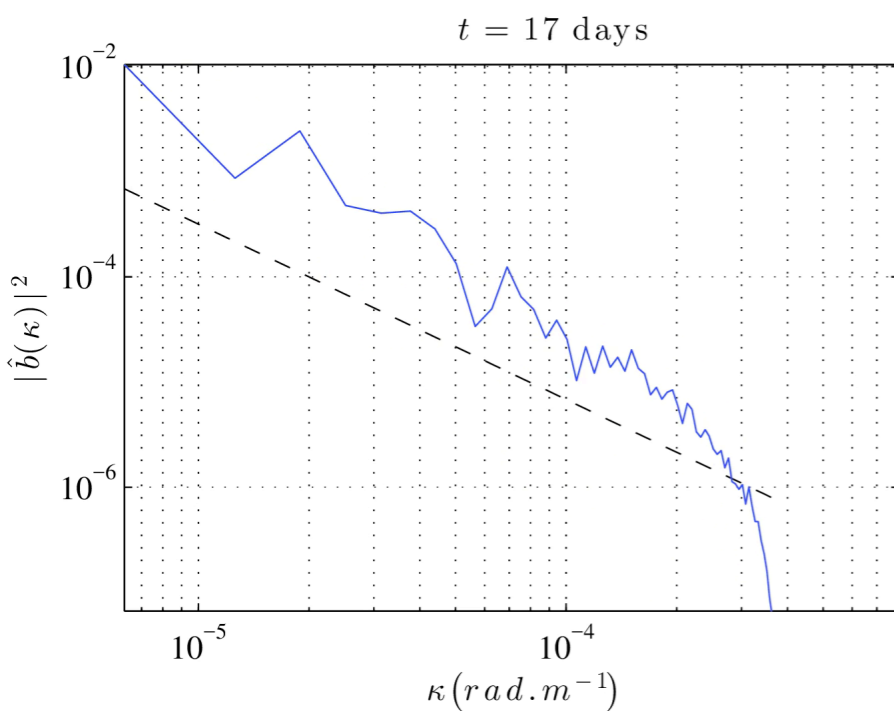
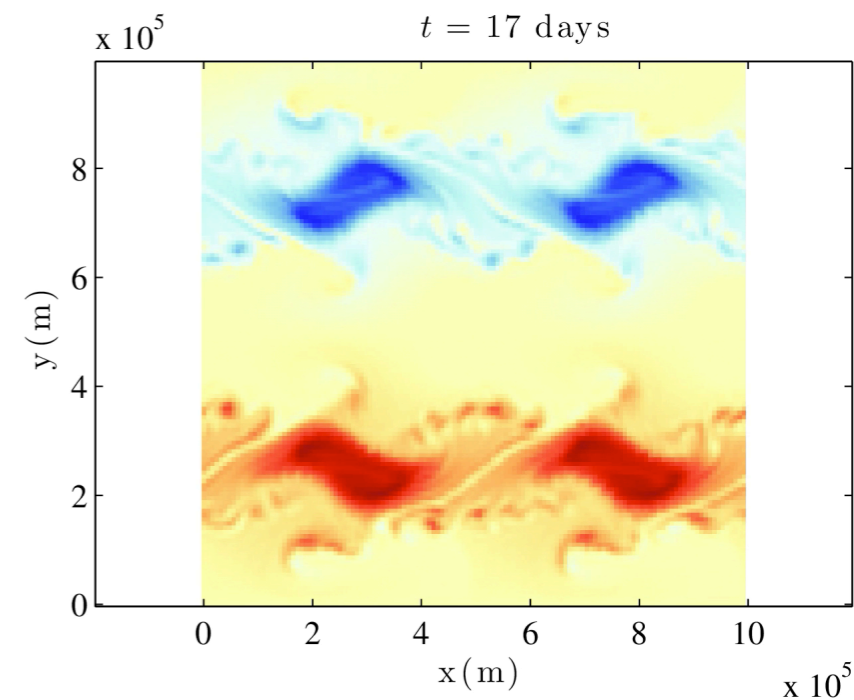
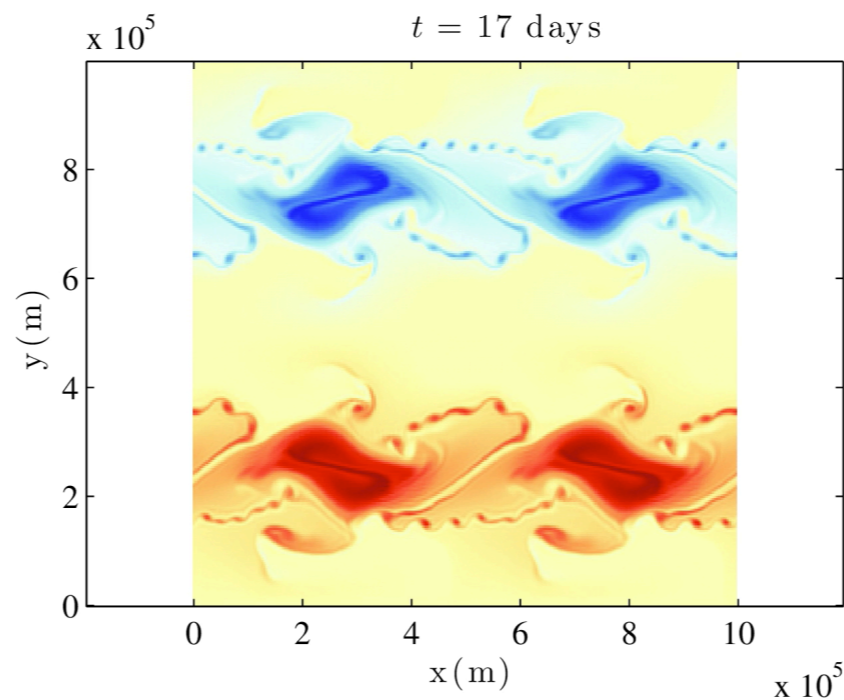
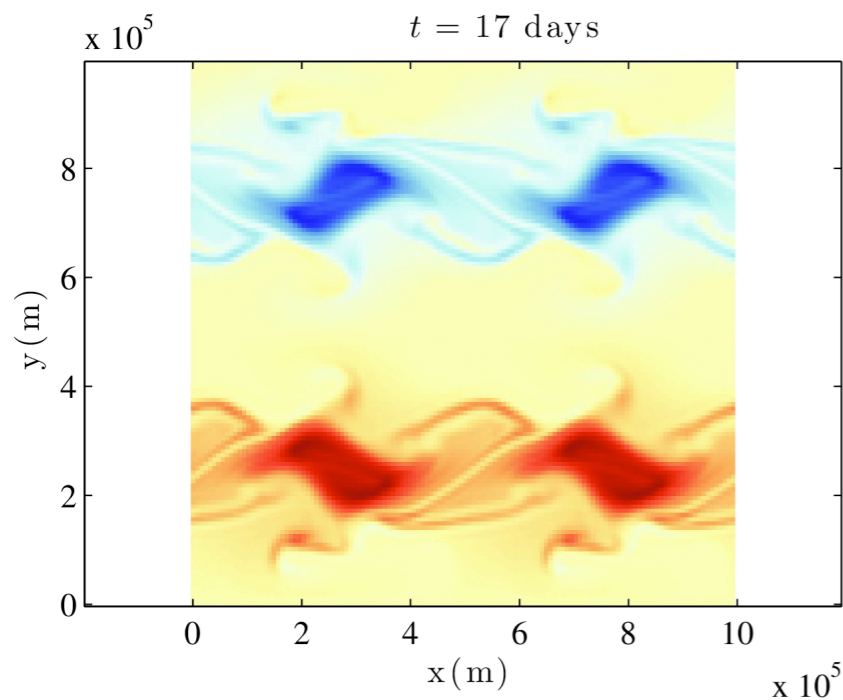
Deterministe 128x128

Deterministe 512x512

Stochastique 128x128



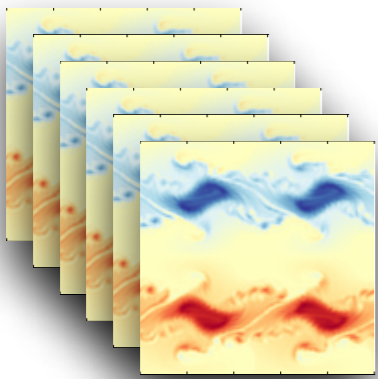
Une réalisation



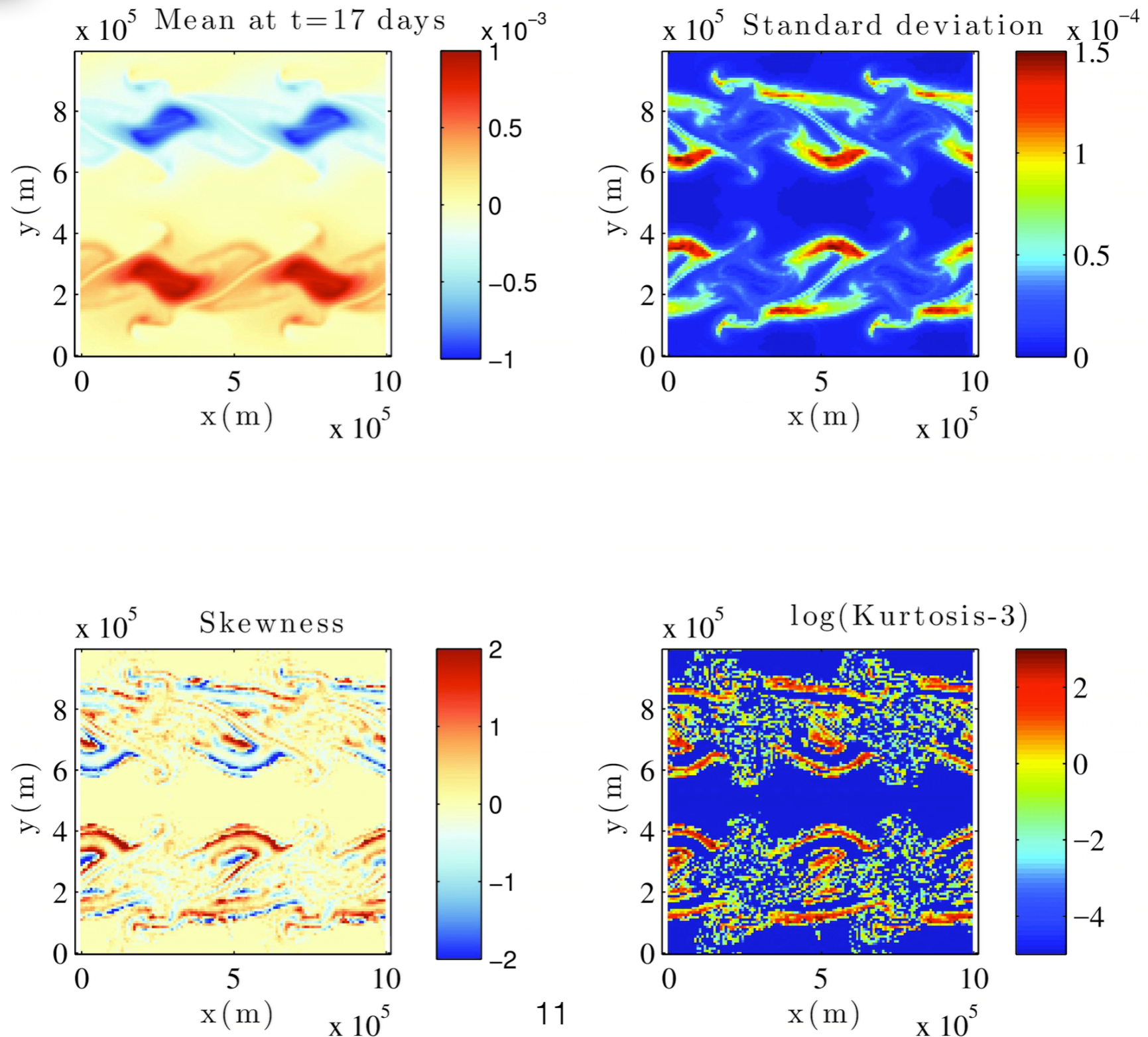
Deterministe 128x128

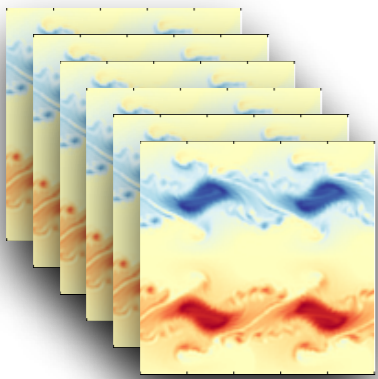
Deterministe 512x512

Stochastique 128x128

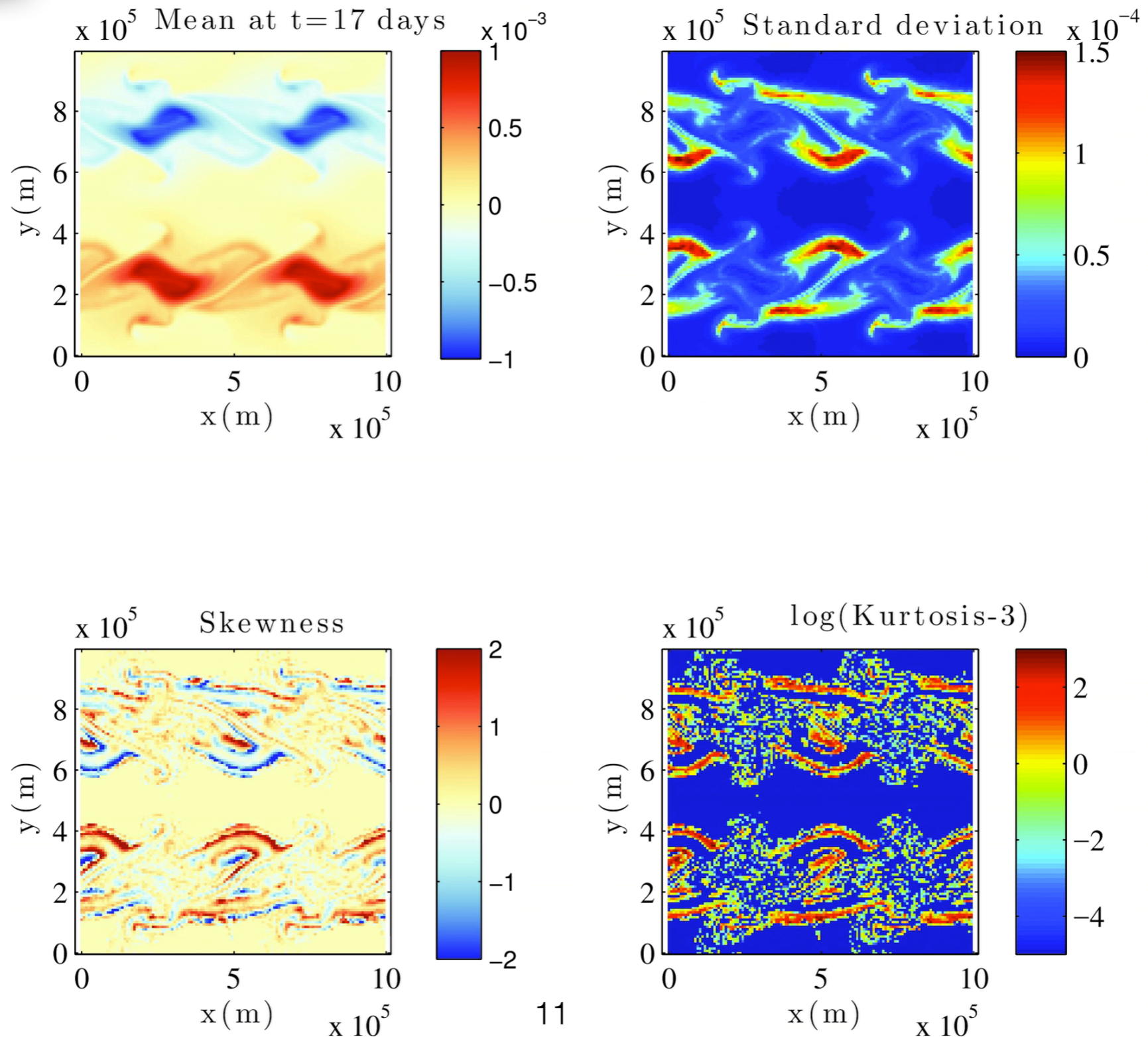


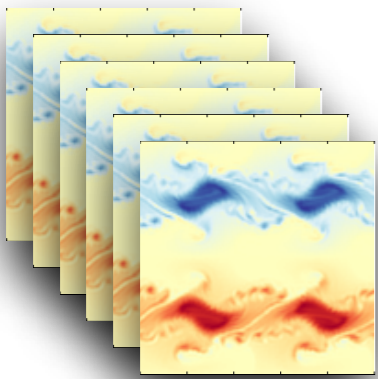
Ensemble



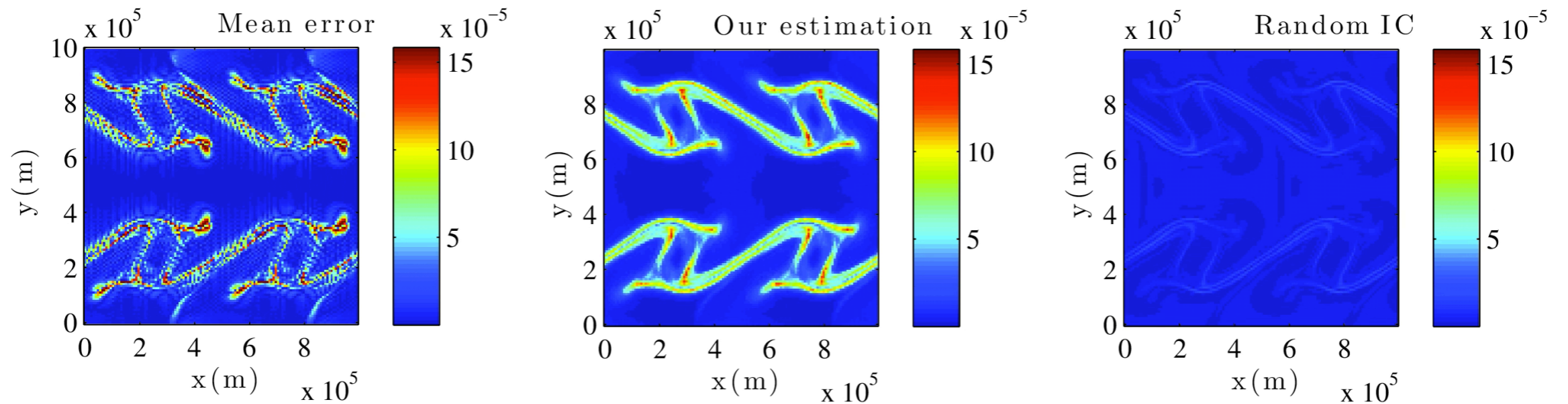


Ensemble

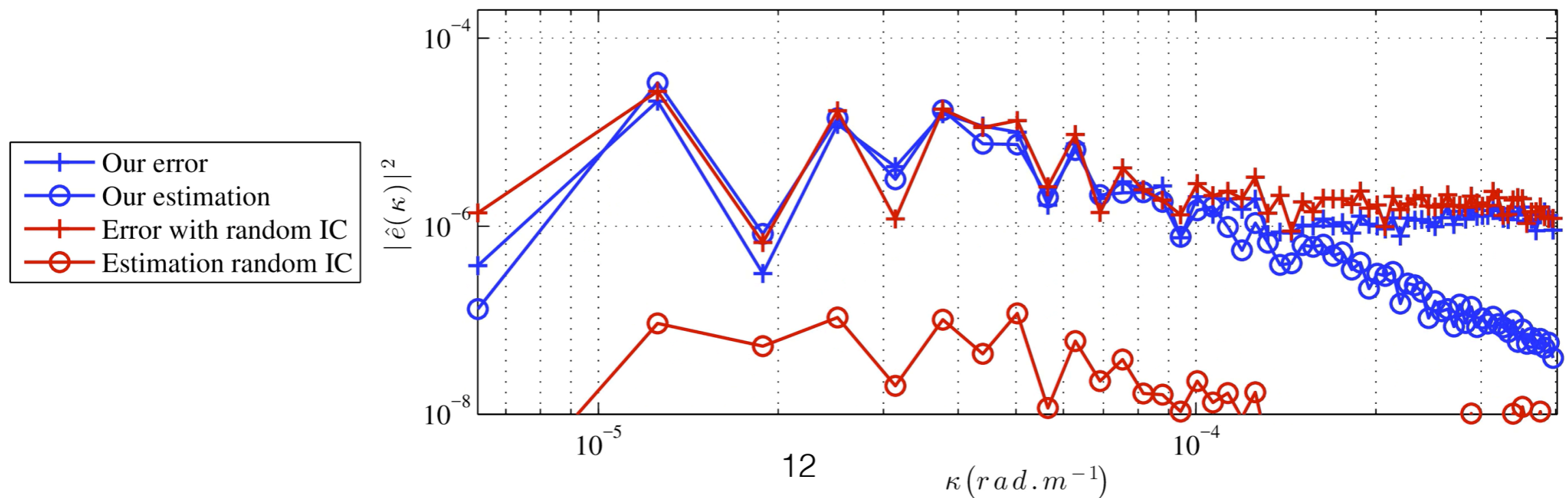


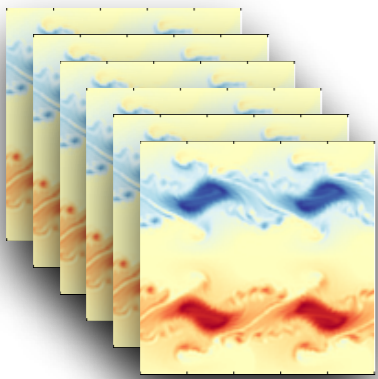


Ensemble

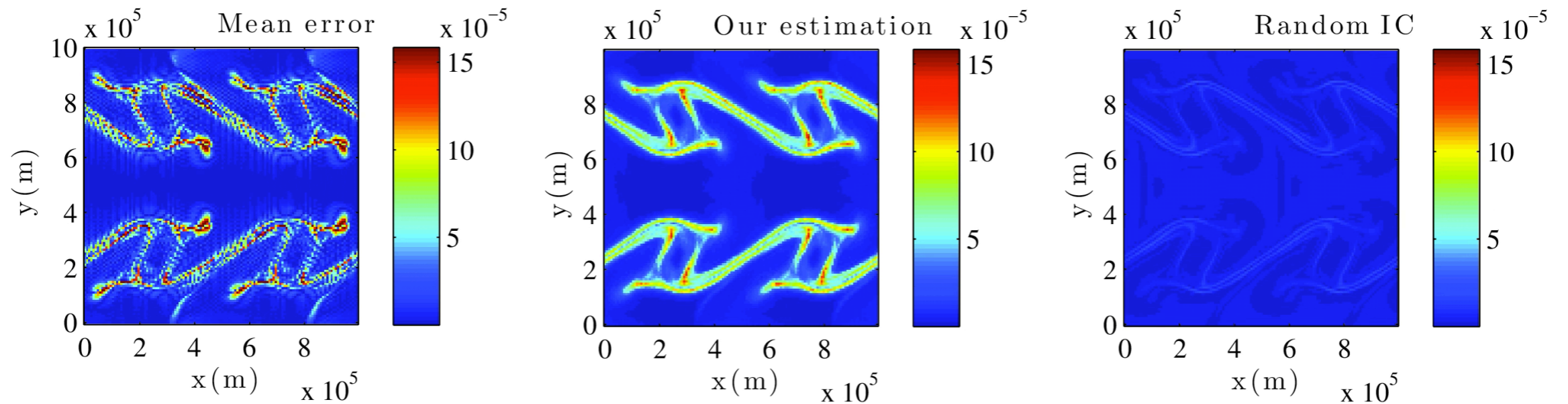


Spectrum of the errors and its estimation at $t=12$ days

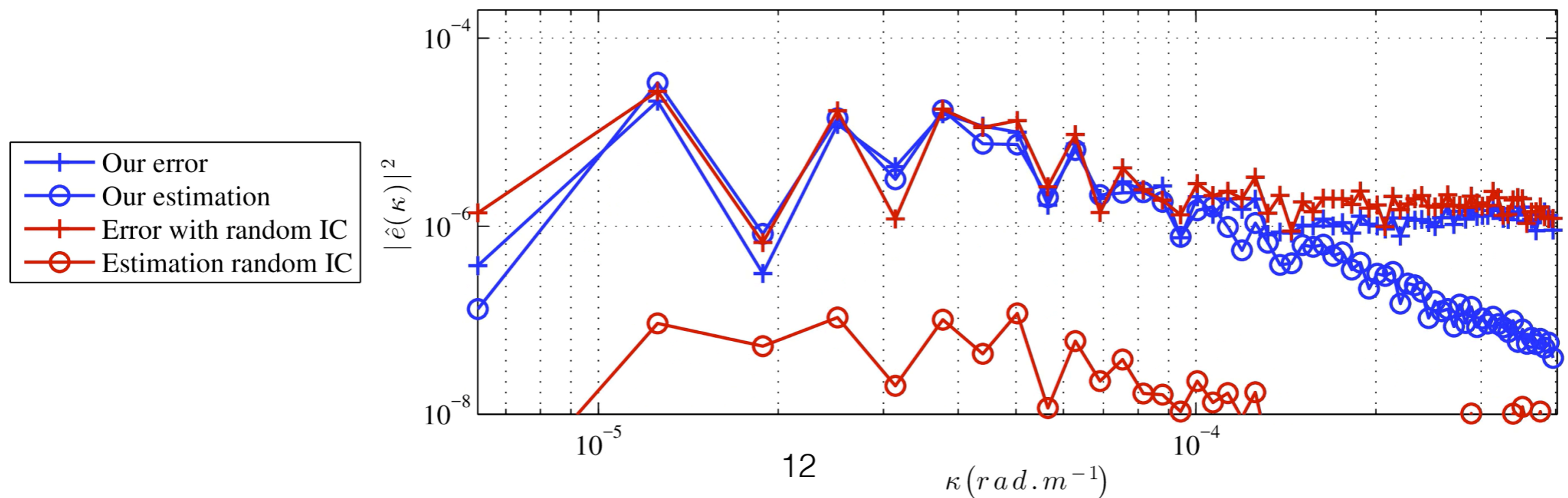




Ensemble



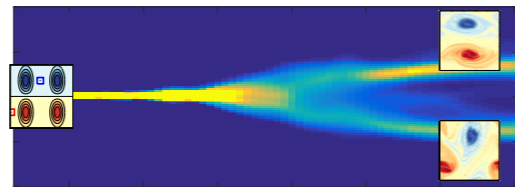
Spectrum of the errors and its estimation at $t=12$ days



Résumé des modèles QG sous incertitude de position

- Petites échelles plus réalistes
- Estimation de la position et de l'amplitude des erreurs
- Évènements extrêmes

- Bifurcations



- sous incertitude forte:
Description 2D simple de la frontolyse/frontogénèse

Code SQG MU:

lien depuis le site de l'équipe Fluminance - V. Resseguier

Modèle de Lorenz sous incertitude de position

Est-ce que les modèles grande échelle
(diffusifs) sur-représentent les états stables
dans les simulations d'ensemble?

Modèle(s) de Lorenz

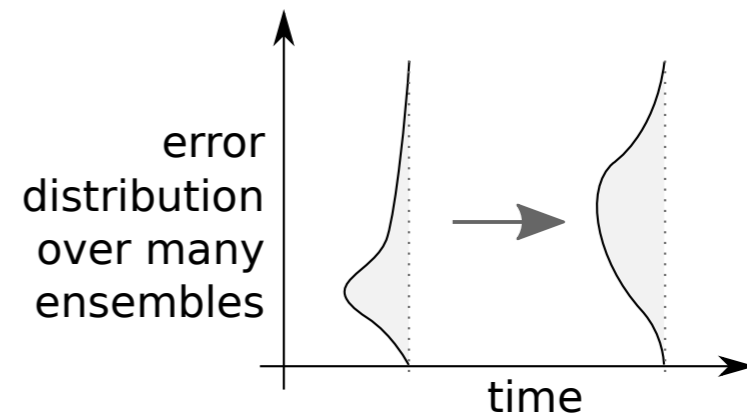
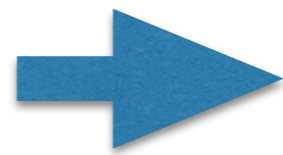
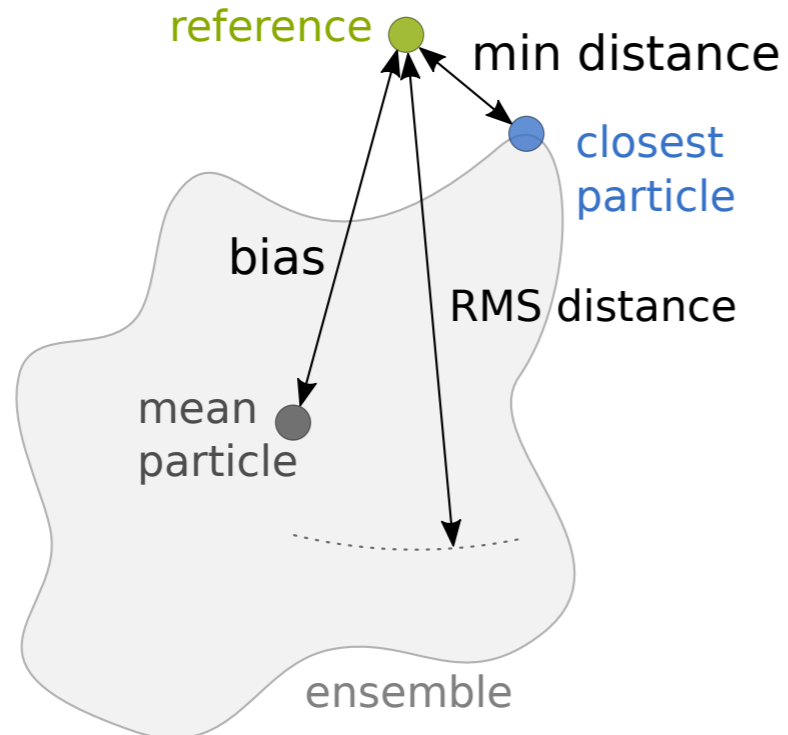
$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= \text{Pr} (Y - X) - \frac{4}{2\Upsilon} X \\ dY &= \left[X(\rho - Z) - Y - \frac{4}{2\Upsilon} Y \right] dt + \frac{\rho - Z}{\Upsilon^{1/2}} dB_t \\ dZ &= \left[XY - bZ - \frac{8}{2\Upsilon} bZ \right] dt + \frac{Y}{\Upsilon^{1/2}} dB_t\end{aligned}$$

- modèle **déterministe** classique ~ DNS, précis mais inaccessible en pratique
- modèle (déterministe) **diffusif** ~ LES
- **stochastique** : modèle sous incertitude de position
 - ➔ comportement des ensembles?



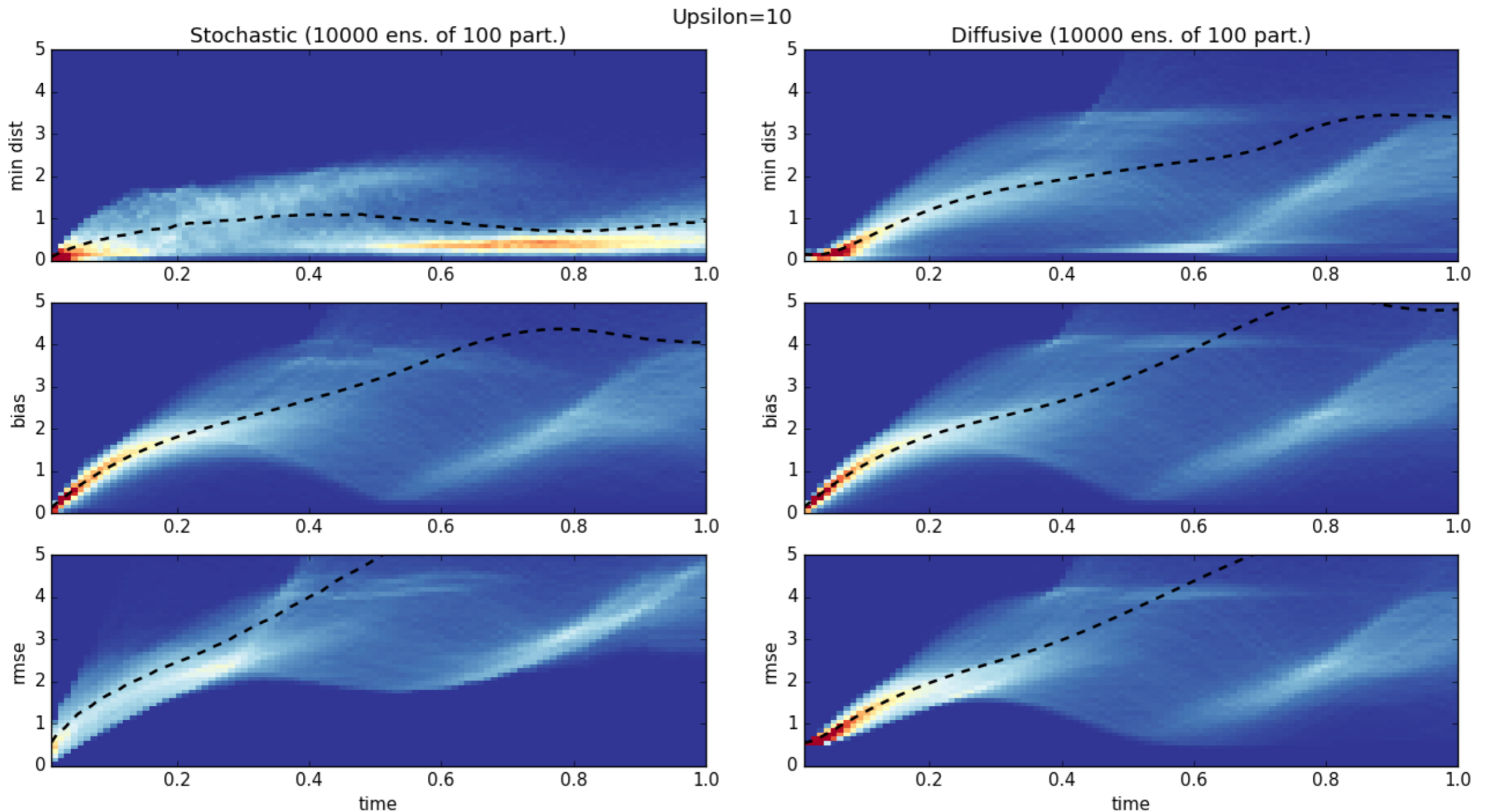
Comportement à temps court

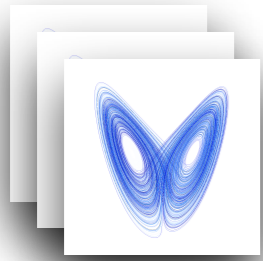
Comparaison ensemble \leftrightarrow référence
3 métriques: distance minimum, biais, RMSE





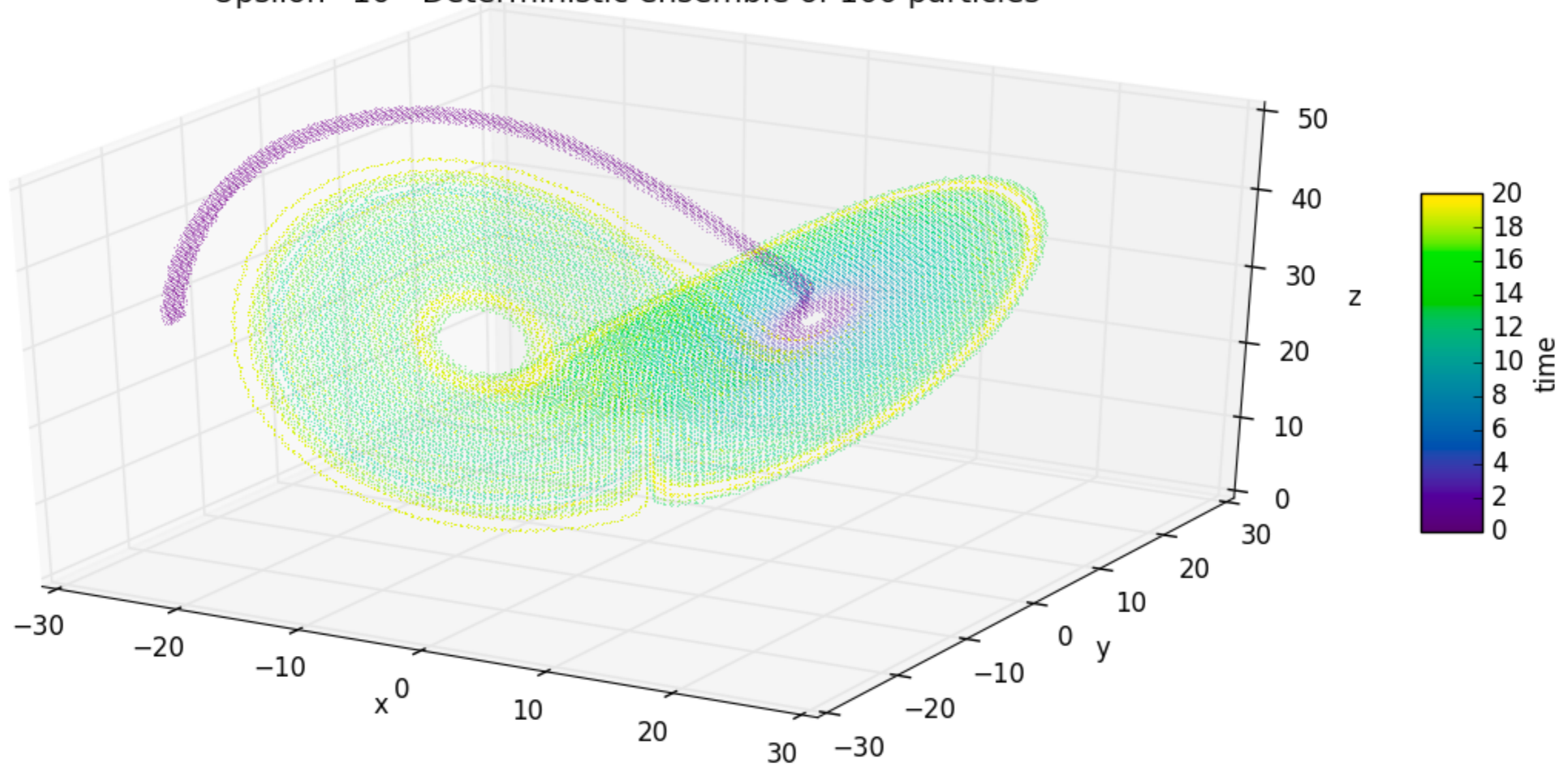
Comportement à temps court

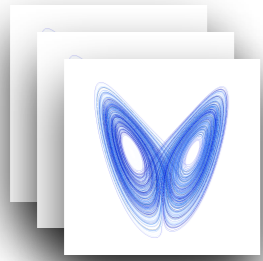




Comportement à temps long

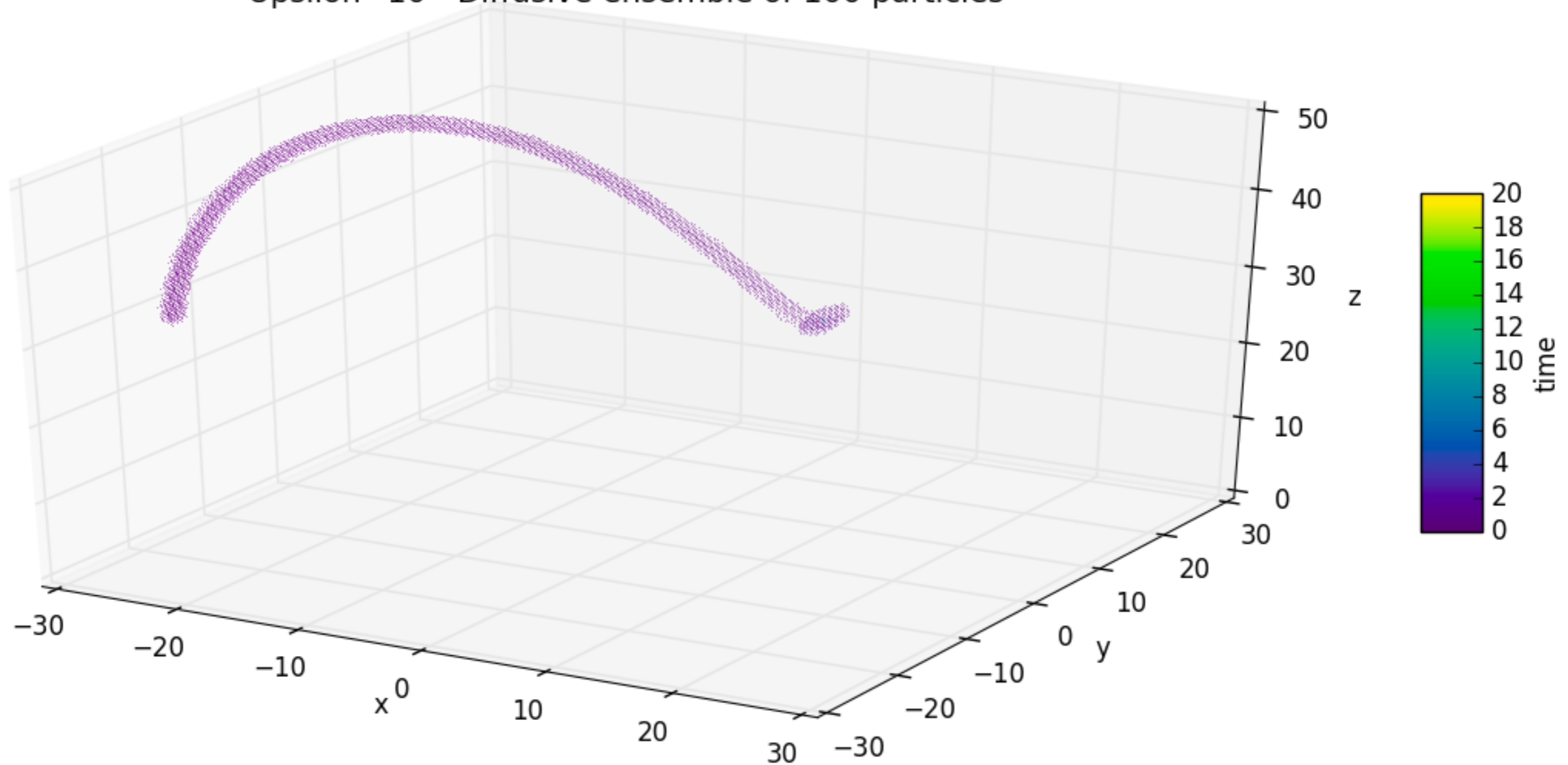
Upsilon=10 - Deterministic ensemble of 100 particles

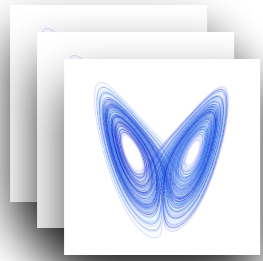




Comportement à temps long

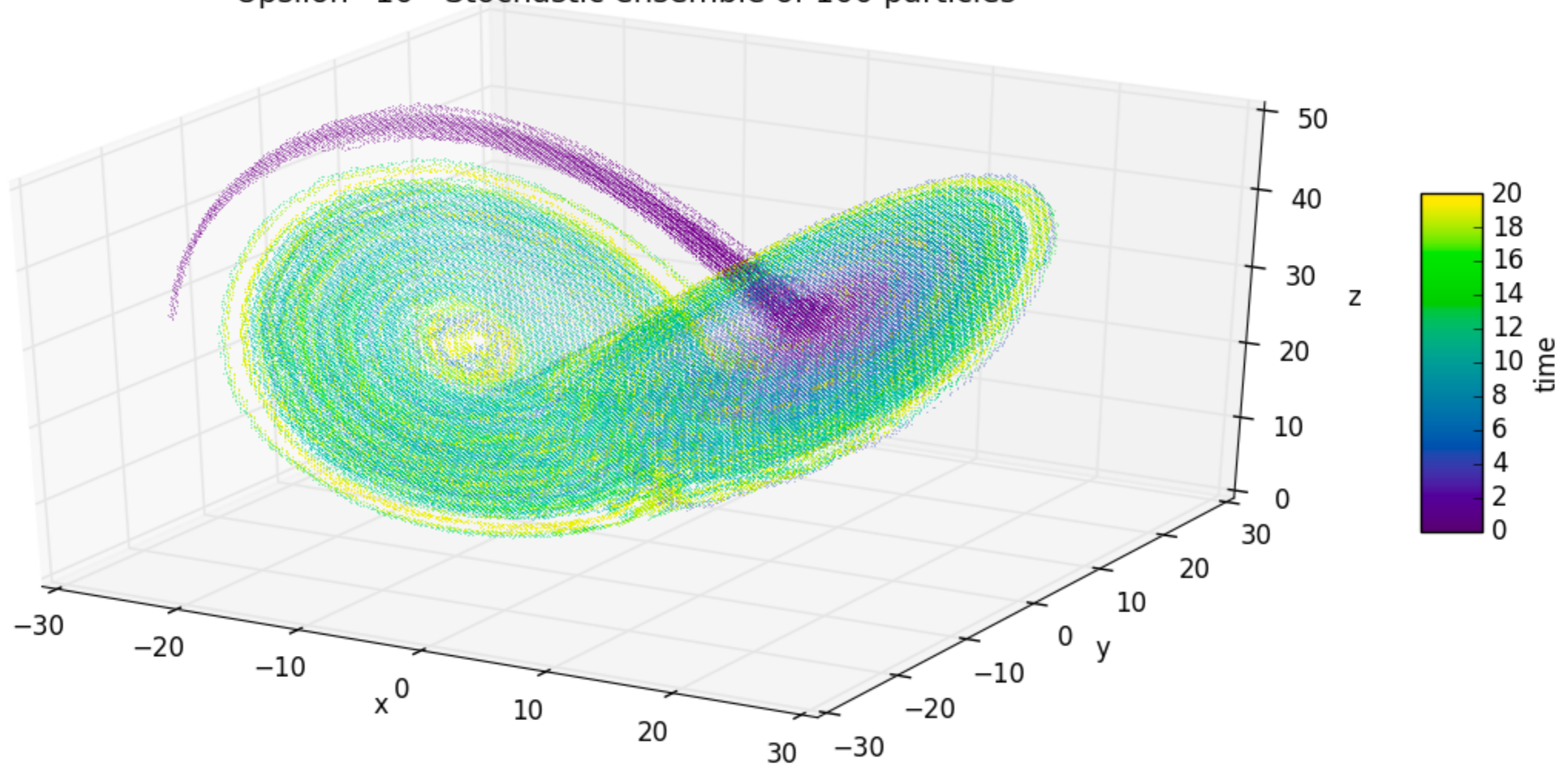
Upsilon=10 - Diffusive ensemble of 100 particles



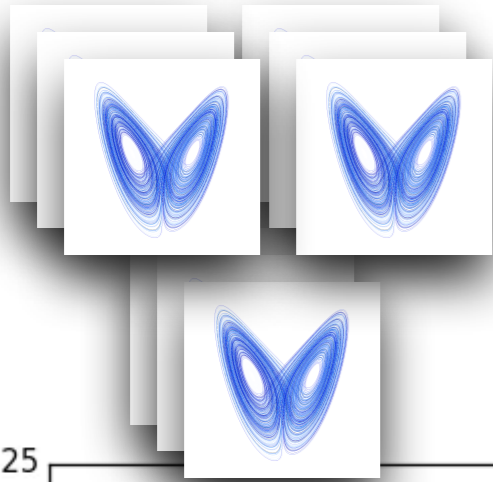


Comportement à temps long

Upsilon=10 - Stochastic ensemble of 100 particles



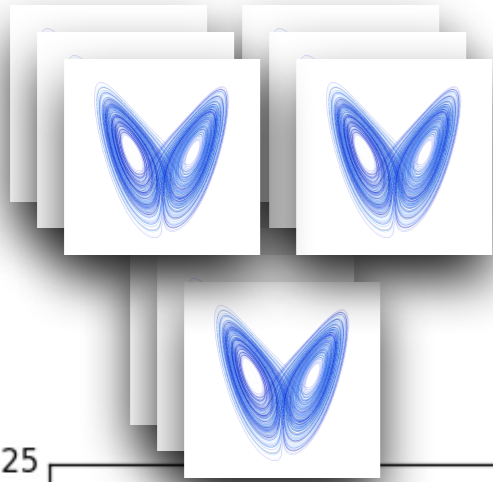
Taux de visite de l'attracteur



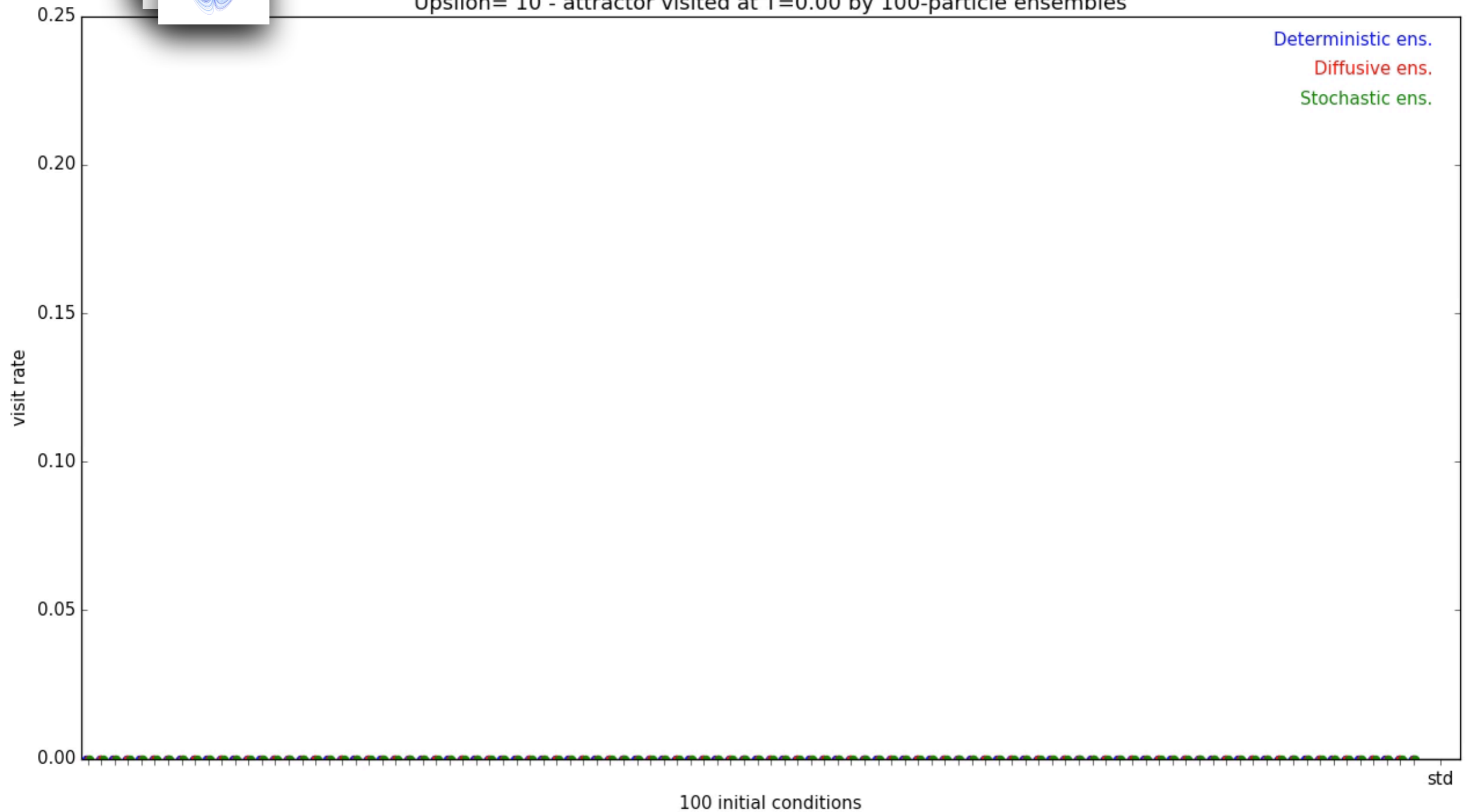
Upsilon= 10 - attractor visited at T=0.00 by 100-particle ensembles



Taux de visite de l'attracteur



Upsilon= 10 - attractor visited at T=0.00 by 100-particle ensembles



Conclusion

Conclusion

- Transport aléatoire applicable à n'importe quelle dynamique
- Petites échelles plus réalistes
- Dispersion efficace des ensembles
- Scénarios probables
- Exploration de l'attracteur

Merci de votre attention

Code SQG MU:
lien depuis le site de l'équipe Fluminance - V. Resseguier