



**HAL**  
open science

# Etude numérique des écoulements inertiels en milieux poreux

Mehrez Agnaou, Didier Lasseux, Azita Ahmadi-Sénichault

► **To cite this version:**

Mehrez Agnaou, Didier Lasseux, Azita Ahmadi-Sénichault. Etude numérique des écoulements inertiels en milieux poreux. 21ème CONGRÈS FRANÇAIS DE MÉCANIQUE - CFM2013, Aug 2013, Bordeaux, France. hal-01850011

**HAL Id: hal-01850011**

**<https://hal.science/hal-01850011>**

Submitted on 26 Jul 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.

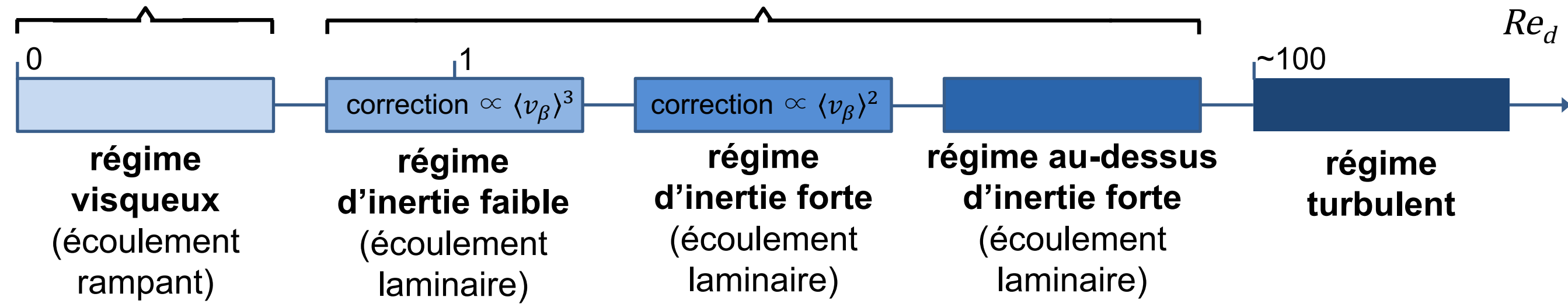


## Problématique

Le but de ce travail est d'étudier la correction à la loi de Darcy pour un écoulement inertiel dans un milieu poreux. Dans diverses situations rencontrées en industrie comme les écoulements dans les colonnes de réacteurs, les nombres de Reynolds sont assez importants pour conduire à une relation non-linéaire entre la vitesse de filtration et le gradient de pression. Dans ce travail, une analyse numérique de la correction non linéaire -inertielle- à la loi de Darcy est réalisée pour l'écoulement stationnaire inertiel d'un fluide Newtonien monophasique incompressible dans des structures 2D et 3D.

loi de Darcy (relation linéaire entre  $\langle v_\beta \rangle$  et  $\nabla \langle p_\beta \rangle^\beta$ )

loi de Darcy + correction inertielle (relation non-linéaire entre  $\langle v_\beta \rangle$  et  $\nabla \langle p_\beta \rangle^\beta$ )



## Méthodologie

L'équation de Darcy-Forchheimer classique basée sur l'introduction empirique d'un coefficient de résistance inertielle dans le terme de correction (quadratique en vitesse) à la loi de Darcy a été précisée à l'aide d'une dérivation formelle théorique conduisant à un modèle général plus complet [1], les propriétés effectives qui apparaissent dans ce modèle macroscopique obtenu par changement d'échelle opéré sur les équations de Navier-Stokes à l'échelle du pore sont déterminées à partir du champ de l'écoulement microscopique et de la résolution de problèmes de fermeture.

$$-\nabla \tilde{p}_\beta^* + \nabla^2 \mathbf{v}_\beta^* = \nabla \langle p_\beta^* \rangle^\beta + Re^* (\mathbf{v}_\beta^* \cdot \nabla) \mathbf{v}_\beta^*$$

$$\nabla \cdot \mathbf{v}_\beta^* = 0, \quad \mathbf{v}_\beta^* = \mathbf{0} \quad \text{on } A_{\beta\sigma}$$

$$\langle \mathbf{v}_\beta \rangle = -\frac{\mathbf{K}}{\mu_\beta} \cdot (\nabla \langle p_\beta \rangle^\beta - \rho_\beta \mathbf{g}) - \mathbf{F} \cdot \langle \mathbf{v}_\beta \rangle$$

$$\nabla \cdot \langle \mathbf{v}_\beta \rangle = 0$$

Problèmes de fermeture

$$-\nabla \mathbf{m}^* + \nabla^2 \mathbf{M}^* + \mathbf{I} = Re^* \mathbf{v}_\beta^* \cdot \mathbf{M}^*$$

$$\nabla \cdot \mathbf{M}^* = 0, \quad \mathbf{M}^* = \mathbf{0} \quad \text{on } A_{\beta\sigma}$$

(Whitaker, 1996)

$$\mathbf{K}^* = \langle \mathbf{M}^* \rangle, \quad Re^* = 0$$

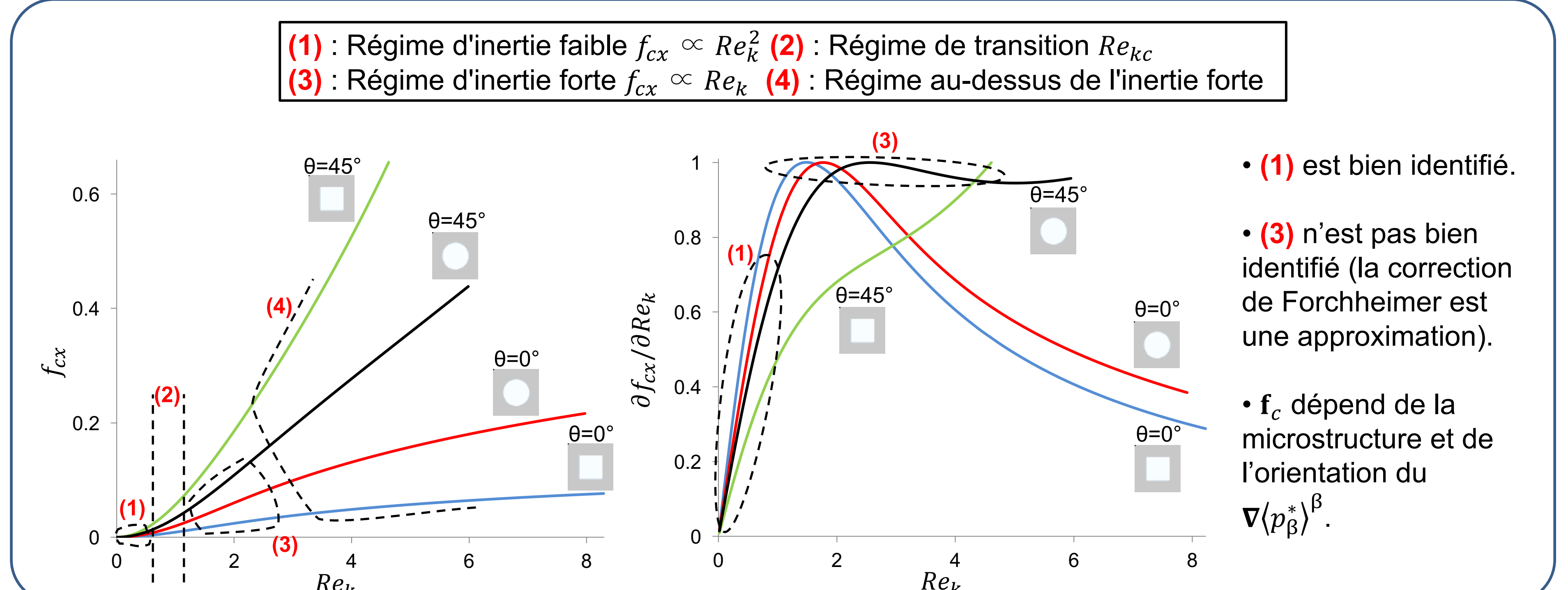
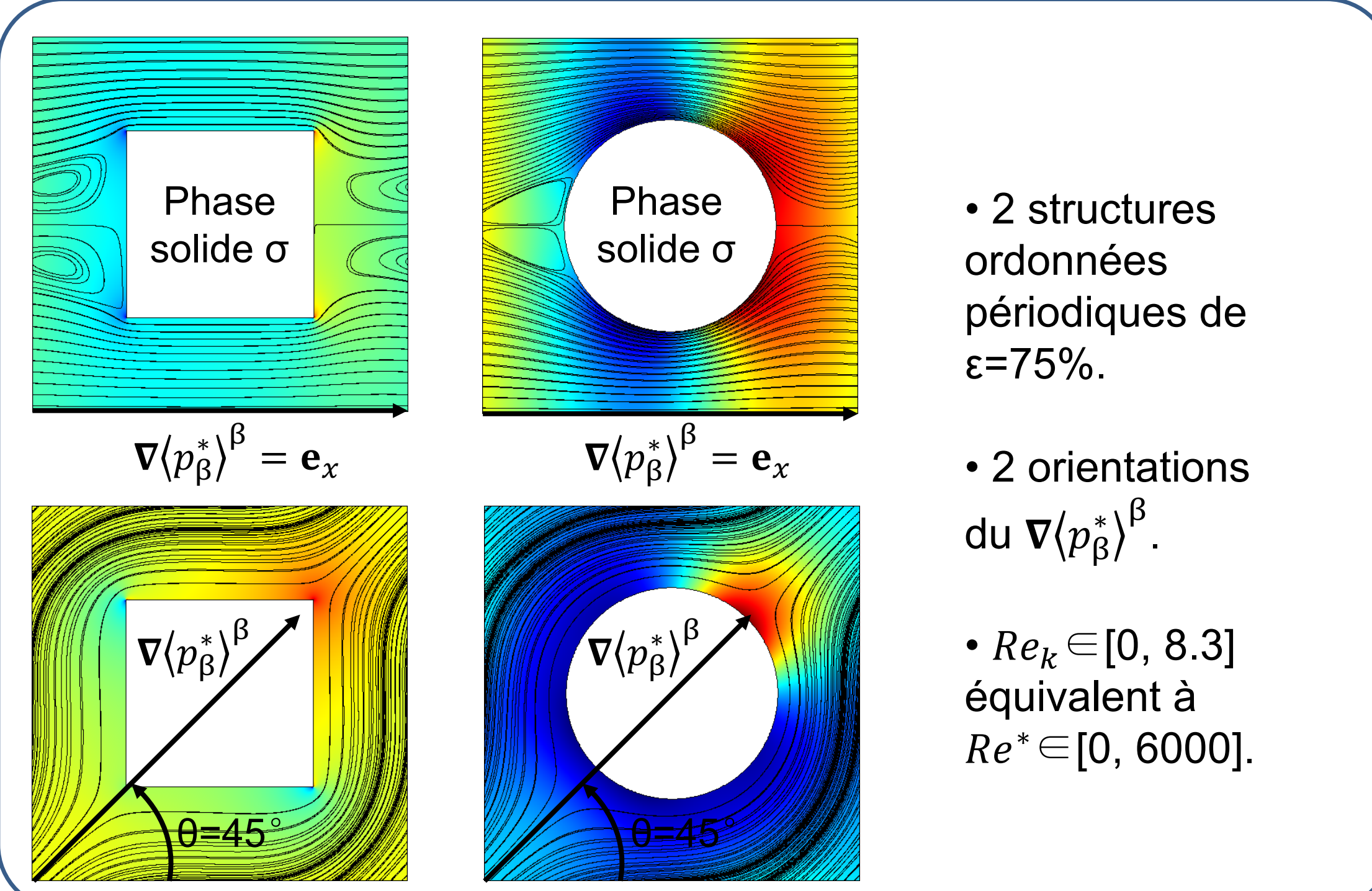
$$\mathbf{F} = \mathbf{K}^* \cdot \langle \mathbf{M}^* \rangle^{-1} - \mathbf{I}, \quad Re^* \neq 0$$

$$Re^* = \frac{\rho_\beta l^3 |\nabla \langle p_\beta \rangle^\beta|}{\mu_\beta^2}$$

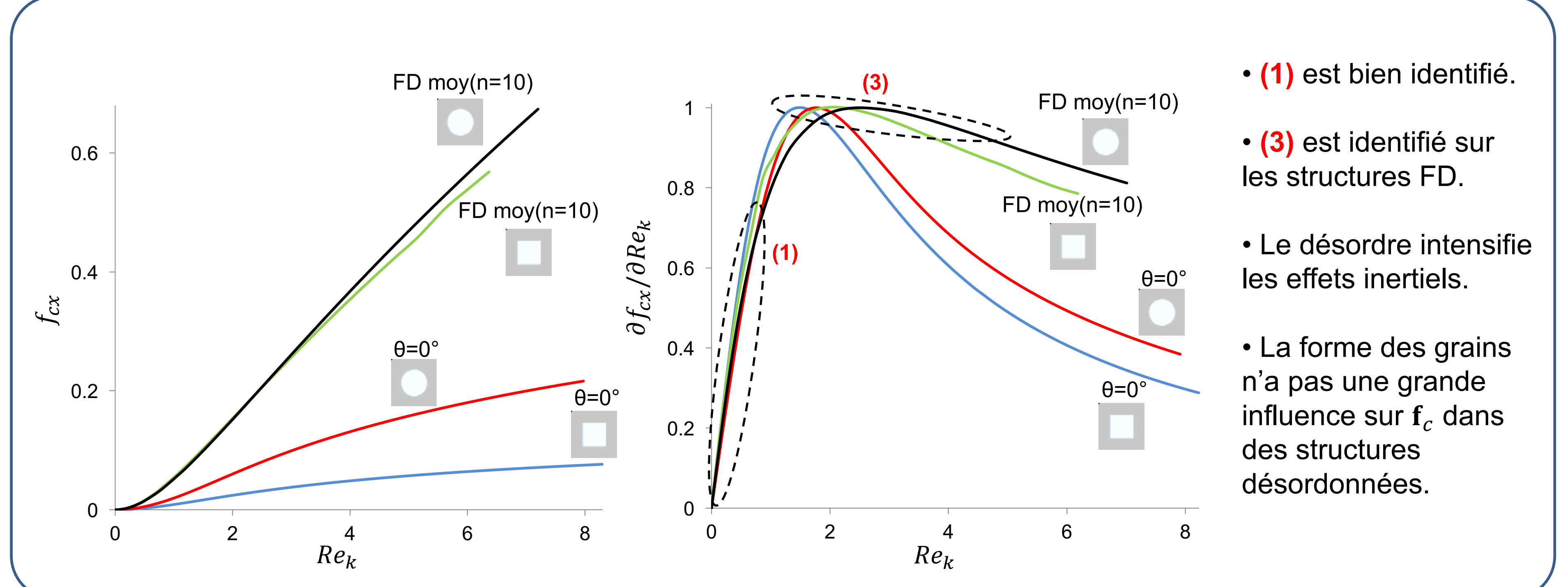
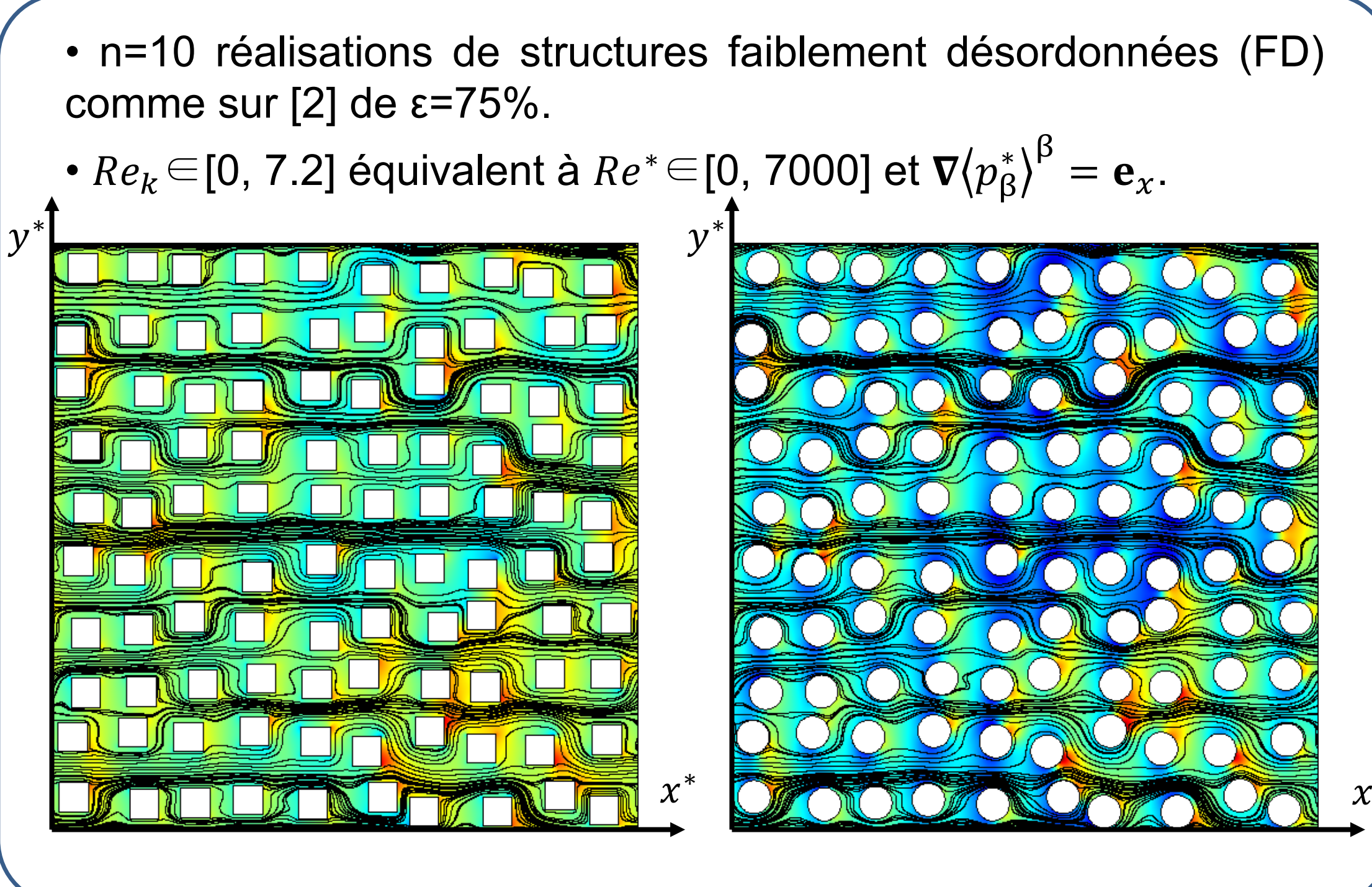
$$Re_k = \left| \langle \mathbf{v}_\beta^* \rangle \right| \sqrt{k^*} Re^*$$

$$\mathbf{f}_c = \frac{-\mathbf{F} \cdot \langle \mathbf{v}_\beta^* \rangle}{\langle \mathbf{v}_\beta^* \rangle}$$

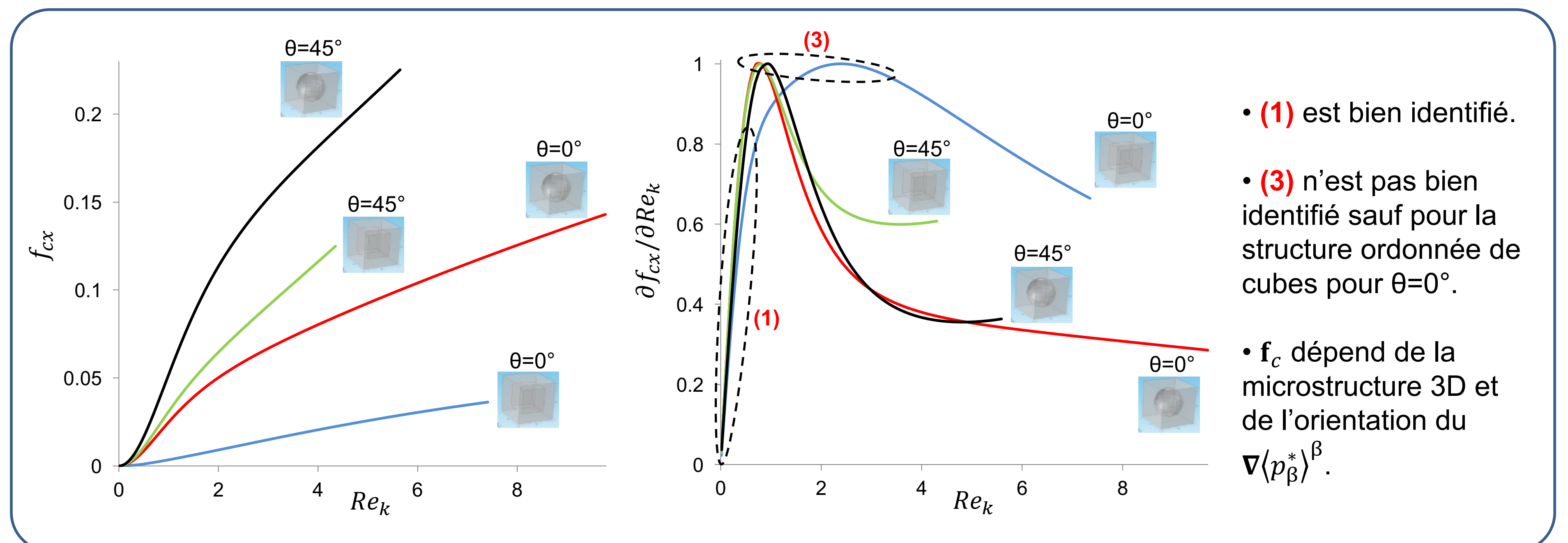
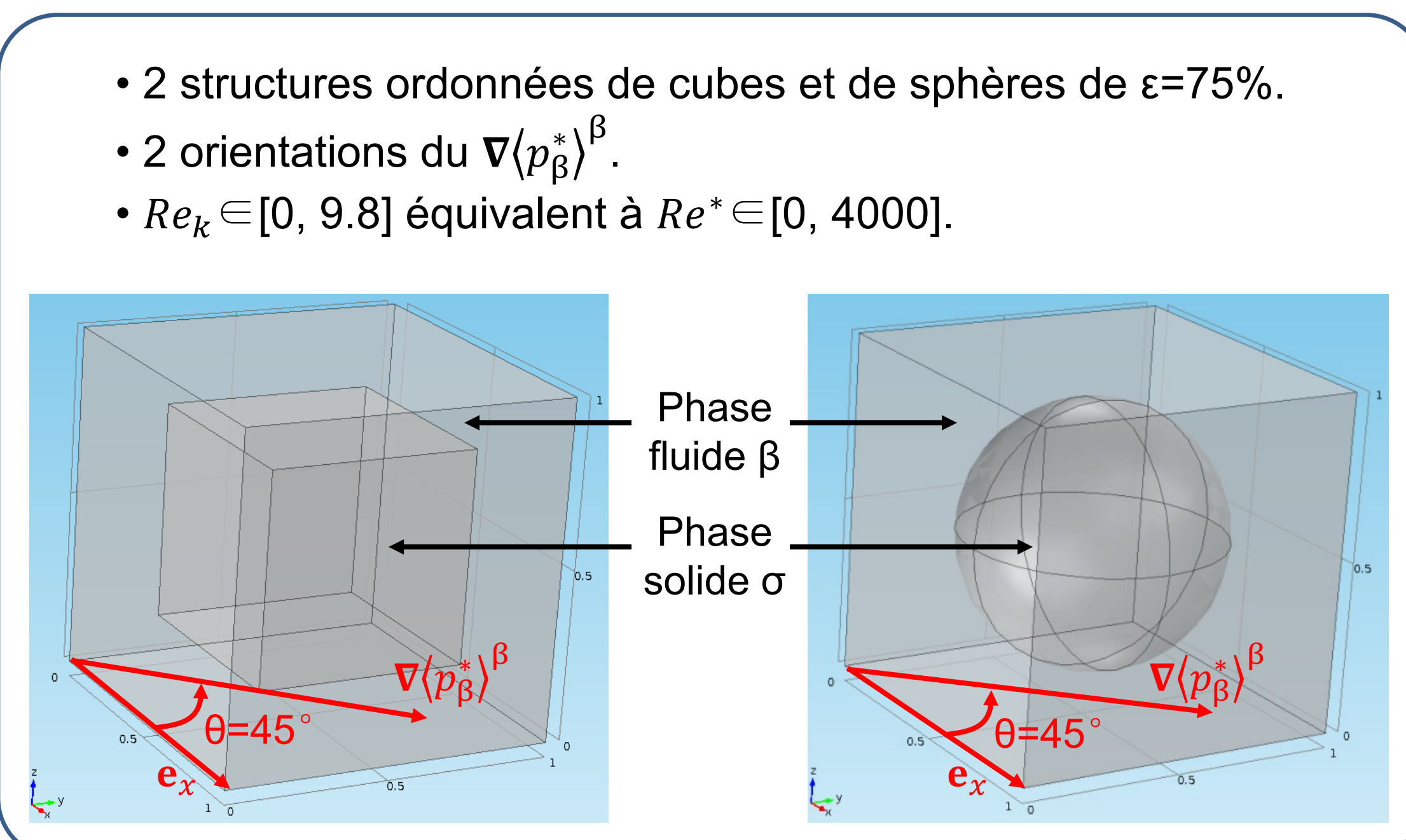
## Influence de la microstructure 2D et de l'orientation du $\nabla \langle p_\beta^* \rangle^\beta$ sur $f_c$



## Influence du désordre sur $f_c$



## Influence de la microstructure 3D et de l'orientation de $\nabla \langle p_\beta^* \rangle^\beta$ sur $f_c$



## Conclusions et perspectives

- Le régime à faible inertie est toujours bien identifié malgré sa dépendance par rapport à la microstructure et à l'orientation du  $\nabla \langle p_\beta^* \rangle^\beta$ .
- Le régime à forte inertie est une approximation qui dépend fortement de la microstructure et de l'orientation du  $\nabla \langle p_\beta^* \rangle^\beta$ .
- L'intensité des effets d'inertie dépend aussi fortement de la microstructure et de l'orientation du  $\nabla \langle p_\beta^* \rangle^\beta$ .
- Le désordre dans les structures poreuses intensifie l'inertie.
- Le comportement de la correction inertielle doit être analysé sur des structures poreuses 3D désordonnées plus réalistes.

## Références

- [1] S. Whitaker, The Forchheimer equation: A theoretical development, Transp. Porous Media 25(1), 27-61, DOI: 10.1007/BF00141261 (1996).
- [2] D. Lasseux, A. A. Abbasian Arani, A. Ahmadi, On the stationary macroscopic inertial effects for one phase flow in ordered and disordered porous media, Phys. of Fluids 23(7), 073103, DOI: 10.1063/1.3615514 (2011).