

# Turbulence en rotation dans une cavité stator/rotor à haut nombre de Reynolds

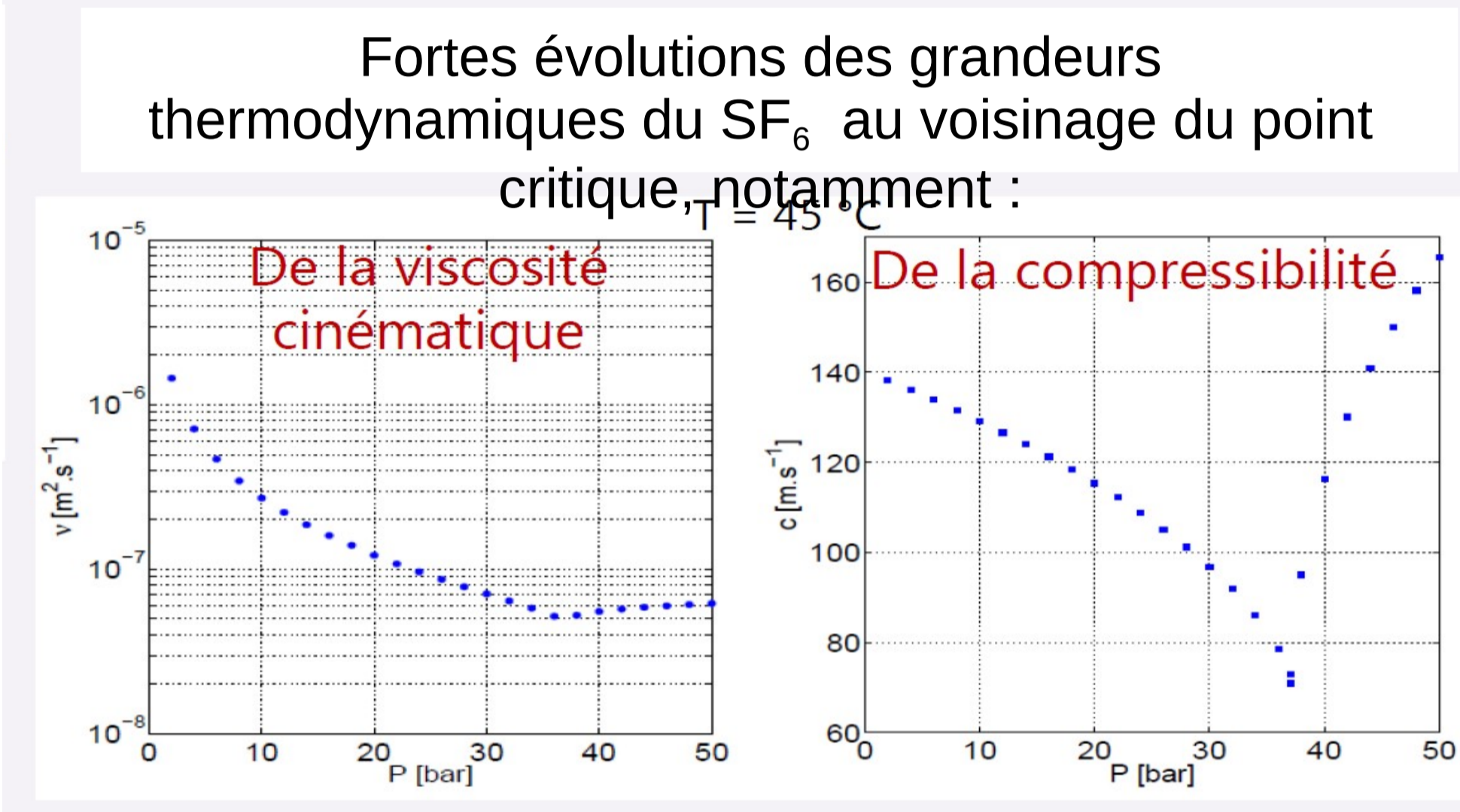
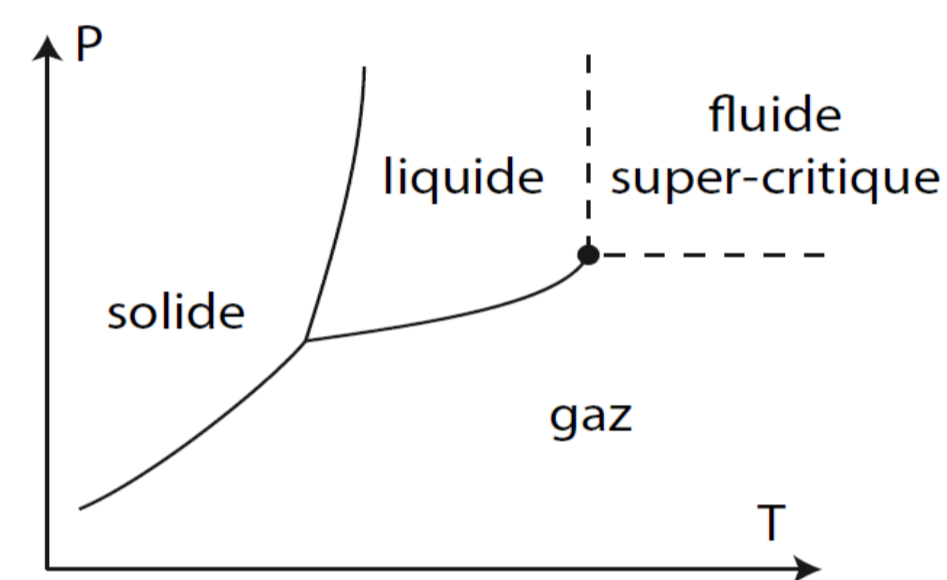
Cécile Lachize, Gautier Verhille, Patrice Le Gal



Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibre



## SF<sub>6</sub> au voisinage du point critique ?



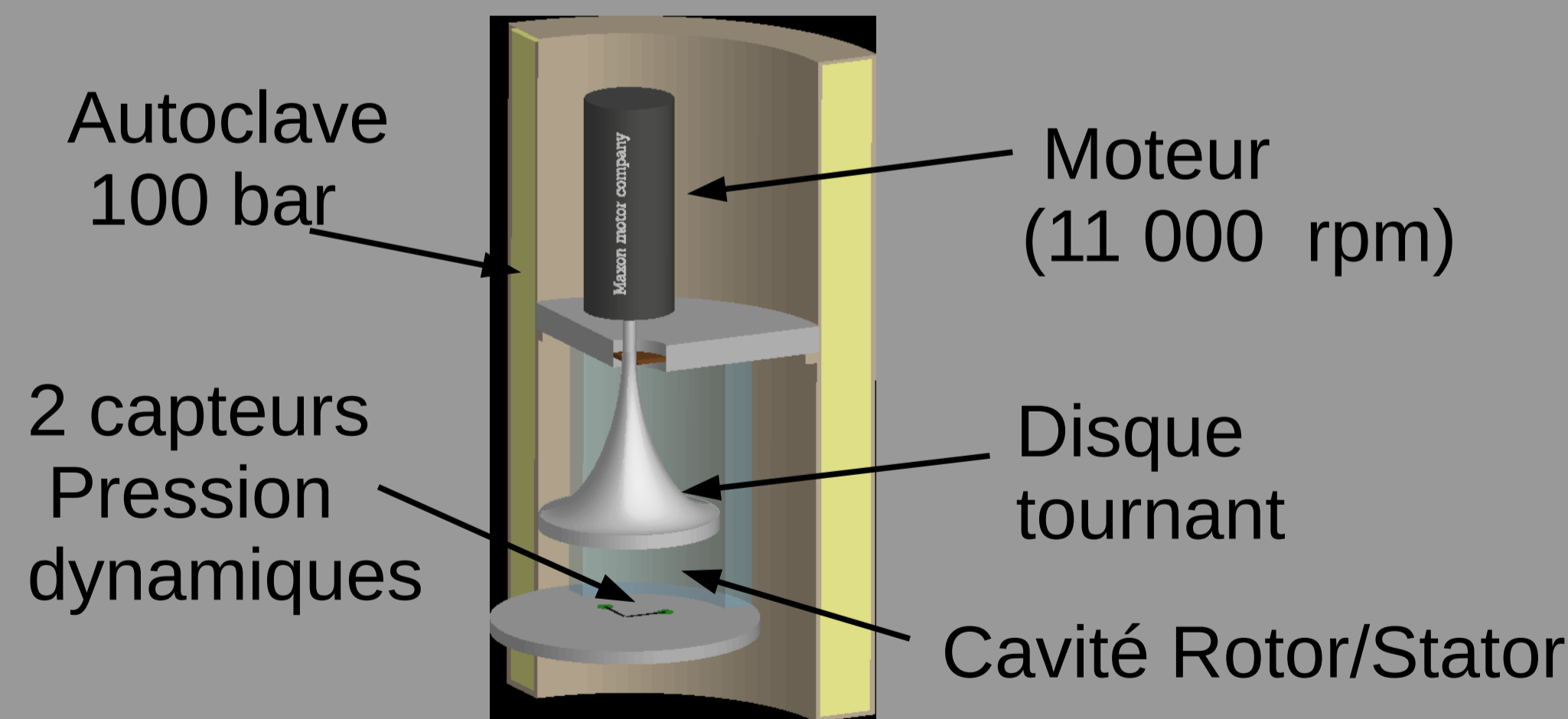
Dispositif expérimental pour atteindre les conditions critiques



Photo de l'autoclave pressurisé et thermalisé. La cavité rotor/stator (avec son moteur) est introduite dans cette enceinte.

Point critique SF<sub>6</sub> :  
 $T_c = 45.573^\circ\text{C}$   
 $P_c = 37.550 \text{ bar}$   
 $\rho_c = 743.81 \text{ kg/m}^3$

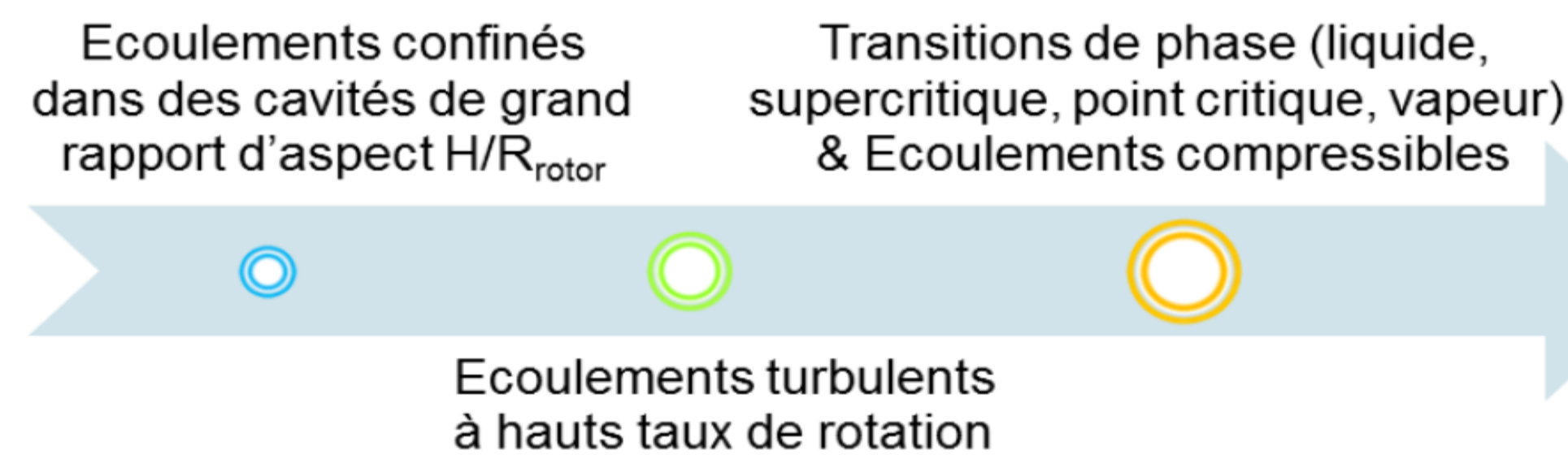
### Cavité rotor/stator



- Taylor length/time microscales :  $\lambda = \sqrt{15} Re_L^{-1/2} L, \tau_\lambda = \sqrt{6} Re_L^{-1/2} \tau_L$
- Kolmogorov length/time microscales :  $\eta = Re_L^{-3/4} L, \tau_\eta = Re_L^{-1/2} \tau_L$

$Re_{L,min}$
$\lambda = 0.41 \text{ mm}$
$\eta = 5.96 \text{ }\mu\text{m}$
$\tau_\lambda = 69.5 \text{ }\mu\text{s}$
$\tau_\eta = 28.4 \text{ }\mu\text{s}$

$Re_{L,max}$
$\lambda = 19.7 \text{ }\mu\text{m}$
$\eta = 62.3 \text{ nm}$
$\tau_\lambda = 0.39 \text{ }\mu\text{s}$
$\tau_\eta = 0.16 \text{ }\mu\text{s}$



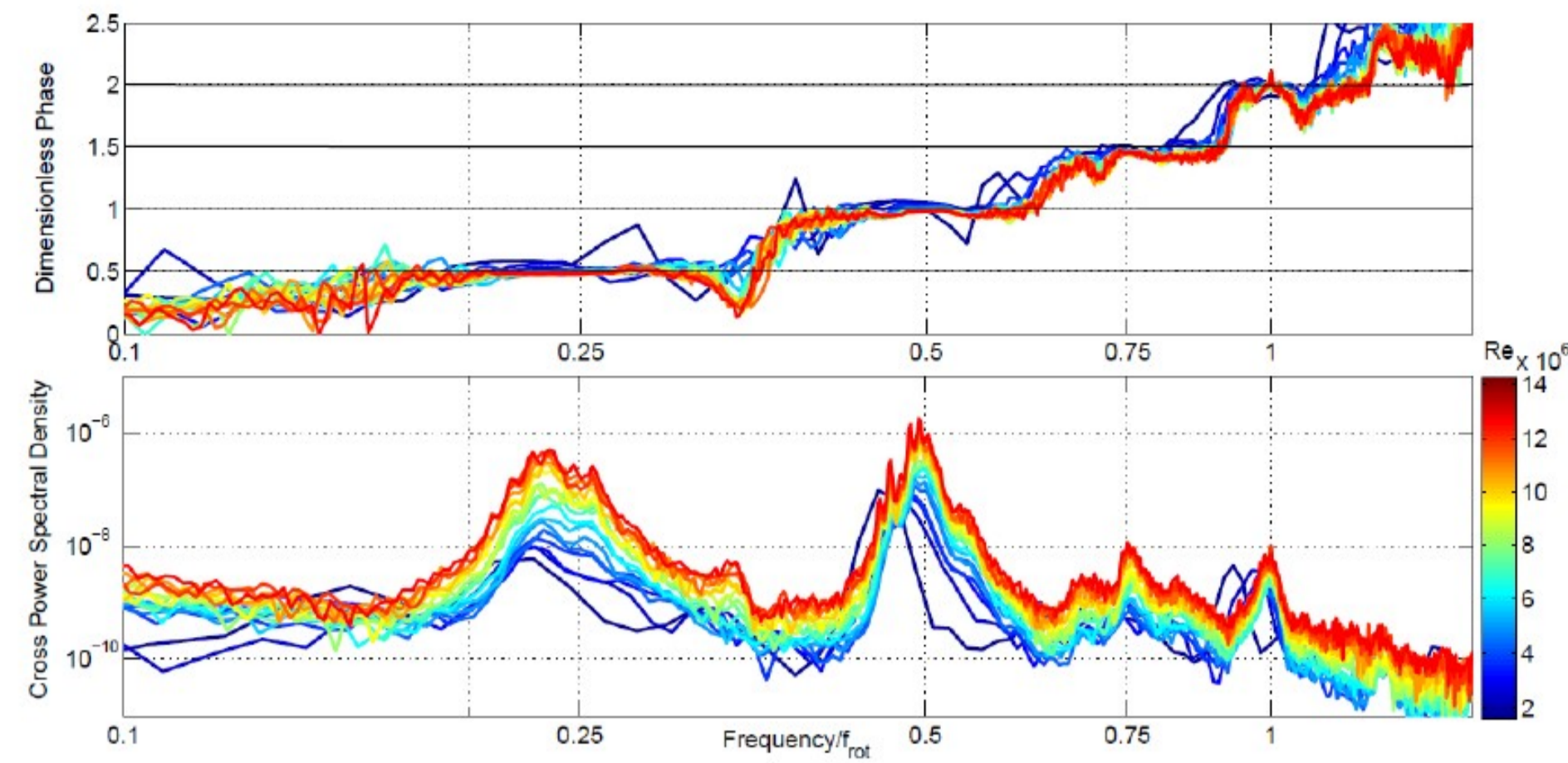
Etude originale exploitant l'espace des phases (T,P, $\rho$ ) du SF<sub>6</sub> pour atteindre des régimes hydrodynamiques extrêmes

- Rapport d'aspect :  $H/R_{\text{rotor}} = 1.18$  et forçage visqueux par disques lisses
- Écoulement de base : écoulement azimuthal + recirculation de pompage d'Ekman. Fort cisaillement au voisinage du stator (et du rotor)

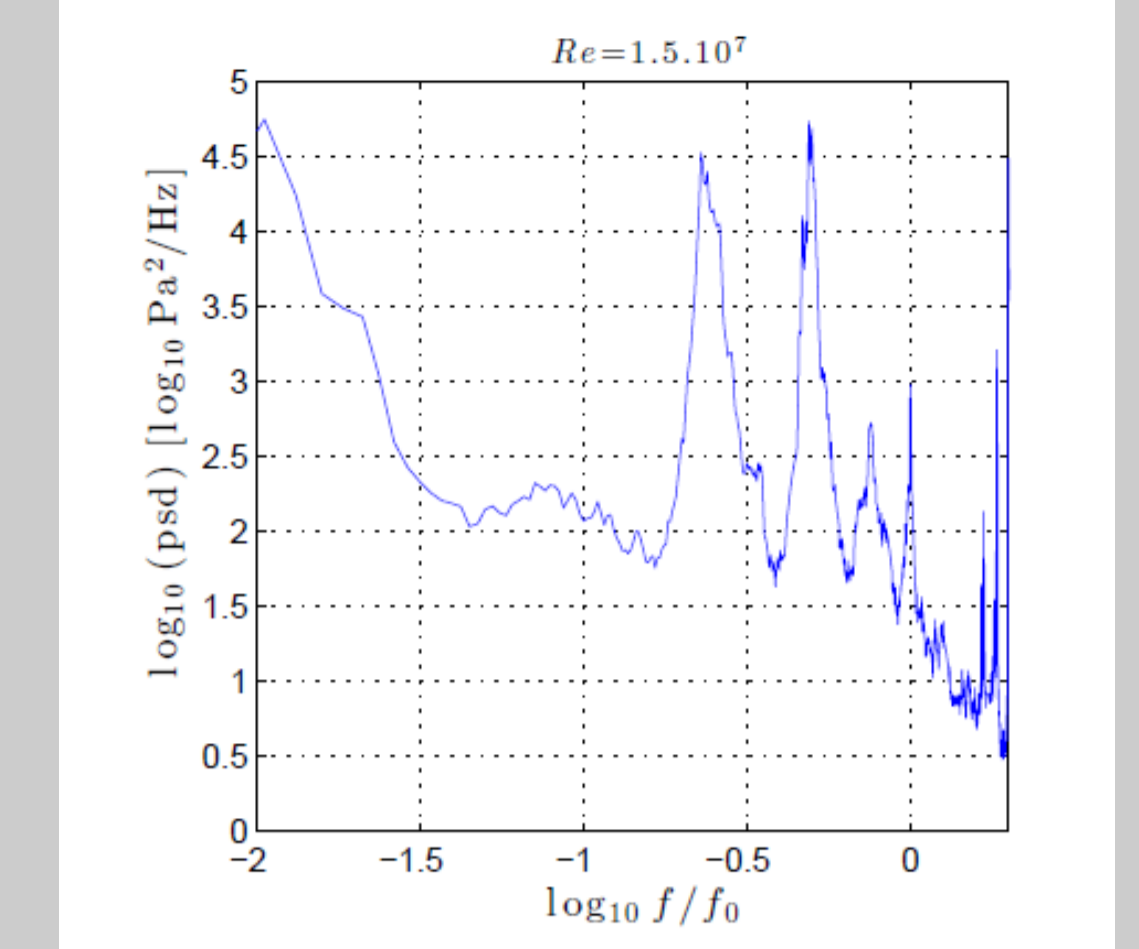
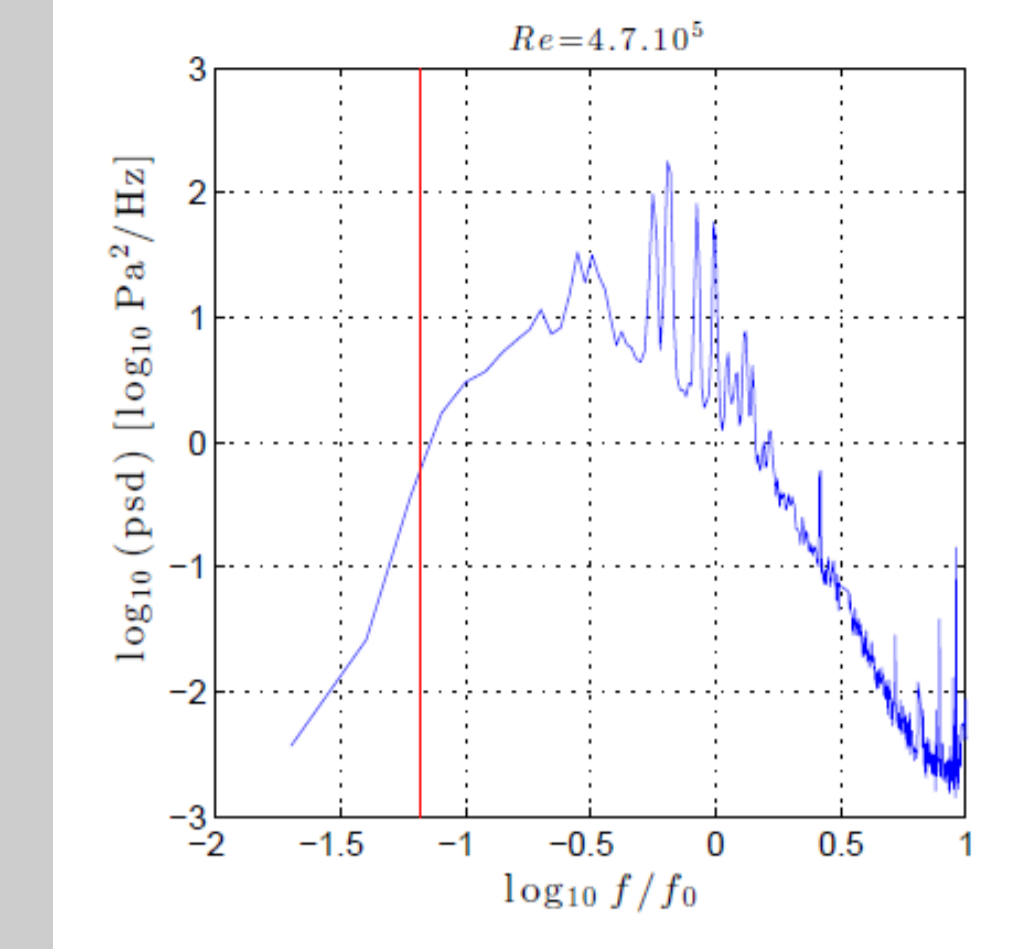
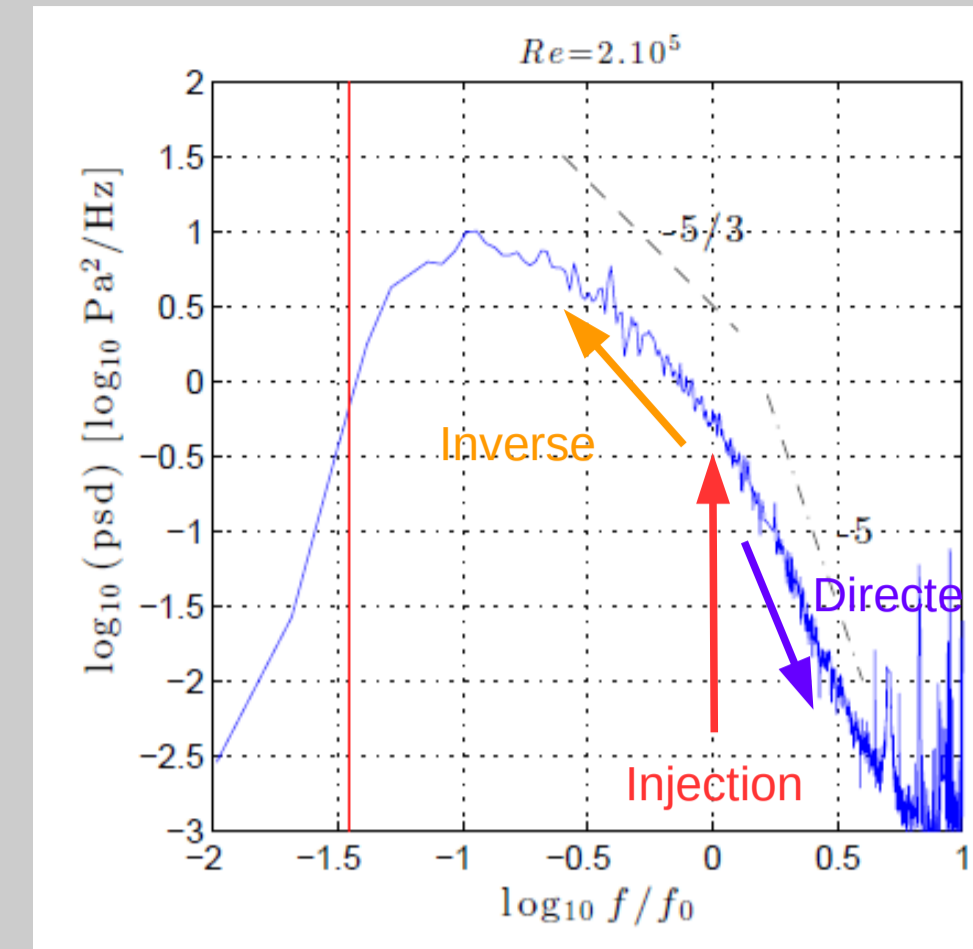
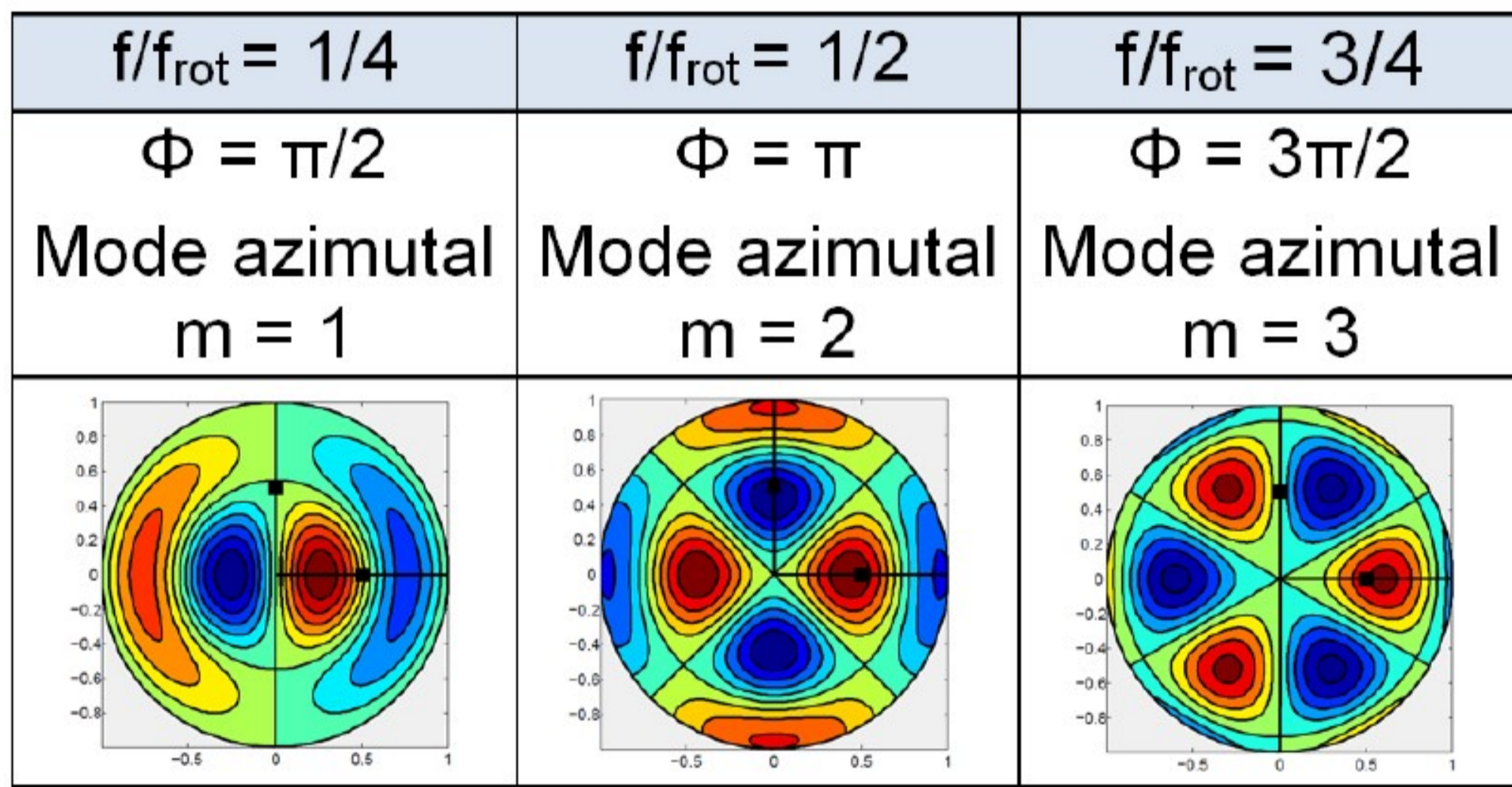
	Densité $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Vitesse de rotation $\Omega$ [tr/min]	Reynolds	Mach
Min	6,17 (vapeur)	1 000	$10^5$	0.03
Max	830 (supercritique)	10 000	$2 \cdot 10^7$	0.5

- Mesures de pression absolue (3 capteurs, champ moyen) et dynamique (2 capteurs à  $\theta = \pi/2$ ) sur le stator : existence de modes azimuthaux ?

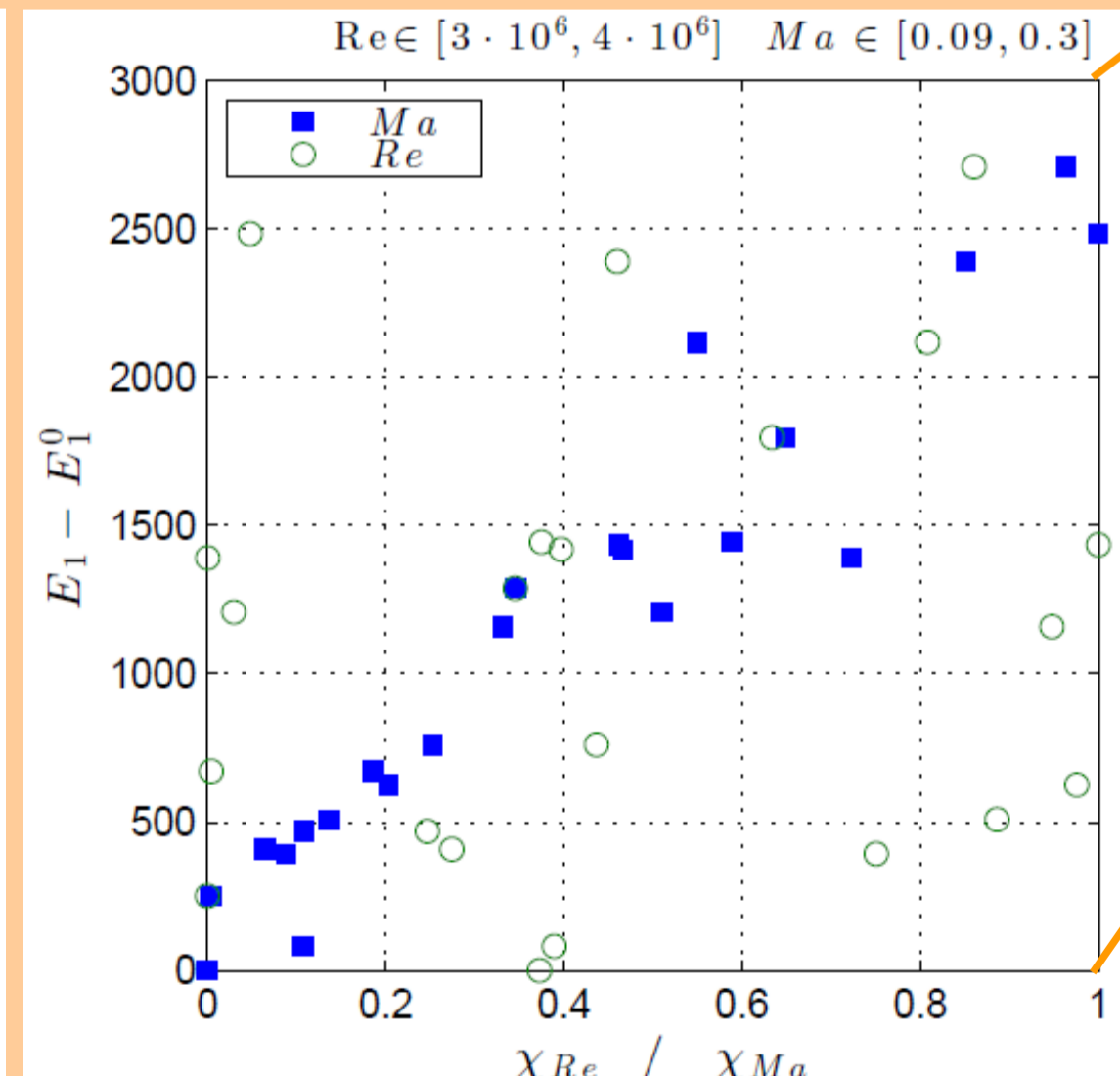
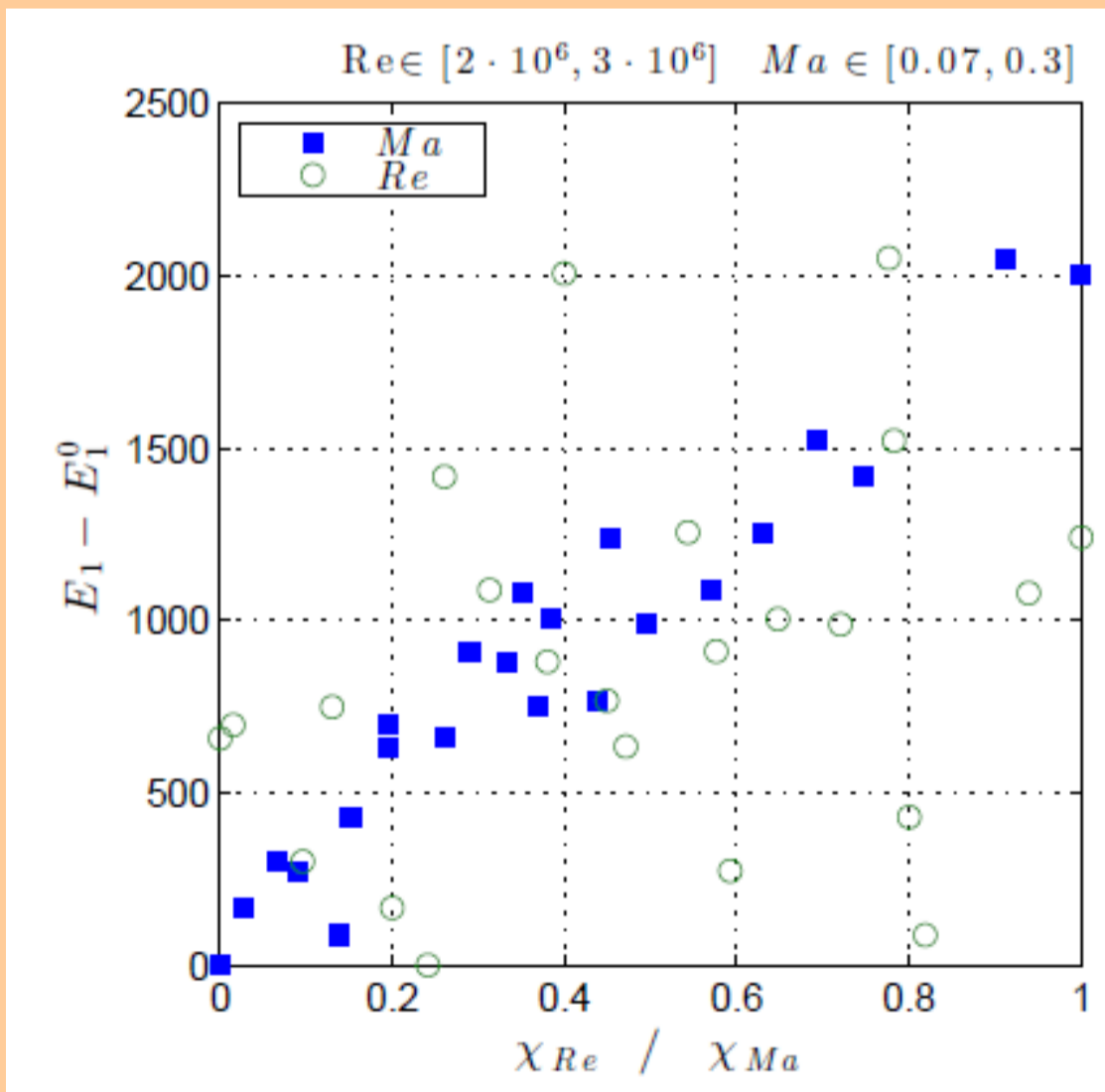
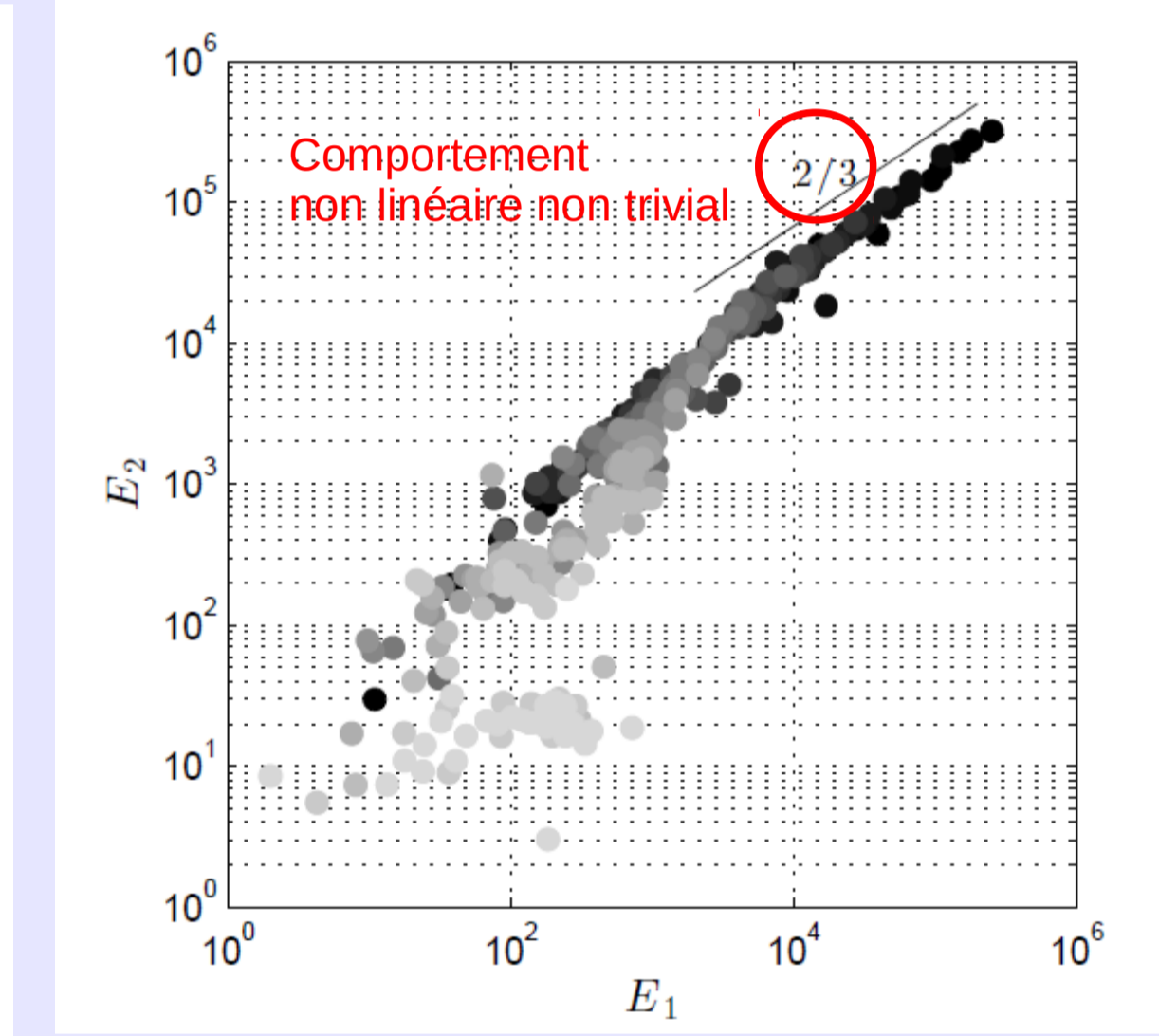
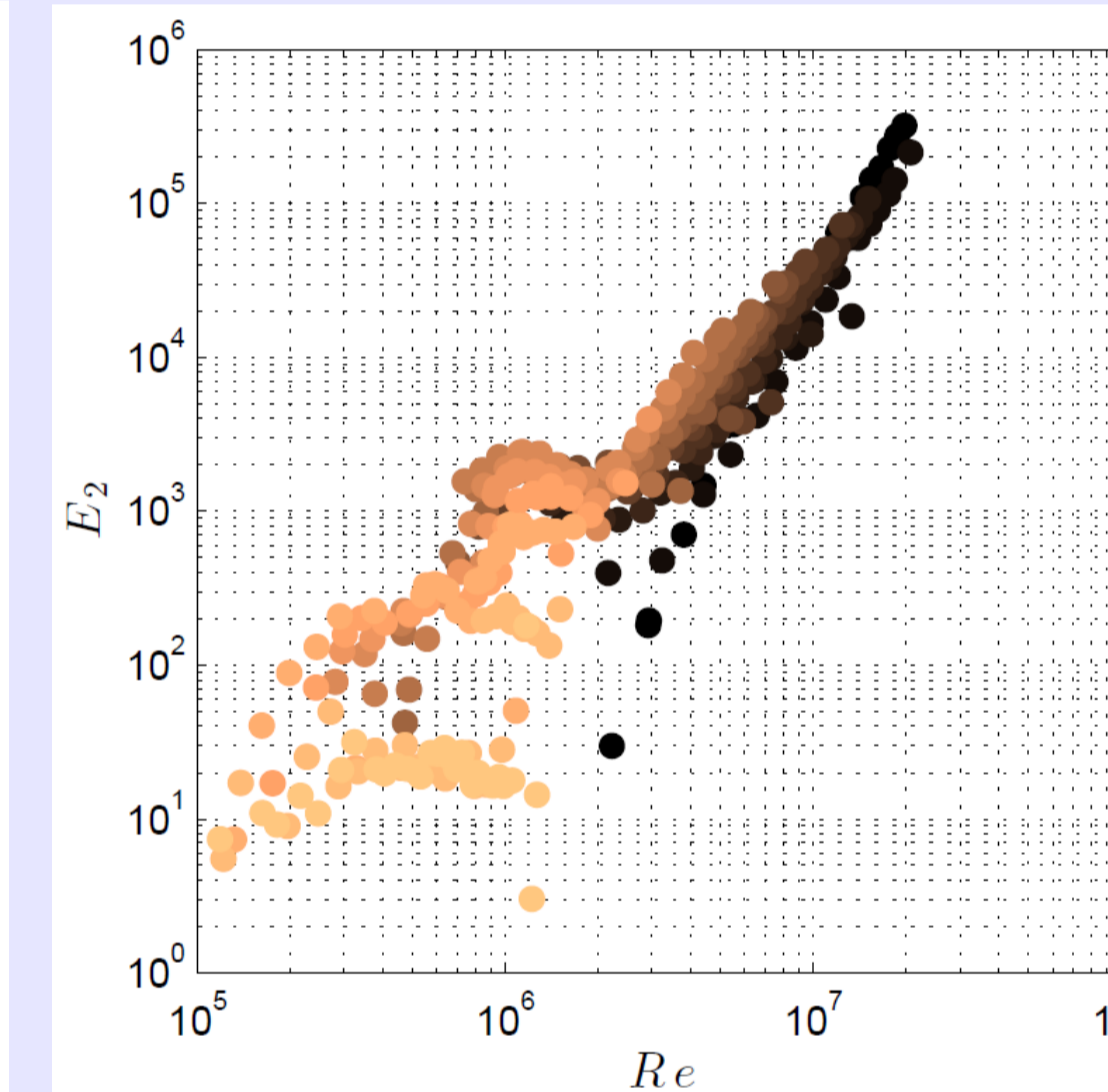
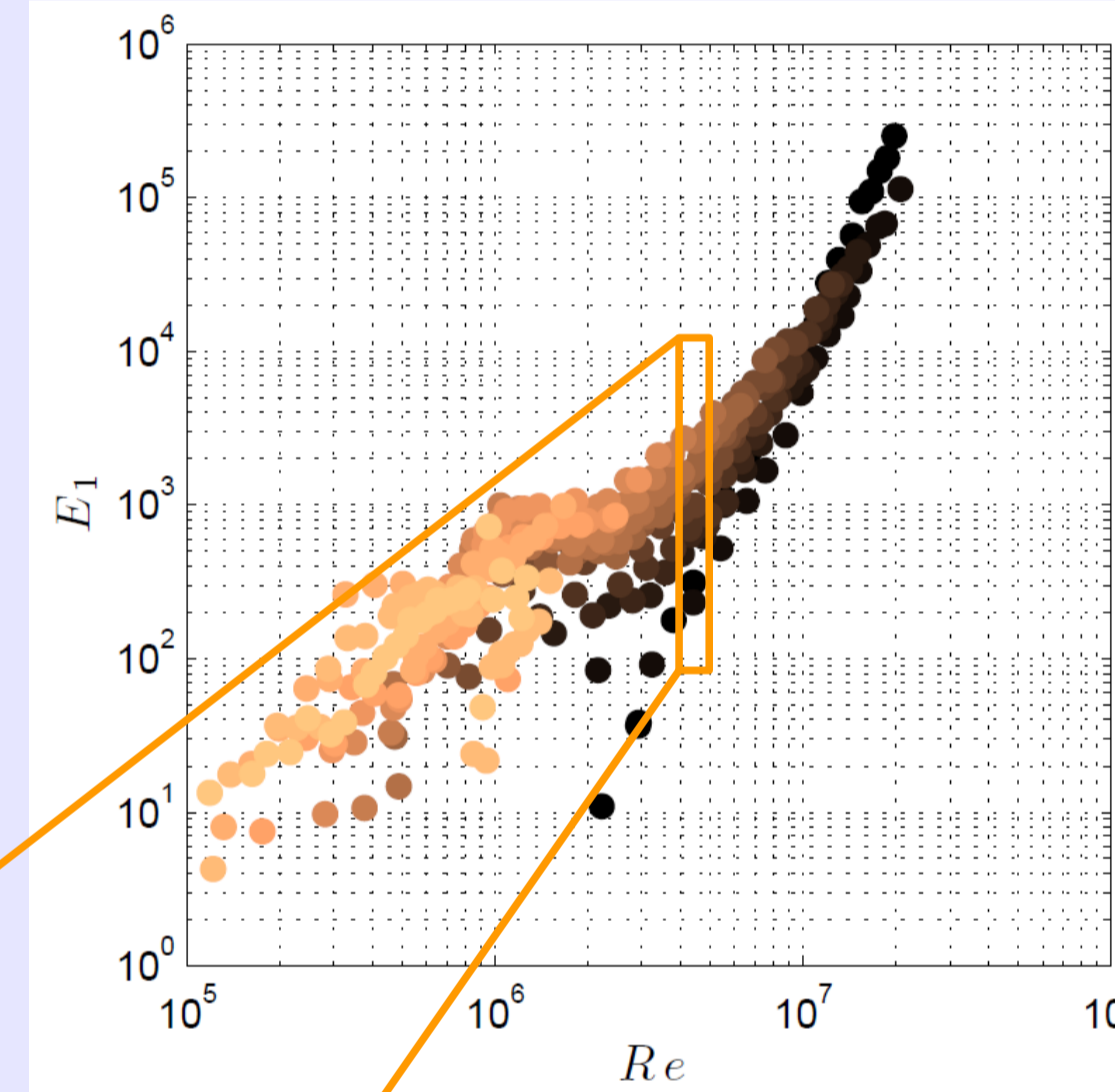




Phase et amplitude des cospectres



Spectres de puissance des signaux de pression: cascades inverse et directe et apparition de modes



$$\chi_{Ma} = (Ma - \min(Ma)) / \max(Ma - \min(Ma))$$

Evolution de l'énergie du mode m=1 avec le nombre de Mach

$$\begin{cases} \partial_t A_1 = \sigma A_1 - \alpha_1 A_2 \bar{A}_1 \\ \partial_t A_2 = \alpha_2 A_1^2 - \kappa A_2 - \beta A_2 |A_2|^2 \end{cases}$$

Amortissement classique par viscosité

Modes acoustico-inertiels ?  
Relation de dispersion:

$$\frac{\omega^4}{4\Omega^4} \frac{\Omega^2}{k^2 c^2} - \frac{\omega^2}{4\Omega^2} \left( 1 + \frac{4\Omega^2}{k^2 c^2} \right) + \frac{k_z^2}{k^2} = 0$$

$$|A_2| \propto |A_1|^{2/3}$$

