

Rencontres de l'éolien en mer – 29 mai 2024

---

# Instabilités des tourbillons hélicoïdaux : application aux sillages des éoliennes

Ivan Delbende & Maurice Rossi

Institut Jean le Rond d'Alembert  
Sorbonne Université & CNRS

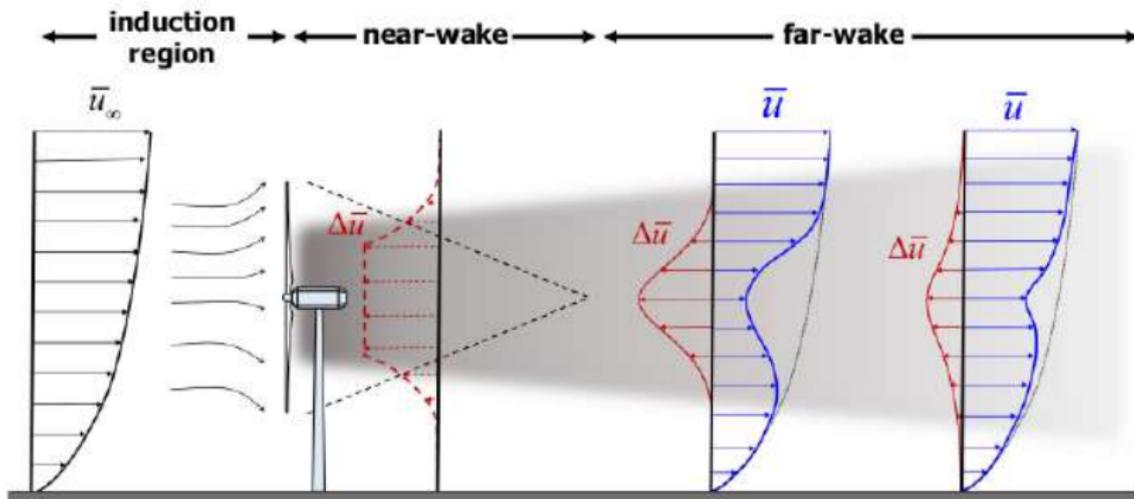


# Sillage d'éolienne

## Effet de sillage

### Écoulement moyen dans le sillage d'une éolienne

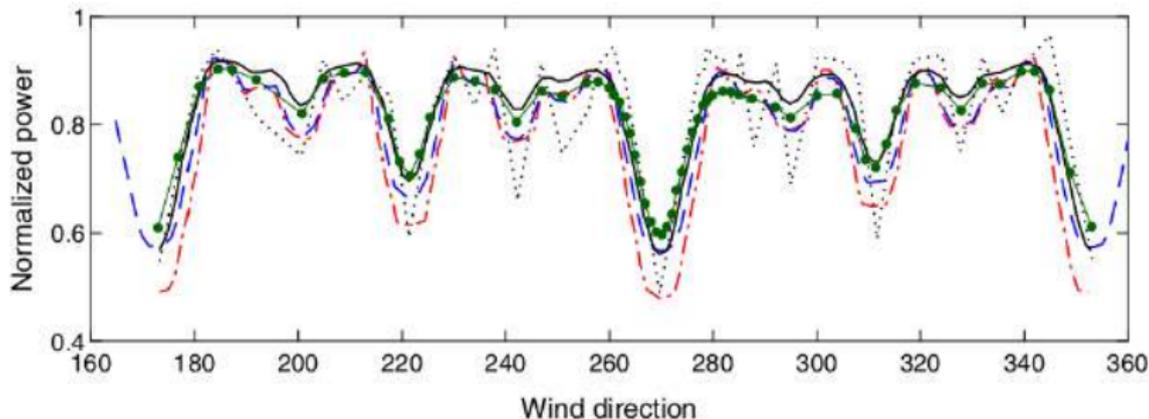
- freinage axial  $\implies$  déficit de vitesse
- mise en rotation du sillage (souvent négligée)



Porté-Agel et al. 2020

Fort enjeu pour la **production d'un parc éolien**

- Parc de Horns Rev : **effet de la direction du vent**

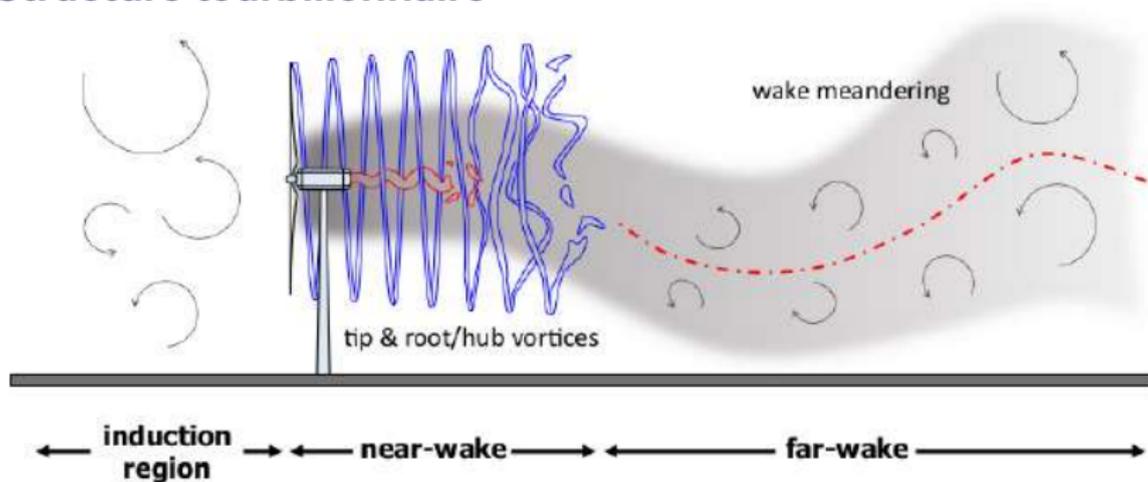


Rôles également importants

- du taux de turbulence
- de la stabilité de la couche limite atmosphérique

**Peut-on modifier le sillage ?**

### Structure tourbillonnaire

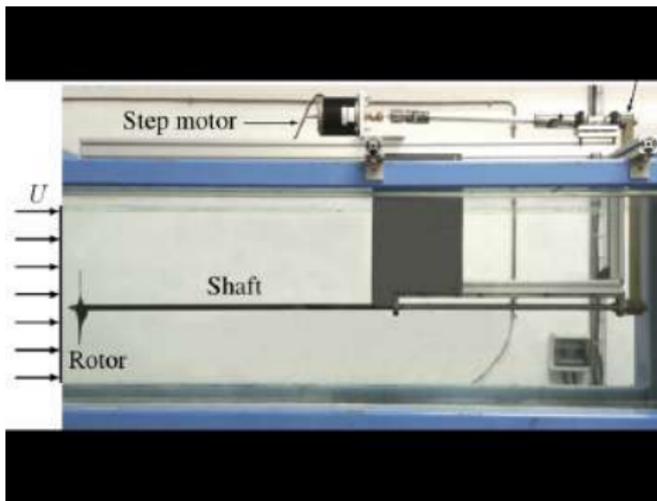


- **3 tourbillons hélicoïdaux** de bout de pale
- 3 tourbillons de moyeu (*hub*)
- **transition vers la turbulence**: plusieurs instabilités

## Expérimentation/simulation à faible vitesse

Expérience en canal à eau

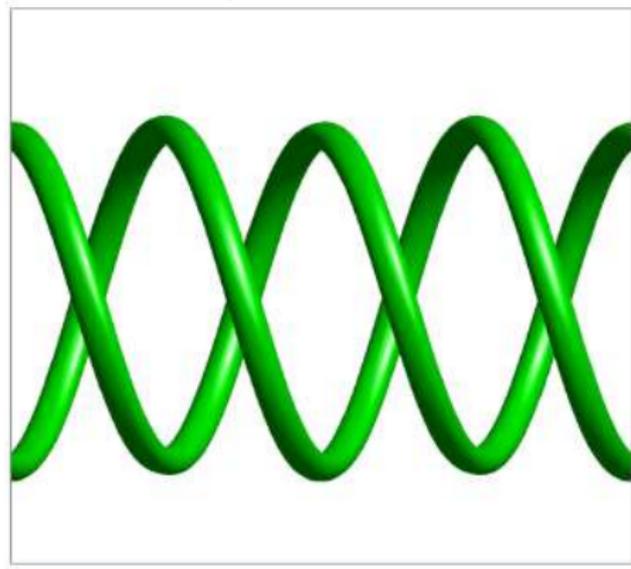
Leweke, IRPHE Marseille



Quaranta et al. 2019

Développement **spatial**

Simu en **symétrie hélicoïdale**



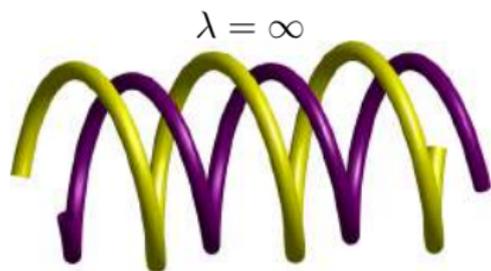
Selçuk, ID & MR 2018

Développement **temporel**

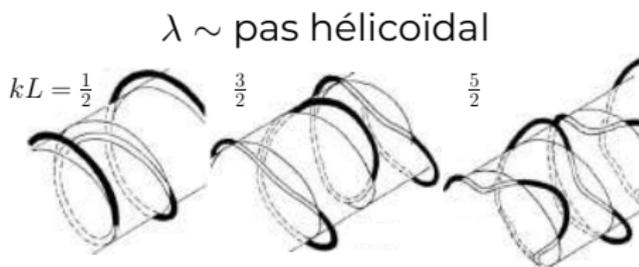
# Tourbillons de sillage

## Instabilités dans les tourbillons hélicoïdaux

- **Instabilités** de **grande** longueur d'onde  $\lambda$

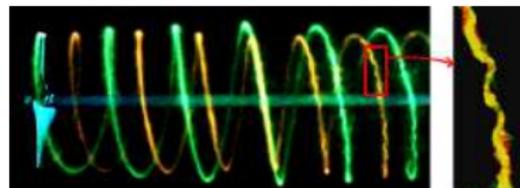


Okulov 2004, ID *et al.* 2021



Widnall 1972, Quaranta *et al.* 2015

- **Instabilités** de **courte** longueur d'onde



Quaranta *et al.* 2019

Instabilités de **résonance** dues

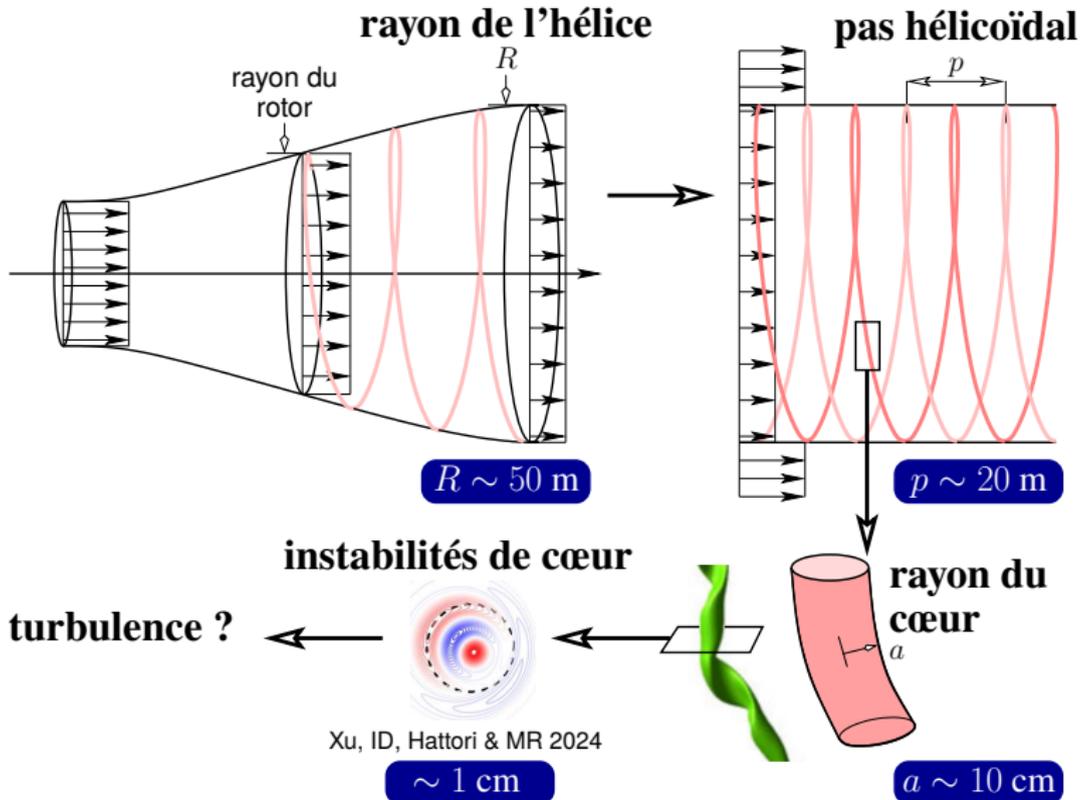
- à la **déformation elliptique**
- à la **courbure**

du vortex

# Tourbillons de sillage

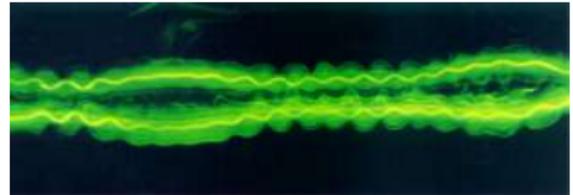
## Échelles de longueur

### Diversité des échelles déterministes

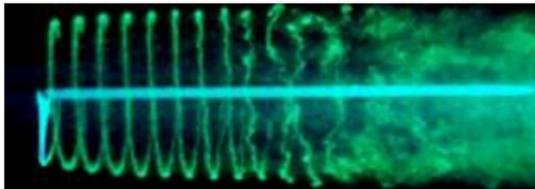


La **transition vers la turbulence** implique probablement

- une **interaction** entre **grandes** et **courtes** longueurs d'onde



Vortex de sillage d'avion  
Leweke & Williamson 1998



Sillage de rotor      Leweke 2012

- l'**instabilité secondaire** de l'instabilité de courte longueur d'onde

# Tourbillons de sillage

## Modification du sillage

Deux chercheurs ont déposé un **brevet** sur la manipulation du sillage par **dyssymétrisation du rotor** en 2020 pour l'Europe, avec une extension internationale en 2021.

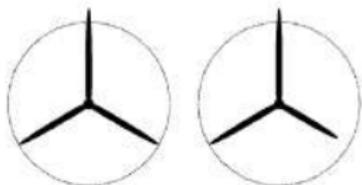


FIG. 6



FIG. 4

EP 3 985 248 A1



FIG. 5

Leweke & Sørensen 2020

## **Travail en cours : instabilités** de courte longueur d'onde

- développements théoriques et numériques
- cartographie systématique

## **Perspectives directes**

- **interactions** entre ondes **longues** et ondes **courtes**
- mécanisme(s) de la **transition vers la turbulence**

## **Sujet connexe**

- effet de la couche limite atmosphérique sur les sillages proche et lointain (Basilisk flow solver)

**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**