

# Stratégies de contrôle en vue de réduire la fatigue structurelle des éoliennes due aux conditions instationnaires de vent incident

Sandrine Aubrun (PRISME) & Caroline Braud (LHEEA)  
A. Leroy, S. Balériola, S. Loyer, P. Devinant (PRISME)  
E. Guilmineau (LHEEA)





Projet ANR (2015-2018)

## Rotors intelligents au service de l'efficacité énergétique et de la durabilité de la ressource éolienne

### Partenaires:

Laboratoire PRISME (coordinateur), *Aérodynamique, contrôle*

Laboratoire LHEEA, *Aérodynamique, contrôle*

Laboratoire LAAS , *contrôle*

Avent Lidar Technology (ALT), *LiDAR développeur*

Maia Eolis (ME), *exploitant éolien*

IFP Energies nouvelles (IFPEN), *contrôle*



- Améliorer l'efficacité de la production d'énergie éolienne
- Proposer des solutions de contrôle innovantes à l'échelle de la pale d'éolienne, de l'éolienne elle-même et d'une centrale éolienne.
- « Rotor intelligent » (smart rotor) : maîtriser en temps réel les fluctuations de charges ressenties par les éoliennes et améliorer leurs conditions de fonctionnement.
- Un consortium de 3 laboratoires, de 2 entreprises et d'un EPIC s'est constitué pour relever ce défi.



SMARTEOLE : Aerodynamic load alleviation for Wind Energy Converters

WP 0 : COORDINATION AND DISSEMINATION

Leader : PRISME

WP 1 :

TESTING  
COORDI-  
NATION

Partners:  
ME,  
ALT,  
LHEEA,  
LAAS,  
IFPEn,  
PRISME

WP 2 : INCOMING WIND CONDITIONS

Characterization of Incoming wind conditions through measurement campaign for control  
Partners : ALT, ME, IFPEn, PRISME

WP 3 : CONTROL

Development of innovative control strategies  
Partners : IFPEn, LHEEA, LAAS, PRISME

WP 4 : BLADE AIRFOIL SCALE  
Tests on blade-scale control strategies using plasma and fluidic actuators  
Partners : LHEEA, PRISME

WP 6 : WIND FARM SCALE  
Tests on wind farm-scale control strategies  
Partners : ME, ALT, IFPEn

WP 5 : WIND TURBINE SCALE

Tests on wind turbine-scale control strategies (best actuation from WP4 in lab scale and pitch control in full scale)  
Partners : PRISME, ME, IFPEn, ALT, LHEEA



ANTICIPATION



PROCESSING

Optimization of action

Retroaction loop

ACTION



All partners: Conclusions and recommendations for next steps (Ademe project, European project, Networks)



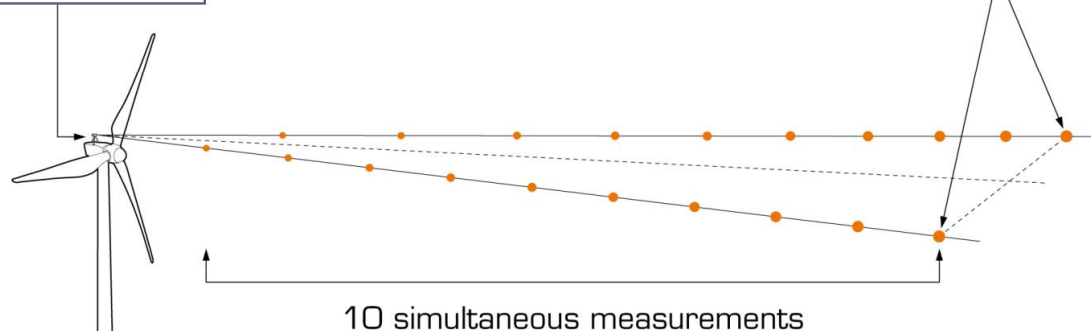
## From feedback to predictive control



Nacelle-mounted Lidar



Mesure anticipée  
du vent incident



2 horizontal lines of sight

10 simultaneous measurements

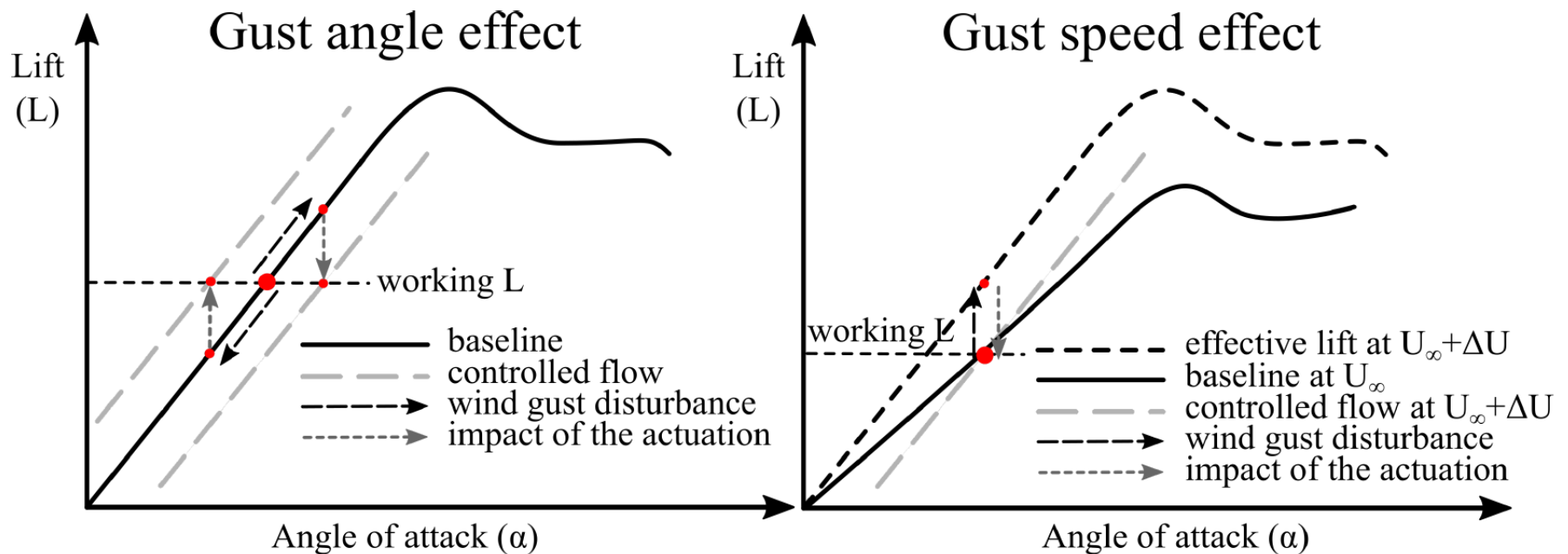




# SMARTEOLE WP4 : à l'échelle de la pale

- Contrôle de circulation (portance)

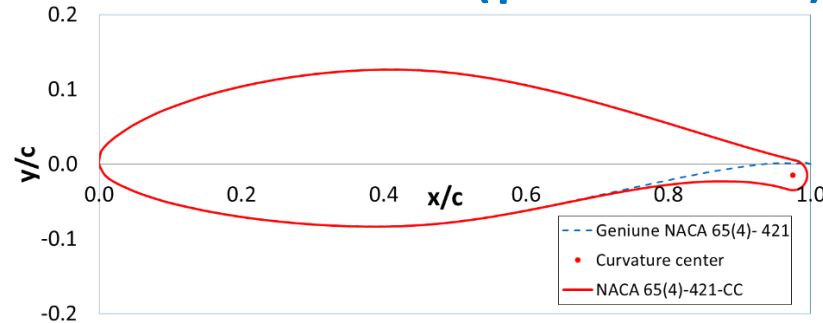
Maintenir un point de fonctionnement constant quelque soient les perturbations de vent incident



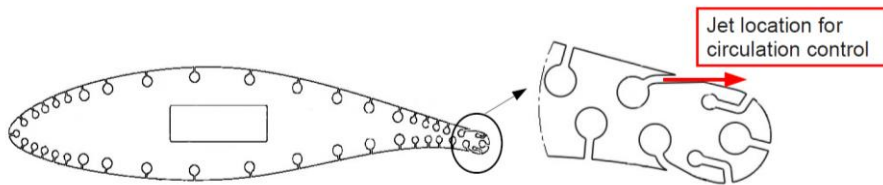


# SMARTEOLE WP4 : à l'échelle de la pale

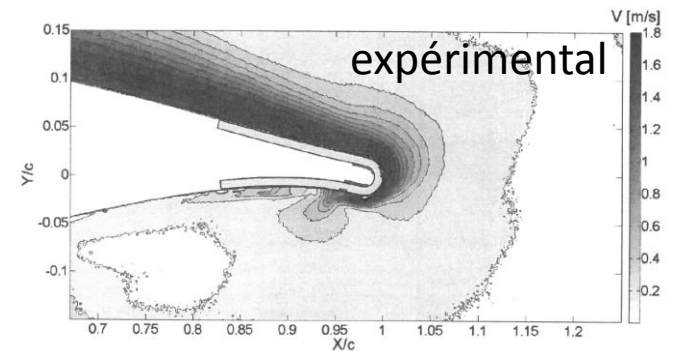
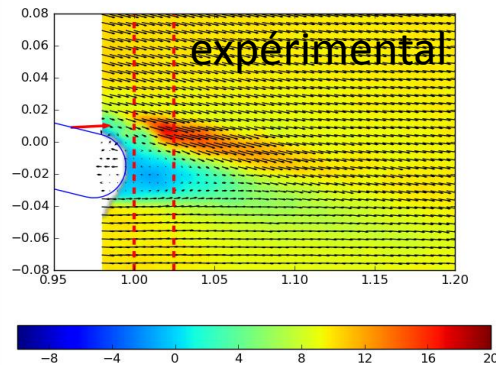
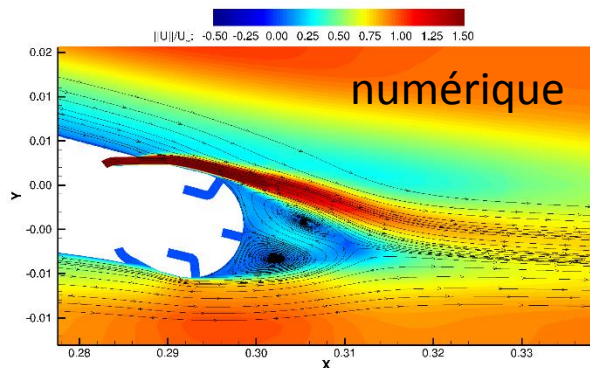
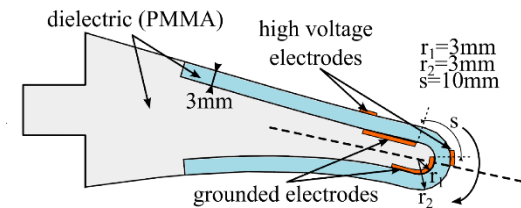
## • Contrôle de circulation (portance)



Par jets continus et/ou pulsés,  
localisés et/ou distribués

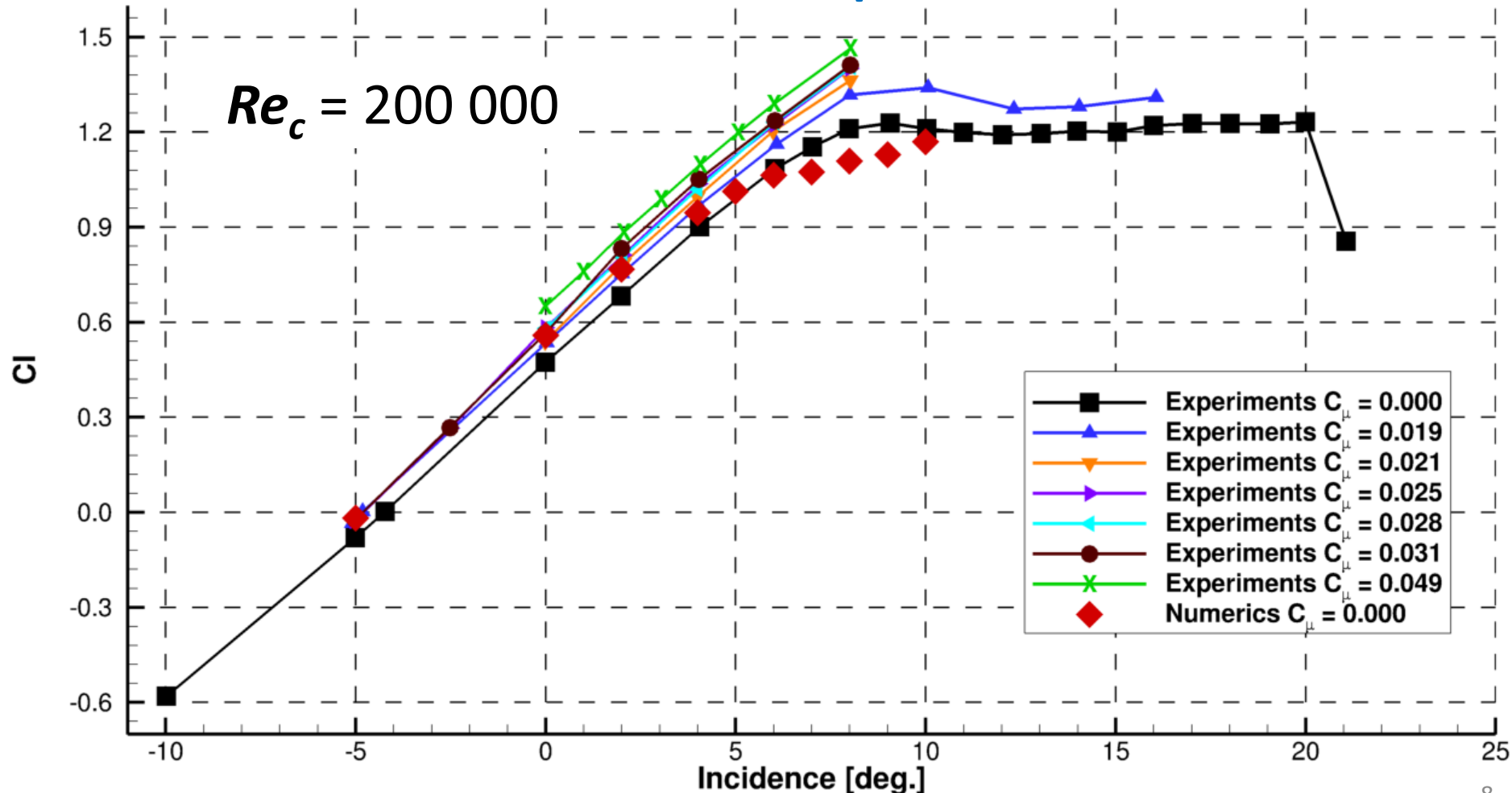


Par actionneurs plasma





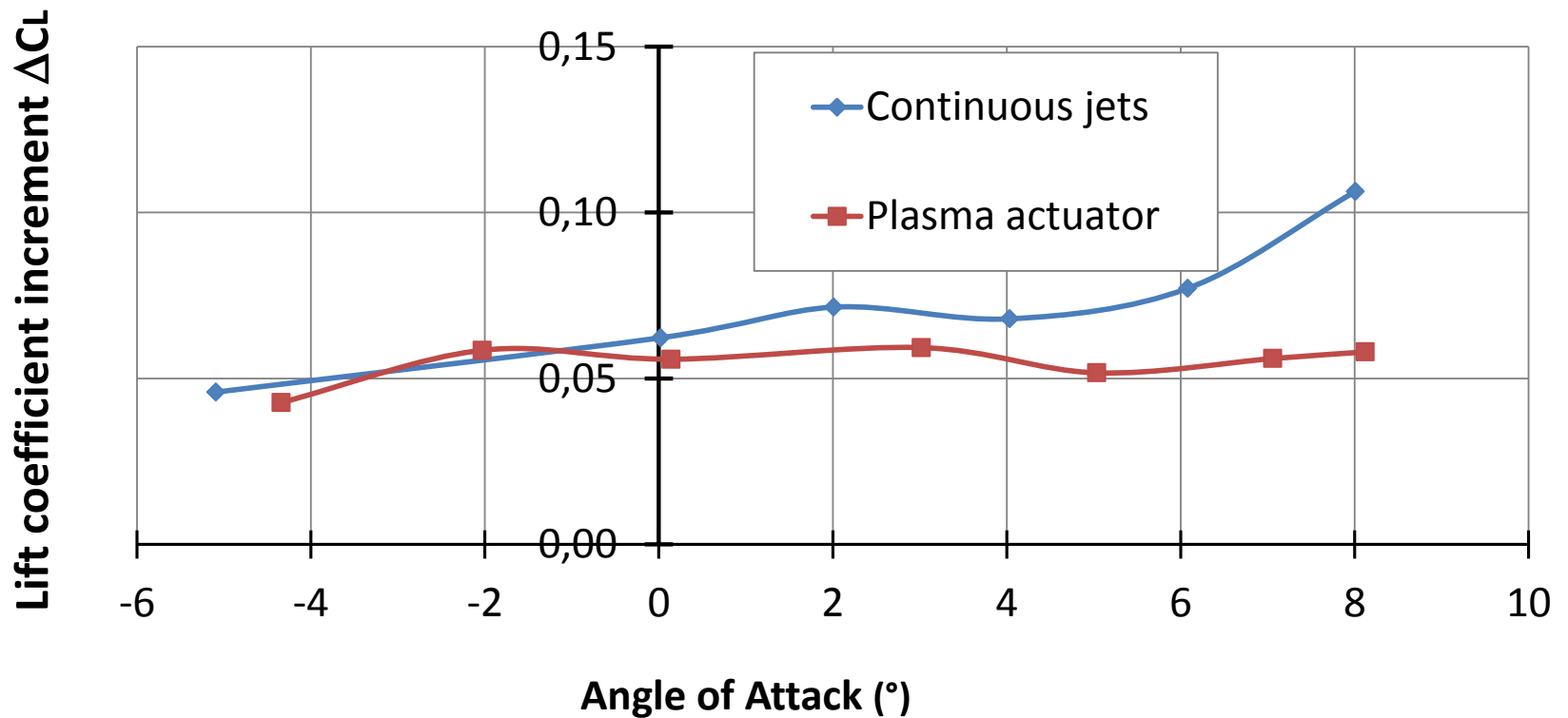
### Coefficient de portance







$$Re_c = 200\ 000$$



Même résultats malgré des mécanismes d'action très différents (2D/3D)  
L'efficacité doit être améliorée

- Vent incident
  - Non perturbé
  - Perturbé par le sillage d'une autre éolienne
- En relation avec le WP6 : à l'échelle de la ferme (« management » de fermes)
  - Bridage de l'éolienne amont (réduction d'impact)
  - Désalignement pour dévier le sillage
- Modèles stationnaires et instationnaires de sillages éoliens



# SMARTEOLE Campagne de mesures

Novembre 2015 – Mai 2016


Exploitant: Maia Eolis



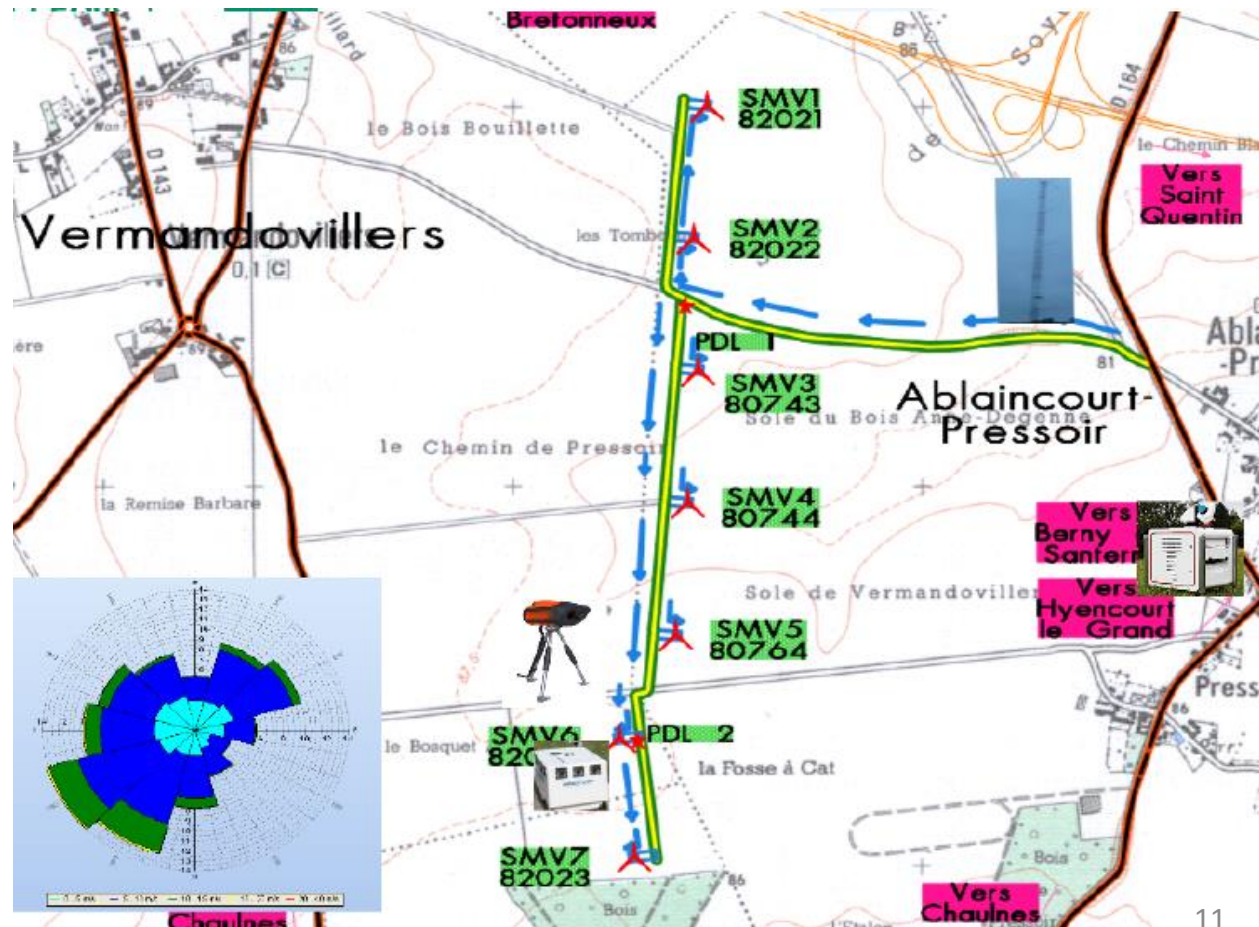
Eoliennes Senvion MM82

Lidars :  LEOSPHERE  
THE ATMOSPHERE IS YOURS

- scannant : Leosphere  
Windcube 200S

- Monté sur nacelle :   
Leosphere "5-beam lidar"

Inclinomètre 2-axes dans nacelle





## Novembre 2015 – Mai 2016


Exploitant: Maia Eolis



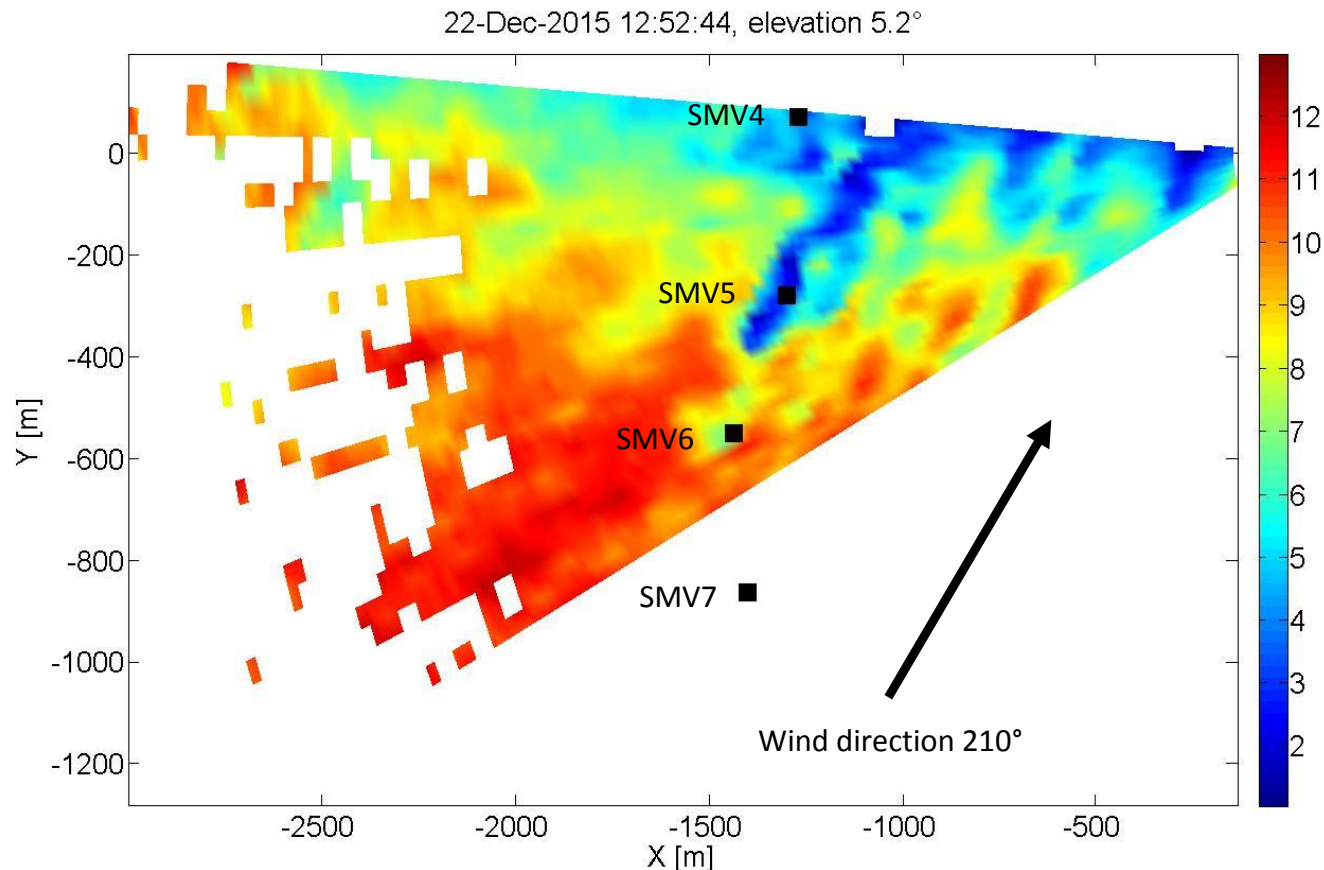
Eoliennes Senvion MM82

Lidars :  LEOSPHERE  
THE ATMOSPHERE IS YOURS

- scannant : Leosphere  
Windcube 200S

- Monté sur nacelle :   
Leosphere "5-beam lidar"

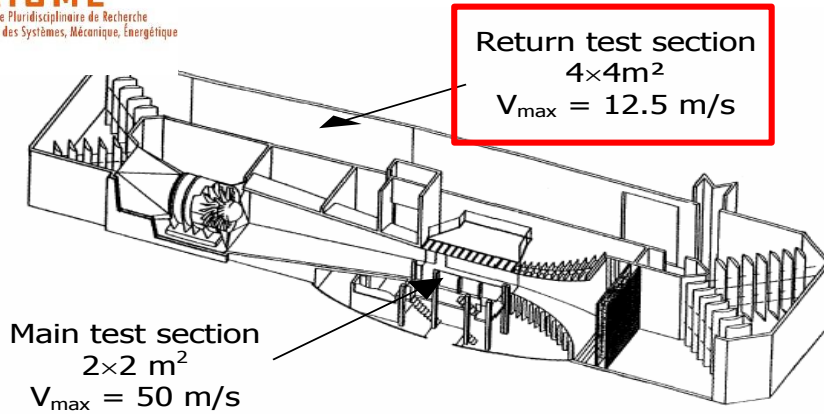
Inclinomètre 2-axes dans  
nacelle



Méandrement du  
aux grandes échelles de turbulence



# SMARTEOLE Similitude en soufflerie

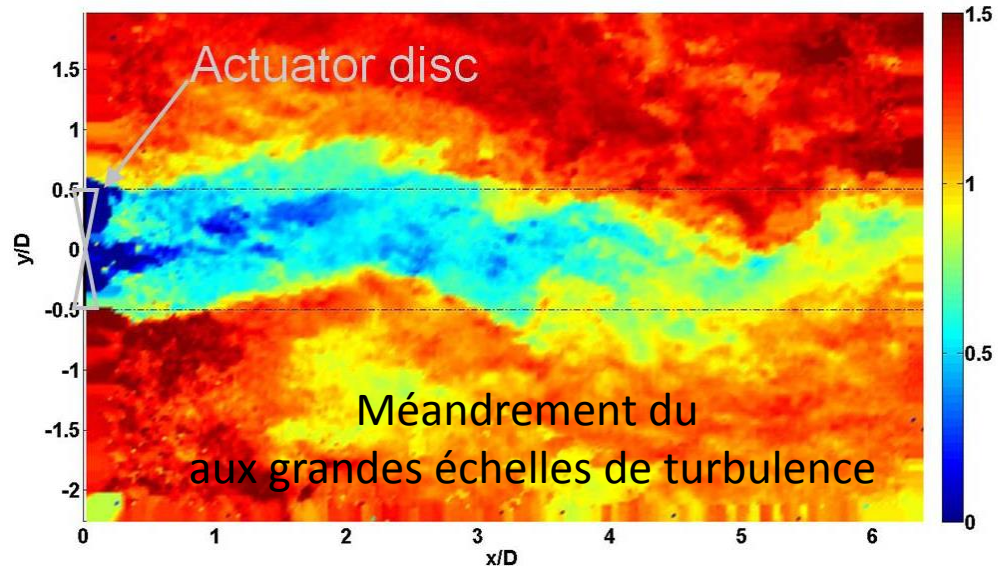
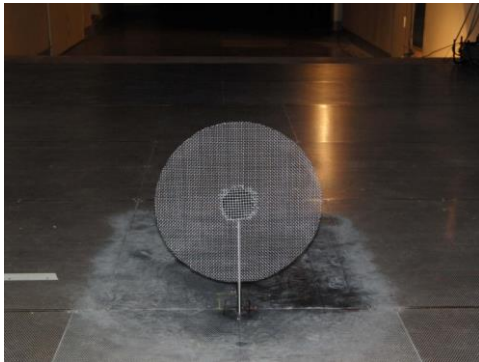


Turbulence grid



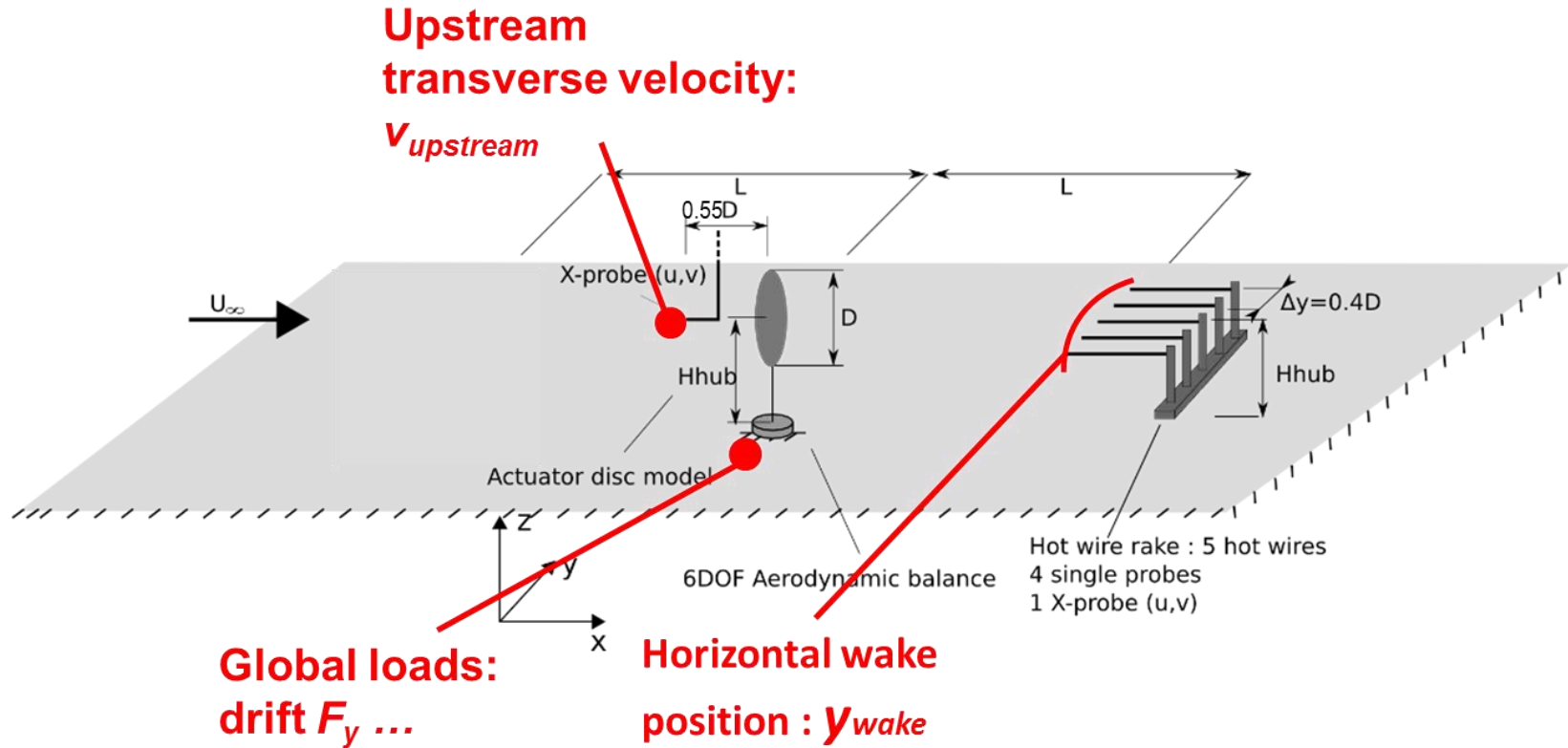
Wind direction

geometric scale 1:400

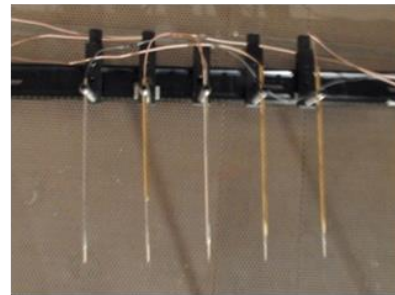




# SMARTEOLE Similitude en soufflerie



$D = 200\text{mm}$   
 $a = 0.19$





- Corrélations entre les fluctuations :
  - Vent incident
  - Déplacement global de l'éolienne
  - Position du sillage
- Modèles de méandrement
- La position du sillage peut être monitorée par la mesure du vent incident et/ou des efforts globaux
- Données d'entrée pour stratégies de contrôle de fermes



- **Projet ANR SMARTEOLE en cours**
  - **Contrôle à l'échelle de la pale:**
    - Résultats prometteurs mais l'efficacité doit être augmentée
    - Contrôle en boucle fermée en soufflerie
  - **Contrôle à l'échelle du rotor**
    - Pitch control avec prise en compte de la mesure anticipée du vent incident (IFP-En, Leosphere, Maia Eolis)
    - Validation à échelle réelle
  - **Contrôle à l'échelle de la ferme**
    - Campagnes de mesures en cours
    - Caractérisation des interactions de sillages, modèles
    - Scénarios de contrôle à tester