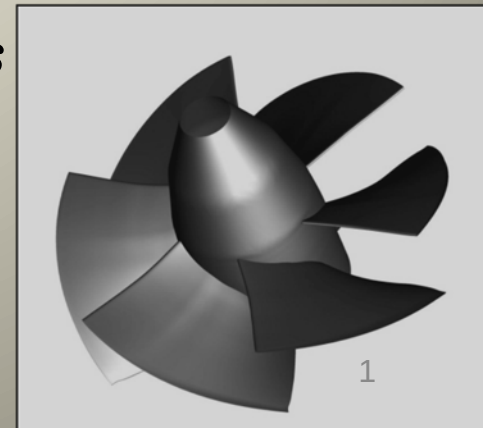


*La place de l'énergies hydraulique dans le panel des
énergies renouvelables - Session 5. Pérennité et
optimisation des équipements hydrauliques
Les Entretiens Jacques Cartier 2012*

**Succès d'une collaboration Industrie-
Université pour la recherche
précompétitive sur les turbines
hydrauliques menant au développement
d'outils expérimentaux et numériques**

*Prof. Claire Deschênes
Laboratoire de machines hydrauliques
LAMH*



Contenu

1. Motivation pour la recherche sur l'hydraulique des turbines de basses chutes
2. Une collaboration industrie-université
3. Quelques résultats de recherche
4. En guise de conclusion

1. Motivations pour la recherche sur l'hydraulique des turbines de basses chutes

Contexte :

Réhabilitation de centrales existantes

Nouvelles centrales de basse chute

Impact de la diversification sur le fonctionnement

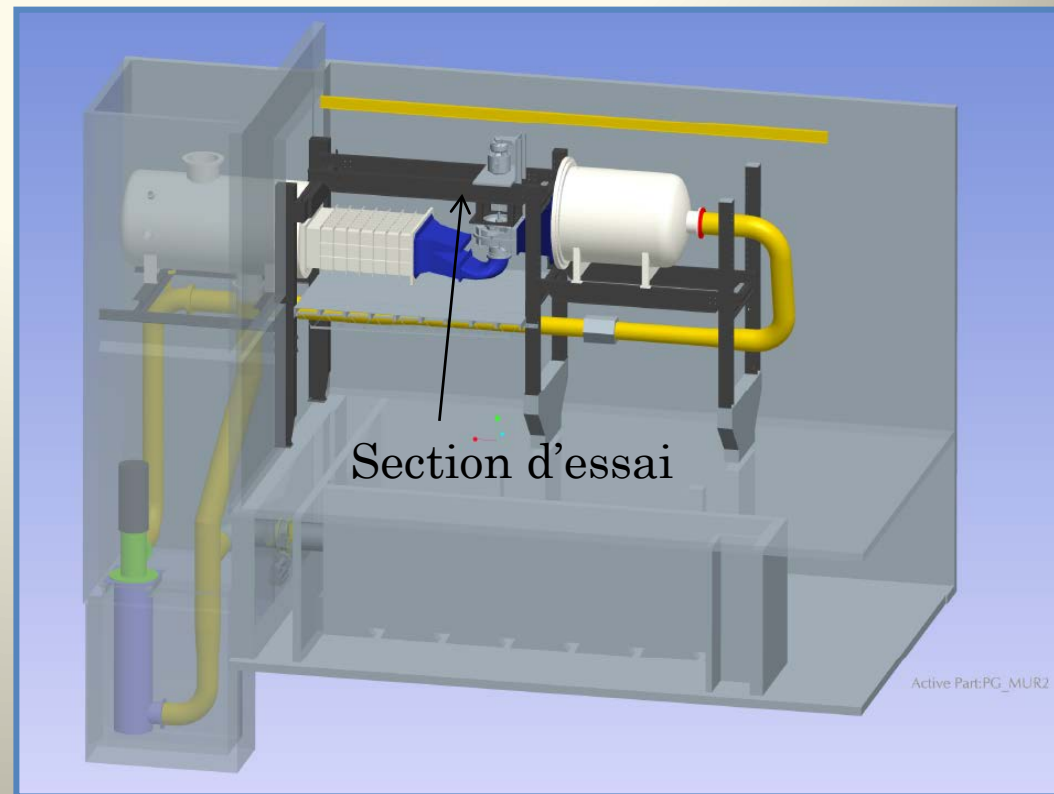
Soutien à l'industrie :

- Pour l'analyse des phénomènes hydrauliques dans la turbine
- Pour l'amélioration des modèles numériques et la validation numérique
- Pour répondre au besoin en PHQ

1. Motivations pour la recherche sur l'hydraulique des turbines de basses chutes

Le banc d'essai principal du LAMH permet de réaliser :

1. Des essais classiques sur des modèles réduits
2. Des essais de nouvelles turbines
3. Des mesures fines



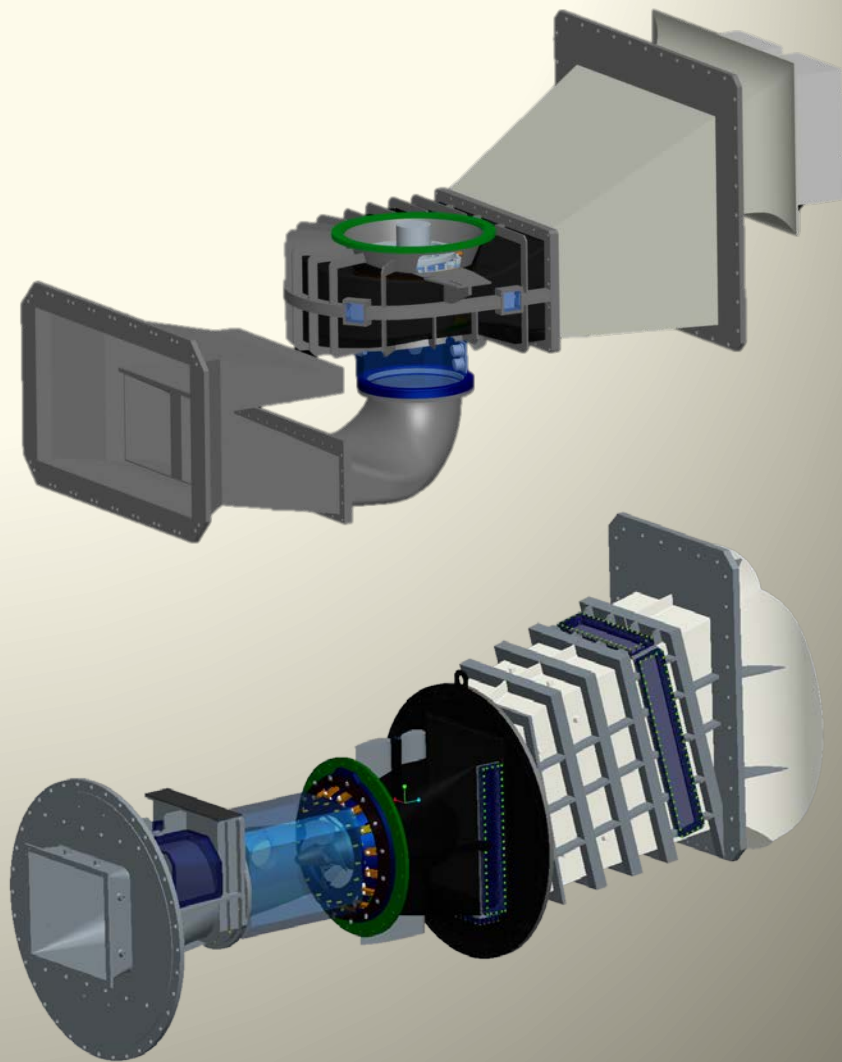
Active Part-PG_MUR2

2. Une collaboration Industrie-Université

Consortium en machines hydrauliques

Recherche pré-compétitive pour améliorer les codes de conception hydraulique (CFD) et analyser les phénomènes hydrauliques singuliers qui ont lieu dans la machine à divers points d'opération (OP)

Deux turbines de basse chute:
AxialT (2007-2011)
BulbT (2011-2015)

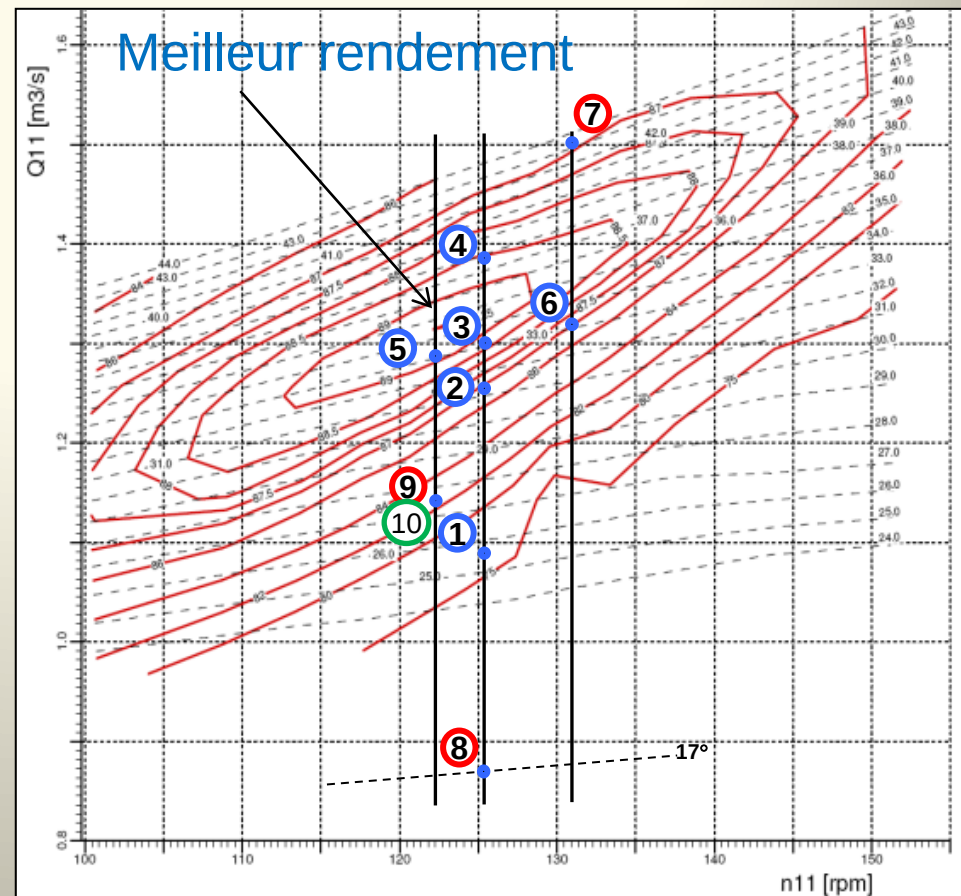


2. Une collaboration Industrie-Université

Projet AxialT, turbine hélice 10 points d'opération

Caractéristiques des OP mesurés:

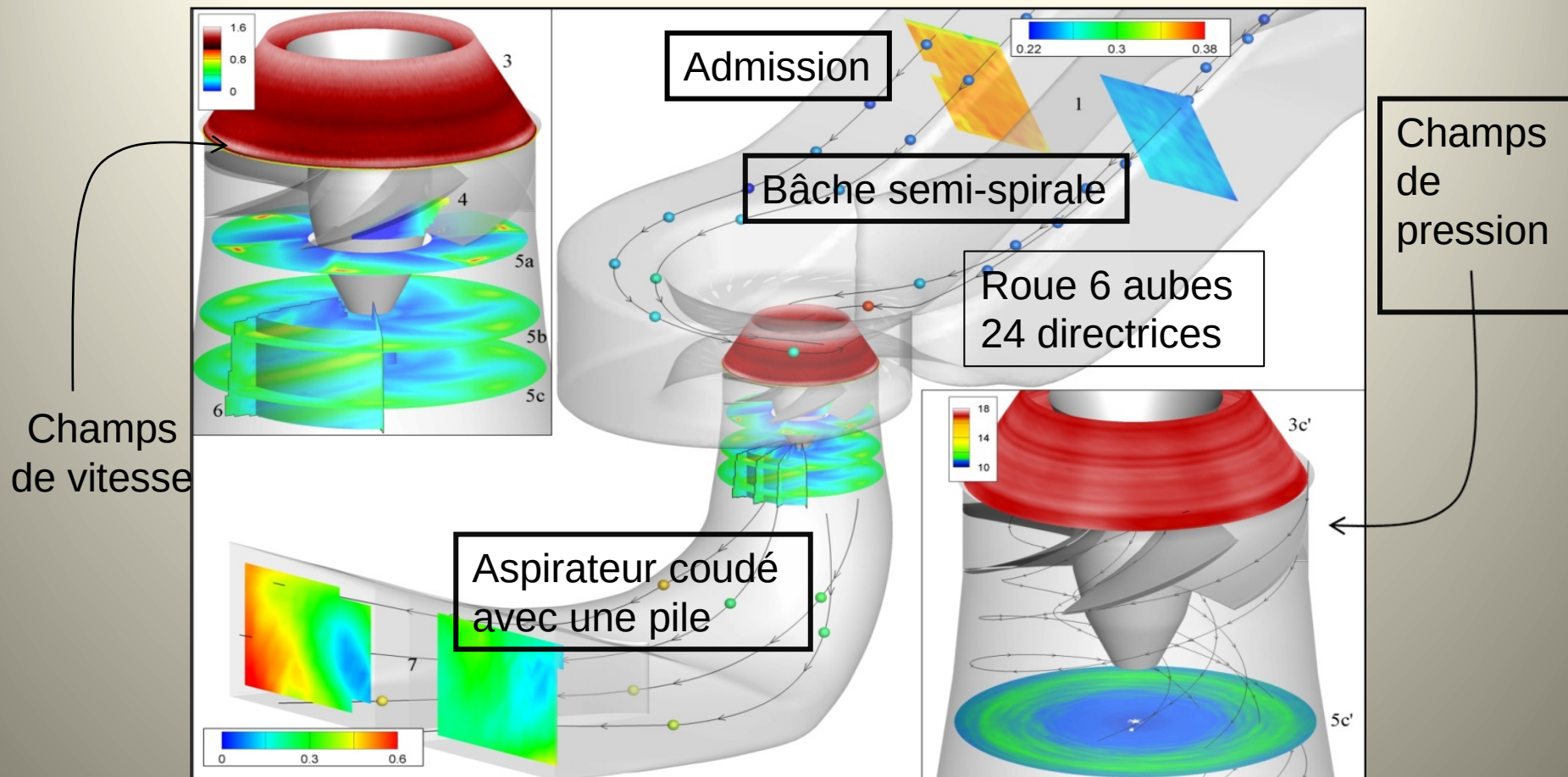
OP	G-V α	N_{11}	$Q_{11}/Q_{11\text{ opt'}}$	$\eta/\eta_{\text{opt'}}$
	[°]	[rpm]	[-]	[-]
1	25	124	0.828	0.86
2	31	124	0.963	0.974
3	33	124	1	1
4	38	124	1.071	0.992
5	33	121	0.99	1.002
6	33	130	1.016	0.976
7	44	130	1.168	0.969
8	17	124	0.612	0.673
9	27	121	0.875	0.906
10	26	121	0.845	0.905



OP mesurés sur colline de rendement

2. Une collaboration Industrie-Université

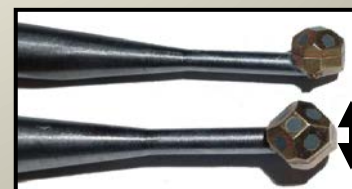
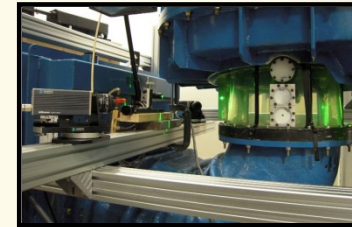
Projet AxialT - Géométrie et mesures



2. Une collaboration Industrie-Université

Développement de techniques de mesures à partir d'instruments de base

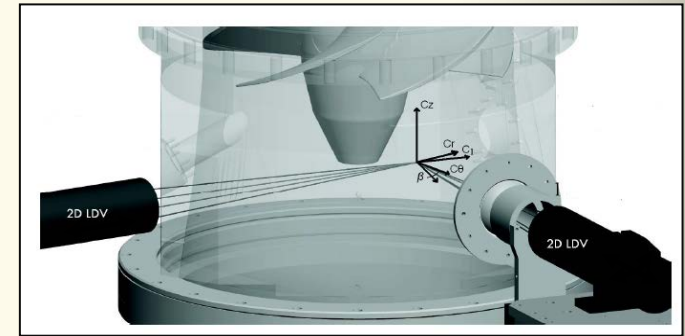
- Laser Doppler Velocimetry (**LDV**)
2 composantes de la vitesse en un point
- Particle Image Velocimetry (PIV)
3 composantes de la vitesse sur un plan
- Sonde de pression instationnaire
3 composantes de la vitesse, de la pression statique et de la pression totale
- Aubes instrumentées
pressions et contraintes instantanées sur les aubes de roue



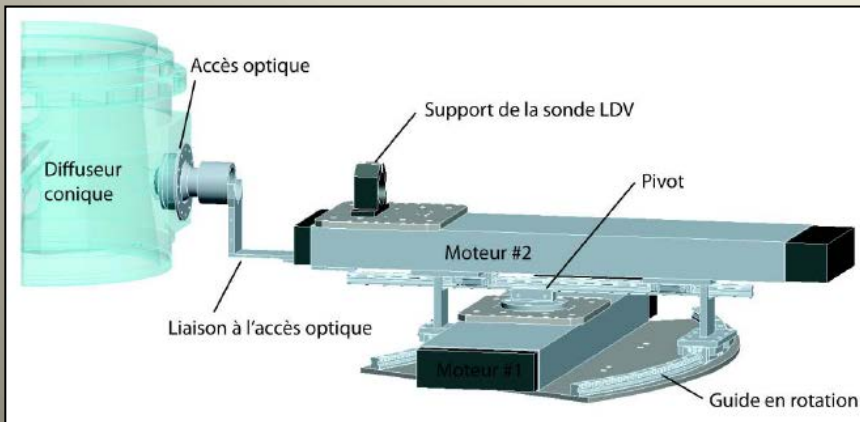
3.A) Système de déplacement pour LDV sous la roue

Un des champs de recherche toujours actifs est l'obtention des vitesses expérimentales pour valider la CFD dans l'aspirateur ou comme conditions limites

Un système de positionnement a été créé pour obtenir la vitesse radiale. Deux mesures en un point par différents angles de vue ont permis de reconstruire les 3 composantes de vitesse



2 angles de vue différents au même point



Système de déplacement du LDV - dessin

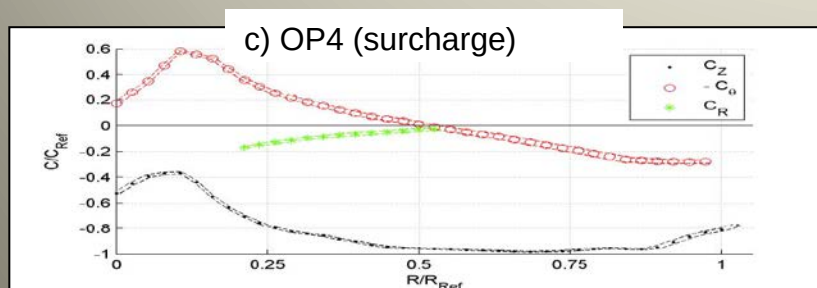
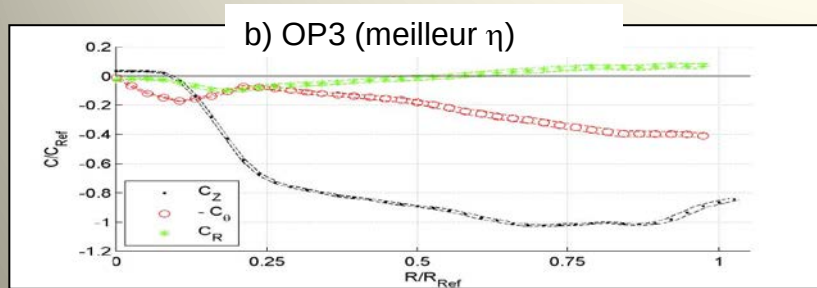
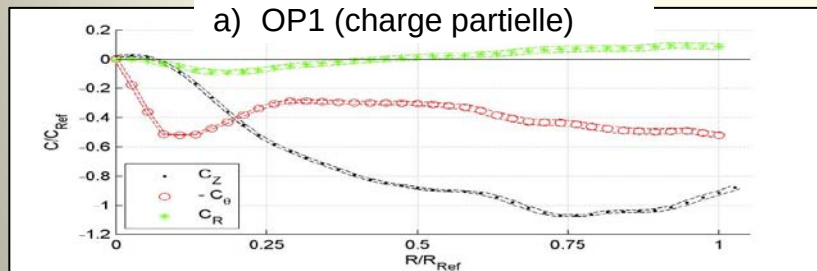


Système de déplacement du LDV - photo

3.A) Système de déplacement pour LDV sous la roue

Profils de vitesse moyens sous la roue

Noir C_z/C_{ref} ; Rouge C_θ/C_{ref} ; Vert C_r/C_{ref} ;

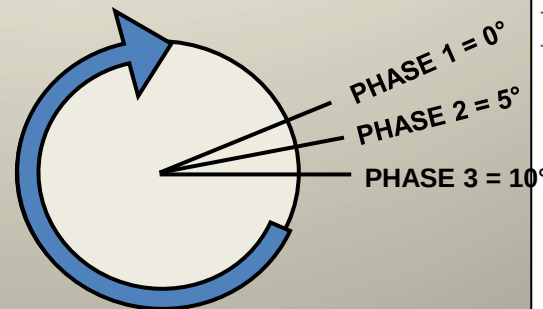


OP3
de haut en bas:

C_z/C_{ref}

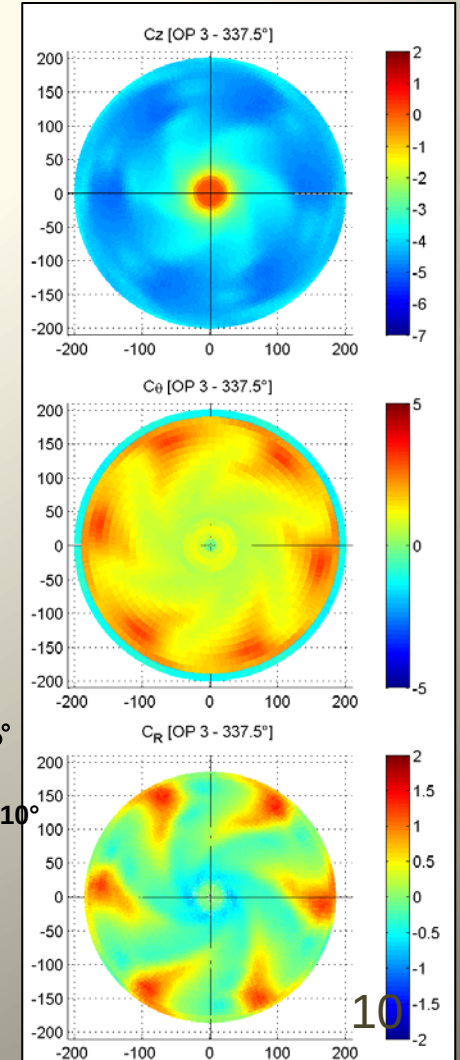
C_θ/C_{ref}

C_r/C_{ref}



Phases (dans le repère de la roue)

Vitesses de phase (dans le repère de la roue)

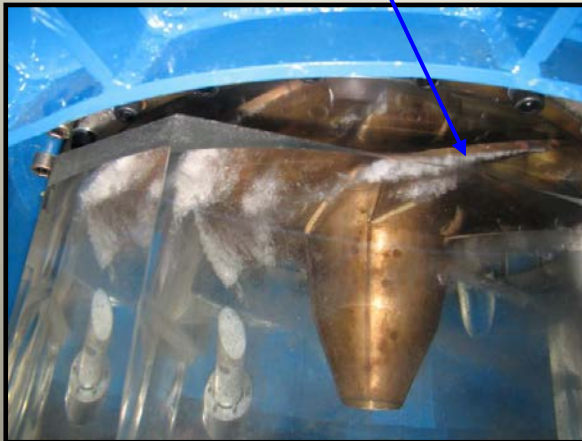


3.B) PIV interaube dans la roue

La roue est le lieu de transfert de l'énergie hydraulique
Au PMR, bon écoulement, simulations CFD fiables
Loin du PMR, écoulements secondaires, cavitation...

**Rendement
optimum
(OP3) :**

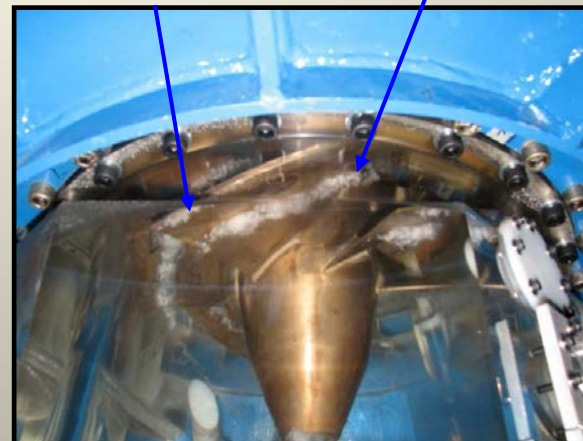
Vortex de
bout d'aube



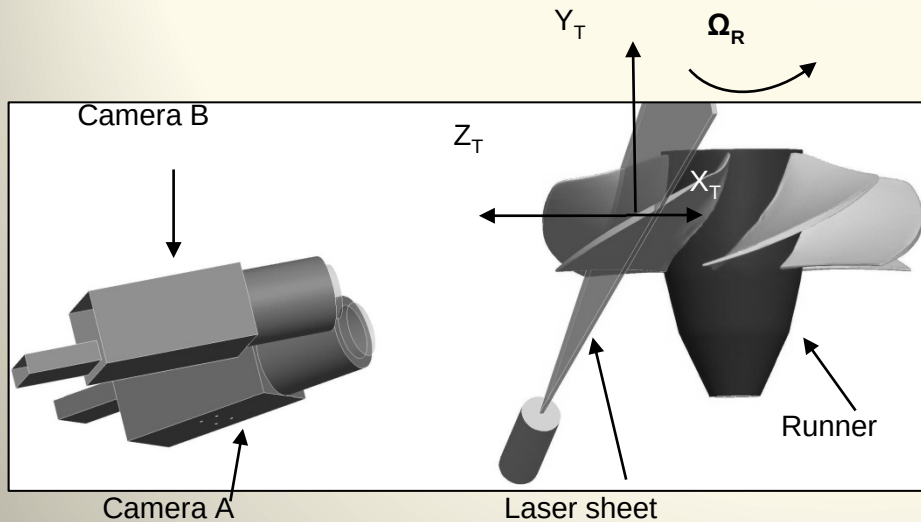
**Charge
partielle
(OP1) :**

Vortex de
bout d'aube

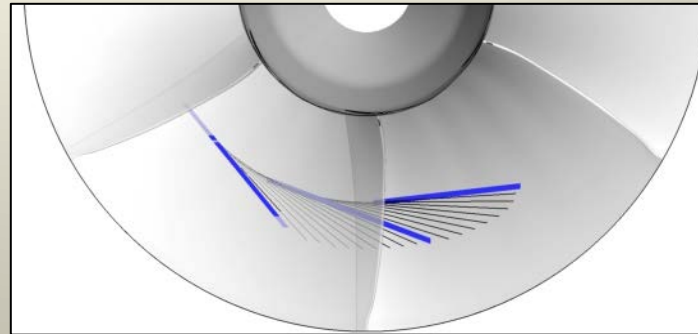
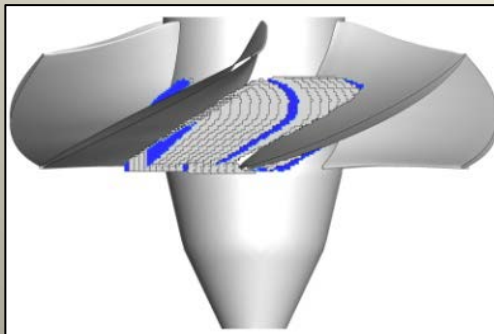
Vortex de bord
d'attaque près du
moyeu



3.B) PIV interaube dans la roue



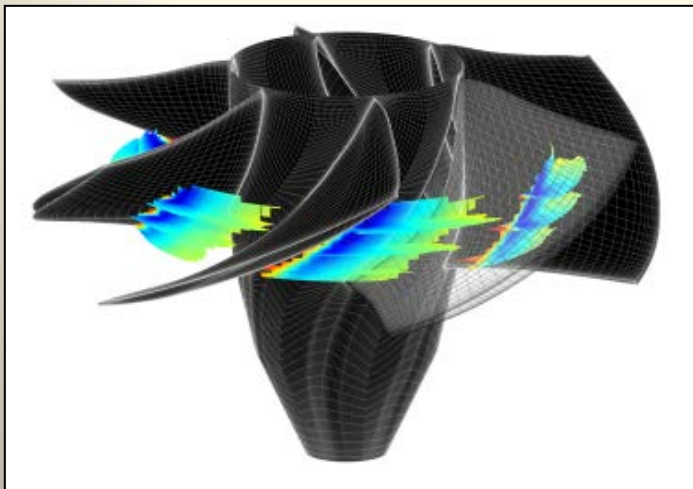
Configuration des mesures à la section 4



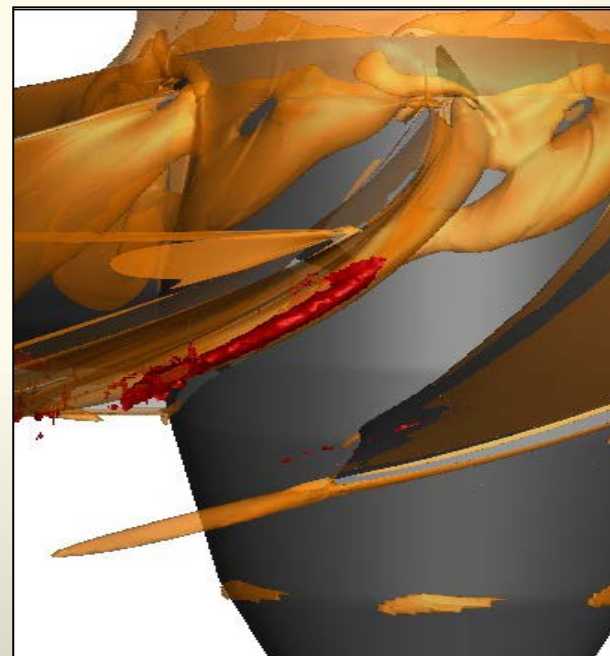
Reconstruction du volume mesuré à partir de
20 positions angulaires de la roue

3.B) PIV interaube dans la roue

Champ de vitesse en moyenne de phase entre 2 aubes



Isocontours de la vitesse relative mesurée à charge partielle (OP1)

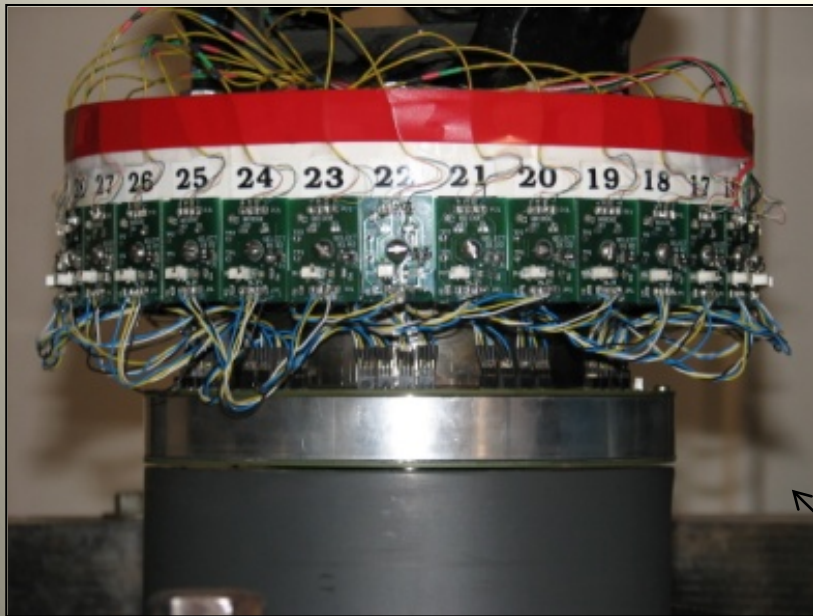


Vortex en fer à cheval tel que révélé par les contours de vorticité
CFD (en marron) ; PIV (en rouge)

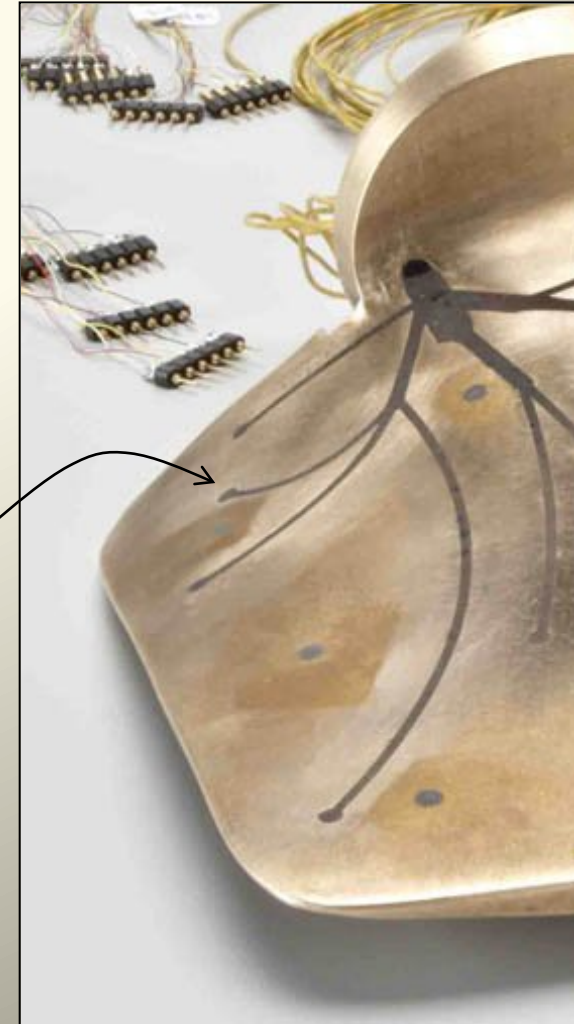
3.C) Pressions et contraintes sur les aubes de roue

Permet d'acquérir des données sur une composante tournante

ATCOM Télémétrie, 32 canaux à 5 KHz



31 capteurs de pression ont été positionnés en surface de 2 aubes de roue et le signal transmis par télémétrie

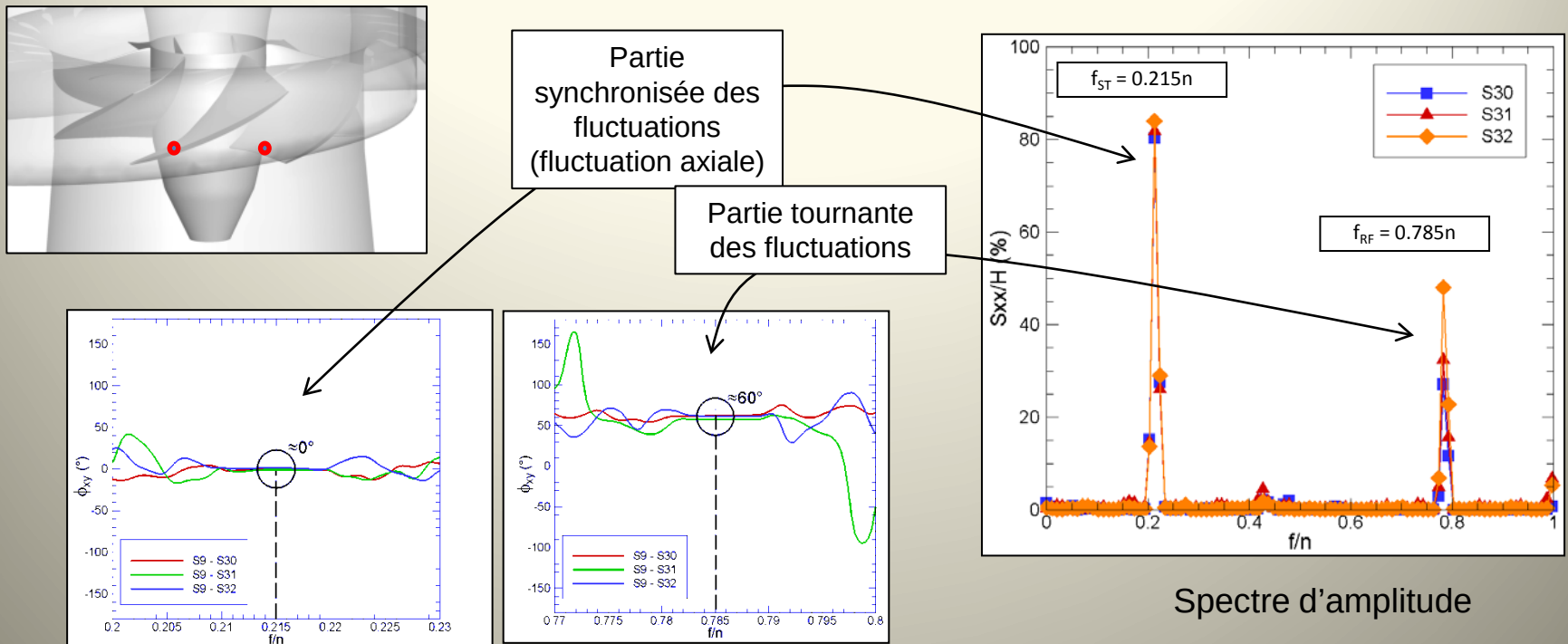


3.C) Pressions et contraintes sur les aubes de roue

Analyse des signaux de pression sur une aube

Fluctuations de pression → fluctuations de couple

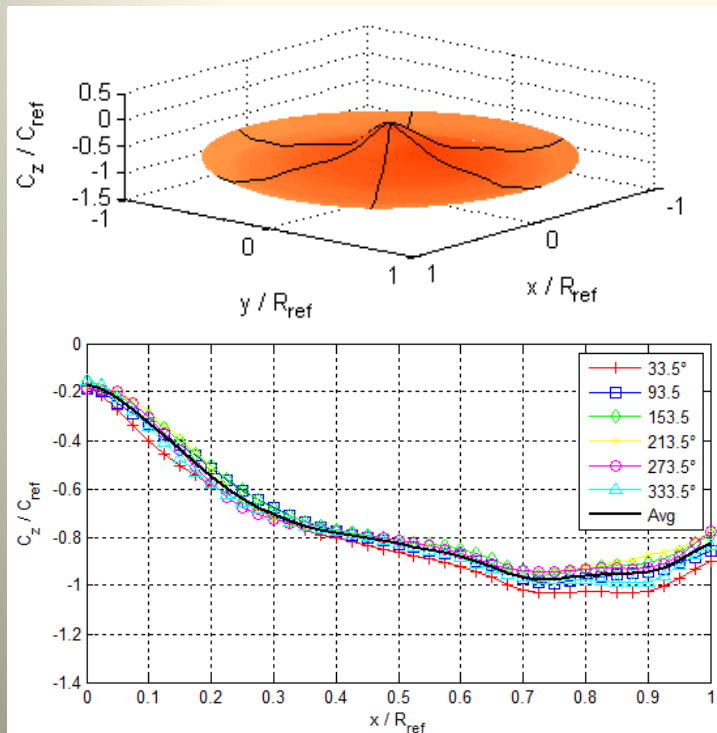
Événements principaux : fluctuations axiales et torche



Fluctuations vs angle de phase entre le signal de capteurs localisés sur 2 aubes différentes

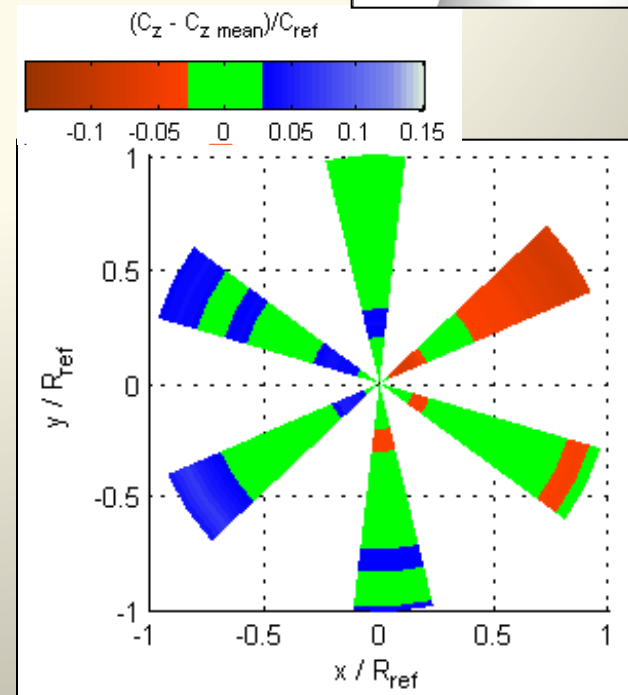
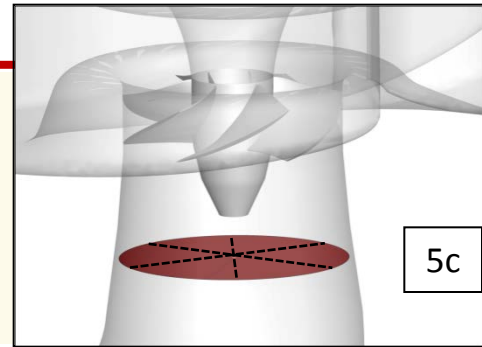
3.D. Analyse de la non-uniformité

Distribution dans le diffuseur conique, OP3



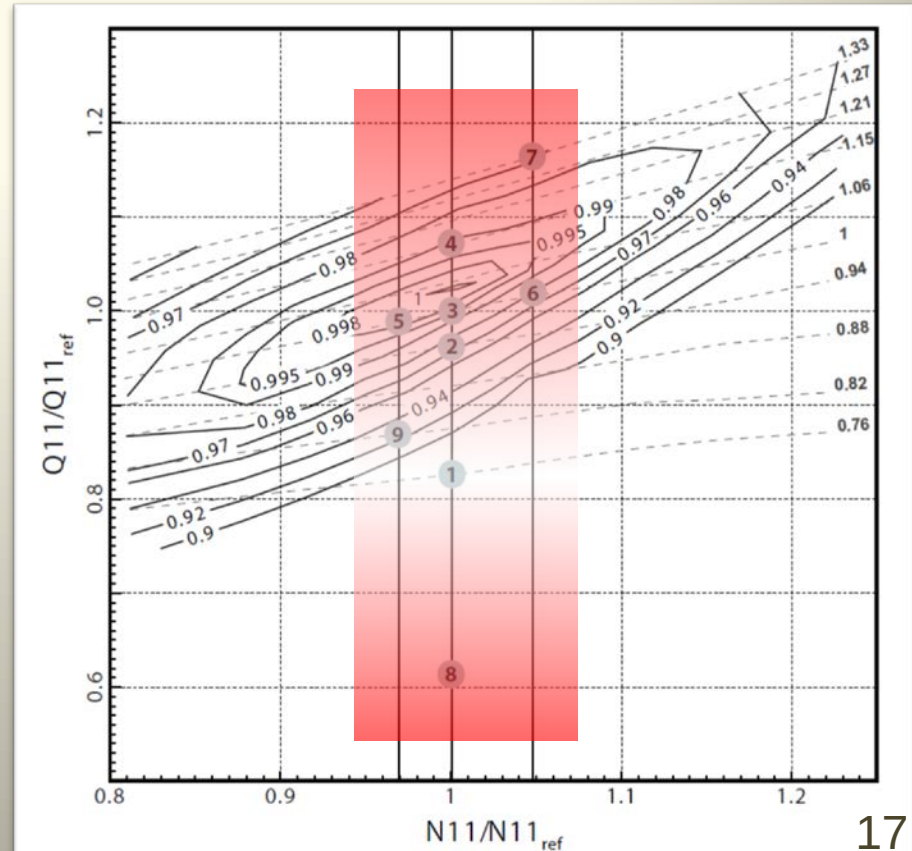
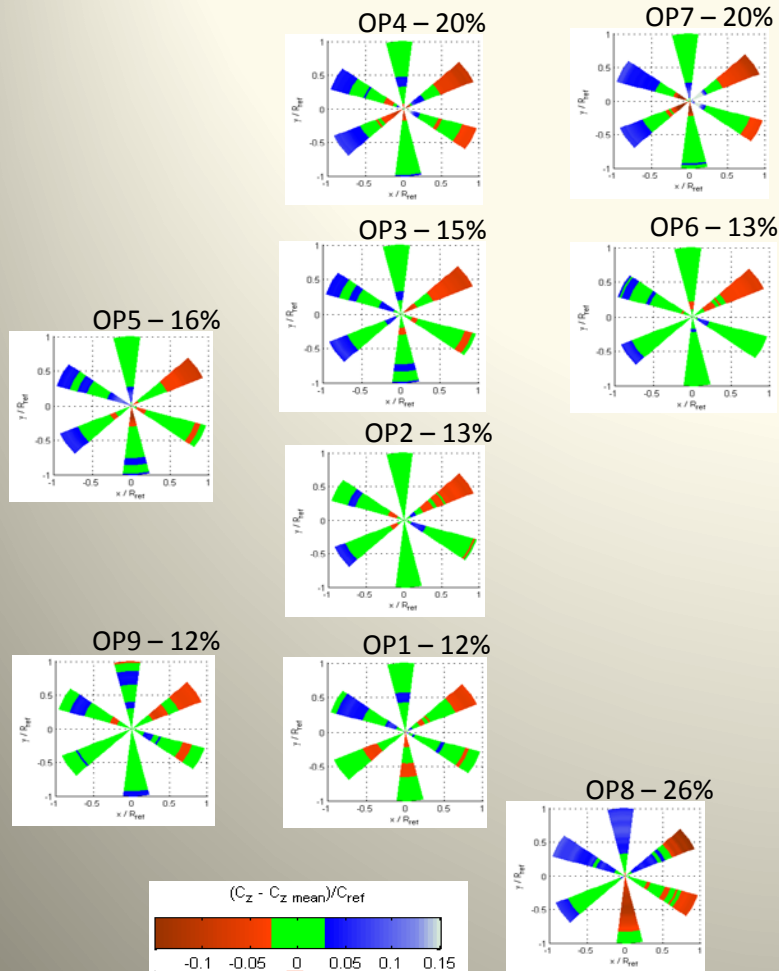
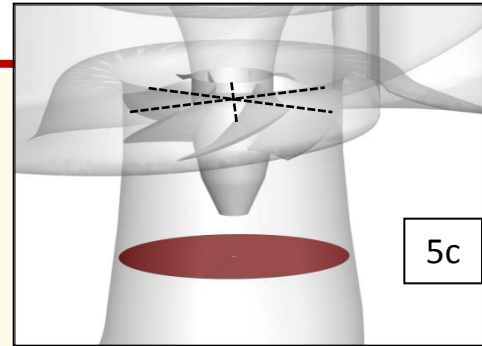
Average velocity C_z measured at 6 azimuthal positions

Plus grande déviation : 15% de C_{ref}



$C_z - C_z$ moyen aux 6 positions azimuthales

3.D. Analyse de la non-uniformité



3.E. Projet BulbT

Projet BulbT:

- Analyse des fonctionnements transitoires
- Analyse des couches limites et de leur influence
- Rapprochement de l'expérimental et du numérique pour la turbulence

Nécessitant :

- De nouveaux développements dans l'expertise de mesure
- De nouveaux développements dans les capacités d'essais

3.E. Développement d'un frein pour BulbT

Frein de Foucault pour les essais de bulbes homologues en laboratoire

Dia. 310 mm

Puissance max de 35 kW

Soit un couple de 450 Nm à 750 rpm

But : homothétie des conduits avec le prototype

Conduits homologues



Télémétrie et encodeur 19

3. Sommaire - Expertise

- Création d'une grande base de données
- Développement des moyens de mesure adaptés (adaptations des techniques pour LDV et PIV, aubes instrumentées, transmission par télémétrie, frein de Foucault pour BulbT...)
- Caractérisation de l'influence des écoulements sur le comportement de la turbine hélice (vortex, dissymétrie)
- Développement de la CFD adaptée aux turbines (p.e. différence de géométrie des aubes de la roue modèle)
- Validation des simulations CFD pour la conception, la réhabilitation et l'utilisation sécuritaire des turbines

4. En guide de conclusion

Succès d'un modèle de collaboration industrie-université

- AxialT et BulbT, deux super projets visant les turbines axiales de basse chute
- Véritable partenariat pour la recherche pré-compétitive qui se traduit par une complémentarité porteuse des approches expérimentales et numériques
- Formation d'étudiantes et d'étudiants des 3 cycles
- Participation à l'activité de recherche au Québec
-> invitation IAHRMontreal2014.org

Merci beaucoup!

ALSTOM

ANDRITZ
Hydro



Hydro
Québec

LAMH@gmc.ulaval.ca

www.LAMH.gmc.ulaval.ca



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

VOITH HYDRO

