



LA SIMULATION NUMÉRIQUE AU CŒUR DE L'INDUSTRIE

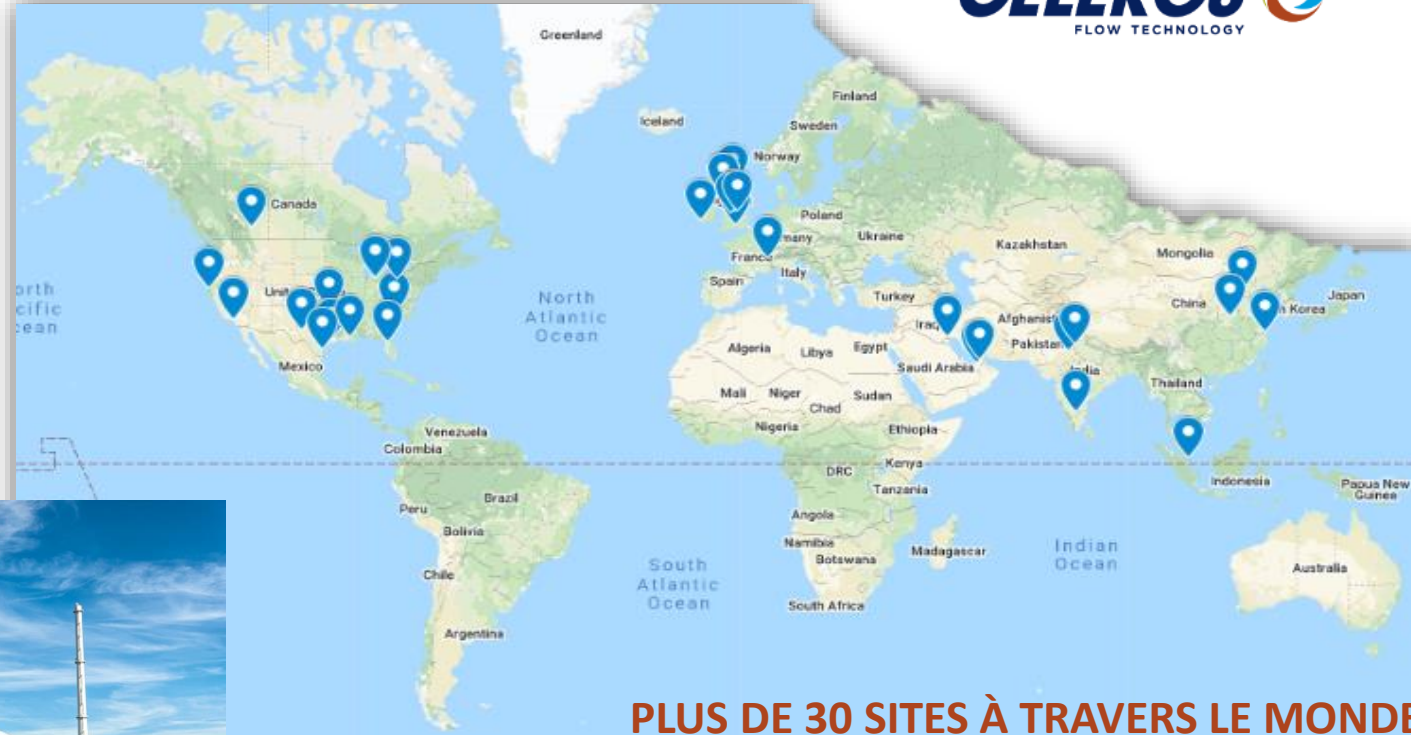
DIMENSIONNEMENT ET OPTIMISATION D'UNE POMPE CENTRIFUGE DE TYPE BB1
FORUM VIRTUEL CADFEM & ANSYS
JUN 2021

| SPEED
| EXCELLENCE
| PARTNERSHIP

Celeros Flow Technology – Le groupe



- CUP Glasgow UK
- CUP Burlington Canada
- CUP Annecy France



PLUS DE 30 SITES À TRAVERS LE MONDE



OIL & GAS

Supporting upstream, midstream and downstream operations, we help raise productivity levels and maximize uptime



POWER

Our technology is pivotal to conventional, nuclear and renewable energy generation.



MARINE/DEFENSE

In addition to naval vessels/submarines, our technology is incorporated into commercial shipping



WATER

Addressing municipal and industrial requirements, our flow control technology is applicable for potable and waste water treatment.



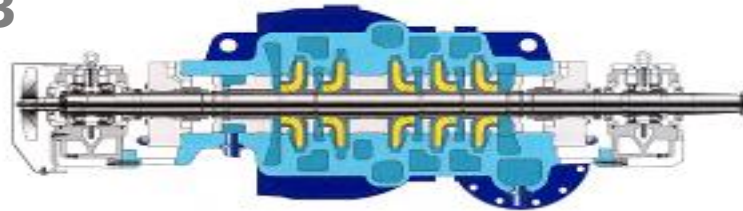
CHEMICAL PROCESSING

Our leading-edge solutions cover all aspects of refinery/post-refinery petrochemical treatment, including filtration

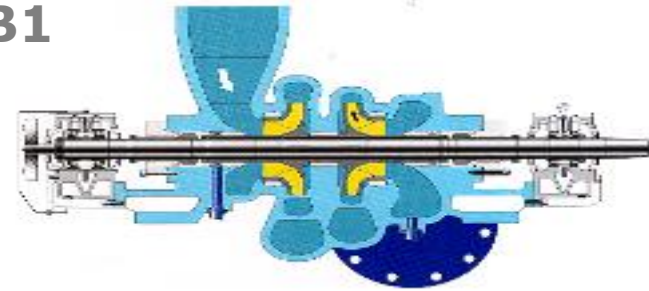
Site d'Annecy – Produits Oil & Gas

Upstream

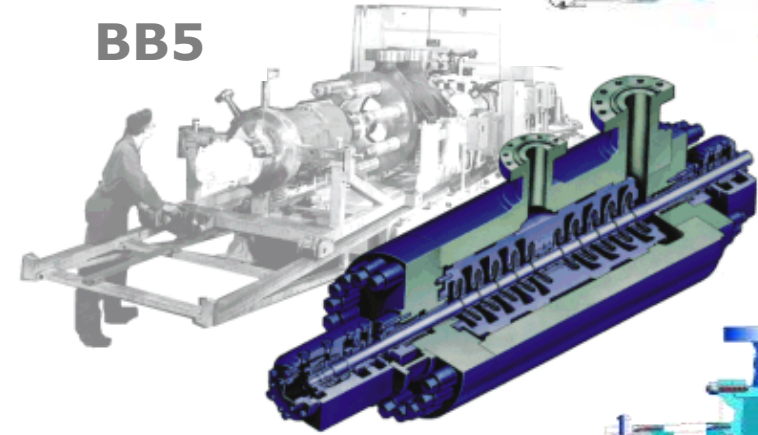
BB3



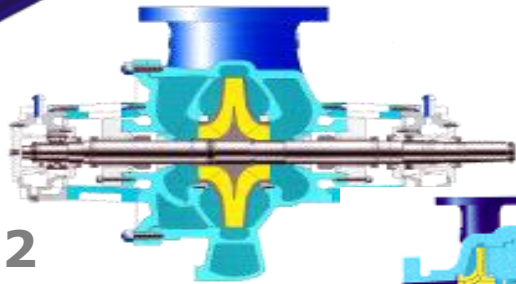
BB1



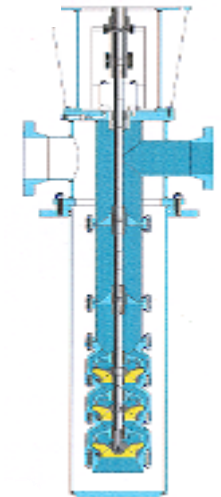
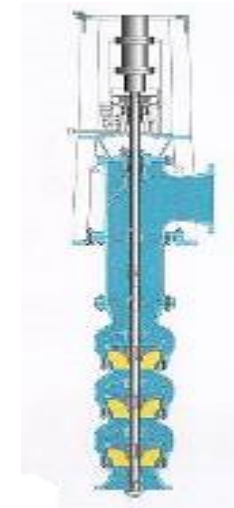
BB5



BB2

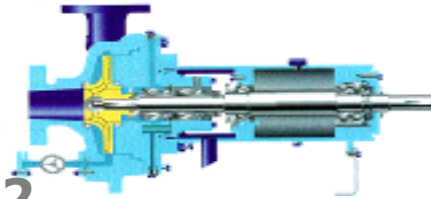


VS1 – VS6



Downstream

OH2

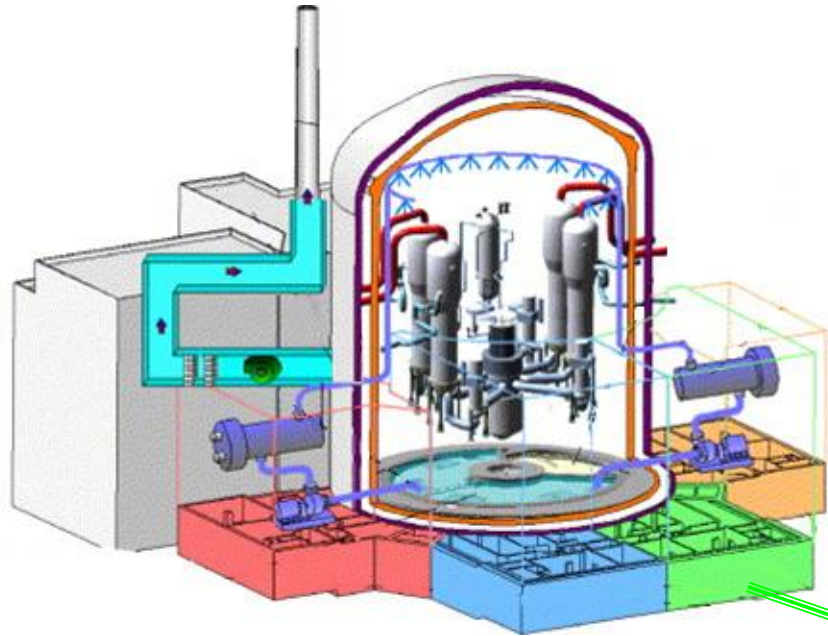


Conforme à l'API 610 dernière édition

Site d'Annecy – EPR, pompes LHSI, MHSI et EFWS



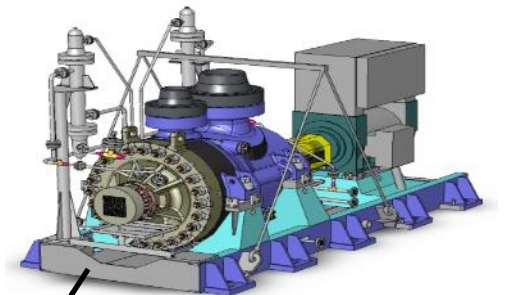
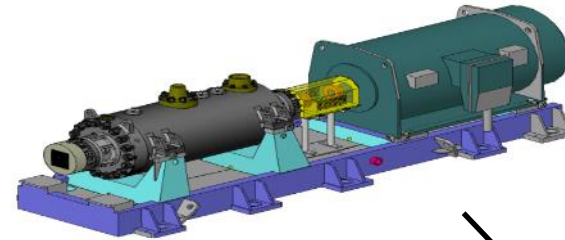
CLYDE UNION PUMPS



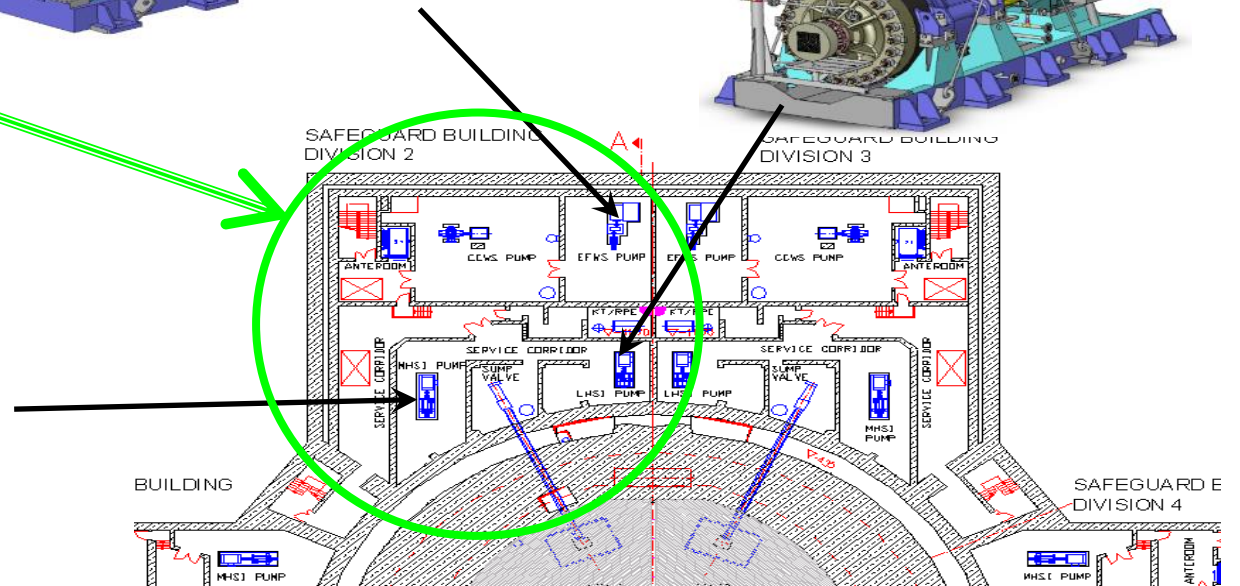
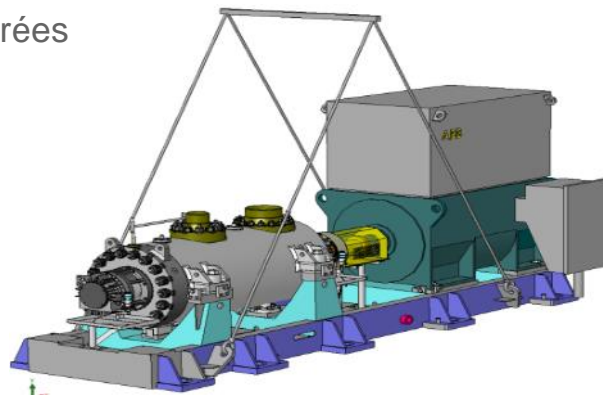
Pompes EFWS
OL3 : 4 pompes livrées



Pompes LHSI
OL3/FA3/TSN1-2
16 pompes livrées



MHSI Pumps
OL3/FA3/TSN1-2 : 16 pompes livrées





CENTRE DE CONCEPTION BB1

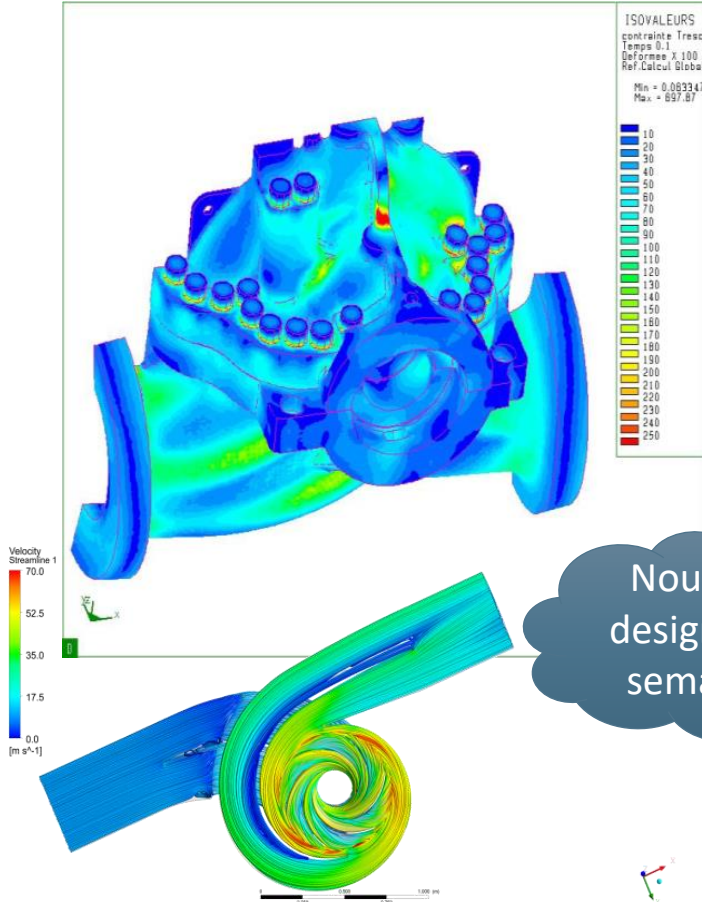
INGÉNIERIE ACCÉLÉRÉE

- | SPEED
- | EXCELLENCE
- | PARTNERSHIP

Centre de conception BB1 – Ingénierie Accélérée

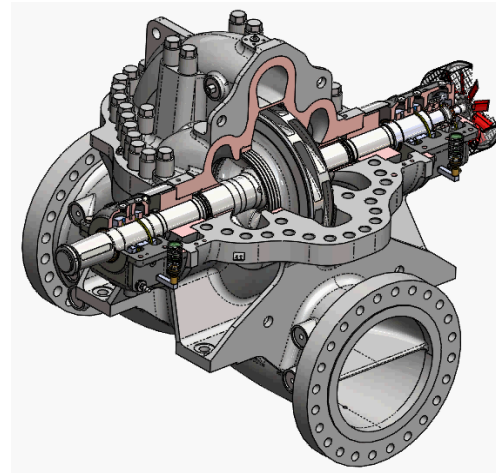
De la page blanche à l'essai ...

Usine d'Annecy, France



Nouveau
design en 5
semaines

Manufacturing transfer



Usine de Burlington, Canada

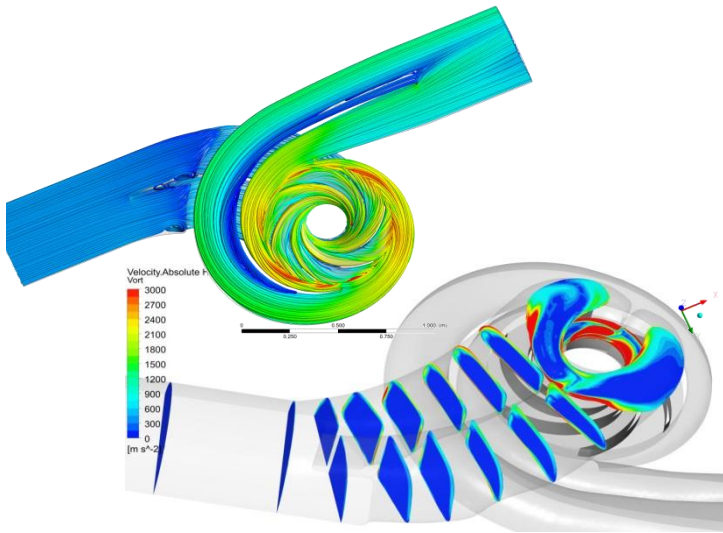


Centre de conception BB1 – Ingénierie Accélérée

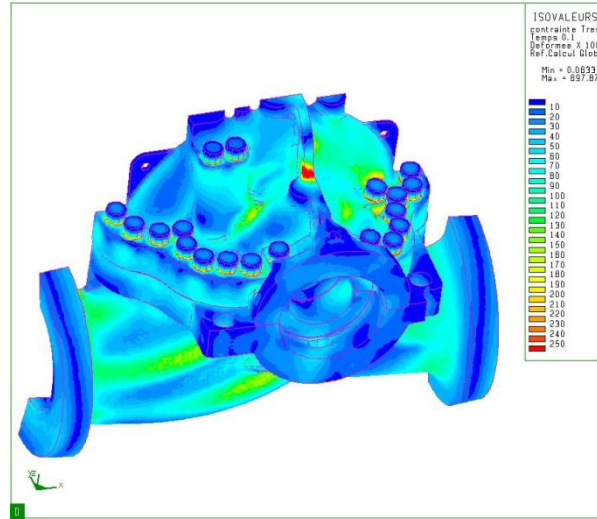


Besoin :

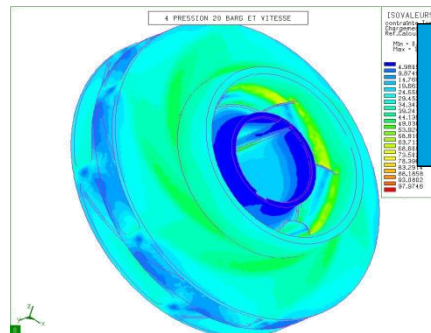
6000m³/h – 600m – 3150 rpm – 12 MW



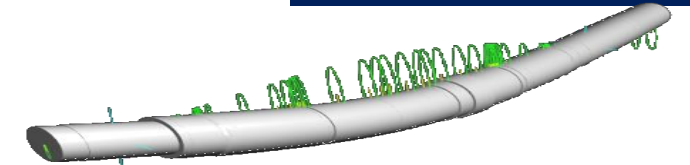
Optimisation des écoulement via CFD (poussée axiale et radiale, rendement hydraulique...)



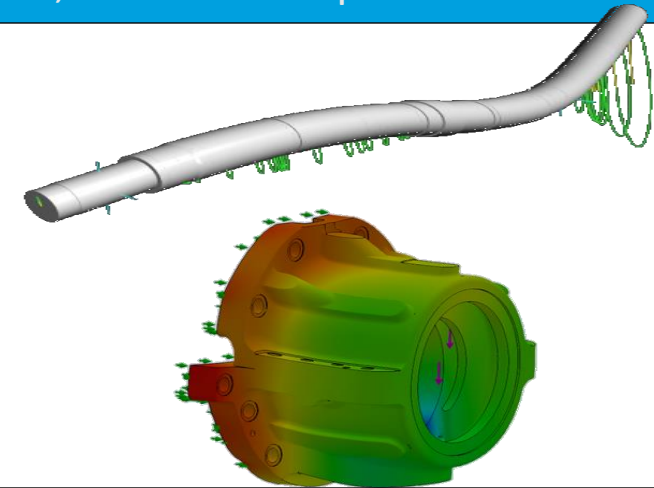
Optimisation mécanique : Analyse éléments finis, en contrainte et en fatigue, optimisation des épaisseurs ...



Analyse en fatigue des canaux



Optimisation du design du rotor via FEA, focus sur l'impact vibratoire



Design de nouveaux paliers
Stiffness calculation
T17HT
Ø170 à Ø190



CENTRE DE CONCEPTION BB1

HYDRAULIC DESIGN & SIMULATION (CFD)

- | SPEED
- | EXCELLENCE
- | PARTNERSHIP

Centre de conception – Design Hydraulique & Simulation (CFD)

- Analyse 1D

- Diamètres de roue / de moyeu / nombre d'aubes ...
- Basé sur la littérature hydraulique (Gulich, Stepanoff, Lobanoff, Troskolanski, Pump Handbook, INSA) et sur nos hydrauliques existantes
- Effectuée à l'aide d'un outil interne
- Qualifié à l'aide de nombreux tests et pour différents Ns

Annotations : Prédimensionnement Remarques :

Données

Débit pompe	Q	3000	m3/h
HMT roue	H	100	m
Vitesse	N	3000	t/mn
Nombre d'aubes entrée	Ze	5	/
Nombre d'aubes sortie	Zs	5	/
Nombre d'oellard	no	1	/
Angle sortie	Beta2	30	°
Epaisseur entrée aubes	Epa1	1	mm
Epaisseur sortie aubes	Epa2	1	mm
Diamètre de moyeu	Dmoy	100	mm
Distance axiale estimée entrée roue / flasque avant	Za	10	mm
Contrainte maxi dans l'arbre	Sigma	10	daN/mm2
Nombre d'étages prévus	Nét	1	/

Coefficients de marge et d'ajustement

Coefficient de débit (en plus du rendement volumétrique)	Kq	1	/
Coefficient de réduction de vitesse de passage dans l'oelle	Krv	1	/

RESULTATS

Ns coefficient de vitesse spécifique de la pompe	Ns	10.7	/
Débit de calcul par oellard	Qc	3000.0	m3/h
Rendement volumétrique estimé	Rvol	1.000	/
Diamètre mini arbre avec marge puissance	Darbre	30.0	mm

Niveau 1

Diamètre oellard	Do	100.0	mm
Coefficient de débit Kom1	Kom1	1.000	/
Vitesse dans l'oellard (avant aubes)	Vo	10.0	m/s

Le niveau 1 est peu affecté par la méthode choisie sur le rendement et le glissement, néanmoins le tableau effectue une moyenne sur les résultats (4) obtenus à partir des différentes méthodes

	D (mm)	Vitesse méridienne (m/s)	Vitesse périphérique (m/s)	Angle (°)	Rayon courbure approché (mm)
Diamètre oellard	Do	10.0	31.4	30.0	100.0
Diamètre moyen (débit / aire)	D1m	11.2	35.4	33.0	112.0
Diamètre moyeu	Dmoy	10.0	31.4	30.0	100.0
Diamètre intermédiaire 1	Diainter1	11.2	35.4	33.0	112.0
Diamètre intermédiaire 2	Diainter2	11.2	35.4	33.0	112.0

Niveau 2

Coefficient de débit Kom2	Kom2	1.000	/
Vitesse méridienne	Vm2	10.0	m/s

pour choix D2 - B2 et Do

	Pfeiderer Stepanoff	Pfeiderer Lomakine	Makay Stepanoff	Makay Lomakine
Théorie glissement	→	→	→	→
Théorie rendement hydraulique	→	→	→	→
Glissement (l)	Gli	10.0	10.0	10.0
Rendement hydraulique (%)	Rdt hyd	100.0	100.0	100.0
Vitesse périphérique (m/s)	U2	31.4	31.4	31.4
Diamètre de la roue (mm)	D2	100.0	100.0	100.0
Largeur de voie d'eau (mm)	B2	10.0	10.0	10.0
Beta'2 (°)	Beta'2	30.0	30.0	30.0
Vitesse relative (m/s)	Wprim2	11.2	11.2	11.2
Vitesse absolue (m/s)	Vprim2	32.7	32.7	32.7
Angle sortie avec glissement	alpha'2	33.0	33.0	33.0

Moyenne des quatre méthodes (proposition)

	Gli	Rdt hyd	U2	D2	B2	Beta'2	W2	V2	alpha'2	Vu2
Glissement (l)	Gli	10.0	31.4	100.0	10.0	30.0	11.2	32.7	33.0	32.7
Rendement hydraulique (%)	Rdt hyd	100.0	31.4	100.0	10.0	30.0	11.2	32.7	33.0	32.7
Vitesse périphérique (m/s)	U2	100.0	10.0	30.0	11.2	32.7	33.0	32.7	32.7	32.7
Diamètre de la roue (mm)	D2	10.0	30.0	11.2	32.7	33.0	32.7	32.7	32.7	32.7
Largeur de voie d'eau (mm)	B2	30.0	11.2	32.7	33.0	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7
Beta'2 (°)	Beta'2	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7
Vitesse relative (m/s)	W2	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7
Vitesse absolue (m/s)	V2	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7
Angle sortie avec glissement (°)	alpha'2	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7
Composante périphérique vitesse absolue (m/s)	Vu2	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7

avec glissement

Triangle des vitesses entrée roue (sans pré rotation)

Evolution vitesse méridienne à l'entrée entre les aubes

Triangle des vitesses sortie roue avec et sans glissement

données à récupérer pour calcul diff

Centre de conception – Design Hydraulique & Simulation (CFD)

- Tracé 2D

Calcul géométrie et déformée à plat

Calcul des coordonnées f(angle)

Coordonnées Classique Projecteur

Coordonnées Blads Gen

Listing coordonnées complètes

avec pas angulaire 5° (mini 0,5°)

Données d'entrée

Caractéristiques hydrauliques

Nombre d'aubes	Z	10	mm
Diamètre extérieur roue	D2	300	mm
Diamètre oeilard	Do	200	mm
Diamètre de moyeu	Dm	100	mm
Angle de sortie	Beta2	15	°
Largeur sortie	B2	100	mm
Angles entrées	oeillard	Beta1o	°
	flet moyen 1	Beta1fm	°
	flet moyen2	Beta1fmb	°
	moyeu	Beta1m	°

Construction géométrique roue

Pourcentage changement pente (verticale)

Pourcentage Beta2 constant

Pourcentage B2 constant

Cote Z entrée roue / sortie flasque avant

Cote Z pour partie droite oeilard

Cote Z pour attaque aubes

Ppente	10	%
Pbeta2	10	%
PB2	10	%
Zfa	100	mm
Zo	100	mm
Zoell	100	mm
Zfm	100	mm
Zfmb	100	mm
Zm	100	mm

Sens roue

Aube droite ou gauche

Decalage angulaire si gauche

Soit Inclinaison

0,00 mm

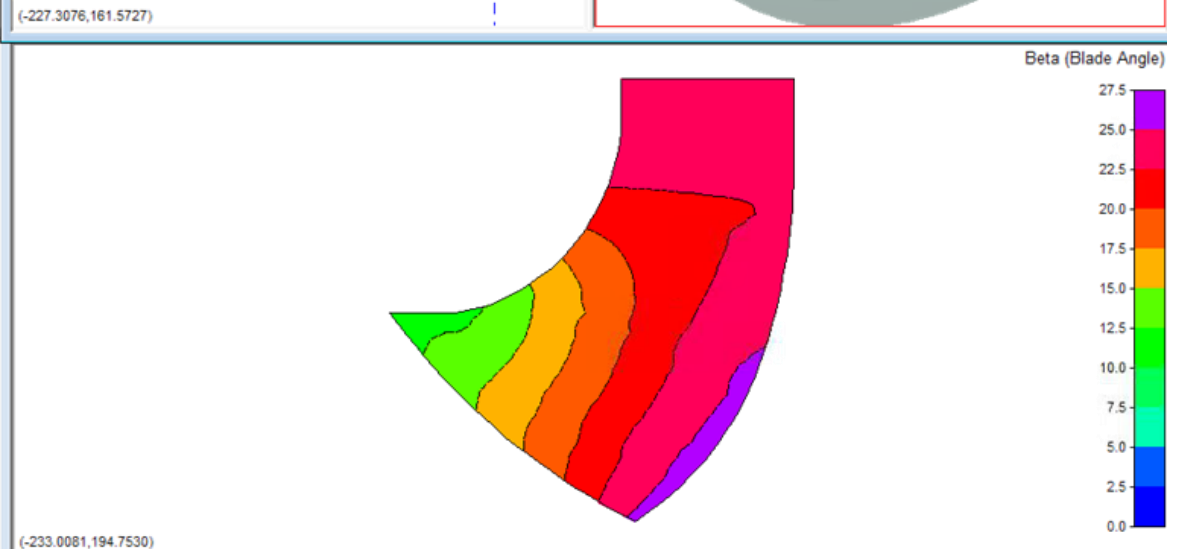
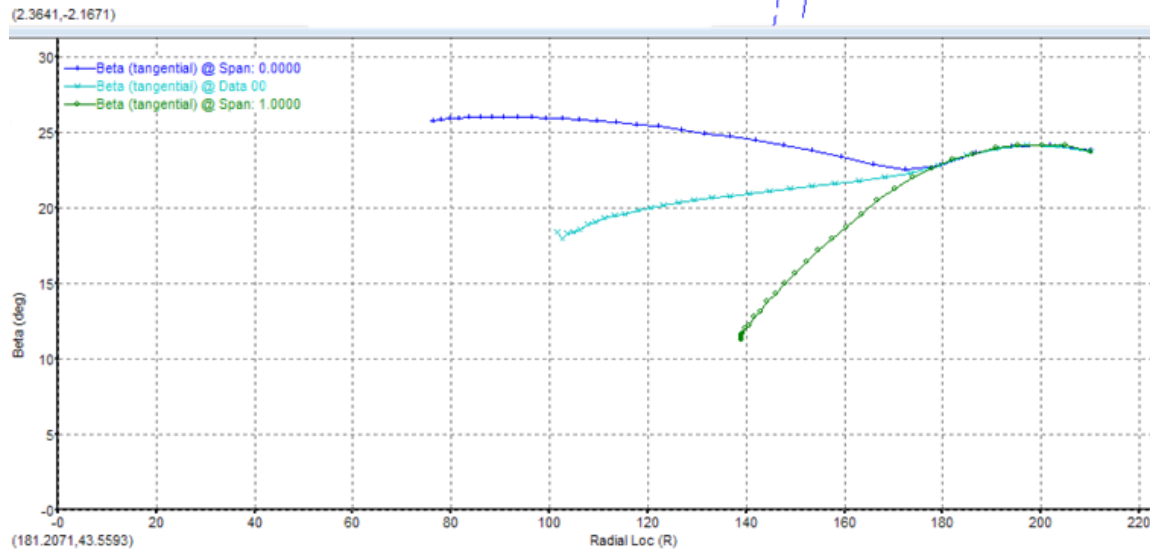
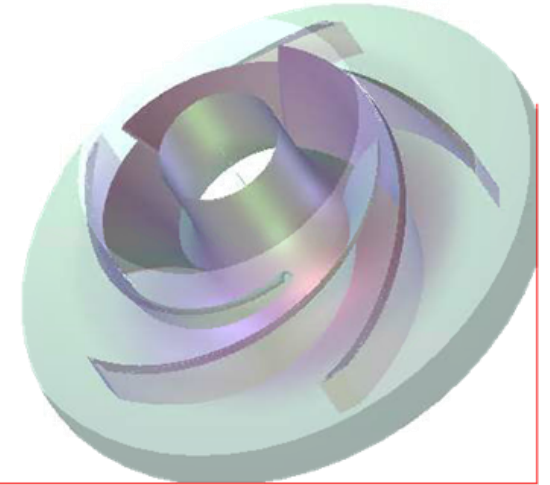
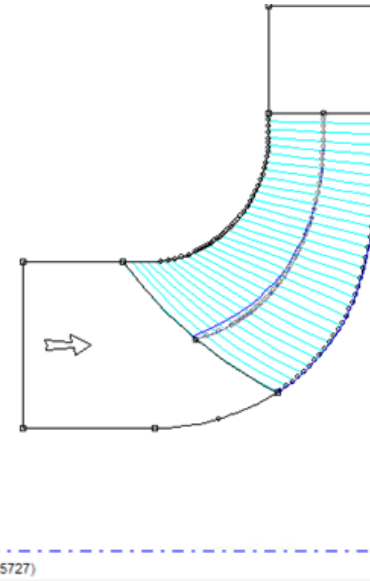
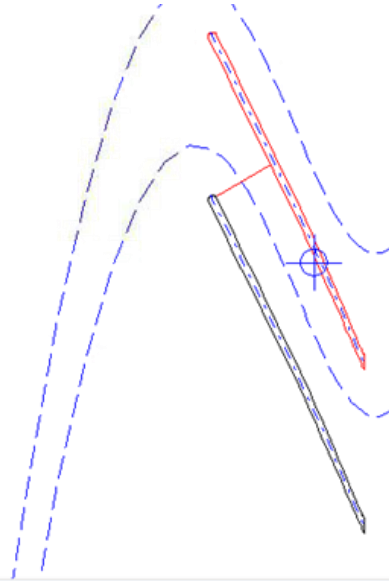
0,0 °

COMMENTAIRES : QUALIF DVDS 14x14x18 Kh = 1

Centre de conception – Design Hydraulique & Simulation (CFD)

- Export 3D

- Via BladeModeler
- Export BladeGen
- Vérification du tracé

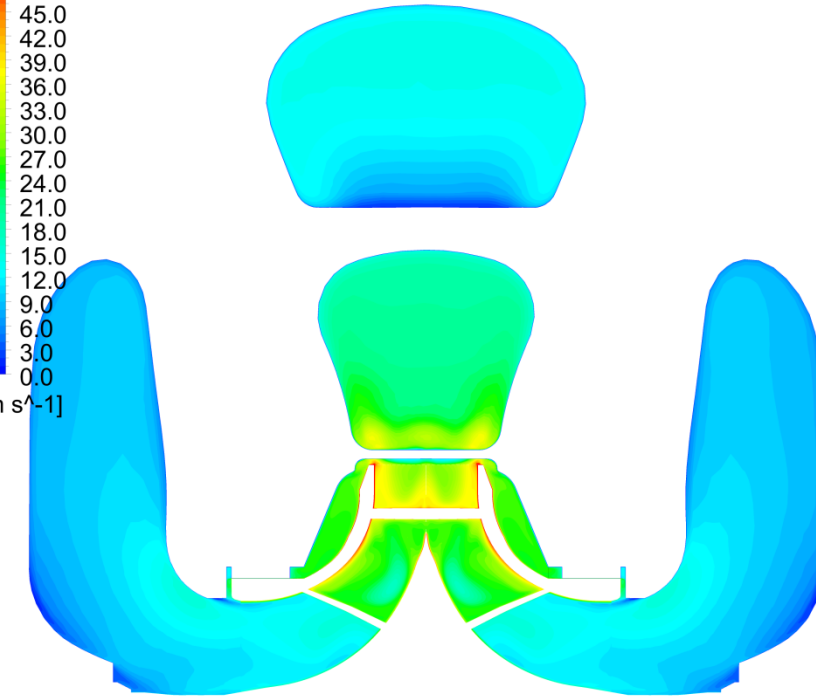
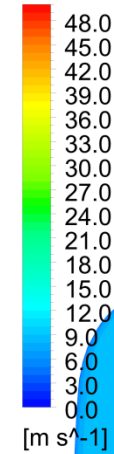


– Calcul CFD et analyse

Calcul Quasi-Stationnaire de type FR

- Permet dimensionnement global
- Vérification des performances
- L'optimisation de certaines zones
- Un choix argumenté
- Une interaction faible fluide-structure
- ...

Velocity in Stn Frame
Contour 1

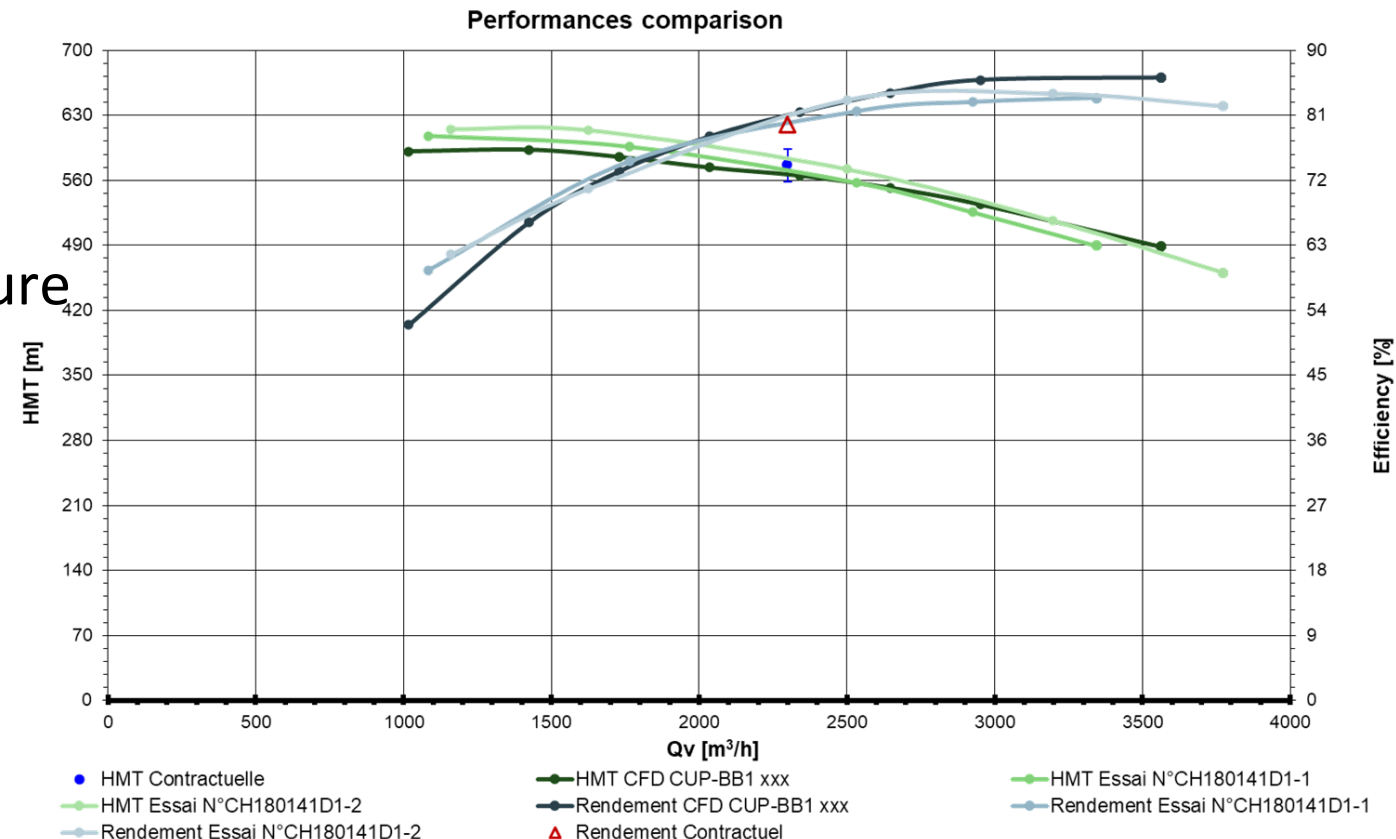
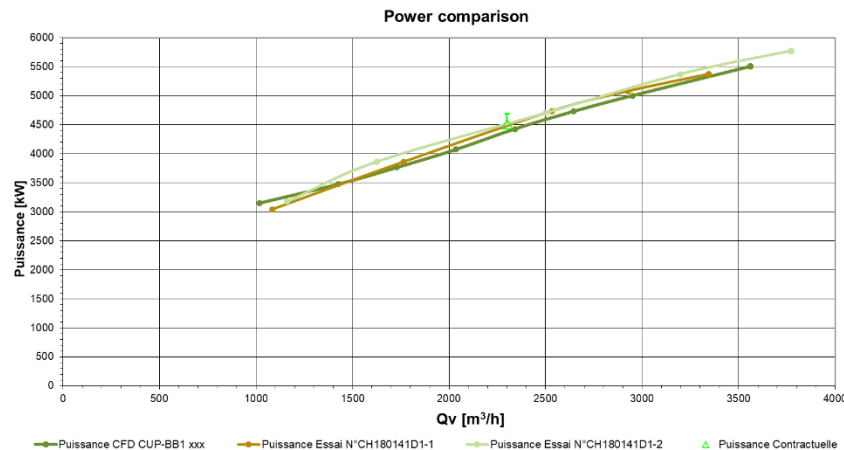


Plage de Débit réduite à la zone préférentielle (proche BEP)

- Calcul CFD et analyse

Calcul Quasi-Stationnaire de type FR

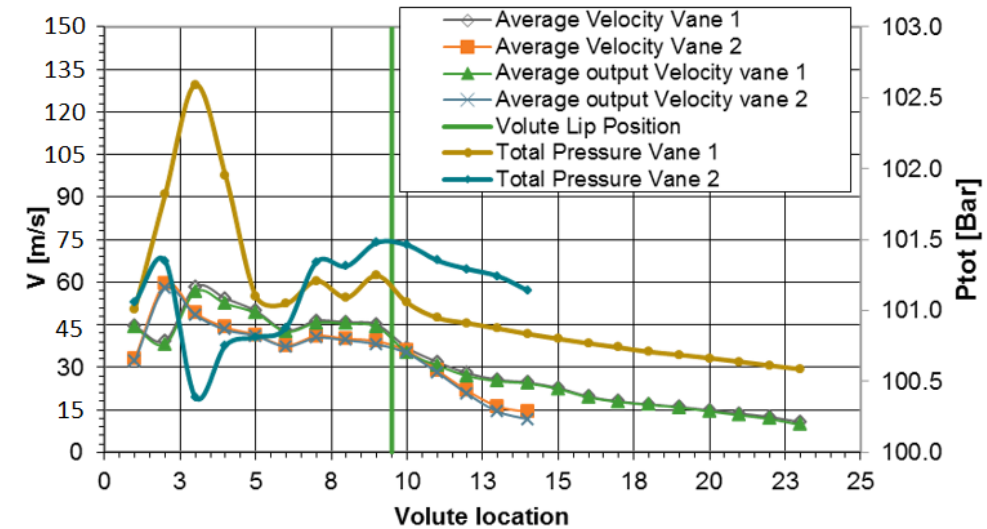
- Permet dimensionnement global
- **Vérification des performances**
- L'optimisation de certaines zones
- Un choix argumenté
- Une interaction faible fluide-structure
- ...



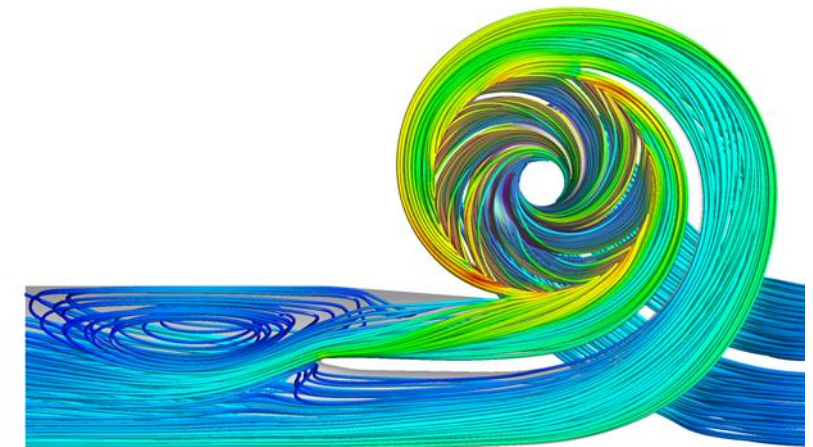
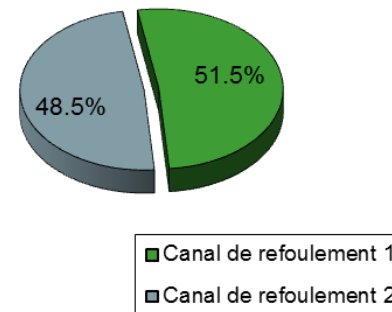
- Calcul CFD et analyse

Calcul Quasi-Stationnaire de type FR

- Permet dimensionnement global
- Vérification des performances
- **L'optimisation de certaines zones**
- Un choix argumenté
- Une interaction faible fluide-structure
- ...



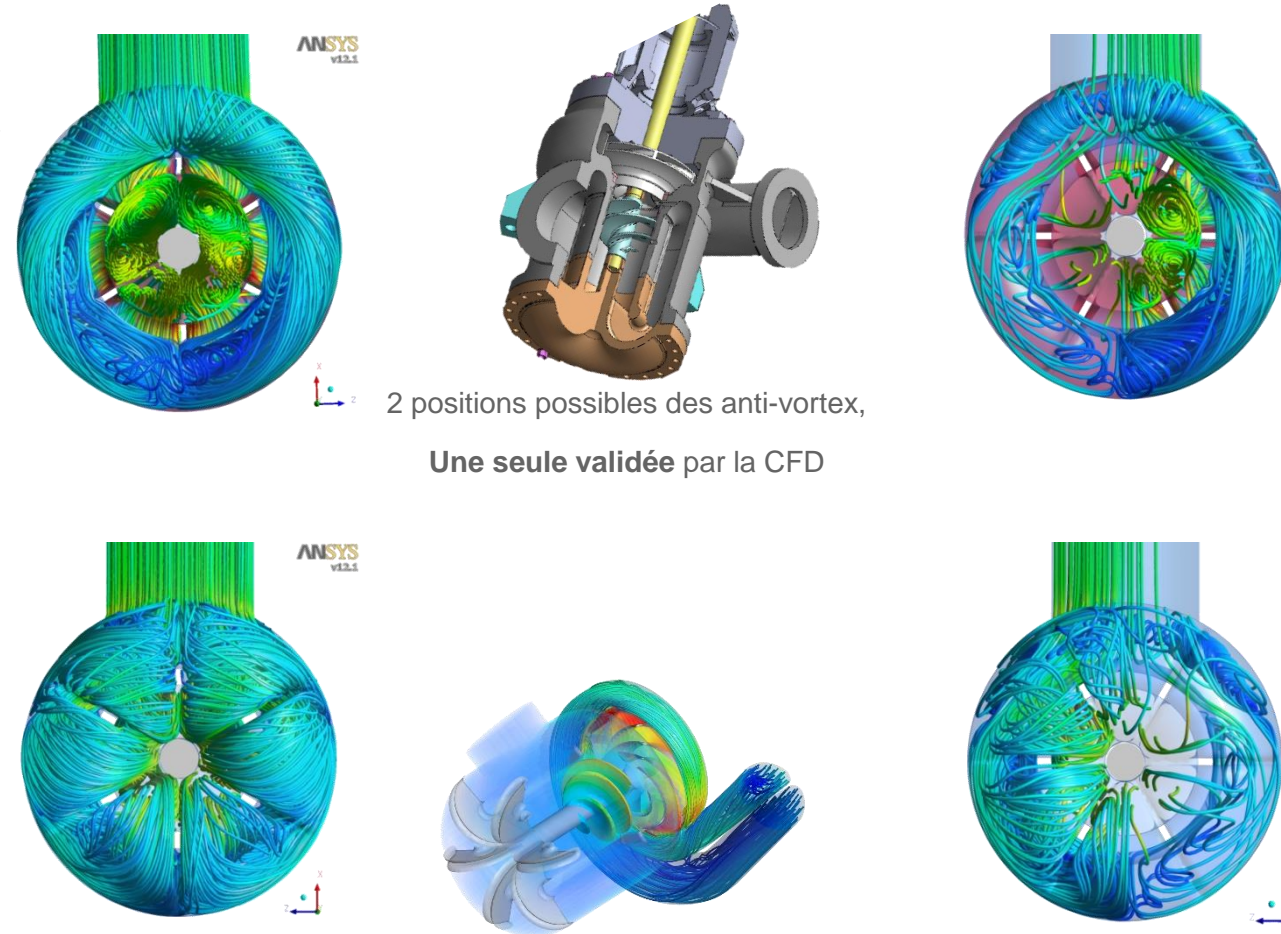
Flow Repartition at BEP



– Calcul CFD et analyse

Calcul Quasi-Stationnaire de type FR

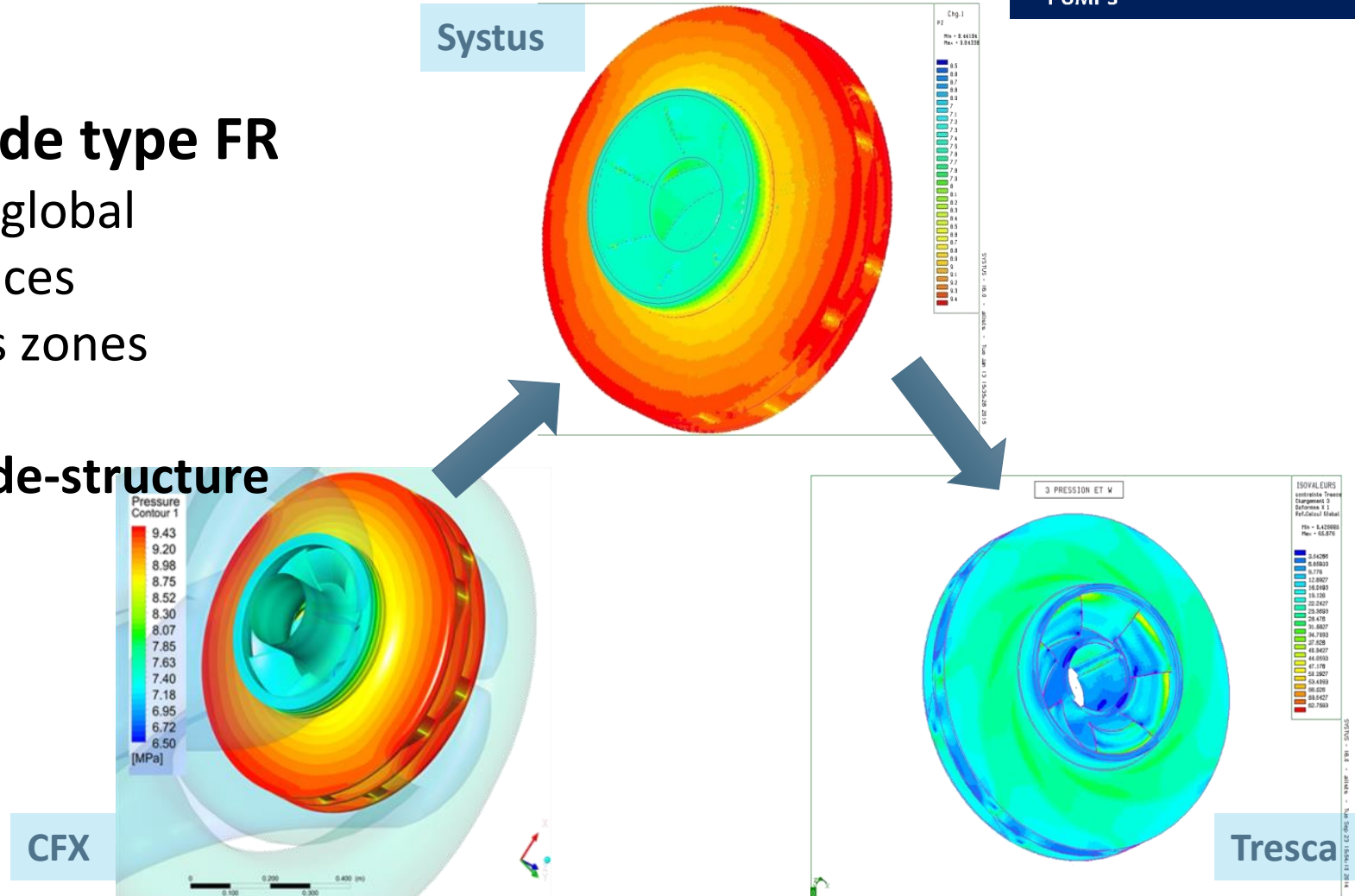
- Permet dimensionnement global
- Vérification des performances
- L'optimisation de certaines zones
- **Un choix argumenté**
- Une interaction faible fluide-structure
- ...



- Calcul CFD et analyse

Calcul Quasi-Stationnaire de type FR

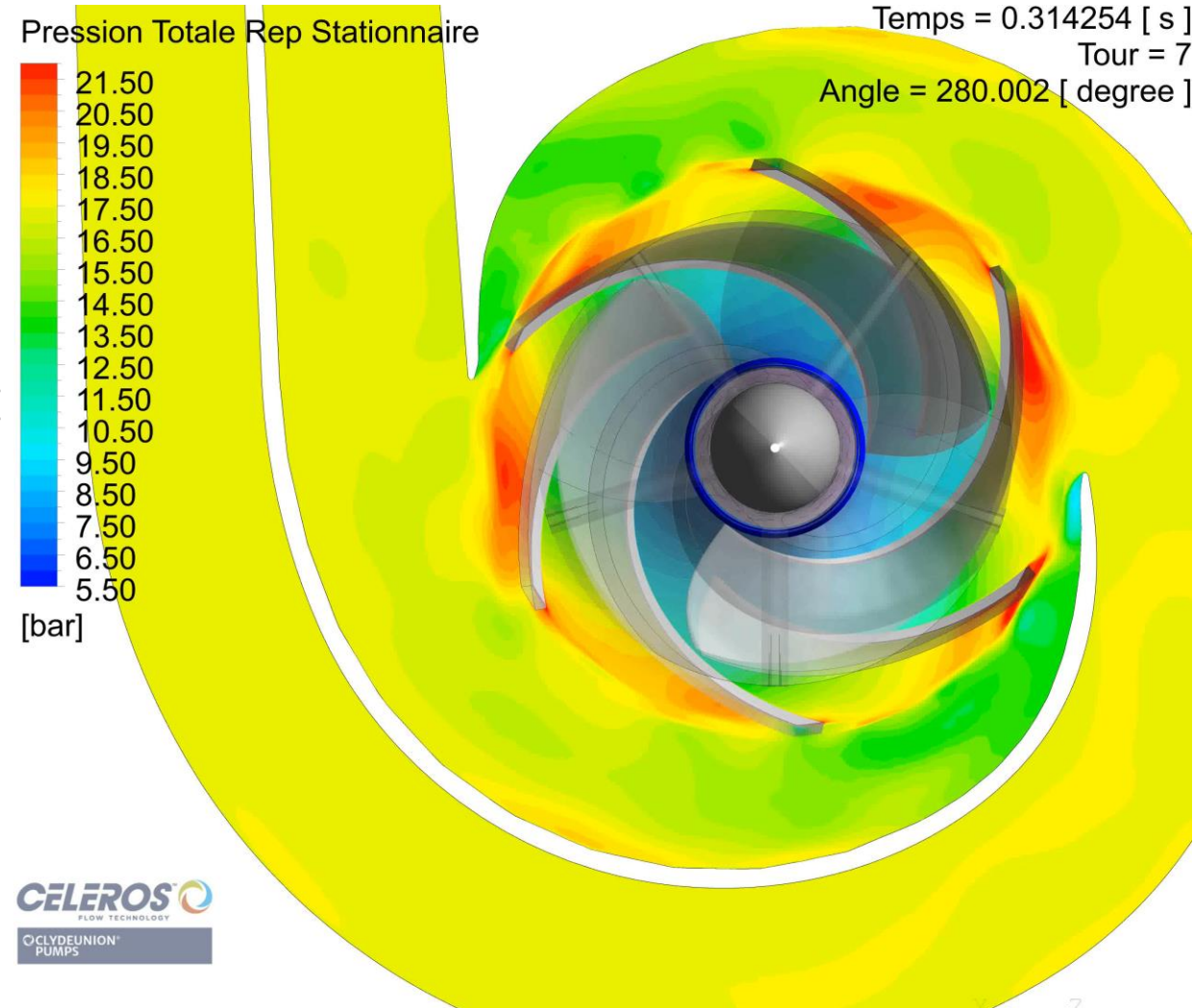
- Permet dimensionnement global
- Vérification des performances
- L'optimisation de certaines zones
- Un choix argumenté
- **Une interaction faible fluide-structure**
- ...



- Calcul CFD et analyse

Calcul Transitoire

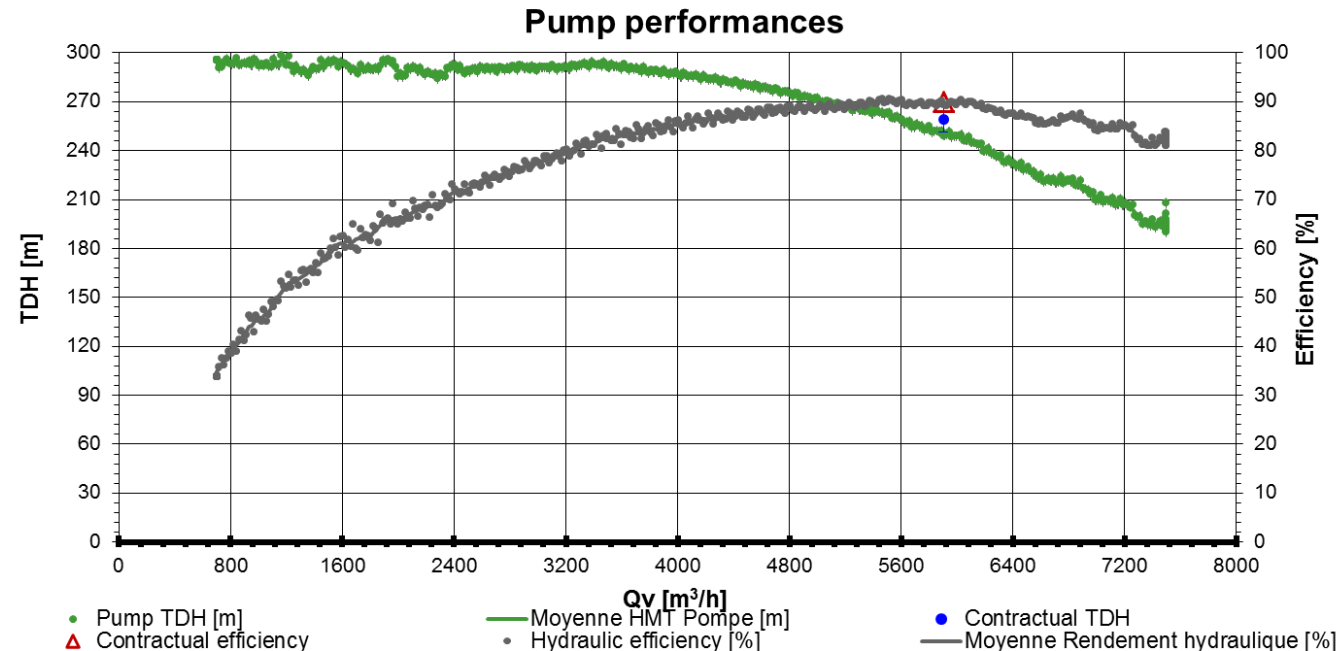
- Permet de comprendre certains phénomènes
- De valider les performances à débit partiel
- De mesurer la poussée
- ...



– Calcul CFD et analyse

Calcul Transitoire

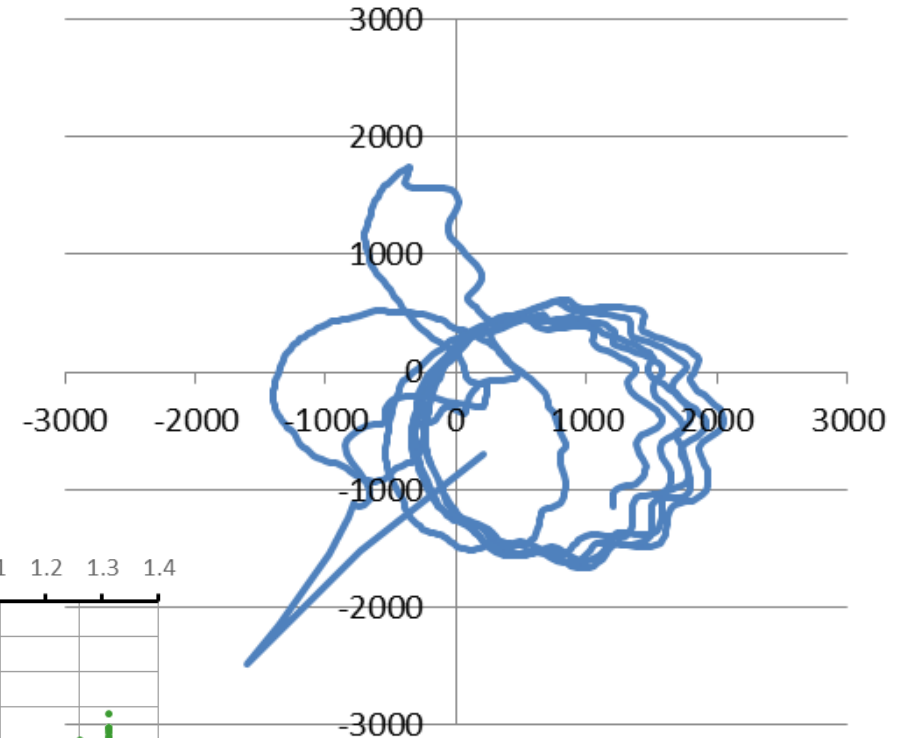
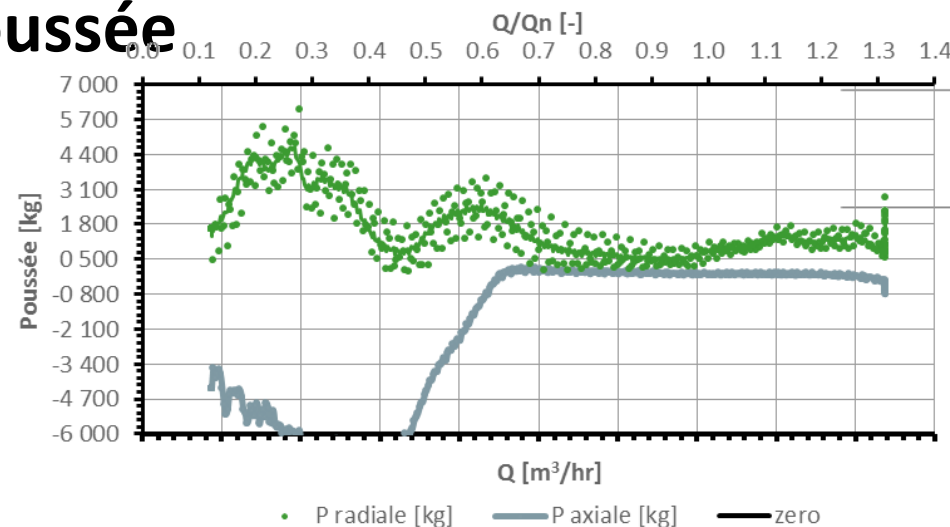
- Permet de comprendre certains phénomènes
- **De valider les performances à débit partiel**
- De mesurer la poussée
- ...



- Calcul CFD et analyse

Calcul Transitoire

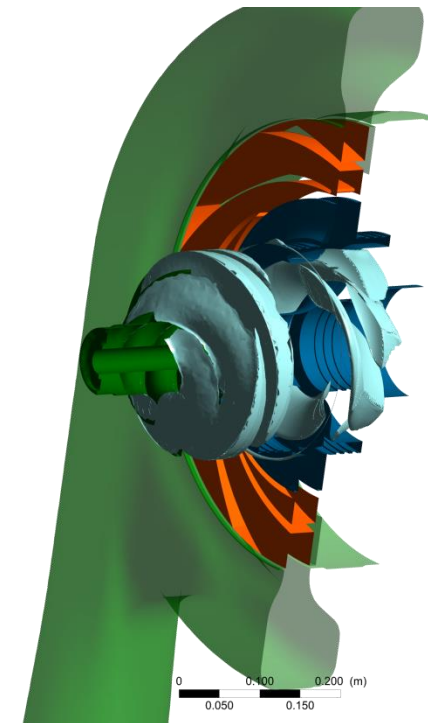
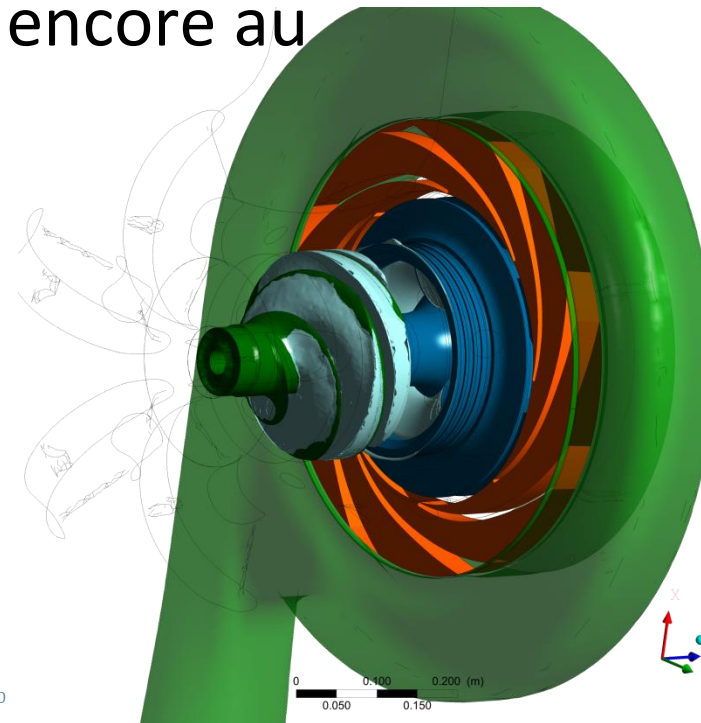
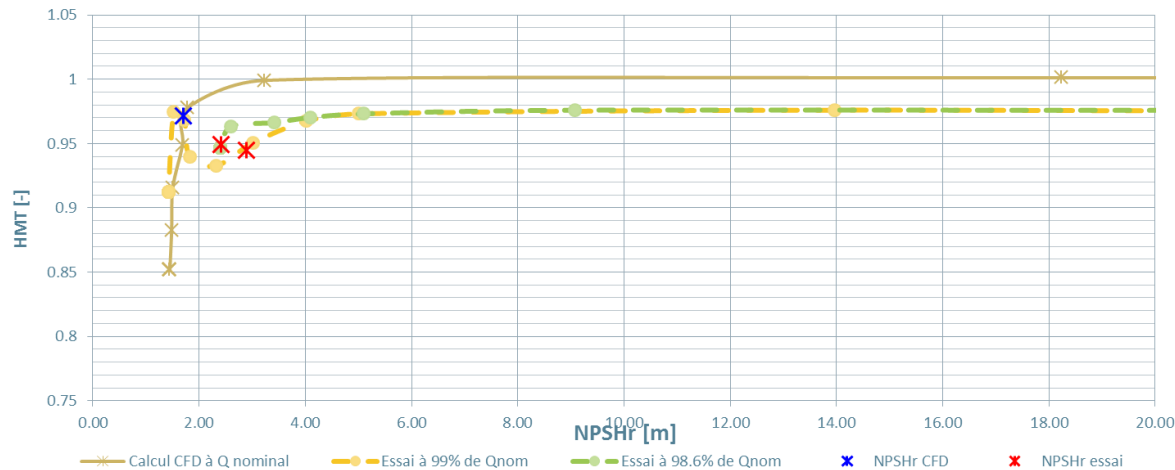
- Permet de comprendre certains phénomènes
- De valider les performances à débit partiel
- **De mesurer la poussée**
- ...



– Calcul CFD et analyse

Calcul Diphasique

- Cavitation – modèle multi-phase homogène
- Autres modélisations diphasiques encore au stade expérimental



– Conclusion

La simulation dans l'industrie

- Permet des designs robustes
- FEM et CFD des outils indispensables à la conception
- La CFD permet de fiabiliser les performances et le comportement hydraulique
- Et permet en outre de mieux comprendre et résoudre d'éventuels problèmes observés en essais