

ÉCOULEMENTS DANS LES TURBOMACHINES

Dr. Laïd MESSAOUDI

Département de Mécanique
Université de Batna



Habilitation Universitaire, 2010



Plan de la présentation

- 1 Résumés DEA et Doctorat
- 2 Synthèse des travaux de recherche
 - Travaux à caractère pédagogique
 - Travaux de recherche
- 3 Conclusion et perspectives globales de recherche



D.E.A. - LTCE - ENSAM - Paris (1990)

“Etude théorique et expérimentale d'un inducteur”

Résumé :

- Dimensionner et optimiser un inducteur pour un cahier de charge donné (Q, H, N) avec le code “POMIN”.
- Construction de la pompe par un industriel.
- Mise sur banc d'essai pour relever ses caractéristiques principales notamment celles liées à la cavitation.
- Observation de la formation des poches de cavitation.



Doctorat - LM3 - ENSAM - Paris (1994)

“Optimisation de la mesure des intensités ultrasonores par interférométrie Laser (Gamme fréquentielle 1 MHz - 20 MHz)”

Résumé :

- Objectif principal : caractérisation des transducteurs ultrasonores par la mesure des intensités émises.
- Mettre à la disposition des utilisateurs des ultrasons un appareillage calibré (hydrophone) simple de mise en oeuvre et d'usage, peu encombrant et onéreux, pour déterminer les pressions ou les intensités acoustiques émises par les sondes industrielles ou médicales.



Doctorat - LM3 - ENSAM - Paris (1994)

Intérêt :

- Caractériser en “absolu” le champ ultrasonore émis en accédant à la distribution énergétique locale et instantannée au sein des faisceaux émis par les sondes industrielles et médicales.
- Bénéficier d'une référence “intensité” pour étudier l'éventuelle nocivité des ultrasons.

En effet, la connaissance des pressions, des intensités et leur répartition au sein des champs acoustiques doit permettre d'étudier les actions des ultrasons sur les tissus et les micro-organismes. Des seuils de nocivité devraient pouvoir être déterminés et des normes établies en vue d'assurer la sécurité des utilisateurs et des patients.



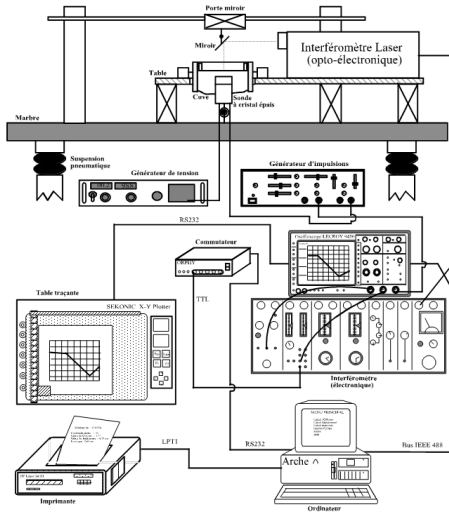
Doctorat - LM3 - ENSAM - Paris (1994)

Partenariat :

- Travail basé sur les travaux de Michel BOCQUET.
- Conventions de recherche entre l'E.N.S.A.M - CER de Paris et le BNM.
- Objectif du BNM : faire de ce laboratoire un laboratoire agréé "*primaire*" pour la mesure des pressions et intensités ultrasonores dans la gamme fréquentielle 1 MHz - 20 MHz. C'est-à-dire qu'à l'échelon national, tous les "appareils calibrés" doivent être étalonnés par les soins de ce laboratoire.



Banc d'étalonnage



Synthèse des travaux de recherche

Travail avant thèse :

Le seul travail lié à la préparation de mon DEA et dont le résumé a été mentionné avant.

Travail après thèse :

Tous les travaux décrits ici sont des travaux effectués après ma thèse de Doctorat et après avoir été recruté en tant que Maître Assistant en 1995.



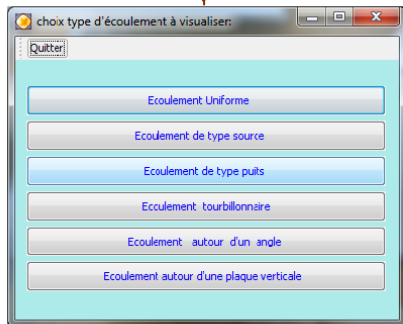
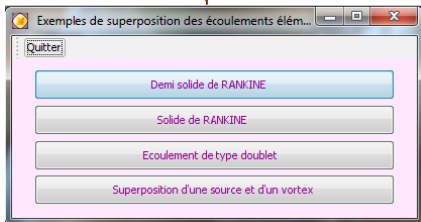
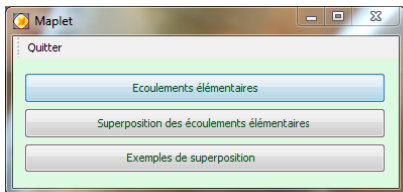
Encadrement et projets de recherche

Encadrement effectif :

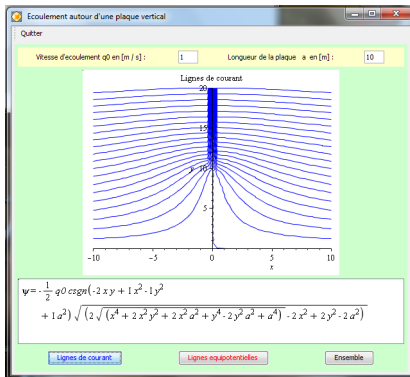
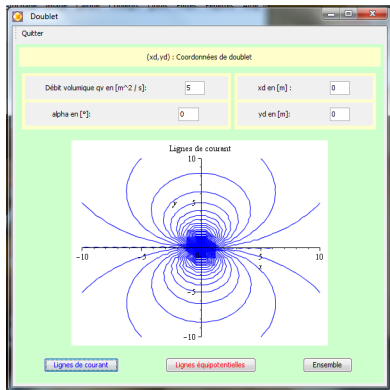
Type	PR	Thèse d'état (co)	Mag.	Mag. (co)	Ing.
Nbre	01	01	06	01	18



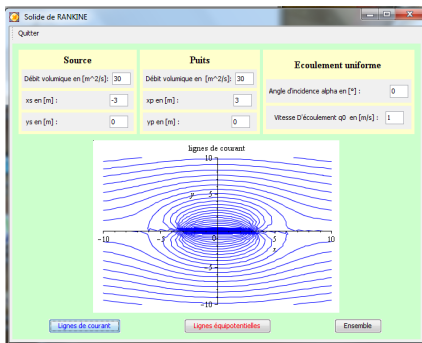
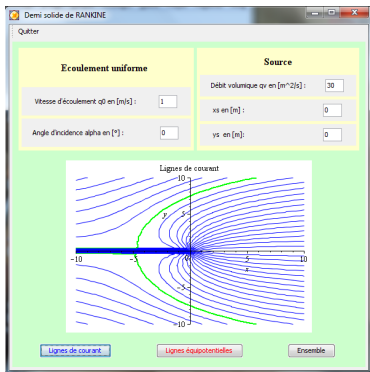
Ecoulements potentiels



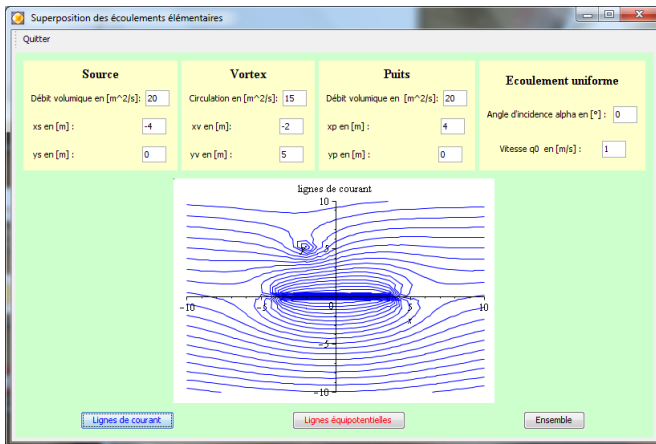
Ecoulements potentiels



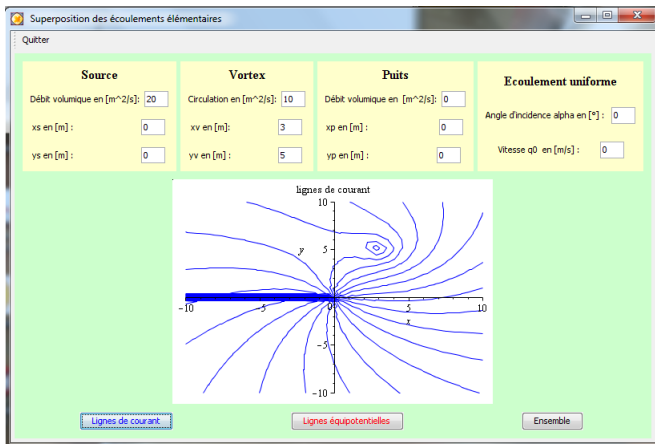
Ecoulements potentiels



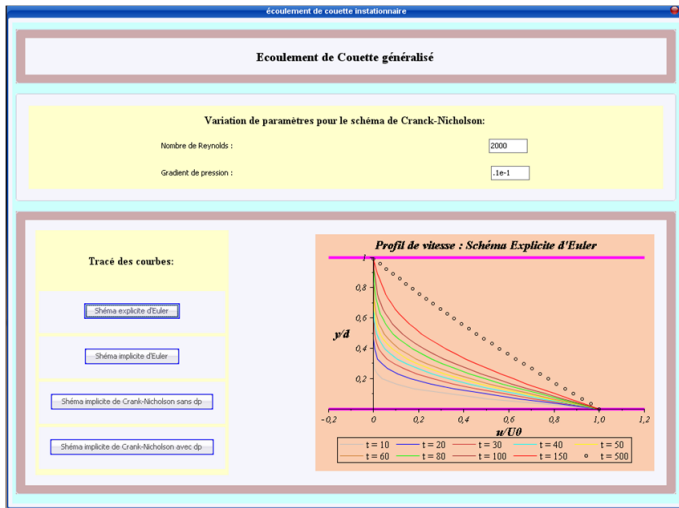
Ecoulements potentiels



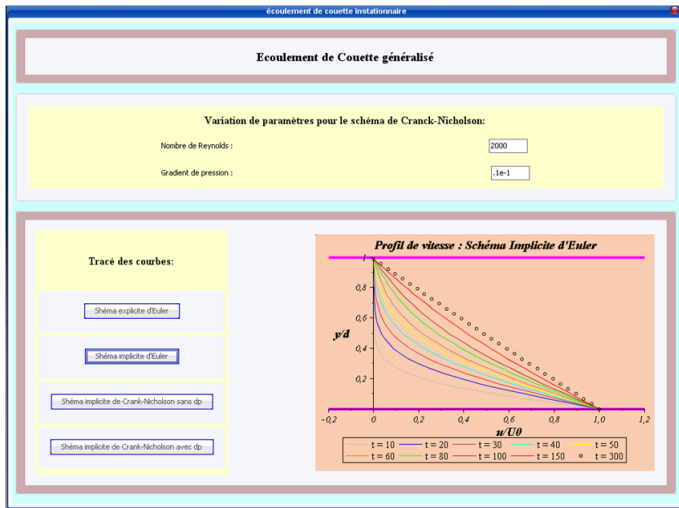
Ecoulements potentiels



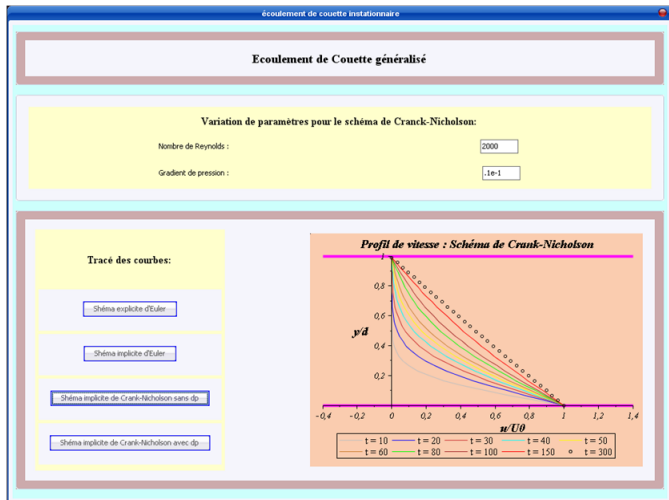
Ecoulement de Couette généralisé



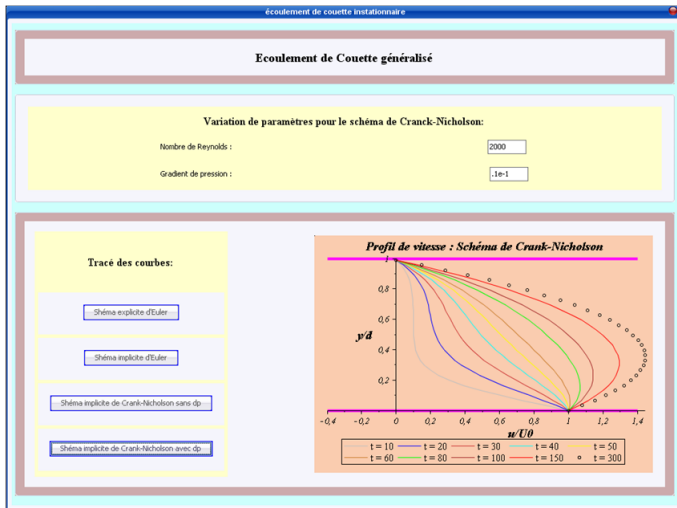
Ecoulement de Couette généralisé



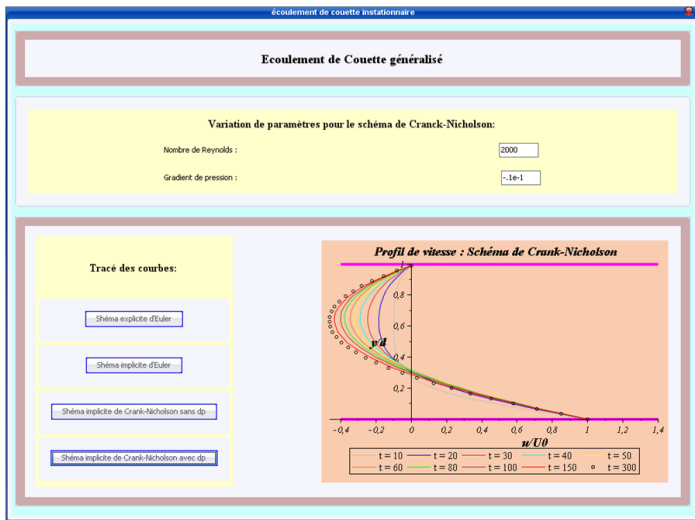
Ecoulement de Couette généralisé



Ecoulement de Couette généralisé



Ecoulement de Couette généralisé



Calculateur en MDF

Perdes de charges régulières
Perdes de charges singulières
Couche limite laminaire

CALCULATEUR

MDF

✂

Effacer

🧮

Calculatrice

🔄

Convertir

📄

A propos

🚪

Quitter

Paramètres de la conduite:

Conduite non circulaire

Diamètre équivalent: (mm) (0.0189 m)

Longueur: (m) (1 Km)

Nature de la surface intérieure:

Rugosité: (mm)

Paramètres du fluide:

Type du fluide: Température: (°C)

Gravité: (m2/s)

Masses volumique: (Kg/m3)

Viscosité dynamique: (Kg/m.s)

Viscosité cinématique: (m2/s)

Paramètres d'écoulement

Debit: (m3/s) Vitesse moy: (m/s) Vitesse max: (m/s)

Nombre de Reynolds: Écoulement Turbulent Colebrook-white

Coefficient de perte de charge linéaire: <input type="text" value="7.0926E-02"/>	Différence de pression: <input type="text" value="9.4989E+03"/> (Pa) (9.4989E-02 Bar)
<input type="button" value="Rapport"/>	Perte de charge linéaire: <input type="text" value="9.4989E+00"/> (Pa) (9.5066E-04 m.c.f)

CALCULATEUR MDF
22:41:26

Image:



Calculateur en MDF

Perdes de charges régulières
Perdes de charges singulières
Couche limite laminaire

Sélectionner l'élément

Catégorie:

Élément:

Coefficient K:

Paramètres :

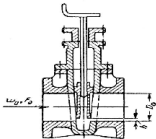
Type de fluide: Température: (°C) (288 K)

Masse volumique: (Kg/m3)

Viscosité: (m/s2)

Viscosité: (m/s)

Image:



Résultats

Perte de charge singulière: (Pa) (7.8906E-03 m.c.f) (7.7346E-04 Bar)

CALCULATEUR MDF
22:47:07



Calculateur en MDF

Perles de charges régulières
Perles de charges singulières
Couche limite laminaire

CALCULATEUR

MDF

Effacer

Calculatrice

Convertir

A propos

Quitter

Paramètres du fluide

Type de fluide	Eau	Température	10 °C (283 °K)
Masse volumique	999,77	(Kg/m ³)	
Viscosité dynamique	0,001308	(Kg/m.s)	
Viscosité cinématique	1,308E-6	(m ² /s)	
Vitesse	2	(m/s)	
Distance	1	(m) (1000 mm)	

Blasius

Résultats

Nombre de Reynold:	1,529E+06	Epaisseur de la couche limite	3,979E-03 (m)
		Epaisseur de déplacement	1,392E-03 (m)
		Epaisseur de quantité de mouvement	5,337E-04 (m)

Coefficient de frottement à la paroi: 2,669E-04

Facteur de forme: 2,608E+00

Image:

CALCULATEUR MDF

221240

Dr. Laïd MESSAOUDI

Écoulements dans les Turbomachines

22 / 106

Calculateur en MDF

Convertisseur d'unité

Métrique Longueur Pression Volume Masse Energie Vitesse Température

Entrée :

- Atm
- bar
- cm/mercury
- inch/mercury
- kg/m2
- pascal
- kPa
- MPa
- pound/foot2**
- pound/inch2
- torr

pound/foot2

Sortie :

- Atm
- bar
- cm/mercury
- inch/mercury
- kg/m2
- pascal**
- kPa
- MPa
- pound/foot2
- pound/inch2
- torr

Pa

Fermer



Phénomènes transitoires dans les conduites

UNE CONDUITE

L: 1500 m	Hr: 60 m	Calculer In, Q0
D: 0.3 m	Hv: 3 m	
EP: 0.005 m	Q0: 0.31213935894767 m ³ /s	Ferme brusque
Kc: 0.5	Ta: 30 s	Ferme lente
Lm: 0		Valider
N: 20		

L: longueur de conduite
 D: diamètre de conduite
 EP: Epaisseur de conduite
 Kc: Coefficient de nature
 Lm: Coefficient de perte de charge
 N: Désarticulation de conduite
 Hr: hauteur d'eau de réservoir
 Hv: hauteur de vanne
 Q0: Débit initial
 Ta: temp d'analyse
 Tm: temps de fermeture de vanne
 b: Coefficient propre au vanne

Précédent Fermer

UNE CONDUITE

L: 1500 m	Hr: 60 m	Calculer In, Q0
D: 0.3 m	Hv: 3 m	
EP: 0.005 m	Q0: 0.31213935894767 m ³ /s	Ferme brusque
Kc: 0.5	Ta: 30 s	Ferme lente
Lm: 0.0105601746815E	Tm: 20 s	Valider
N: 20	B: 1.5	

L: longueur de conduite
 D: diamètre de conduite
 EP: Epaisseur de conduite
 Kc: Coefficient de nature
 Lm: Coefficient de perte de charge
 N: Désarticulation de conduite
 Hr: hauteur d'eau de réservoir
 Hv: hauteur de vanne
 Q0: Débit initial
 Ta: temp d'analyse
 Tm: temps de fermeture de vanne
 b: Coefficient propre au vanne

Précédent Fermer



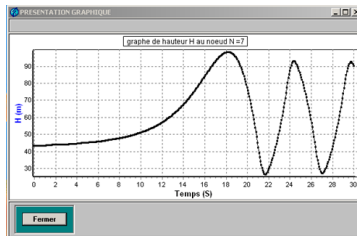
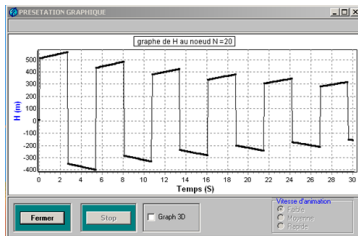
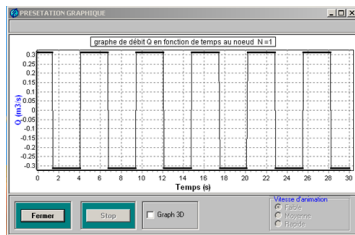
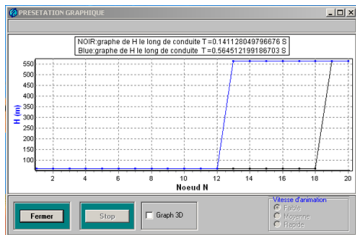
Phénomènes transitoires dans les conduites

The screenshot shows a software window titled "CHOIX DE PRESENTATION GRAPHIQUE". It contains several sections:

- REPRESENTATION GRAPHIQUE:** A list of radio buttons for selecting the type of representation:
 - Variation spatiale de hauteur H
 - Comparaison spatiale de hauteur H
 - Variation temporelle de hauteur H
 - Variation spatiale de debit Q
 - Comparaison spatiale de debit Q
 - Variation temporelle de debit Q
 - Animation en temps de hauteur H
 - Animation en temps de debit Q
- Descritisation temporelle:** A text input field containing the value "426".
- Enter le temps 1:** A dropdown menu with a list of numerical values:
 - 0
 - 0.0705640248983379
 - 0.141128049796676
 - 0.211692074695014
 - 0.282256099593352
 - 0.35282012449169
 - 0.423384149390028
 - 0.493948174288366
- Buttons:** On the right side, there are four buttons: "Graph", "Tableau", "Precedent", and "Fermer".



Phénomènes transitoires dans les conduites



Phénomènes transitoires dans les conduites

DEUX CONDUITES ASSEMBLÉES

L1	1800	m	Lm1	0.0158661136755	---
L2	1200	m	Lm2	0.01500524387611	---
D1	0.25	m	Hr	35	m
D2	0.2	m	Hv	15	m
EP1	0.005	m	Zv	4.5	m
EP2	0.005	m	Q0	0.0510469099221	m ³ /s
Kc1	0.5	---	Ta	40	s
Kc2	0.5	---			
Ksi	0.01	---			

L1 : longueur de conduite 1
 L2 : longueur de conduite 2
 D1 : diamètre de conduite 1
 D2 : diamètre de conduite 2
 EP1 : épaisseur de conduite 1
 EP2 : épaisseur de conduite 2
 Kc1 : Coefficient de nature 1
 Kc2 : Coefficient de nature 2
 Ksi : coefficient de singularité

Lm1 : Coefficient de perte de charge 1
 Lm2 : Coefficient de perte de charge 2
 Hr : hauteur d'eau de réservoir
 Hv : hauteur de vanne
 Zv : tension de vapeur
 Q0 : Débit initial
 Ta : temps d'analyse
 Tb : temps de fermeteur de vanne
 b : Coefficient propre au vanne

PROBLEME STREETER

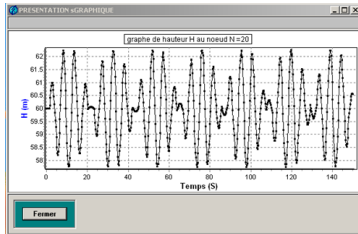
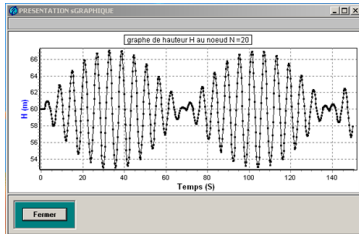
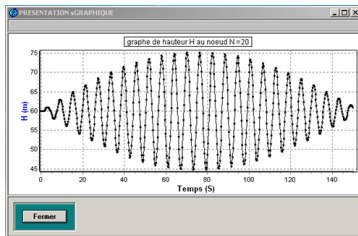
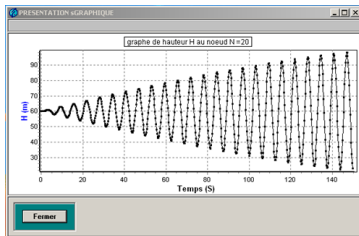
L	1800	m	Hr	60	m
D	0.25	m	dH	1	m
EP	0.005	m	Omega	1	rad/s
Kc	0.5	---	Hv	5	m
Lm	0.01	---	Q0	0	m ³ /s
N	20	---	Ta	150	s

L : longueur de conduite
 D : diamètre de conduite
 EP : Epaisseur de conduite
 Kc : Coefficient de nature
 Lm : Coefficient de perte de charge
 N : Deviation de conduite

Hr : hauteur d'eau de réservoir
 dH : Amplitude d'oscillation
 Omega : Fréquence d'oscillation
 Hv : hauteur de vanne
 Q0 : Débit initial
 Ta : temps d'analyse



Phénomènes transitoires dans les conduites



Phénomènes transitoires dans les conduites

PRETECTION A RESERVOIRE D'AIRE

L	1200	m	Hr	50	m
D	0.25	m	Q0	0.205	m ³ /s
EP	0.005	m	Ta	100	s
Kc	0.5	----	N1	30	----
Lm	0.0085	----	V0	5	m ³
N	30	----			

L : longueur de conduite
D : diamètre de conduite
EP : Epaisseur de onduite
Kc : Coefficient de nature
Lm : Coefficient de perte de charge
N : Descrission de conduite

Hr : hauteur d'eau de réservoir
Q0 : Débit initial
Ta : temp d'analyse
N1 : noued ou installer le réservoir air
V0 : volume initial d'air

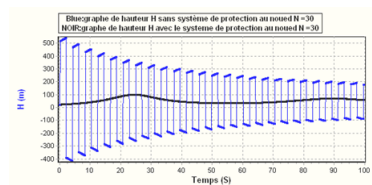
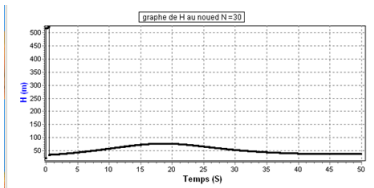
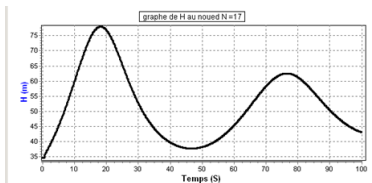
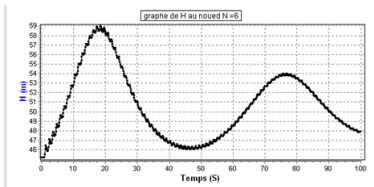
Valider

Precedent

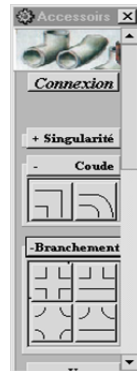
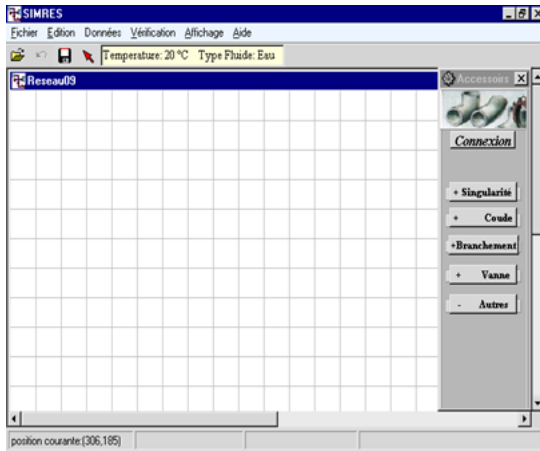
Fermer



Phénomènes transitoires dans les conduites



Reseaux fluides



Reseaux fluides

nbre ligne_colonne

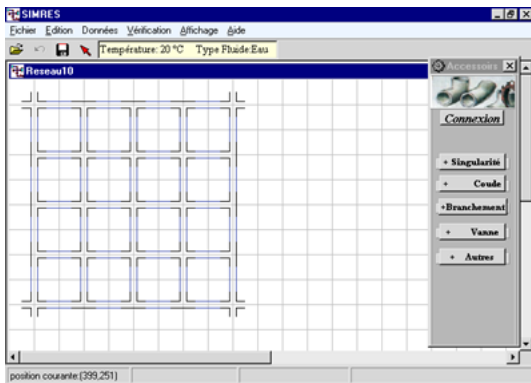
Nombre de lignes : 5

Nombre de colonnes : 5

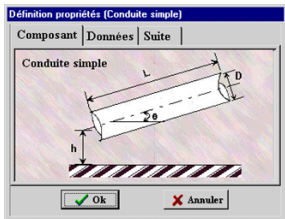
Diamètre : 25 [mm]

Longueur : 60 [m]

Ok Annuler



Reseaux fluides



Reseaux fluides

Définition propriétés (réservoir)

Composant | Données | Suite |

Reservoir avec entrée+sortie

Brouque → $K=0.5$
 Sallie → $K=1$
 Profilé → $K=0.05$

K: Coefficient de perte de charge

Ok Annuler

Définition propriétés (réservoir)

Composant | Données | Suite |

Matière : Amiant Ciment

Coefficient de perte de charge à la sortie: 0.56

Ok Annuler

Définition propriétés (réservoir)

Composant | Données | Suite |

Types :

Cylindrique

Rectangulaire ? → Volume: 1413 [m³]

Quelconque

Géométriques :

Diamètre 1: 20 [m]

Diamètre 2: 30 [m]

Calcul volume :

Hauteur: 2 [m]

Largeur: 0 [m]

Profondeur: 0 [m]

Diamètre: 0 [m]

Ok Annuler

Définition propriétés (réservoir)

Composant | Données | Suite |

Types :

Cylindrique

Rectangulaire ? → Volume: 63360 [m³]

Quelconque

Géométriques :

Diamètre 2: 35 [m]

Calcul volume :

Hauteur: 80 [m]

Largeur: 56 [m]

Profondeur: 20 [m]

Diamètre: 0 [m]

Ok Annuler

Définition propriétés (réservoir)

Composant | Données | Suite |

Types :

Cylindrique

Rectangulaire ? → Volume: 0.896 [m³]

Quelconque

Géométriques :

Diamètre 2: 25 [m]

Calcul volume :

Hauteur: 0 [m]

Largeur: 0 [m]

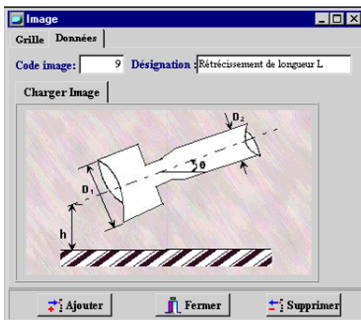
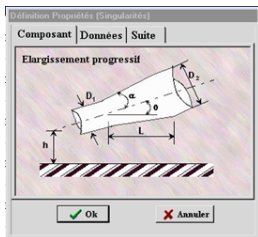
Profondeur: 0 [m]

Diamètre: 0 [m]

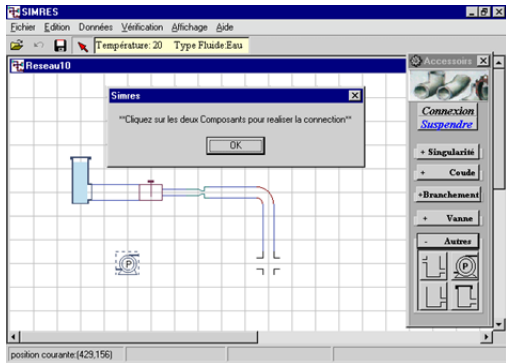
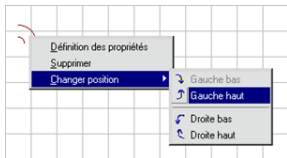
Ok Annuler



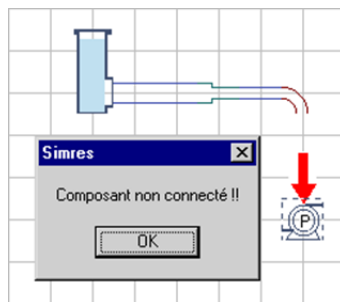
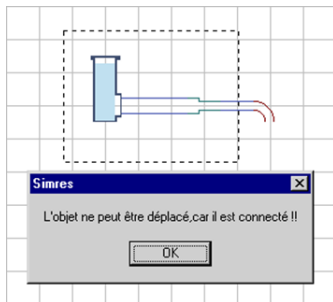
Reseaux fluides



Reseaux fluides



Reseaux fluides



Chauffage et Climatisation



Chauffage et Climatisation

Fenêtre des données géo-climatiques

Données Climatiques

Lieu : Biskra

Latitude : 34,48

Longitude : 5,44

Altitude : 81

Albédo : 0,3

Type de projet

Projet de Chauffage

Température de base extérieure

$T_e = 6$ [°C]

B.D Géoclimatiques

Situation de la construction

Type de maison

Maison d'alignement

Maison individuelle

Région

Normal

A vent fort

Site

Site protégé

Site découvert

Site partiellement découvert

Modes d'exploitation

Mode I : exploitation continue avec toutefois réduction d'exploitation nocturne.

Mode II : interruption de fourniture de chaleur d'une durée de 8 à 12 heures.

Mode III : interruption de fourniture de chaleur d'une durée de 12 à 16 heures.

OK

Données géométriques

Lieu : BATNA

Latitude : 35.33

Longitude : 6.11

Altitude : 1040

Albédo : 0.25


Température de base extérieure : -4

OK



Chauffage et Climatisation

Caractéristiques de la construction



Local

Niveau: 1
Espace: 1
Paroi: 1

Temp. intérieure de la pièce
T.int: 18 [°C]

Apports gratuits

OK

Fenêtres

Nbr fenêtres: 2
Fenêtre n°: 1
Retrait (δ): 0 [m]
Hauteur: 2 [m]
Largeur: 1 [m]

Fenêtre située au coin des murs

Matière: Fenêtre en Bois

Type:
 Simple
 Composée
 Double, étanche

Portes

Nbr portes: 1
Porte n°: 1
Hauteur: 3 [m]
Largeur: 1 [m]

Étanchéité:
 Étanche
 Non étanche

Matière: Porte en Bois

Type:
 Simple
 Composée
 Double, étanche

Paroi

Genre: Mur extérieur
Orientation: Sud-Est

Dimensions:
Largeur: 4 [m]
Hauteur: 3 [m]


Température:
Temp de l'autre côté: 0 [°C]

Couches:
B.D Couches

Nbr couches: 5
Couche n°: 1
Épaisseur E: 0,015 [m]
Lambda λ : 0,4 [Kcal/h.m.°C]



Chauffage et Climatisation

 Les apports gratuits

Les apports dus aux occupants

Nbre de personnes : (Personnes)


Les apports dus à l'éclairage

Puissance totale d'éclairage : (Watt)

Machines

Puiss. du moteur : (Watt)

Rend. du moteur :



 Les couches des Parois

Nombre de couches :

Couche N° :

Epaisseur E : [m]

Lambda λ : [Kcal/h.m.°C]





Chauffage et Climatisation


Tableau des résultats corrigés

Niveau 1

	Nombre d'éléments R.E.A	Nombre d'éléments R.P.D	Les besoins calorifiques sans apports (R.E.A)	Les br
Espace 1	139	54	11815	
Espace 2	125	49	10625	
Espace 3	146	56	12410	
Espace 4	35	14	2975	
Espace 5	17	7	1445	
Espace 6	16	6	1360	
Espace 7	18	7	1530	
Espace 8	30	12	2550	
Espace 9	28	11	2380	

Niveau précédent ▶

Niveau suivant ◀

 Fermer

Puissance de la chaudière sans apports gratuits : [Kcal/h]

Puissance de la chaudière avec apports gratuits : [Kcal/h]



Chauffage et Climatisation

Calcul du réseau

Donner le nombre de colonnes :

Donner le nombre de radiateurs dans la colonne : Nombre :

Donner la longueur du tronçon du radiateur de la colonne





Longueur : [m]

Donner le débit de chaleur que transporte ce tronçon : (Kcal/h)

Donner le nombre de coudes dans ce tronçon :

Est ce que ce tronçon se dérive directement du tronçon précédent : Oui Non

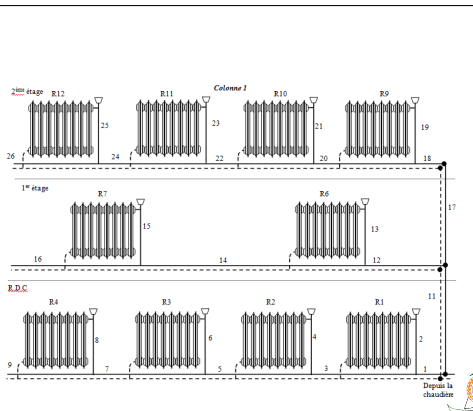
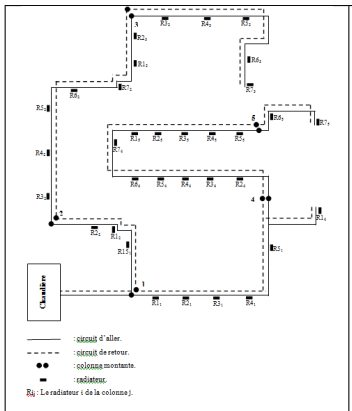
Choisissez le cas qui correspond à la fin de ce tronçon :

<input type="radio"/> T 	<input type="radio"/> T contre courant 	<input type="radio"/> Croix 	<input type="radio"/> Robinet 
--	---	--	--

OK



Chauffage et Climatisation



Module de parois

Outil valeur U(k)

Matériau: Maçonnerie Y-C, joint, sans enduits
 Catégorie: Brique silico-calcaire, 1600 Kg
 Conductivité thermique: **0.8** [W/m^2K]
 Epaisseur: [] [cm]

[Ajouter] [Supprimer] [Insérer]

Couche	Catégorie	Conductivité	Epaisseur	Résistance
1	Enduit de plâtre	0.58	1	0.01
2	Brique TERRE cuite "optitherm" 4	0.19	3	0.15
3	Chêne, 700-800 Kg	0.21	2	0.09
4	Panneaux de bois aggloméré 600 K	0.11	3	0.27
5	Laine de pierre, panneau 20-60 K	0.04	1	0.25
6				
7				
8				

Epaisseur totale: **10** [cm]
 Résistance thermique totale: **1.62** [m^2K/W]
 Coefficient de transfert global: **0.618** [W/m^2K]

[Définir...]

Vue de: Façade

Intérieure: 16 °C
 Extérieure: -5 °C

Flux: **12.978** [W]

[Voir les couches...]

[Nouvelle paroi] [Fermer]



Projets de recherche, Doctorat et Magisters

- Mini/Micro canaux (**Fluent**).
- Convection (**PDEase**).
- Paliers hydrodynamiques (**TurboPascal - MEF**).



Pompes axiales

But du travail :

Etablir un logiciel de dimensionnement, de prédiction et d'analyse des performances des pompes axiales.

Avantages :

Répondre d'une façon globale et rapide au problème direct et inverse par l'introduction du cahier de charge (H, Q, N) et le choix des paramètres constructifs :

- Rendement
- Encombrement
- NPSH
- Stabilité
- Bruit



Pompes axiales

Théorie :

Essais entrepris et publiés par le NACA portant sur les profils NACA 65 10%, combinés à la théorie de la mécanique des grilles d'aubes établie par COMOLET.

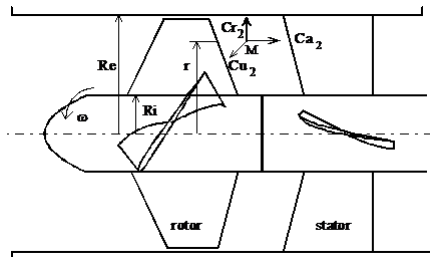
Limites :

$$0.5 \leq \sigma \leq 1.5 \quad 0 \leq C_{z\infty 0} \leq 2.7 \quad 30^\circ \leq \alpha_1 \leq 70^\circ$$

$$\mathcal{R}_{e1} \geq 250000 \quad M_1 \leq 0.6$$



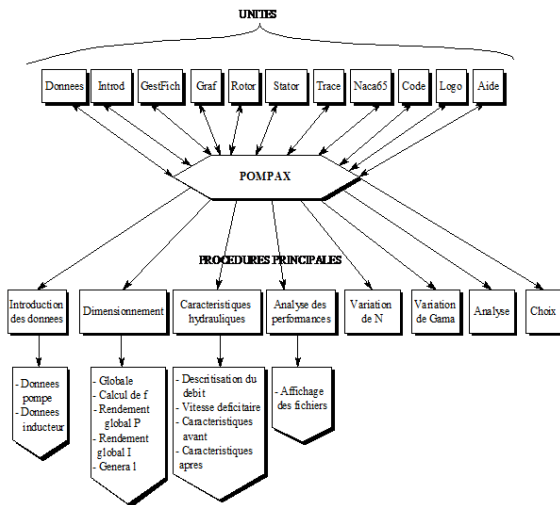
Schéma d'une pompe axiale



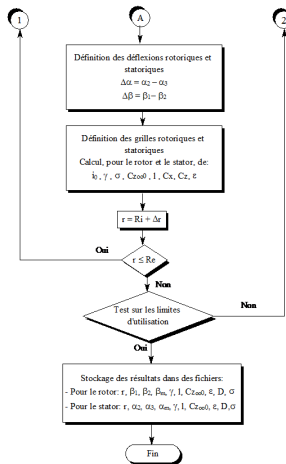
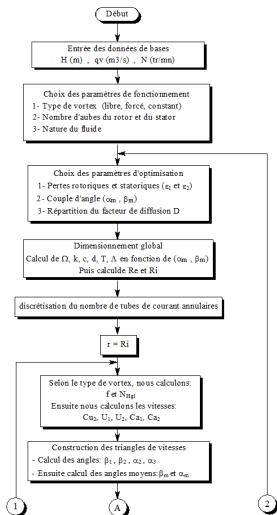
Programme version DOS



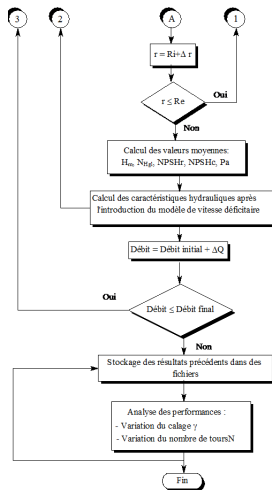
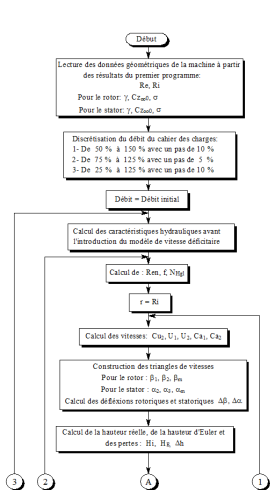
Programme version DOS



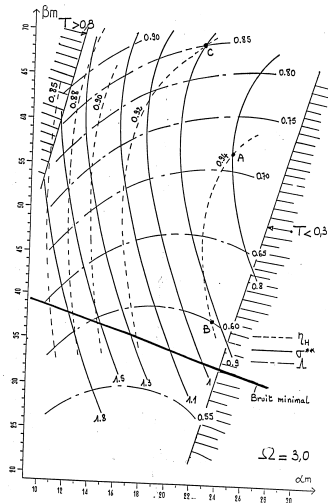
Organigramme du problème inverse



Organigramme du problème direct



Choix de la pompe



Version Windows



Version Windows

Entrée des données de l'inducteur

Cahier des charges:

Hauteur :	<input type="text" value="10"/>	[m]	Viscosité cinématique :	<input type="text" value="1E-6"/>	[m2/s]
Débit :	<input type="text" value="0.516"/>	[m3/s]	Vitesse de rotation :	<input type="text" value="1450"/>	[tr/mn]

Paramètres d'optimisation:

Nombre de tubes de courant :	<input type="text" value="15"/>	
Angle de pertes du rotor (Eps1) :	<input type="text" value="1.8"/>	
Angle moyen au rayon moyen du rotor :	<input type="text" value="59"/>	[°]
Angle moyen au rayon moyen du stator :	<input type="text" value="19.7"/>	[°]

Entrée des données de l'inducteur

Suite des données:

Epaisseur des pales :	<input type="text" value="5"/>	[mm]
Facteur de diffusion intérieur rotor :	<input type="text" value="0.64"/>	
Facteur de diffusion extérieur rotor :	<input type="text" value="0.3"/>	
Nombre d'aubages du rotor :	<input type="text" value="4"/>	
Masse volumique :	<input type="text" value="1000"/>	[Kg/m3]



Caractéristiques géométriques

PompAx V2.0 - [C:\TRAVAIL\PEF\WPOMPAX\PMMPREP\PMMPREF.GEO]

Fichier Edition Géométrie Hydraulique Analyse Modélisation Tracé Options Fenêtre ?

Caractéristiques géométriques du Rotor

Ray	Beta1	Beta2	Betam	Gama	Cord	Czoo0	Eps	Fd	Sigma
0.0714	51.77	5.33	34.27	24.11	0.1560	2.6778	1.53	0.64	1.39
0.0770	53.87	15.64	39.52	30.22	0.1692	2.2049	1.56	0.62	1.40
0.0826	55.78	24.45	43.90	35.57	0.1744	1.8573	1.54	0.59	1.34
0.0883	57.51	31.80	47.60	40.16	0.1736	1.6018	1.49	0.57	1.25
0.0939	59.10	37.87	50.76	44.05	0.1694	1.4097	1.43	0.55	1.15
0.0996	60.55	42.80	53.47	47.37	0.1640	1.2602	1.37	0.53	1.05
0.1052	61.89	47.05	55.83	50.21	0.1580	1.1395	1.33	0.50	0.96
0.1109	63.11	50.55	57.89	52.66	0.1544	1.0388	1.29	0.48	0.89
0.1165	64.24	53.52	59.72	54.79	0.1511	0.9522	1.27	0.46	0.83
0.1221	65.29	56.06	61.34	56.66	0.1491	0.8758	1.26	0.44	0.78
0.1278	66.26	58.26	62.79	58.32	0.1485	0.8068	1.27	0.41	0.74
0.1334	67.16	60.18	64.10	59.79	0.1493	0.7431	1.29	0.39	0.71
0.1391	67.99	61.87	65.28	61.12	0.1516	0.6828	1.32	0.37	0.69
0.1447	68.77	63.37	66.36	62.31	0.1558	0.6244	1.37	0.35	0.69
0.1504	69.50	64.71	67.34	63.40	0.1620	0.5665	1.44	0.32	0.69
0.1560	70.18	65.92	68.25	64.39	0.1709	0.5075	1.54	0.30	0.70

OK

PompAx V2.0 - [C:\TRAVAIL\PEF\WPOMPAX\PMMPREP\PMMPREF.GEO]

Fichier Edition Géométrie Hydraulique Analyse Modélisation Tracé Options Fenêtre ?

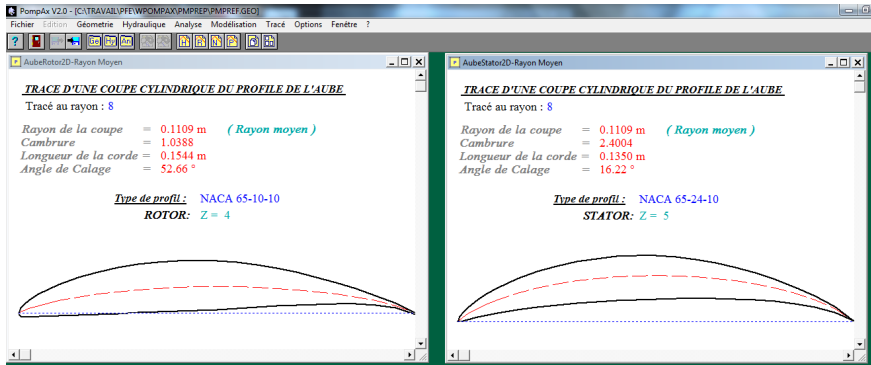
Caractéristiques géométriques du Stator

Ray	Alfa2	Alfam	Gama	Cord	Czoo0	Eps	Fd	Sigma
0.0714	49.63	30.46	20.73	0.1351	2.6868	1.58	0.60	1.51
0.0770	47.46	28.59	20.12	0.1330	2.6610	1.45	0.59	1.37
0.0826	45.44	26.92	19.47	0.1318	2.6279	1.34	0.58	1.27
0.0883	43.55	25.42	18.81	0.1314	2.5893	1.26	0.57	1.18
0.0939	41.78	24.07	18.15	0.1316	2.5463	1.20	0.55	1.12
0.0996	40.12	22.85	17.49	0.1323	2.5000	1.15	0.54	1.06
0.1052	38.58	21.74	16.85	0.1335	2.4511	1.11	0.53	1.01
0.1109	37.13	20.73	16.22	0.1350	2.4004	1.07	0.51	0.97
0.1165	35.77	19.81	15.62	0.1369	2.3482	1.05	0.50	0.94
0.1221	34.49	18.96	15.05	0.1392	2.2950	1.03	0.49	0.91
0.1278	33.29	18.18	14.49	0.1418	2.2411	1.01	0.48	0.88
0.1334	32.17	17.46	13.97	0.1447	2.1866	1.00	0.46	0.86
0.1391	31.11	16.79	13.47	0.1479	2.1317	0.99	0.45	0.85
0.1447	30.11	16.17	12.99	0.1515	2.0766	0.99	0.44	0.83
0.1504	29.17	15.59	12.53	0.1554	2.0212	0.99	0.42	0.82
0.1560	28.28	15.05	12.10	0.1598	1.9657	0.99	0.41	0.81

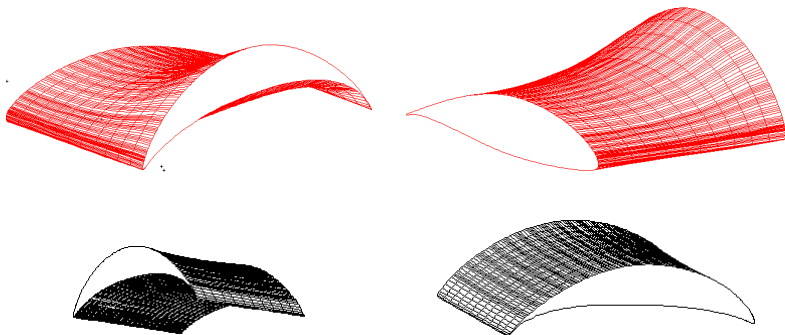
OK



Caractéristiques géométriques



Visualisation 3D avec 3DS



Caractéristiques hydrauliques

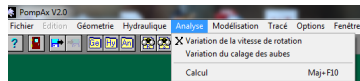
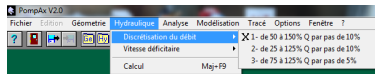
Caractéristiques hydrauliques après vitesse déficitaire

N = 1450 DGama = 0

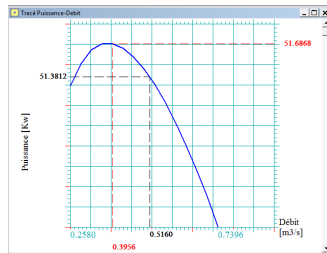
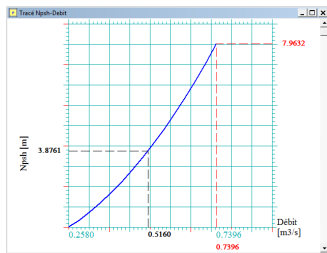
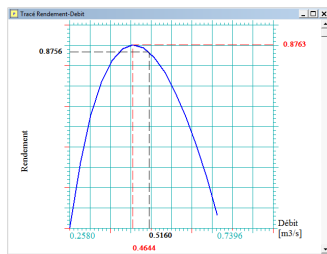
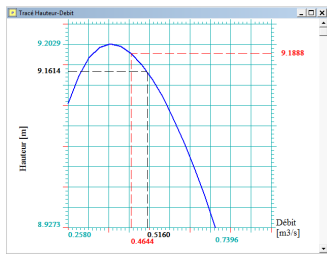
Q [m3/s]	Etam	H [m]	NPSHr	NPSHc	Pa [KW]
0.2580	0.8586	9.1095	12.1579	0.9690	51.2895
0.2924	0.8649	9.1544	12.5297	1.2447	51.5035
0.3268	0.8695	9.1826	12.9481	1.5547	51.6284
0.3612	0.8727	9.1979	13.4130	1.8993	51.6849
0.3956	0.8748	9.2029	13.9243	2.2783	51.6868
0.4300	0.8759	9.1994	14.4821	2.6917	51.6437
0.4644	0.8763	9.1888	15.0864	3.1396	51.5628
0.4988	0.8760	9.1719	15.7372	3.6220	51.4491
0.5332	0.8751	9.1497	16.4345	4.1388	51.3066
0.5676	0.8737	9.1225	17.1782	4.6901	51.1383
0.6020	0.8717	9.0910	17.9685	5.2758	50.9466
0.6364	0.8694	9.0555	18.8052	5.8960	50.7334
0.6708	0.8666	9.0162	19.6884	6.5506	50.5004
0.7052	0.8634	8.9734	20.6181	7.2397	50.2486
0.7396	0.8598	8.9273	21.5943	7.9632	49.9793

OK

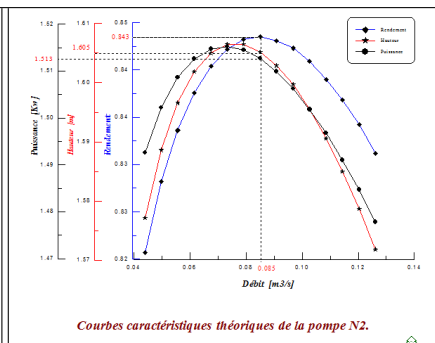
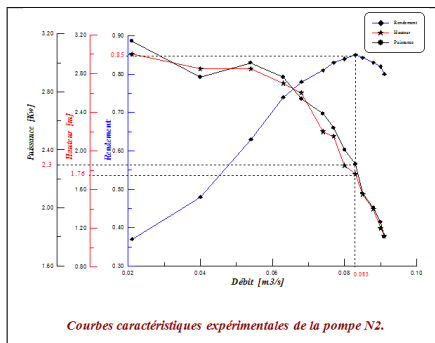
Printer icon



Caractéristiques hydrauliques



Validation expérimentale



Simulation numérique

But du travail :

Etude de l'écoulement aube-à-aube (S1) en résolvant les équations N-S 2D :

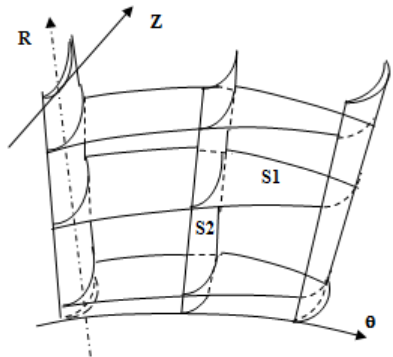
- Lignes de courant.
- Champ de vitesses.
- Répartition de pression.

Outils :

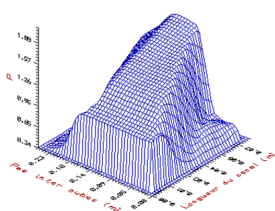
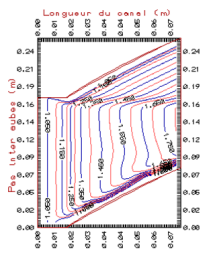
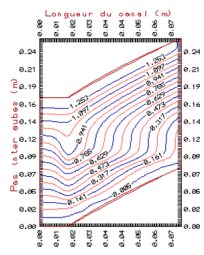
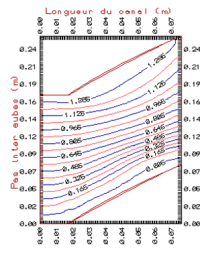
Disponibilité du code TEAM écrit en langage Fortran et utilisant la MVF.



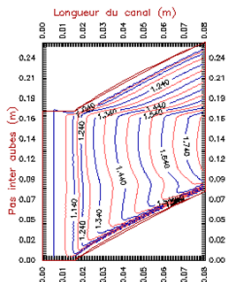
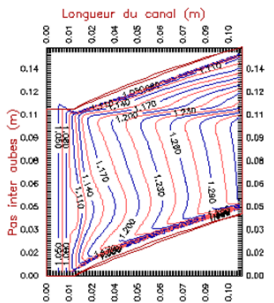
Surfaces aube-à-aube (S1)



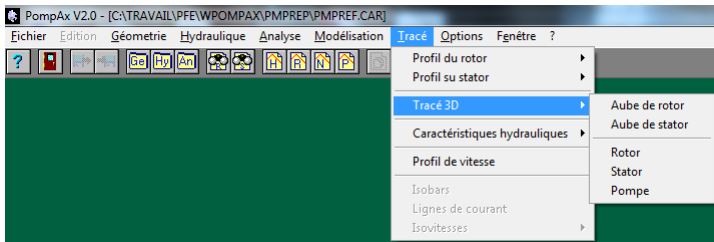
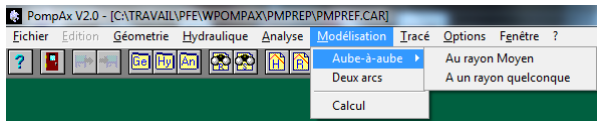
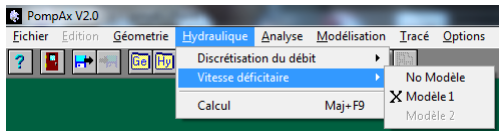
Caractéristiques de l'écoulement



Isobars du moyeu à la ceinture



Perspectives



Perspectives

- Etude de l'écoulement interne sur les surfaces (S2) et couplage pour aboutir au Q3D (Thèse d'état).



Turbines à gaz

Objectif du travail :

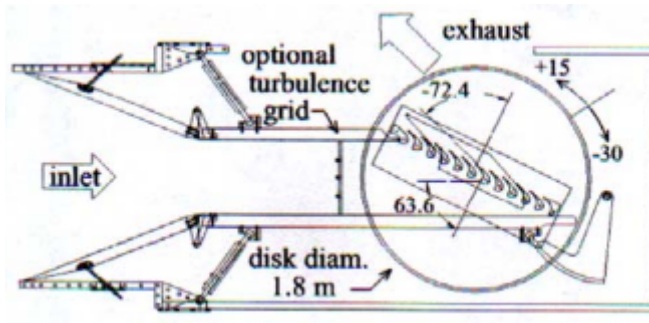
- Simuler l'écoulement transsonique turbulent et visqueux inter-aubes d'un fluide compressible dans une turbine à gaz.
- Détermination de la répartition de pression autour de l'aube.
- Dégager le modèle de turbulence à deux équation le plus approprié.
- Maîtrise de l'outils de simulation.

Outils :

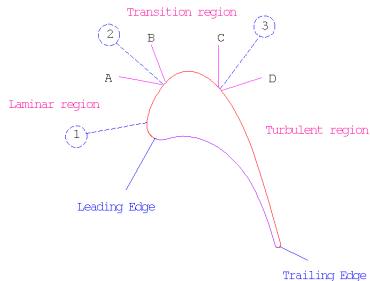
- Logiciel « ANSYS » : outil d'analyse par éléments finis.
- Disponibilité de la géométrie de l'aube ainsi que des résultats expérimentaux et numériques de P.W. Giel et al. (1996) du CR Lewis Transonic Turbine Blade de la NASA .



Expérimentation menée par P.W. Giel (NASA)



Complexité de l'écoulement



<i>Geometric parameter</i>	<i>Value</i>
Axial chord	12.7 cm (5.000 in)
Pitch	13.00 cm (5.119 in)
Span	15.24 cm (6.000 in)
True chord	18.42 cm (7.250 in)
Stagger angle	41.54°
Throat diameter	3.358 cm (1.393 in)
Throat area : 1 passage	53.94 cm ² (8.360 in ²)
Leading edge diameter	2.657 cm (1.046 in)
Trailing edge diameter	0.518 cm (0.204 in)

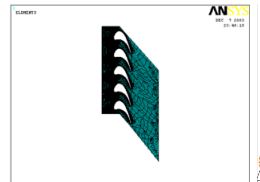
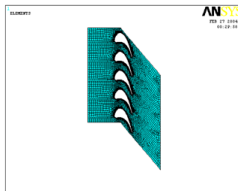
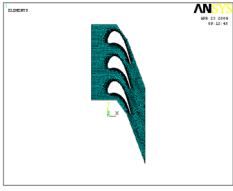
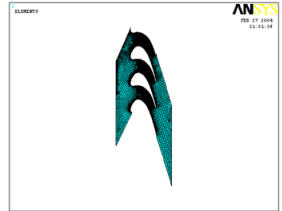
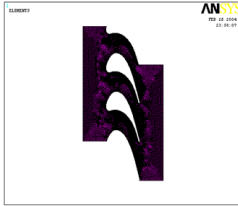
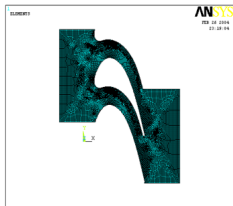


Conditions aux limites

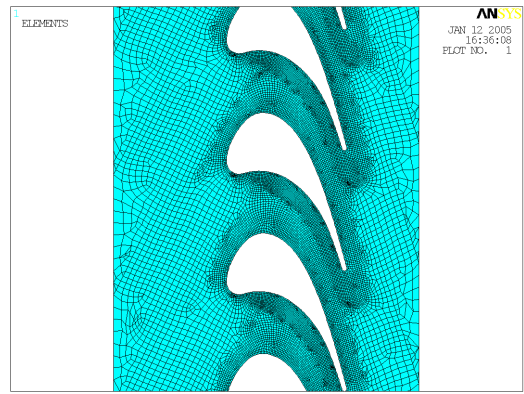
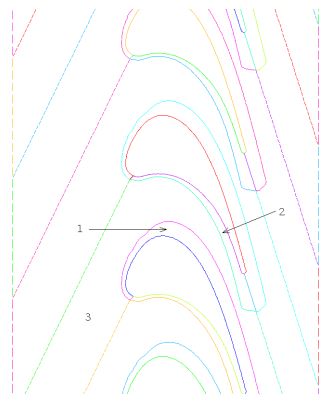
<i>Inlet Boundary Conditions</i>	<i>Value</i>
Static Pressure $P_{s_{in}}$	85322.53 Pa
Static Temperature $T_{s_{in}}$	274.09 °K
Axial Velocity $V_{x_{in}}$	56.503 m/s
Transversal Velocity $V_{y_{in}}$	113.825 m/s
<i>Outlet Boundary Conditions</i>	<i>Value</i>
Static Pressure $P_{s_{ex}}$	33343.01 Pa
Static Temperature $T_{s_{ex}}$	209.13 °K
Axial Velocity $V_{x_{ex}}$	115.78 m/s
Transversal Velocity $V_{y_{ex}}$	365.00 m/s



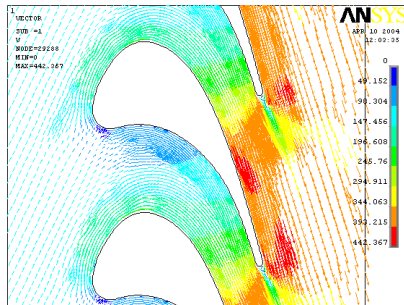
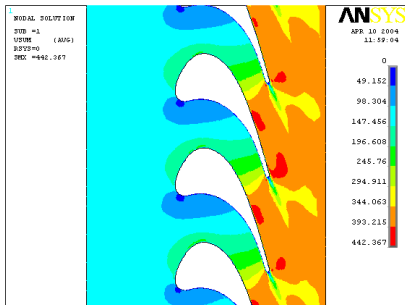
Maillage



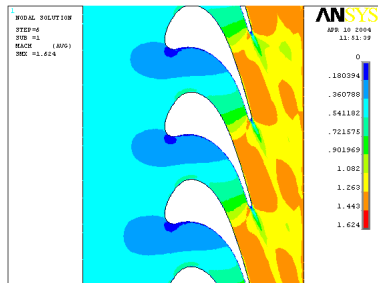
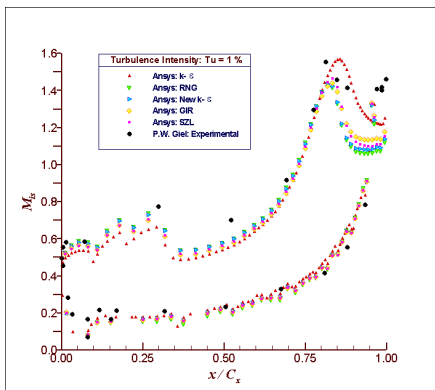
Maillage



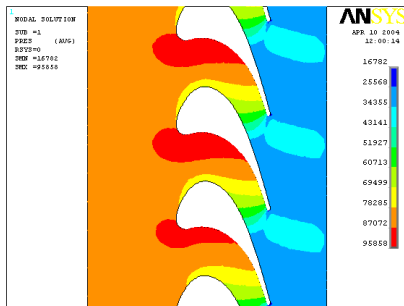
Caractéristiques cinématiques



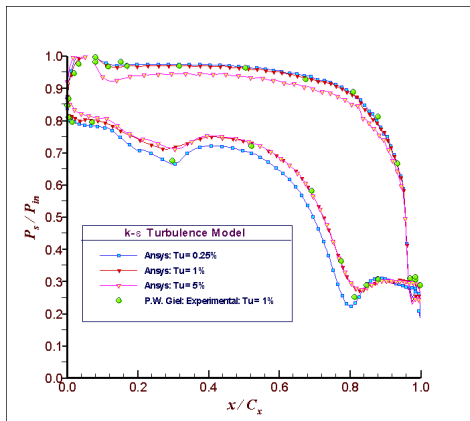
Caractéristiques cinématique



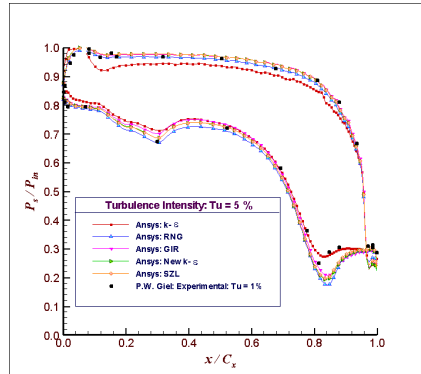
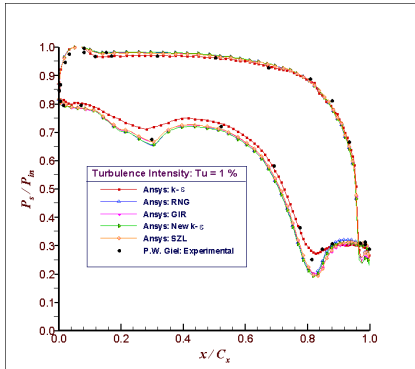
Caractéristiques dynamiques



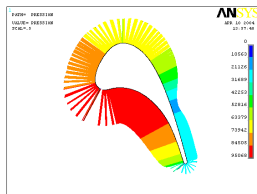
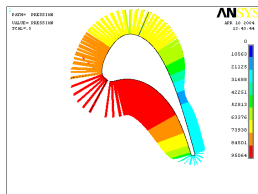
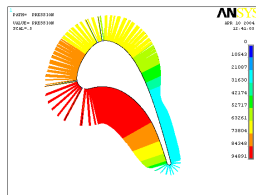
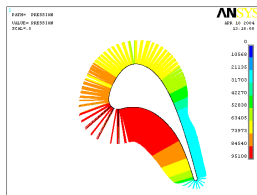
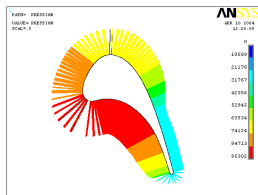
Répartition de pression



Répartition de pression



Répartition de pression autour de l'aube

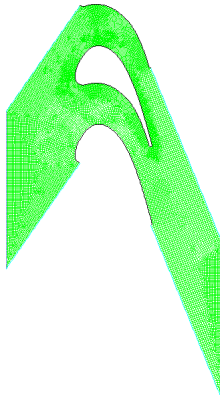


Résumé

- Les simulations donnent de bon résultats de la cinématique sauf au voisinage des bords de d'attaque et de fuite.
- La distribution de pression statique est en bon accord avec celle issue de l'expérience.
- Pour $T_u = 1\%$, le modèle $k - \varepsilon$ reste le meilleur pour la prédiction de l'écoulement transsonique.
- Pour $T_u = 5\%$, tous les modèles donnent des résultats meilleurs comparés au modèle $k - \varepsilon$.
- Pour $T_u = 1\%$ et $T_u = 5\%$, les modèles *New k - ε*, *GIR* et *SZL* sous-estiment la pression statique au bord de fuite.
- Toutes les simulations montrent que les résultats les plus proches de l'expérience sont ceux obtenus avec $T_u = 1\%$.



Maillage irrégulier avec GAMBIT

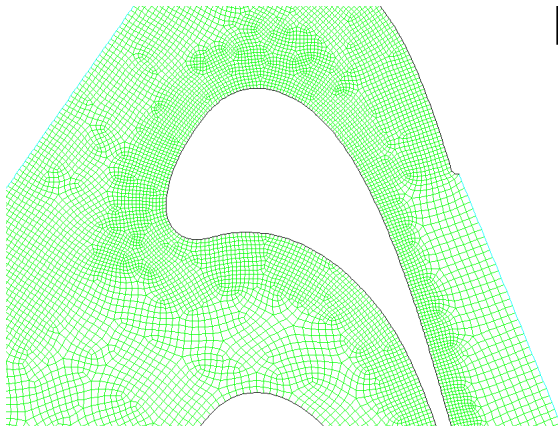


Mesh

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, dbns imp, ske)



Maillage irrégulier avec GAMBIT

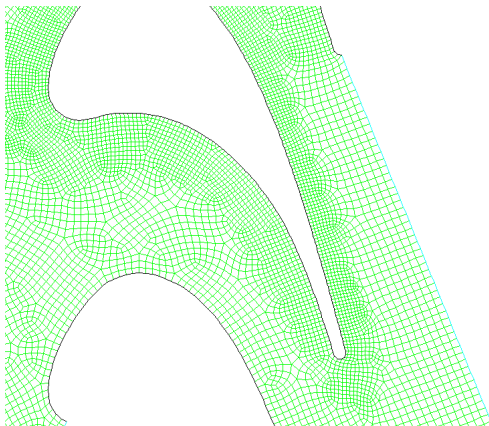


Mesh

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, dbns imp, ske)



Maillage irrégulier avec GAMBIT

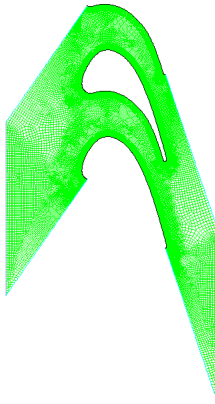


Mesh

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, dbns imp, ske)



Maillage de type C avec GAMBIT

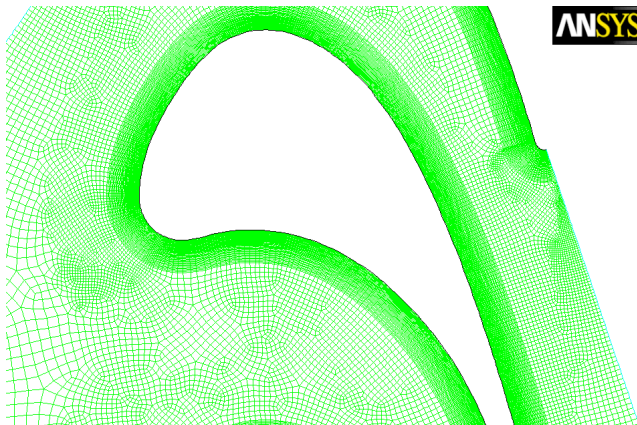


Mesh

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, pbns, ske)



Maillage de type C avec GAMBIT

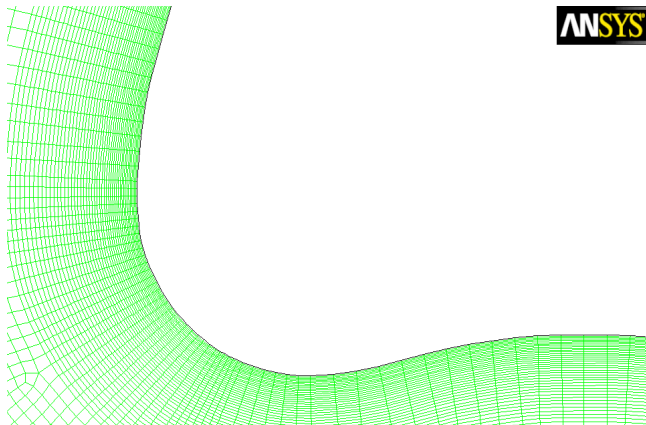


Mesh

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, pbns, ske)



Maillage de type C avec GAMBIT

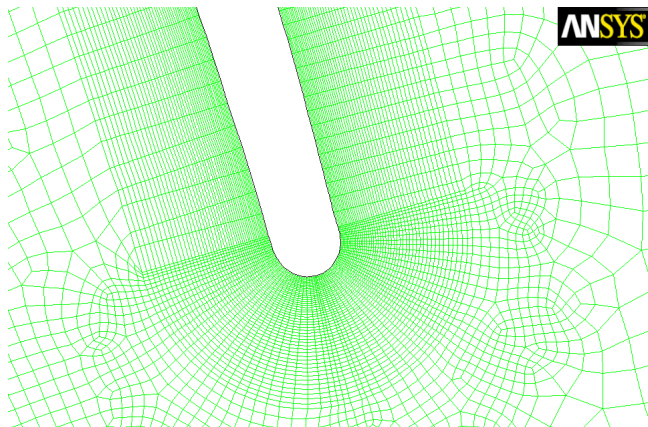


Mesh

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, pbns, ske)



Maillage de type C avec GAMBIT



Mesh

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, pbns, ske)

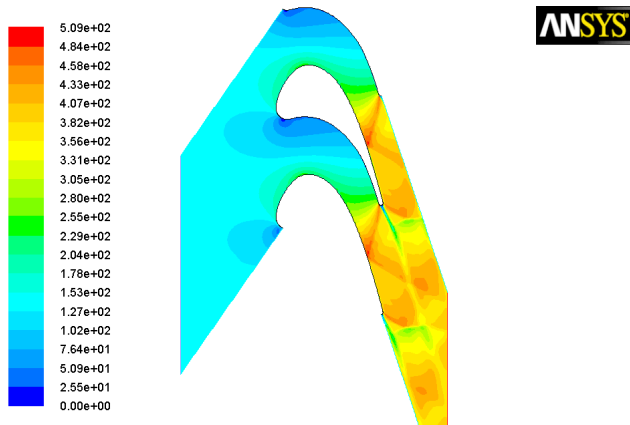


Cas étudiés

Cas	$Re_{C_{x,in}}$	Ma_{ex}	Grille	T_u en %
1	1.0×10^6	1.3	Absence	0.25
2	1.0×10^6	1.0	Absence	0.25
3	1.0×10^6	1.3	Présence	7
4	1.0×10^6	1.0	Présence	7
5	0.5×10^6	1.3	Absence	0.5
6	0.5×10^6	1.0	Absence	0.5
7	0.5×10^6	1.3	Présence	7
8	0.5×10^6	1.0	Présence	7



Utilisation de FLUENT - Isovitesses

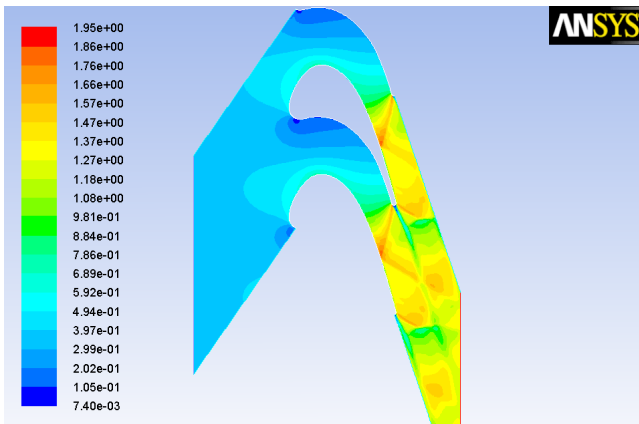


Contours of Velocity Magnitude (m/s)

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, dbns imp, rke)



Utilisation de FLUENT - IsoMach

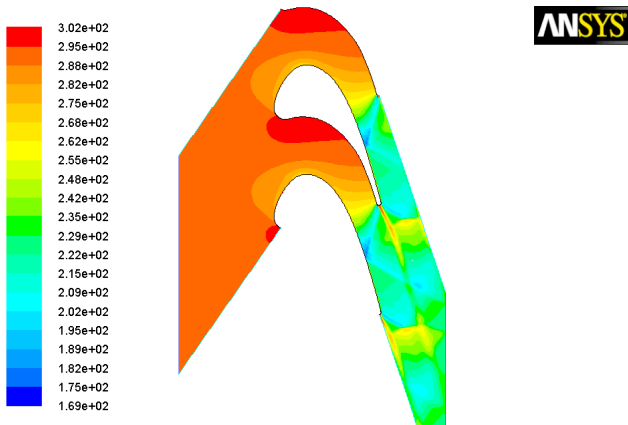


Contours of Mach Number

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, dbns imp, rke)



Utilisation de FLUENT - Isothermes

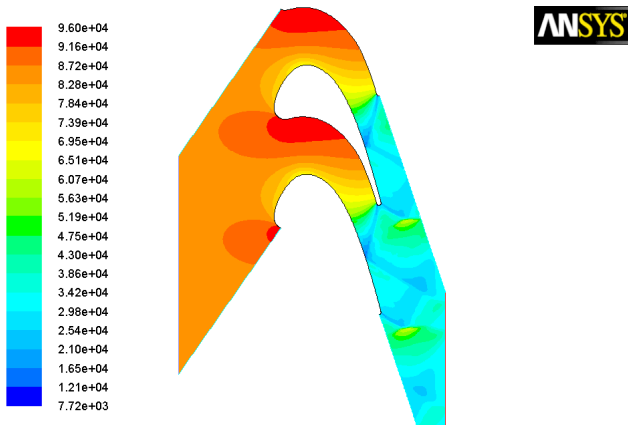


Contours of Static Temperature (k)

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, dbns imp, rke)



Utilisation de FLUENT - Isobars

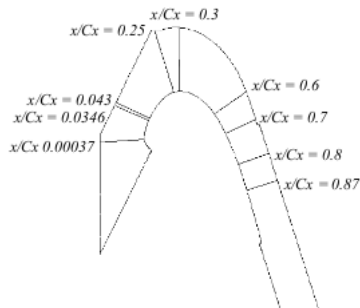


Contours of Static Pressure (pascal)

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (2d, dp, dbns imp, rke)



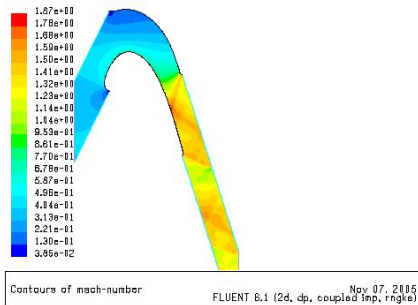
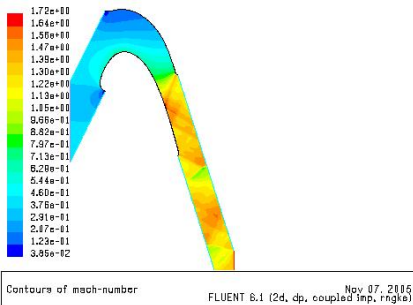
Etude de l'écoulement proche paroi



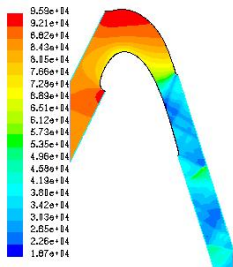
- Localisation des différentes régions de l'écoulement.
- Interaction de l'onde de choc avec la couche limite.



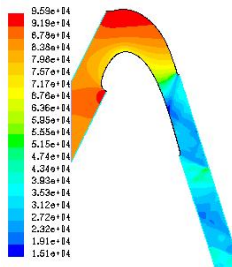
Conditions RBC et NRBC - Isomach



Conditions RBC et NRBC - Isobars



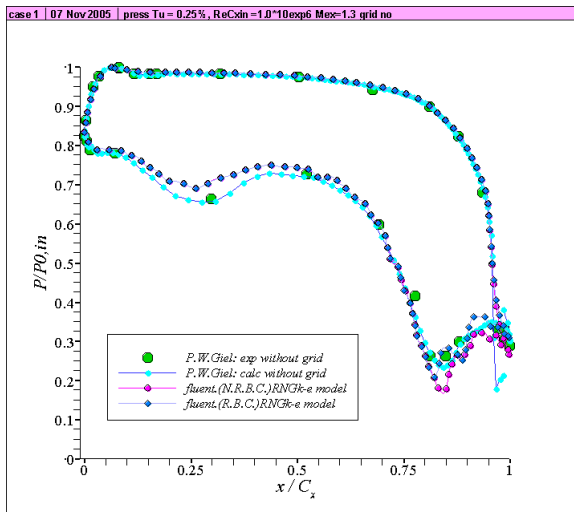
Contours of Static Pressure (pascal) Nov 07, 2005
FLUENT 6.1 (2d, dp, coupled imp, rngke)



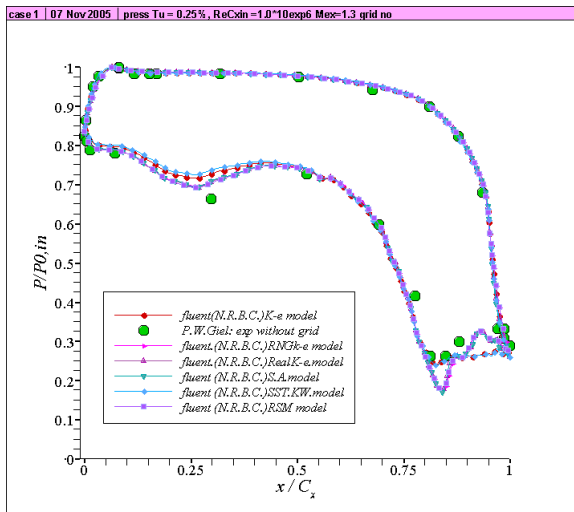
Contours of Static Pressure (pascal) Nov 07, 2005
FLUENT 6.1 (2d, dp, coupled imp, rngke)



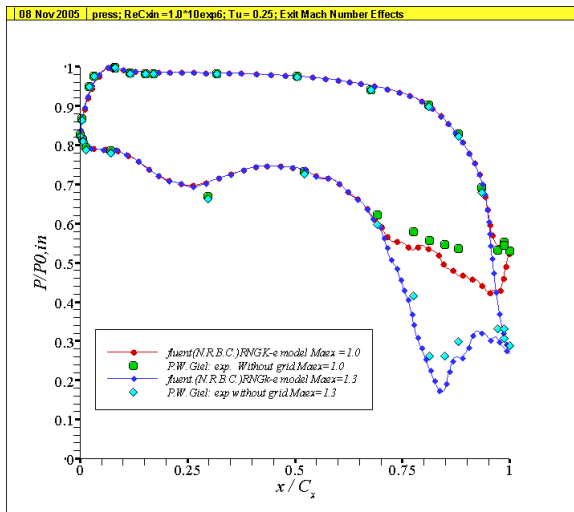
Conditions RBC et NRBC - Répartition de pression



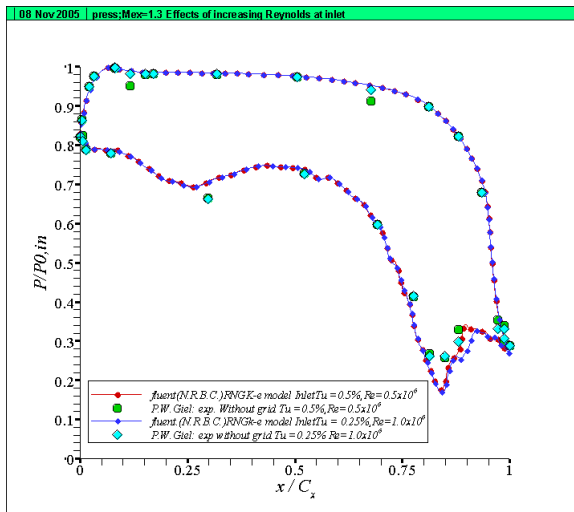
Comparaison des modèles de turbulence



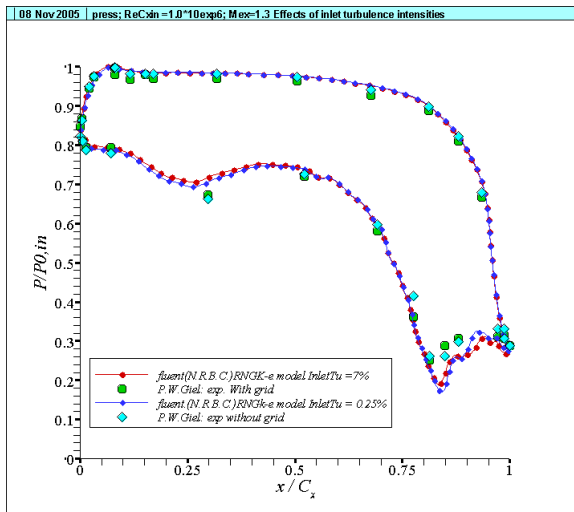
Effets de Ma_{iS} à la sortie



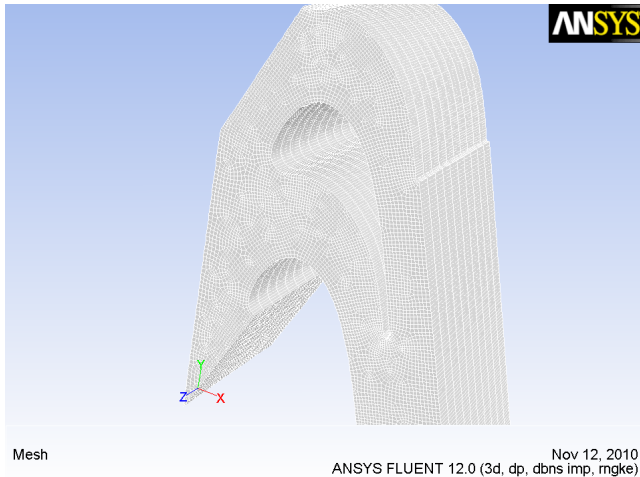
Effets de Re à l'entrée



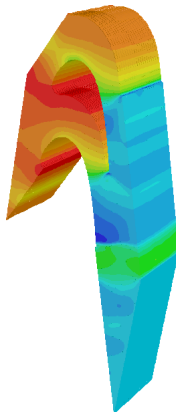
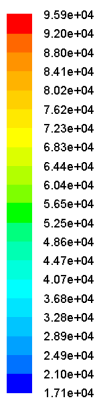
Effets de Tu à l'entrée



Perspectives



Perspectives



Contours of Static Pressure (pascal)

Nov 12, 2010
ANSYS FLUENT 12.0 (3d, dp, dbns imp, rngke)



Perspectives globales

- Développement de logiciels dans le domaine énergétique (pédagogiques et professionnels).
- Créer un laboratoire de turbomachines avec un banc d'essai de pompes.
- Etude de phénomènes couplés (IFS).



Fin de la seconde partie

Merci pour votre attention

