

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :.....

## Centre Universitaire de Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Techniques

Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme  
LICENCE ACADEMIQUE

en Hydraulique

Spécialité : Sciences Hydrauliques

### Thème

**Etude de l'hydrodynamique à travers un coude**

**Préparé par :**

MEZILI SALAH EDDINE

KENOUCHE HAKIM

BELKESSOUR YAAKOUB

HENNOUFA ILHAM

**Dirigé par :**

Dr : M. Bensouici

**Année universitaire : 2013/2014**

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire*

*A mes chers parents*

*Pour l'éducation et le grand amour dont ils m'ont entouré depuis ma naissance pour leurs patiences et leurs sacrifices.*

*Pour m'avoir poussé jusqu'à au bout et pour avoir été toujours un confort moral.*

*A mes frères et mes sœurs, en lui souhaitant la réussite dans leurs vies.*

*A tous les administrateurs de départements de sciences et technique (hadjar,selma).*

*A toute ma famille proche soit-elle ou lointaine*

# Remerciements

*Nous remercions tout d'abord le grand Dieu pour l'achèvement de ce mémoire.*

*Nous ne serions réellement, trouver les expressions éloquentes que mérité nos encadreur **Monsieur M.BENSOUICI** le remercier pour ses encouragements, et ses présences totale et suggestions avisées qui nous aidés à mener à bien ce travail, et d'avoir rapporté à ce mémoire ces remarques et conseils.*

*Je remercie tous mes collègues de l'institut des sciences et technologie ainsi que Tous les enseignants et les responsables.*

*Enfin je tiens à remercier mes parents pour m'avoir appris à toujours aller au bout de mes idées, ainsi que mes frères et sœurs.*

*Sans omettre bien sur de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réalisation du présent travail.*

*Enfin je tiens à remercier mes parents pour m'avoir appris à toujours aller au bout de mes idées, ainsi que mes frères et sœurs.*

*Sans omettre bien sur de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réalisation du présent travail.*

# Sommaire

Introduction Général et objectif du travail.....	01
--	----

## **Chapitre I l'hydraulique et ses applications**

Définition de l'hydraulique.....	03
----------------------------------	----

Les applications de l'hydraulique.....	04
--	----

- Les barrages.....04
- L'irrigation.....05
- L'assainissement.....05
- L'alimentation en eau potable.....06
- L'épuration de l'eau.....06
- Station de pompage.....07

## **Chapitre II Etude bibliographique**

▪ Etude bibliographique.....	08
------------------------------	----

<b>Conclusion General.....</b>	<b>17</b>
--------------------------------	-----------

<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>19</b>
---	-----------

# Introduction et objectif du travail

## Introduction et objectif du travail

Depuis plus d'un siècle déjà, il a été reconnu que les conduites courbes jouent un rôle important comme éléments de machines dans différents domaines d'engineering. En effet, les écoulements laminaires et turbulents internes, au niveau des coudes, ont été un sujet de recherche d'une grande importance, Différents travaux expérimentaux et numériques ont été menés pour caractériser ces écoulements complexes.

L'étude des écoulements dans coude est un problème ouvert présentant des enjeux technologiques importants et reste motivante pour une partie de la recherche sur la mécanique des fluides.

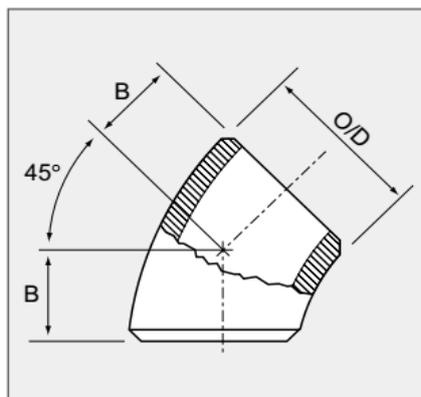
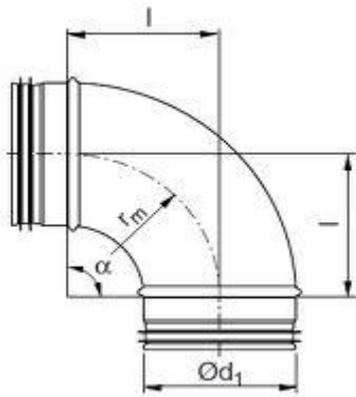
Le coude ayant une géométrie particulière, c'est un raccord de tuyau installé entre deux longueurs de tuyau ou le tube pour permettre un changement de direction, habituellement un angle de  $90^\circ$  ou  $45^\circ$ , Les extrémités peuvent être usinés pour soudage bout à bout, fileté (généralement des femmes), ou à douille, etc. Lorsque les deux extrémités diffèrent par la taille, le montage est appelé un coude ou réducteur coude réducteur.

En générale, les coudes peuvent être utilisés dans l'alimentation en eau, le drainage, les égouts, les événements, les systèmes d'aspirateurs centraux, des conduites d'air et gaz comprimé, les drains de la pompe de puisard, et de n'importe quel endroit où les raccords de plomberie seraient utilisés pour assembler des sections de tuyau.

Les coudes sont classés en fonction de diverses caractéristiques de conception comme ci-dessous :

- À long rayon ( LR ) Coudes , le rayon est de 1,5 fois le diamètre du tuyau. Coudes longs sont généralement utilisés dans les systèmes gravitaires à basse pression et d'autres applications où le faible turbulence et dépôt minimum de solides entraînés sont source de préoccupation.
- Rayon court ( SR ) Coudes , le rayon est de 1,0 fois le diamètre du tuyau. Coudes courts sont largement disponibles, et sont généralement utilisés dans les systèmes pressurisés.
- Coude  $90^\circ$ , où le changement dans la direction requise est de  $90^\circ$ . Il est utilisé pour changer la direction dans la tuyauterie et il peut également joindre à caoutchouc avec des pinces en acier inoxydable.

- Coude 45 degrés, où le changement dans la direction requise est de  $45^\circ$ . Il est couramment utilisé dans les installations d'approvisionnement en eau, les réseaux de pipelines industriels alimentaires, des réseaux de pipelines chimiques industriels, réseaux de gazoducs industrielle électronique, pipeline des installations de conditionnement d'air, l'agriculture et le système de production jardin de transport, réseau de canalisations pour l'installation de l'énergie solaire, etc.



45° Elbow

**Notre objectif du travail est l'étude de l'hydrodynamique à travers un coude.**

Notre mémoire est présenté comme suit :

**Le chapitre I** est dédié à l'hydraulique et ses applications

**Le chapitre II** présente l'étude bibliographique

# Chapitre I

L'hydraulique et ses applications

# Chapitre I : Hydraulique et ses applications

## I-1.définition

L'hydraulique est une des activités les plus anciennes de la civilisation humaine, puisqu'elle commande toutes les utilisations de l'eau.

Le développement ultérieur de l'hydraulique repose essentiellement sur l'amélioration des outils mathématiques et sur les notions de mécanique qui prirent un large essor au XVIIe siècle. Pascal (1623-1662) apporta ainsi une très importante contribution à l'hydraulique en donnant sa forme définitive à la théorie de l'hydrostatique. Daniel Bernoulli (1700-1782), dans son ouvrage **Hydrodynamica**, passe en revue la plupart des problèmes hydrauliques de l'époque. On lui doit le célèbre «théorème de Bernoulli» qui est constamment utilisé dans cette science. Du XVIIe au XXe siècle.

**L'hydraulique** désigne la branche de la physique qui étudie les liquides. En tant que telle, les champs d'investigation qu'elle propose regroupent plusieurs domaines : les machines hydrauliques, les écoulements de fluides incompressibles en conduite ou à surface libre, l'énergie hydraulique et l'hydraulique urbaine,

La recherche hydraulique se développe très largement dans des laboratoires industriels ou universitaires. Aux outils traditionnels tels que les essais sur modèles réduits, sont venues s'ajouter les techniques de simulation numérique sur ordinateur, et aussi toutes les possibilités de l'électronique et de la microélectronique qui permettent d'acquérir et de traiter des quantités sans cesse croissantes de données expérimentales.

L'hydraulique aborde dès lors des domaines de plus en plus complexes, parmi lesquels on peut citer l'étude approfondie des ondes de surface (marées, déferlement des vagues, etc.), la détermination des champs tridimensionnels de vitesses (écoulements dans les cuves de réacteurs nucléaires), la turbulence en écoulements diphasiques (transport et dépôt des particules solides en suspension).

Nous présentons dans ce chapitre la définition et les applications d'hydraulique en se focalisant sur l'intérêt de l'hydraulique dans différents domaines.

Les propriétés particulières offertes par l'hydraulique comme la possibilité de transmettre des forces élevées et la souplesse d'utilisation, ont trouvé leurs applications et leur efficacité dans de nombreux domaines industriels.

## **I-2. Domaine d'application**

L'hydraulique s'applique à plusieurs domaines :

### **I-2-1- les barrages**

Un barrage est un ouvrage d'art construit en travers d'un cours d'eau et destiné à réguler le débit du cours d'eau et/ou à en stocker l'eau pour différents usages tels que : contrôle des crues, irrigation, industrie, hydroélectricité, pisciculture, réserve d'eau potable, etc. (voir **figure**)

Un Barrage est la pierre angulaire dans le développement et la gestion des ressources hydrauliques. Les barrages polyvalents sont des projets très importants pour les pays en développement, puisqu'un seul investissement permet aux populations de recevoir des bénéfices à la fois domestiques et économiques.



### **I-2-2-l'irrigation**

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.(voir figure)



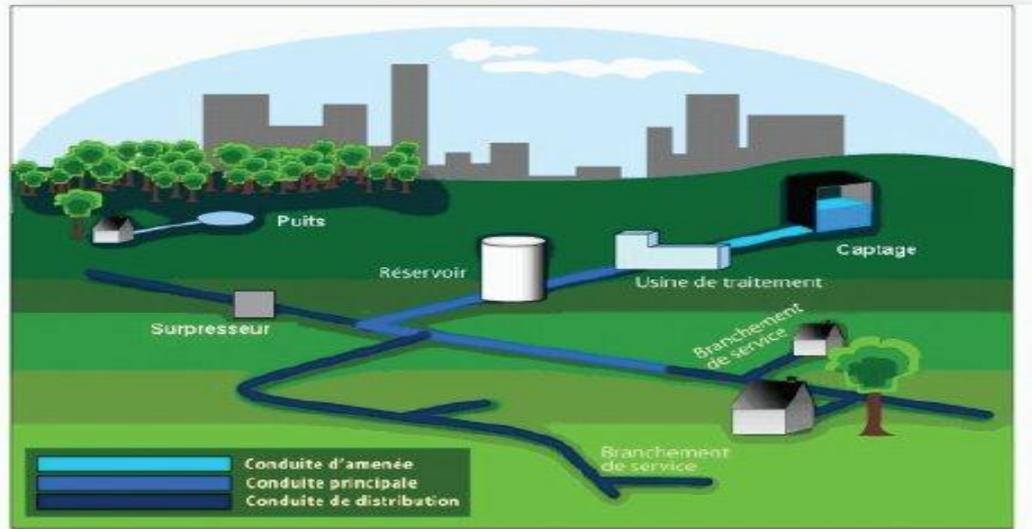
### **I-2-3- l'assainissement**

L'assainissement est une démarche visant à améliorer la situation sanitaire globale de l'environnement dans ses différentes composantes. Il comprend la collecte, le traitement et l'évacuation des déchets liquides, des déchets solides et des excréments. (Voir figure)

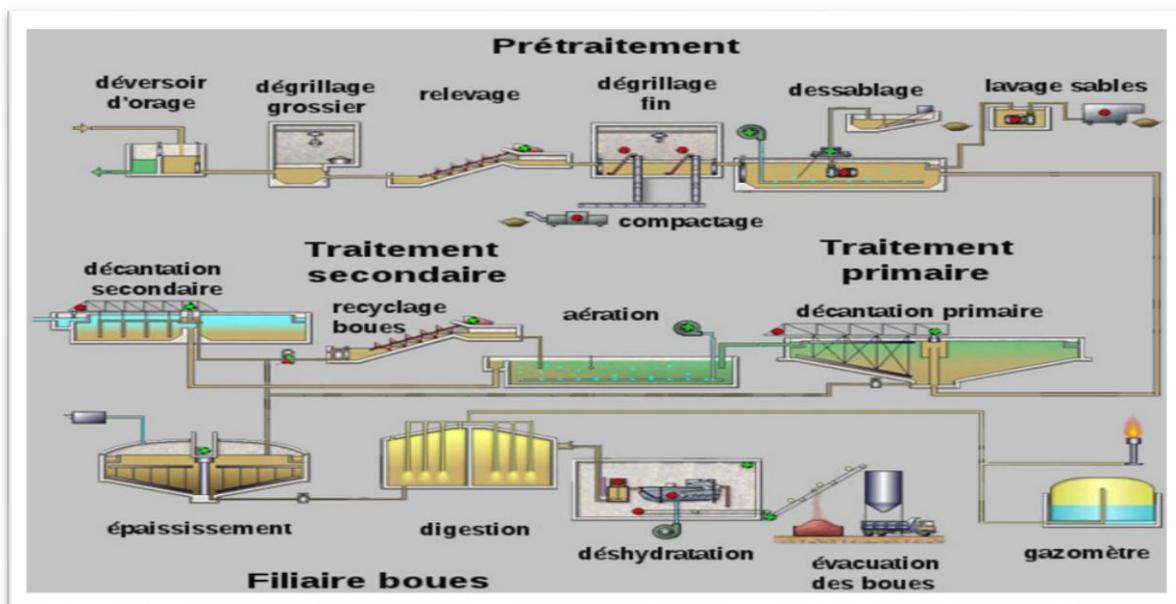


## I-2-4 l'alimentation en eau potable

C'est l'ensemble des équipements, des services et des actions qui permettent, en partant d'une eau brute, de produire une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur, distribuée ensuite aux consommateurs. (Voir figure)



**I-2-5 L'épuration des eaux :** est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable. (Voir figure)



**I-2-6 station de pompage** : Une station de pompage est une station servant à pomper l'eau ou plus généralement un fluide. Elle peut être utilisée pour plusieurs applications telles que l'approvisionnement en eau des canaux, le drainage des terres basses, et l'élimination des eaux usées vers le site de transformation. **(Voir figure)**



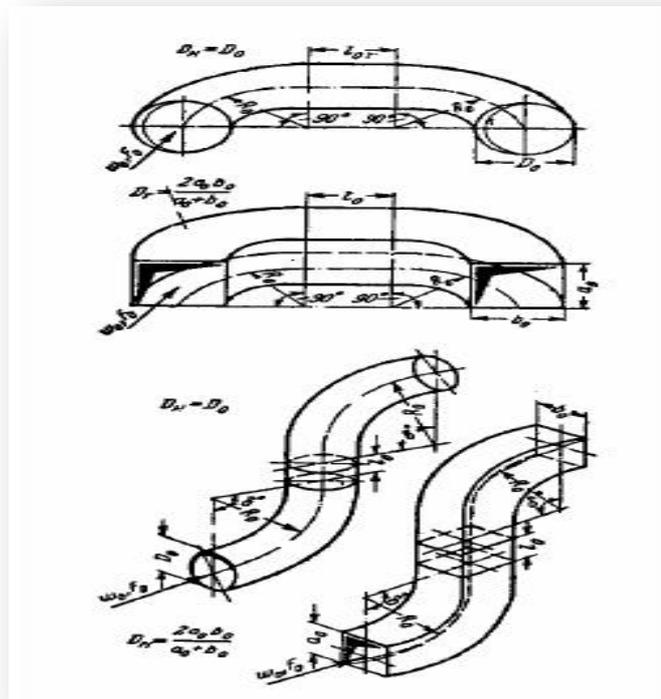
# Chapitre II

Etude bibliographique

## Chapitre II : Etude bibliographique

Différentes études numériques et expérimentales ont été réalisées sur l'écoulement dans le coude.

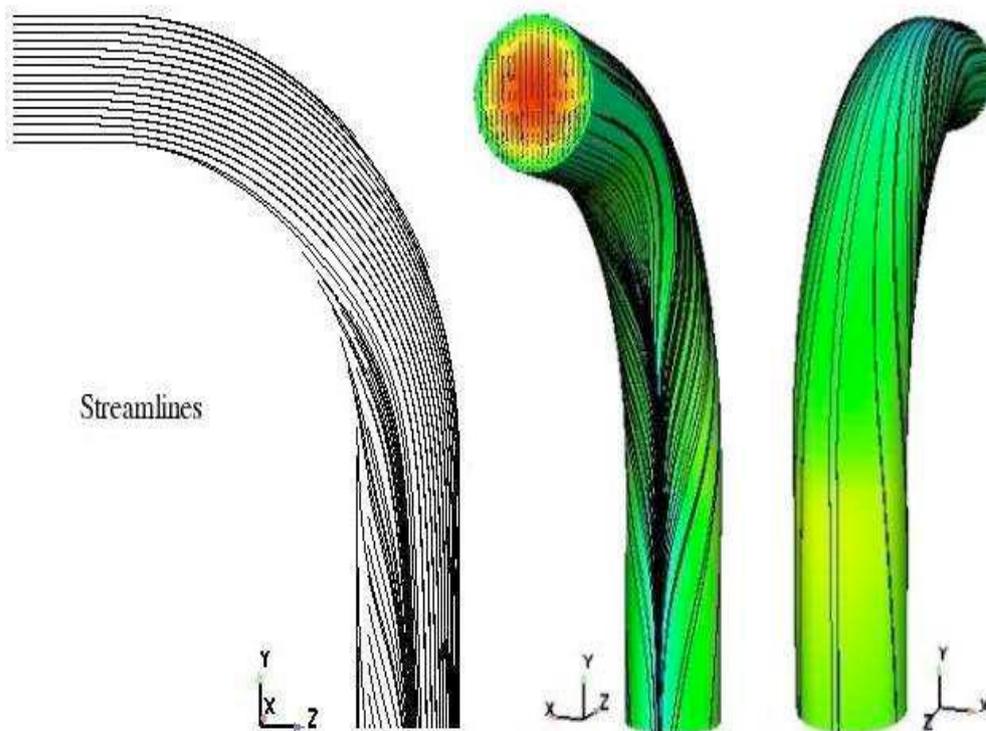
[1] **Farid Gaci** a fait une simulation numérique des écoulements laminaires et turbulents incompressibles tridimensionnels et le transfert de chaleur d'un fluide traversant des coudes à  $90^\circ$  et  $180^\circ$  de sections circulaires et carrées (**voir figure**). Il a constaté que l'écoulement laminaire au niveau des coudes  $90^\circ$  à sections carrées et circulaires, une décélération a été observée le long de la paroi interne. Dans le cas des écoulements turbulents le fluide accélère puis décélère le long de la paroi interne, le phénomène inverse est remarqué le long de la paroi externe. L'analyse des résultats obtenus a permis la compréhension du comportement du coefficient de frottement et du nombre de Nusselt le long des différentes parois.



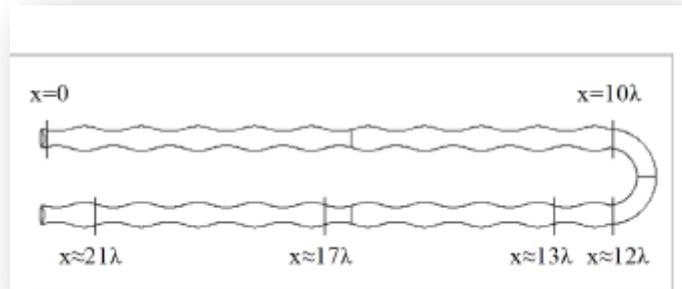
[2] **Yacine kahil** a fait une étude numérique d'un écoulement dans un tube coudé a  $90^\circ$  chargé de particules mono dispersées(**voir figure**) il a constaté que les particules lourdes avec un plus grand diamètre (grand nombre de stockes) peuvent se déposer sur les parois avec un pourcentage supérieur que les petites particules (petit nombre de stokes) et cela dues a leur forte inertie.

La prédiction de la déposition en utilisant seulement l'écoulement moyen ne donne Pas de bons résultats exceptés pour les petites particules.

L'utilisation du model lagrangien stochastique a généré un niveau de turbulence Surestime ce qui explique les taux de déposition trop élevés pour les petites particules.

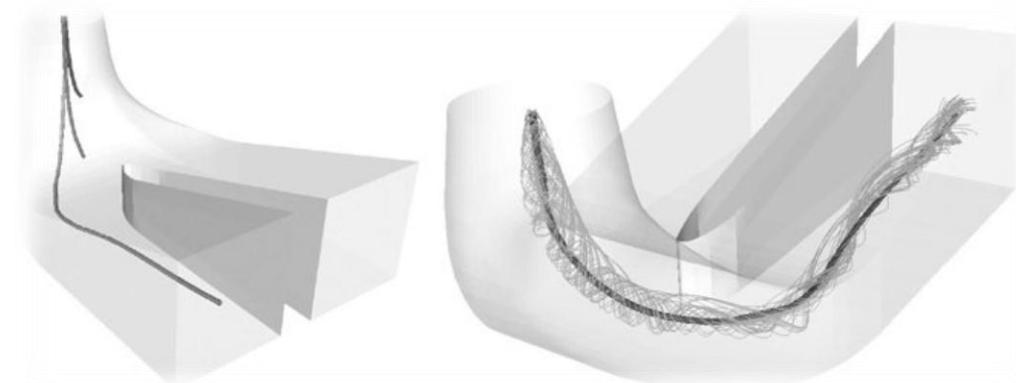


[3] **Julie –Anne zambaux** a fait une analyse de l'influence de la présence d'un coude sur les performances thermo-hydraulique d'un tube à déformations successive alternées. (**Voir figure**) il trouve que les pertes de charge et le coefficient de transfert thermique global ont été évalués pour le tube déforme coudée et aussi qui indique que la structuration de l'écoulement radial est différente après le passage du coude. En ce qui concerne la diminution du transfert thermique pour le tube coudé par rapport au tube lisse est clairement visible.

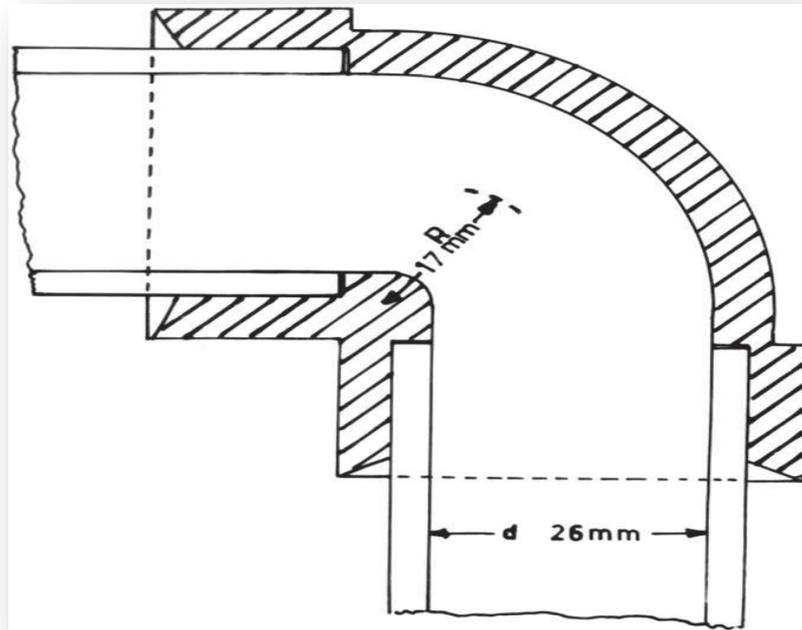


[4] **Sebastiano MAURI** a fait Une simulation numérique de l'écoulement turbulent in stationnaire dans un diffuseur coude tridimensionnel est effectuée (**voir figure**). L'étude est menée avec un code Commercial résolvant les équations de Navier Stokes moyennées en formulation Volume fini.

L'écoulement est analyse sur une large bande de points de Fonctionnement incluant des points à charges partielles. Les changements de La topologie de l'écoulement et des caractéristiques globales du diffuseur sont Présentes. La visualisation permet une vision supplémentaire de l'écoulement Complexe. Des phénomènes in stationnaires sont captures.



[5] **P.L Spedding**, et all a fait une étude Du coude pour un écoulement tri phasiques (air, eau, huile) (voir figure)



[6] **Eustice (1911)** a effectué pour la première fois des expériences de visualisation de l'écoulement de fluide dans des coudes à sections circulaires. Il a ainsi formulé que les vecteurs vitesses peuvent être décomposés en une composante axiale et une composante  $(u+v)$  caractérisant la vitesse de l'écoulement secondaire. Un mouvement hélicoïdal promouvait le mélange des particules véhiculées. La distorsion du profil de l'écoulement causée par la courbure du coude est associée à une augmentation de la résistance.

[7]**Lyne (1970)** est l'un des premiers à traiter le cas d'un écoulement provoqué par une pulsation dans une conduite courbe. Il a mis en exergue l'influence d'un paramètre de fréquence sur l'écoulement secondaire. La nature de ce type d'écoulement est caractérisée par le paramètre  $\alpha = a (\omega/\nu)^{1/2}$ , ( $\omega$  : pulsation (s<sup>-1</sup>) ; a : rayon de la conduite (m) ;  $\nu$  : viscosité cinématique du fluide considéré (m<sup>2</sup>/s))

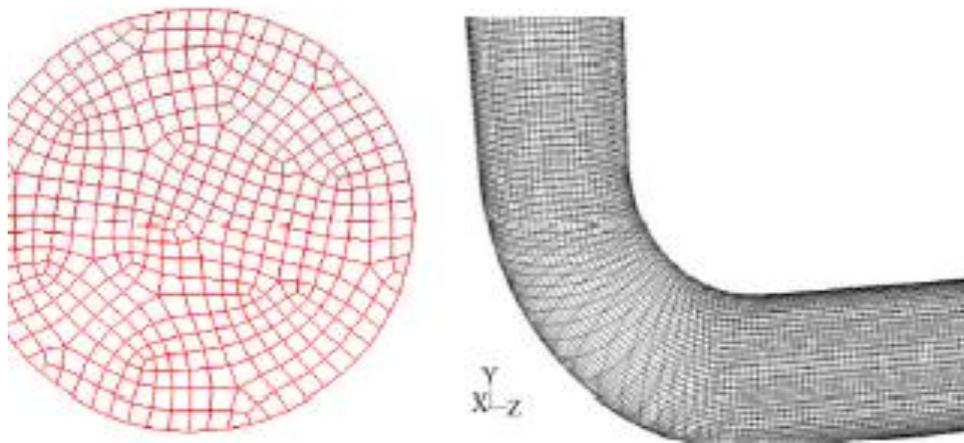
[8]**Rowe (1970)** a présenté une étude expérimentale d'un écoulement turbulent à travers un coude de 180°. Il a rapporté que le retour du fluide se génère localement près de l'angle 90° sous la condition d'un nombre de Reynolds égal à 2,36.10<sup>3</sup>

[9] **Johnston (1978)** a conclu que les mouvements secondaires peuvent être expliqués, en termes de réponse à l'élément de fluide visqueux, à un déséquilibre entre l'accélération centripète et le gradient de pression radial de l'écoulement moyen induit par la courbure externe.

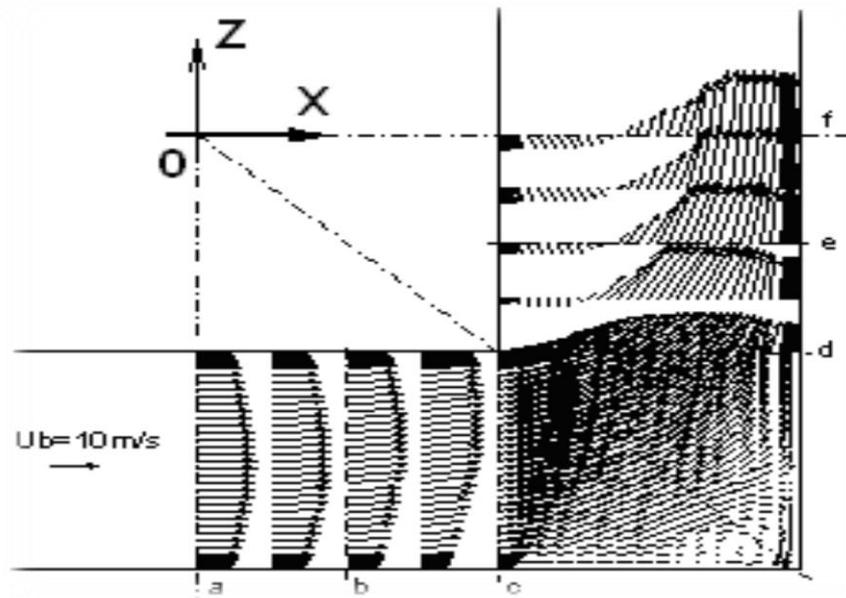
[10] **Chang et al (1983)** ont employé l'anémométrie laser pour mesurer le développement de l'écoulement turbulent dans les coudes en U de section carrée. Ils ont fourni des données expérimentales détaillées, et ont montré que l'écoulement secondaire produit une structure d'écoulement tridimensionnelle très complexe.

[11] **Mokrani et al (1998)** ont utilisé dans une étude expérimentale sur une série de conduits courbes dont les plans de courbure successifs sont alternés de  $90^\circ$ , pour mettre en relief l'influence des perturbations géométriques sur les cellules de Dean. Cette investigation montre que les cellules formées se détruisent et se reforment à chaque changement d'orientation de la force centrifuge. Les trajectoires des particules sont, par conséquent, régulièrement modifiées.

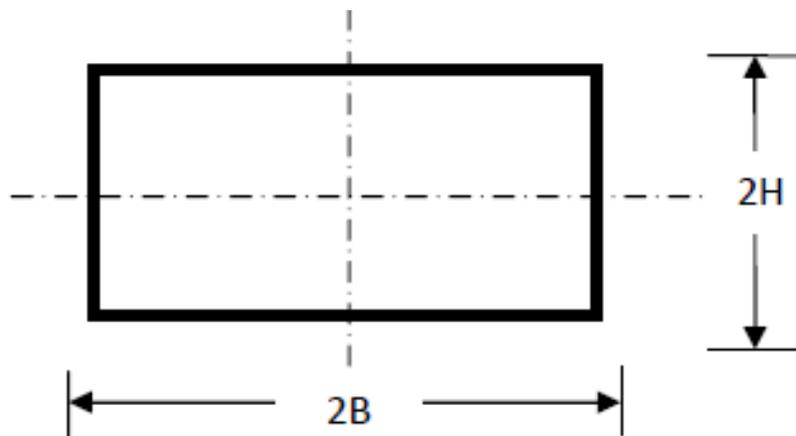
[12] **Quamrul H. Mazumder** a fait une analyse CFD de l'écoulement à travers un coude D'une seul phase ou multi phase. (**Voir figure**).



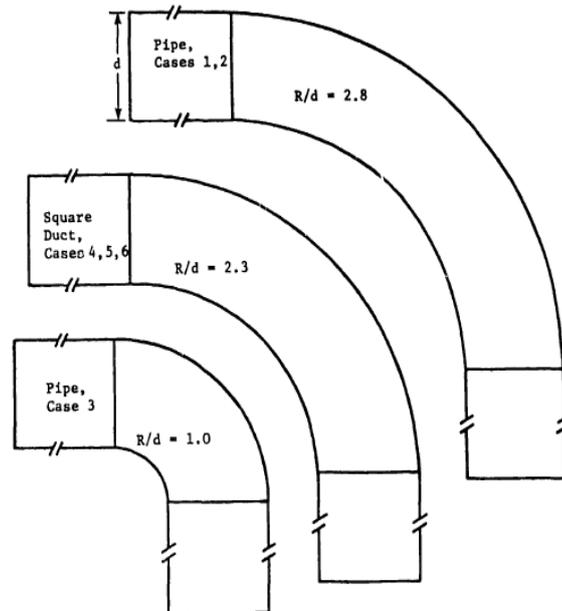
[13] Ruth MOSSAD et al, ont fait une prédiction numérique de l'écoulement dans un Sharp coude de  $90^\circ$ . (Voir figure)



[14] Arindam Mandal et al, ont fait une investigation expérimentale de l'écoulement turbulent à travers un coude rectangulaire (voir figure).



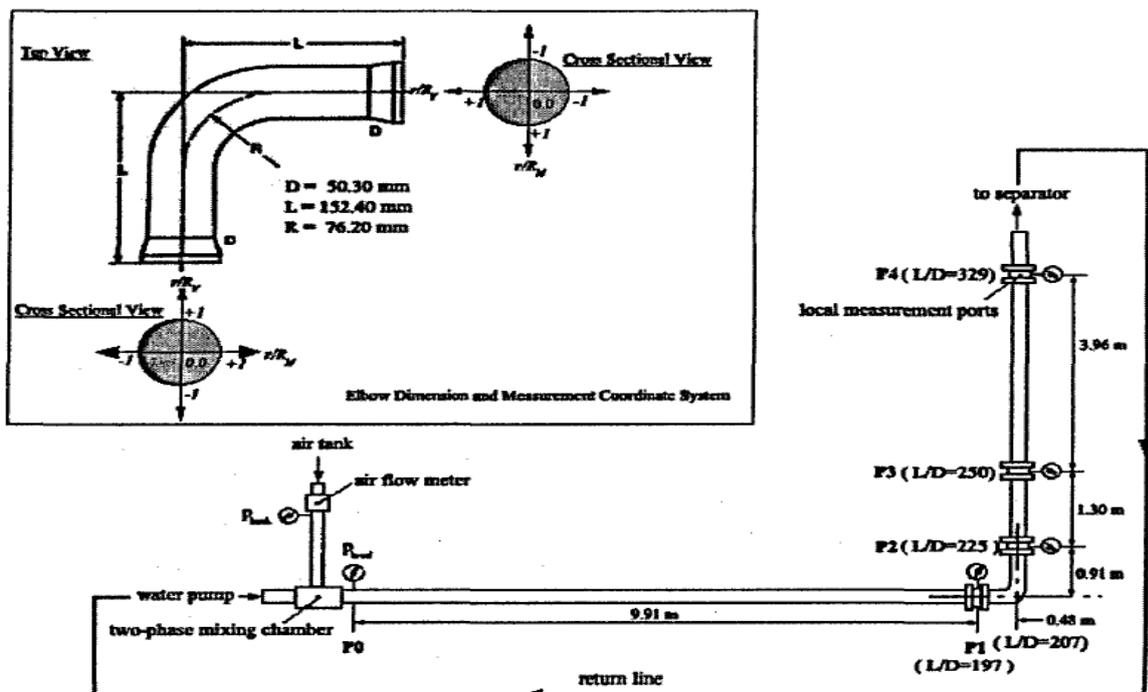
[15] **W. R. Briley**, et al, ont fait une computation de l'écoulement laminaire et turbulent dans un coude de 90° a l'utilisation de l'équation de Navier Stokes. (**Voir figure**)



[16] **Sudo et al (1998)** ont élaboré une investigation expérimentale sur l'écoulement turbulent dans un coude à 90° de section circulaire. Les composantes longitudinales, radiales et circumférentielles de la vitesse moyenne, ainsi que les fluctuations turbulentes ont été obtenues en utilisant la technique de l'anémométrie à fil chaud, pour un nombre de Reynolds égal à 6.104.

Le champ de vitesses de l'écoulement secondaire, et les distributions des contraintes de Reynolds dans différentes sections du coude ont été illustrés

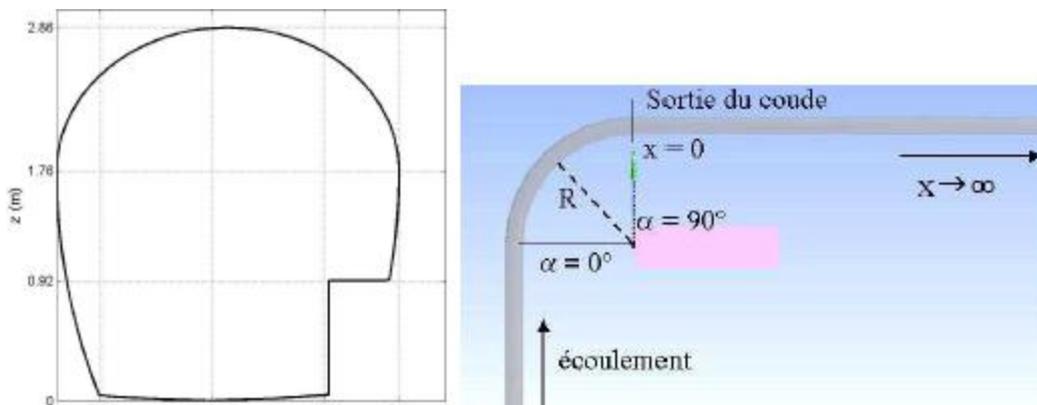
[17] Seungjin Kim a fait une structure inter facial locales de l'écoulement à travers un coude.  
 (Voir figure)



[18] **Hossein Bonakdari** et al on faites des études expérimentales et numériques dans le but de valider un protocole d'aide à l'instrumentation des collecteurs d'assainissement. (**Voir figure**)

Ces travaux montrent une nouvelle fois l'intérêt de l'outil numérique dans l'étude des phénomènes délicats à appréhender expérimentalement. En particulier, cet outil permet une étude systématique du rôle de paramètres tels que le rayon d'un coude ou la hauteur d'eau sur le champ des vitesses à proximité d'un coude, et le caractère quelque peu réducteur de certaines préconisations de la littérature.

Ces travaux vont se poursuivre par la recherche de nombres adimensionnels caractéristiques et la prise en compte d'autres angulations communément rencontrées dans les collecteurs (30 et 45°).



# Conclusion

## Conclusion Générale

*Notre travail consiste à l'étude de l'hydrodynamique à travers un coude. Nous nous sommes intéressés aux applications d'hydraulique et ses intérêts et d'étudier les différentes études expérimentales qui ont été réalisées sur l'écoulement dans le coude.*

*Les propriétés particulières offertes par l'hydraulique comme la possibilité de transmettre des forces élevées et la souplesse d'utilisation, ont trouvé leurs applications et leur efficacité dans de nombreux domaines.*

- Les barrages,
- l'irrigation.
- l'assainissement.
- l'alimentation en eau potable,
- l'épuration de l'eau.
- station de pompage.

De plus, des phénomènes très intéressants ont été observés et les résultats de cette étude Révèlent :

L'eau représente une ressource importante, peut aussi être source d'énergie. L'énergie hydraulique recouvre des réalités variées.

Les travaux expérimentaux appliqués sur les coudes montrent une nouvelle fois l'intérêt de l'outil numérique dans l'étude des phénomènes délicats à appréhender expérimentalement. En particulier, cet outil permet une étude systématique du rôle de paramètres tels que le rayon d'un coude ou la hauteur d'eau sur le champ des vitesses à proximité d'un coude.

La géométrie prise en compte, le degré de coude à  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $180^\circ$  etc., de section circulaire et carrées. Les trois approches complémentaires (expérimentale, numérique et théorique) ont permis d'étudier l'influence des conditions d'écoulement en entrée du coude sur l'écoulement résultant et l'influence de ces paramètres.

L'écoulement laminaire au niveau des coudes  $90^\circ$  à sections carrées et circulaires, une décélération a été observée le long de la paroi interne. Dans le cas des écoulements turbulents le fluide accélère puis décélère le long de la paroi interne, le phénomène inverse est remarqué le long de la paroi externe.

# références bibliographiques

## Références bibliographique

- [1] **M.FARID GACI**, 2006 étude de l'écoulement tridimensionnel et transfert de chaleur traversant un coude, mémoire de magister en génie mécanique option thermo fluide.
- [2] **M.Yacine kahil** dépôt d'aerosol dans une conduite coudée de 90° pour un écoulement turbulent par approche lagrangienne rans, mémoire de magister en énergétique option Computation for Fluid and Energy Engineering(COFFEE),2007.
- [3] **Julie-Anne ZAMBAUX**, analyse de l'influence de la présence d'un coude sur les performances thermo-hydraulique d'un tube à déformation successive alternées, France.
- [4] **Sebastiano mauri** numerical simulation and flow analysis of an Elbow diffuser thèse NO 2527 (2002) présenté à la faculté sti section de génie mécanique ,Lausanne 2002 .
- [5] **P.L. Spedding, E. Benard \***, N.M. Crawford Fluid flow through a vertical to horizontal 90° elbow bend three phase flow, School of Mechanical and Aerospace Engineering, Queen's University Belfast, Ashby Building, Belfast BT9 5AH, United Kingdom
- [6] **Eustice J.**, (1911), "Experiments of streamline motion in curved pipes", Proc Roy Soc A, Vol 85, pp.119-131
- [7] **LYNE W.H.**, (1970), "Unsteady viscous flow in a curved pipe", J. Fluid Mech. Vol. 45, pp.13-31.
- [8] **Mokrani A., Castelain C. et Peerhossaini H.**, (1998), "Mesure du chaos dans les systèmes conservatifs en vue de l'étude des transferts dans les systèmes ouverts", Rev. Gén. Therm. Vol.37pp.459-474.
- [9] **Quamrul H. Mazumder** Analysis CFD of Single and Multi phase Flow Characteristics in Elbow, Mechanical Engineering, University of Michigan-Flint, Flint, USA 2012
- [10] **Ruth MOSSAD1, William YANG2, M. Philip SCHWARZ** numerical prediction of air flow in a sharp 90° elbow. University of Southern Queensland, Toowoomba, QLD 4350, AUSTRALIA

[11] **Rowe M.**, (1970), "Measurements and Computations of Flows in Pipe Bends", J. FluidMech., Vol. 43, pp. 771-778.

[12] **Johnson R.W. et Launder B.E.**, (1985), "Local Nusselt number and temperature field in turbulent flow through a heated square sectioned U-bend", Int. J. Heat Fluid Flow, Vol.6, N° 3, p. 171

[13] **Chang S.M., Humphrey J.A.C. et Modavi A.**, (1983) "Turbulent flow in a strongly curved- U-bend and Downstream tangent of square cross-sections", PhysicoChemical Hydrodynamics Vol 4, Chap.3, pp. 243–269.

[14] **Arindam Mandal** et al. / International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2(6), 2010, 1500-1506

[15] **Seungjin Kim** Proceedings of ICONE14 International Conference on Nuclear Engineering July 17-20, Miami, Florida, USA

[16] **W. R. Briley** Computation of laminar and turbulent flow in 90-degree square -DUCT And pipe bends using the NAVIER-STOKES EQUATIONS, R. C. Buggeln and H. McDonald \ Scientific Research Associates, Inc. P.O. Box 498 Glastonbury, CT 06033 April 1982. Report R82-920009-F.

[17] **Seungjin kim** Proceedings of ICONE14 International Conference on Nuclear Engineering

[18] **hossein bonakdari** Division eau et environnement - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées route de Bouaye, BP 4129, 44341 Bouguenais Cedex. Groupement pour l'évaluation des mesures et des composants en eaux et assainissement, 149, rue Gabriel PERI. 54500 Vandoeuvre Lès Nancy July 17-20, Miami, Florida, USA