

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 :

**Étude de l'hydrodynamique dans un canal ouvert
muni d'obstacles**

Préparé par :

- ❖ Bouaroudj Mohssen
- ❖ Bouladjine Houssam

Dirigé par :

Dr. M.Bensouici

Année universitaire : 2015/2016

Remerciements

Chaque pas dirigé vers l'avant, c'est grâce à Dieu tout puissant que nous le devons.

En premier lieu nous tenons beaucoup à remercier dieu qui nous a offert la volonté de poursuivre nos études, Ensuite nous souhaite témoigner toute la gratitude à nos parents, qui nous ont tout au long de ces années, fournit les moyens nécessaires pour mener à bien nos études.

Nous exprimons nos remerciements à Monsieur **M.Bensouici** encadreur de ce mémoire pour la confiance qu'il a placée en nous, pour son aide et son soutien permanent.

Enfin nous remercie tous nos amis et nos collègues, tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation du Mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents, votre courage, vos sacrifices ont été pour moi le meilleur soutien durant ce long parcours, veuillez trouver dans ce travail une grande reconnaissance pour ce que vous avez entrepris à mon égard, est un fruit de toutes vos prières et vos efforts.

A mes chers frères et sœurs.

A tous mes collègues.

A toute ma famille.

Mohssen et Houssam

SOMMAIRE

Introduction générale et objectif du travail

Introduction générale et objectif du travail.....	1
---	---

Chapitre I: Ecoulements dans les canaux à surface libre

1 - variabilité dans le temps	4
a - L'écoulement permanent	4
b - L'écoulement non permanent	4
2 -variabilité dans l'espace	5
a - L'écoulement uniforme	5
b - L'écoulement non uniforme	5
3 -les régimes d'écoulements	5
a - L'écoulement laminaire	5
b - L'écoulement turbulent	6
4 - Les canaux	7
a - Les types des canaux	7
b - Géométrie des canaux	8
5 - les obstacles	10

Chapitre II: Recherche bibliographique

- Recherche bibliographique	12
- Conclusion générale	19
- Références	21

Introduction et objectif du travail

Introduction et objectif du travail

L'hydraulique à surface libre se distingue de l'hydraulique en charge par l'existence d'une surface libre, c'est-à-dire d'une surface où l'écoulement est en contact direct avec l'air : le gradient de pression ne peut plus être le moteur de l'écoulement, c'est la gravité qui joue plutôt ce rôle par exemple. Ces écoulements se caractérisent par une hauteur d'écoulement petite par rapport à la longueur d'écoulement.



La gamme des écoulements à surface libre et leurs applications comprend les rivières, les cours d'eau et les fleuves. Toutefois, elle englobe aussi les écoulements dans les conduites non pleines, comme c'est le cas dans les systèmes d'irrigation ou d'assainissement.

Les écoulements dans les canaux naturels (rivière) et artificiels (irrigation, assainissement) sont, dans la plupart des cas, des écoulements à surface libre. La surface libre est l'interface entre l'air et l'eau. La pression y est égale le plus souvent à la pression atmosphérique.

On distingue deux catégories de canaux :

- Les canaux naturels : sont les cours d'eau qui existent naturellement
- Les canaux artificiels : sont les cours d'eau réalisés par l'homme



Notre objectif du travail **est l'étude de l'hydrodynamique dans un canal ouvert muni d'obstacles**

Ce mémoire comporte deux chapitres:

- **Chapitre I:** présente les écoulements dans les canaux à surface libre.
- **Chapitre II:** présente une étude bibliographique des travaux antérieurs.

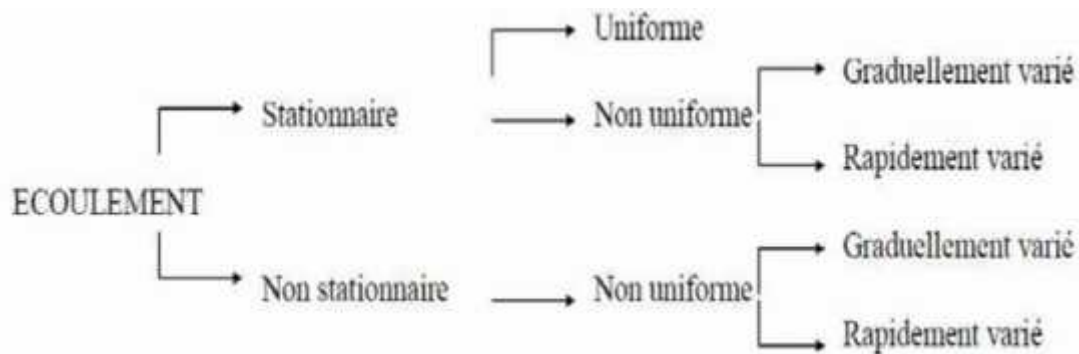
CHAPITRE I:

Ecoulements dans les canaux à surface libre

Chapitre I: Ecoulements dans les canaux à surface libre

Les écoulements dans les canaux naturels et artificiels sont des écoulements à surface libre. La surface libre est la surface de séparation de l'air et de l'eau, la pression y est égale à la pression atmosphérique.

On peut définir les écoulements à surface libre dans les canaux suivants la variabilité des caractéristiques hydrauliques tels que le tirant d'eau et la vitesse en fonction du temps et de l'espace, voir schémas:



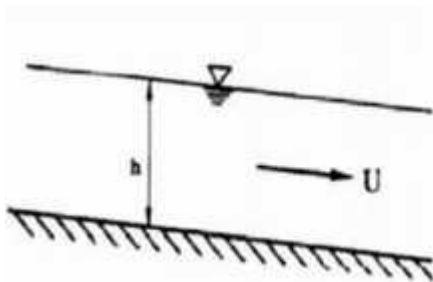
1-Variabilité dans le temps:

a-L'écoulement permanent (stationnaire):

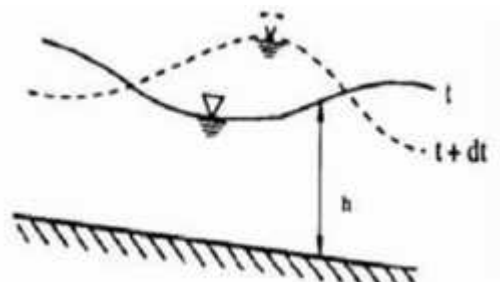
Le mouvement est permanent (ou stationnaire) si les vitesses U et la profondeur h restent invariables dans le temps en grandeur et en direction.

b-L'écoulement non permanent (non stationnaire):

Le mouvement est dit non permanent quand les conditions en un point quelconque du varié avec le temps.



Ecoulement permanent



Ecoulement non-permanent

L'écoulement dans les canaux est rarement permanent. Néanmoins les variations temporelles sont, dans certains cas, suffisamment lentes pour que l'écoulement puisse être considéré comme une succession de régime permanent. On peut alors définir ainsi le régime quasi-permanent.

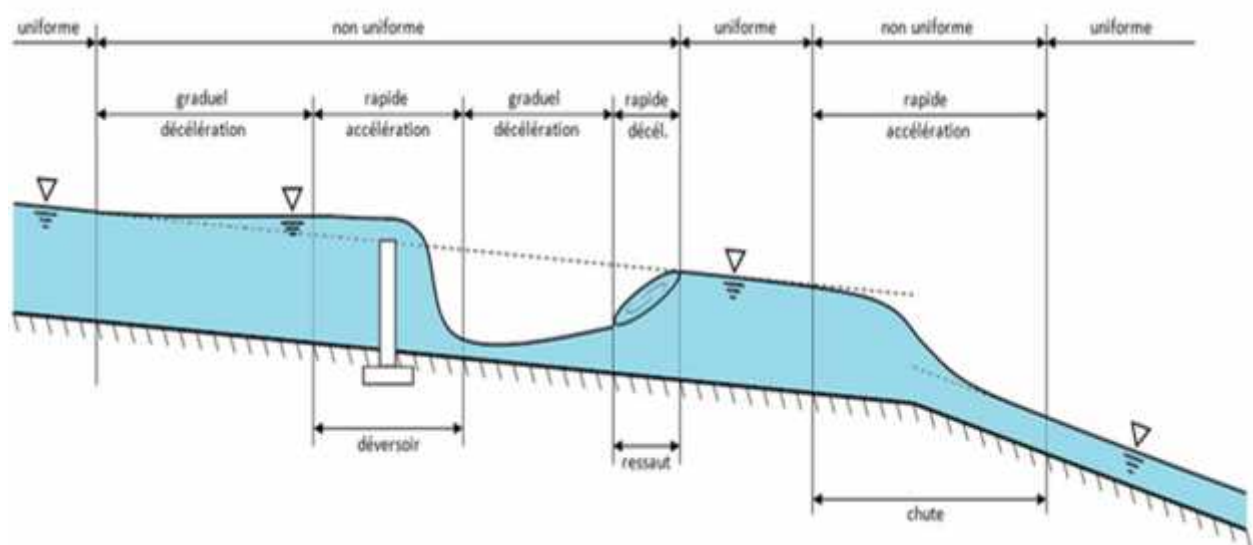
2- Variabilité dans l'espace:

a- L'écoulement uniforme:

Le mouvement est uniforme si les paramètres caractérisant l'écoulement restent invariables dans les diverses sections du canal. La ligne de la pente du fond est donc parallèle à la ligne de la surface libre.

b -L'écoulement non uniforme:

Le mouvement est non-uniforme ou varié si les paramètres caractérisant l'écoulement changent d'une section à l'autre. La pente de la surface libre diffère de celle du fond. Un écoulement non-uniforme peut être accéléré ou décéléré suivant que la vitesse croît ou décroît dans le sens du mouvement.



3-Les régimes d'écoulement:

Il y a deux types d'écoulement, permanent pour des fluides réels et on doit envisager chacun d'eux. On les appelle écoulement laminaire et écoulement turbulent.

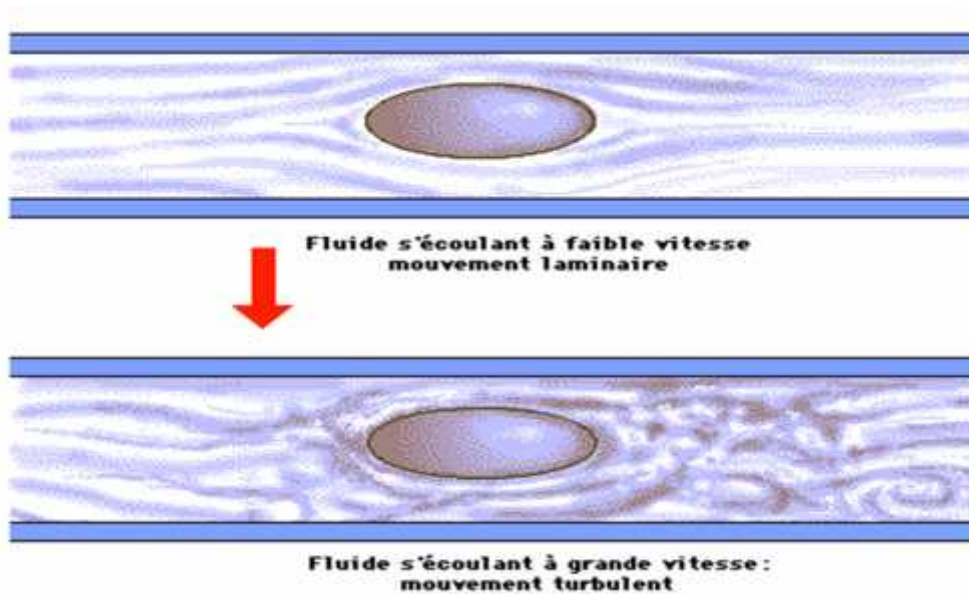
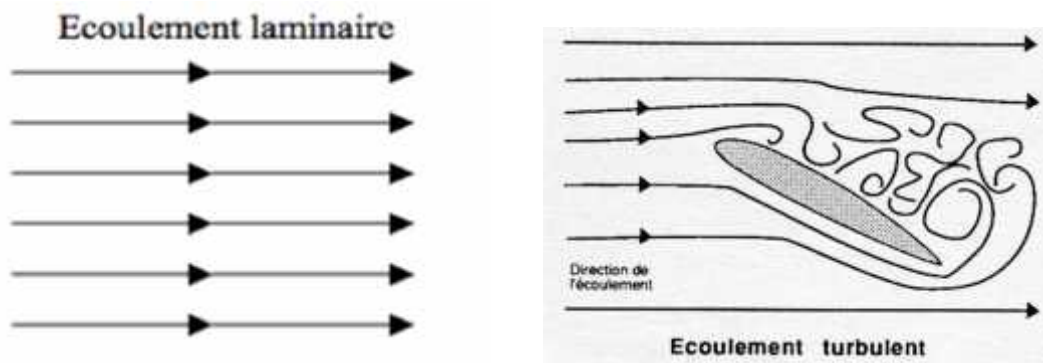
a- l'écoulement laminaire:

L'écoulement est dit laminaire si le nombre de Reynolds est inférieur à 500 ou 600. Dans l'écoulement laminaire, les particules du fluide se déplacent en lignes droites parallèles disposées en couches, ou lamelles. Les grandeurs des vitesses de lamelles adjacentes ne sont

pas les mêmes. L'écoulement laminaire obéit la loi reliant la contrainte tangentielle visqueuse au taux de déformation angulaire.

b- l'écoulement turbulent:

Dans l'écoulement turbulent, les particules de fluide se déplacent dans toutes les directions au hasard. Il est impossible de décrire le mouvement d'une particule



4- Les Canaux:

On appelle canal un système de transport dans lequel l'eau s'écoule et dont la surface libre est soumise à la pression atmosphérique

a- Les différents types des Canaux:

L'étude hydraulique d'un canal se pose souvent aux ingénieurs sous la forme suivante: Pour une pente longitudinale de fond, il faut évacuer un certain débit; la forme et les dimensions du canal sont à déterminer. On distingue deux catégories de canaux:

- les canaux naturels:

Ce sont les cours d'eau qui existent naturellement sur (ou sous) terre; tels que les ruisselets, torrents, rivières, fleuves et estuaires, Les propriétés géométriques et hydrauliques des canaux naturels sont généralement assez irrégulières.



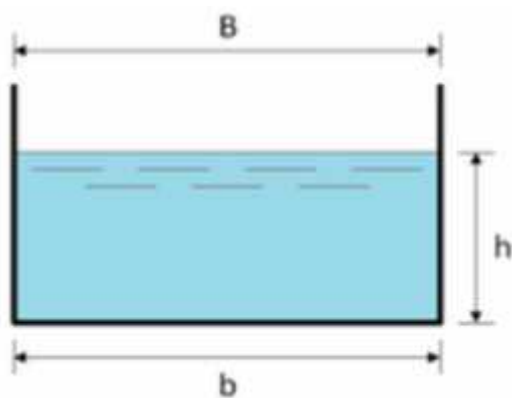
- Les canaux artificiels:

Ce sont des cours d'eau réalisés par l'homme sur (ou sous) terre tels que: les canaux découverts construits au ras du sol (canaux de navigation, d'adduction et d'évacuation, d'irrigation et de drainage) ou les canaux couverts dans lesquels les liquides ne remplissent pas toute la section (tunnels hydrauliques, aqueducs, drains, égouts)

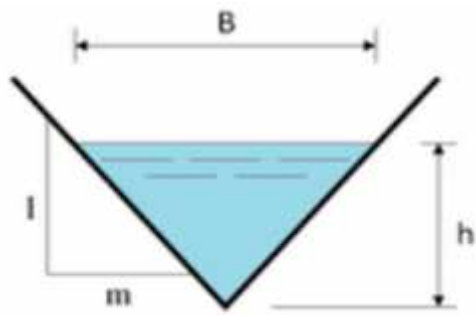


b-Géométrie des Canaux:

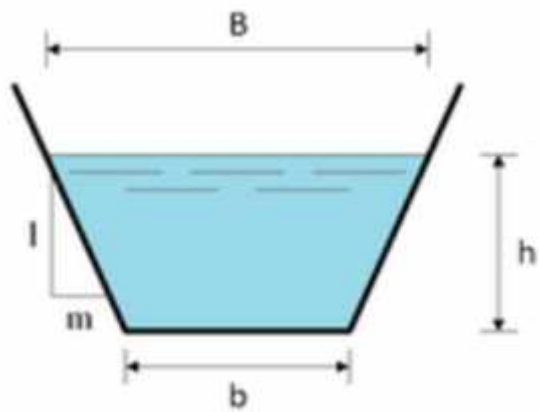
Un canal dont la section ne varie pas et dont la pente longitudinale et la rugosité restent constantes, la hauteur d'eau peuvent cependant varier, est appelé canal prismatique; sinon, on l'appelle canal non prismatique. A part les éléments géométriques d'une section, l'étude hydraulique des canaux prend également en considération les pentes longitudinales du canal, En l'occurrence: la pente de fond du canal, I , la pente piézométrique ou pente de la surface libre, J_w . La valeur de la pente de fond dépend essentiellement de la topographie et de la constitution du terrain. Cette pente, généralement faible. ils existent plusieurs formes de section du canal sont:



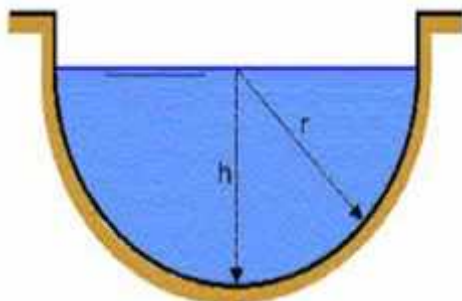
Forme rectangulaire



Forme triangulaire



Forme trapézoïdal



Forme demi-circulaire

5- les obstacles:

Les structures de l'écoulement incompressible autour des obstacles occupent une place importante dans l'hydrodynamique à surface libre dans les canaux naturels ou artificiels. L'étude de l'écoulement autour d'obstacle peut se faire suivant deux approches: l'approche numérique où on simule l'écoulement en s'appuyant sur un modèle mathématique; et l'approche expérimentale où on doit acquérir des mesures sur banc d'essai.



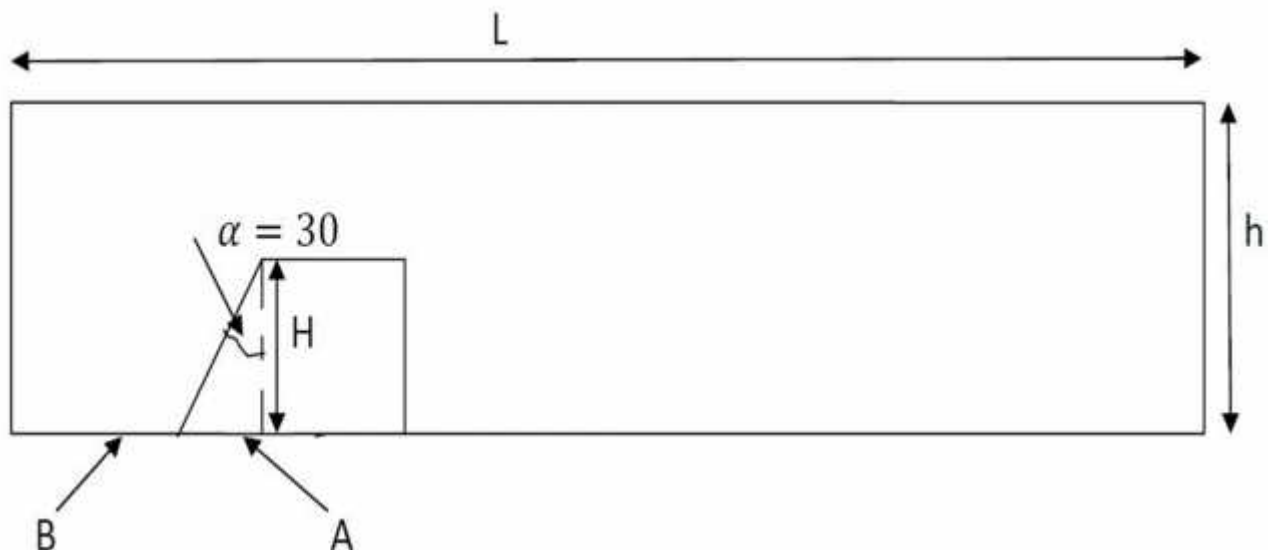
CHAPITRE II:

Recherche bibliographique

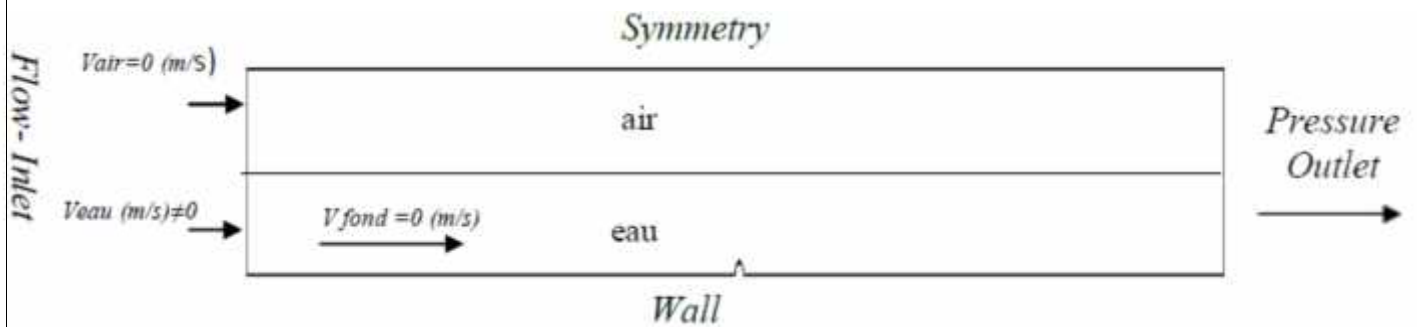
Chapitre II: Recherche bibliographique

Différents travaux antérieurs ont été menés sur l'hydrodynamique dans un canal ouvert muni d'obstacles qui sont:

[1] **K. Korib** (2012) a étudié la simulation par le code Fluent d'un écoulement turbulent dans un canal muni d'un obstacle fixe, (**voir figure**). Les résultats montrant qu'il ya une influence de l'inclinaison de la première arrête de l'obstacle sur l'écoulement.

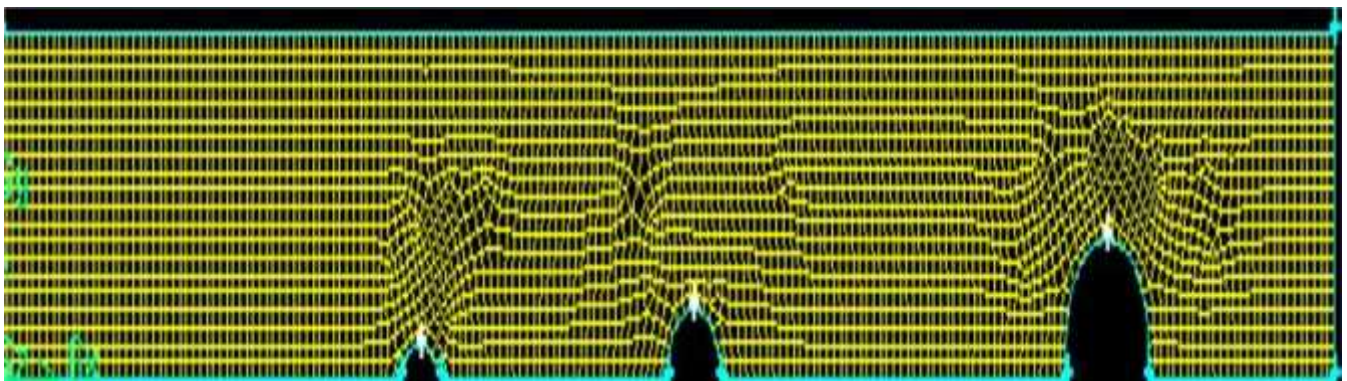


[2] **A. Nehari** (2012) Le présent travail port sur l'analyse d'influence de la forme d'un obstacle placé dans le fond d'un canal à ciel ouvert sur le profil de la surface libre. Les formes d'obstacles utilisés dans cette étude sont : demi-cylindre, rectangle, trapèze et triangle, (**voir figure**). Les résultats ont montré la présence de zone de recirculation en amont, au-dessus et en aval des obstacles influents sur l'état de la surface libre.

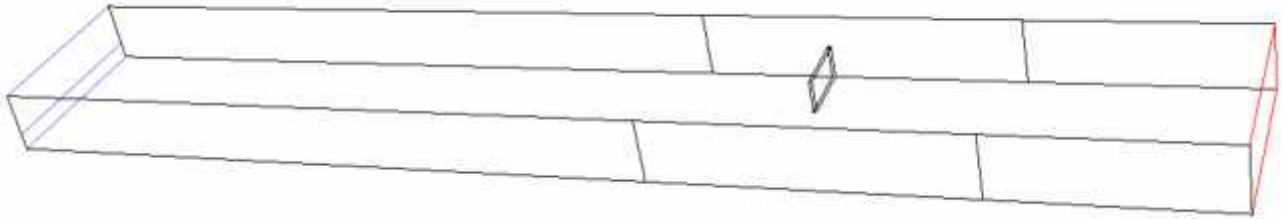


Demi-cylindrique	rectangulaire	Trapézoïdale	Triangulaire

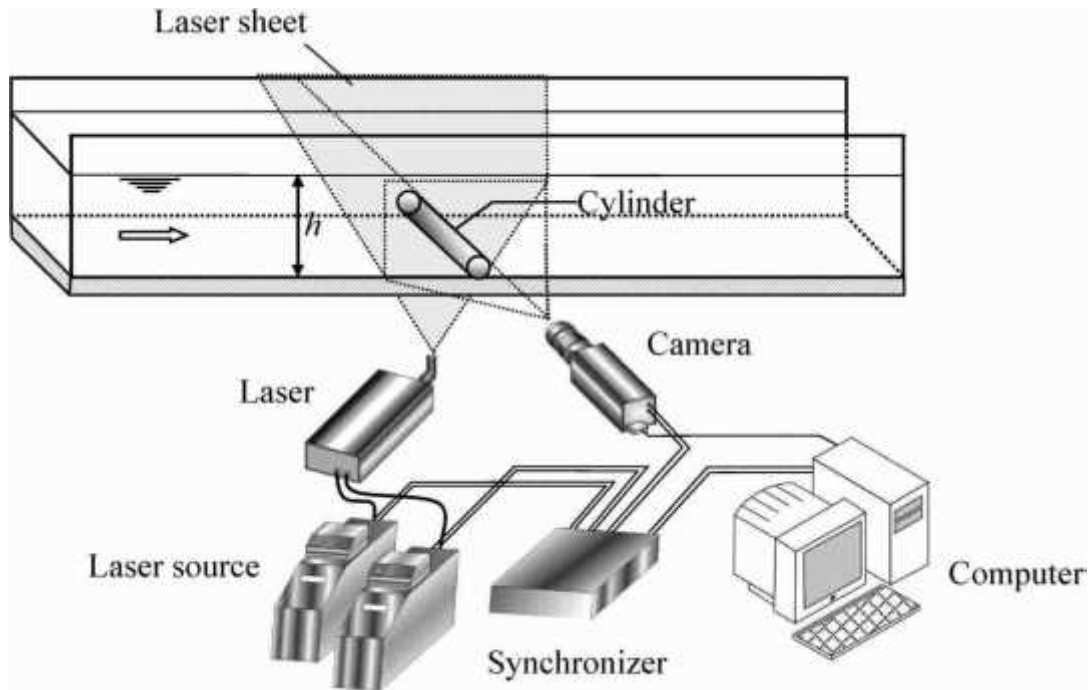
[3] S. Fillali (2012) a effectué une étude numérique d'un écoulement instationnaire à surface libre dans un canal à fond mobile et muni d'obstacles, (**voir figure**). Les résultats numériques sont obtenus par le code de calcul Fluent. Les résultats obtenus montrent que la hauteur d'eau augmente fortement dans la zone de contact de l'écoulement avec l'obstacle.



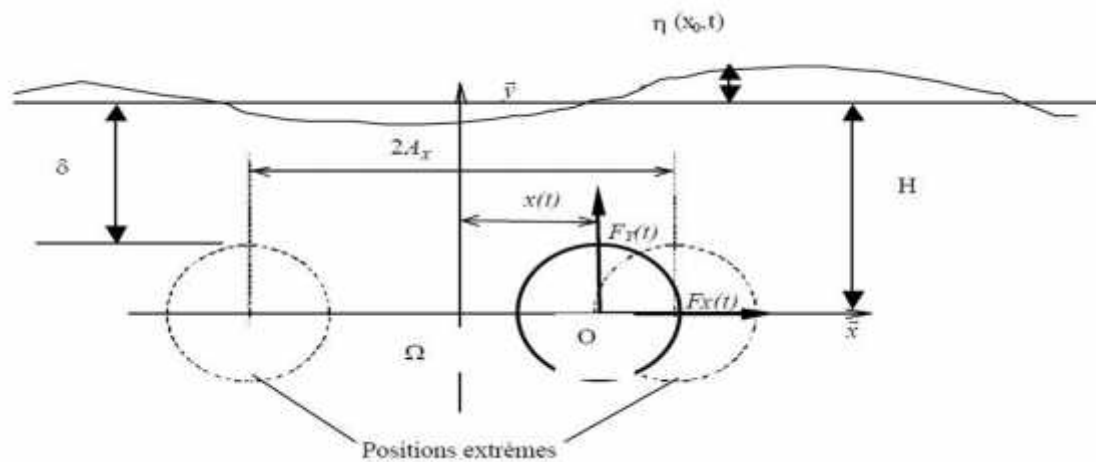
[4] **F. Benmoussa** (2013) a fait une étude numérique tridimensionnel d'un écoulement à surface libre turbulent dans un canal rectiligne de section rectangulaire dont le fond présente un obstacle parallélépipédique s'appuyant sur l'une des parois, (**voir figure**). Il a trouvé que La présence de l'obstacle crée des fortes perturbations dans l'écoulement, qui modifié globalement la structure de l'écoulement.



[5] **S. Akroz et al.** (2009) ont fait des analyses numériques et expérimentales de l'hydrodynamique dans un canal à surface libre contenant un cylindre circulaire fixé horizontalement sur un mur, avec un nombre de Reynolds $1000 \leq Re \leq 7000$, (**voir figure**). Les champs de vitesse de calcul de la simulation sont comparés avec les résultats expérimentaux obtenus à partir de Particle Image Velocimetry («PIV»).



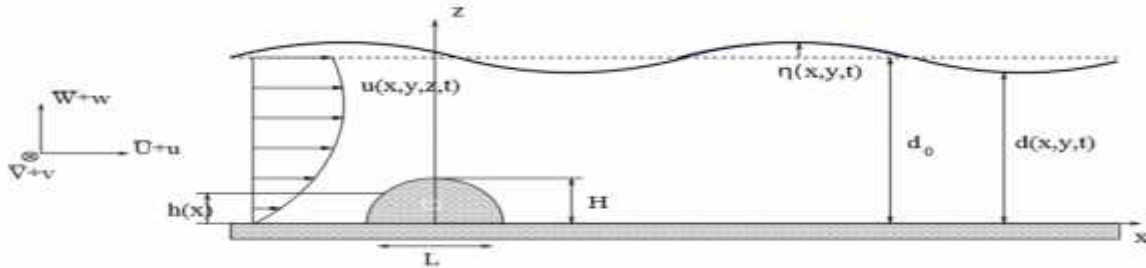
[6] **R.D. Rajaona et al.** (2003) ont à fait une étude sur la visualisation de l'écoulement autour d'un cylindre oscillant au voisinage d'une surface libre, (**voir figure**).



[7] **H.Afshar, S. H.Hoseini** ont réalisé une étude numérique et expérimentale d'un écoulement hydraulique à surface libre dans un canal muni d'obstacles, (**voir figure**). Les résultats numériques sont en bon accord avec les résultats expérimentaux.



[8] **F. Vigie** a réalisé une étude expérimentale d'un écoulement à surface libre au-dessus d'un obstacle, (**voir figure**). L'étude consiste à étudier l'interaction entre un obstacle et un écoulement à surface libre.



[9] **T. Faug** a fait un Rapport scientifique sur les Régimes d'interaction écoulement / obstacle: étude expérimentale, (**voir figure**). Le projet proposé a permis de répondre aux deux questions suivantes concernant l'interaction d'un écoulement à surface libre avec un obstacle :

- (i) La synthèse et l'analyse comparative de l'ensemble des expériences concernant des écoulements denses permanents en interaction avec un obstacle (écoulements granulaires en laboratoire et écoulements de neige in situ) a permis de mettre en évidence différents régimes d'interaction écoulement / obstacle.

- (ii) La synthèse et l'analyse comparative de l'ensemble des expériences concernant des écoulements denses transitoires (avalanches granulaires en laboratoire) interagissant avec une digue a permis de montrer que, pour les avalanches en régime inertiel (nombre de Froude amont élevé), les dissipations d'énergie dues à l'obstacle sont proportionnelles au carré de la vitesse incidente et à la hauteur de l'obstacle (relative à la hauteur de l'écoulement incident).

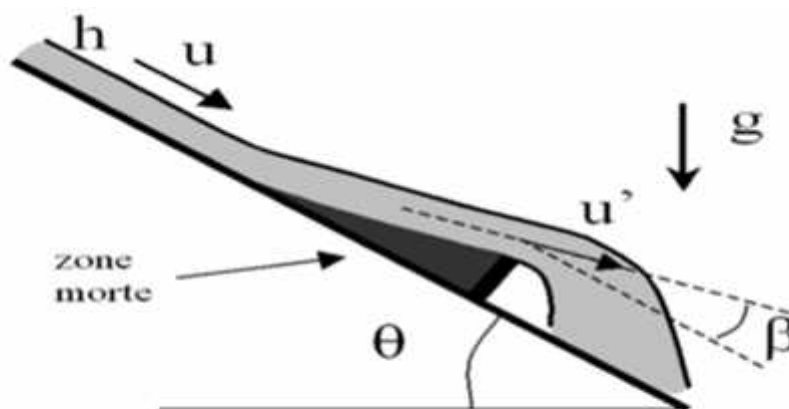
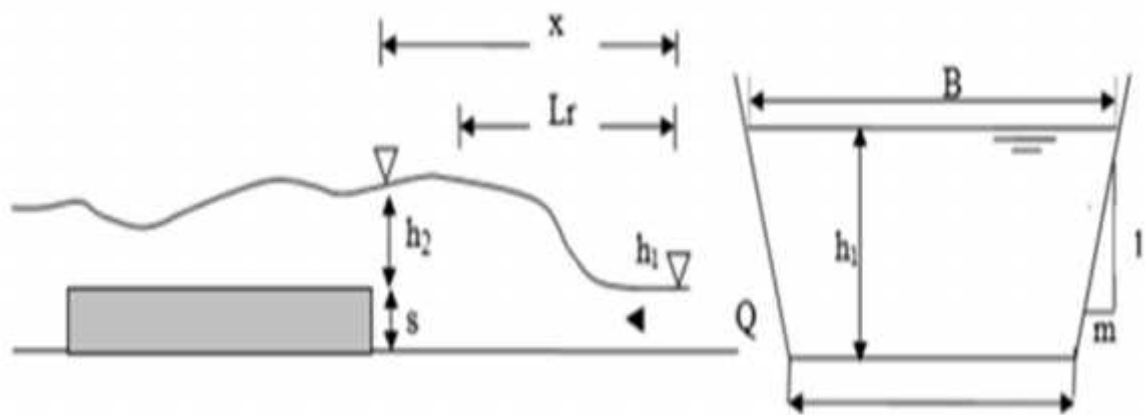


FIG. 9 – Vue schématique de la zone morte formée en amont de l'obstacle.

[10] **S. Kateb** a fait étude théorique et expérimentale de quelques types de ressauts hydrauliques dans un canal trapézoïdal, cette recherche a pour but d'étudier d'une manière théorique et expérimentale les différents types de ressauts hydrauliques évoluant dans un canal trapézoïdal. L'objectif principal étant la détermination des relations fonctionnelles pratiques permettant le dimensionnement des bassins de dissipation de charge hydraulique a l'aval des barrages, ainsi que le dimensionnement des canaux d'irrigation



Ressaut hydraulique de type A forcé par marche positive dans un canal trapézoïdal

Conclusion générale

Conclusion générale

Les écoulements dans un canal à surface libre sont l'un des phénomènes les plus compliqués de l'hydraulique. Dans cette étude nous avons présenté premièrement une Introduction générale sur les écoulements à surface libre et l'importance des canaux dans la vie courante exemple : les rivières, les fleuves,

Ce mémoire se compose de deux chapitres :

Le premier chapitre, on a fait une étude sur les différents types d'écoulements à surface libre, les différents paramètres hydrauliques qui caractérisent chaque régime d'écoulement ainsi nous avons donné une idée générale sur les types et la géométrie des canaux et les obstacles dans les canaux

Le deuxième chapitre basé sur l'étude bibliographique. Dans cette partie nous avons résumé douze thèses et mémoires.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1]**Korib.k (2010):** Etude des écoulements autour des obstacles-étude de simulation, Mémoire de Magistère option : Machines thermiques, université Abou BekrBelaid-Tlemcen.
- [2]**Nehari.A (2012):**Etude des écoulements à surface libre en présence des obstacles dans le fond, Mémoire pour l'obtention de diplôme de Magistère en Hydraulique option : Ecoulement et transport solide, université Abou BekrBelaid-Tlemcen.
- [3]**Fillali.S (2012):** Etude d'un écoulement instationnaire dans un canal découvert à fond mobile et à charge variable. Mémoire de magistère en hydraulique Option : Hydraulique numérique et environnement, université Hadj Lakhdar-BATNA.
- [4] **F.Benmoussa (2013):** Etude numérique d'un écoulement à surface libre, Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Magistère en Génie Mécanique Option : Energétique, Université de Batna.
- [5] **M.S.Akoz, M.S.Kirkgoz (2009):**Numerical an experimental analyses of the flow around a horizontal wall-mounted circular cylinder, Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering, vol. 33, No. 2, 2009,pp.189-215.
- [6] **R.D. Rajaona, F. Groussard, M. Levenez, M. Lebey (2003):**Sur la visualisation de l'écoulement autour d'un cylindre oscillant au voisinage d'une surface libre, Université du Havre 25 Rue Philippe Lebon 76600 Le Havre.
- [7] **H.Afshar, S. H. Hoseini (2013):** Experimental and 3-D Numerical Simulation of Flow over a Rectangular Broad- Crested Weir, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-6, August 2013
- [8] **F. Vigie (2005):** Etude expérimentale d'un écoulement à surface libre au-dessus d'un obstacle, Thèse été de Doctorat, 'Institut National Polytechnique de Toulouse, N° d'ordre : 2258, 12 Octobre 2005.
- [9]**T. Faug :** Rapport scientifique sur les Régimes d'interaction écoulement / obstacle: étude expérimentale, Contribution au dimensionnement d'une digue paravalanche, UR ETNA.
- [10] **S.Kateb:** Etude théorique et expérimentale de quelques types de ressauts hydrauliques dans un canal trapézoïdal, Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences hydrauliques, Université Mohamed Khider – Biskra.