

# Hydraulique à surface libre

## Apprentissage par Problèmes et Projets

Olivier THUAL

Léo GUIOT et Aurélie LOUIS-NAPOLEON

4 mars 2020

# UE “Hydrodynamique et ouvrages” (5 ECTS)

## Hydraulique à surface libre (40%)

- 11 séances : 4 CM, 3 TD, 2 Amphis inversés.
- 2 Devoirs Maisons.
- 4 créneaux de TP : projet expérimental.
- 2 créneaux de soutenance de projets par groupes
- 1 examen écrit individuel

## Modélisation 1D et 2 des écoulements à surface libre (25%)

- Cours TD

## Méthodes numériques pour les écoulements surface libre (20%)

- Séances de BE

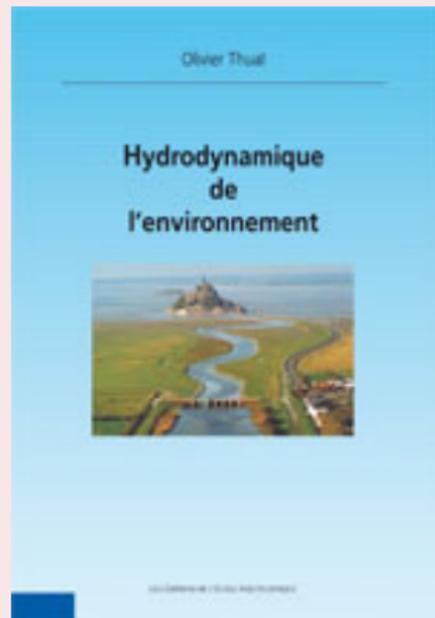
## Contrôle de canaux et irrigation (15%)

- CM et TP

## À l'issue de ce cours, les étudiants sauront :

- 1 expliquer la forme des lignes d'eau en présence d'un écoulement stationnaire en s'appuyant sur les concepts suivants : charge hydraulique, énergie spécifique, impulsion, loi de frottement et courbes de remous.
- 2 identifier la nature des différents termes des équations de Saint Venant et appliquer la méthode des caractéristiques sur l'exemple de l'approximation des ondes de crues.
- 3 employer avec succès la méthode des caractéristiques pour calculer les solutions des équations de Saint Venant dans les cas d'ondes de détente ou de chocs centrés.
- 4 imaginer, planifier et mettre en oeuvre des expériences illustrant les notions principales du cours.

## Livre de cours (en ligne)



## Moodle N7

- Polycopié
- Planches du cours
- Devoirs à la maison
- Énoncé du TP
- ...

# HYDRODYNAMIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

CHAPITRES 4 À 6 DU LIVRE (2010), par O. THUAL

- |                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| ① Écoulements incompressibles        | ① Incompressible flows              |
| ② Écoulements potentiels             | ② Potential flows                   |
| ③ Turbulence et frottement           | ③ Turbulence and friction           |
| ④ <b>Hydraulique à surface libre</b> | ④ <b>Open channel flows</b>         |
| ⑤ <b>Ondes de crues</b>              | ⑤ <b>Flood waves</b>                |
| ⑥ <b>Intumescences et ressauts</b>   | ⑥ <b>Surges and hydraulic jumps</b> |
| ⑦ Ondes de surface                   | ⑦ Surface waves                     |
| ⑧ Réfraction de la houle             | ⑧ Swell refraction                  |
| ⑨ Seiches et marées                  | ⑨ Seiches and tides                 |

<http://moodle-n7.inp-toulouse.fr>  
<http://thual.perso.enseeiht.fr/xsee/>

---< POLYCOPIE DU COURS >---(up)

[Introduction](#) 

## I. CHARGE HYDRAULIQUE

1. [Ecoulements incompressibles](#) 
2. [Ecoulements potentiels](#) 
3. [Turbulence et frottement](#) 

## II. HYDRAULIQUE FLUVIALE

4. [Hydraulique à surface libre](#) 
5. [Ondes de crues](#)
6. [Intumescences et ressauts](#)

## III. HYDRODYNAMIQUE MARINE

7. [Ondes de surface](#)
8. [Réfraction de la houle](#)
9. [Seiches et marées](#)

---< DIAPORAMAS DU COURS >---(up)

[Diaporama : Introduction](#), (print .pdf)

## I. CHARGE HYDRAULIQUE

1. Diaporama : [Ecoulements incompressibles](#), (print .pdf)
2. Diaporama : [Ecoulements potentiels](#), (print .pdf)
3. Diaporama : [Turbulence et frottement](#), (print .pdf)

## II. HYDRAULIQUE FLUVIALE

4. Diaporama : [Hydraulique à surface libre](#), (print .pdf)
5. Diaporama : [Ondes de crues](#) (print .pdf)
6. Diaporama : [Intumescences et ressauts](#) (print .pdf)

## III. HYDRODYNAMIQUE MARINE

7. Diaporama : [Ondes de surface](#), (print .pdf)
8. Diaporama : [Réfraction de la houle](#), (print .pdf)
9. Diaporama : [Seiches et marées](#), (print .pdf)

---< PETITES CLASSES DU COURS >---(up)

## I. CHARGE HYDRAULIQUE

- PC1 : [Ecoulements de Poiseuille](#)  
PC2 : [Ecoulements en milieux poreux](#)  
PC3 : [Applications des modèles de turbulence](#)

## II. HYDRAULIQUE FLUVIALE

- PC4 : [Ecoulements sur un obstacle](#)  
PC5 : [Ondes de crues](#)  
PC6 : [Canal à choc](#)

## III. HYDRODYNAMIQUE MARINE

- PC7 : [Ondes de surface](#)  
PC8 : [Réfraction de la houle](#)  
PC9 : [Seiches et marées](#)

<http://thual.perso.enseeiht.fr>

**Articles Pédagogiques Multimedia**

[thual@imft.fr](mailto:thual@imft.fr)

- [Dérivation des équations de Saint-Venant](#), *APM-INPT, thu-derisv* (2003), O. Thual
- [Advection d'un scalaire et caractéristiques](#), *APM-INPT, thu-advscs* (2003), O. Thual
- [Ondes de surface 1d, hyperbolique ou dispersives](#), *APM-INPT, thu-surfli* (2003), O. Thual
- [Caractéristiques et chocs](#), *APM-INPT, thu-carcho* (2003), O. Thual

# Organisation du cours (version du 4 mars 2020)

CM 0	Présentation générale ... (22 février)
CM 0	...et survol des chapitres 4 à 6 (22 février) Deux Devoirs Maison (DM) à remettre le 1er avril
CM 1	④ Hydraulique à surface libre (7 février)
CM 2	⑤ Ondes de crues (14 février)
CM 3	⑥ Intumescences et ressauts (21 février)
TD 3	⑥ Intumescences et ressauts (4 mars)
TD	Amphi inversé spécial projets (Léo, 6 mars)
TD 1	④ Hydraulique à surface libre (18 mars)
TD	TD sur les devoirs maison (18 mars)
TD 2	⑤ Ondes de crues (25 mars)
TD	TD sur les devoirs maison (25 mars)
TD	Amphi inversé pour les projets (30 mars)
AI	Amphi inversé pour l'examen écrit (1er avril) <b>Remise des deux Devoirs Maison (DM)</b>
<b>Examen</b>	Seul document autorisé : livret de cours <b>Vendredi 3 avril 2020</b>
<b>Oral</b>	Soutenances des projets expérimentaux <b>Lundi 11 mai 2020</b>
TP1	Découverte des installations
TP2	Maturation du projet expérimental
TP3	Finalisation du projet expérimental

## Devoirs Maison (15%)

- 1 Ressauts hydrauliques dans un canal
- 2 Tuyère de Laval

## Projet expérimental (35%)

- 1 Rapport écrit de groupe d'une quinzaine de page
- 2 Soutenance orale avec tirage au sort des présentateurs

## Examen écrit (50%)

- 1 Calculatrices autorisée
- 2 Seul document autorisé : livret d'enseignement avec formulaire

## Instructions

- 1 Chaque groupe de TP devra concevoir une série d'expériences permettant d'illustrer les notions abordées dans le cours.
- 2 Une première séance permet de se familiariser avec les installations.
- 3 Les deux séances suivantes débouchent sur un rapport écrit d'une quinzaine de pages
- 4 Une soutenance est organisée, au cours de laquelle les orateurs seront tirés au sort.
- 5 Les protocoles expérimentaux décrits dans le livret d'enseignement sont donnés à titre d'exemple ou de point de départ.
- 6 Les groupes devront faire appel à leur créativité et pourront demander des conseils aux enseignants.

# Exemples de protocole expérimentaux

## Ressauts hydrauliques dans un canal

En rapport avec le devoir maison éponyme.

## Tuyère de la Laval Hydraulique

En rapport avec le devoir maison éponyme.

## Seuil épais

Lignes d'eau en aval d'un obstacle.

## Vanne de fond

Lignes d'eau autour d'une vanne de fond.