

CIVIL-515

**Ondes de crue et de rupture de barrage**

Ancey Christophe

Cursus	Sem.	Type
Génie civil	MA2, MA4	Opt.

Langue d'enseignement	français
Crédits	3
Session	Eté
Semestre	Printemps
Examen	Oral
Charge	90h
Semaines	14
<b>Heures</b>	<b>3 hebdo</b>
Cours	2 hebdo
Exercices	1 hebdo
<b>Nombre de places</b>	

**Résumé**

Le cours offre des méthodes de calcul hydraulique pour des problèmes d'écoulements non permanents tels que les crues, les vagues, et les ruptures de barrage. L'accent est mis sur la compréhension physique des phénomènes, les équations de base (Saint-Venant), et les aspects relatifs à l'ingénierie.

**Contenu**

- Equations de conservation : équations de Saint Venant, courbes de remous, limites d'utilisation des équations de Saint Venant, diffusion, convection, advection-diffusion
- Ondes de crue et inondations : phénomènes physiques, estimation des crues (méthode du Gradex, QdF, GR4, SoCoSe), calcul de propagation (onde cinématique, onde diffusive)
- Vagues : traitement des ondes dans les équations de Saint Venant, onde dynamique, train d'ondes, vagues dues au vent et houle, tsunami, onde d'impulsion, mascaret
- Ruptures de barrage : phénomènes physiques, plan d'étude en ingénierie, mode de rupture, rupture de barrage pour des matériaux visqueux, rupture de barrage pour des matériaux non visqueux, effet du frottement sur la propagation

**Mots-clés**

Équations de Saint-Venant, ressaut hydraulique, courbe de remous, crue, rupture de barrage, vague, débit, inondation, tsunami, barrage, onde cinématique, onde dynamique, onde diffusive, convection, advection, diffusion, problème hyperbolique, problème parabolique

**Compétences requises****Cours prérequis obligatoires**

1. physique : mécanique du point, mécanique du solide rigide
2. mathématique : équations différentielles ordinaires, équations aux dérivées partielles, analyse différentielle et calcul tensoriel (divergence, gradient, laplacien, tenseur, matrice, produit tensoriel)
3. mécanique des milieux continus : milieu continu, équations de conservation, formulations locale et macroscopiques
4. mécanique des fluides : Bernoulli, équations de conservation (masse et quantité de mouvement), courbe de remous, perte de charge

**Cours prérequis indicatifs**

Mécanique des fluides, méthodes numériques, calcul différentiel

**Acquis de formation**

A la fin de ce cours l'étudiant doit être capable de:

- Reconnaître les phénomènes physiques (advection, diffusion)
- Sélectionner les équations correspondant au phénomène physique
- Déterminer un mode de résolution des équations selon le problème
- Modéliser la propagation d'une crue sur un bassin-versant
- Justifier un calcul hydraulique pour des régimes non permanent
- Construire une étude de risque hydraulique (crue)
- Dédire les équations physiques minimales représentatives d'un problème d'ingénierie complex

### Compétences transversales

- Dialoguer avec des professionnels d'autres disciplines.
- Recueillir des données.
- Faire une présentation orale.
- Ecrire un rapport scientifique ou technique.
- Utiliser les outils informatiques courants ainsi que ceux spécifiques à leur discipline.

### Méthode d'enseignement

- Cours ex-cathedra + projet sur ordinateur (utilisation de scripts Matlab).
- le cours nécessite un travail d'apprentissage autonome des outils mathématiques (voir annexes du cours)
- les séances d'exercices sont sur ordinateur et montrent comment utiliser Matlab pour résoudre des problèmes d'hydraulique en régime non permanent
- les étudiants doivent rendre un projet (au choix, un sujet très orienté "résolution numérique" des équations de transport ou bien une étude type ingénierie)

### Travail attendu

- le cours demande un certain effort pour comprendre la physique des phénomènes (genèse des crues, propagation), la modélisation mathématique (et surtout les simplifications opérées), la problématique en ingénierie, et un savoir-faire numérique

Les points sur lesquels l'étudiant devra porter une attention particulière sont les suivants :

- phénomène de convection (advection) : déplacement d'une onde de crue, résolution d'un problème hyperbolique simple
- phénomène de diffusion (linéaire) : amortissement d'une onde de crue, évaluation des effets de la diffusion sur le long terme
- estimation des débits sur un bassin-versant (hydrologie)
- propagation d'une onde de crue
- équations de Saint-Venant : dérivation, formulations, limites d'utilisation, formes dérivées, couplage avec le transport solide
- génération et propagation des vagues : types de vague, équations du mouvement, utilisation en ingénierie
- calcul de rupture de barrage

### Méthode d'évaluation

66 % projet + 33 % examen oral

### Encadrement

Office hours	Oui
Assistants	Oui
Forum électronique	Non

## Ressources

### Bibliographie

- Hydraulique des crues (dans un contexte de barrages et lacs d'accumulation/retenue)
  - Marche, C., Barrage, crues de rupture et protection civile, Presses Internationales Polytechniques, Montréal, 2004.
  - ICOLD, Étude d'onde de submersion de barrage, synthèse et recommandations, International Commission on Large Dams, Paris, 1998.
  
- Barrages et digues
  - ICOLD, Évaluation du risque dans la gestion de la sécurité du barrage, International Commission on Large Dams, Paris, 1998.
  - Peyras, L., and P. Mériaux, Retenues d'altitude, Quæ éditions, Versailles, 2009.
  - Royet, P., Sécurité des barrages en service, Cemagref édition, Antony, 1994.
  - Degoutte, G., Les déversoirs sur digues fluviales, Editions Quae, Versailles, 2012.
  - Sinniger, R.O., and W.H. Hager, Constructions hydrauliques, 439 pp., Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1989 ; Hager, W.H., et A. Schleiss, Constructions hydrauliques: écoulements stationnaires, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 2009.
  - Schleiss, A., and H. Pougatsch, Les barrages : du projet à la mise en service, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 2011.
  
- Hydraulique générale
  - Graf, W.H., et M.S Altinakar, Hydraulique fluviale, PPUR, Lausanne, 1996. Voir chapitre 5.
  - Degoutte, G., Diagnostic, aménagement et gestion des rivières - hydraulique et morphologie fluviales appliquées, Lavoisier, Paris, 2006.
  - W. Brutsaert, W., Hydrology: An Introduction, CUP, New York, 2003. Voir chapitres 5 et 6.
  - Chanson, H., The Hydraulics of Open Channel Flow: An Introduction, Elsevier Butterworth Heinemann, Amsterdam, 2004. Voir chapitres 13 à 17.
  
- Hydrologie générale
  - Spreafico, M., R. Weingartner, M. Barben, and A. Ryser, Evaluation des crues dans les bassins versants de Suisse, OFEG, Berne, 2003.
  - Hingray, B., B. Picouet, and A. Musy, Hydrologie 2 : une science pour l'ingénieur, Presses Polytechniques et Universitaires Romands, Lausanne, 2009.
  - Meylan, P., A.-C. Favre, and A. Musy, Hydrologie fréquentielle, 173 pp., Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 2008.
  - Musy, A., and C. Higy, Hydrologie 1. Une science de la nature, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 2004.
  
- Méthodes numériques
  - Wu, W., Computational River Dynamics, Taylor & Francis, London, 2007.
  - Goncalves, E., Résolution numérique (cours de l'INPG, Grenoble, 2005).
  - LeVeque, R.J., Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 2007.
  - LeVeque, R.J., Numerical Methods for Conservation Laws, Birkhäuser, Basel, 1992.
  - LeVeque, R.J., Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems, Cambridge University Press,

Cambridge, 2002.

- Toro, E.F., Shock-Capturing Methods for Free-Surface Shallow Flows, Wiley, Chichester, 2001.

### Ressources en bibliothèque

- Barrage / Marche
- Les déversoirs sur digues fluviales / Degoutte
- ICOLD
- Diagnostic, aménagements et gestion des rivières / Degoutte
- Evaluation des crues / Spreafico
- Hydrologie 1 / Musy
- Hydrologie fréquentielle / Meylan
- Computational River Dynamics / Wu
- ICOLD
- Retenues d'altitude / Peyras
- Constructions hydrauliques / Hager
- Les barrages / Schleiss
- Hydraulique fluviale / Graf
- The Hydraulics of Open Channel Flow / Chanson
- Hydrologie 2 / Hingray
- Numerical Methods / LeVeque
- Finite Volume / LeVeque
- Shock-Capturing Methods / Toro
- Hydrology : An Introduction / Brutsaert
- Finite Difference / LeVeque

### Polycopiés

- Polycopié de cours (sur Internet) : <http://lhe.epfl.ch/cours/masterGC/cours-hydraulique.pdf>
- Plan des séances cours et exercices : <http://lhe.epfl.ch/cours/masterGC/MFprogramme2.pdf>
- Annexes du cours : <http://lhe.epfl.ch/cours/masterGC/complement-cours.pdf>

### Sites web

- <http://lhe.epfl.ch>
- <http://lhe.epfl.ch/hydraulique.php>