

A photograph of the Karun III Dam in Iran, showing water cascading over the spillways and creating a large cloud of mist. The dam is situated in a deep, mountainous valley.

Karun III, Iran, 205 m

Civil-312 Cours Bachelor
Ouvrages et aménagements
hydrauliques



Malgré l'impressionnante quantité d'eau et image spectaculaire

- tout fonctionne comme prévu par l'ingénieur

An aerial photograph of the Oroville Dam spillway in the USA. The image shows a massive concrete spillway structure with water cascading down it, creating a large plume of white mist. A vibrant rainbow is visible in the mist. The surrounding landscape is a mix of green forest and brown, eroded soil. In the background, the Oroville Dam itself is visible, along with a reservoir and some industrial structures.

Oroville Dam Spillway, USA,
230 m, le plus haut barrage
des Etats Unis

Impressionnante quantité d'eau et
image spectaculaire

- cette fois-ci, cela n'a pas fonctionné
comme prévu par l'ingénieur



March 2011



February 7, 2017



February 27, 2017

Damage to the main spillway began as a crater in the middle (center) and eventually resulted in a separate channel eroded to the side (right). At left, the main spillway is shown in March 2011 while at its maximum discharge rate.

➤ led to the evacuation of nearly 200,000 people downstream

Digue de Brumadinho,
88m de hauteur, Brésil

<https://www.youtube.com/watch?v=sKZUZQytads>

«Barrage»* de Brumadinho

- opérationnel depuis 1976
- la rupture une catastrophe environnementale (et d'ingénierie)
 - le 25 janvier 2019 dans la municipalité brésilienne du même nom, à 65 km de Belo Horizonte, capitale de l'État de Minas Gerais
 - 259 morts
 - l'aval partiellement détruit et pollué
 - intérêt à faire du bon design
 - appliquer correctement l'état de l'art

*tailings (dam), digue de retenue de résidus miniers

Crue dans Uttarakhand, 7 février 2021, après une vidange d'un lac glaciaire. Destruction partielle de deux aménagements hydroélectriques



<https://www.youtube.com/watch?v=SvInXvDXsRo>
<https://www.youtube.com/watch?v=PtEhtHmAGLY>

Les Enseignants



Dr Giovanni De Cesare

- Faculté de l'environnement naturel, architectural et construit ENAC, Section de génie civil SGC
- Directeur opérationnel de la Plateforme de constructions hydrauliques PL-LCH
- Chargé de cours interne EPFL
- Responsable de la spécialisation «Hydraulique», formation Master GC
- Membre de la commission d'enseignement GC



Dr Pedro Manso

- Faculté de l'environnement naturel, architectural et construit ENAC, Section de génie civil SGC
- Directeur du bureau d'étude privé MHYD
- Chargé de cours externe EPFL, associé à la Plateforme de constructions hydrauliques PL-LCH

Les Enseignants



Dr Azin Amini

- Master Ing. Structure, Université de Téhéran, Iran
- PhD EPFL en hydraulique
- Postdoctoral Fellow, Stanford University, USA
- Depuis 2015 Collaboratrice scientifique EPFL
- Avant: Head of computational hydraulics section, Hydrique Ingenieurs, Mont-sur-Lausanne
- Computational hydraulics engineer, HydroCosmos
- Coastal and hydraulic engineer, Ben C. Gerwick, Inc., San Francisco, USA

Les Assistants

- Romain Van Mol
- Francesca Padoan
- Christophe Reymond
- Meghan Irving
- Yahel Eliyahu-Yakir
- Junjia Kang
- Camille Phenix
- Marc-Antoine Courtois



Prérequis indicatifs

Afin de pouvoir suivre le cours et faire les exercices, l'étudiant doit avoir certaines bases:

- Mécanique des fluides, hydraulique de base
 - propriétés des fluides, hydrostatique, hydrodynamique, écoulements en charge et en nappe libre
- Ecoulements souterrains
- Notions de base
 - en structures
 - en mécanique des sols
 - en hydrologie

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

- Caractériser des ouvrages hydrauliques nécessaires pour l'utilisation de l'eau
- Connaître le vocabulaire technique
- Esquisser les éléments essentiels des ouvrages hydrauliques
- Dimensionner des ouvrages tels que prises d'eau en rivière, canaux, conduites au niveau d'une pré-étude
- Appliquer d'une manière correcte la théorie comme continuité, énergie (Bernoulli) et quantité de mouvement pour résoudre la plupart des problèmes pratiques en ingénierie hydraulique
- Déterminer le transport solide dans les rivières et les canaux
- Optimiser l'arrangement et le dimensionnement des ouvrages hydrauliques

Compétences transversales

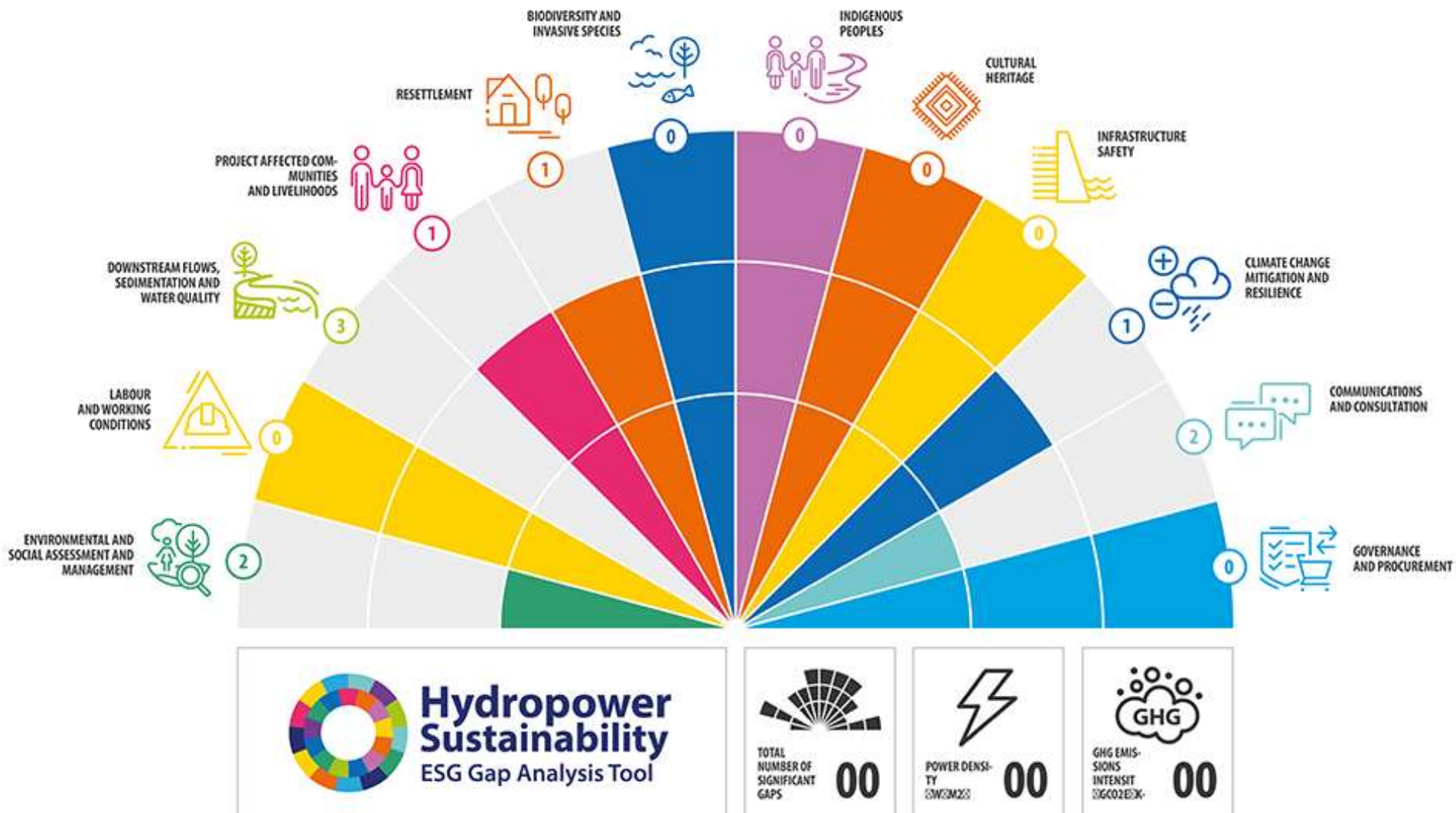
- Etre responsable des impacts environnementaux de ses actions et décisions
- Travailler dans un groupe pluridisciplinaire, génie civil et ingénieur ou scientifique de l'environnement (dans le cadre des exercices)
- Ecrire un court rapport scientifique ou technique (dans le cadre des exercices)
- Recevoir du feedback (une critique) et y répondre de manière appropriée
- Intégrer les aspects de durabilité de nos actions
- Gérer l'allocation de la ressource eau

Objectifs du cours -> durabilité de nos actions

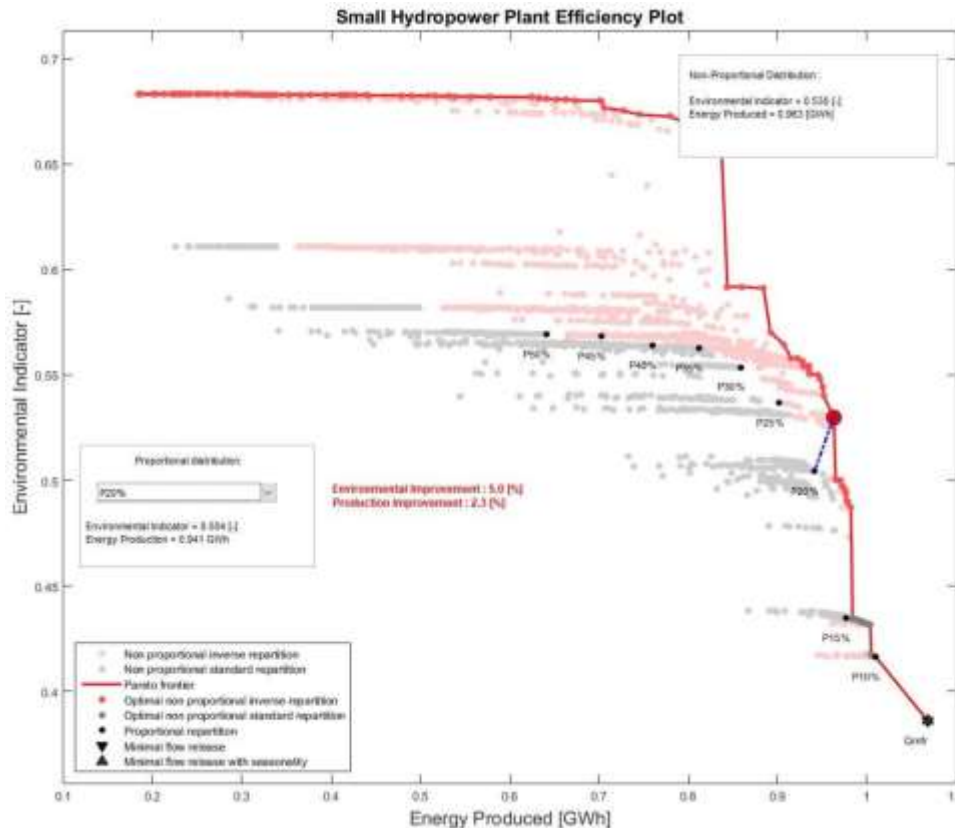


Les dix-sept objectifs de développement durable établis par les États membres des Nations unies et qui sont rassemblés dans l'Agenda 2030

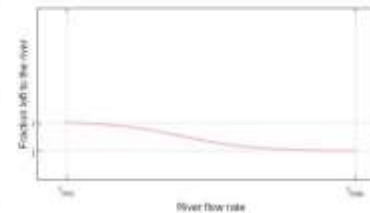
Connaissances pour agir sur la durabilité de nos aménagements hydrauliques



Connaissances pour agir sur la durabilité de nos aménagements hydroélectriques



Gérer l'allocation de la ressource eau



River flow range for repartition:

$l_{min} = 0.43 \text{ m}^3/\text{s}$
 $l_{max} = 3.30 \text{ m}^3/\text{s}$

Parameter values of the Fermi function:

$i = 0.30$ (fact. at the beginning of the competition)
 $j = 0.10$ (fact. at the end of the competition)
 $a = 0.05$ (concavity of the curve)
 $b = 0.45$ (position of the inflexion point)

Source: Analyse de l'état d'un tronçon en aval d'un barrage sur la Birse d'un point de vue hydraulique et piscicole afin d'évaluer les impacts de l'augmentation du débit résiduel, Projet de Master de Raphael Angeles (SIE), 2023

Préparation pour étude de Master / profession

- Aménagements et stockage hydroélectriques (Civil-412)
- Barrages et ouvrages annexes (Civil-411)
- Water resources engineering and management (Civil-466)
- Hydraulique fluviale & aménagements des cours d'eau (Civil-410)
- Hydraulique urbaine (Civil-413)
- Eco-morphologie fluviale (ENV-418)
- Irrigation and drainage engineering (ENV-549)
- ...
- Projets de semestre
- Projets de diplôme Master (voir liste séparée)

*... ah oui, heureusement je sais calculer
la ligne d'eau et le transport solide,
et le débit par-dessus d'un seuil en rivière ...*



Etudiants pendant les explications sur site au cours Master
éco-morphologie fluviale (ENV-418)

... ah oui, j'ai vu cela au cours ...



Visite du barrage de Schiffenen 2022 avec ouverture de la vidange de fond,
cours Master Aménagements et stockage hydroélectriques (CIVL-412)
et cours barrage (Civil-411)

Ouvrages et aménagements hydrauliques

Matières traitées

Introduction

- Définitions et domaines, évolution et avenir des aménagements hydrauliques

1. Données de base

- Résumé de l'hydrologie et du transport solide
- Canaux et galeries à écoulement libre, lignes d'eau

2. Seuils et barrages en rivière

- Déversoirs, vannes, bassins amortisseurs
- Prise d'eau en rivière, migration piscicole

3. Conduites en charge

- conduites et galeries pleines, simple réseau hydraulique

4. Retenues et barrages

Ouvrages ou éléments des aménagements hydrauliques

- **Ouvrages de stockage de l'eau**
 - réservoirs d'eau potable
 - retenues formées par des barrages
 - bassins de rétention de crues
- **Ouvrages de captage de l'eau**
 - prises d'eau en lac ou en rivière
 - dessableurs
 - seuils et barrages en rivière
 - orifices
 - déversoirs, etc.
- **Ouvrages d'adduction ou de dérivation de l'eau**
 - Canaux/galeries à écoulement libre
 - galeries et puits en charge
 - conduites forcées
 - chambres de mise en charge
 - chambres d'équilibre
 - coursiers
 - revêtement et stabilisation des berges, etc.
- **Ouvrages de restitution**
 - bassins amortisseurs
 - saut de ski
 - puits à vortex, etc.
- **Ouvrages particuliers**
 - siphons, aqueducs, ponceaux, etc.
- **Ouvrages annexes aux barrages**
 - évacuateurs de crues
 - vidanges de fond
 - dérivations temporaires
- **Retenues et barrages**
- **Exploitation d'ouvrages hydrauliques**

Ressources Bibliographiques

Livre

TGC 15 "Constructions Hydrauliques" de
W. Hager et A. Schleiss, PPUR, 2009

Polycopié

Ouvrages et aménagements hydrauliques
G. De Cesare, P. Manso, édition 2024

+

Cahier d'exercices résolus

G. De Cesare, P. Manso, édition 2024

EPFL

OUVRAGES ET AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES



Editeurs :
Dr Giovanni De Cesare
Dr Pedro Manso

Civil-312

Edition 2024

Plus cahier
d'exercices résolus

EPFL

OUVRAGES ET AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES



EXERCICES

Editeurs :
Dr Giovanni De Cesare
Dr Pedro Manso

Civil-312

Edition 2024

— Traité de Génie Civil —
de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

Volume 15

CONSTRUCTIONS HYDRAULIQUES

Ecoulements stationnaires

Willi H. Hager et Anton J. Schleiss

Nouvelle édition entièrement revue et augmentée



PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

Détermination de la note finale

	<u>Poids</u>
1) Examen écrit lors de la session d'examen	50 %
2) Exercices en semestre	
<u>rendu obligatoire de tous les exercices</u>	
Moyenne des notes	50 %
➤ Les exercices se font par groupe de 4 étudiants, au moins un GC et un SIE, les groupes sont déjà formés (sur Moodle)	
➤ En cas d'incompatibilité avérée, changement (que échange) jusqu'au mercredi 18 septembre 2024 (avec annonce au prof.)	
➤ Pour chaque exercice, un groupe sera aléatoirement sélectionné pour présenter la résolution en classe	

Critères d'évaluation des exercices

Les solutions des exercices doivent être rendues en bonne et due forme, c'est-à-dire sous la forme d'une note de calcul (écrite à la main ou avec ordinateur), comme exigé dans un bureau d'ingénieurs d'un point de vue de responsabilité légale. Cette note de calcul (estimé à **10 pages maximum** y compris annexes) comprend :

- Page de titre, avec identification du sujet, date, noms des étudiants
- Brève introduction de la problématique et une synthèse de la démarche de résolution proposée ;
- Données de base (y compris leur revue critique)
- Hypothèses de calcul ;
- Les questions à résoudre avec leurs solutions (et éventuelle discussion des résultats);
- Les références (si nécessaire).

Un exemple de résolution/rapport sera montré lors du premier exercice.

Les exercices seront corrigés selon les critères généraux comme a) la présentation
b) les hypothèses et résultats et c) les explications et discussion

Conditions de l'examen

- Vous avez droit:
 - au polycopié du cours avec vos annotations personnelles manuscrites (pas de feuilles volantes)
 - dans le polycopié, après chaque chapitre, vous avez de la place pour votre formulaire personnel
 - en plus, un formulaire personnel manuscrit de 3 feuilles A4 recto-verso, soit max. 6 pages A4
- Les feuilles de calcul sont fournies et font partie du dossier
- Une calculatrice non programmable est autorisée
- Prenez un crayon gris, une gomme, des crayons de couleurs rouge et bleu, un stylo et une règle
- Vos affaires personnelles (sacs à dos, etc.) sont à déposer à l'entrée de l'auditoire et ne peuvent être récupéré qu'une fois le test rendu
- La carte CAMIPRO doit être posée sur la table
- Le test doit être signé avant d'être rendu

bon cours

... finalement le cours sur les aménagements hydrauliques était profitable, que ce soit pour GC ou SIE...



Voyage d'étude SIE sept. 2020 aux Grisons, visite du barrage d'Ova Spin

Petit concours photo pour débiter

Je vous montre quelques images

1. Vous essayez d'identifier et décrire la photo
2. Vous donnez au moins 5 mots-clés dans le contexte du cours
3. Je les assemble au tableau noir et les mets en relation avec les sujets du cours











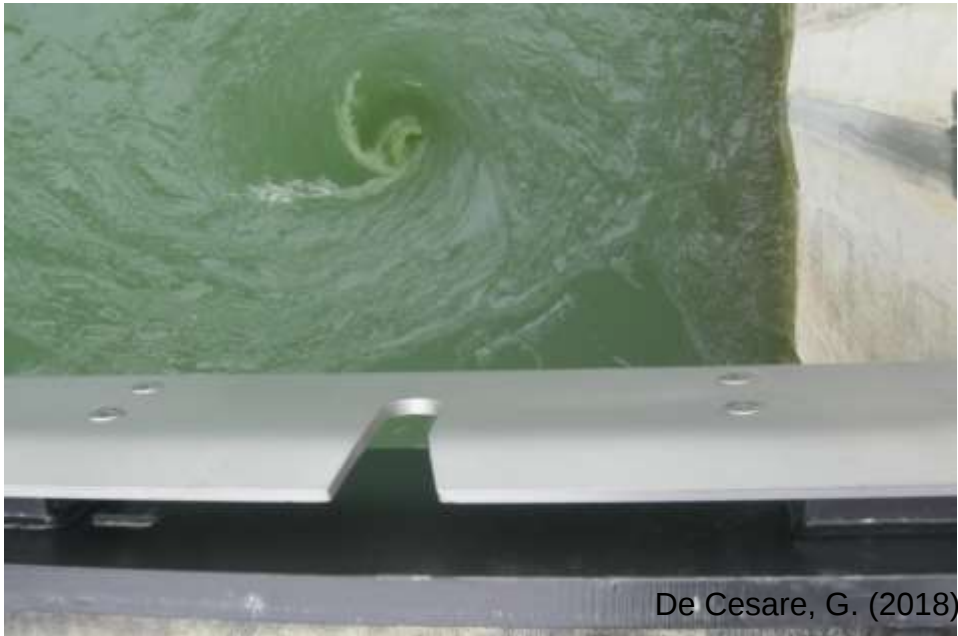






Visite Hagneck, De Cesare, G. (2018)

Vortex observé à l'amont
d'une des vannes
partiellement ouvertes



De Cesare, G. (2018)





<https://www.youtube.com/watch?v=JgUhJhCe60o>

Lac et barrage
de l'Hongrin

1255 m

Pointe-d'Aveneyre

Tour
d'Al

La centrale de Veytaux en chiffres

Production annuelle:

530 GWh

Puissance totale: **240 MW**

Débit total des turbines:

32,56 m³/s

Longueur totale des galeries
d'adduction:

20,8 km

Galerie L'Hongrin-Veytaux:

9,2 km

Capacité utile du barrage

5,2 millions de m³

Hauteur de chute: **878 m**

Pente: **78,66%**

Débit vidange

par la vanne située

au bord du Léman: **20 000 l/s**

Conduite forcée

Longueur: 9,2 km

Dénivellation: 883 m

**Usine
de Veytaux**
(souterraine)
Turbinage
et pompage

Villeneuve

Test des vannes de vidange

L'eau jaillit à 360 km/h
sur une distance de 350 m

Lac Léman

372 m

A9

