

Cours de mécanique des fluides

Printemps 2025

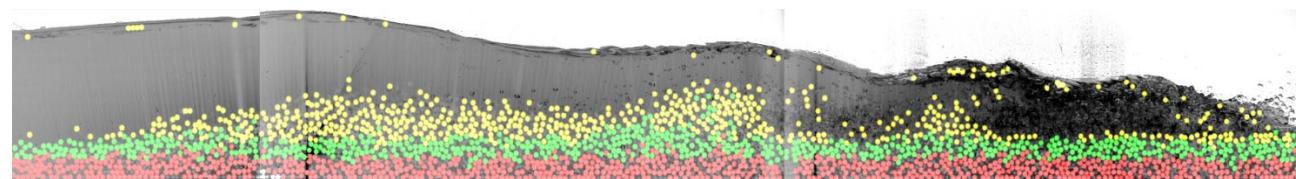
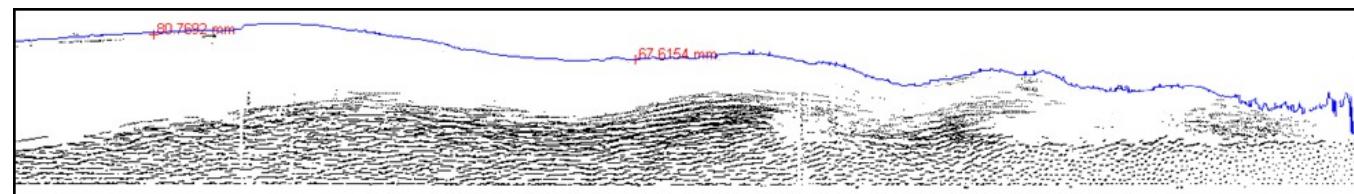
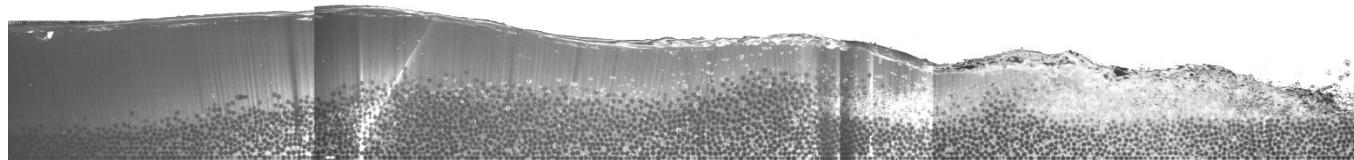
Introduction

- Présentation du prof. et du LHE
- MOOC
- Organisation des séances
- Conditions d'examen
- Comment bien travailler
- Qu'est-ce que l'hydraulique ?
- Plan du cours

Présentation

- Prof. : Christophe Ancey, dr-ing., spécialité : hydraulique à forte pente, créateur du bureau [Toraval](#) (ingénierie en montagne)
- LHE : laboratoire spécialisé dans la physique des écoulements de particules. Champ d'application : hydraulique torrentielle, physique des écoulements
- Composition : 7 personnes (1 prof., 4 doctorants, 1 ingénieur)
- Sites web :
 - [lhe.epfl.ch](#)
 - [fr.ancey.ch](#) (notamment tous les sujets d'examen)
 - [Moodle](#) : cours CIVIL-210

Recherche au LHE : rupture de barrage



Recherche au LHE : transport de sédiment

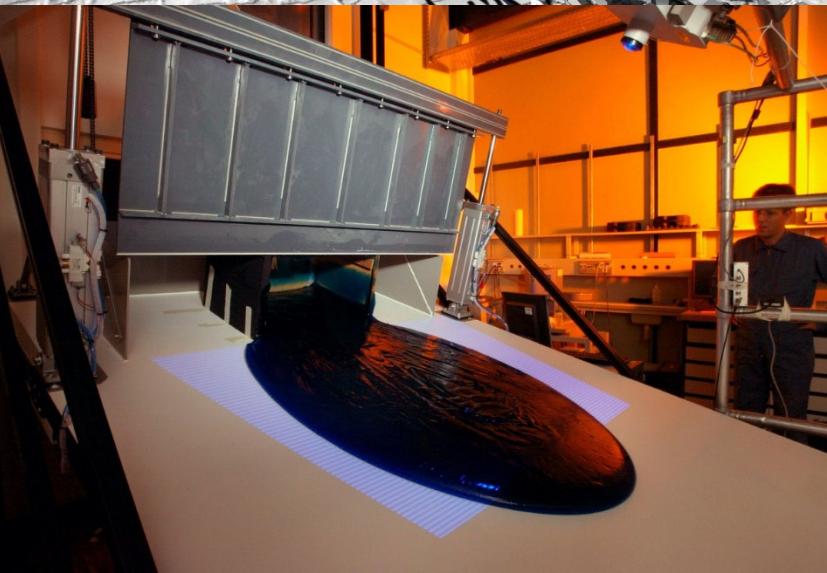
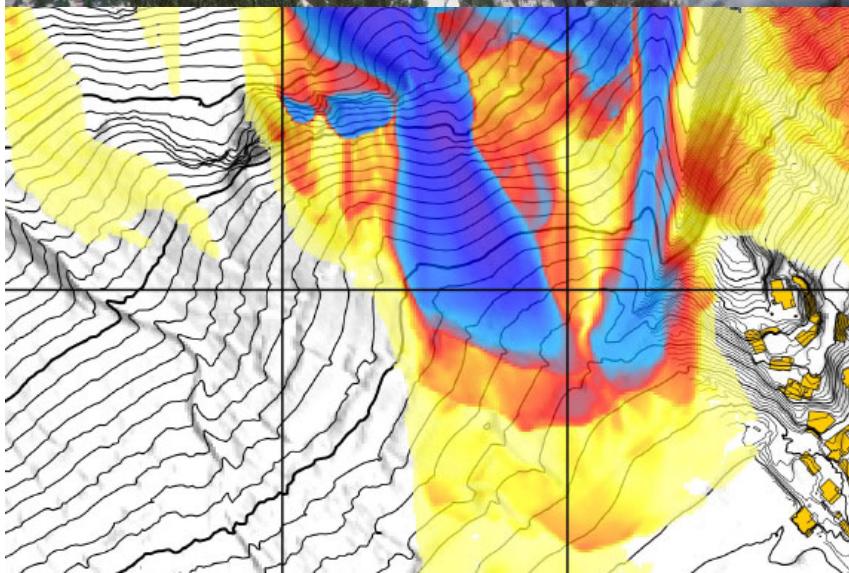
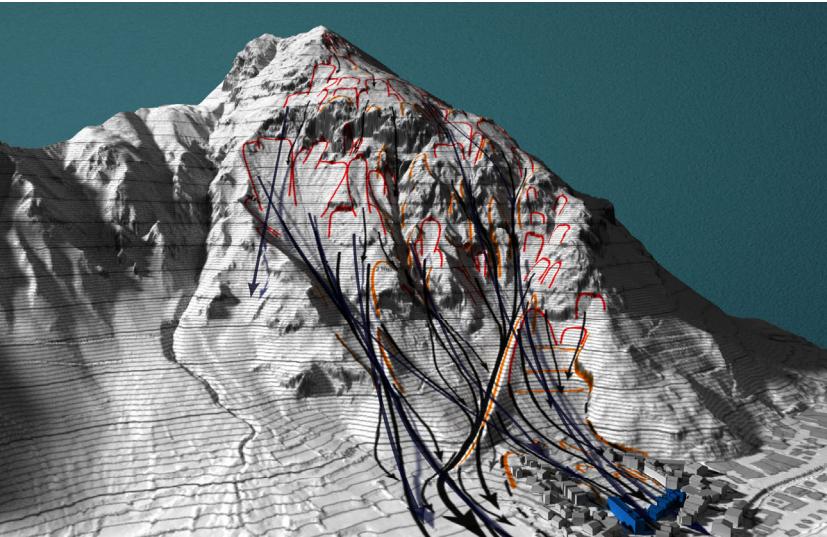


Site de terrain : Zinal
(val d'Anniviers, VS)

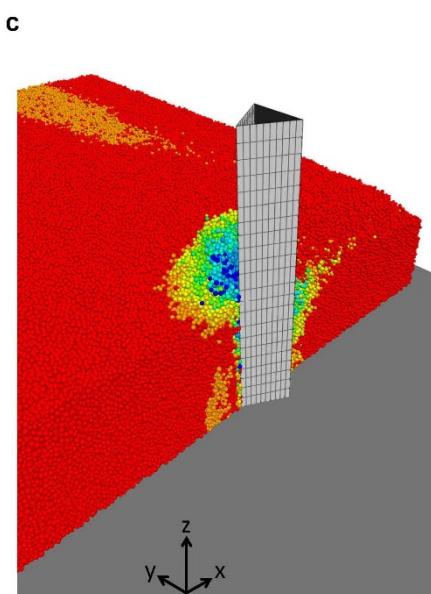
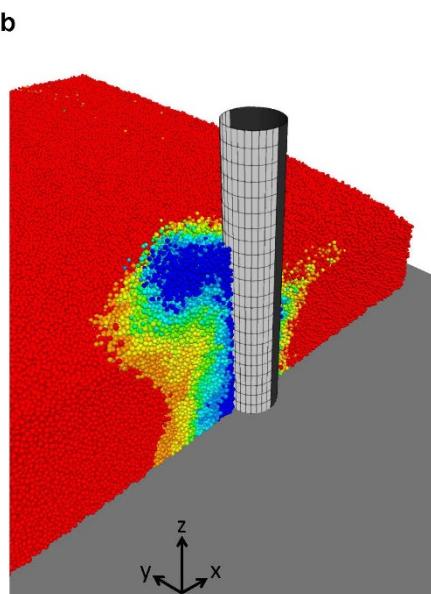
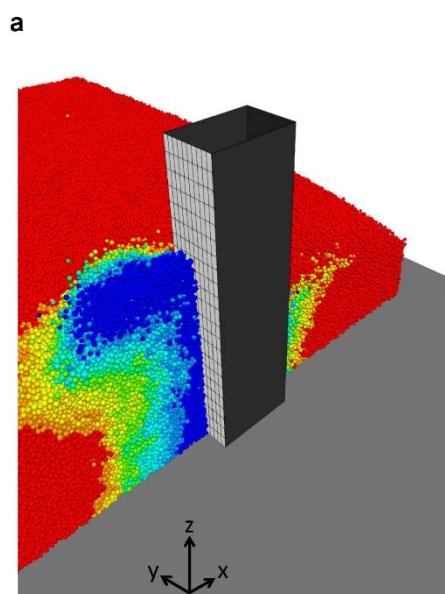
Expériences de laboratoire



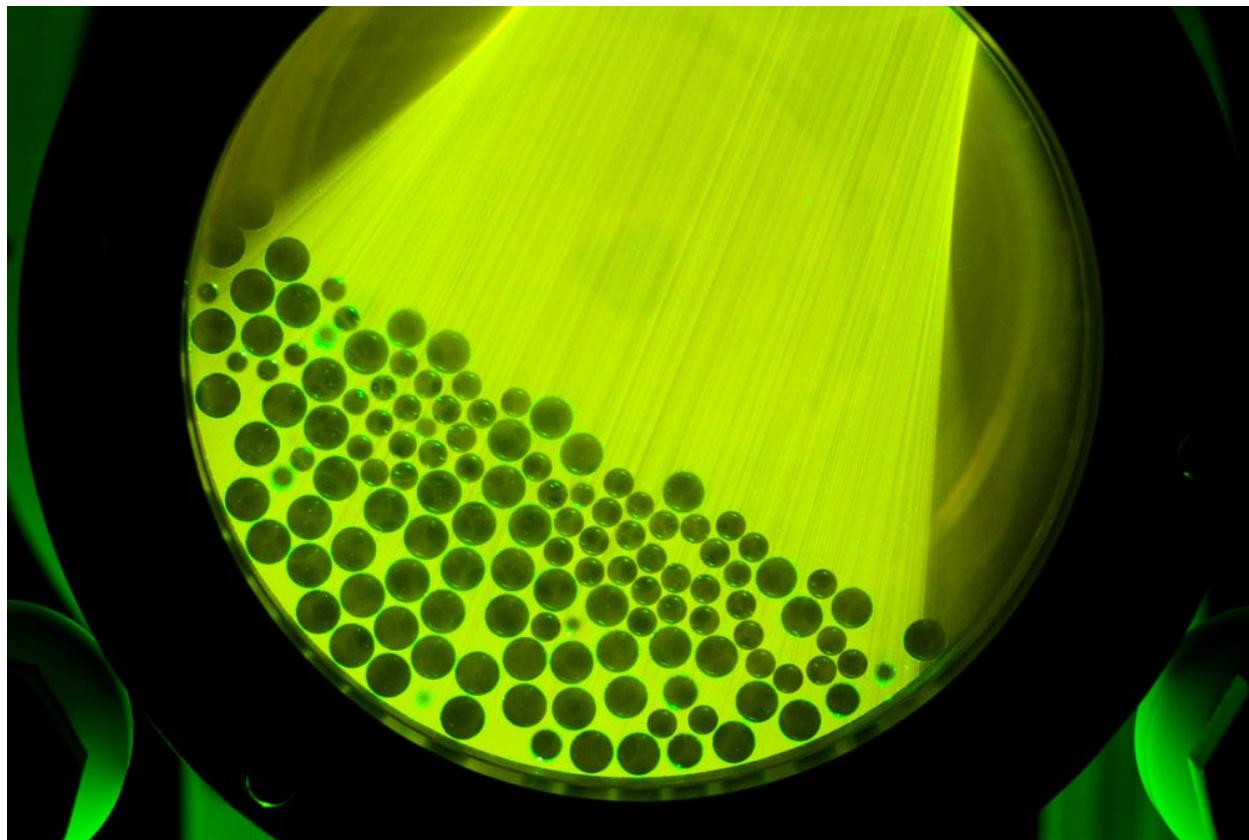
Recherche au LHE : avalanches



Recherche au LHE : interaction fluide/structure



Recherche au LHE : ségrégation dans les granulaires



Organisation des séances

- Mercredi : séance d'exercices avec les assistants
12h15-14h (salle AAC 1 37)

Assistants : Sofi Farazande (ENG/FR), Clemente Gotelli (FR/ENG), Yanan Chen (ENG), Axel Giboulot (FR/ENG). Assistants-étudiants : Oreste Challandes et Margot Flore Chapalain

Lundi : cours *ex cathedra* + questions 14h15-17h
(salle GRB 3 30)

- Support de cours : voir moodle
- Planning des séances : voir moodle

MOOC

- <https://www.edx.org/course/mecanique-des-fluides>
- *massive open online course*
- *Coursera, edx, etc.*
- Statut 2025 : «self-paced»

The screenshot shows the edX course landing page for 'Mecanique des Fluides'. At the top, there's a navigation bar with the edX logo, 'HOW IT WORKS', 'COURSES', 'SCHOOLS', 'REGISTER NOW', and a 'log in' button. Below the navigation is a large image of a purple cube partially submerged in water, creating a splash. To the right of the image is a video player showing three men, with the text 'Watch the Course Intro Video' above it. Below the video player is a summary table with course details:

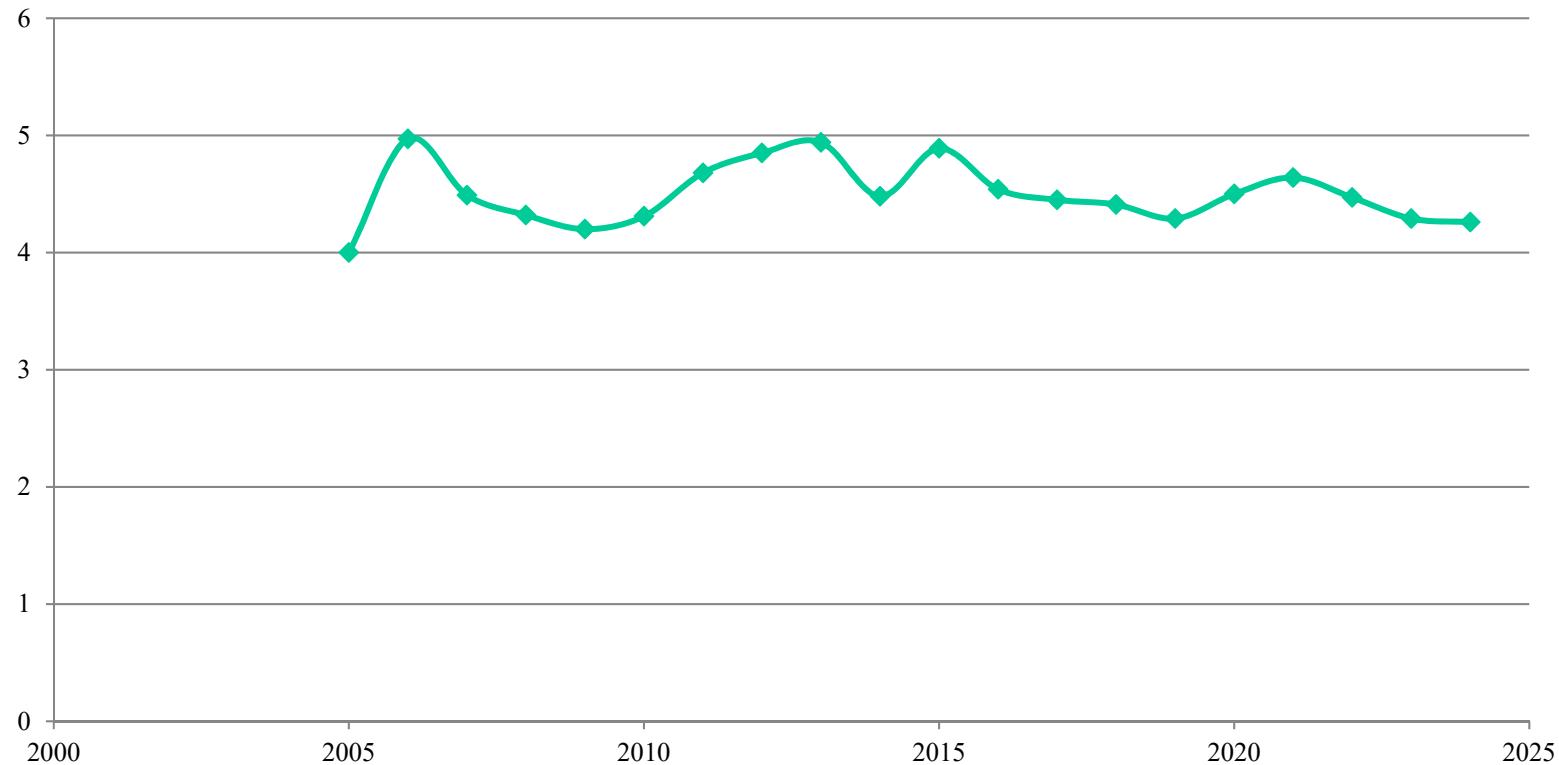
School:	EPFLx
Course Code:	MF201x
Classes Start:	3 Mar 2014
Course Length:	8 weeks
Estimated effort:	60 hours

Below the table is a 'Prerequisites' section with two subsections: 'Physique générale' and 'Mathématique', each containing a bulleted list of topics. There's also a 'see more...' link. At the bottom of the page is a 'Register for MF201x' button, followed by social sharing icons for Twitter, Facebook, Email, and Print. A footer bar at the very bottom contains the text 'Simply Audit this Course'.

Conditions d'examen

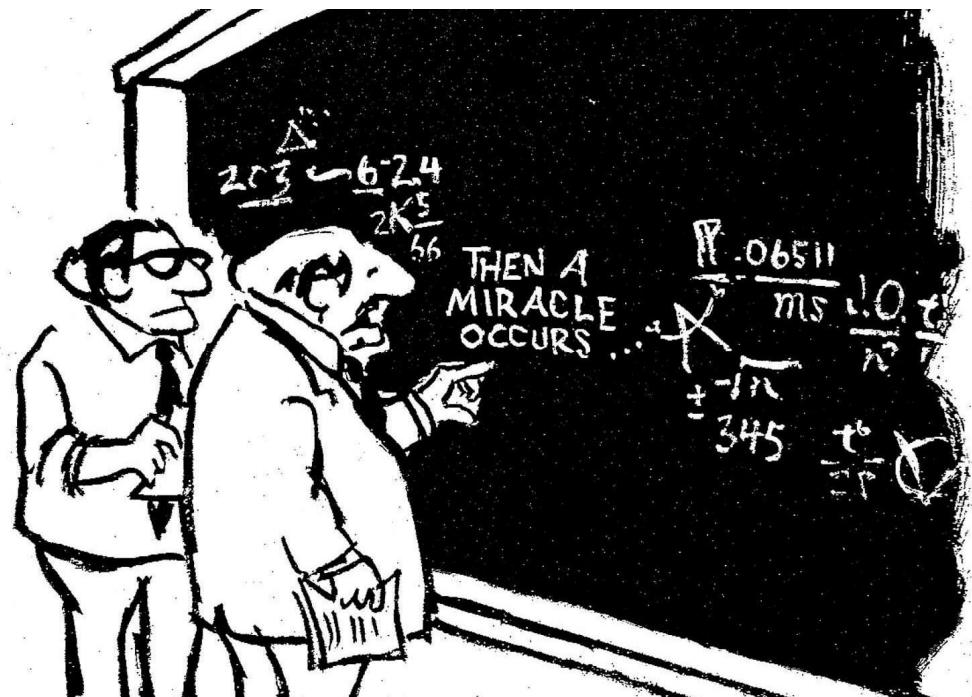
- Contrôle sur la base d'un examen final
 - Examen final en juin 2025 (parfois début juillet) comptant pour 100 % de la note
 - Conditions : tout document autorisé pour l'examen final, laptops (en mode avion) et calculatrices autorisés

Résultats



Pourquoi la mécanique des fluides est une matière difficile ?

- Contenu fortement mathématique
- Importance de la compréhension physique et de l'intuition
- Une partie de la solution est parfois tirée du chapeau
- Art de l'approximation
- Degré de conceptualisation



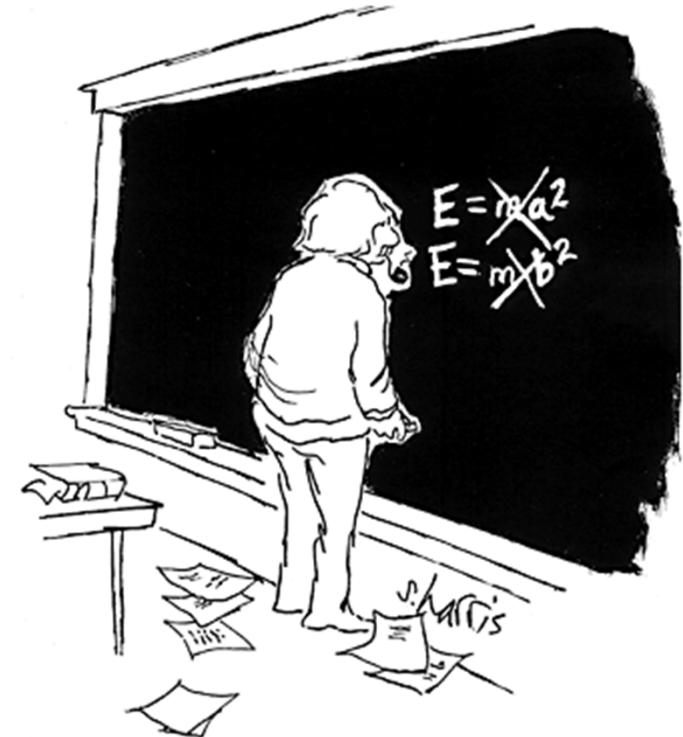
Je crois que vous devriez être plus explicite ici

Bien travailler

- Discipline en classe
- Être actif
- Travailler régulièrement des exercices
- Éviter de bachoter
- Préparer les examens en refaisant les exercices et les examens des années précédentes
- Savoir refaire les démonstrations du cours sans aide

Ce qu'il faut faire (et ne pas faire)

- Chercher à résoudre par soi-même les exercices (et ne pas lire que la solution)
- Chercher à comprendre le contexte plutôt que l'« équation qui va bien »
- Exercer son intuition
- Accepter de tâtonner
- Travailler chaque semaine
- Voir plus loin que l'examen



« *J'ai essayé. J'ai raté. Qu'importe. Essayer encore. Rater encore. Rater mieux.* »
Samuel Beckett, cap au pire

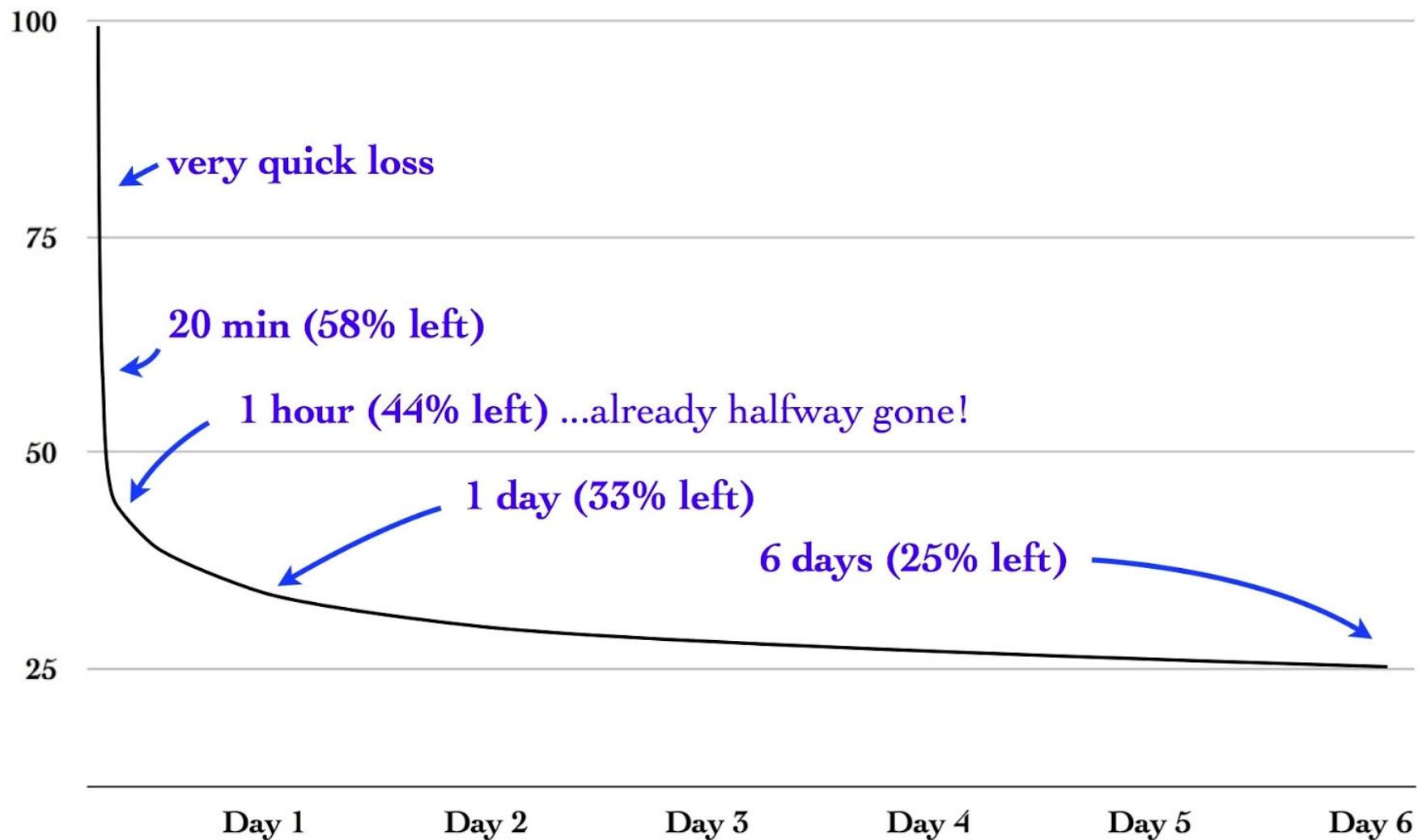
Les paradoxes de l'apprentissage

D'accord ou pas d'accord ?

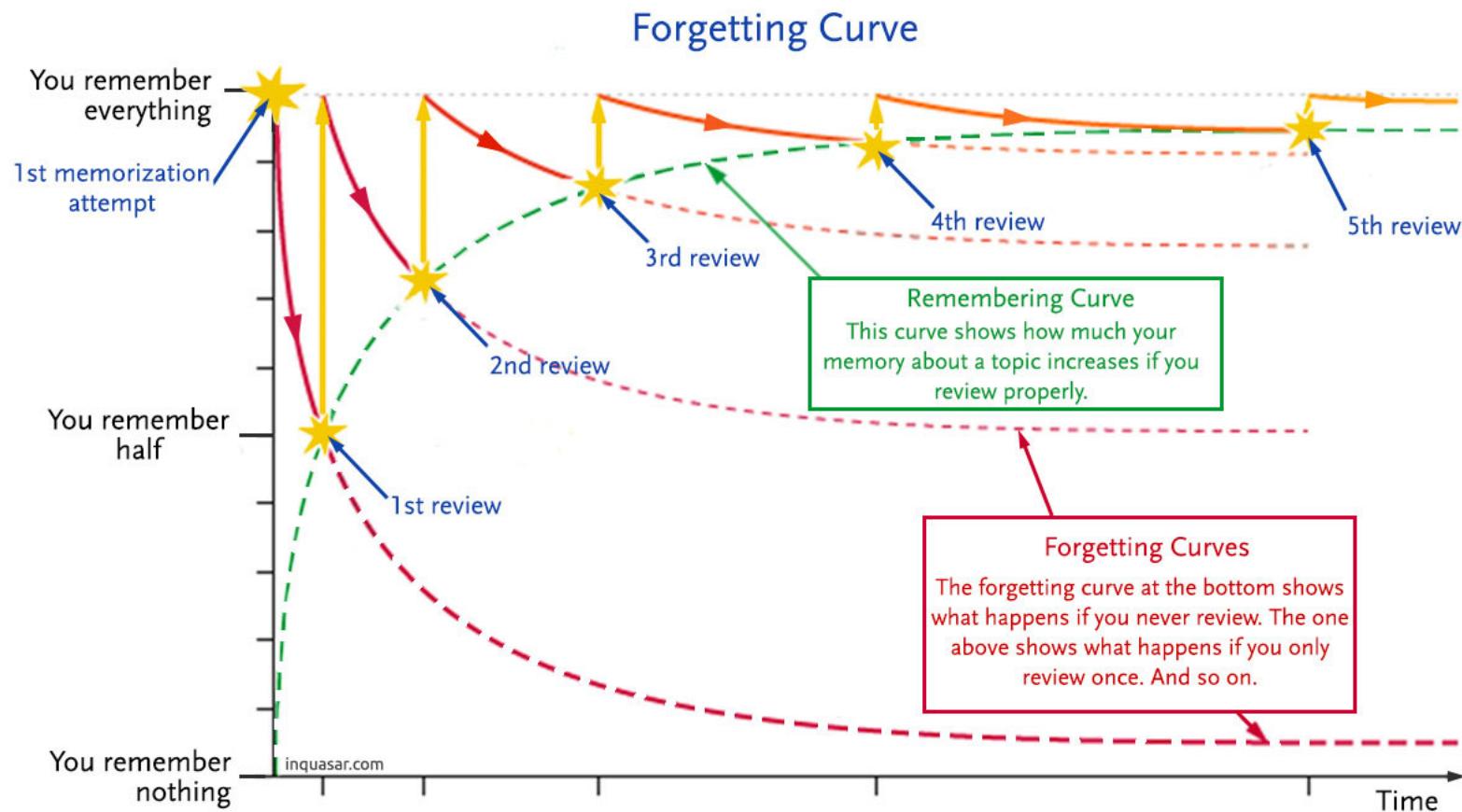
- Plus je réussis les exercices, mieux je comprends la matière
- Plus le matériel de cours est facile à comprendre, plus rapidement je peux mémoriser
- La confusion est l'ennemie du bon apprentissage : il faut la bannir !
- Oublier est toujours contre-productif
- Si je me bats pour (re)trouver des résultats, ce n'est pas un bon signe de compréhension
- Il vaut mieux suivre un cours en bloc sur une semaine qu'un cours étalé sur plusieurs semaines car l'apprentissage est plus efficace (j'oublie entre deux séances, je vois mes progrès, etc.)

Ebbinghaus' Forgetting Curve

(How much of something do we forget each day?)



Contrer la tendance à l'oubli



Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

- Néolithique : irrigation en Mésopotamie
- Antiquité : adduction d'eau dans les grandes villes.
Construction de barrage (p. ex. Glanum) et aqueducs
(Pont du Gard)



Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

- Moyen Âge et Renaissance : développement des canaux, barrages (p. ex. Almansa au XV^e s), moulins, drainage, etc.
- XVII^e s : proto-révolution industrielle. Barrages-vôûtes (Ponte Alto, 1611), canaux (canal du Midi, 1681)



Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

- Milieu et fin XVII^e s. : observation (Guglielmini, Pascal, Torricelli)
- XVIII^e s : naissance de l'hydraulique comme science. Description mathématique des écoulements

Doménico Guglielmini, Daniel Bernoulli, Leonhard Euler, Antoine de Chézy

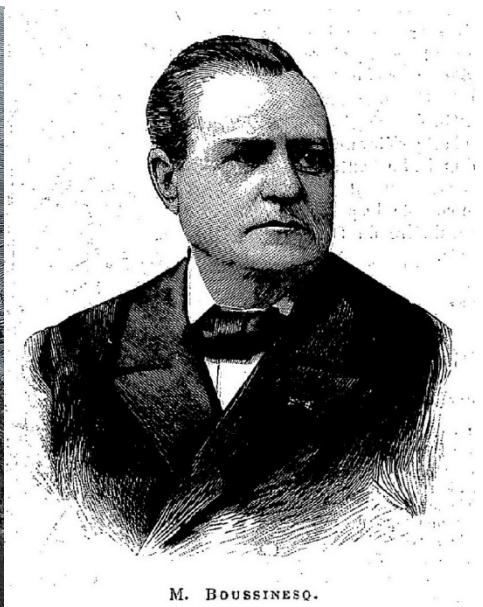
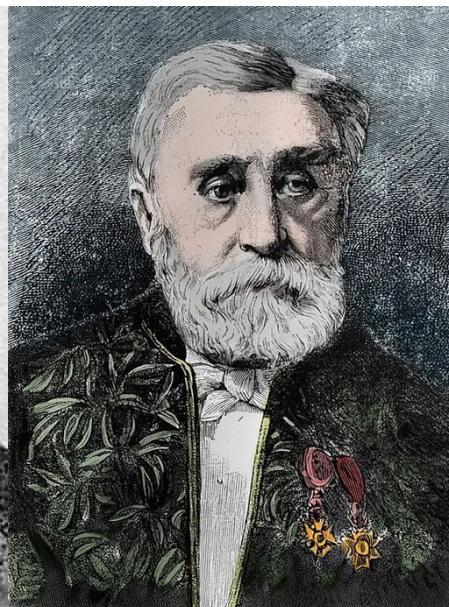


Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

XIX^e s : naissance de l'hydraulique moderne

- Création des écoles d'ingénieurs (p.ex. Polytechnique, ETHZ) et des corps d'État (Ponts et Chaussées)
- Consortiums industriels (Brown-Boveri) et bancaires (AEG, UBS), compagnies de gestion (Lyonnaise des Eaux, Générale des Eaux)
- Grands travaux : Linth (1807-1816), Rhin (1862-1900), Rhône (1863-1894), Jura (1868-1891)
- Premiers travaux universitaires par des scientifiques (isolés)

Hans Conrad Escher, Henry Darcy, Adhémar Barré de Saint-Venant, Joseph Boussinesq



M. BOUSSINESQ.

Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

XX^e siècle : l'âge d'or

- 1898 : création du 1^{er} laboratoire d'hydraulique à Dresde
- 1928 : création du laboratoire d'hydraulique à Lausanne (Stucky) et en 1929 du VAW à l'ETHZ
- Grands travaux : construction des grands barrages, électrification, aménagement des cours d'eau
- Âge d'or des grands bureau : Suisse (Stucky, Bonnard & Gardel, Elektrowatt, etc.) et France (Coyne & Bélier, Sogreah)
- Années 1960 : développement des premiers codes numériques

Alfred Stucky, Eugen Meyer-Peter, Daniel Bonnard, Alexandre Preissmann



Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

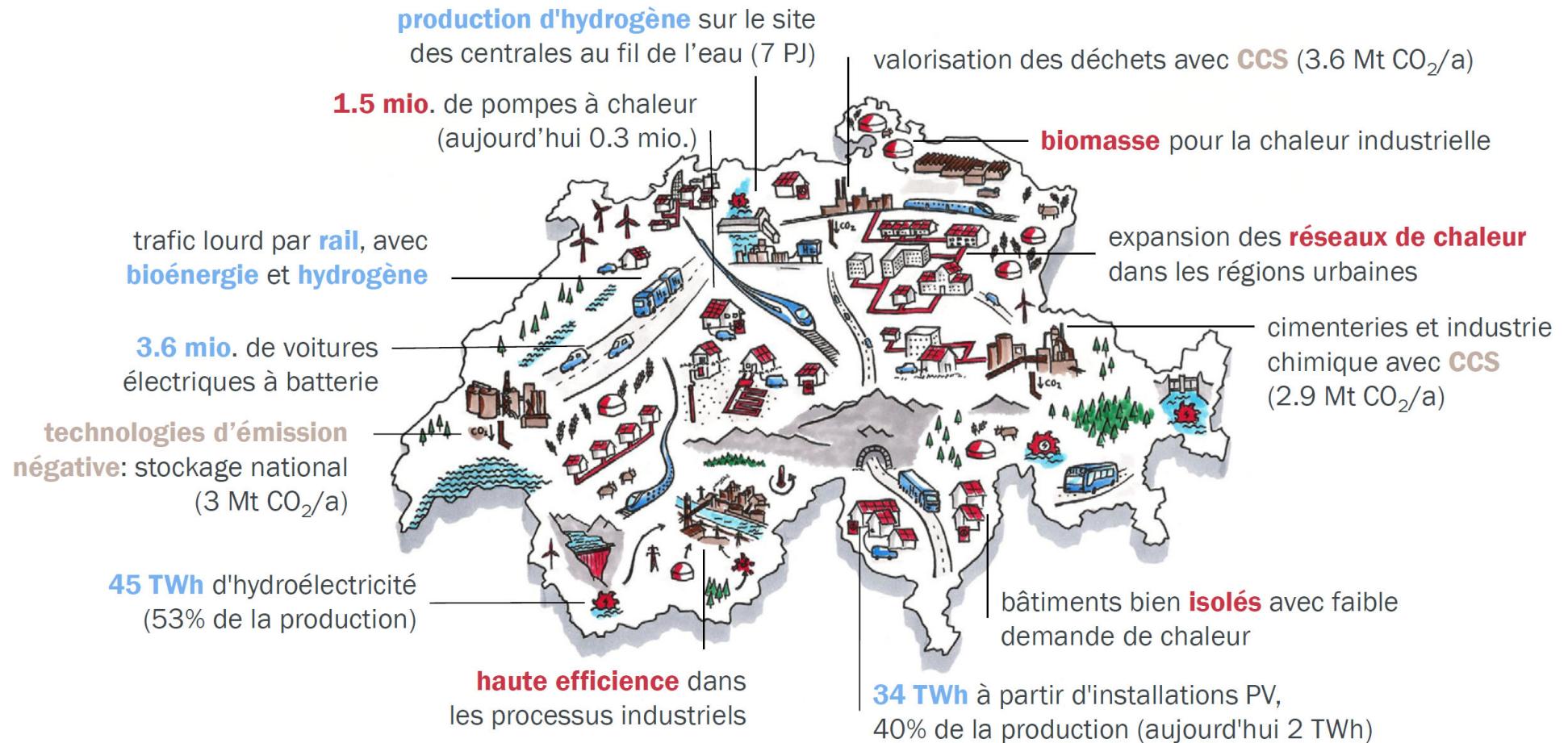
Fin XX^e s. : le temps des doutes et les grands bouleversements

- Fin 1980 : financiarisation croissance de l'économie, retrait des banques
- 1987 : Acte unique européen → libéralisation du marché de l'électricité
- Raréfaction des grands projets (Émosson, Muttsee, Serra dans la décennie 2010) en Europe
- 1991 : loi fédérale de protection des eaux (LEaux) → renaturation des cours d'eau
- Années 1990 : fermeture de plusieurs laboratoires d'hydraulique universitaires
- Années 1990 : crise et restructuration du marché européen, développement rapide dans les pays émergents (Brésil, Inde, et Chine) et en Afrique



Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

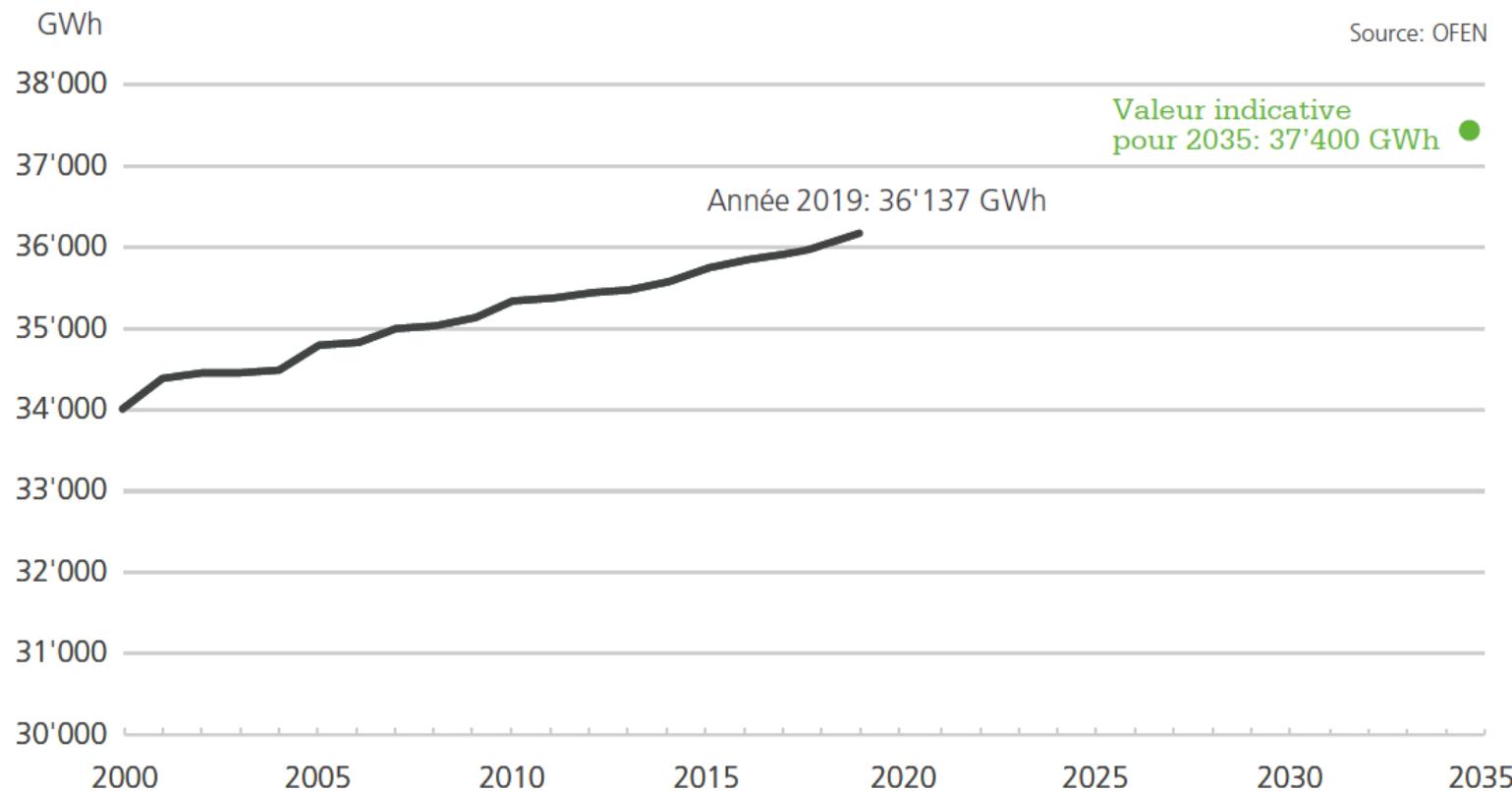
Paysage énergétique à l'horizon 2050 en Suisse



Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

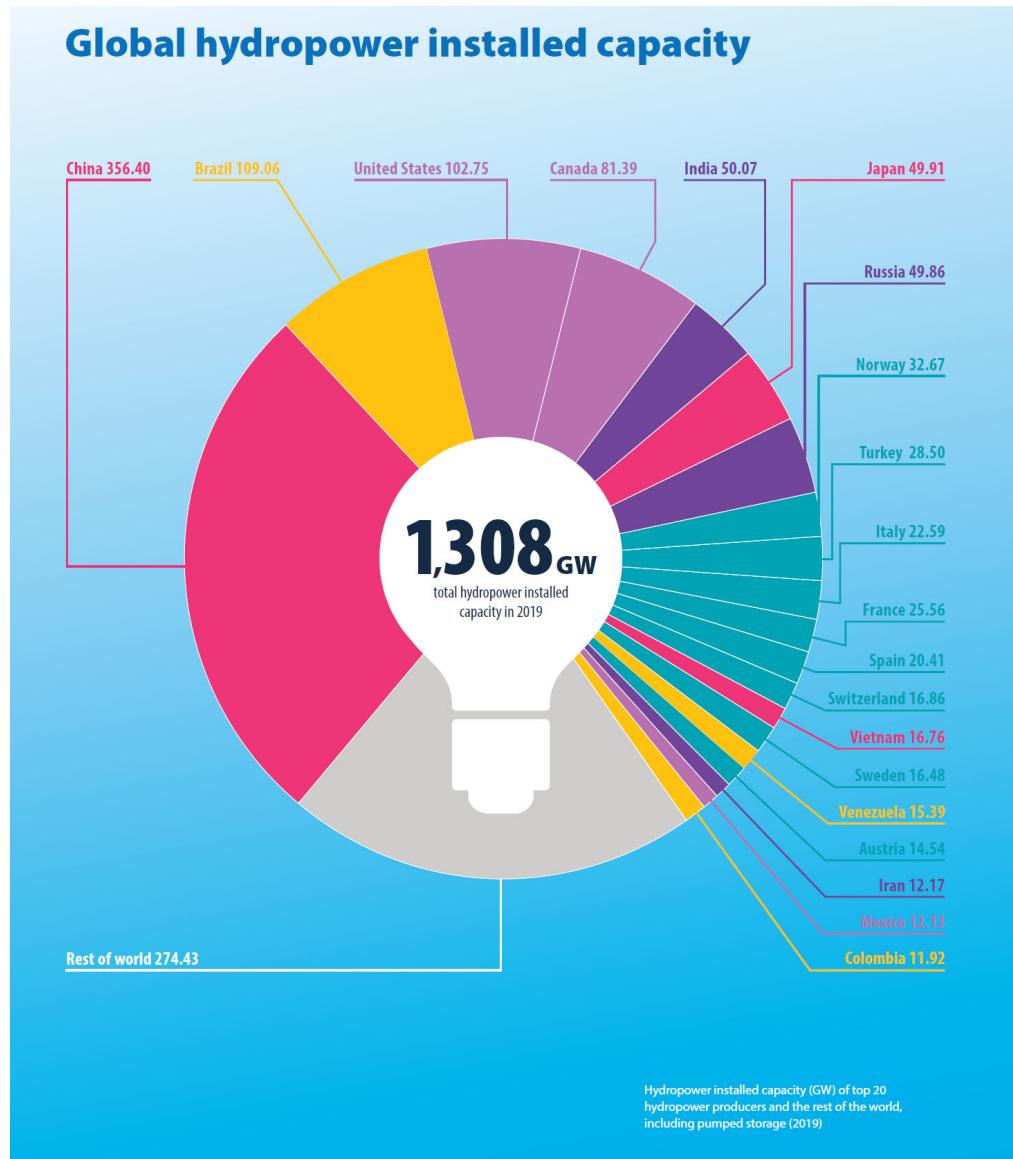
Production hydroélectrique en Suisse

PRODUCTION HYDROÉLECTRIQUE



Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

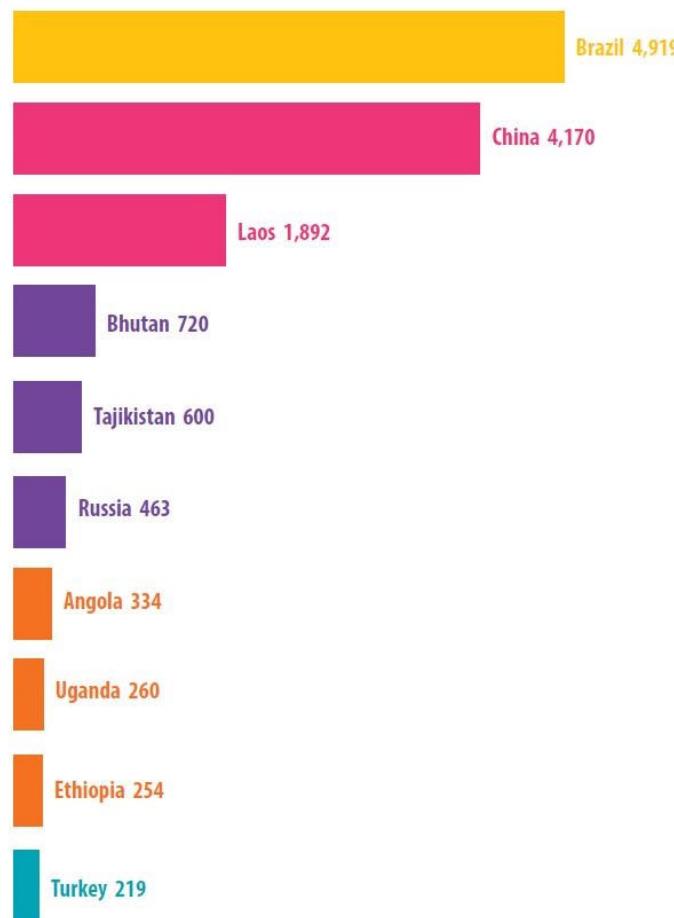
Production hydroélectrique dans le monde en 2019



Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

Capacité hydroélectrique créée dans le monde en 2019

Top 10 countries by new
installed capacity (MW)



Projects completed
in 2019 (MW)



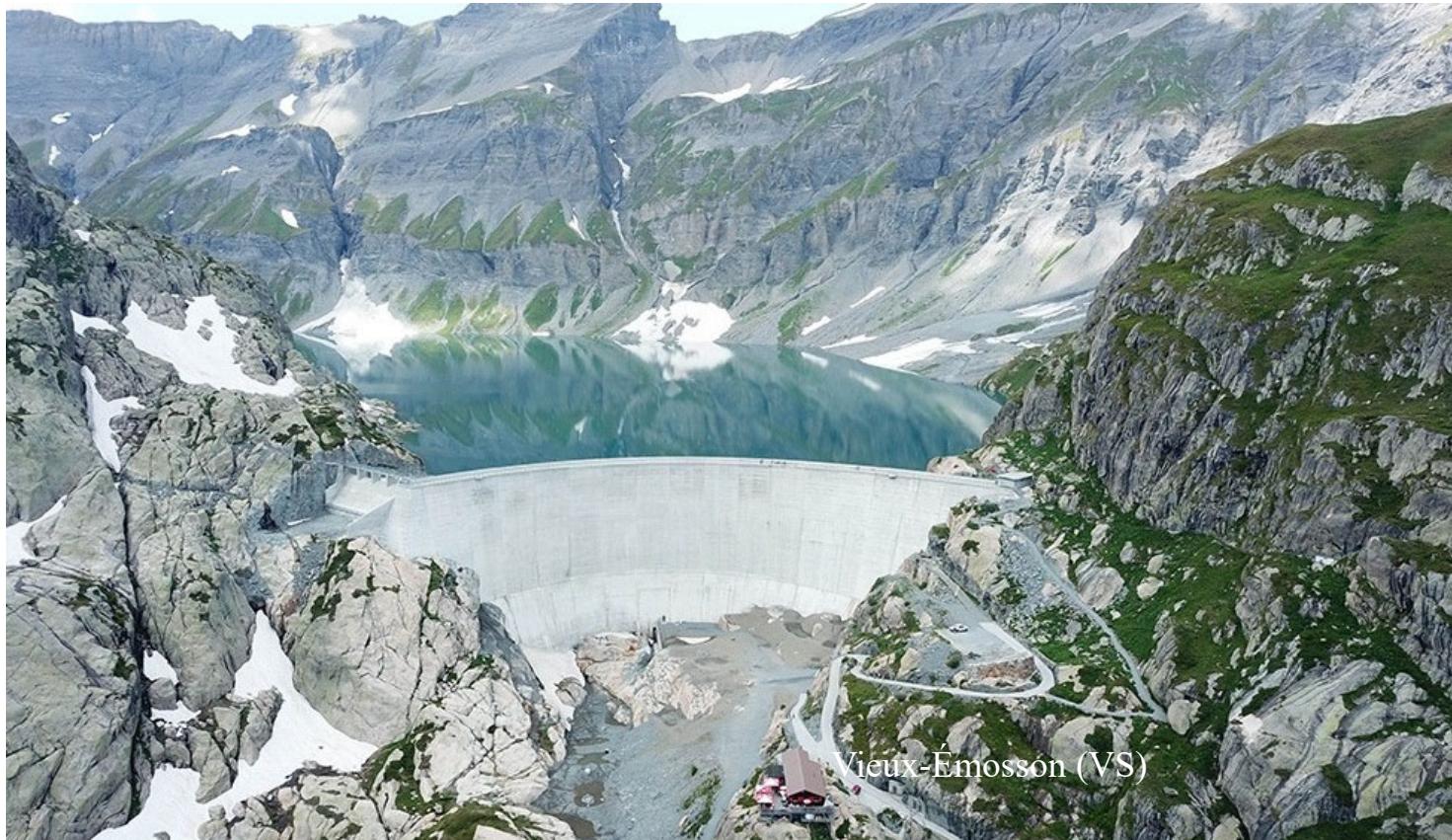
Hydraulique d'hier et d'aujourd'hui

- LEaux (1991) : 4000 km de cours à renaturaliser (10 % fait)
- 800 STEP, 40 000 km de conduite (40-50 millions Fr. travaux annuels)
- Protection contre les crues (3 milliards pour la 3^{ème} correction du Rhône)



L'hydraulique du XXI^e siècle

- L'hydraulique : pilier des sociétés modernes
- En dépit d'une concurrence mondiale, dynamisme des compagnies européennes (Suisse : Stucky, BG, Afry, Lombardi, Alpiq, BKW, KWO, Pöyry, etc.)
- Marché colossal de la maintenance, de l'optimisation, et des grands chantiers
- Ingénieur-hydraulien comme archétype de l'esprit polytechnicien



Augmenting the power of blood
tests for cancer p. 368

Invasive ants lead to shift
in lion prey pp. 370 & 433

Engineered enzymes for
siloxane degradation p. 438

Science

\$15
26 JANUARY 2024
science.org



PUMP IT UP

Pushing water uphill to store green energy p. 358



<https://www.science.org/content/article/how-giant-water-batteries-could-make-green-power-reliable>

L'hydraulique : la nouvelle donne

Changement de paradigme : la rivière comme système complexe et non seulement comme un corridor d'eau aménagé (irrigation, hydroélectricité, transport fluvial)

- Contexte réglementaire (LEaux, Directive-cadre sur l'eau) : biodiversité, renaturalisation, gestion des sédiments
- Lutte contre les inondations et le crues dans un climat changeant, protection des bords de mer
- Changement du climat : pergélisol (sédiment), glacier, précipitation, cycle de l'eau, ressources en eau



Plan du cours

- Chapitre 1 : propriétés des fluides
- Chapitre 2 : similitude
- Chapitre 3 : pression
- Chapitre 4 : équations de bilan
- Chapitre 5 : hydraulique à surface libre
- Chapitre 6 : fluide newtonien
- Chapitre 7 : écoulements en charge

Chapitre 1 : propriétés des fluides



Chapitre 2 : similitude

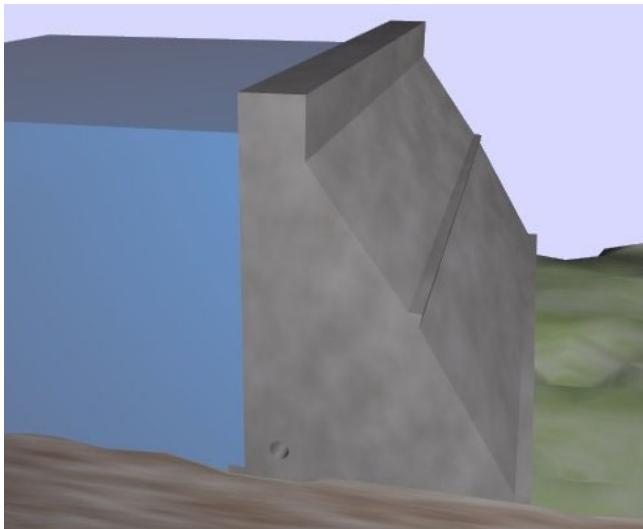
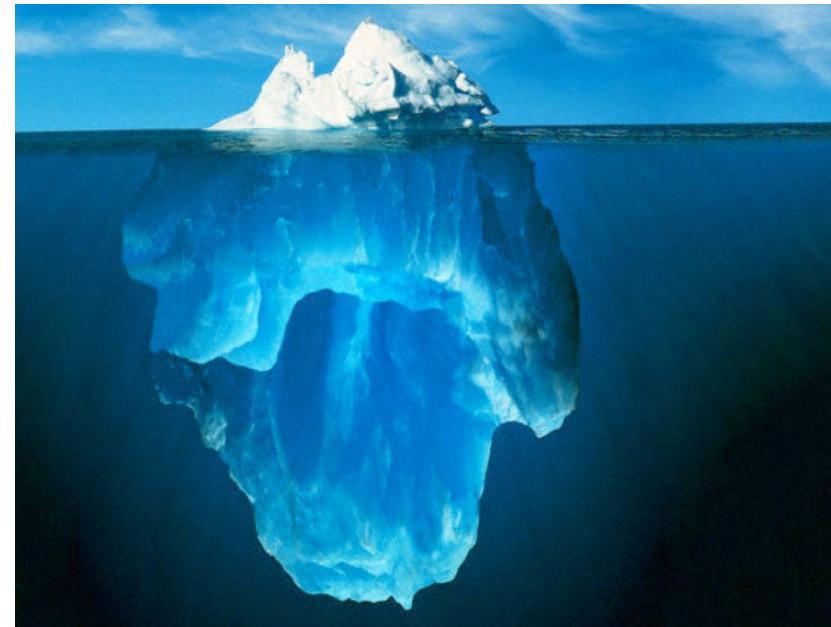


Simuler des écoulements en laboratoire (torrent du Prêcheur, Sogreah)

Chapitre 3 : statique des fluides



Barrage de l'Hongrin

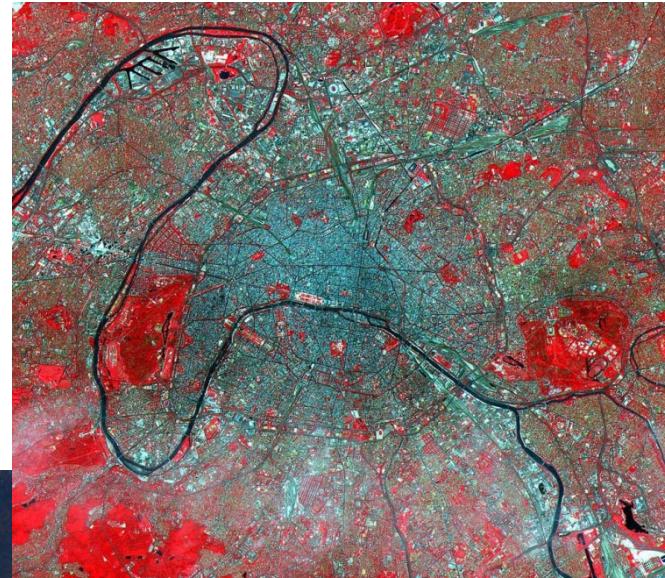


Force sur les corps immergés, pression

Chapitre 4 : équations de bilan



Chapitre 5 : hydraulique



Écoulements dans les rivières et les canaux



Chapitre 6 : fluides newtoniens, régime laminaire/turbulent



Instabilité KH

Chapitre 7 : écoulement en charge



Approfondir

- Cours
 - Gestion des risques et aménagement (master) : stratégie de protection, hydrologie statistique, prédétermination des crues
 - Ondes de rupture et crue : méthodes numériques, crues, vagues, ruptures de barrage

A quoi cela sert ?

- Mécanique des fluides partout pour l'ingénierie :
 - Hydraulique
 - Énergie (production, transport)
 - Environnement (ressources, pollution, météo, etc.)
 - Électronique (cristaux liquides, jet d'encre)
 - Biologie (corps humain)
 - Structures complexes (fluage, glissement de terrain)

Et dans ma formation ?

- Développement d'un esprit analytique (poser le problème, développer une solution, résoudre le problème et le discuter)
- Bases d'une démarche scientifique (mélange de maths, de physique, de bon sens)
- Culture indispensable de l'ingénieur
- Pas beaucoup d'autres occasions à l'EPFL...
- Un marché du travail instable