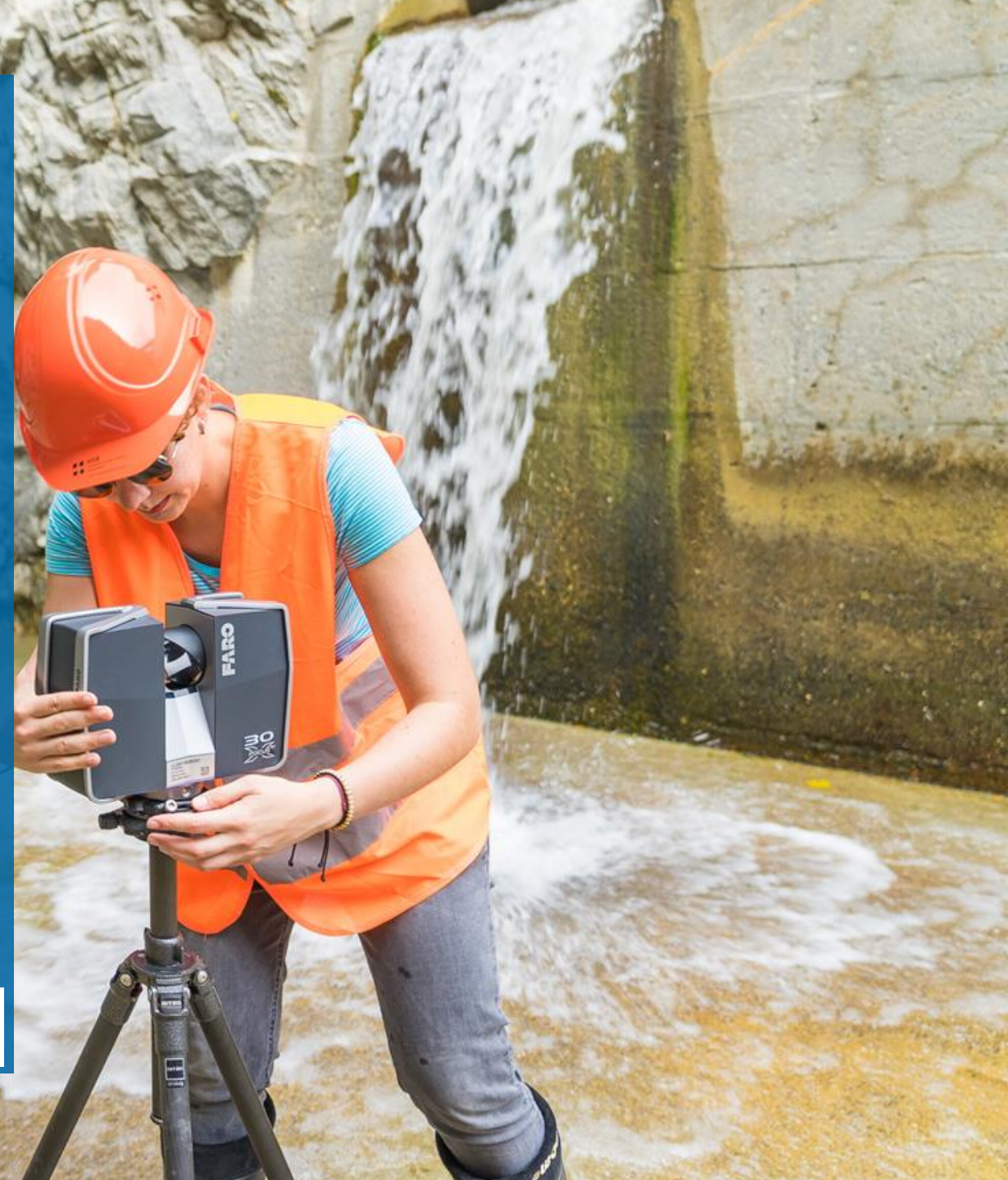


Haute école technique de Rapperswil  
Hochschule für Technik Rapperswil (HSR)

# GRAVIÈRE MASSA

Examen de l'exclusion de l'assujettissement

Andrea-Kristin Bachmann  
Berne, le 14 mars 2018



# Sommaire

- **Mandat**
- **Etat des lieux**
- **Méthodologie**
- **Relevés sur le terrain**
- **Modélisations**
- **Résultats**
- **Résumé**

## ■ Mandat:

- Relevés 3D des gorges de la Massa, dans la partie située en aval de l'ouvrage de rétention des sédiments de la gravière Massa
- Modélisation stationnaire 1D HEC-RAS réalisée par l'*Institut für Bau und Umwelt (IBU)* afin d'estimer la capacité de débit des gorges de la Massa dans la partie située en aval de l'ouvrage de rétention des sédiments de la gravière Massa

## ■ Travaux d'étudiant et projets de recherche complémentaires:

- Des relevés par balayage laser ont permis la réalisation d'un modèle 3D qui a servi de base à deux travaux d'étudiant (essais stationnaires / essais instationnaires, essais avec du charriage)
- L'*Institut für Bau und Umwelt (IBU)* et l'*Institut für Energietechnik (IET)* ont réalisé des calculs de rupture de l'ouvrage en utilisant le simulateur ANSYS (calcul en situation instationnaire)
- Comparaison des résultats des travaux d'étudiant et des calculs de l'IET



# Etat des lieux





## ■ Relevé des données de base sur le terrain

- Scanner laser 3D: enregistrement d'un nuage de points dans la gorge

## ■ Réalisation d'un modèle numérique de surface

- Triangulation des nuages de points



# Méthodologie

- **Modélisations numériques 1D & 3D**
- **Modélisation hydraulique sous forme de modèle 1:50**
  - Impression du tronçon de la gorge avec une imprimante 3D



## Gelände-Mapping und 3D-Scanning der Massaschlucht im Wallis

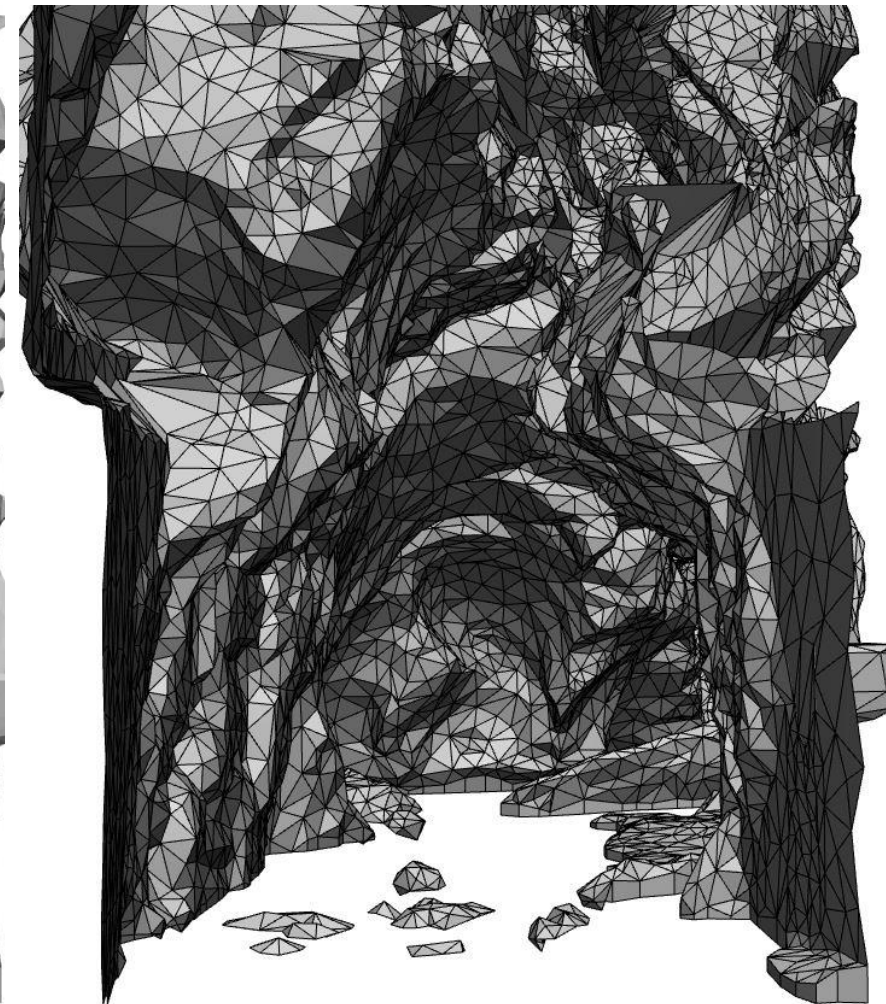


# Relevés sur le terrain

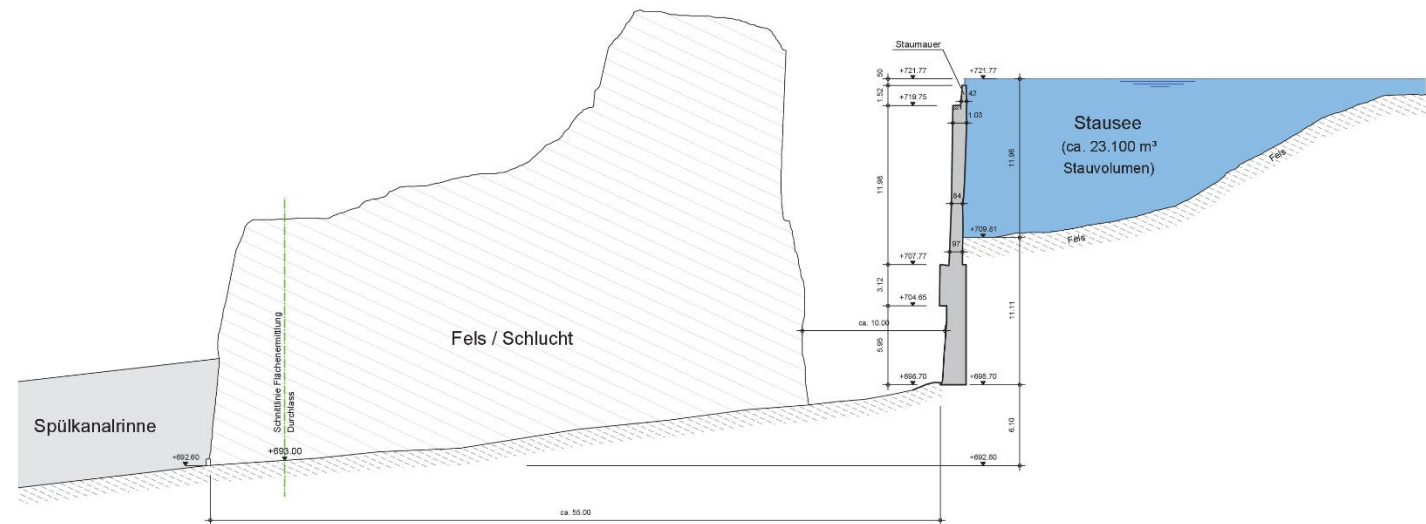




# Relevés sur le terrain



- Rupture de l'ouvrage sans détachement d'éléments de roche
- Calcul du débit de brèche au moyen du procédé CTGREF
  - Rectangle 1:  $Q_b \approx 800 \text{ m}^3/\text{s}$ , situation comparable aux essais de modélisation hydraulique et à la modélisation 3D avec ANSYS
  - Rectangle 2:  $Q_b \approx 1150 \text{ m}^3/\text{s}$ , situation 2 pour la modélisation avec ANSYS, largeur du rectangle (multipliée par 1,5).
  - Trapèze  $Q_b \approx 1000 \text{ m}^3/\text{s}$

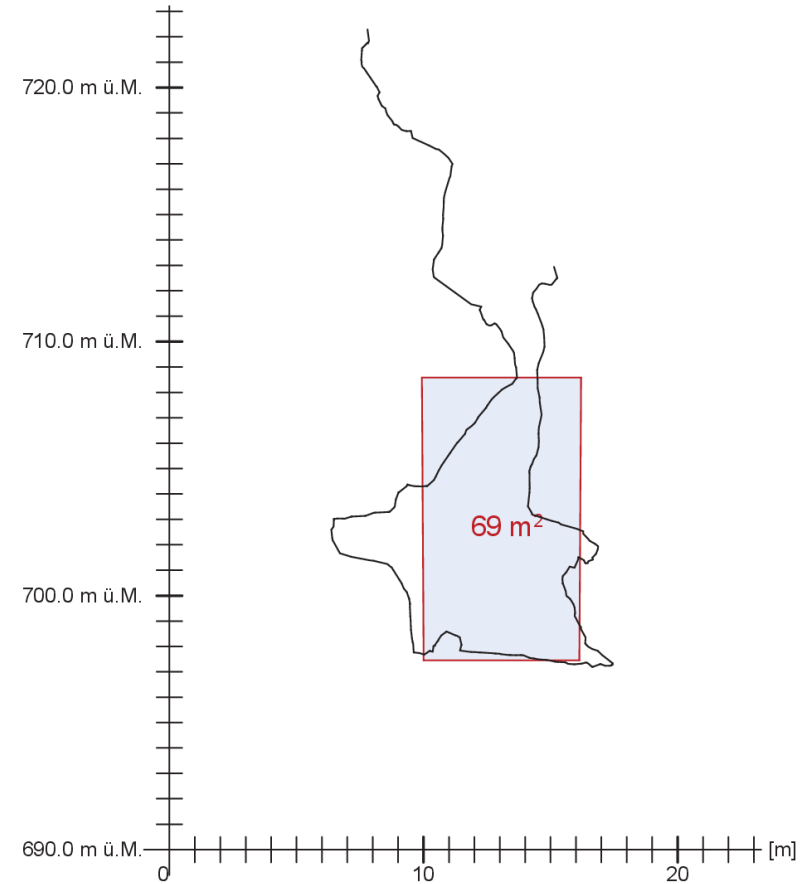
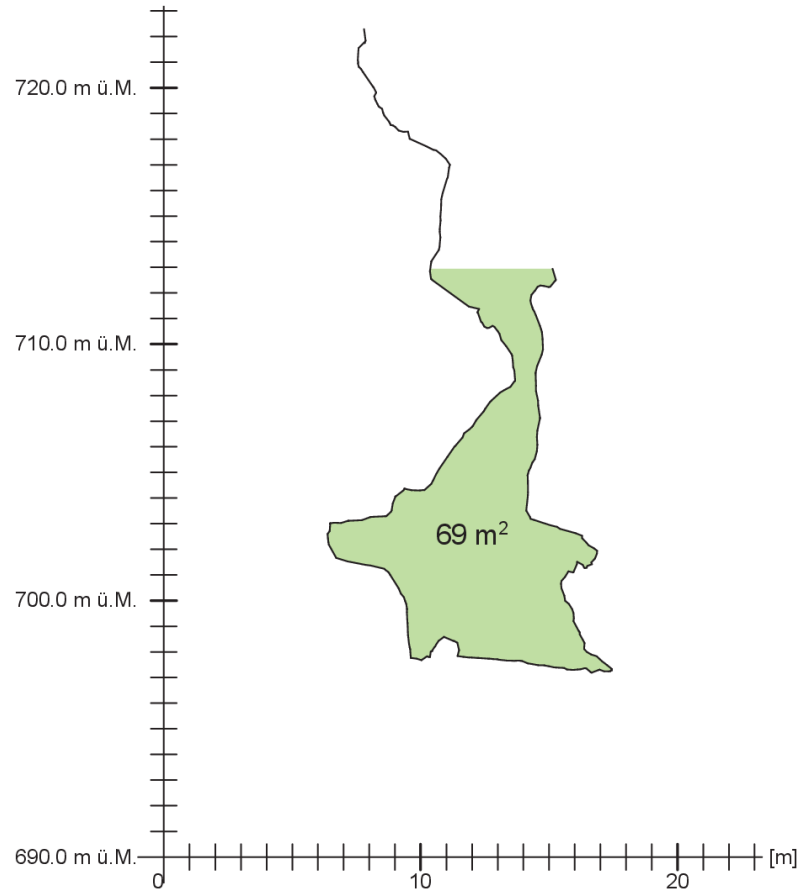




## ■ Modélisation numérique 1D avec HEC-RAS

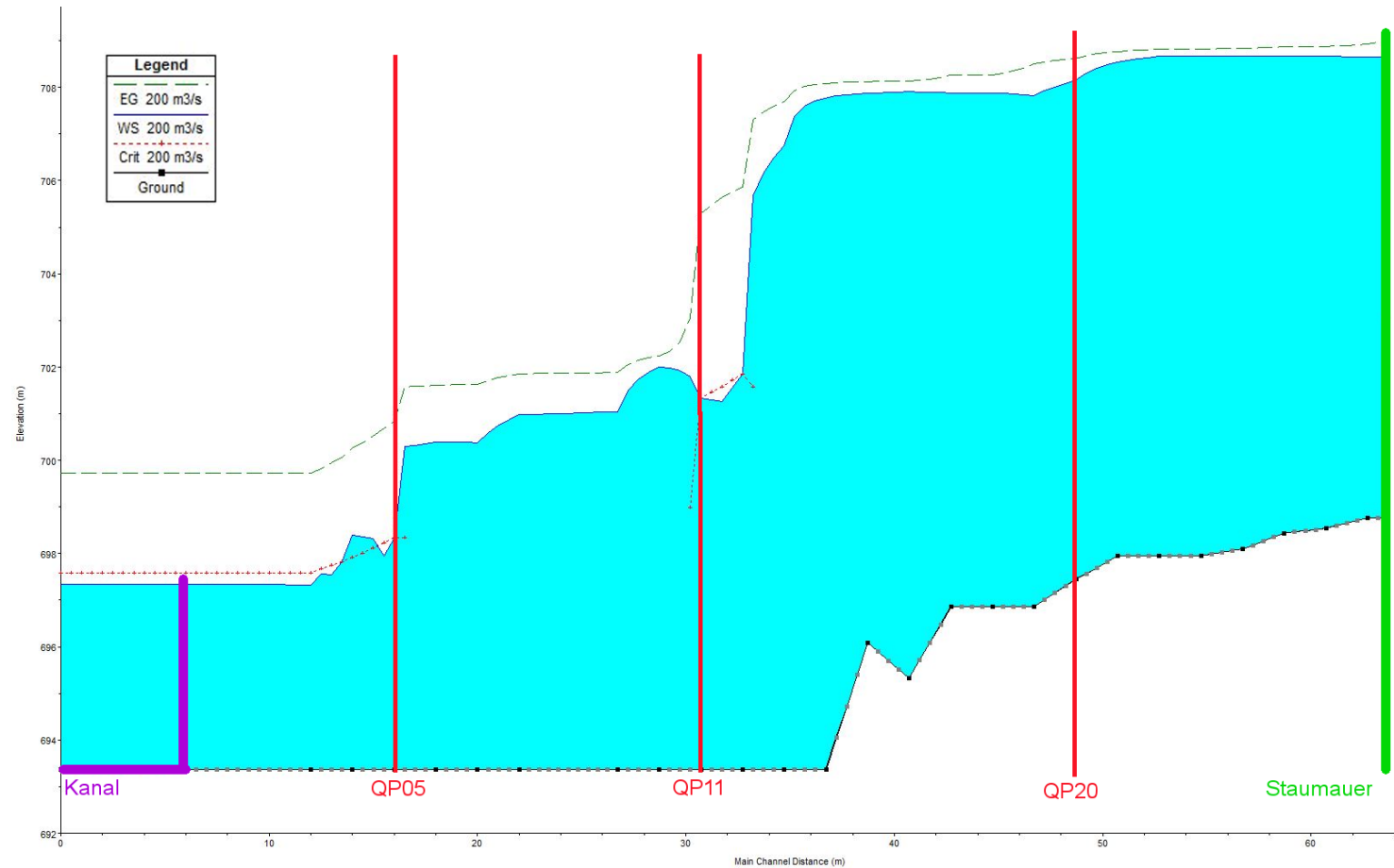
- Géométrie avec 28 profils transversaux du tronçon de la gorge
- Identification des sections limitantes, des passages étroits dans la gorge
- Hypothèse: un rétrécissement important de la partie supérieure de la gorge provoque un écoulement sous pression
- Définition du débit stationnaire auquel l'écoulement en surface libre se transforme en écoulement sous pression

## ■ Simplification des profils transversaux

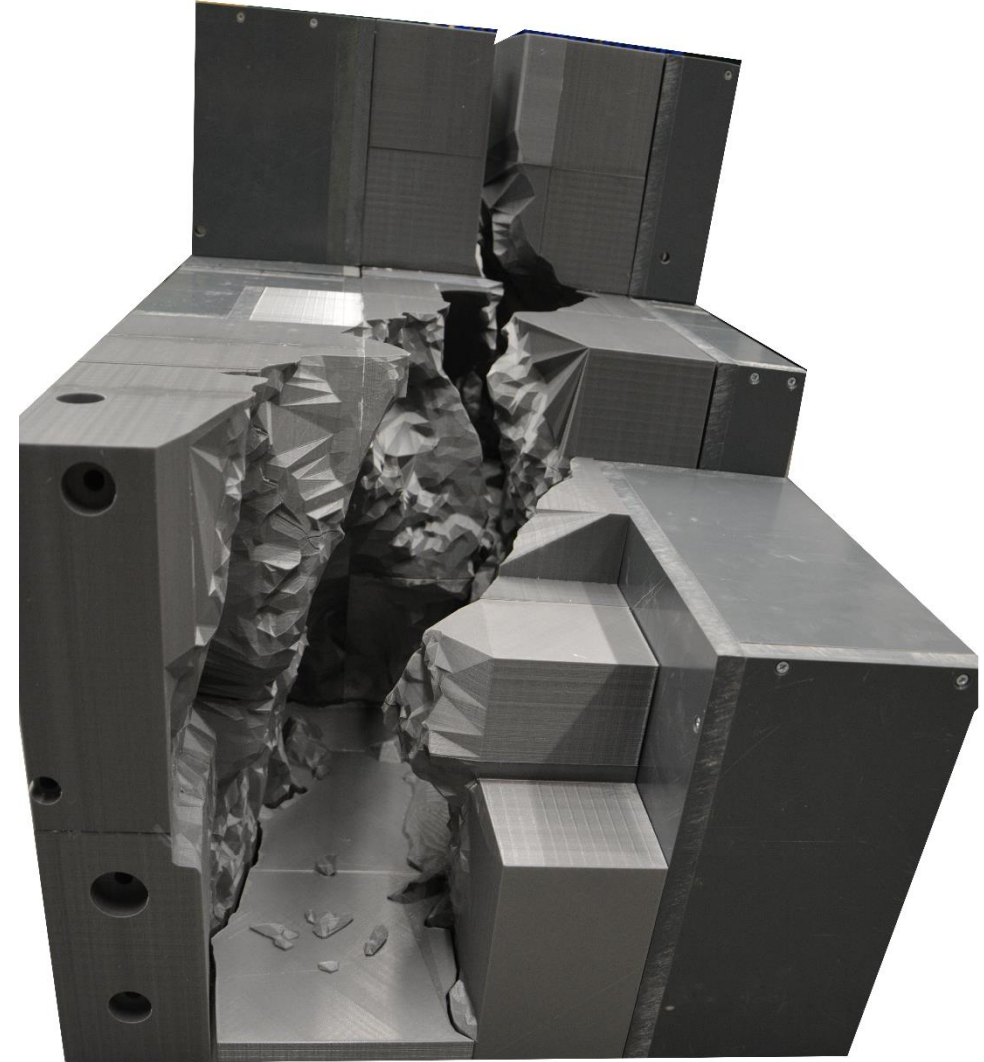




## ■ Coupe longitudinale avec un débit de 200 m<sup>3</sup>/s (HEC-RAS)



- **Modélisation hydraulique dans le laboratoire pour constructions hydrauliques de la haute école technique de Rapperswil (HSR)**
- **Modèle à l'échelle 1:50**
- **Loi de similitude de Froude**
- **Modèle 3D composé de 104 éléments**
- **Durée de l'impression: 1200 heures**
- **Matériau d'impression: 21 kg**
- **Simplification du lac, adapté au canal d'essai**
  - Profil longitudinal du rectangle
  - Volume constant





## ■ Travaux d'étudiant

### ■ Essais stationnaires et instationnaires avec de l'eau

- Mesure de débit lors d'essais stationnaires avec un débitmètre inductif
- Mesures ponctuelles de la hauteur d'écoulement et de la vitesse dans le canal lors des essais instationnaires

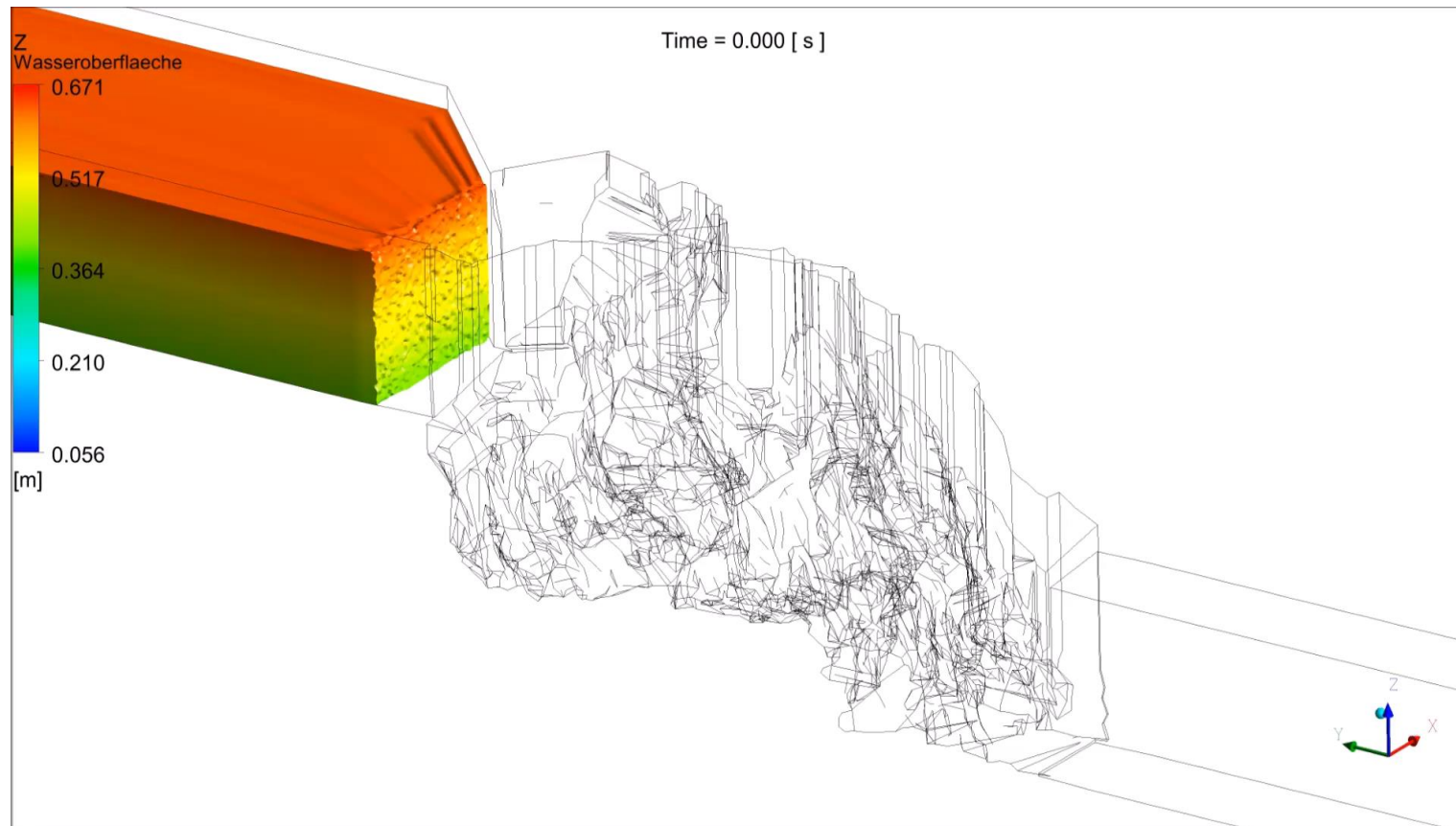
### ■ Essais avec du charriage

- Mise à l'échelle du charriage
- Remplissage du bassin de retenue avec du charriage
  - Mesure des débits et des effets sur la hauteur d'écoulement

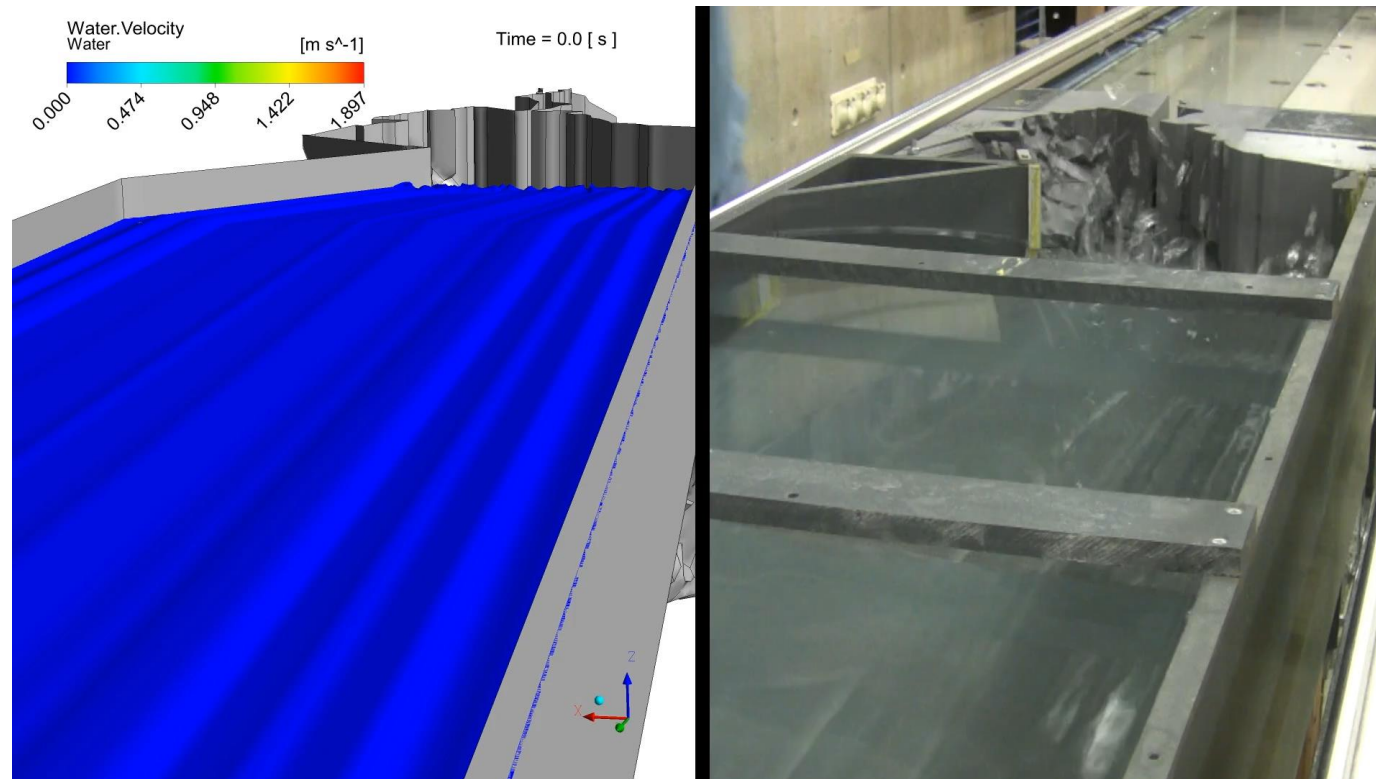
- **Modélisation numérique 3D avec ANSYS**
- **Projet de recherche HSR des instituts *Bau und Umwelt* (IBU) et *Energietechnik* (IET)**
- **Deux scénarios de rupture:**
  - Rupture de l'ouvrage de manière analogue aux essais hydrauliques (coupe transversale rectangulaire)
  - Rupture d'un ouvrage plus large (coupe transversale rectangulaire d'une largeur 1,5 fois plus importante)
- **Simplification du lac de manière analogue aux essais hydrauliques**



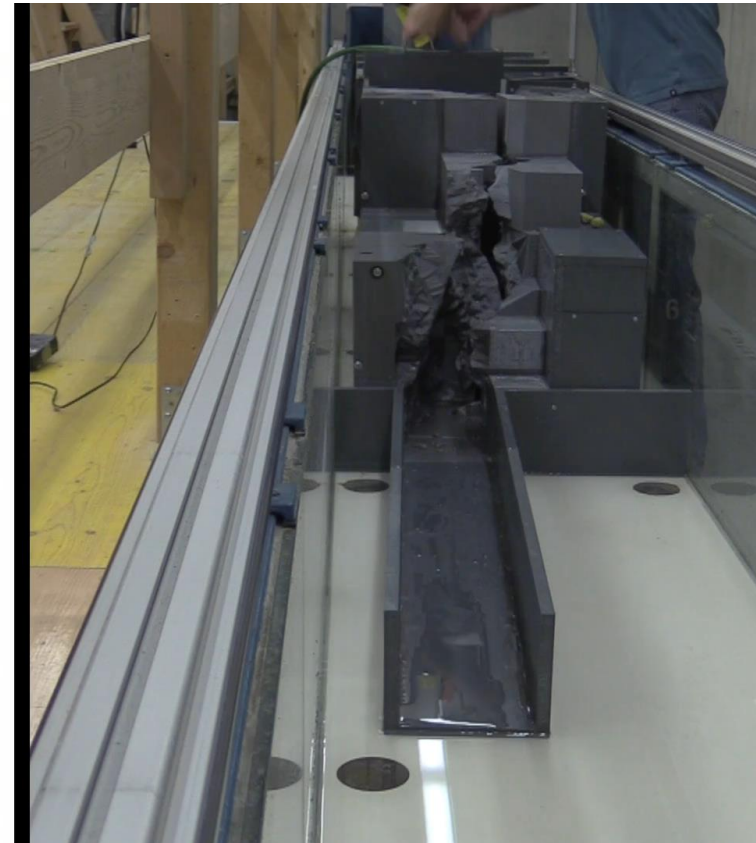
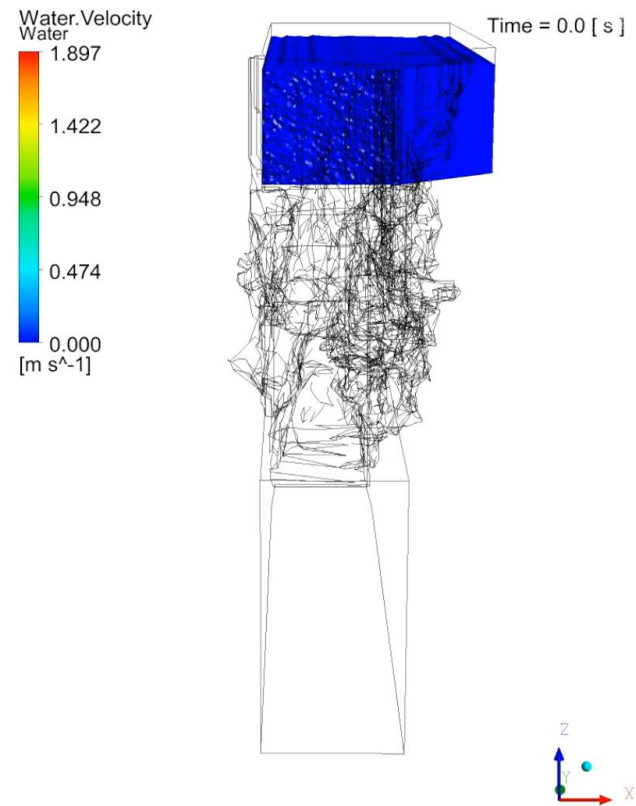
## ■ Modélisation numérique 3D avec ANSYS



## ■ Comparaison entre modélisation numérique et modélisation hydraulique



## ■ Comparaison entre modélisation numérique et modélisation hydraulique





# Résultats

Calcul	Méthode	Débit barrage [m³/s]	Débit canal [m³/s]	Temps nécessaire
CTGREF	Coupe transversale rectangulaire	800	-	-
CTGREF	Rectangle élargi	1'150	-	-
CTGREF	Coupe trapézoïdale	1'000	-	-
HEC-RAS	Modélisation 1D, stationnaire	-	250	2 - 3 jours de travail
Ansys	Modélisation 3D, instationnaire, rectangle	660	275	2 - 3 semaines
Ansys	Modélisation 3D, instationnaire, rectangle élargi	800	285	2 - 3 semaines
Essais hydrauliques	Impression 3D des gorges, travail d'étudiant	-	340	Impression: 50 jours Assemblage et essais: 5 jours de travail



- **La structure complexe des gorges de la Massa est saisie numériquement**
- **Le modèle numérique de surface constitue la base:**
  - des modélisations numériques
  - des modélisations hydrauliques
- **Les résultats se situent dans le même ordre de grandeur**
- **La gorge contribue à réduire fortement le débit**
- **Le temps nécessaire est très variable**

# Questions

