

Dimensionnement d'évacuateur de barrages ou de prises de STEP

25/01/2023

Apports de la modélisation numérique

Olivier.bertrand@arteliagroup.com

Julien, Thibault, Mehdi-Pierre...


ARTELIA

Sommaire

1. Les outils numériques
2. Complémentarité avec la modélisation physique
3. L'analyse des ouvrages
4. La complexité des mélanges air-eau
5. Conclusion

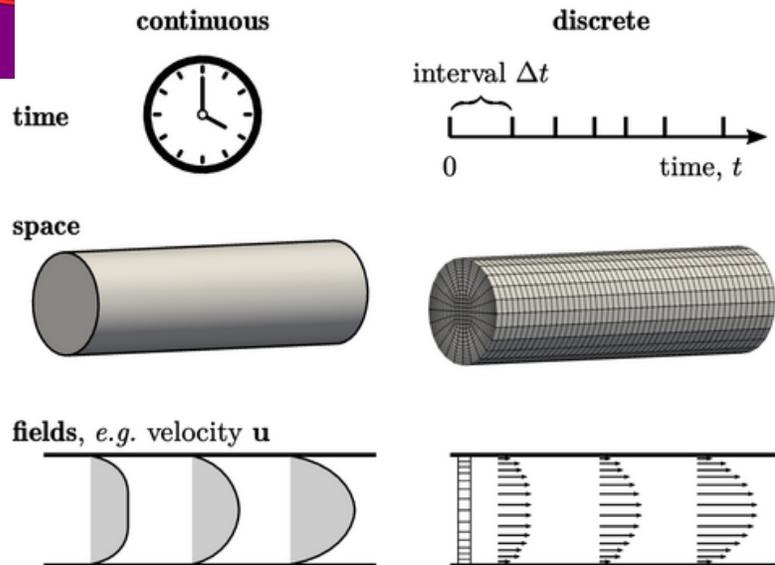
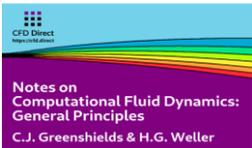


Les outils numériques

Un large panel d'approches...

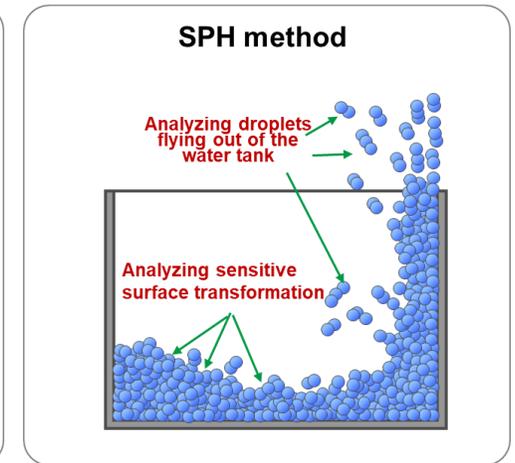
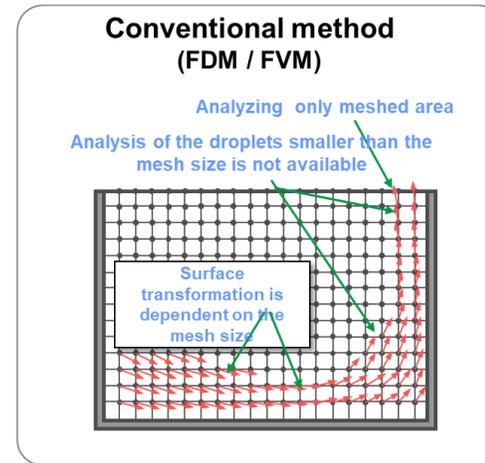
Des outils classiques et reconnus... mais avec leurs particularités
Commerciaux ou libres
Maillages structurés ou non
Traitement de la surface libre
Traitement de la turbulence

Des outils moins conventionnels qui émergent...
Smoothed Particle Hydrodynamics method
Moving Particle Semi-implicit method
Lattice Boltzmann method



equations, e.g. momentum

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{u}\mathbf{u}) - \nabla \cdot (\nu \nabla \mathbf{u}) = -\nabla p \quad \begin{bmatrix} * & * & * \\ * & * & * \\ * & * & * \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * \\ * \end{bmatrix}$$



Après plusieurs tests : Aquilon, Code_saturne, TrioCFD, Spartacus...
OpenFOAM depuis 2009
Dualsphysics depuis 2019

L'analyse des ouvrages

Les évacuateurs 1/2

Comparaisons modèle numérique et modèle physique

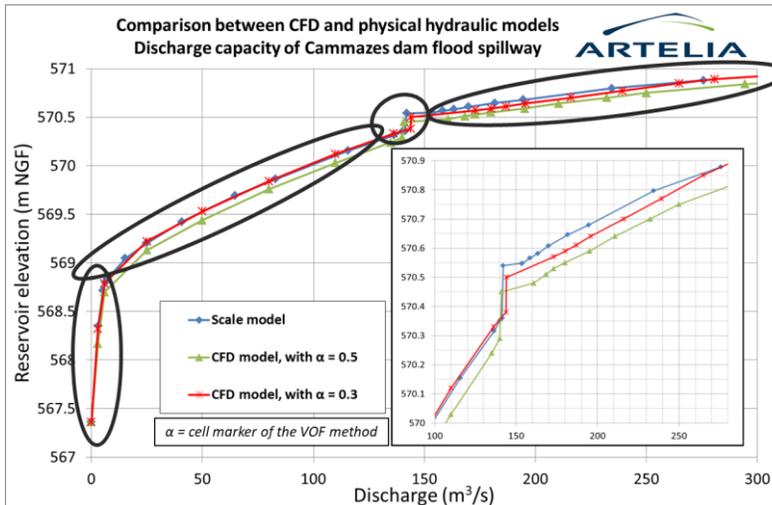
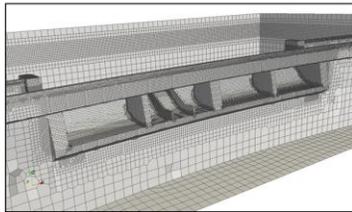
Physical scale model

- Scale factor 1/35
- Spillway + partial dam crest
- Reservoir bathymetry not needed
- Limited downstream chute

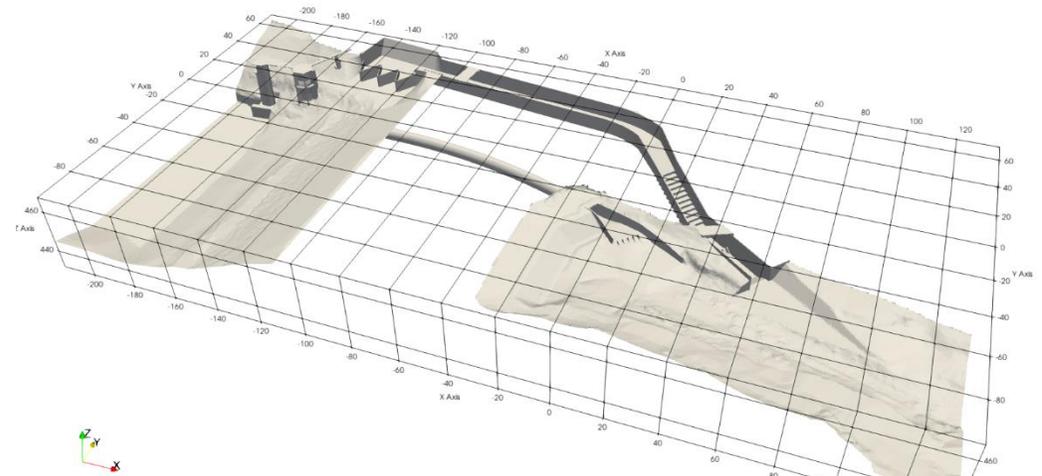
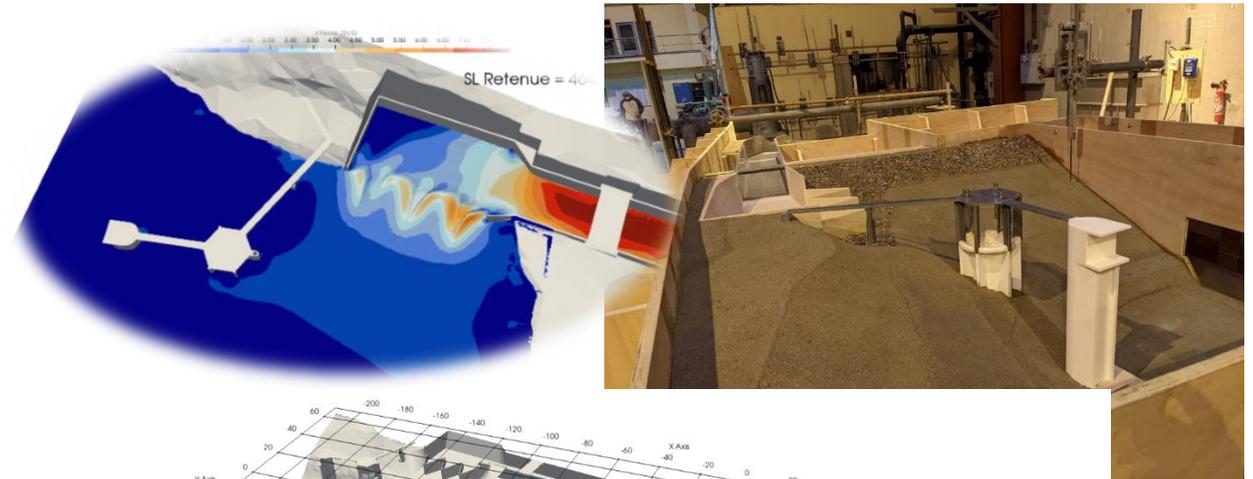


CFD 3D model

- Spillway only + 2D model of the dam crest overspilling
- Reservoir bathymetry not needed
- Limited downstream chute
- Adapted cubic meshing: 2cm on structure to 80cm in reservoir
- Mesh: 2.4 10⁶ cells



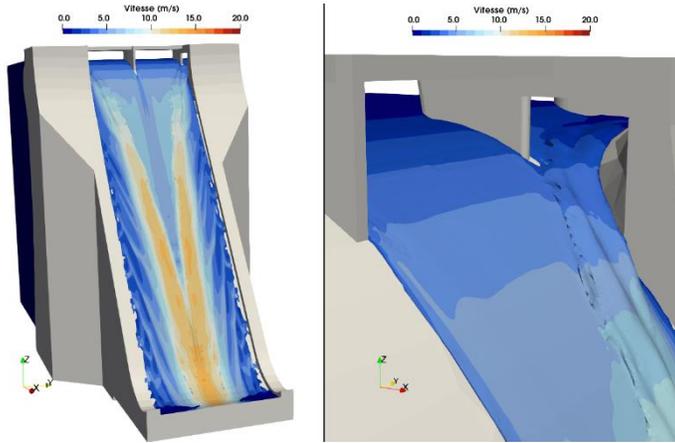
Complémentarité entre modèles numérique et physique



L'analyse des ouvrages

Les évacuateurs 2/2

Comparaison entre modèles numériques

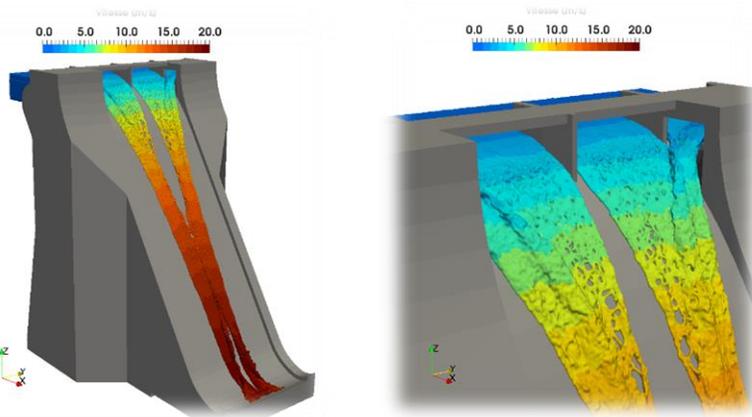


Modèle CFD

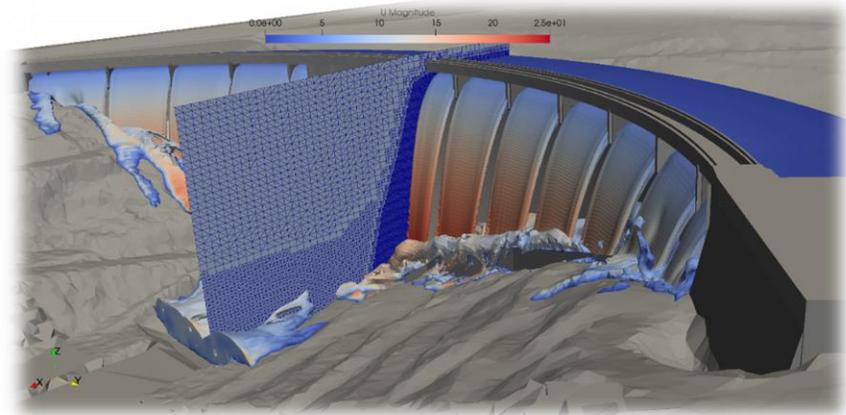
- Computational Fluid Dynamics
- Approche eulérienne
- Equation de transport & quantité de mouvement
- Volume fini
- Maillage structuré ou non

Modèle SPH

- Smoothed particle hydrodynamics
- Approche lagrangienne
- Suivi de particules et interactions
- Grosse puissance de calcul nécessaire



Grande emprise

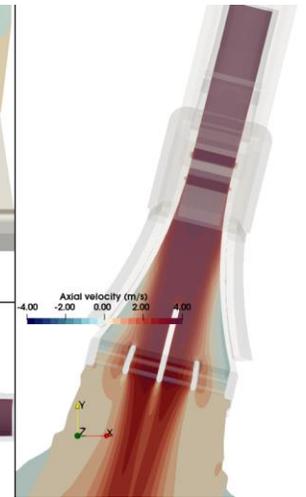
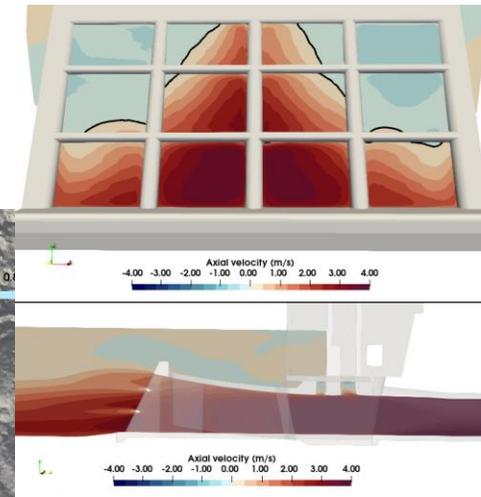


L'analyse des ouvrages

La particularité des STEP

Modèle Hybride

- Définition de la forme initiale par modèle numérique
- Validation du fonctionnement sur modèle physique
- Nécessité de trouver une géométrie fonctionnant dans les 2 sens
- Chasse aux perte de charge
- Problématique d'entraînement d'air (vortex)



La complexités des mélanges air eau

Travaux en cours sur l'entraînement d'air

F	Froude	$U/(gH)^{1/2}$	inertia / gravity (or velocity / wave speed)
Re	Reynolds	UL/ν	inertia / viscous effects
We	Weber	$\rho U^2 L / \sigma$	inertia / surface tension



Développement d'un modèle :

- Importance de la partie fluctuante du champ de vitesses issue de la turbulence
- Large spectre d'échelles d'interface
- Identification et modélisation d'interfaces
- Travail en 2022 sur une validation

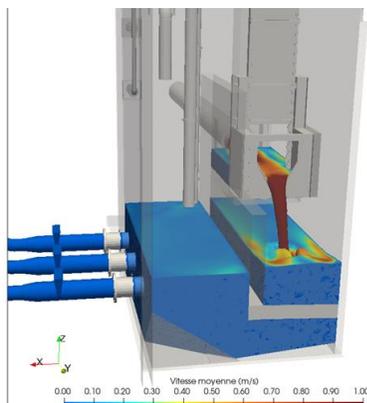
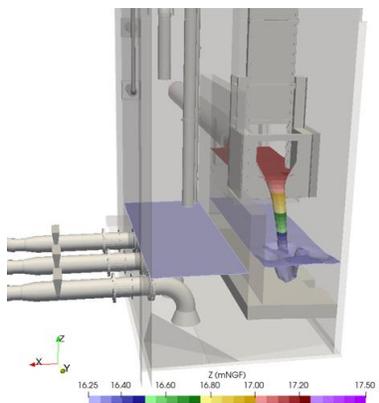
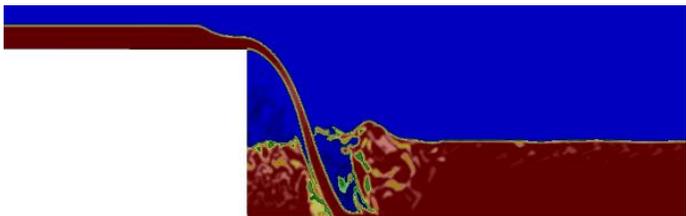
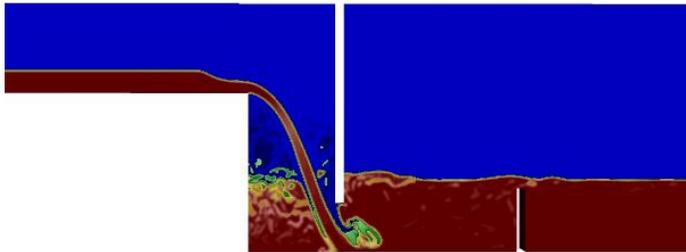
Poursuite des travaux dans le cadre d'une Chaire Hydraulique



Realistic view of a numerical modelling result (Th. OUDART)



23/01/2023 ART



Conclusion

- Le modèle physique reste la référence pour l'étude des ouvrages
- De nombreux modèles numériques sont toujours en cours de développement
- La complémentarité des deux outils est un gain pour l'ingénieur conseil et son client
- Chaque approche a ses avantages et ses inconvénients

