



Utilisation d'OpenFOAM pour des applications d'EMR en génie côtier

Grégory PINON

**d'après des diapos initialement préparées par Paul Tournant
et le travail de plein de collaborateurs**

Journée du GdR EOL-EMR – Paris - France

25 nov. 2021



Laboratoire Onde et Milieux complexe (UMR 6294)

Equipe hydrodynamique marine



LABORATOIRE ONDES
et MILIEUX COMPLEXES

Equipe permanente :

Gregory PINON
Gaële PERRET
Elie RIVOALEN

+ 6 non-permanents

Equipe numérique et expérimentale

Ecoulement à surface libre appliqué au génie côtier

Différentes méthodes numériques utilisées :

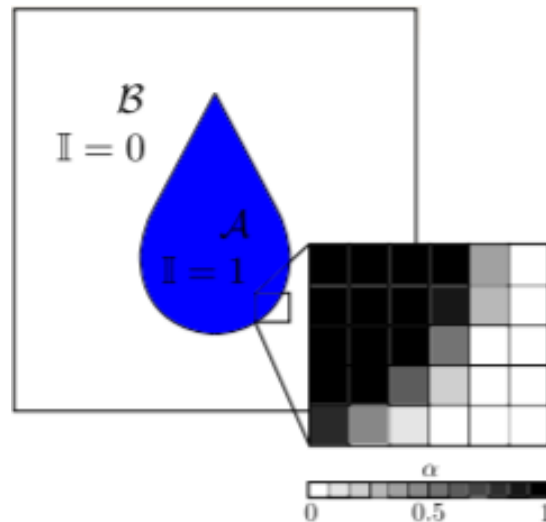
- Code Dorothy
- Yales 2
- OpenFOAM

II. Modèles numériques

III. Projets OpenFOAM

OpenFOAM - Volume fini

- Diphasique
- Non-miscible
- Compressible et incompressible



Solver

Conservation de la masse

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0$$

Conservation du moment

$$\frac{\partial (\rho \mathbf{u})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{u}) - \nabla \cdot [\mu (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)] = -\nabla \left(P + \frac{2}{3} \mu \nabla \cdot \mathbf{u} \right) + \mathbf{S}_U$$

➔ Introduction d'un scalaire α : fraction massique

$$\rho = \alpha \rho_A + \rho_B (1 - \alpha)$$

$$\mu = \alpha \mu_A + \mu_B (1 - \alpha)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} + \nabla \cdot (\alpha \mathbf{u}) + \nabla \cdot [\alpha (1 - \alpha) \mathbf{u}_c] = \alpha (1 - \alpha) \left(\frac{\Psi_B}{\rho_B} - \frac{\Psi_A}{\rho_A} \right) \left(\frac{\partial p}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla p \right)$$

Compression de l'interface

Partie compressible

Modélisation de la houle

On utilise la bibliothèque waveFoam^[1]

Modèles de houle générés

Monochromatique (regular) :

Stokes, Cnoïdal

Polychromatique (irregular):

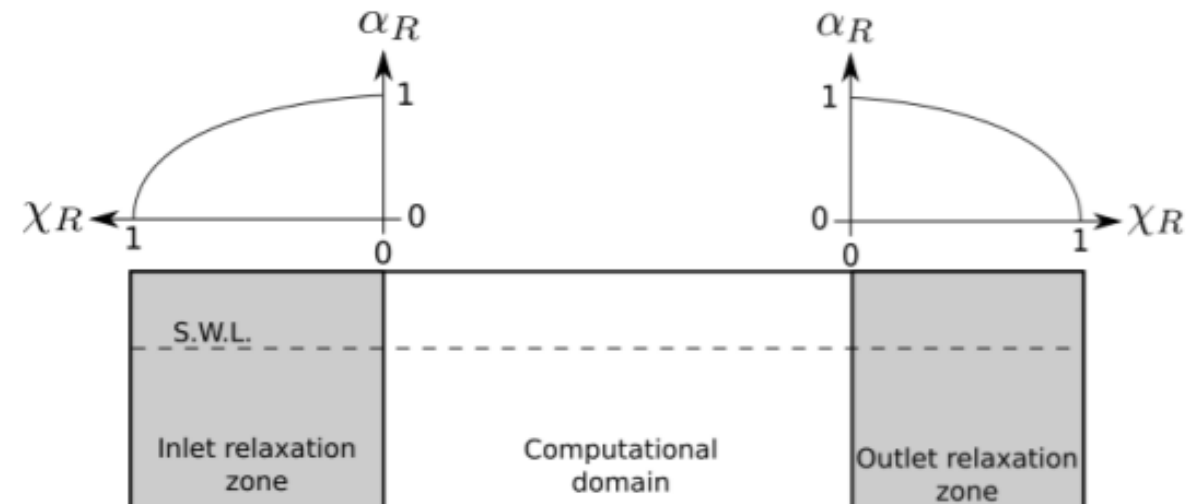
Bretschneider, PM, Jonswap

Modèle de turbulence : $k - \omega$ SST

Génération et absorption de la houle

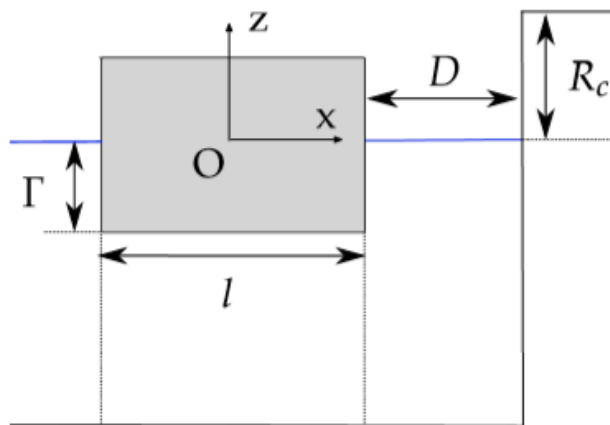
$\phi(\mathbf{x}, t)$: Pression et/ou alpha

$$\phi(\mathbf{x}, t) = \alpha_R(\mathbf{x})\phi_{computed}(\mathbf{x}, t) + (1 - \alpha_R(\mathbf{x}))\phi_{target}(\mathbf{x}, t)$$

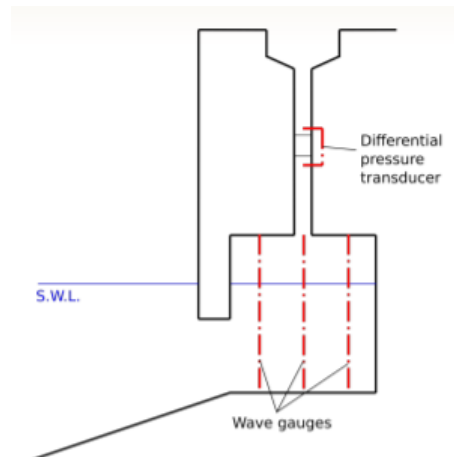


III. Les projets

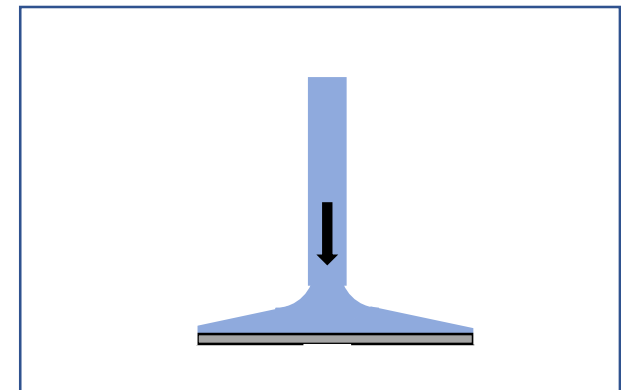
Flotteur devant un mur vertical



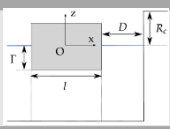
Modélisation d'impact de vague



Impact d'un jet aérodynamique idéalisé



Les modélisations sont réalisées avec le CRIANN  **CRIANN**



1^{ER} PROJET

Flotteur pilonnant sur pieu bord à quai à fonctions de Récupération de l'Énergie des Vagues et Protection de digue (REVAP)

Paul TOURNANT

Début de thèse : 01 Octobre 2019



Digue en caisse Jarlan de Dieppe

Directeur : François MARIN (LOMC)

Co-directeur : Hassan SMAOUI (CEREMA)

Encadrante : Gaële PERRET (LOMC)

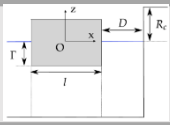
Directeur scientifique : Phillipe SERGENT (CEREMA)



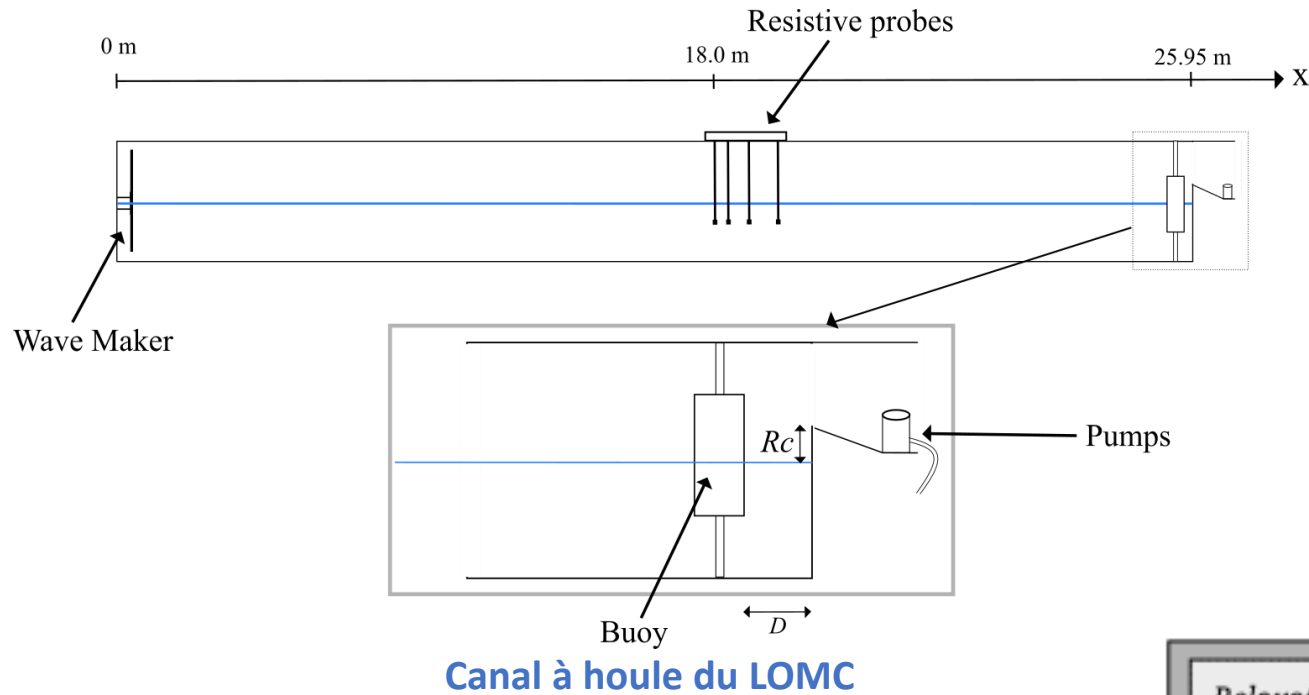
Flotteur à deux fonctions

Récupération d'énergie
➔ Production électrique

Protection de structure
➔ Etude des franchissements/efforts



1^{ER} PROJET

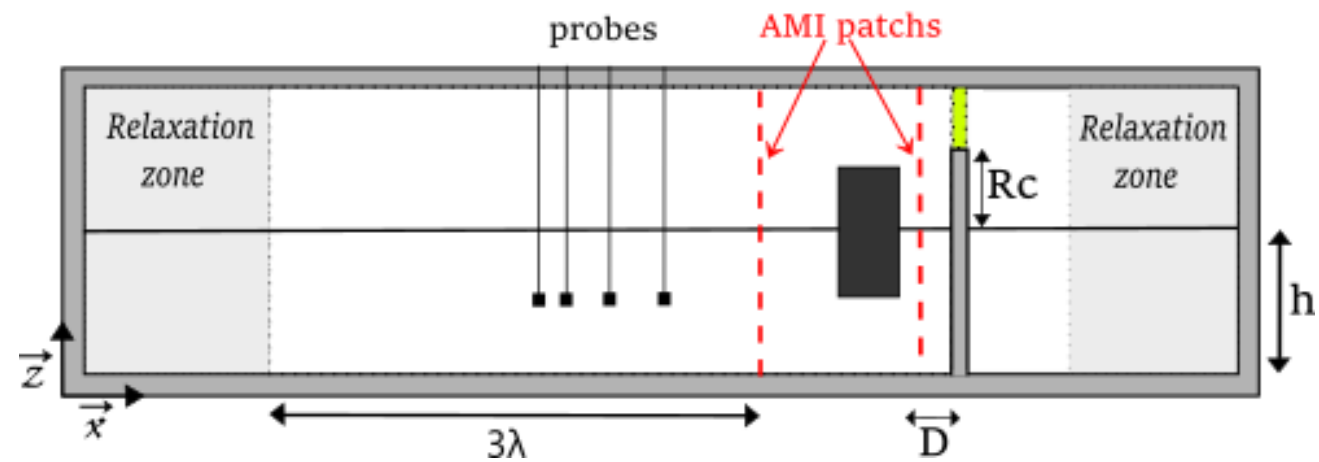


Hypothèse :

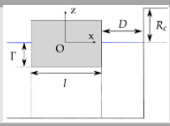
- Incompressible
- CFL = 0.2

Caractéristique du maillage

- Maillage 2D
- 140 000 cellules
- 30s réel -> 50h (8proc)



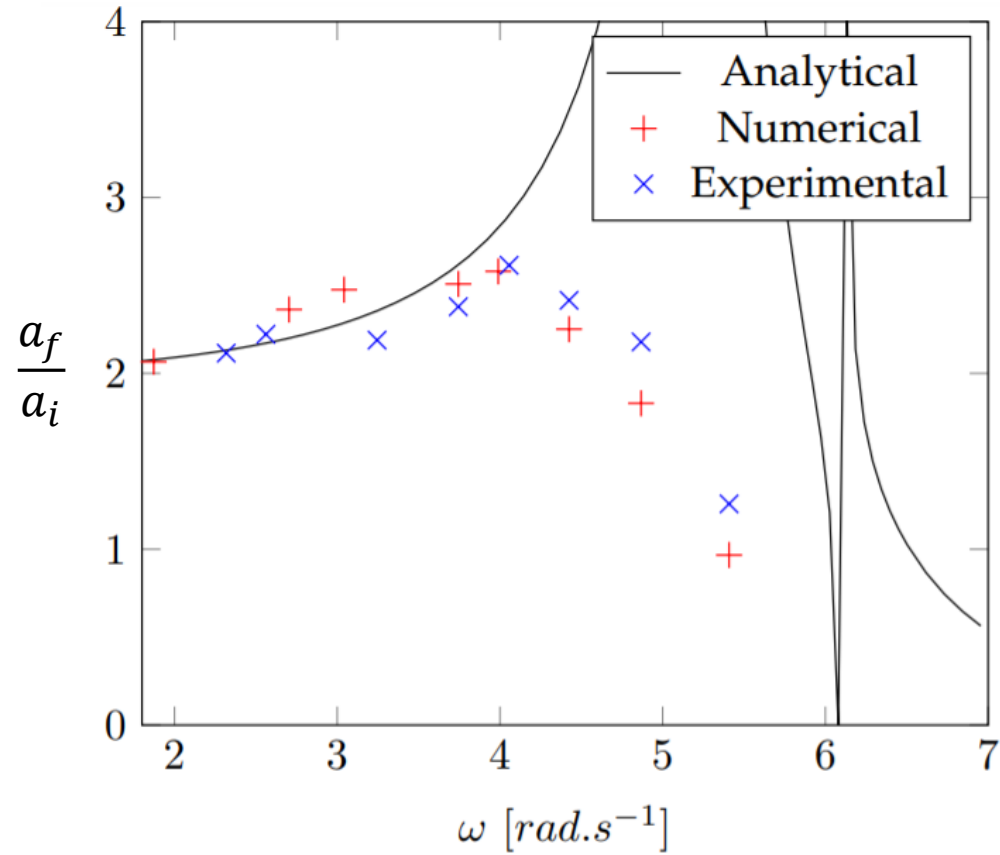
Domaine numérique sur OpenFOAM



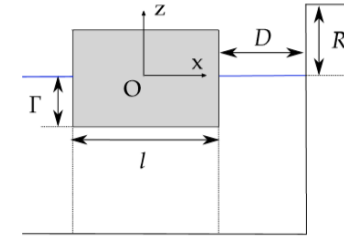
1^{ER} PROJET

Bonne corrélation numérique/expérimentale

Mais pas analytique ..



$h = 0,6m$
 $\Gamma = 0,25m$
 $L = 0,1m$
 $D = 0,01m$

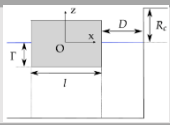


Le modèle analytique est un modèle potentiel

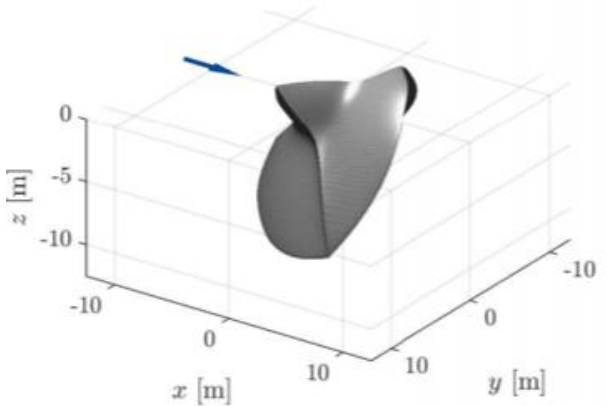
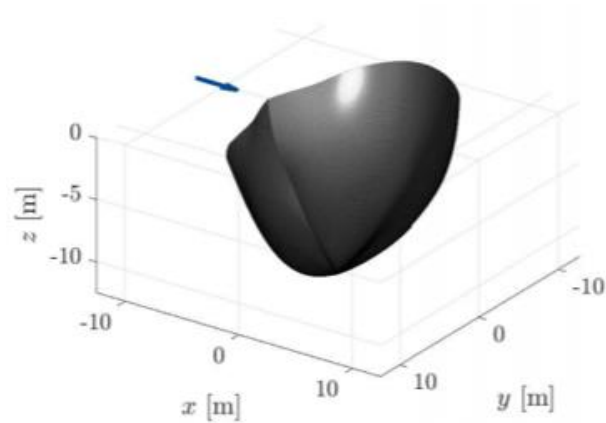
Non visqueux



Les effets visqueux modifient le comportement du flotteur

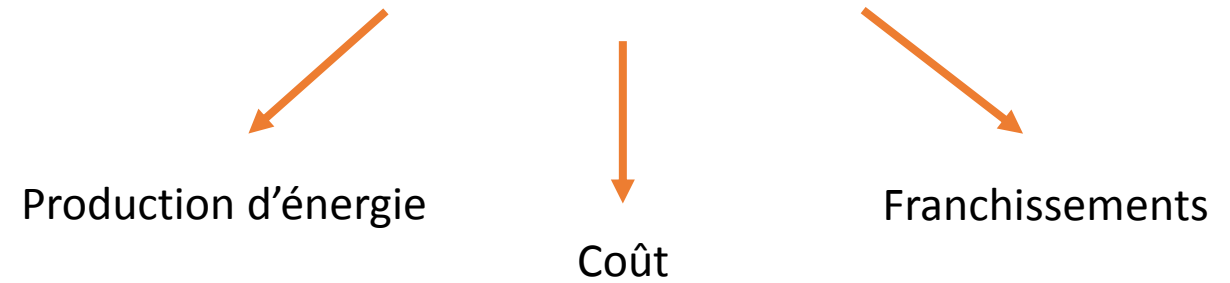


Objectif : Optimiser la forme du flotteur



Forme issue d'une optimisation multi-objectif par algorithme génétique. [3]

Optimisation multi-objectif de la coque (GA)

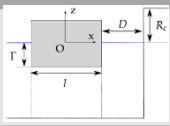


Pour un essai en houle régulière :

analytique : 3 secondes
CFD : 18 heures

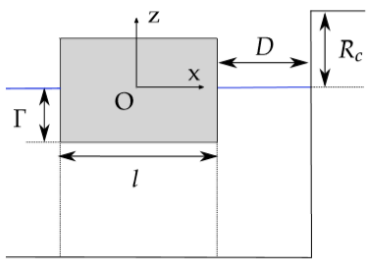
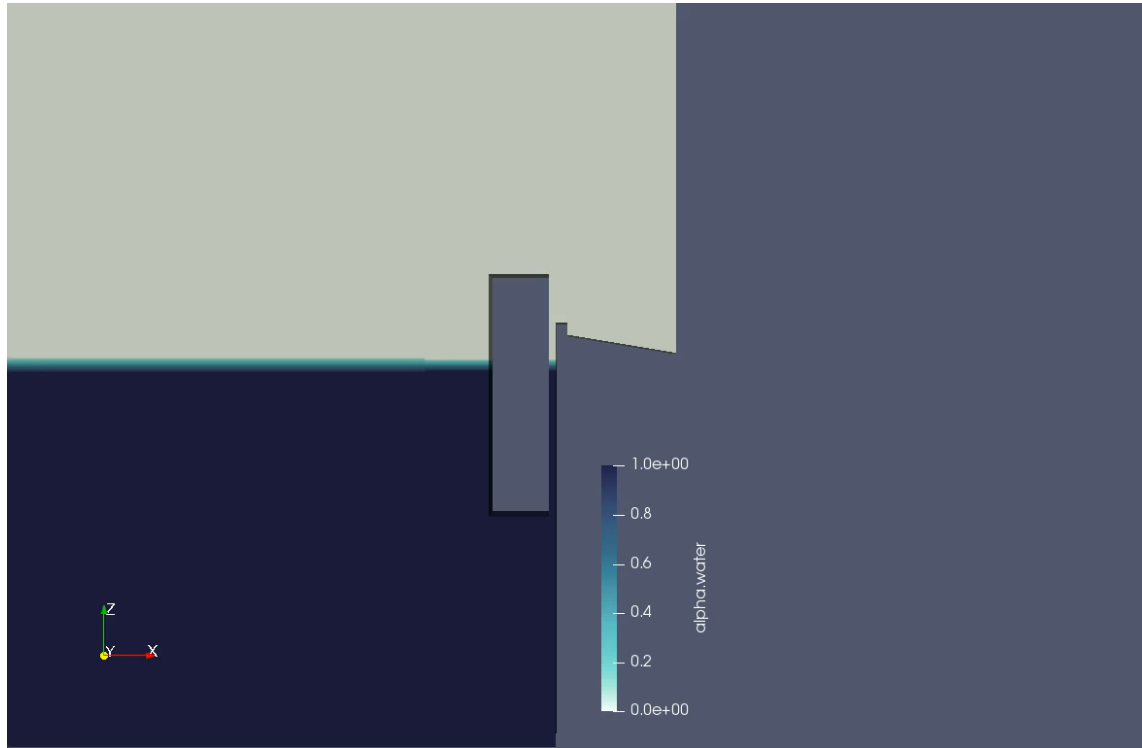
La CFD permet :

- Appliquer une correction propre à la forme
- Confirmer les résultats d'optimisation



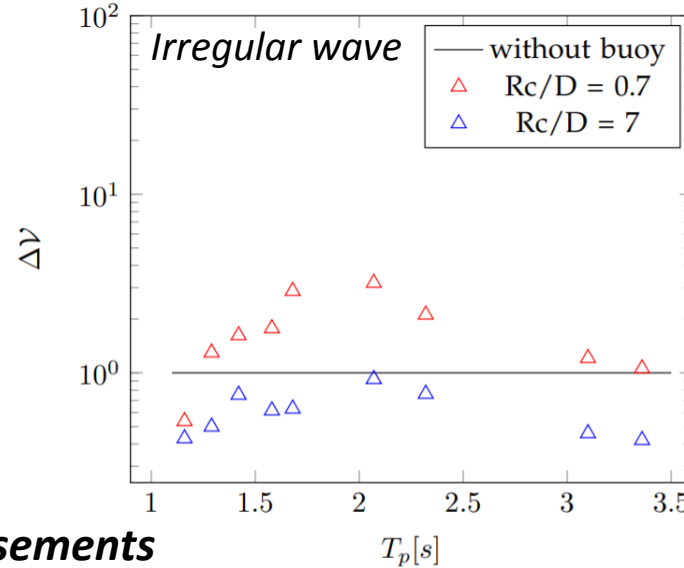
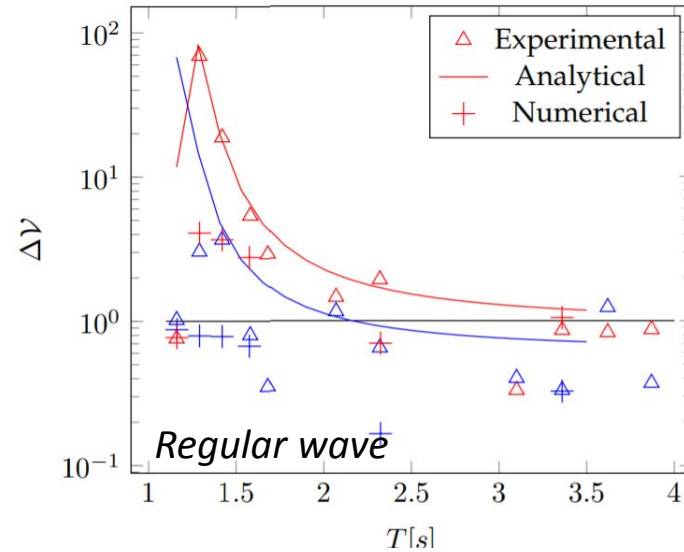
1^{ER} PROJET

Améliorer la survivabilité du système ...

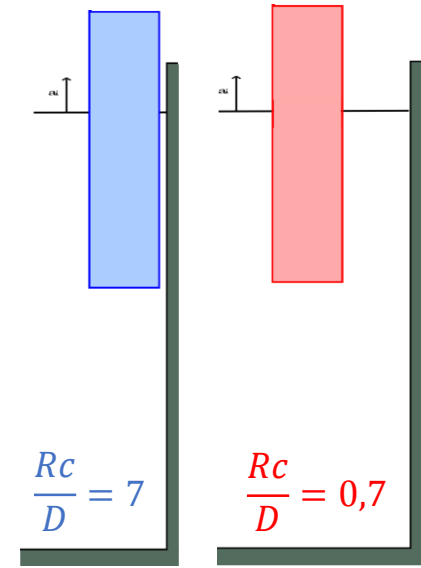


$$\Delta v = \frac{v_{with\ buoy}}{v_{without\ buoy}}$$

➔ Améliorer la mesure des franchissements

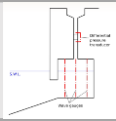


$H_s = 0,1\ m ; h = 0,63\ m$



Perspective :

- Mesurer les efforts



Computations of extreme wave impact events on wave energy converter attached to coastal protection structures

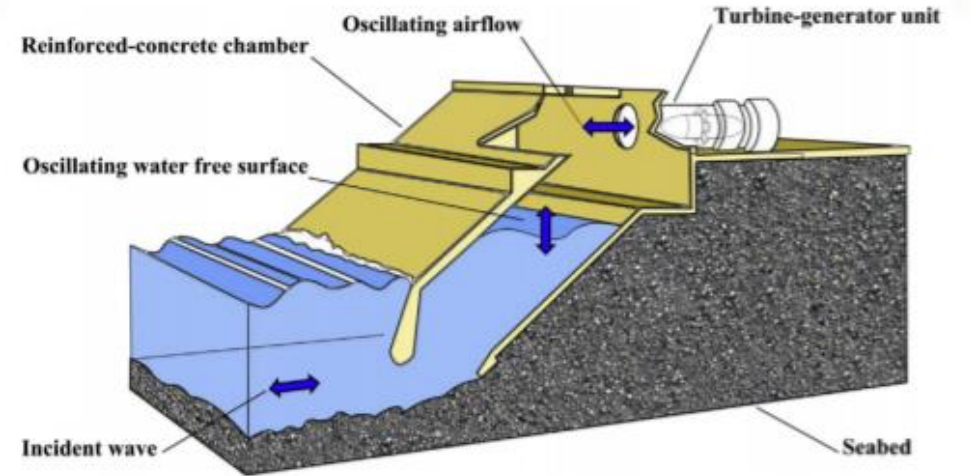


Marc BATLLE MARTIN

Thèse soutenue 6 Juillet 2021

Directeur : Gregory PINON (LOMC)

Co-directeur : Julien REVEILLON (CORIA)



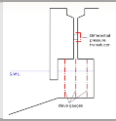
Fonctionnement d'une colonne d'eau oscillante. [Hashem et al. 2018]



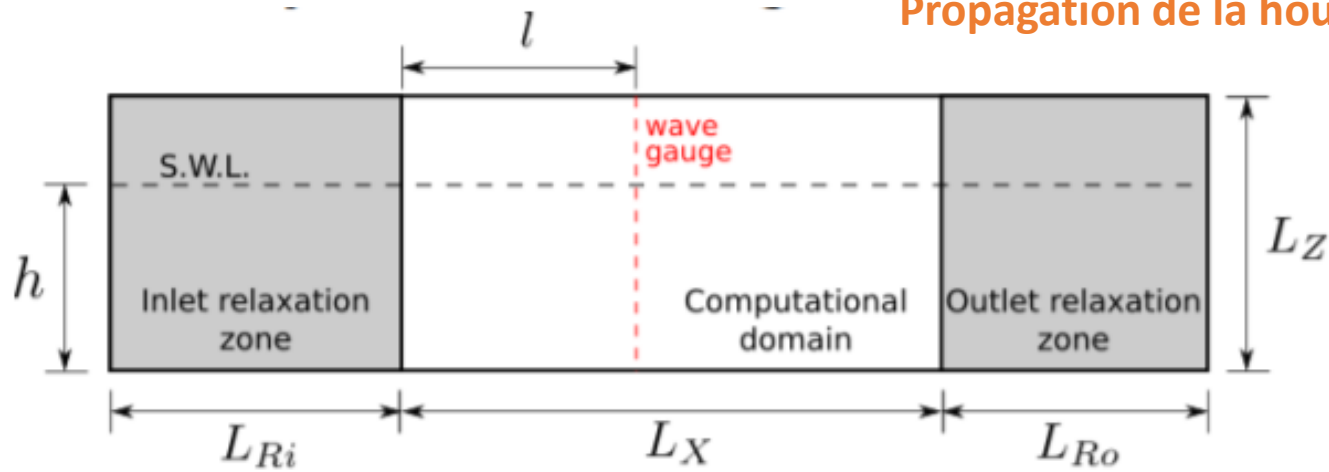
Brise lame integrant une colonne d'eau oscillante (OWC) de Mutriku. (Crédit : <http://travelmetal>)



Domage sur l'OWC de Mutriku. [Pawitan et al. 2020]



Propagation de la houle



MESH	
N^o of cells	150.000
H_S/dz_{cell}	6
dx_{cell}/dz_{cell}	2

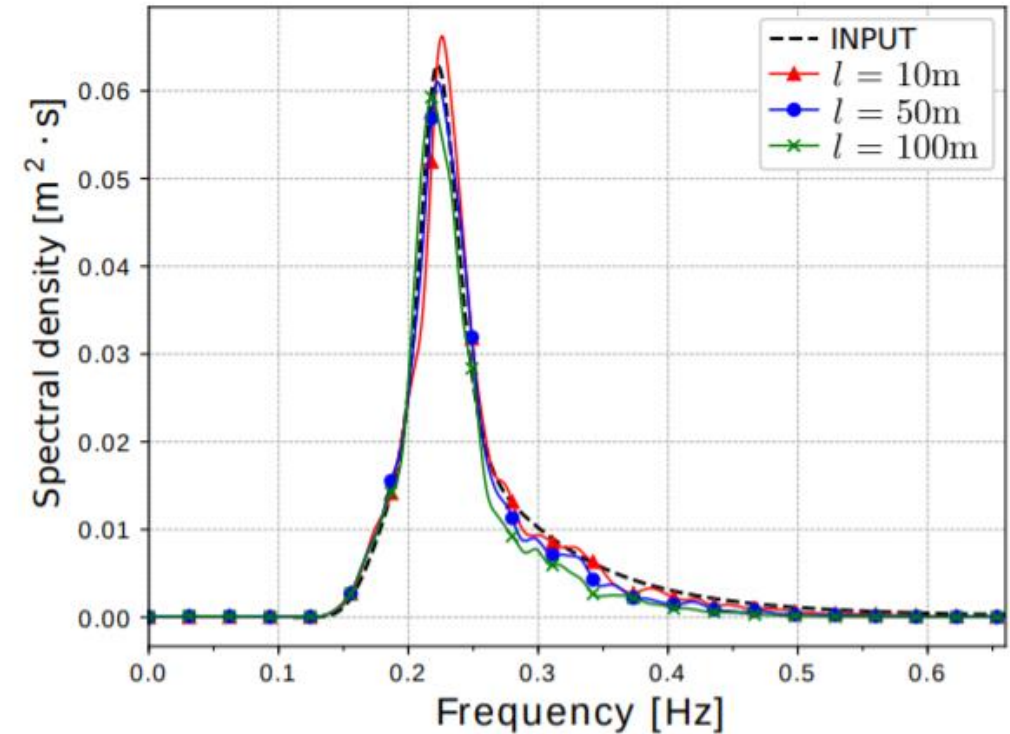
d_{cell} : taken at the interface

Computational domain

L_x [m]	130
L_z [m]	6
L_{Ri} [m]	50
L_{Ro} [m]	20

Time lenght	
Phys. time [min]	38
Compu. time [h]	23
maxCo	0.8
N^o proc.	112

Phys. time : $\sim 500 \cdot T_p$
 $maxCo < U\Delta t/\Delta x$: maximum Courant number



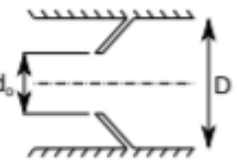
JONSWAP	
H_S [m]	0.26
T_P [s]	4.5
h [m]	3.5

Effet de la compressibilité

Power take-off

Experiments:

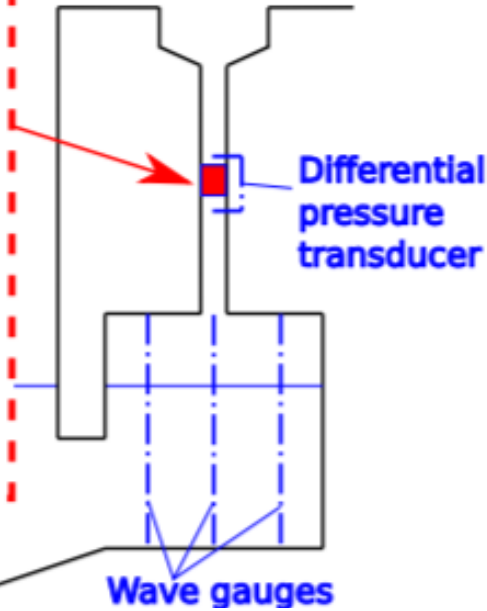
Adjustable orifice



Numerics:

Porous medium (Darcy-Forchheimer)

$$\nabla P = -\frac{1}{2}\rho F|u|u$$



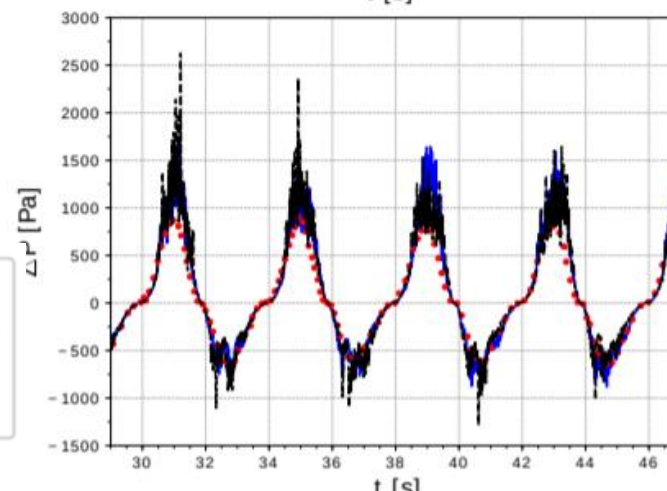
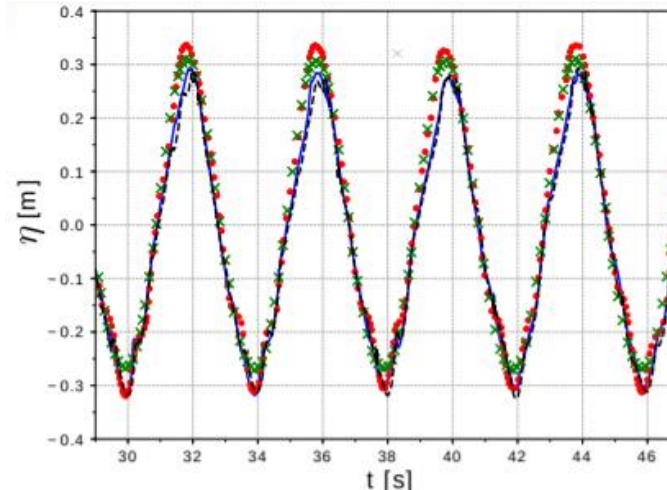
- Exp. Allsop et al. 2014
- × Num. Dimakopoulos et al. 2015
- Present compressible
- - - Present incompressible

Validation

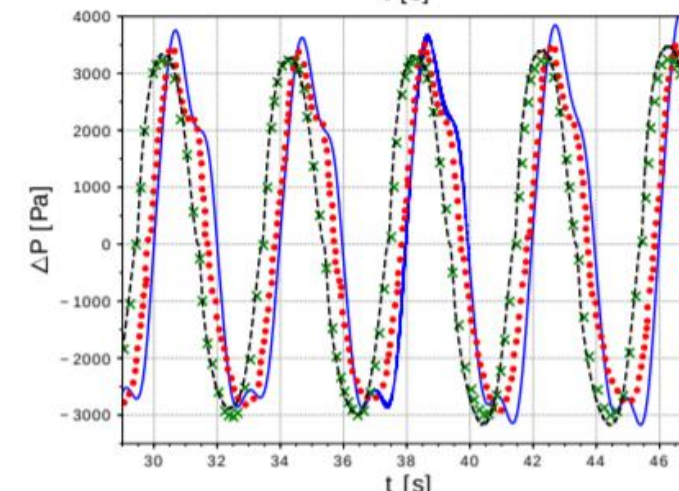
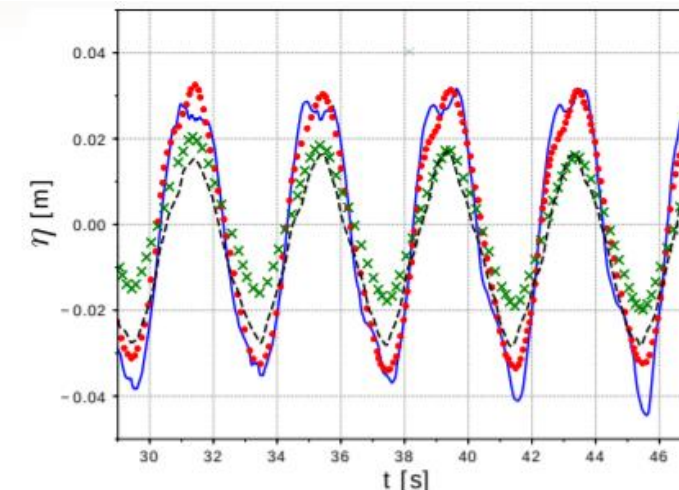
- ▶ Exp : Allsop et al. 2014
- ▶ Num. incompressible : Dimakopoulos et al. 2015

H [m]	0.4
h [m]	3.5
T [s]	4

Regular wave conditions



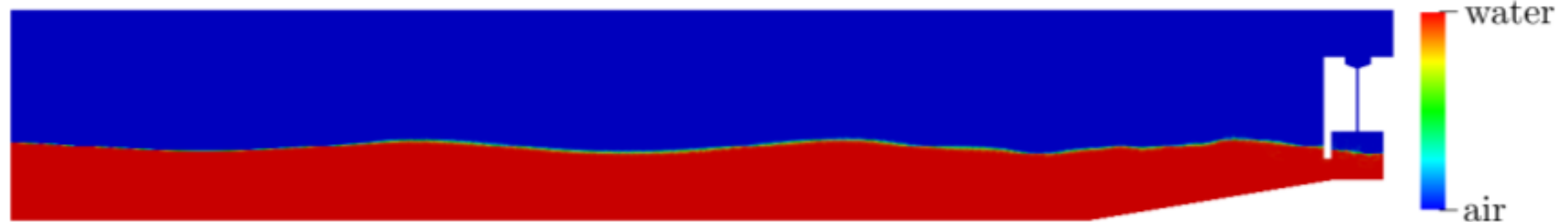
Forte ouverture
do/D = 60 %



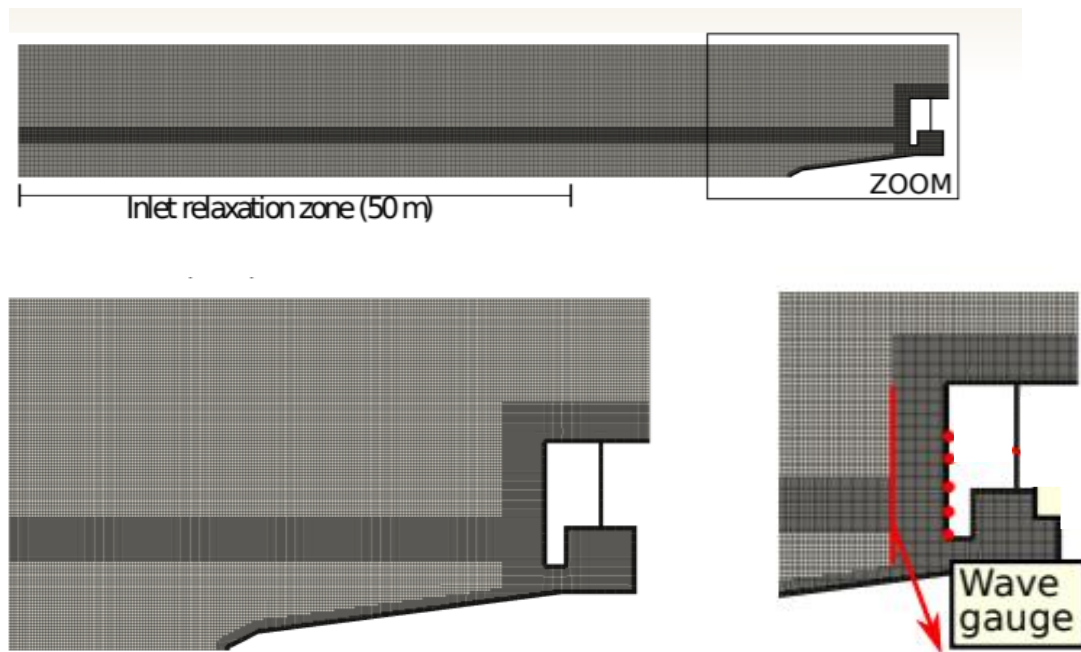
Faible ouverture
do/D = 10 %

Effet de la compressibilité

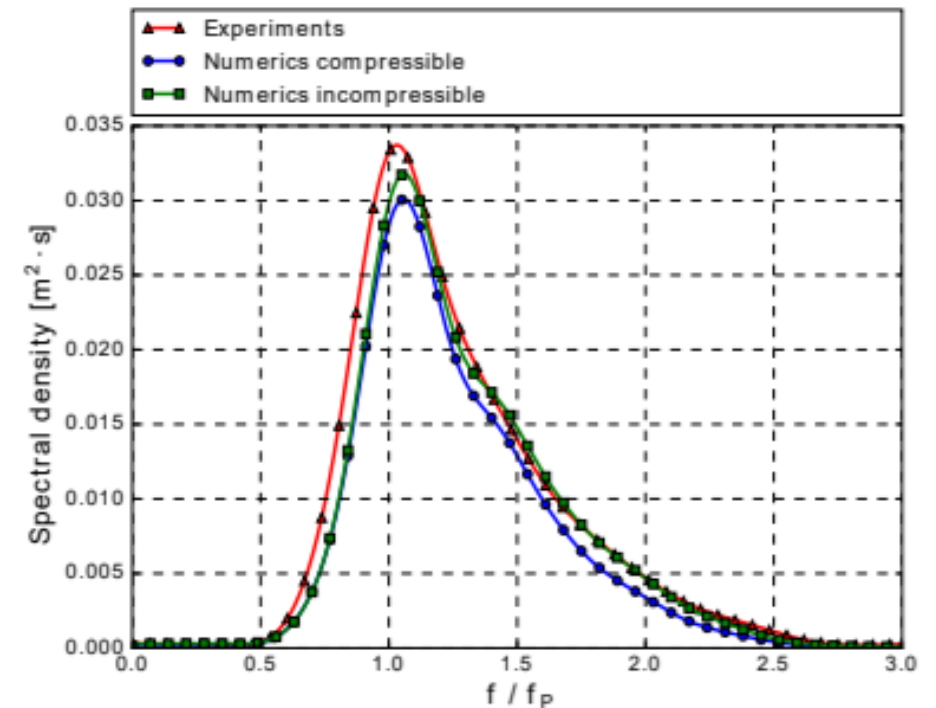
- élévation surface libre
- Pression d'impact



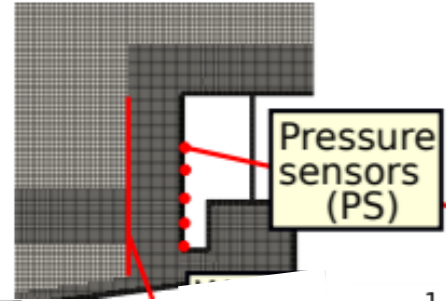
Detail of the numerical domain during a simulation



Mesh sketch. Cell size increased for visualization

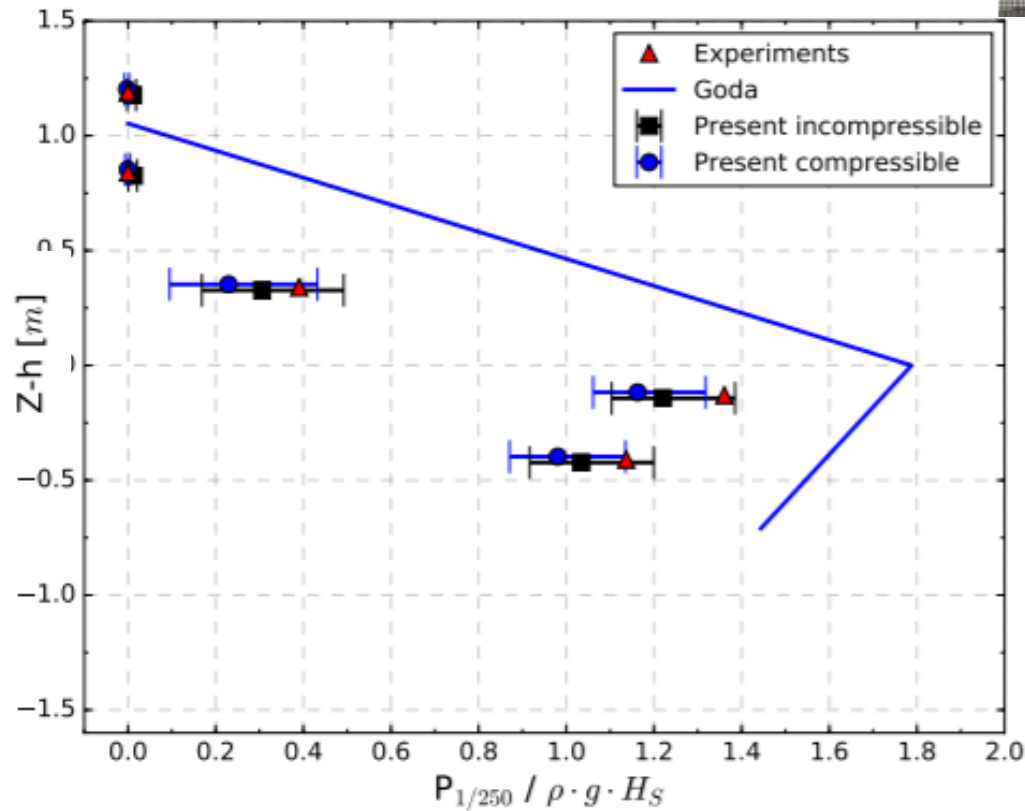


Mesure de la pression

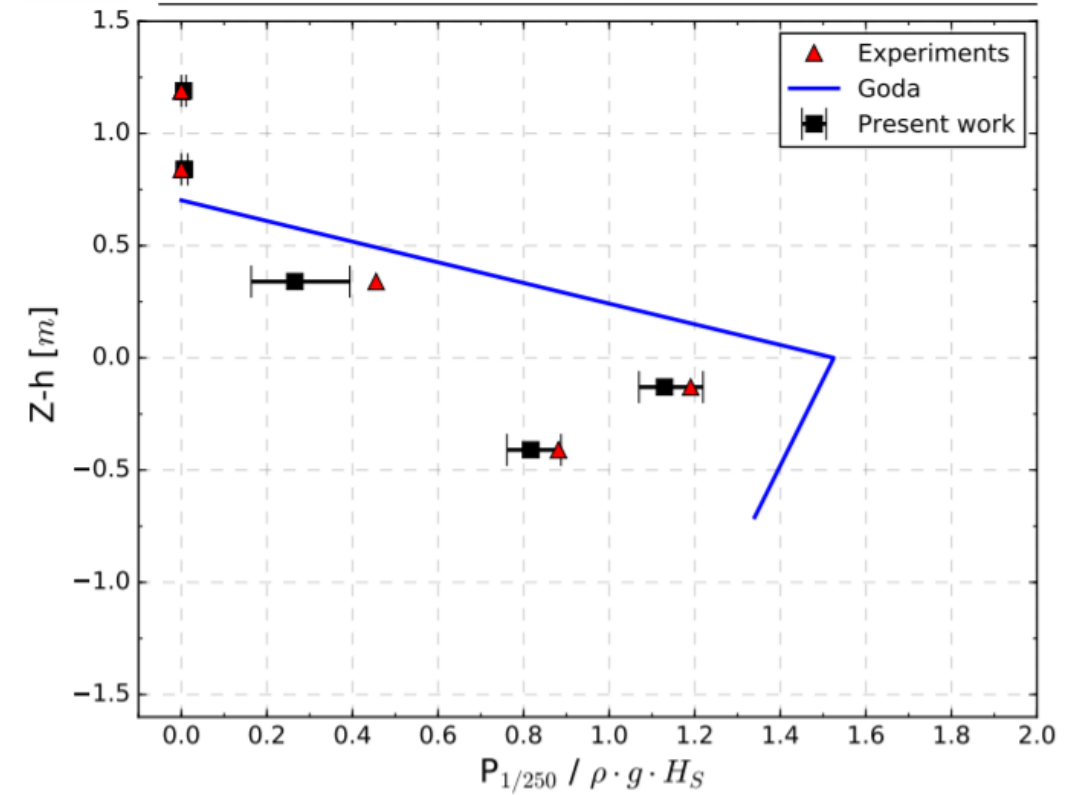


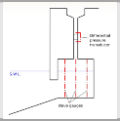
$$s = \frac{H_s}{\lambda}$$

Irr13.01 : $H_s = 0.26$ m, $T_p = 4.5$ s and $s = 0.01$



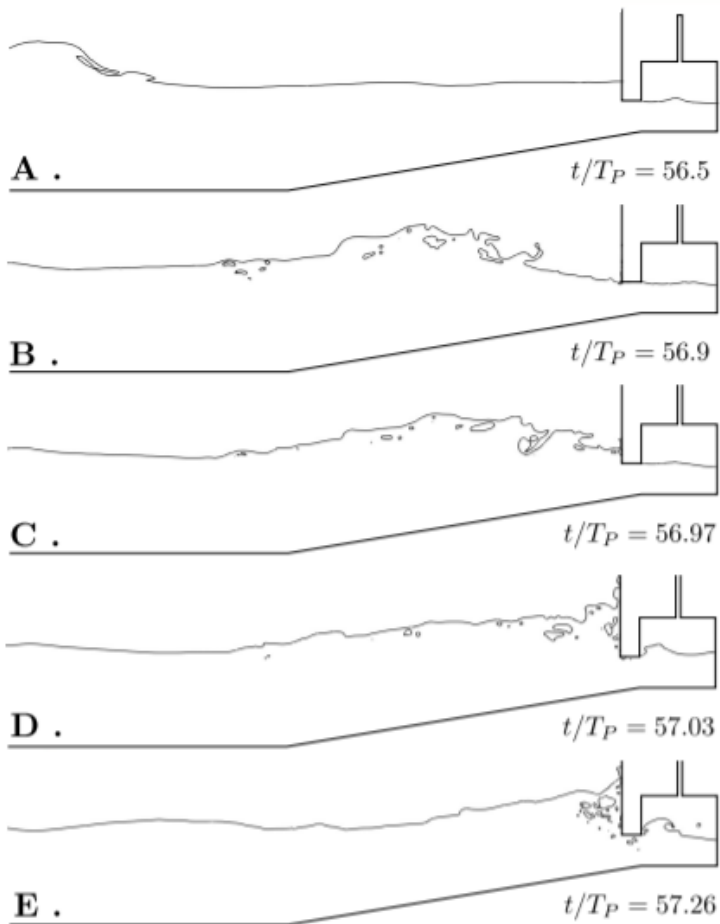
Irr01.10 : $H_s = 0.26$ m, $T_p = 3.0$ s and $s = 0.02$



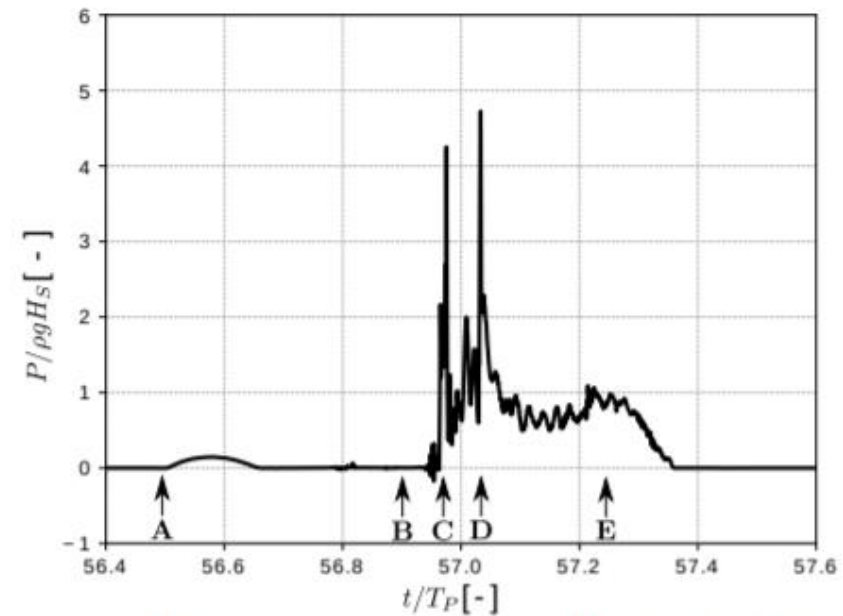


2^{EME} PROJET

Le cas des vagues brisées ...



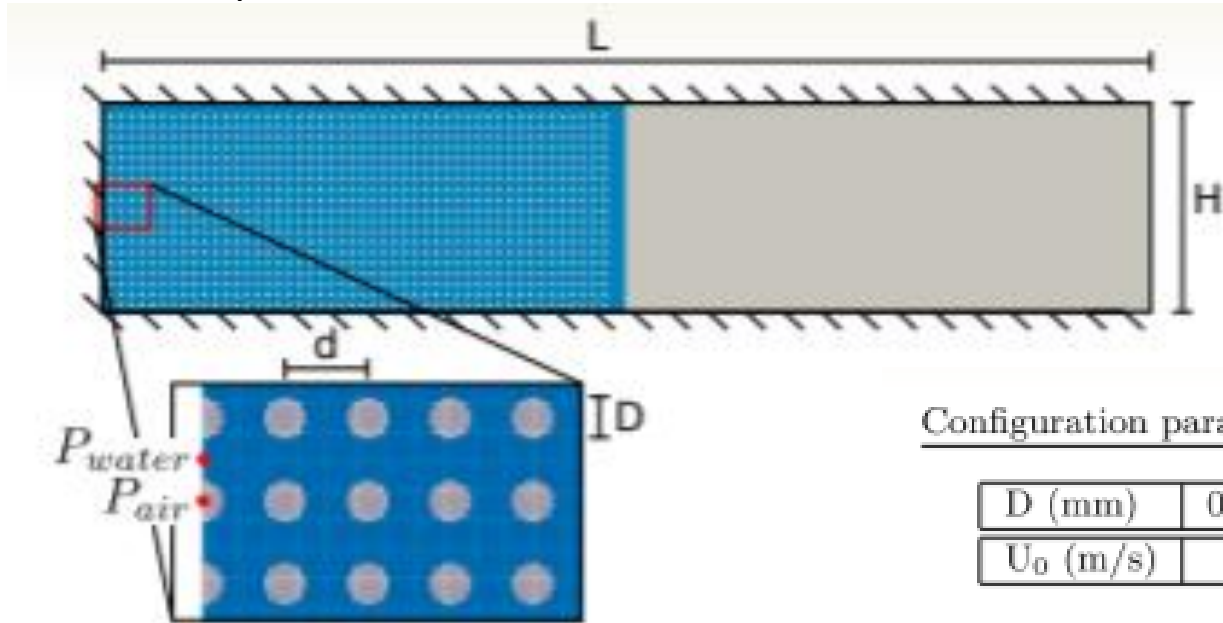
JONSWAP	
H_S [m]	1
T_P [s]	6
h [m]	3.5



➔ Comprendre l'influence de l'aération dans le phénomène d'impact

Influence du taux d'aération lors de l'impact

Travaux préliminaires de l'étude avec aération



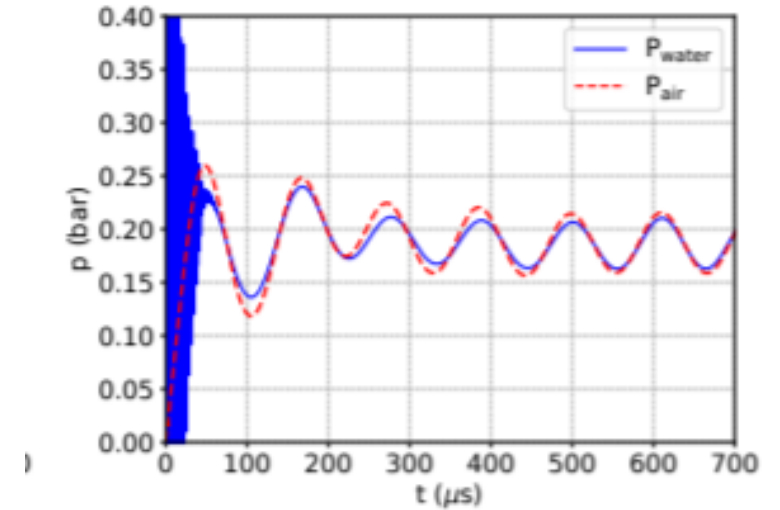
Configuration parameters

D (mm)	0.25
U ₀ (m/s)	1

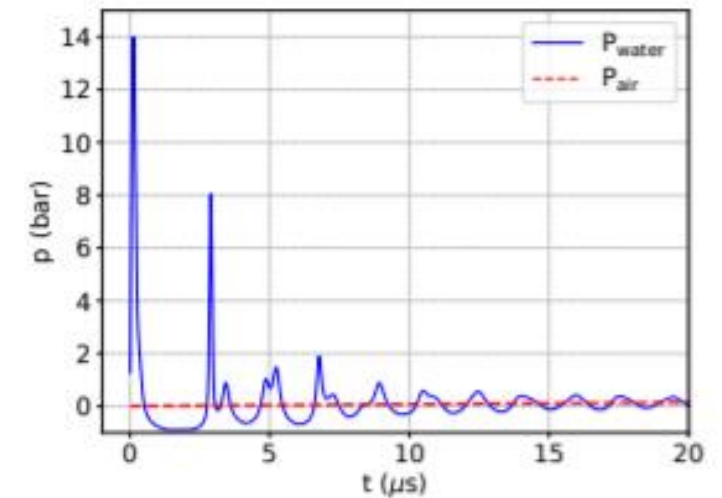
Spatial discretisation :

$$D/\Delta x = 10$$

➔ Une thèse sur la problématique du taux d'aération



Air compressibility temporal scale



Liquid compressibility temporal scale



Comparaison numérique et expérimentale de l'influence de l'aération pour une configuration d'impact de jet idéalisé



Belaïd BERKANE

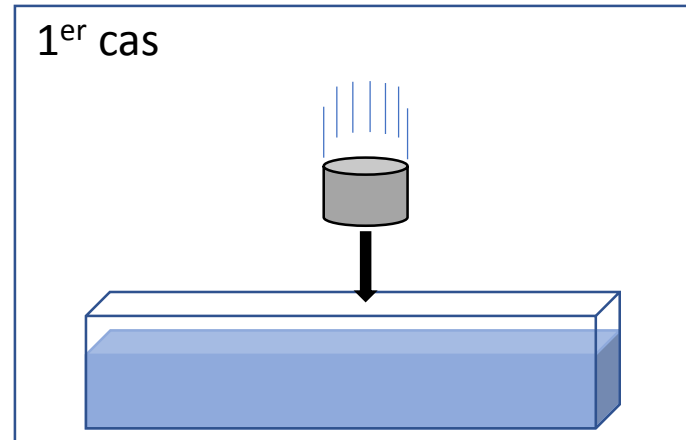
Thèse débutée le 01 Octobre 2020

Directeur : Grégory PINON (LOMC)

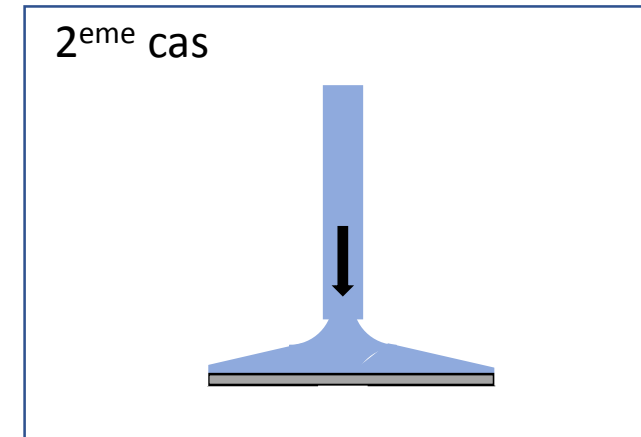
Encadrante : Gaële PERRET (LOMC)



Projet PERCUSS



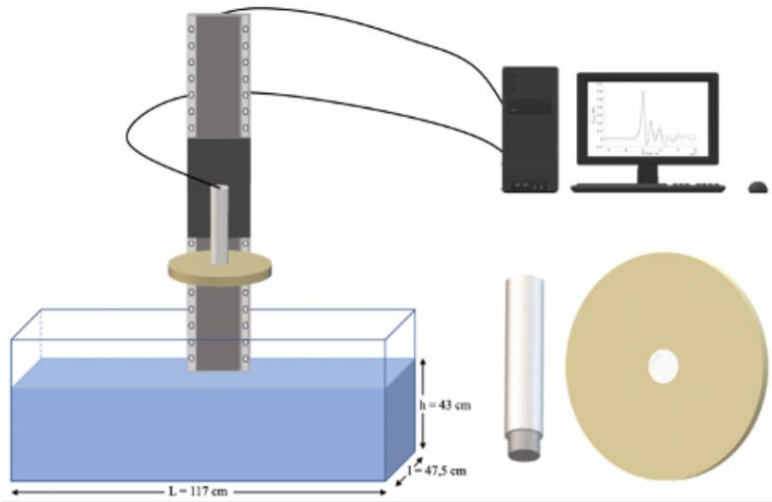
Solide impactant



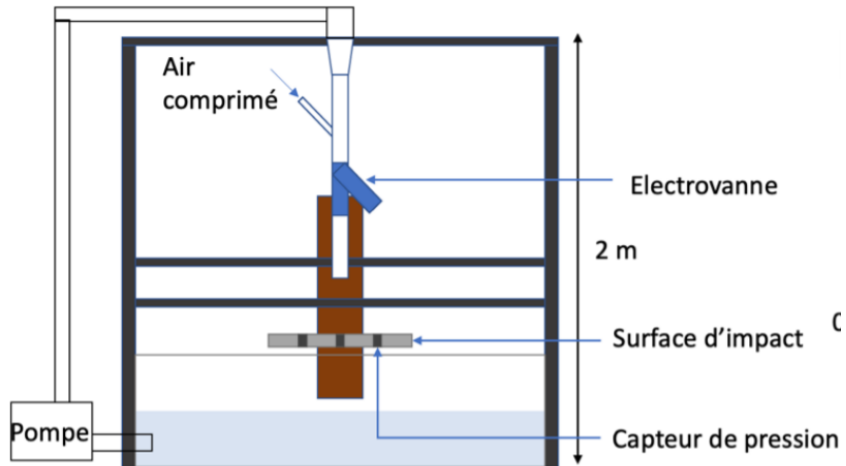
Jet liquide impactant



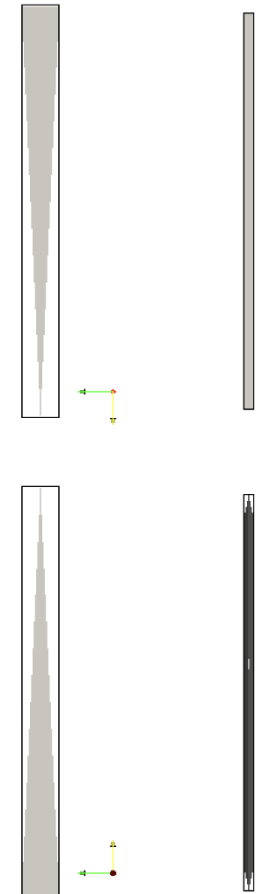
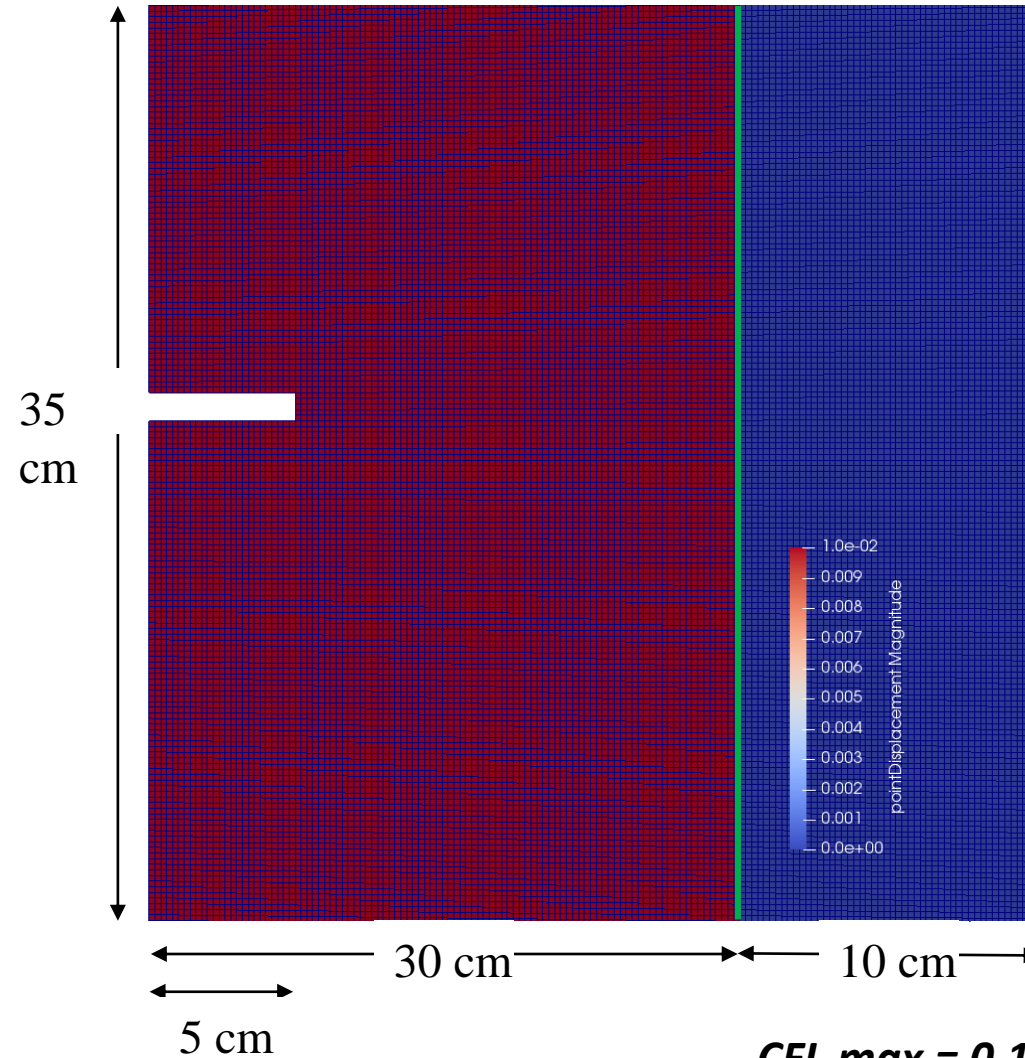
Première expérience



Deuxième expérience



Interface glissante

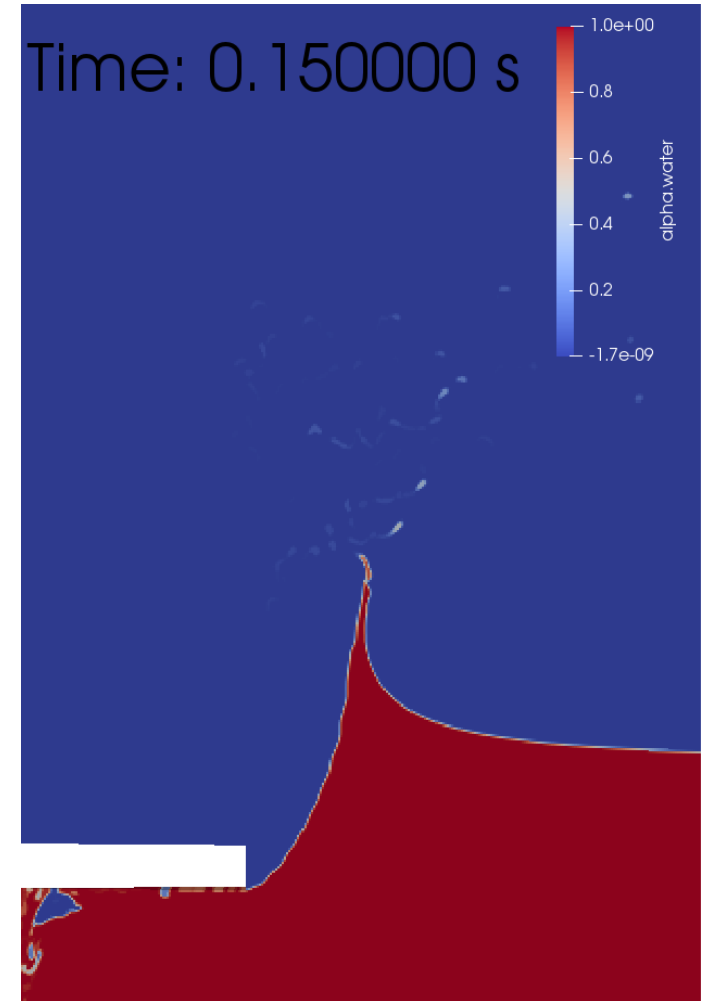
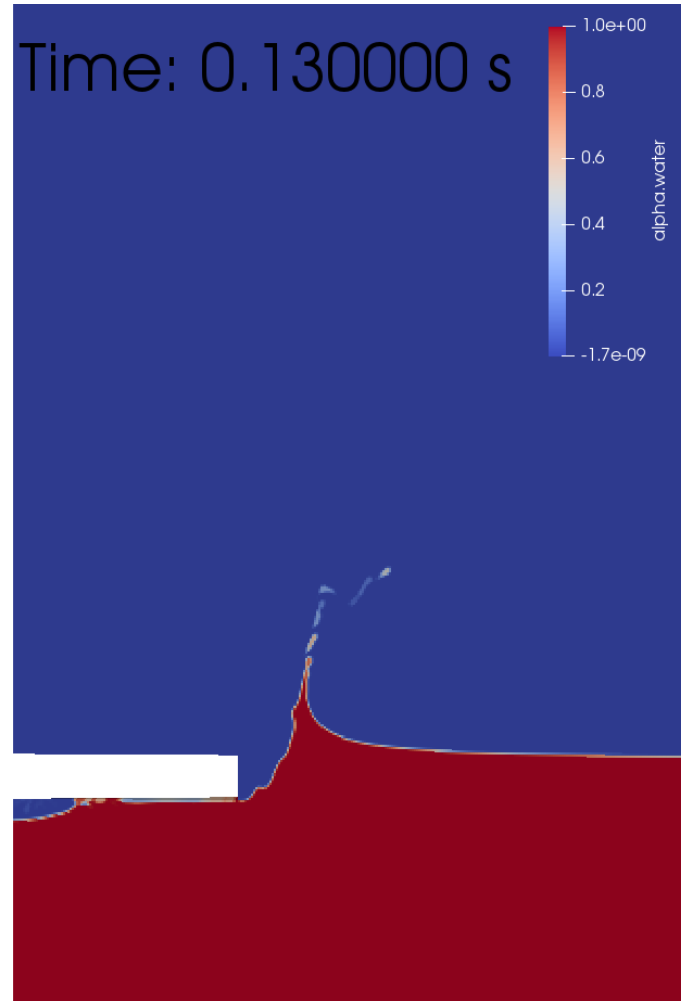
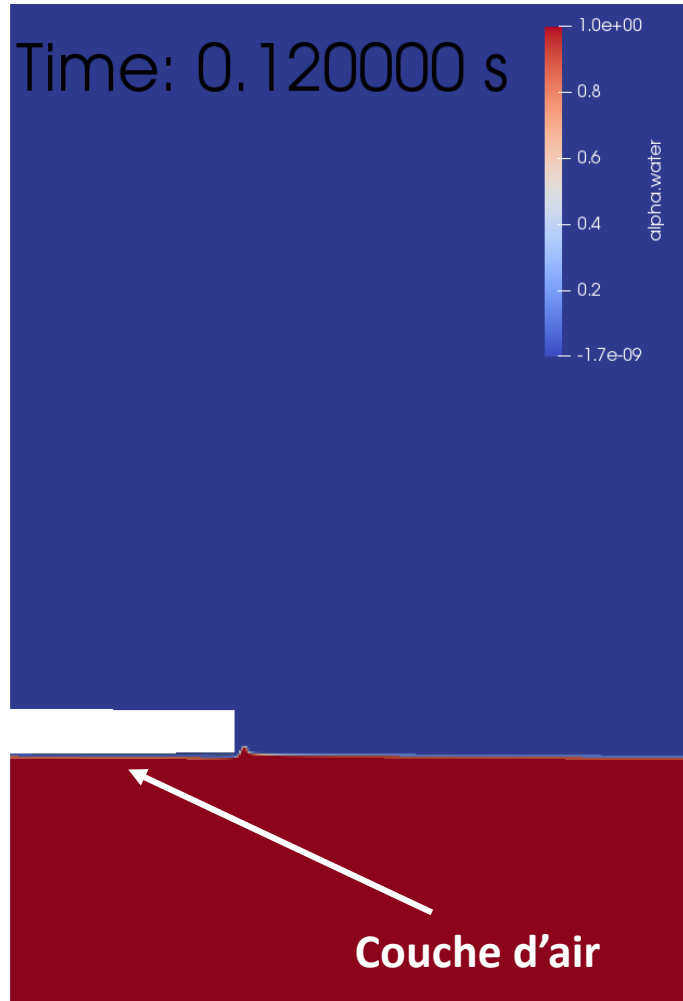


Angle 5°

CFL_{max} = 0,1



3^{EME} PROJET



0,11

0,13

0,15

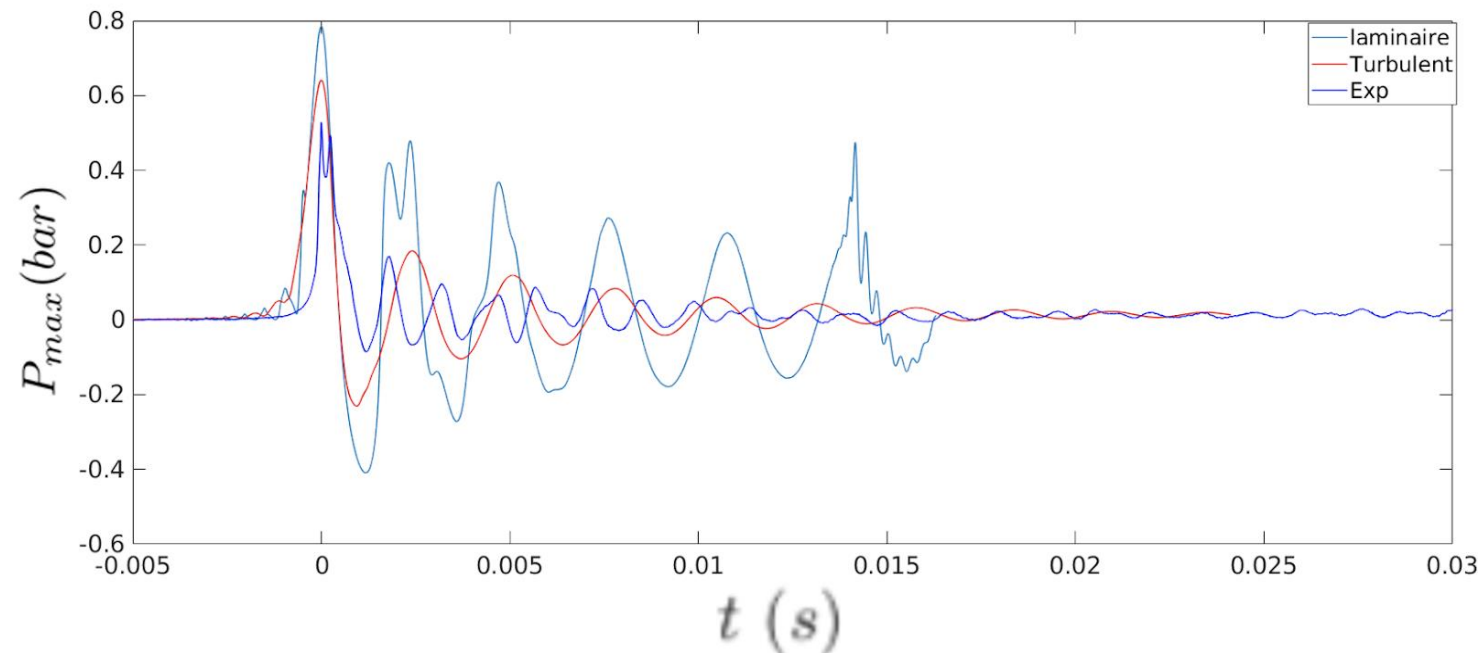
t(s)

20



Comparaison expérimental et numérique

Les premiers résultats :



La convergence de maillage
n'est pas encore atteinte

Work in process ..

Merci de votre attention