

COLLOQUE

Risques côtiers : adaptations au changement climatique

26 | 11 | 19

Espace Encan
LA ROCHELLE

Communauté d'Agglomération de La Rochelle

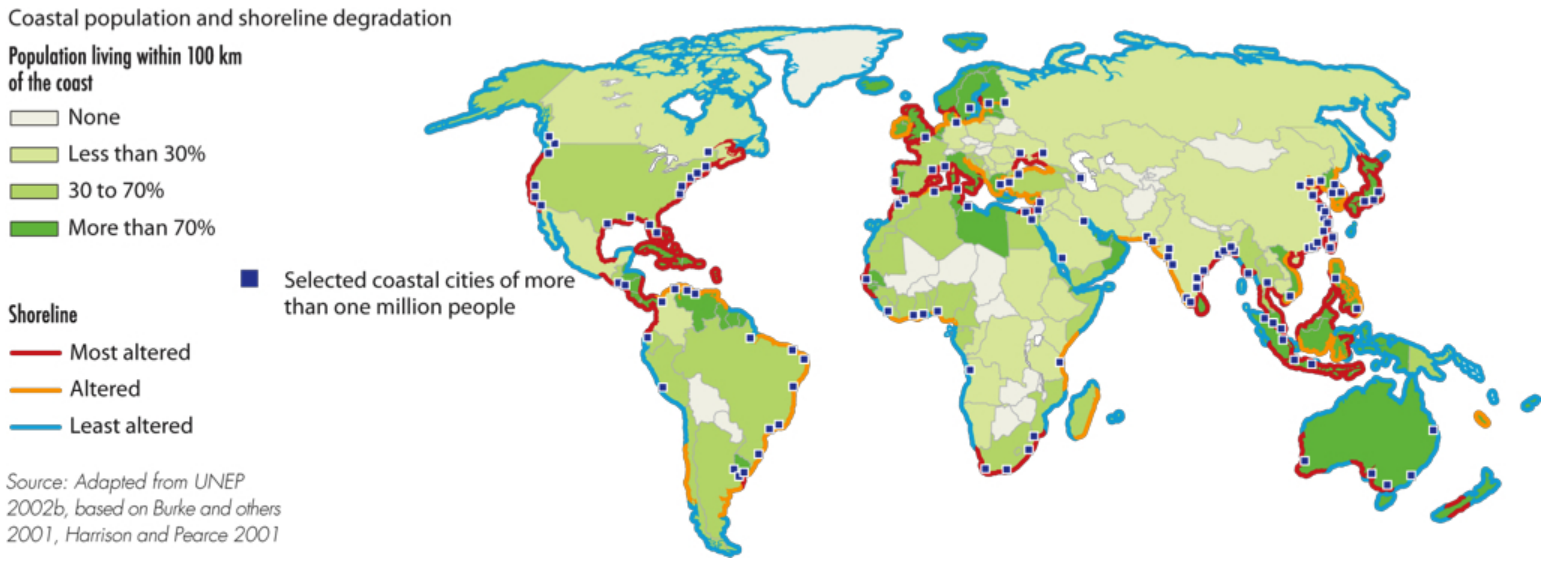
Avec le soutien financier de

En partenariat avec

Impact des vagues sur les ouvrages côtiers

MORICHON DENIS
Maître de Conférences – Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, SIAME, Anglet
26 NOVEMBRE 2019

Contexte

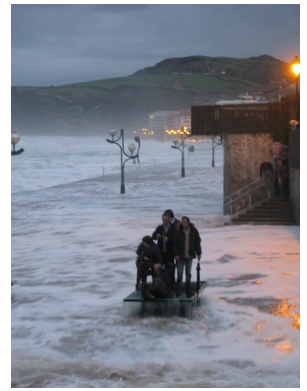


Quelques chiffres sur l'attractivité des espaces littoraux

- Plus de **75 %** de la population mondiale vivra à moins de 150 km du rivage en 2035
- Région Nouvelle Aquitaine couvre **970 km** de la façade sud atlantique
- Densité de population du littoral aquitain (**88 hab/km²**)
- 70 % du linéaire côtier basque est urbanisé (**510 hab/km²**)

Vulnérabilité des espaces littoraux





- Varie en fonction de la **nature des côtes** :
  Côte sableuse, côte rocheuse, côte aménagée ou non
- Niveau d'exposition aux **facteurs climatiques** :
  Marée, vent, vagues, crues
- Augmentation du **niveau marin**

- Grande **diversité des côtes** le long du littoral de la Région Nouvelle Aquitaine
  - Côtes sableuses
  - Estuaires
  - Côtes rocheuses
  - Plages ouvertes et plages de poches
  - Plusieurs degrés d'anthropisation



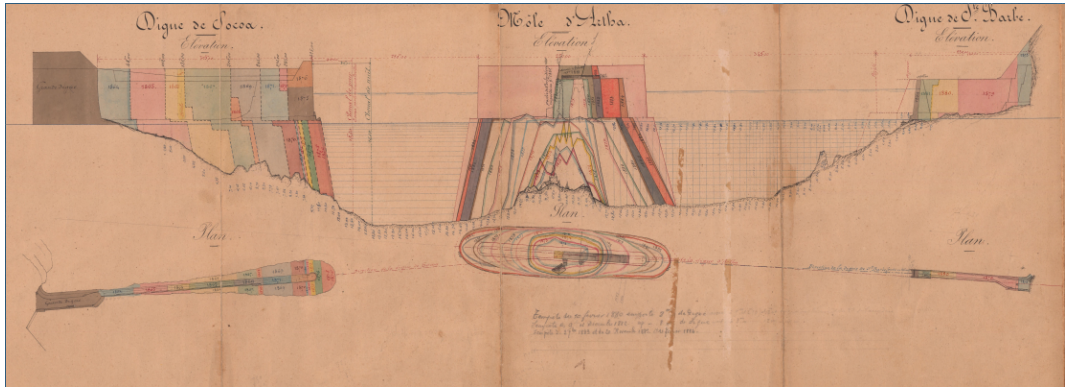
Ouvrages de protection

DIGUES DE PROTECTION ANTI-SUBMERSION

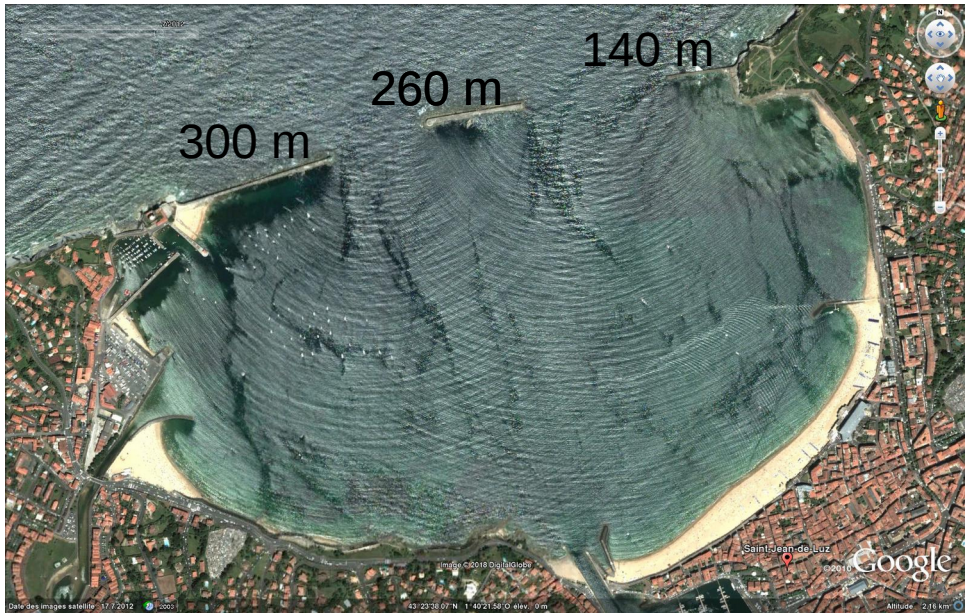
- Digues de St Jean de Luz
    - Tempête du 22/02/1749 : 187 maisons détruites
    - Fluctuation de la population :

    14 000 habitants en 1730

    5 150 habitants en 1755



Construction des digues de 1864-1895



Digues de protection
de la baie de St Jean de Luz

Ouvrages de protection

DIGUE DE PROTECTION CONTRE LES TSUNAMI : KAMAISHI (Japon)

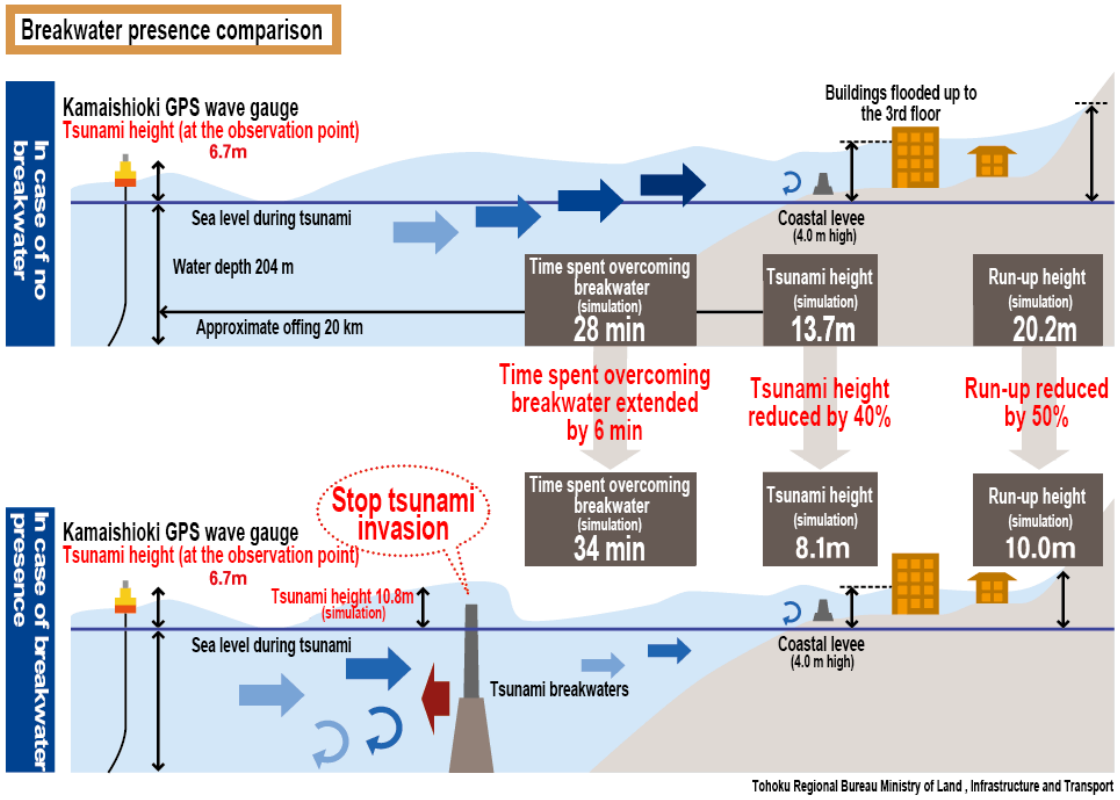
AVANT



APRÈS

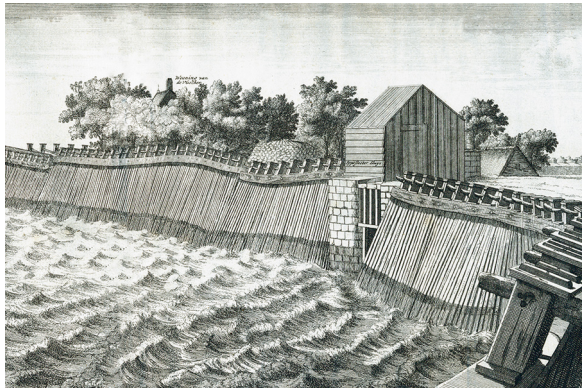






Solutions de protection

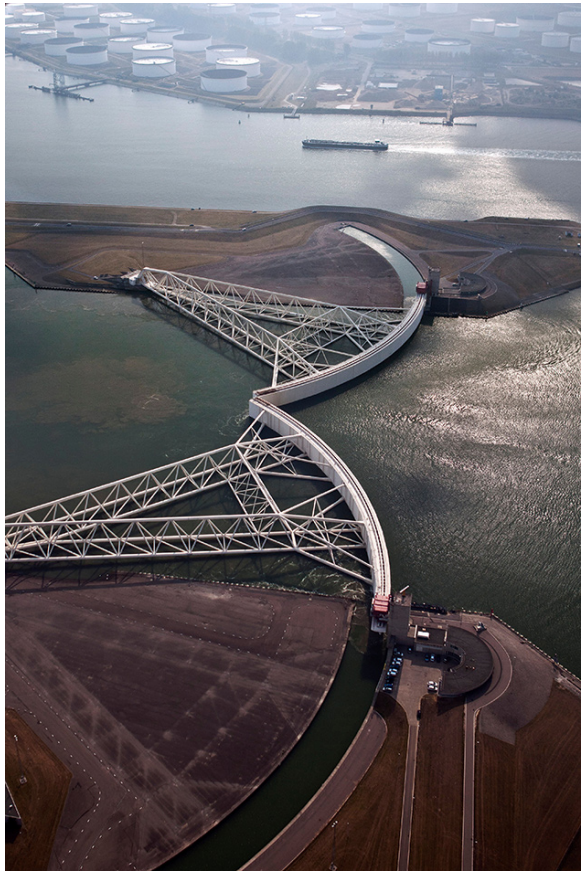
EXEMPLES DE DIGUES ANTI-SUBMERSION









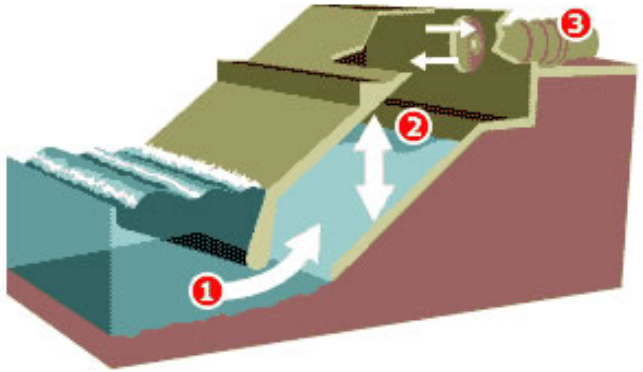


Maeslant storm surge barrier
(Rotterdam, Pays-Bas)

Solutions de protection

SOLUTION HYBRIDE

- Digue de Mutriku (pays basque espagnol)
    - brise lame
    - centrale houlomotrice depuis 2011
    - 16 turbines à colonne d'eau oscillante (OWC)
    - approvisionnement électrique de ~ 600 personnes
    - production annuelle de 600 MWh







Solutions de protection

SOLUTIONS INTÉGRÉES



Gradins brises lames (Cleveleys, Angleterre, 2008)



Cordon dunaire pensé pour protéger (Katwijk, Pays-Bas, 2008)



Aménagement intégré (Wenduine, Belgique)

Solutions de protection

DIGUES AMOVIBLES



Modules rigides (Wave Bumper)



Sacs de sable

Solutions de protection

DIGUE DE SABLE (« Beach Scrapping »)



Sacs de sable et digue de sable
(Grande Plage de Biarritz)

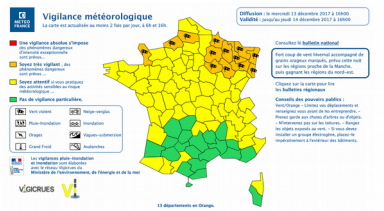
Stratégies et dispositifs de protection

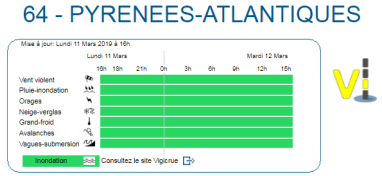
ÉTAT DE L'ART

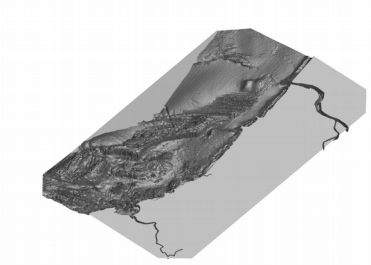
- Système d'alerte précoce de submersion marine
    - Centre d'alerte au tsunami (CENALT)
    - Cartes de vigilance Meteo France
        - crues (VIGICRUES)
        - Vague Submersion (VVS)

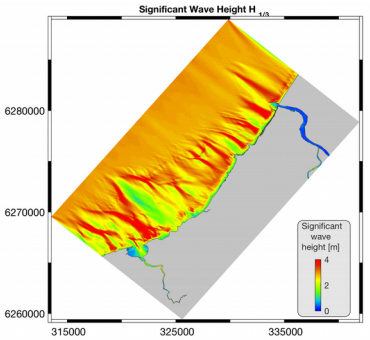
- Limitation des systèmes de prévision actuels
    - Souvent ne résout pas les spécificités locales
    - Pas de représentation fine des vagues
    - Horizon court 24h à 48h

- Peu de données sur l'impact des vagues en conditions extrêmes









Dynamique de l’impact des vagues

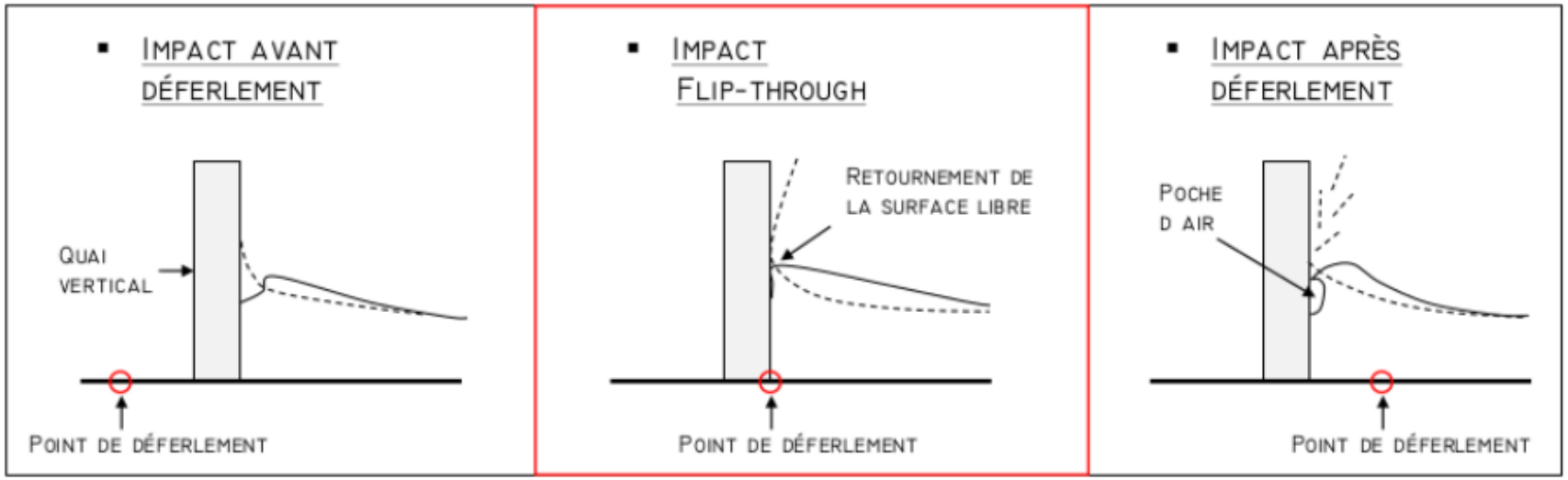




Bloc de béton de 50 tonnes
projeté sur le tablier de la digue de l’Artha (2017)

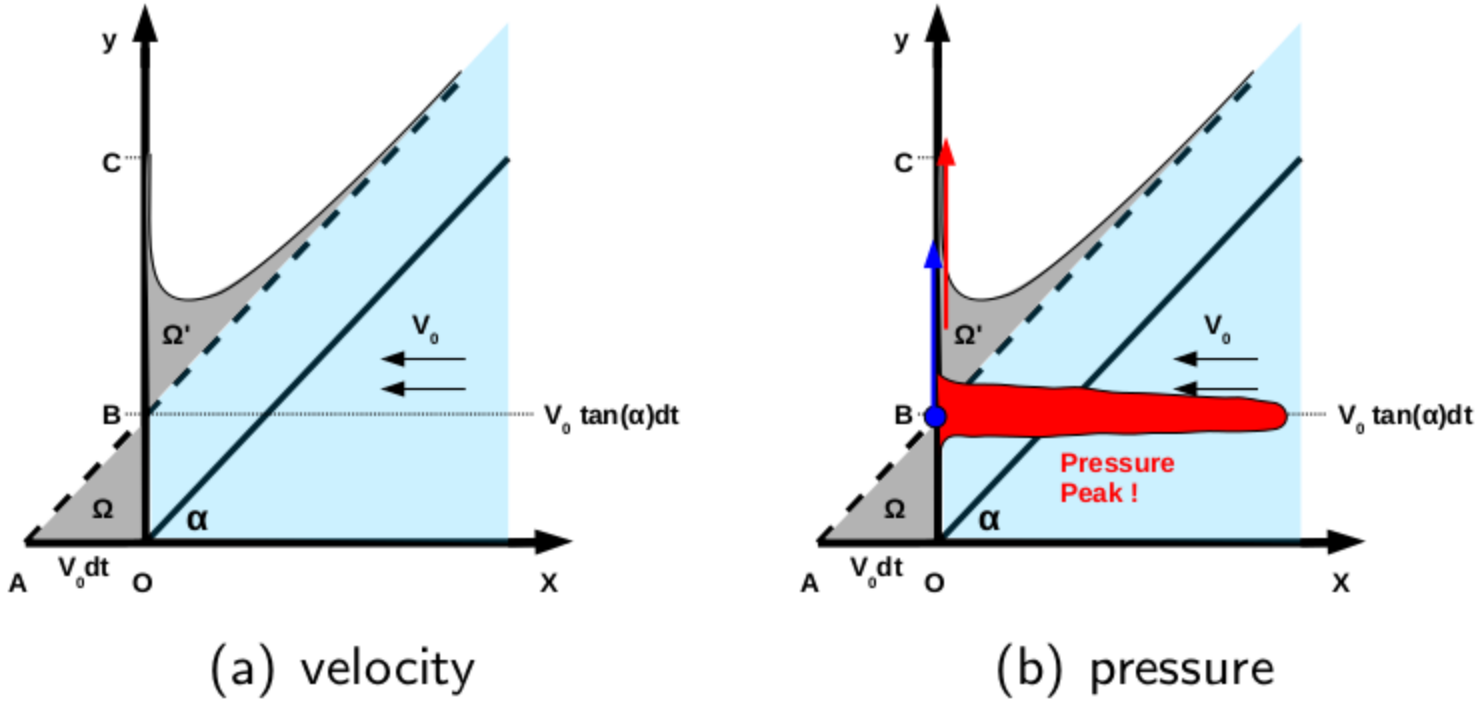
Dynamique de l’impact des vagues

TYPES D’IMPACT EN FONCTION DU POINT DE DÉFERLEMENT



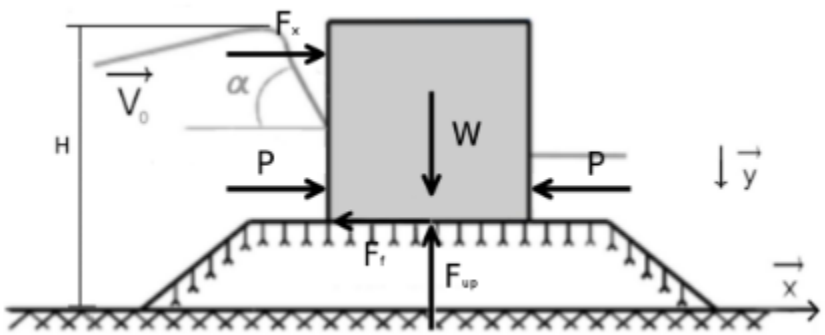
Dynamique de l’impact des vagues

INFLUENCE DE L’ANGLE D’ATTAQUE

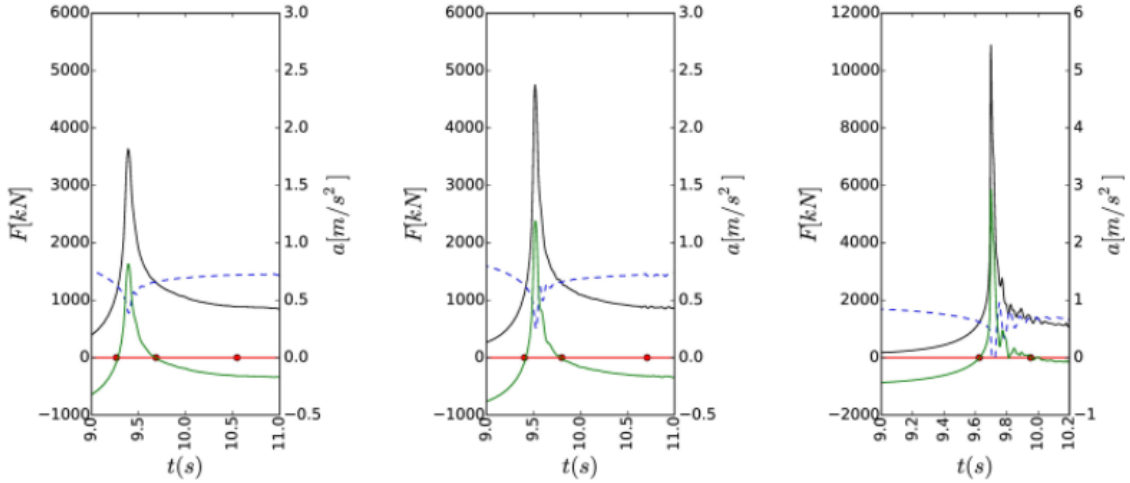


Dynamique de l’impact des vagues

ÉTUDE DE STABILITÉ D’UN CAISSON (Lemaire et al., 2018)



(extrait de Martin Medina et al. , 2018)

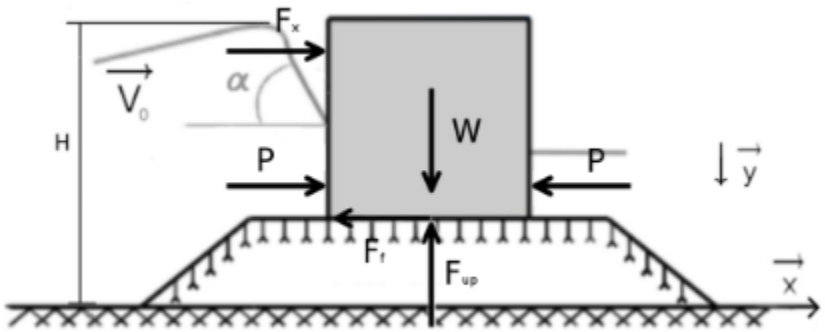


Accélération (vert), Fx (noir) et Ff (bleu)
pour 3 angles d’impact

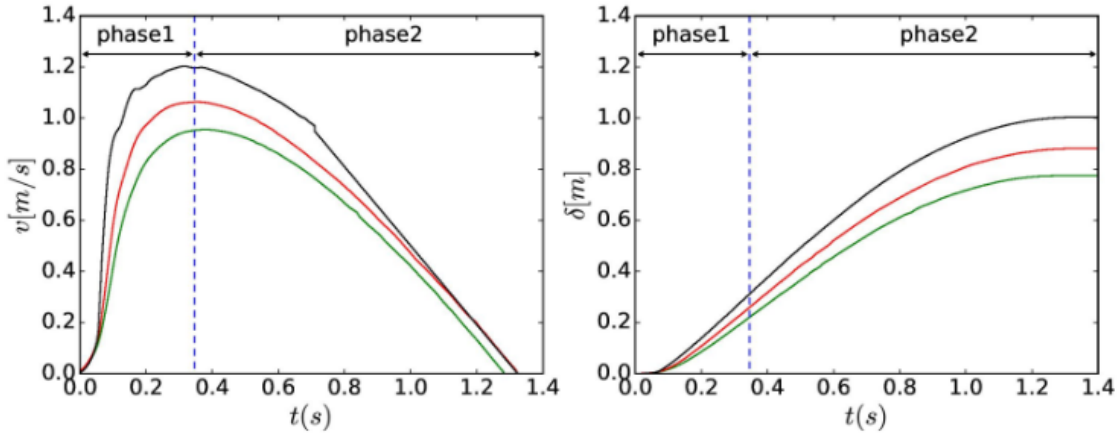
(gauche : 48°, centre: 63° et droite:75°)

Dynamique de l’impact des vagues

ÉTUDE DE STABILITÉ D’UN CAISSON (Lemaire et al., 2018)



(extrait de Martin Medina et al. , 2018)



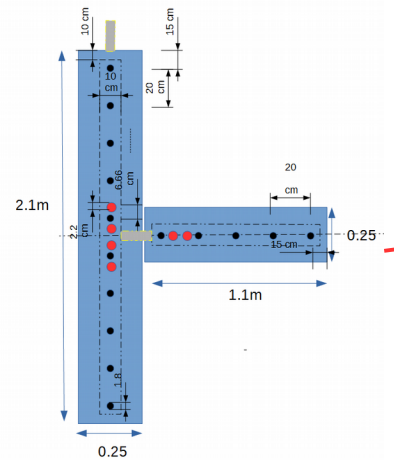
Vitesse de déplacement (gauche) et déplacement Fx (noir) et Ff (bleu)
pour 3 angles d’impact

(vert : 48°, rouge: 63° et noir:75°)

Dispositif de mesure temps réel

MEUSRE D'IMPACT HAUTE FREQUENCE

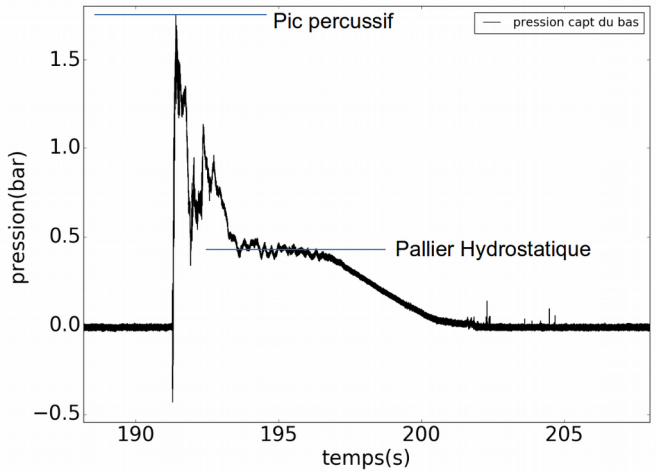
- Mesurer la distribution verticale des pressions d'impact (f=10kHz)
- Comprendre le rôle de l'impact de vagues sur la dégradation d'un ouvrage
- Contrôler l'état d'un ouvrage en temps réel
- Prévoir son évolution dans le temps





Dispositif autonome de mesure de pression d'impact installé sur la digue de l'Artha (St Jean de Luz)





Exemple de signal de pression (Larroque et al., 2018)

Dispositif d'observation temps réel

SYSTÈME AUTONOME DE MESURE VIDÉOMÉTRIQUE

Niveau d'eau HF & régime d'impact

- Hauteur d'implantation ~ 30 m au-dessus MSL
- 4 cameras pour couvrir toute la plage
  - Résolution cross-shore ~ 1-15 cm
  - Résolution longshore ~ 1-5 m
- Logiciel open source SIRENA
- Timestack + Topographie = Niveau d'eau total en zone de swash



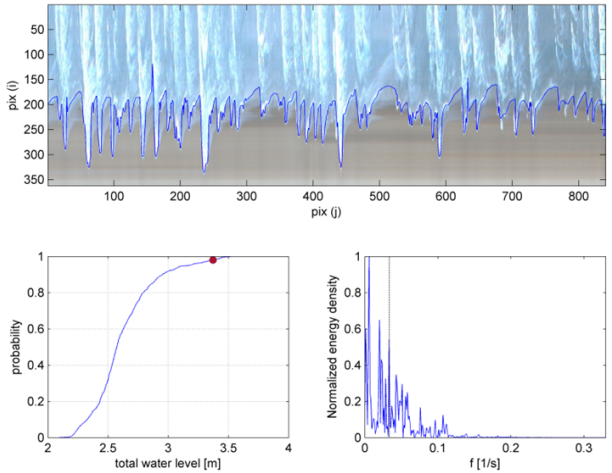
Topography survey to provide beach elevation



Station vidéo sur le site de la GPB



Fréquence éch.: 1 Hz
Durée éch.: 14 min

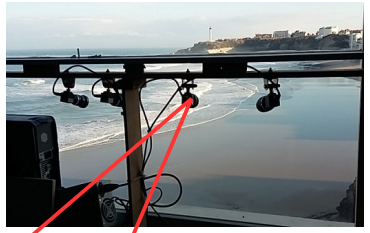


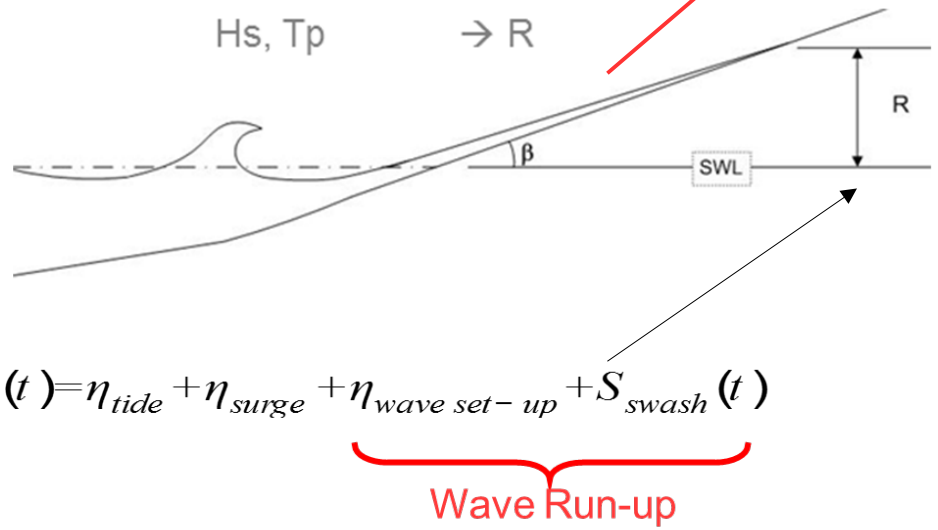
Série temporelle de niveau d'eau

Modélisation des niveaux d'eau

APPROCHE PARAMÉTRIQUE

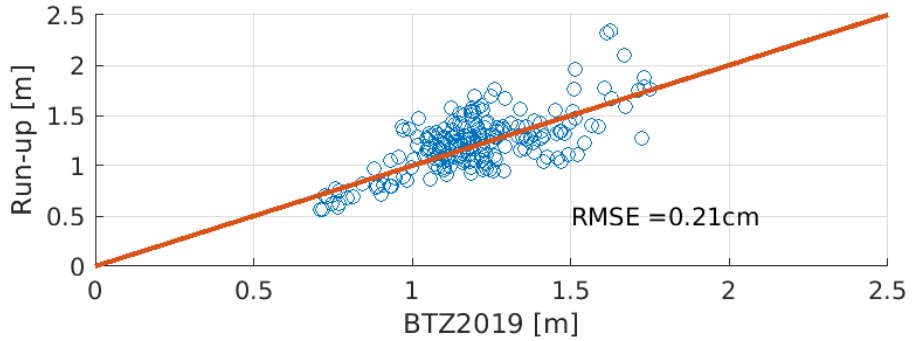






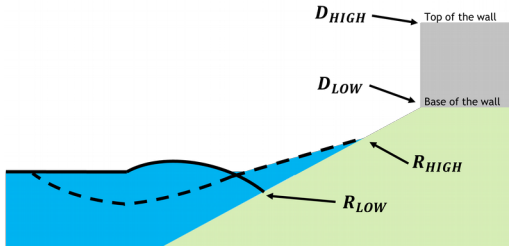
$$\eta(t) = \eta_{tide} + \eta_{surge} + \eta_{wave\ set-up} + S_{swash}(t)$$

$$R_{2\%} = 1.896\, H_s^{0.22}\, s^{0.25}\, T_p^{0.31}\, \beta^{0.24}$$



Détermination de l'intensité d'une tempête

ÉCHELLE DE RÉGIMES D'IMPACT (Sallenger, 2000)



$R_{HIGH} \leq D_{LOW}$ → **Swash**

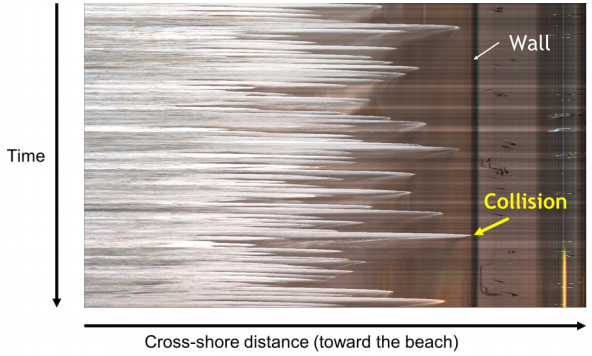
$D_{LOW} \leq R_{HIGH} \leq D_{HIGH}$ → **Collision**

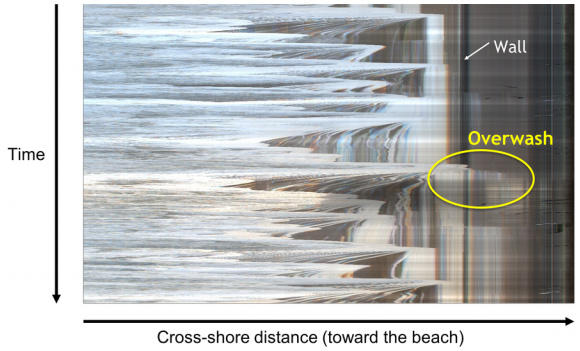
$R_{HIGH} \geq D_{HIGH}$ → **Overwash**

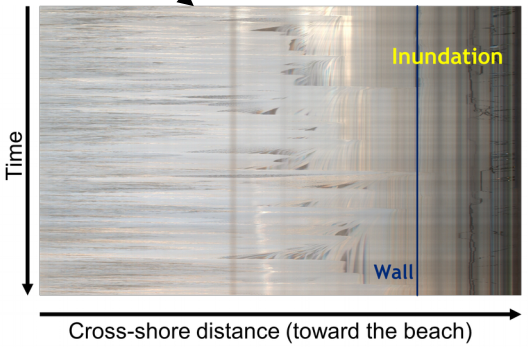
$R_{LOW} \geq D_{HIGH}$ → **Inundation**

Timestack le long du transect



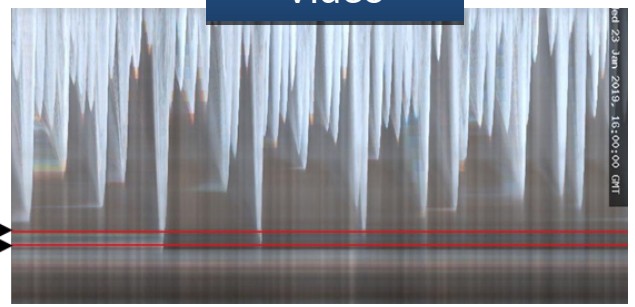






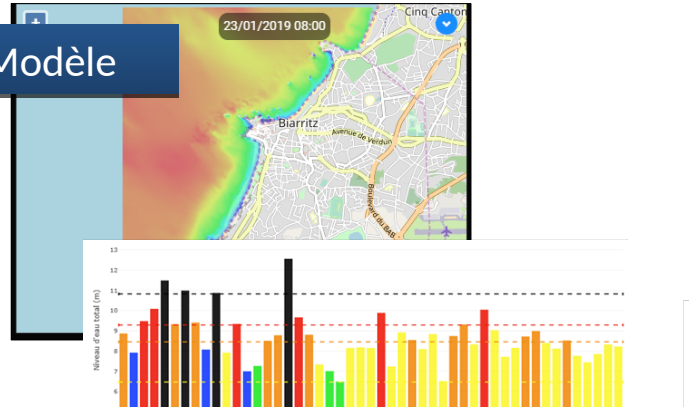
Service opérationel de prévision (projet MAREA)

Vidéo



+

Modèle



Service de prévision locale



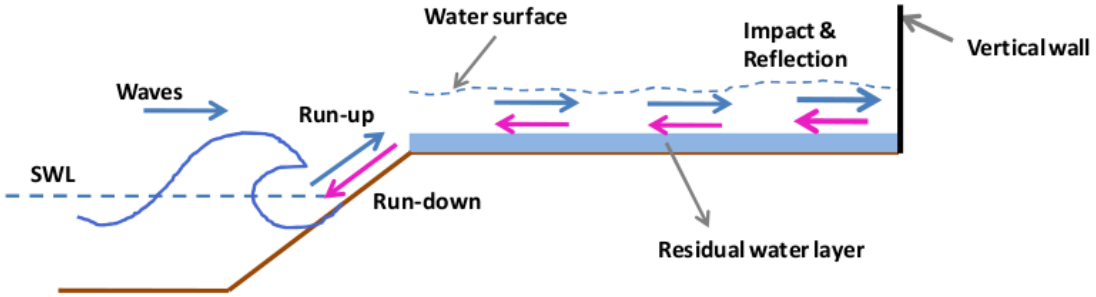
Aide à la décision: mesures de protection

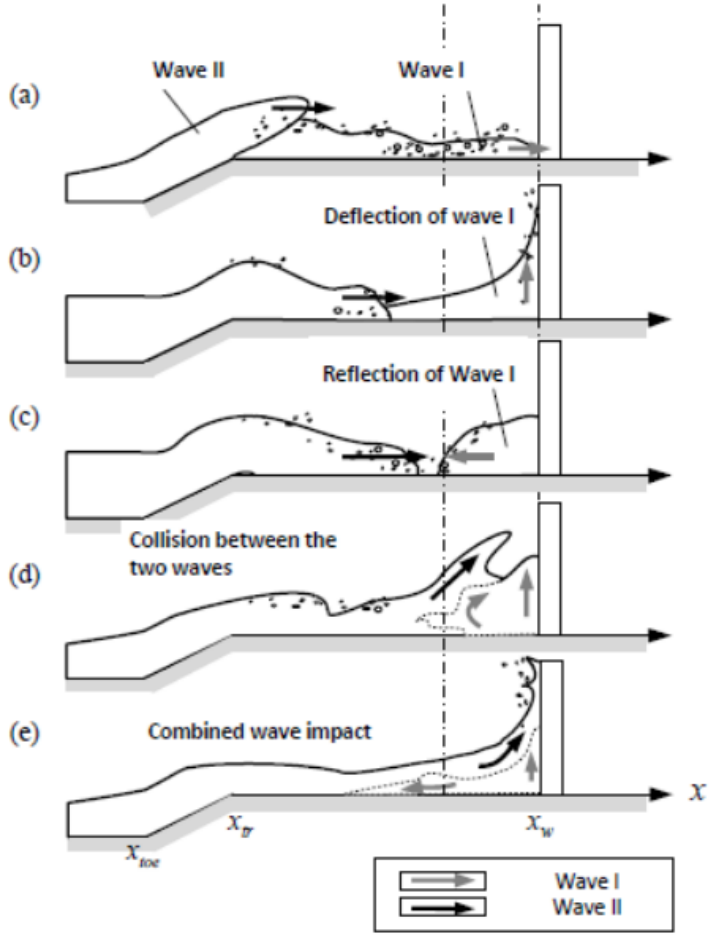


Impact d'une submersion marine

DIFFÉRENTES ÉTAPES DE L'IMPACT



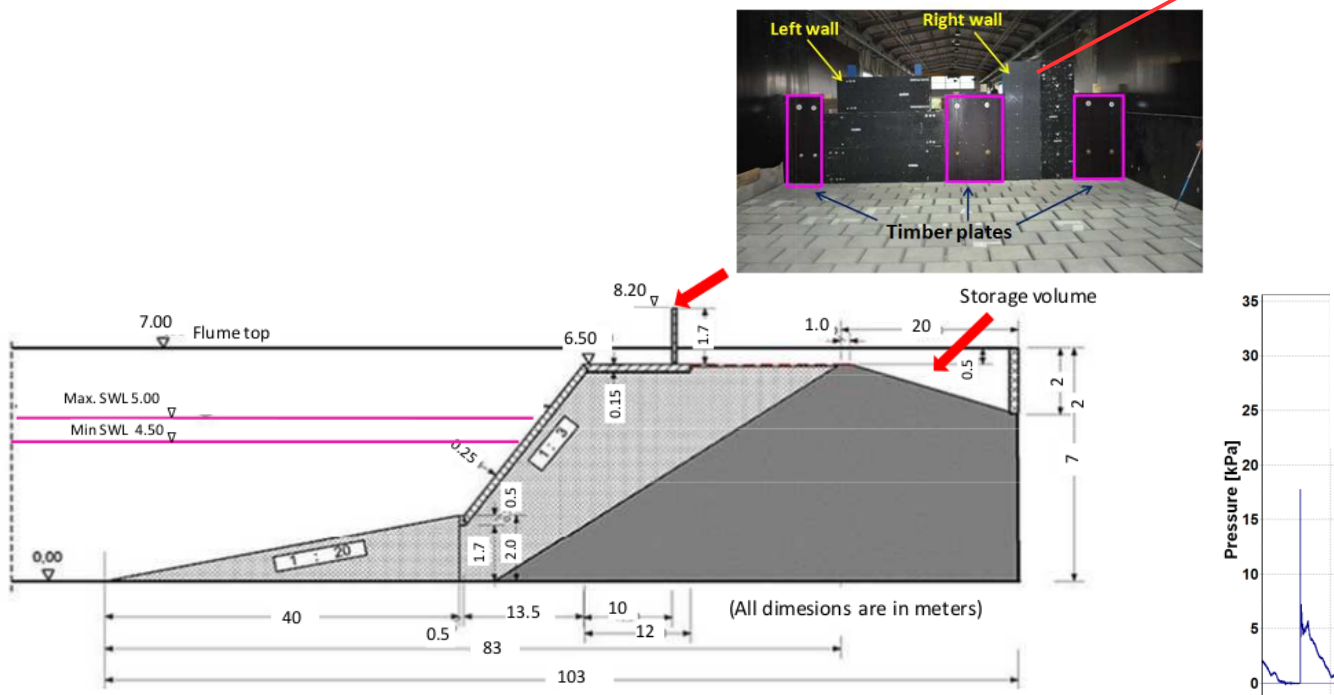




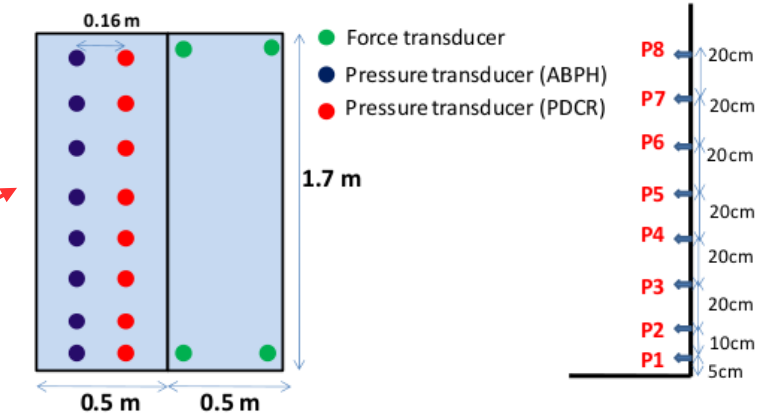
Interaction entre deux événements de submersion (extrait de Chen 2016)

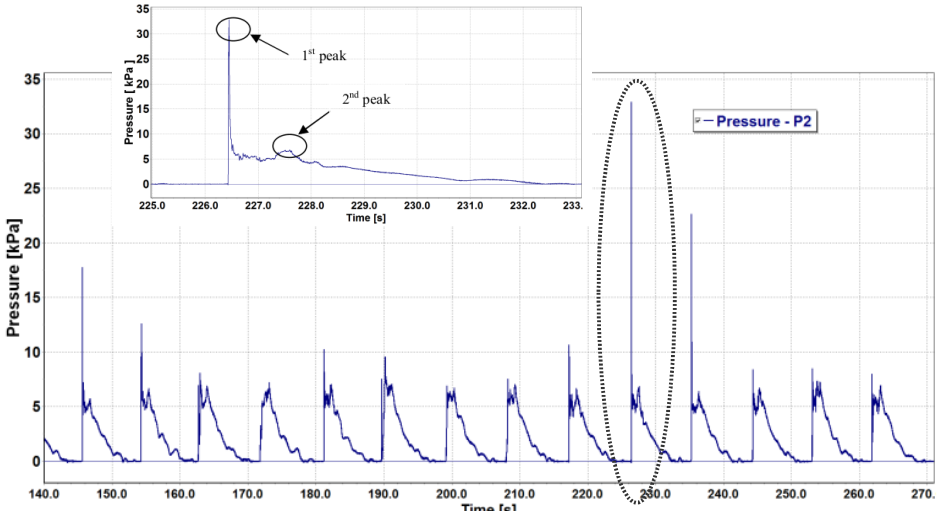
Impact d’une submersion marine

ÉTUDE EN LABORATOIRE



Dispositif expérimental dans le canal GWK à Hannovre (Ramachandran et al., 2012)





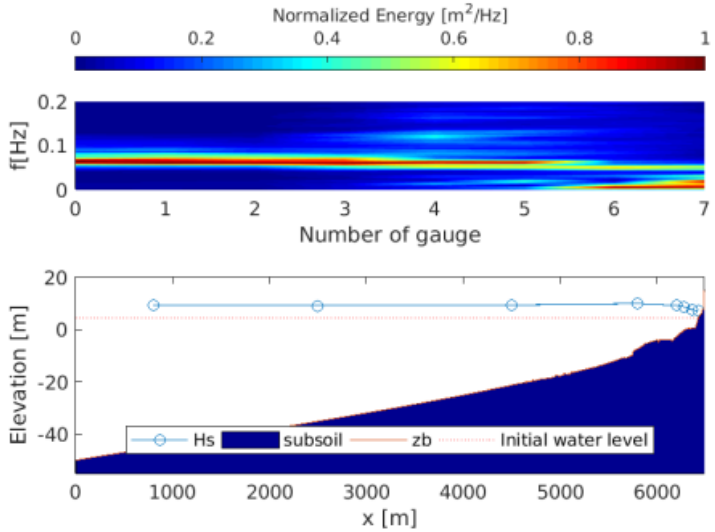
Pression d’impact mesurée en P2 (Conditions incidentes : H=1.5 m et T=9s)

Tempête Hercules (4/01/2014)

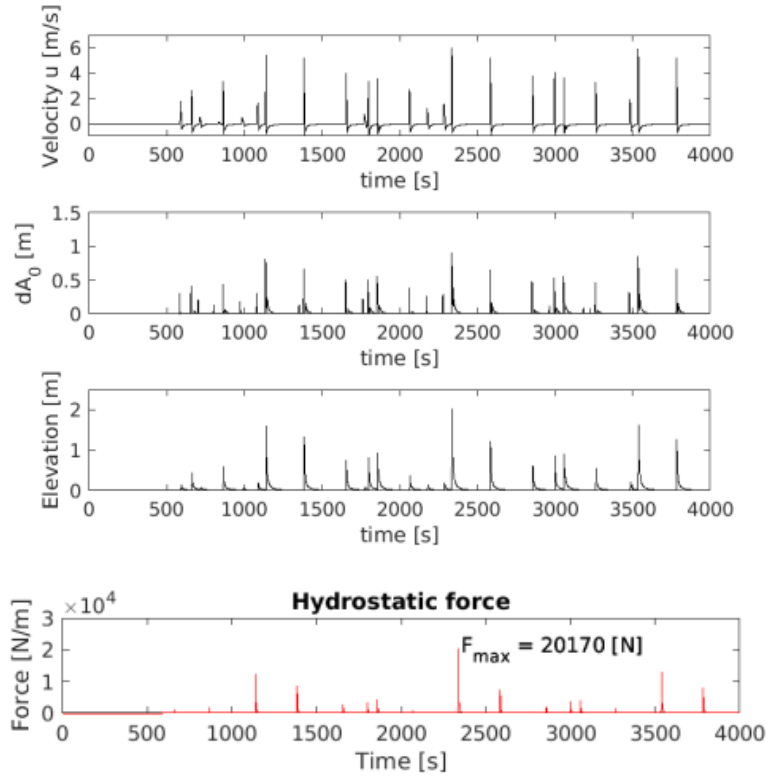
MODÉLISATION DES EFFORTS LIÉS À UNE SUBMERSION MARINE







Transformation des vagues incidentes (XBeach NH)



Effort d'impact_max = 28kN/m
Seuil de résistance d'un panneau de verre = 32kN/m

Conclusion

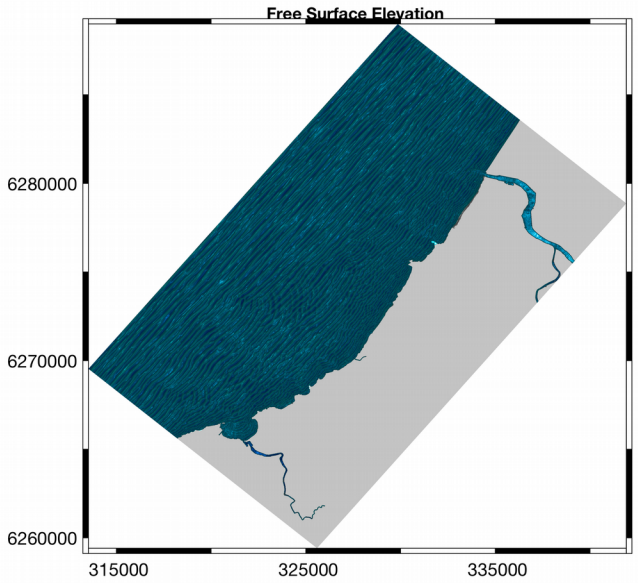
- GESTION DU RISQUE DE SUBMERSION À L'ÉCHELLE LOCALE

- DISPOSITIF DE MESURE AUTONOME PÉRENNE

- MODÉLISATION FINE DES VAGUES POUR DÉCRIRE L'IMPACT

- DÉVELOPPEMENT DE SOLUTIONS DE PROTECTION INNOVANTES





Contributeurs :
S. Abadie, D. Chanu, M. Delpey., I. De Santiago, B. Larroque, N. Lemaire, P. E. Marteau, P. A. Poncet, V. Roeber

COLLOQUE

Risques côtiers : adaptations au changement climatique

26 | 11 | 19

Espace Encan
LA ROCHELLE

Avec le soutien financier de

En partenariat avec