

Couplage vague-morphodynamique du littoral par principe de minimisation

Présentée par Ronan Dupont
le 30 septembre 2024

Sous la direction de Frédéric BOUCHETTE
et Bijan MOHAMMADI

Devant le jury composé de

M. YATES	Chargée de Recherche, HDR	École des Ponts, LHSV	Rapporteuse
E. I. TURKI	Maîtresse de conférences, HDR	Univ de Normandie	Rapporteuse
P. MARCHESIELLO	Directeur de Recherche, HDR	IRD, LEGOS	Examinateur
C. CHOQUET	Professeure	Univ de La Rochelle	Examinaterice
M. ERSOY	Maître de conférences, HDR	Univ de Toulon	Examinateur
F. BOUCHETTE	Professeur	Univ de Montpellier	Directeur de thèse
B. MOHAMMADI	Professeur	Univ de Montpellier	Directeur de thèse



Motivations

- Comprendre et anticiper les phénomènes du littoral comme l'érosion.
- Contribuer à l'avancée de la modélisation numérique côtière.
- Explorer une nouvelle manière de modéliser la dynamique du littoral avec un nombre limité d'hyperparamètres.
- Développer un outil rapide d'exécution pour la conception de structures de défense en ingénierie côtière.



Figure 1: Illustration à Gouville-sur-Mer en février 2020. © Radio France - Lucie Thuillet

Contexte historique (2004 - 2024 F. Bouchette, B. Mohammadi, P. Azerad). Une collaboration long terme avec BRLi.

Contexte historique (2004 - 2024 F. Bouchette, B. Mohammadi, P. Azerad). Une collaboration long terme avec BRLi.



Damien Isèbe (2004 - 2007)

- Optimisation de formes sur des ouvrages de défenses du littoral.
- Optimisation de positionnement de géotubes.
- Étude théorique d'une modèle d'évolution de dunes en régime fluvial.

Contexte historique (2004 - 2024 F. Bouchette, B. Mohammadi, P. Azerad). Une collaboration long terme avec BRLi.

Damien Isèbe (2004 - 2007)

- Optimisation de formes sur des ouvrages de défenses du littoral.
- Optimisation de positionnement de géotubes.
- Étude théorique d'une modèle d'évolution de dunes en régime fluvial.

Afaf Bouharguane (2008 - 2011)

- Introduction hypothèse liant: dynamique du fond / minimisation énergie.
- Études mathématiques de modèles non-locaux (EDP fractionnaires) de type Fowler.

Contexte historique (2004 - 2024 F. Bouchette, B. Mohammadi, P. Azerad). Une collaboration long terme avec BRLi.

Damien Isèbe (2004 - 2007)

- Optimisation de formes sur des ouvrages de défenses du littoral.
- Optimisation de positionnement de géotubes.
- Étude théorique d'une modèle d'évolution de dunes en régime fluvial.

Afaf Bouharguane (2008 - 2011)

- Introduction hypothèse liant: dynamique du fond / minimisation énergie.
- Études mathématiques de modèles non-locaux (EDP fractionnaires) de type Fowler.

Megan Cook (2018 - 2021)

- Introduction contraintes physiques sur le modèle de minimisation (conservation, pente, etc). Développement du modèle OptiMorph.
- Optimisation du réaménagement du port de la Turballe avec suivi du trait de côte.

Sommaire

- 1 Comment construire un modèle de dynamique des plages sableuses, à création de barres sédimentaires, comme solution d'un problème de minimisation ?
- 2 Vers un modèle morphodynamique

- 1 Comment construire un modèle de dynamique des plages sableuses, à création de barres sédimentaires, comme solution d'un problème de minimisation ?
- 2 Vers un modèle morphodynamique

Quelle quantité doit évoluer ?

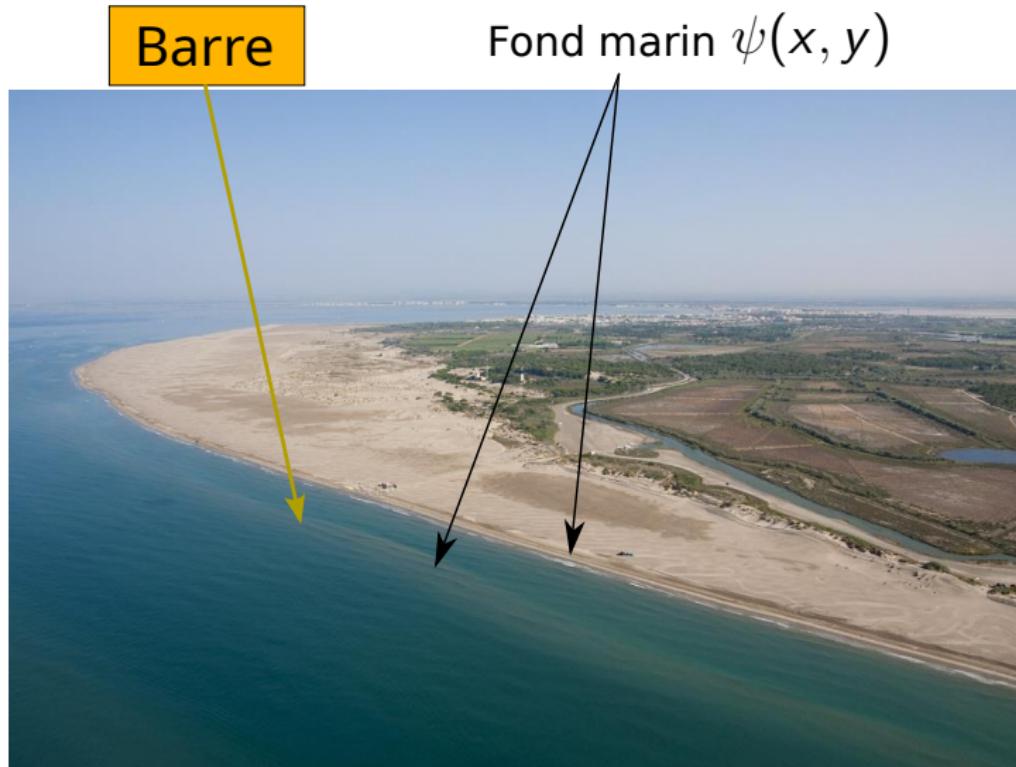


Figure 2: Plage de l'Espiguette

Quelle quantité minimiser ?



Figure 3: Under impact of waves - Li Yan et al. (2019)

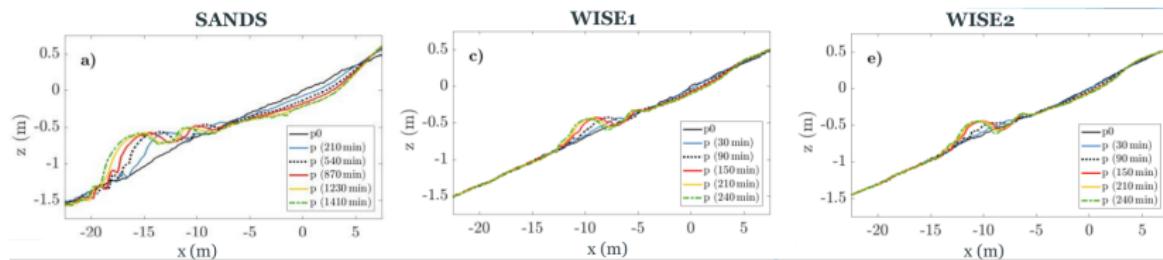


Figure 4: Evolution of beach profiles under erosive (left panels) wave conditions in SANDS, WISE 1 and WISE 2 at selected time steps. - Sonja Eichentopf et al. (2018)

Quelle quantité minimiser ?

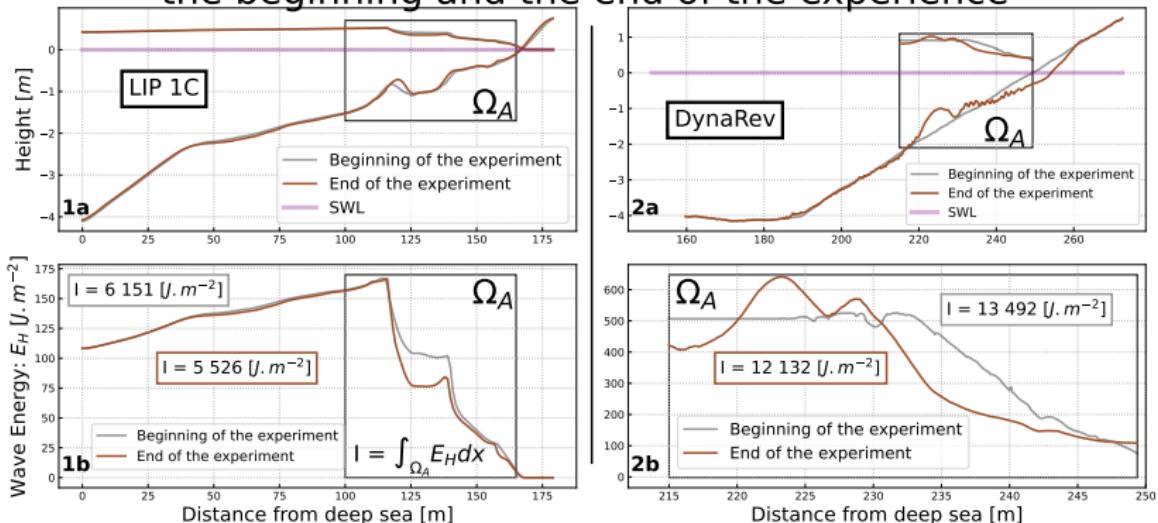
Comparison of Wave Energy E_H between the beginning and the end of the experience

Figure 5: 1) Expérience LIP 1C avec H générée par XBeach. 2) Expérience DynaRev avec H mesuré par LIDAR. a) Fond et Hauteur d'eau moyennée au début de l'expérience (gris), Fond et Hauteur d'eau moyennée à la fin de l'expérience (marron). b) Énergies des vagues associées aux hauteurs d'eaux. L'énergie est calculée sur Ω_A .

Quelle quantité minimiser ?

$$I_i \approx 0.9 I_f$$

Comparison of Wave Energy E_H between the beginning and the end of the experience

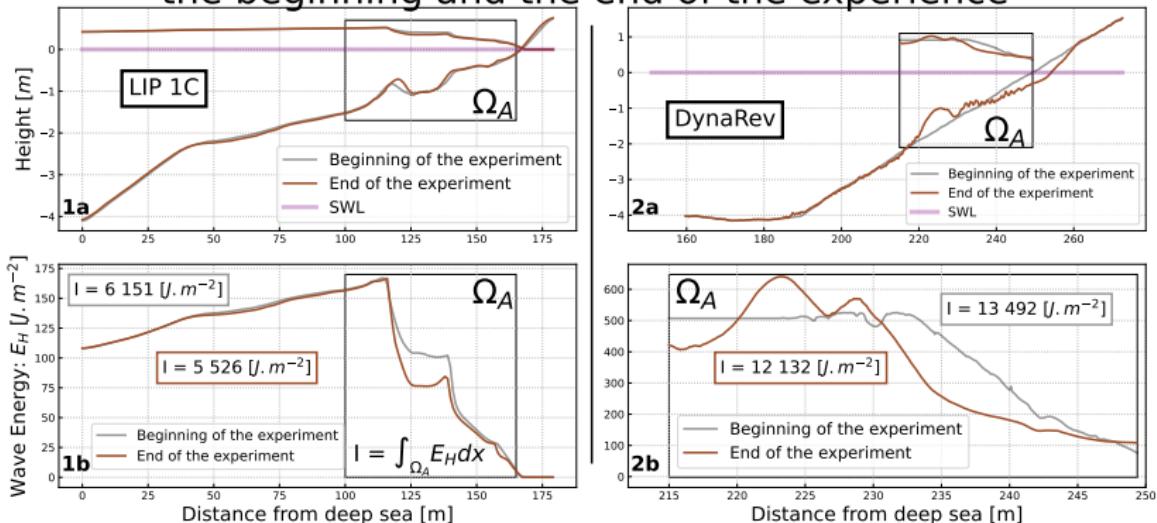


Figure 5: 1) Expérience LIP 1C avec H généré par XBeach. 2) Expérience DynaRev avec H mesuré par LIDAR. a) Fond et Hauteur d'eau moyennée au début de l'expérience (gris), Fond et Hauteur d'eau moyennée à la fin de l'expérience (marron). b) Énergies des vagues associées aux hauteurs d'eaux. L'énergie est calculée sur Ω_A .

Quelle quantité minimiser ?

Minimiser l'énergie des vagues à travers la fonction de coût:

$$\mathcal{J} = \int_{\Omega} E_H d\Omega$$

représente la physique.

Quel fond minimise l'énergie des vagues ?



Quel est le fond ψ minimisant l'énergie des vagues ? $\min_{\psi} \mathcal{J}(\psi)$?

Un "fond possible"...



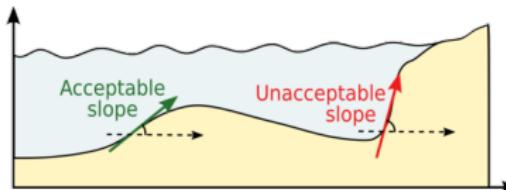
Image provenant d'un photomontage.

Cette solution à $\boxed{\mathcal{J} = 0}$ minimise au maximum l'énergie des vagues.

Ajout de contraintes physiques

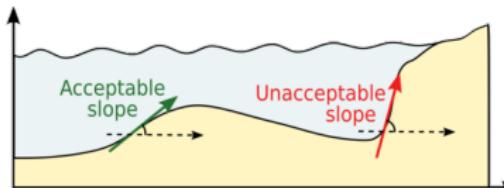
Ajout de contraintes physiques

- Pente maximale:

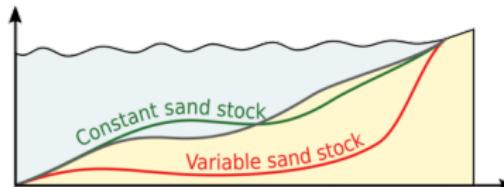


Ajout de contraintes physiques

- Pente maximale:

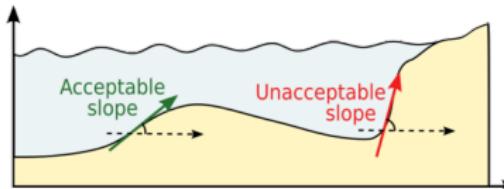


- Conservation sableuse:

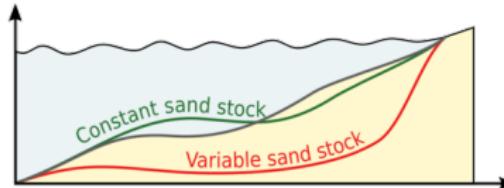


Ajout de contraintes physiques

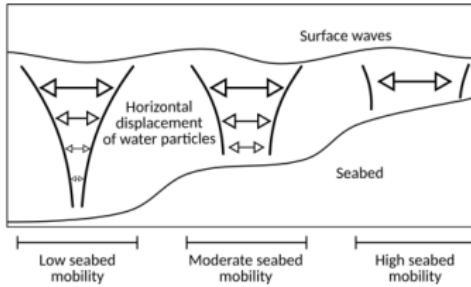
- Pente maximale:



- Conservation sableuse:



- Excitation sableuse:



- 1 Comment construire un modèle de dynamique des plages sableuses, à création de barres sédimentaires, comme solution d'un problème de minimisation ?
- 2 Vers un modèle morphodynamique
Présentation du modèle

- 1 Comment construire un modèle de dynamique des plages sableuses, à création de barres sédimentaires, comme solution d'un problème de minimisation ?
- 2 Vers un modèle morphodynamique
Présentation du modèle

Premier workflow du modèle et quelques notations

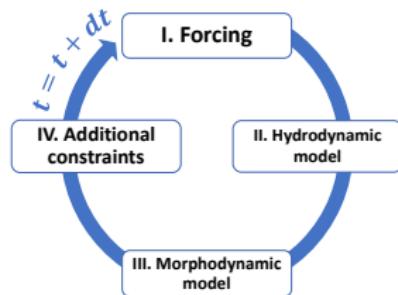


Figure 6: Premier workflow.

Figure 7: Notations usuelles sur l'expérience Copter.

Premier workflow du modèle et quelques notations

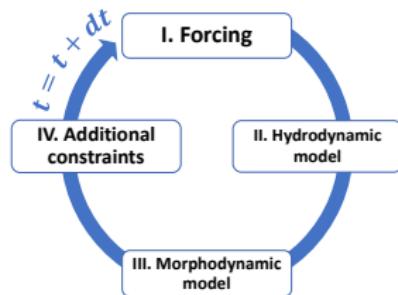


Figure 6: Premier workflow.

Figure 7: Notations usuelles sur l'expérience Copter.

- Paramètres hydrodynamique: $H_0(t)$, $T_0(t)$, γ .

Premier workflow du modèle et quelques notations

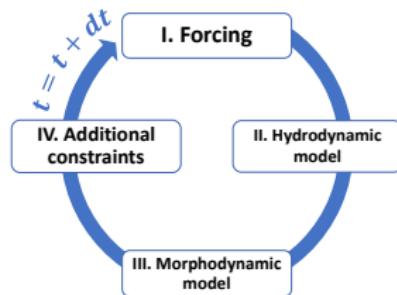


Figure 6: Premier workflow.

Figure 7: Notations usuelles sur l'expérience Copter.

- Paramètres hydrodynamique: $H_0(t)$, $T_0(t)$, γ .
- Paramètres morphodynamique:

Premier workflow du modèle et quelques notations

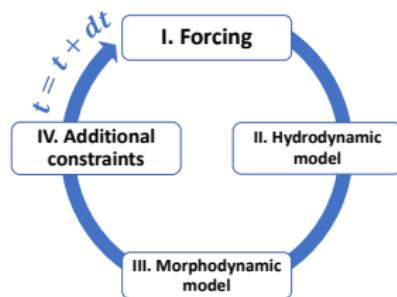


Figure 7: Notations usuelles sur l'expérience Copter.

Figure 6: Premier workflow.

- Paramètres hydrodynamique: $H_0(t)$, $T_0(t)$, γ .
- Paramètres morphodynamique:
- Paramètres géométriques: ψ_0 , Ω , h_0 , β .

Premier workflow du modèle et quelques notations

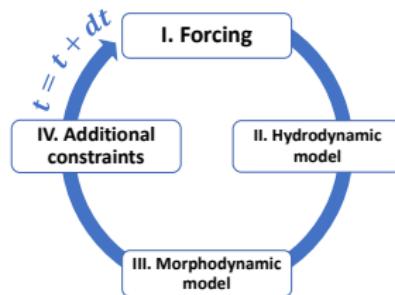


Figure 7: Notations usuelles sur l'expérience Copter.

Figure 6: Premier workflow.

- Paramètres hydrodynamique: $H_0(t)$, $T_0(t)$, γ .
- Paramètres morphodynamique:
- Paramètres géométriques: ψ_0 , Ω , h_0 , β .
- Paramètres numériques: Δx , Δt , T_f .
 Υ .