

# MÉTHODE DE COUPLAGE VAGUE-MORPHODYNAMIQUE DU LITTORAL PAR PRINCIPE DE MINIMISATION

R. Dupont <sup>1, 2, 3</sup>

<sup>1</sup> GEOSCIENCES-M, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France, ronan.dupont@umontpellier.fr

<sup>2</sup> IMAG, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France

<sup>3</sup> GLADYS, Univ Montpellier, CNRS, Le Grau du Roi, France

## INTRODUCTION

- Un nouveau modèle de morphodynamique du littoral a été développé sur la base de la **minimisation de l'énergie** sous contrainte. C'est le **premier modèle** à création de barre sédimentaire. Cette approche pourrait à terme s'étendre dans de nouvelles disciplines.
- Opti-Morph est un code **robuste** qui a été validé numériquement en terme de stabilité et sensibilité.
- Opti-Morph a été validé à travers des cas comparant des données expérimentales de canal et des simulations numériques avec XBeach.
- Le modèle est **rapide** et de **faible complexité**.
- Les calculs peuvent être exécutés en parallèle sur un cluster HPC.
- Ce modèle peut utiliser des données réelles allant du 1D au 2D (multi-1D).

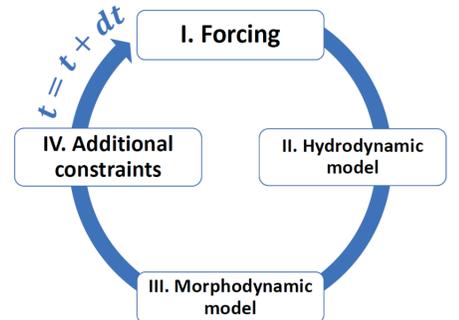


Fig. 1. Schéma de fonctionnement d'OptiMorph

## MODÈLE NUMÉRIQUE

### 1) Fonction coût:

L'évolution du fond marin  $\psi$  est obtenu par principe de minimisation de la fonction coût  $J$ . Ici on minimise l'énergie d'une vague avant le déferlement.

$$J(\psi, t) = \frac{1}{16} \int_{\Omega_s} \rho_w g H^2(\psi, x, t) dx \quad [J.m^{-1}]$$

$\Omega_s$  : zone avant déferlement [m]  
 $\rho_w$  : densité de l'eau [kg.m<sup>-3</sup>]  
 $g$  : accélération gravitationnelle [m.s<sup>-2</sup>]  
 $H$  : hauteur significative de la vague [m].

### 2) Équation du système:

Le fond marin  $\psi$  est obtenu grâce à l'équation suivante résultant du principe de descente du gradient.

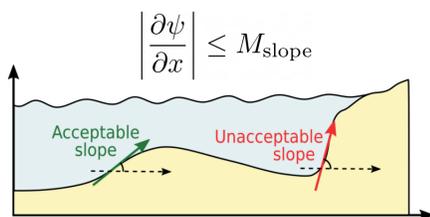
$$\begin{cases} \psi(t=0) = \psi_0 \\ \psi_t = \Upsilon \Lambda d \end{cases}$$

$\psi_t$  : évolution du fond marins en temps [m.s<sup>-1</sup>]  
 $\Upsilon$  : abrasion du sable [m.s.kg<sup>-1</sup>]  
 $\Lambda$  : excitation du fond marin par les vagues  
 $\psi_0$  : élévation initiale du fond de la mer [m].

Des contraintes sont ajoutées à  $d = -\nabla_{\psi} J$  afin que le modèle soit le plus réaliste possible.

### 3) Contraintes:

La pente du fond marin est conditionnée par un seuil  $M_{slope}$  limitant un scénario où les grains ne tomberaient pas.



On considère bien souvent la conservation du sable au cours du temps.

$$\int_{\Omega} \psi(t, x) dx = \int_{\Omega} \psi_0(x) dx \quad \forall t \in [0, T]$$

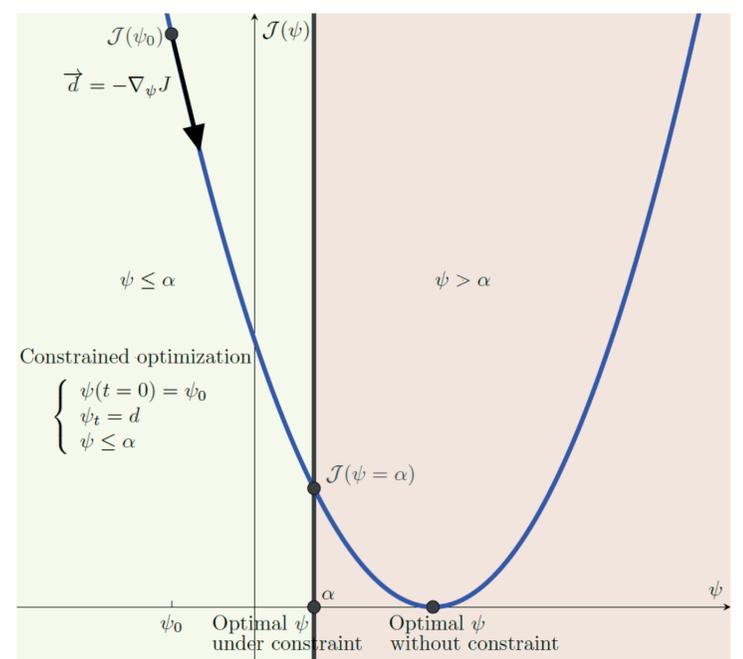
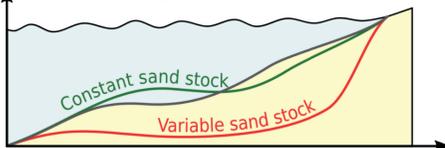


Fig. 2. Illustration de descente du gradient avec des contraintes de conservation sableuse et de pente représentées par  $\psi \leq \alpha$ . L'optimum ne correspond pas nécessairement au point critique.

## APPLICATIONS À UN CAS MULTI-1D SUR LE GOLFE D'AIGUES-MORTES

- Simulation d'une tempête de plusieurs jours.
- Ajout d'une structure de protection géotube en forme de gaussienne.
- Calculs parallélisés sur 10 transects représentés en noirs. Résultat obtenus en moins de 5 minutes.
- Réduction de l'érosion de la plage.
- Résultats similaires à ceux de la campagne expérimentale COPTER.

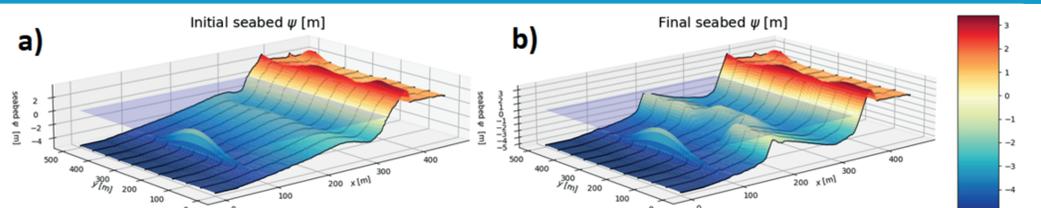


Fig. 3. a) Bathymétrie initiale sur le Golfe d'Aigues-Mortes en ajoutant un géotube en forme de gaussienne avec une hauteur maximale de 3m. b) Bathymétrie finale après simulation d'une tempête de plusieurs jours.

## AXES DE RECHERCHE

- Implémentation et validation d'un nouveau modèle hydrodynamique polyvalent sur un plus grand nombre de cas d'utilisation.
- Validation du modèle morphodynamique pour un large panel de simulations : 2D, 1D, acretion, ...
- Confrontations des nouveaux modèles à des données issues d'expérimentations validées par le partenaire GLADYS.
- Extension de cette notion de transport optimal à d'autres disciplines : développement mathématique de nouveaux formalismes et concepts.

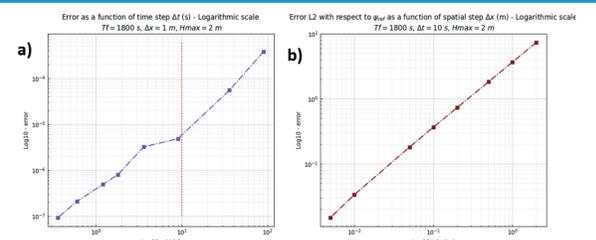


Fig. 4. Exemple de validation numérique du code. a) Validation de convergence temporelle. b) Validation de convergence spatiale

## RÉFÉRENCES

D. Isebe, P. Azerad, B. Mohammadi, F. Bouchette (2007). Optimal shape design of defense structures for minimizing short wave impact.

M. Cook, F. Bouchette, B. Mohammadi, L. Sprunck, N. Fraysse (2021) Optimal port design minimizing standing waves with a posteriori long term shoreline sustainability analysis.

M. Cook, F. Bouchette, B. Mohammadi, L. Sprunck, N. Fraysse (2021) Application of Opti-Morph: Optimized beach protection by submerged geotextile tubes.

B. Mohammadi, & A. Bouharguane (2011). Optimal dynamics of soft shapes in shallow waters. Computers and Fluids

