

Optimisation globale sur un modèle hydrodynamique en génie côtier

Damien ISEBE

P.Azerad, F. Bouchette, B. Mohammadi

Institut de Mathématiques et de Modélisation de Montpellier



contact: <http://www.math.univ-montp2.fr/~isebe>

Projet COPTER

- **Projet COPTER**
- Théorie linéaire de la houle
 - h constant
- h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle
 - refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée :
 - protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires :
 - Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

Conception, Optimisation et ProTypage d'ouvrages de lutte contre l'ERosion en domaine littoral

- **objectif : développement d'outils d'optimisation et d'aide à la conception de dispositifs de protection des plages**

- **Partenaires principaux :**

- *13M*
- *ISTEEM*

- **Partenaires industriels :**

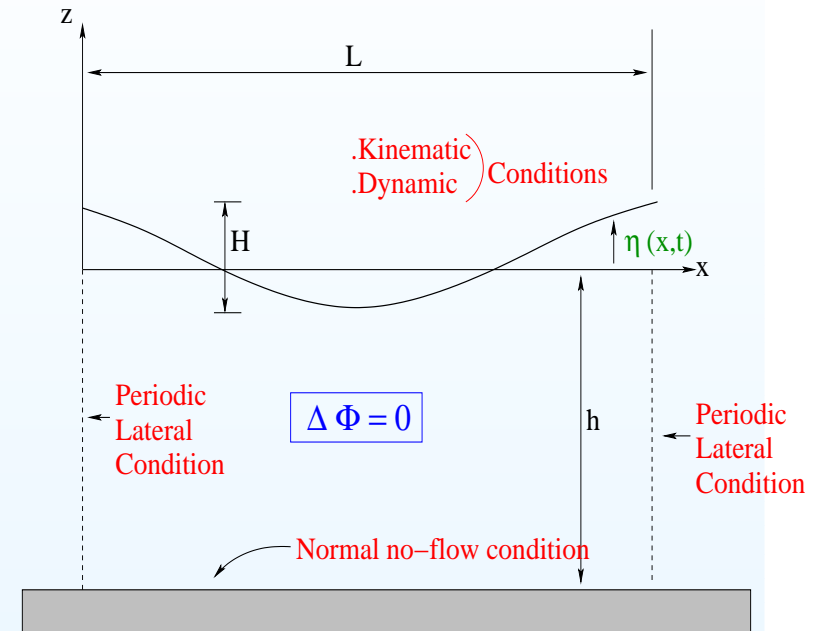
- *BRL ingénierie* - Nimes
- *INHA* - Barcelona



Theorie linéaire de la houle - h constant

- Projet COPTER
- Theorie linéaire de la houle - h constant
- h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée : protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires : Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\phi = 0 \text{ dans } -h < z < 0 \\ \frac{\partial\phi}{\partial z} = 0 \text{ sur } z = -h \\ g\frac{\partial\phi}{\partial z} - \omega^2\phi = 0 \text{ sur } z = 0 \end{array} \right.$$



\Rightarrow solution pour $\Phi(\mathbf{x}, z, t) = \phi(\mathbf{x}, z)e^{-i\omega t}$:

$$\phi(\mathbf{x}, z) = -\frac{ig}{\omega} (a \cdot e^{i(\mathbf{k} \cdot \mathbf{x})}) f(z)$$

et k vérifie :

$$\omega^2 = gk \tanh kh$$

h variable \Rightarrow équation de pente douce

- Projet COPTER
- Théorie linéaire de la houle
 - h constant
 - h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle
 - refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée :
 - protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires :
 - Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\phi = 0 \text{ dans } -h(\mathbf{x}) < z < 0 \\ \frac{\partial\phi}{\partial z} = -\nabla h \cdot \nabla\phi \text{ sur } z = -h(\mathbf{x}) \\ g\frac{\partial\phi}{\partial z} - \omega^2\phi = 0 \text{ sur } z = 0 \end{array} \right.$$

- hypothèses : $\mu = O\left(\frac{\nabla h}{kh}\right) \ll 1$ et $\phi(\mathbf{x}, z) = -\frac{ig}{\omega}\eta(\mathbf{x})f(z)$
- approximation elliptique :

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \eta) + \omega^2 \left(\frac{C_g}{C}\right) \eta = 0$$

avec, $C = \sqrt{\frac{g}{k} \tanh kh}$ et $C_g = C \frac{(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh})}{2}$

- Références : Berkhoff (1972), Radder (1979), Booij (1983)
- estimation de l'erreur $\Rightarrow O(\mu^2)$ (Smith & Sprinks (1975))

modèle refraction-diffraction (REF/DIF)

- Projet COPTER
- Theorie linéaire de la houle
 - h constant
 - h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée : protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires : Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

- Combinaison "équation pente douce (Berkhoff-Radder-Booij)" & "approximation parabolique pour la diffraction (Yue-Mei-Tuck (1980))"

\Rightarrow code REF/DIF (Fortran, C++)

Kirby & Dalrymple (1983) - Center for Applied Coastal Research, University of Delaware, US.

- Références :
J. T. Kirby & R. A. Dalrymple, *A parabolic equation for the combined refraction diffraction of Stokes waves by mildly varying topography*, J. Fluid. Mechanics, 1983, 136,443-466

Le problème

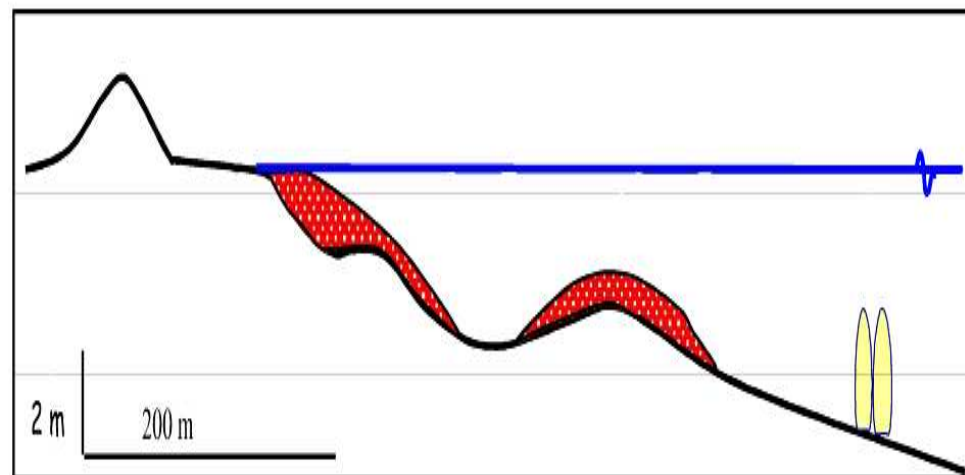
- Projet COPTER
- Théorie linéaire de la houle
 - h constant
- h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle refraction-diffraction (REF/DIF)
- **Le problème**
- Solution envisagée : protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires :
 - Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives




source : www.lelido.net

Solution envisagée : protection et aménagement durable

- Projet COPTER
- Théorie linéaire de la houle
 - h constant
 - h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- **Solution envisagée : protection et aménagement durable**
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires : Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

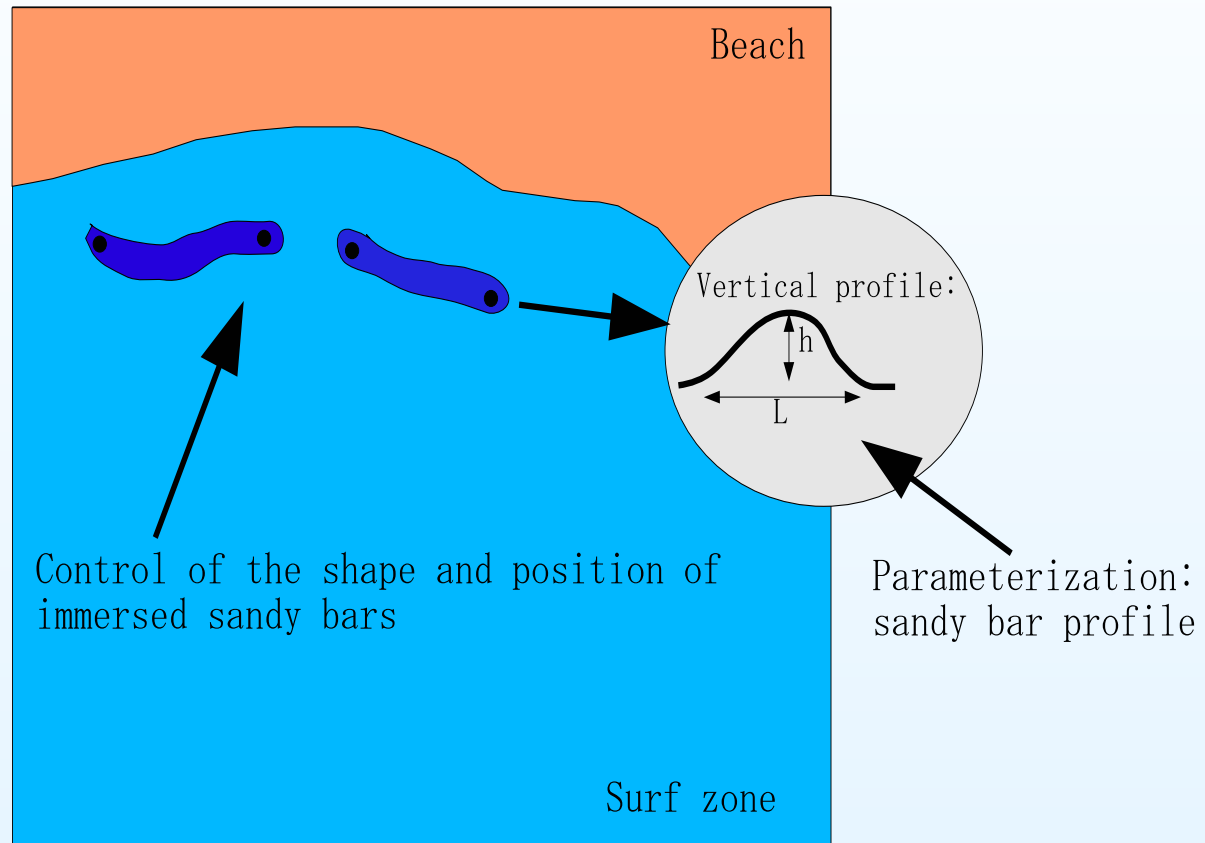


 Rechargement en sable

 Ouvrage atténuateur de houles

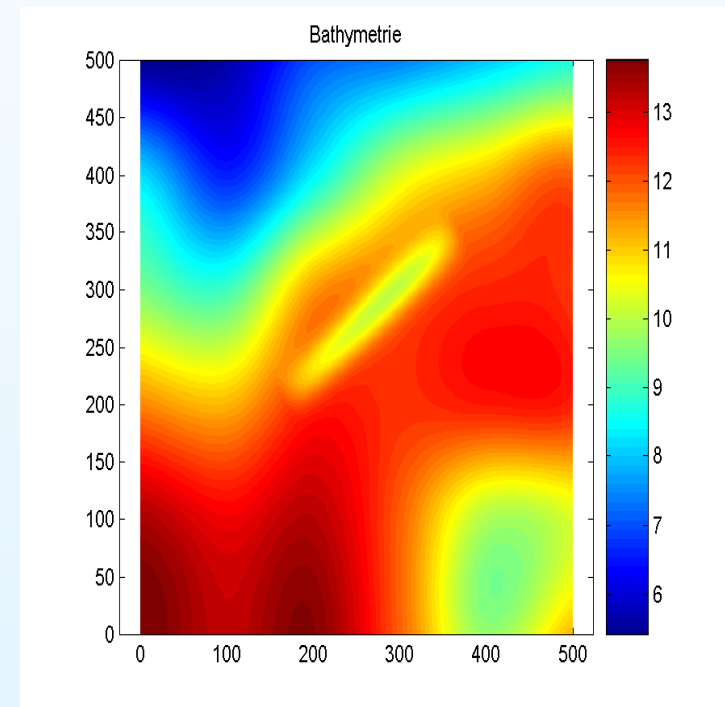
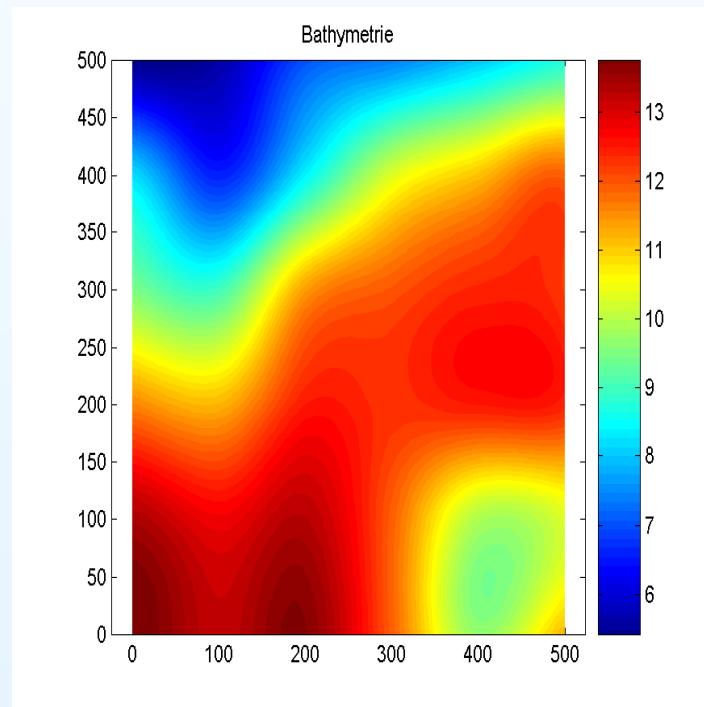
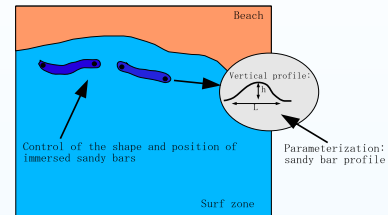
Parametrisation

- Projet COPTER
- Theorie linéaire de la houle
 - h constant
- h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée : protection et aménagement durable
- Parametrisation
- Parametrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires : Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives



Parametrisation

- Projet COPTER
- Theorie linéaire de la houle
 - h constant
 - h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle
 - refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée :
 - protection et aménagement durable
- Parametrisation
 - Parametrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires :
 - Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives



Fonction coût -Méthode d'optimisation

- minimisation de l'énergie de mise en suspension des sédiments sur une région donnée :

⇒ Pour une direction donnée $\theta = (S, SSE, ESE, E)$,

$$J_{\theta} = \frac{\sum \text{Energie pour la houle t-q } Hs_i > H_{lim}}{\sum \text{Energie pour la houle t-q } Hs_i < H_{lim}}$$

avec $E = \frac{1}{8}\rho g H^2$ et $H_{lim} = 2m$

- Projet COPTER
- Theorie linéaire de la houle
 - h constant
- h variable ⇒ équation de pente douce
- modèle
 - refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée :
 - protection et aménagement durable
- Parametrisation
- Parametrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires :
 - Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

Fonction coût -Méthode d'optimisation

- **minimisation de l'énergie de mise en suspension des sédiments** sur une région donnée :

⇒ Pour une direction donnée $\theta = (S, SSE, ESE, E)$,

$$J_{\theta} = \frac{\sum \text{Energie pour la houle t-q } Hs_i > H_{lim}}{\sum \text{Energie pour la houle t-q } Hs_i < H_{lim}}$$

avec $E = \frac{1}{8}\rho g H^2$ et $H_{lim} = 2m$

- **algorithme d'optimisation globale récursif** : utilisant la solution de problème à valeurs aux limites pour l'optimisation globale (Matlab).

Réf : D. Isèbe, B. Ivorra et B. Mohammadi : *Progress in global optimization and shape design*, High performance Scientific Computing, Springer Science, 2006 (à paraître)

- Projet COPTER
- Theorie linéaire de la houle
- h constant
- h variable ⇒ équation de pente douce
- modèle
refraction-diffraction
(REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée :
protection et
aménagement durable
- Parametrisation
- Parametrisation
- **Fonction coût -Méthode d'optimisation**
- Résultats préliminaires :
Echantillonnage de la
distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

Résultats préliminaires : Echantillonnage de la distance à la côte

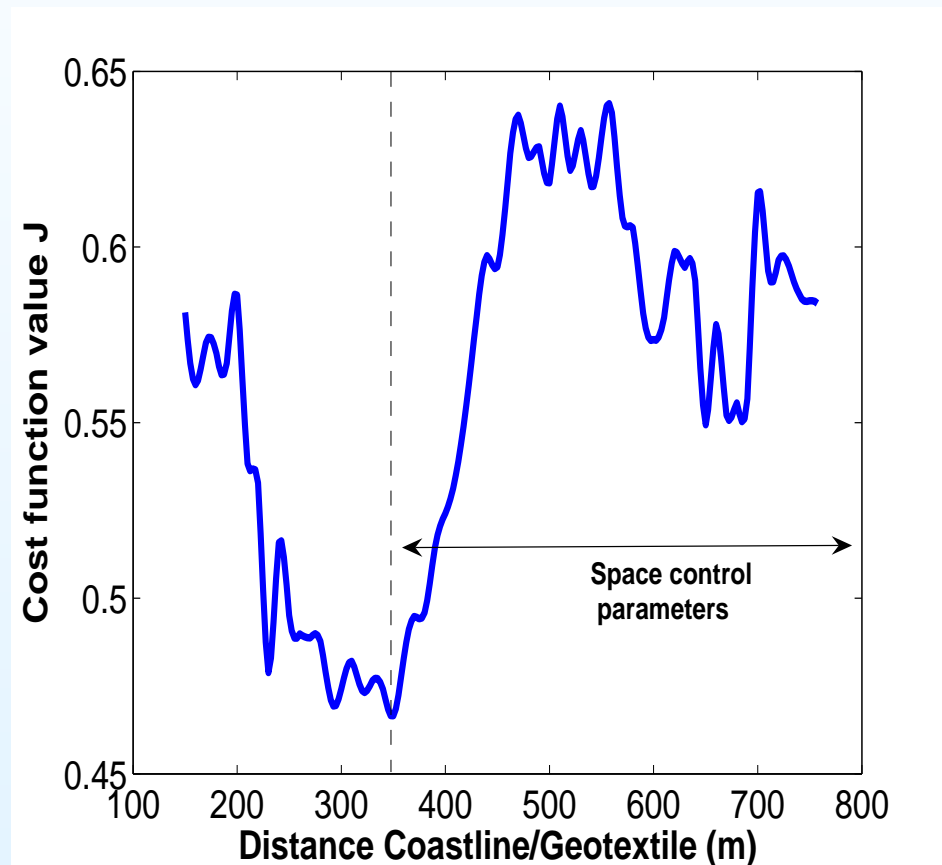
- Projet COPTER
- Théorie linéaire de la houle
 - h constant
- h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle
 - refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée :
 - protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires :
 - Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

- On fixe $H = 3\text{m}$ et $l = 12\text{m}$ ($2 * 6\text{m}$)
- Initialement, distance à la côte = 550m

Résultats préliminaires : Echantillonnage de la distance à la côte

- Projet COPTER
- Théorie linéaire de la houle
 - h constant
 - h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle
 - refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée :
 - protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires :
 - Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

- On fixe $H = 3\text{m}$ et $l = 12\text{m}$ ($2 * 6\text{m}$)
- Initialement, distance à la côte = 550m



Application de l'algorithme d'optimisation récursif

- Projet COPTER
- Théorie linéaire de la houle
 - h constant
- h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle
 - refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée :
 - protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires :
 - Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

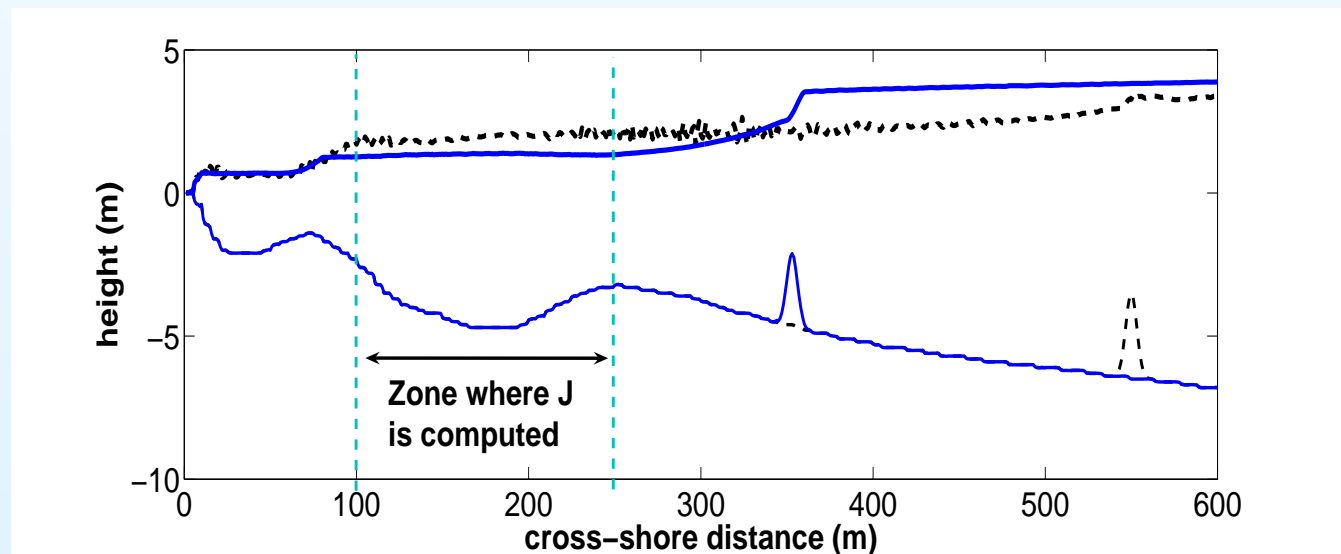
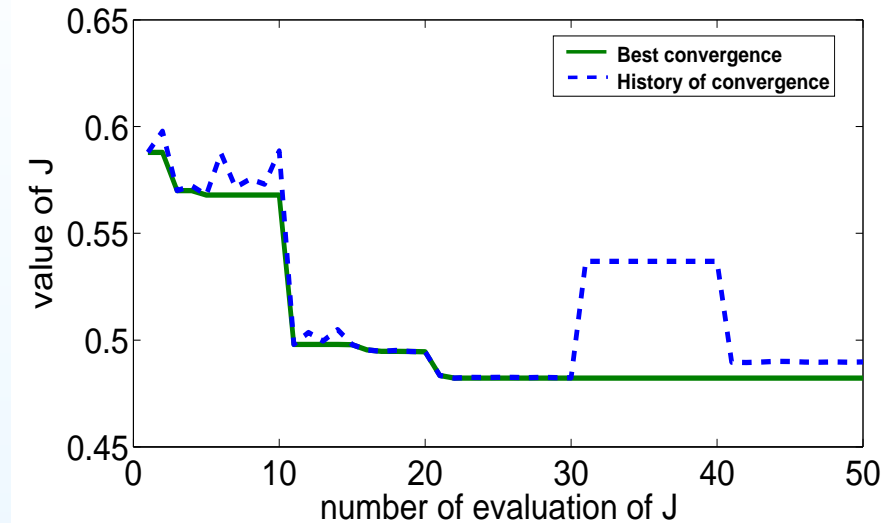
- On cherche à optimiser : d_c et H
- paramètres initiaux : $d_c = 550\text{m}$ et $H = 3\text{m}$
- paramètres optimaux : $d_c = 353\text{m}$ et $H = 2.5\text{m}$

Propriétés :

- Gain -26% par rapport à la configuration initiale
- Gain -21% par rapport au Lido non-protégé
- **transparence** vis-à-vis des houles bénéfiques
- **réduction** de l'énergie pour chaque direction pour les houles destructrices

Application de l'algorithme d'optimisation récursif

- Projet COPTER
- Théorie linéaire de la houle
 - h constant
 - h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée : protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires : Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives



Perspectives

- Projet COPTER
- Théorie linéaire de la houle
 - h constant
- h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle
 - refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée :
 - protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires :
 - Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

- Projet COPTER (ANR) :
 - optimisation de forme sur des problèmes d'ingénierie côtière réalistes (ISTEEM + BRL)
 - test de nos structures optimisées en bassin à houle (INHA)
- étude théorique d'un modèle couplé :
 - propagation de la houle - équations de Saint-Venant
 - morphodynamique - équation du fond marin

Perspectives

- Projet COPTER
- Théorie linéaire de la houle
 - h constant
 - h variable \Rightarrow équation de pente douce
- modèle
 - refraction-diffraction (REF/DIF)
- Le problème
- Solution envisagée :
 - protection et aménagement durable
- Paramétrisation
- Paramétrisation
- Fonction coût -Méthode d'optimisation
- Résultats préliminaires :
 - Echantillonnage de la distance à la côte
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Application de l'algorithme d'optimisation récursif
- Perspectives

- Projet COPTER (ANR) :
 - optimisation de forme sur des problèmes d'ingénierie côtière réalistes (ISTEEM + BRL)
 - test de nos structures optimisées en bassin à houle (INHA)
- étude théorique d'un modèle couplé :
 - propagation de la houle - équations de Saint-Venant
 - morphodynamique - équation du fond marin

— FIN —