

# Journées Scientifiques

Edition 2022 – vendredi 3 juin

# PROSE

(Projet de Recherche Offshore Sismique et géo-Électrique)

*présentation : Donatienne Leparoux & Sérgio Palma Lopes , Univ Eiffel, équipe GERS-GeoEND*



PROSE Project

JOURNÉES SCIENTIFIQUES

# PROSE (2016-2021 ... 2022 ?)



## Contexte et Objectif :

Développement d'imagerie quantitative de la proche surface du sous-sol en Moyen-offshore pour l'implantation d'éoliennes.

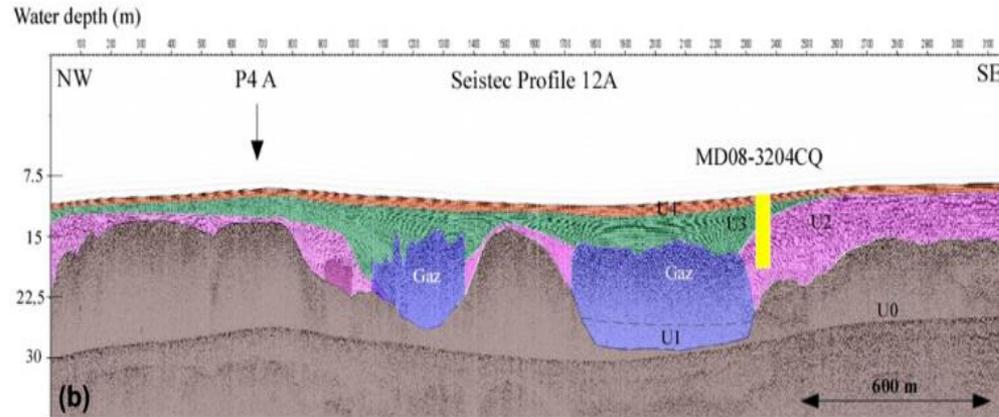
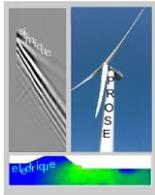
- ✓ Par Ondes sismiques de Surface -> Vs (module de Cisaillement)
- ✓ Méthodes actives optimisant les Ondes de surface (génération et réception)
- ✓ Potentiel de l'investigation passive
- ✓ Apport des méthodes Géo-électriques en milieu marin

## Démarche:

- ✓ Modélisation numérique
- ✓ Modélisation expérimentale de laboratoire (échelle réduite)
- ✓ Tests de terrain sur sites

# PROSE / Contexte

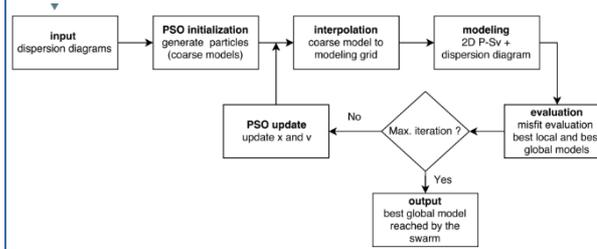
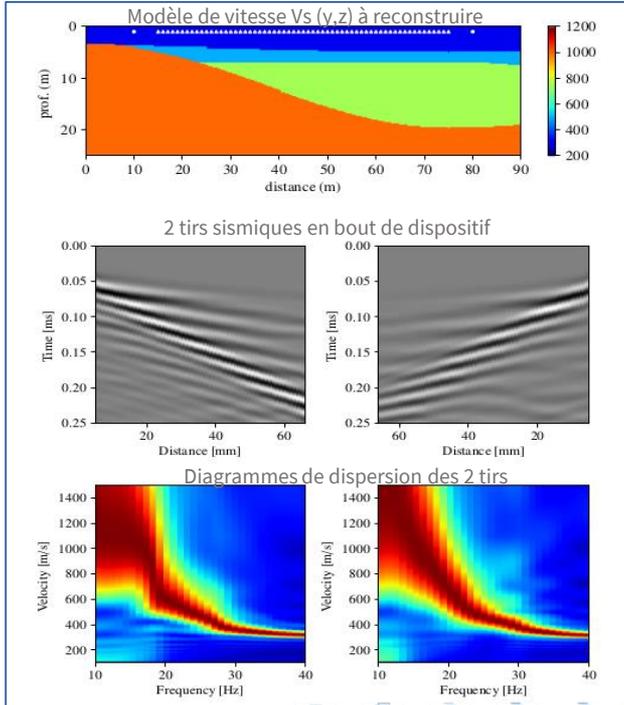
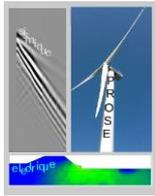
- Increasing number of projects for the installation of offshore wind turbine fields and multiplicity of developments in anchoring techniques
- heterogeneous and variable structures of the offshore geology near the French west coast
- → need to well assess the variable mechanical properties of the subsoil to optimize foundations and anchors



Agnès Baltzer, Anne-Véronique Walter-Simonnet, Zohra Mokeddem, Bernadette Tessier, Evelyne Goubert, Serge Cassen and Ange Diffo, *Climatically-driven impacts on sedimentation processes in the Bay of Quiberon (south Brittany, France) over the last 10,000 years*, *The Holocene* 2014 24: 679 originally published online 2 April 2014 DOI: 10.1177/0959683614526933

# Imagerie Ondes de Surface

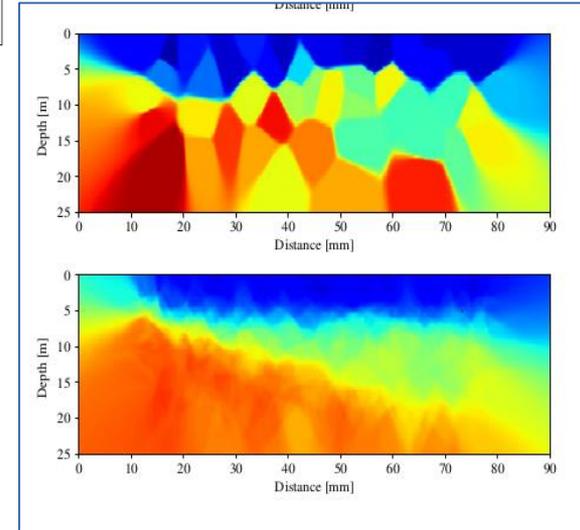
(Post Doc Damien Pageot)



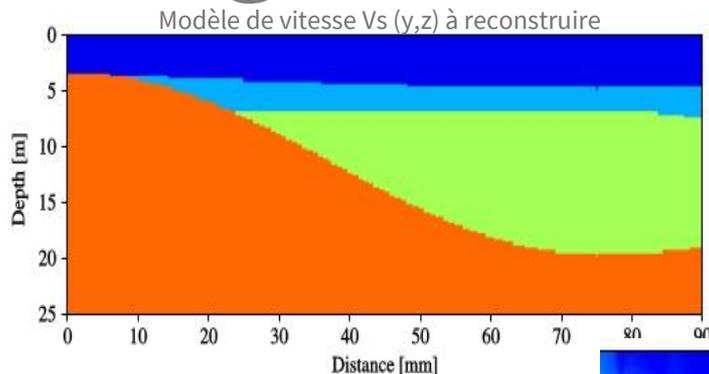
Workflow du process d'inversion

Pageot D., Leparoux, D., Capdeville, Y. and Côte, P., 2018, September. *Alternative Surface Wave Analysis Method for 2D Near-Surface imaging Using Particle Swarm Optimization*. In *3rd Applied Shallow Marine Geophysics Conference (Vol. 2018, No. 1, pp. 1-5)*. European Association of Geoscientists & Engineers.

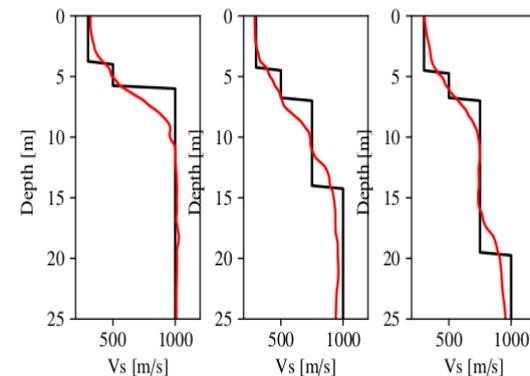
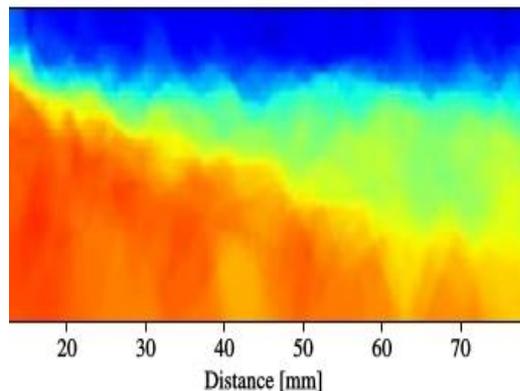
Exemple d'un résultat lors du process d'inversion avant interpolation



# Imagerie Ondes de Surface



Résultats d'inversion : section  $V_s(y,z)$  et profils de vitesses  $V_s(z)$

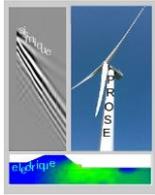


A venir

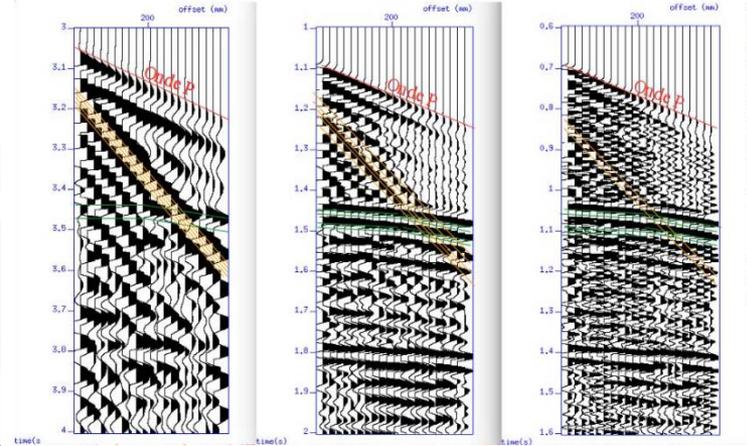
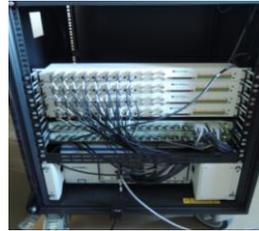
Validation Expérimentale

Apport géo-électrique

# Optimisation des Mesures



Expérimentation à échelle réduite (stage M2 Amira Ben Khalifa)

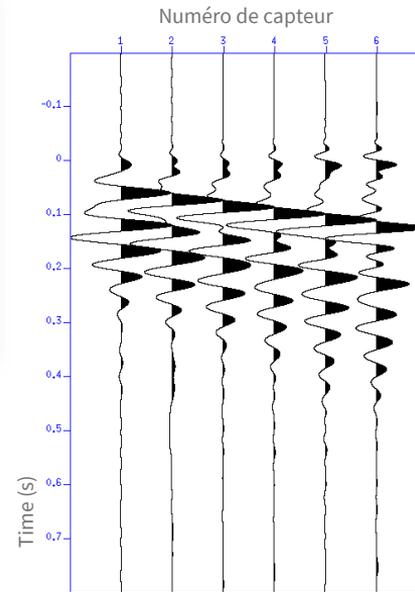
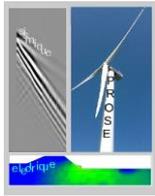


-> A venir : développement d'une cuve

Représentation de 3 sismogrammes réalisés en cuve avec 3 fréquences à l'émission : 10, 30, 50 KHz

# Optimisation des Mesures

Tests sur site : capteurs et source (sparker) fond de mer



Exemple de tir sismique obtenu en fond de mer

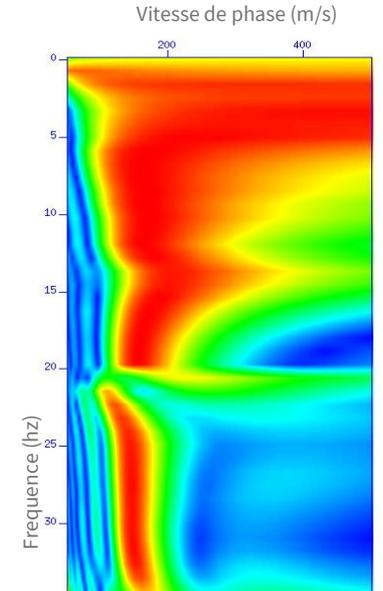
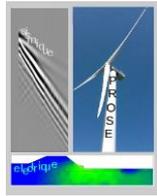
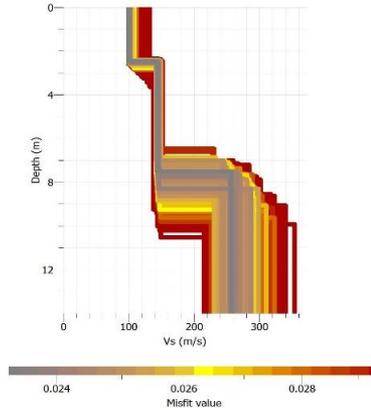


Diagramme de dispersion du tir sismique

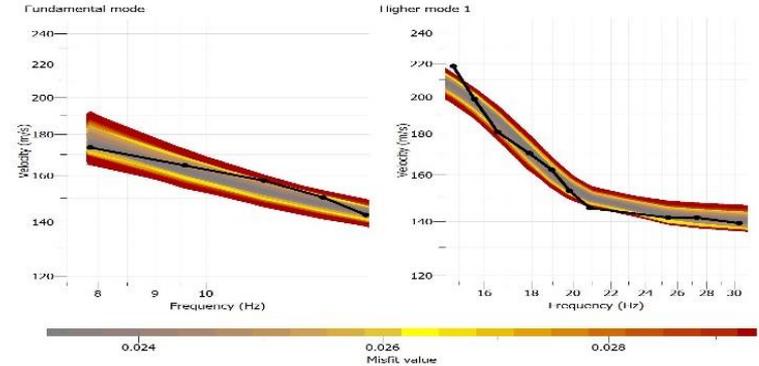
# Optimisation des Mesures



Tests sur site : capteurs et source (sparker) fond de mer



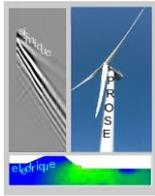
Résultats d'inversion : profil de vitesses Vs(z)



Courbes de dispersion des modèles obtenus après inversion

-> à venir dans PROSE+:

- déploiement de 24 à 48 capteurs (Nodes , collaboration Sercel) -> imagerie 2D
- marinisation d'une source d'impact (collaboration SIG-France) -> positionnement / répétitivité

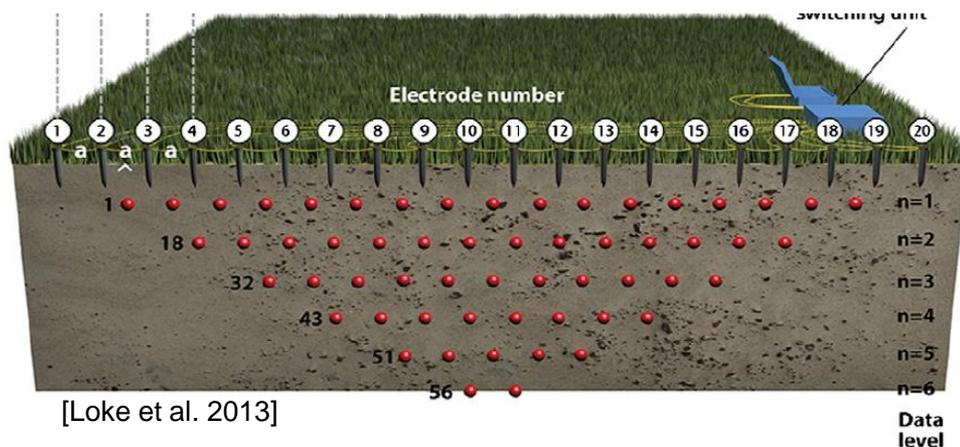


# Reconnaissance géoélectrique en environnement marin

# Méthodes de résistivité électrique à CC



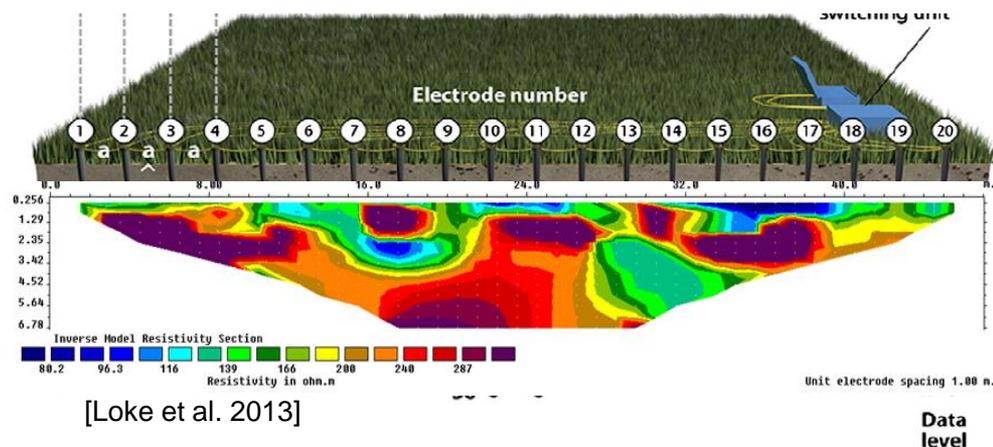
- ✓ Différentes techniques d'acquisition (électrodes, injections courant, mesures ddp)
- ✓ Cartographier la résistivité électrique de la subsurface
- ✓ Sensible à : lithologie, porosité, degré de saturation et salinité de l'eau de l'espace poral, température
- ✓ Résolution adaptée/able aux couches peu profondes
- ✓ Interprétation possible sous forme de modèle géologique

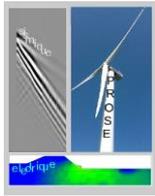


# Méthodes de résistivité électrique à CC



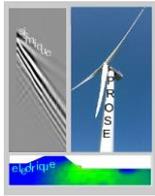
- ✓ Différentes techniques d'acquisition (électrodes, injections courant, mesures ddp)
- ✓ Cartographier la résistivité électrique de la subsurface
- ✓ Sensible à : lithologie, porosité, degré de saturation et salinité de l'eau de l'espace poral, température
- ✓ Résolution adaptée/able aux couches peu profondes
- ✓ Interprétation possible sous forme de modèle géologique



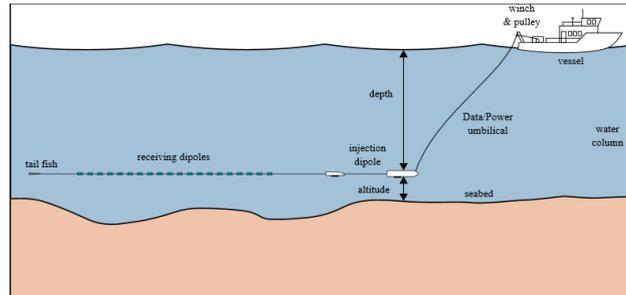


# Applicable en environnement marin?

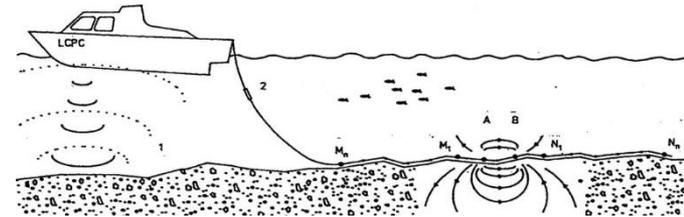
# En environnement aquatique



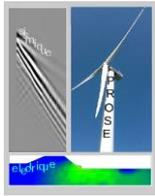
- ✓ En milieux lacustre, fluvial, estuarien, marin
- ✓ Différents modes d'acquisition : électrodes en surface, au fond, fixes, mobiles...
- ✓ Pertes significatives de signal et de sensibilité, difficultés de mise en œuvre
- ✓ Biblio « historique » : colonne d'eau de mer < 10 m !



**MAPPem**  
G E O P H Y S I C S  
Marine Electromagnetic Investigation



The PECSA system (© LCPC),  
Lagabrielle & Teilhaud 1981, Lagabrielle 1983

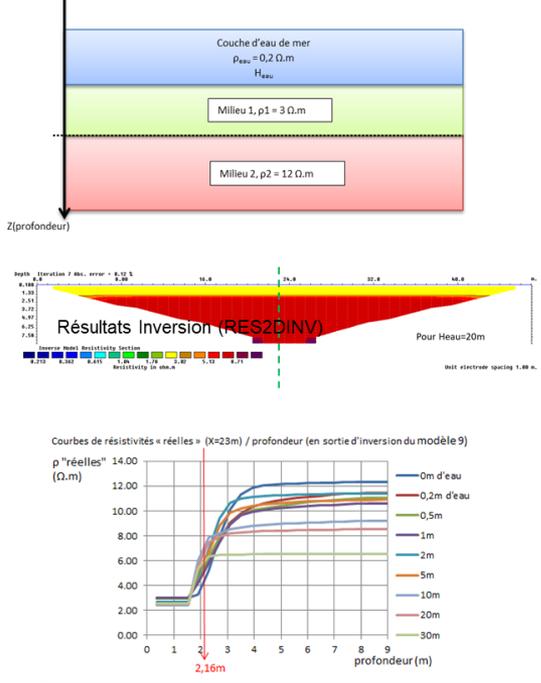


# Quantifier la sensibilité et la résolution en milieu marin

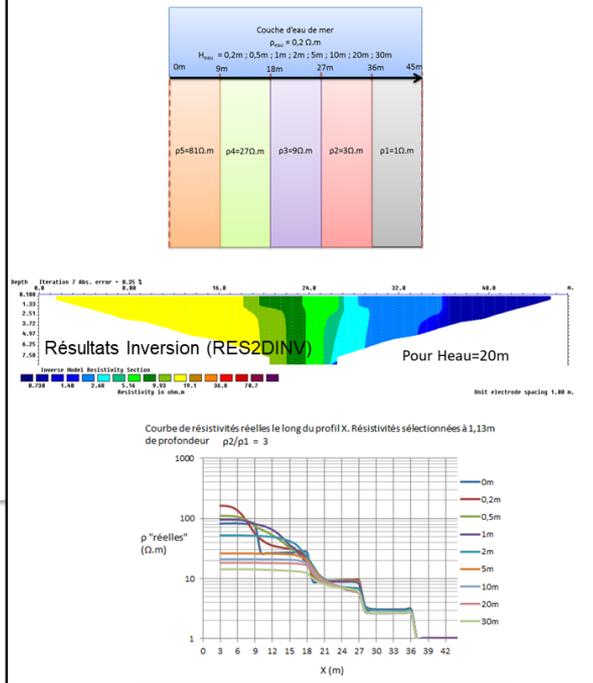
# Modélisation numérique



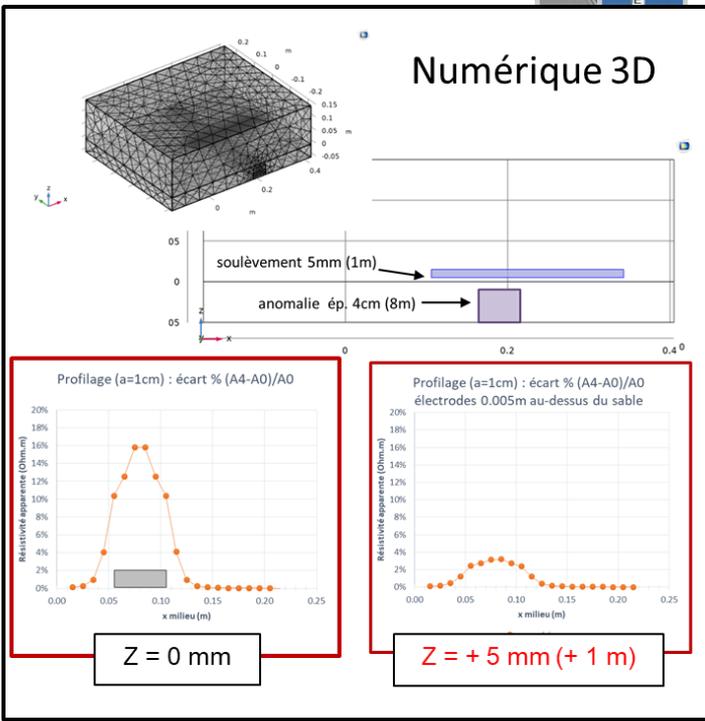
## 1D → Résolution verticale



## 2D → Résolution latérale



## Numérique 3D



# Modélisation expérimentale

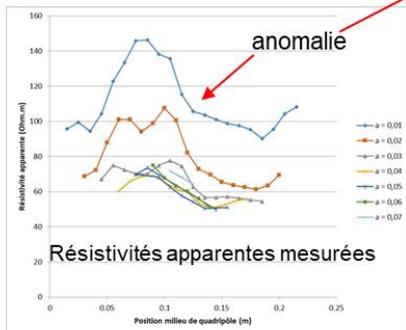
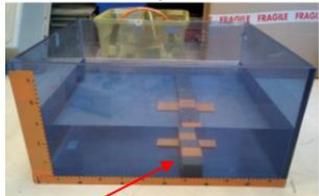


Expérimental : sable fin + eau

mini-flûtes PROSE



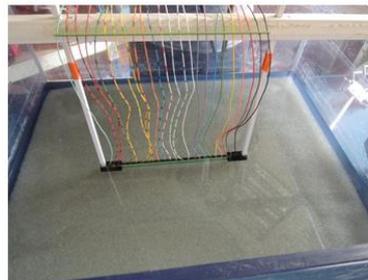
modèle avant pluviation sable

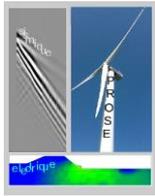


modèle finalisé



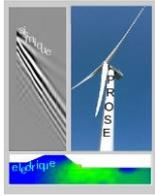
Expérimental : billes de verre + eau



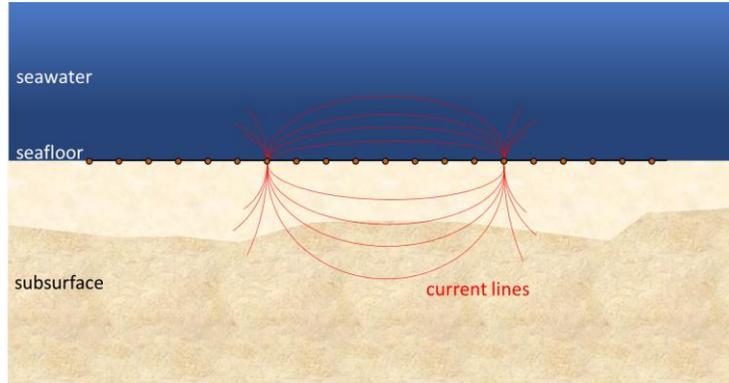


# Technique d'acquisition pour amplifier la sensibilité en milieu marin

# Comment amplifier la sensibilité ?



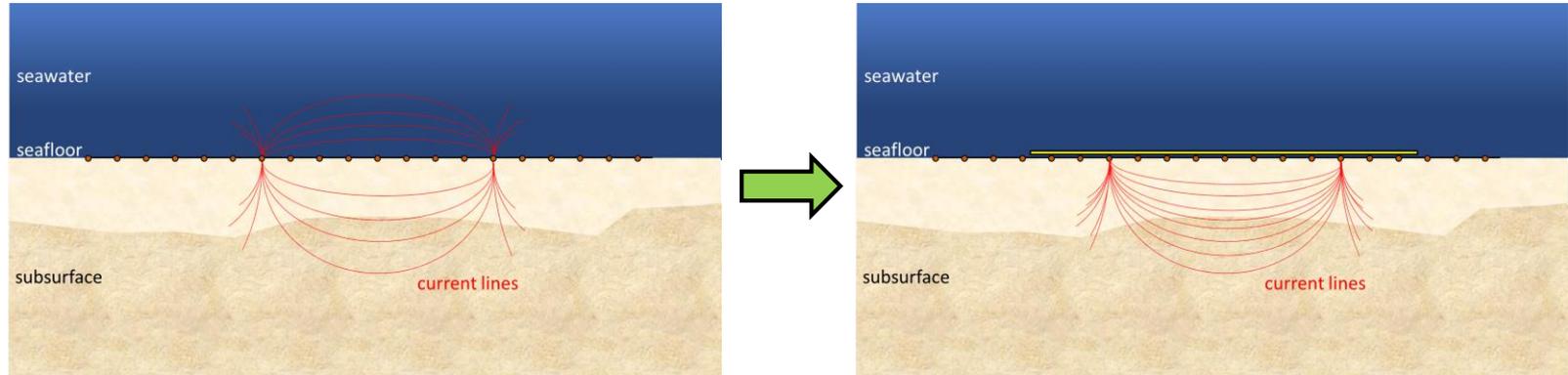
- ✓ Pertes dans la colonne d'eau de mer, chute de sensibilité



# Comment amplifier la sensibilité ?



- ✓ Utilisation d'un « écran » électriquement isolant au-dessus des électrodes?

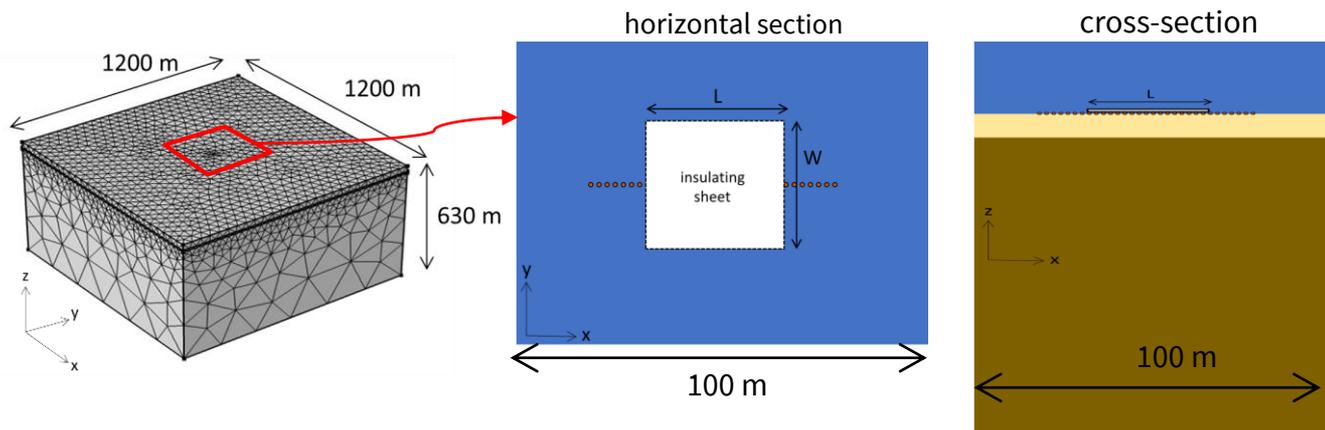


- ✓ Lafont, R.J., Lagabrielle, R.J., Côte, P.A. and Pélissier, M. [1991] Procédé et Dispositif de Reconnaissance d'un Sol par Prospection Électrique en Site Aquatique. French Patent FR2650896.

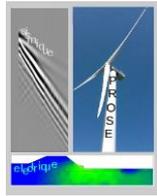
# Approche numérique utilisée



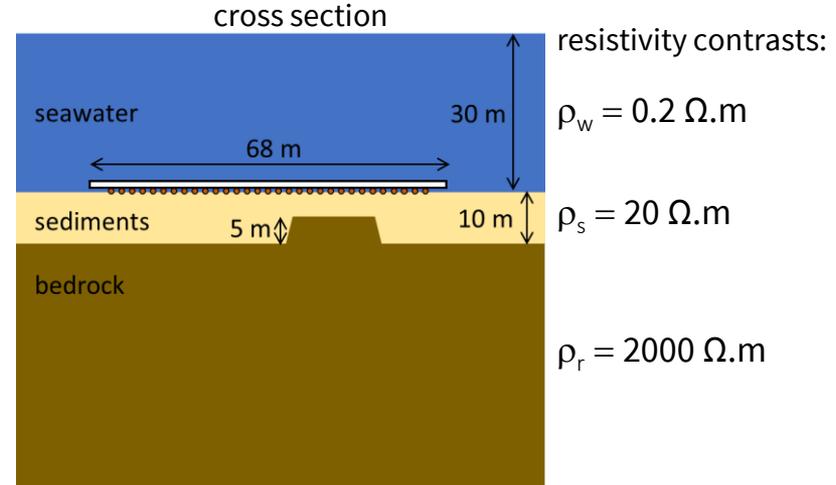
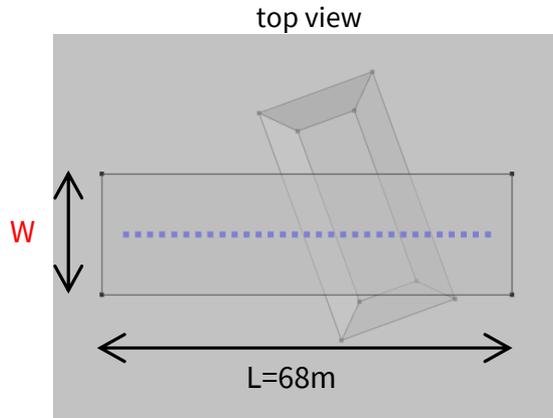
- ✓ Modèle EF 3D (Comsol Multiphysics): structure géologique + colonne d'eau de mer
- ✓ Écran isolant : une zone mince de vide est créée dans le modèle + conditions aux limites (flux de courant nul)
- ✓ Validation du comportement asymptotique sur solutions analytiques existantes



# DéTECTABILITÉ D'UNE CIBLE GÉOLOGIQUE



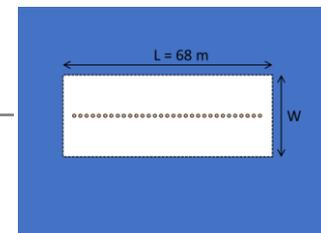
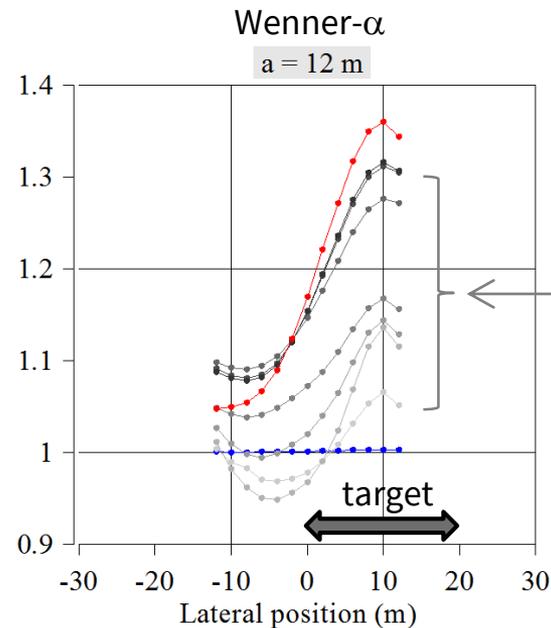
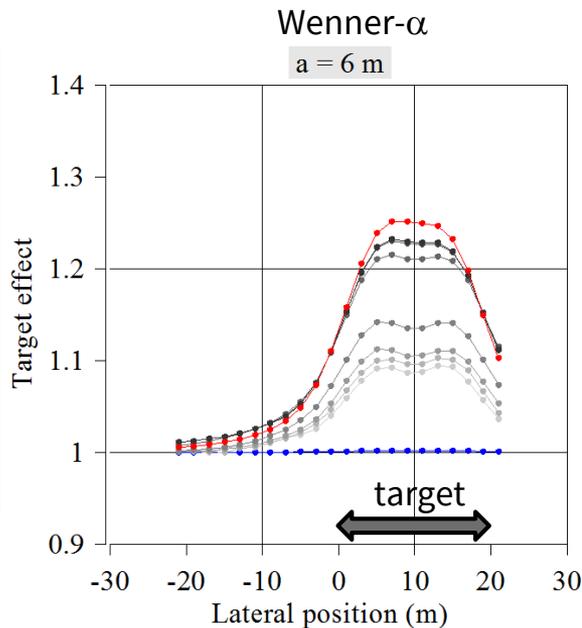
- ✓ Modèle 3D, structure géologique à 2 couches, choix des contrastes de résistivité
- ✓ Colonne d'eau de mer (30 m), couche de sédiments (10 m)
- ✓ Substratum rocheux avec remontée localisée
- ✓ Écran isolant de longueur fixe L et de **largeur paramétrable W**



# DéTECTABILITÉ D'UNE CIBLE GÉOLOGIQUE



- No water
- W=100m
- W=60m
- W=30m
- W=10m
- W=6m
- W=3m
- W=1m
- No screen



# Apports de l'approche géoélectrique



- ✓ Complémentaire de la sismique :
  - informations sur la lithologie, la porosité, ...
  - Informations sur la couche 0-10 m
- ✓ Sensibilité/résolution:
  - toujours meilleures avec électrodes posée sur le fond marin
  - se dégradent lorsque la hauteur de la colonne  $H_{\text{eau mer}}$  ou le contraste de résistivité entre la première couche et l'eau de mer  $\rho_s / \rho_w$  augmentent
  - sensiblement améliorées avec un écran isolant au-dessus des électrodes (preuve du concept)



## Imagerie quantitative par Inversion en Ondes de Surface 2D :

- ✓ EXPERIMENTATIONS DE LABORATOIRE
  - Validation Expérimentale (MUSC & Développement d'une cuve)
- ✓ TESTS EN MER
  - Déploiement de 24 à 48 capteurs (col. Sercel)
  - Marinisation d'une source impact (col. SIG-France) -> position / répétitivité
- ✓ APPROCHE NUMERIQUE
  - Apport géo-électrique : Fusion de données / Inversion Jointe

Merci de votre attention