

Journées Scientifiques

Edition 2022 – vendredi 3 juin

PROSE

(Projet de Recherche Offshore Sismique et géo-Electrique)

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.

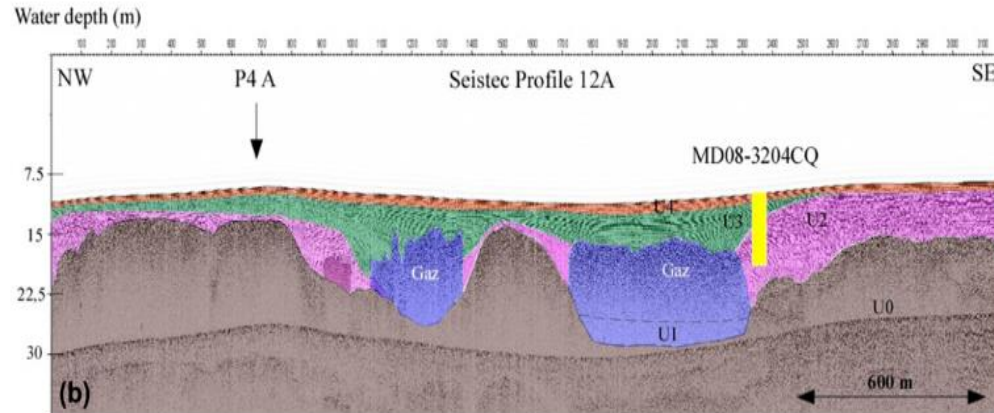
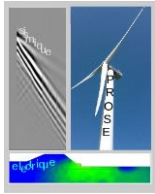
- ✓ Par Ondes sismiques de Surface -> Vs (module de Cisaillement)
- ✓ Méthodes actives optimisant les Ondes de surface (génération et réception)
- ✓ Potentiel de l'investigation passive
- ✓ Apport des méthodes Géo-électriques en milieu marin

Démarche:

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

PROSE / Contexte

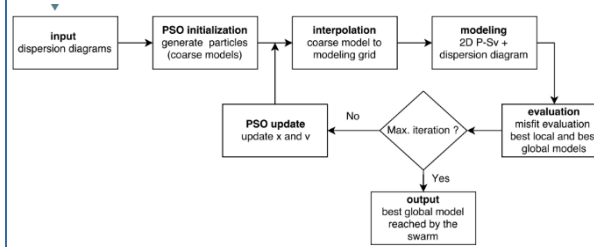
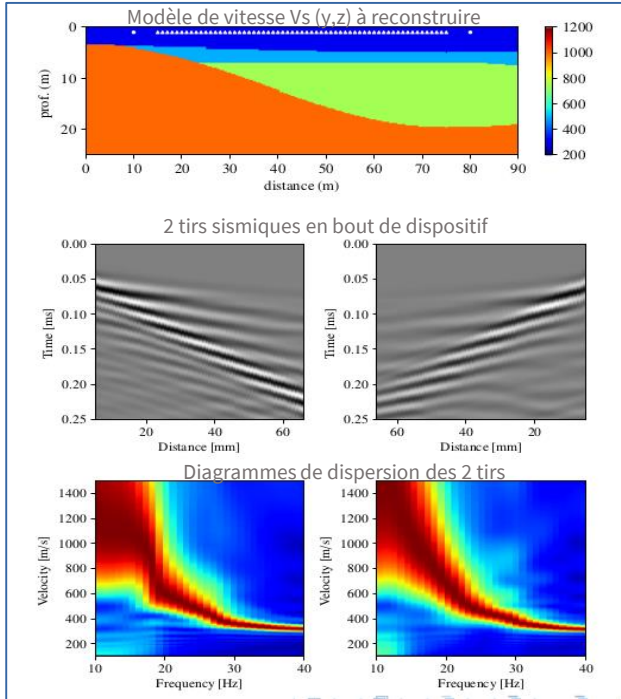
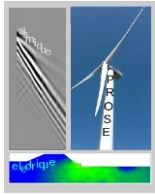
- Increasing number of projects for the installation of offshore wind turbine fields and multiplicity of developments in anchoring techniques
- heterogeneous and variable structures of the offshore geology near the French west coast
- → need to well assess the variable mechanical properties of the subsoil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

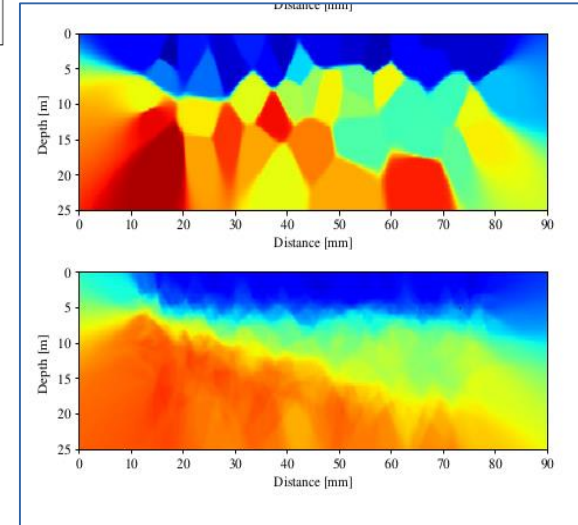
(Post Doc Damien Pageot)



Workflow du process d'inversion

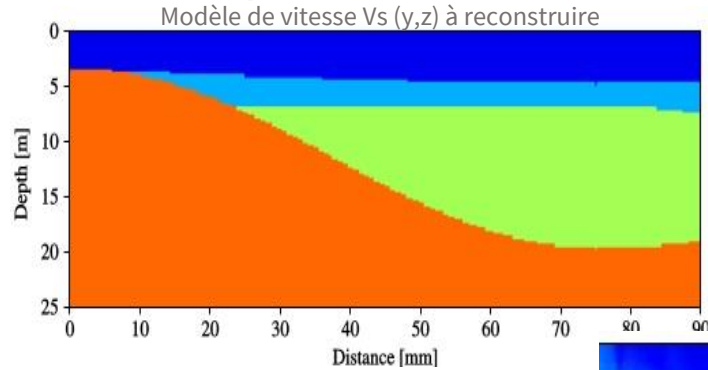
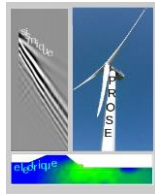
Pageot D., Leparoux, D., Capdeville, Y. and Côte, P., 2018, September. *Alternative Surface Wave Analysis Method for 2D Near-Surface imaging Using Particle Swarm Optimization*. In *3rd Applied Shallow Marine Geophysics Conference (Vol. 2018, No. 1, pp. 1-5)*. European Association of Geoscientists & Engineers.

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

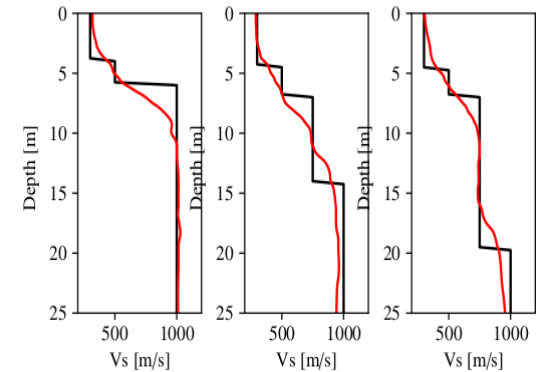
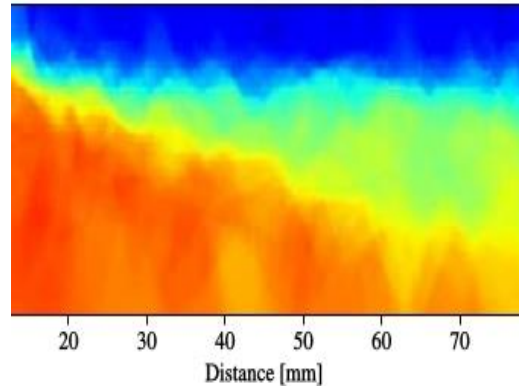


résultat lors du process d'inversion

Imagerie Ondes de Surface



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

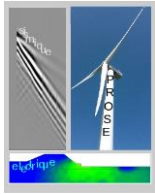


A venir

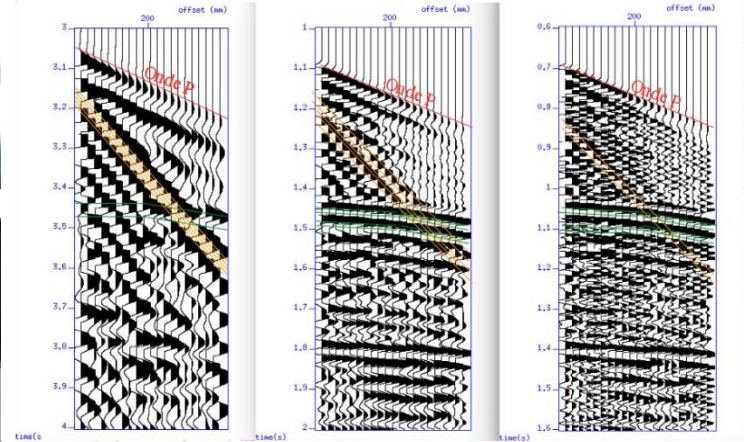
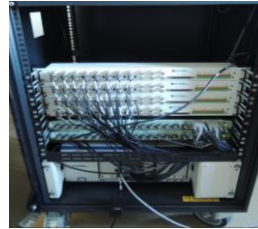
Validation Expérimentale

Apport géo-électrique

Optimisation des Mesures



Expérimentation à échelle réduite (stage M2 Amira Ben Khalifa)

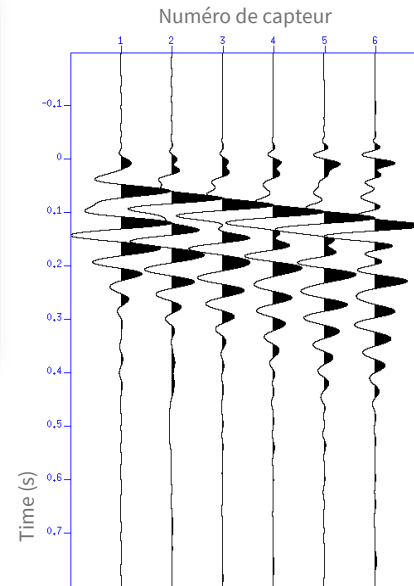
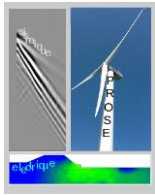


-> A venir : développement d'une cuve

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

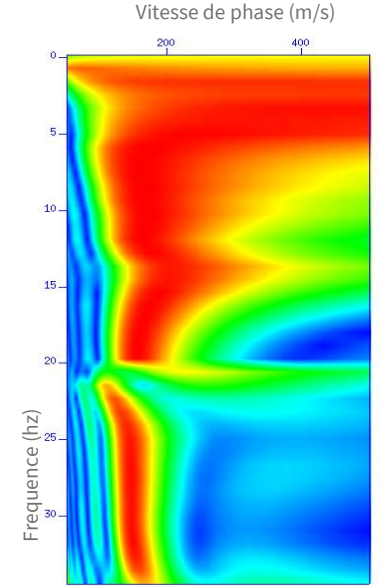
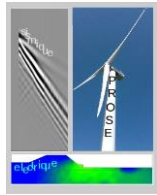
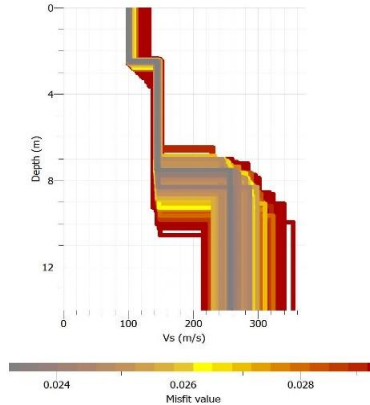


Diagramme de dispersion du tir sismique

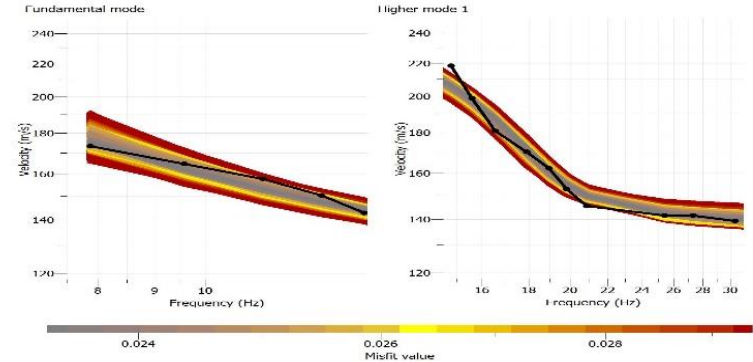
Optimisation des Mesures



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



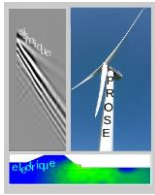
Résultats d'inversion : profil de vitesses Vs(z)



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

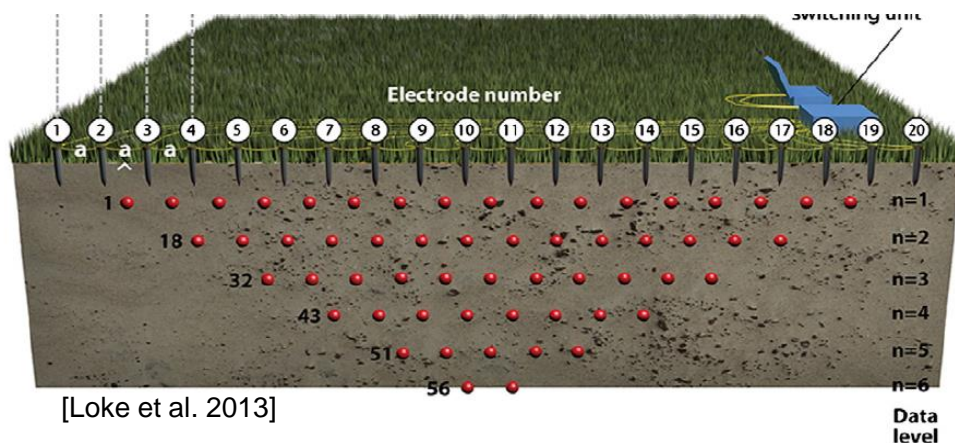


Reconnaissance géoélectrique en environnement marin

Méthodes de résistivité électrique à CC



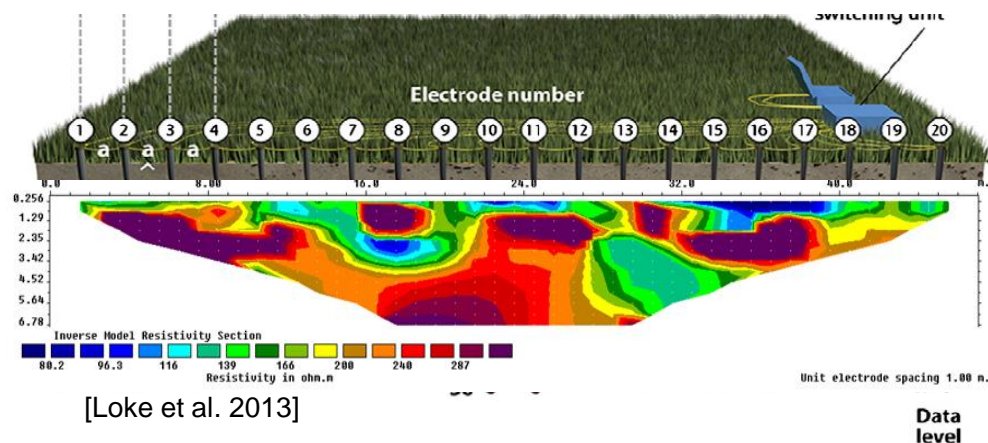
- ✓ Différentes techniques d'acquisition (électrodes, injections courant, mesures ddp)
- ✓ Cartographier la résistivité électrique de la subsurface
- ✓ Sensible à : lithologie, porosité, degré de saturation et salinité de l'eau de l'espace poral, température
- ✓ Résolution adaptée/able aux couches peu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

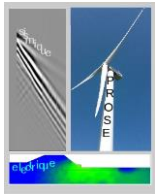


Méthodes de résistivité électrique à CC



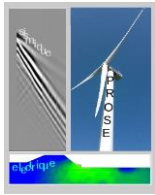
- ✓ Différentes techniques d'acquisition (électrodes, injections courant, mesures ddp)
- ✓ Cartographier la résistivité électrique de la subsurface
- ✓ Sensible à : lithologie, porosité, degré de saturation et salinité de l'eau de l'espace poral, température
- ✓ Résolution adaptée/able aux couches peu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



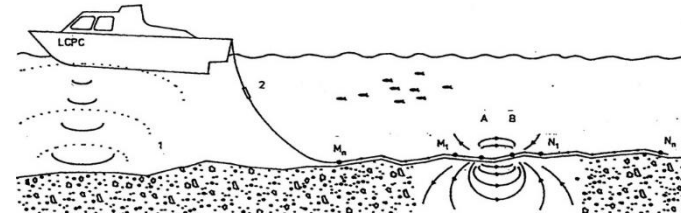
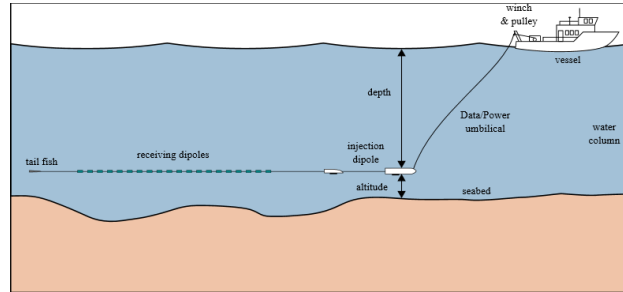


Applicable en environnement marin?

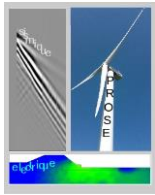
En environnement aquatique



- ✓ 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 !



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

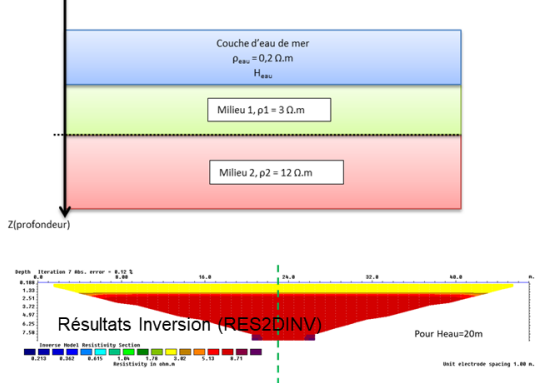


Quantifier la sensibilité et la résolution en milieu marin

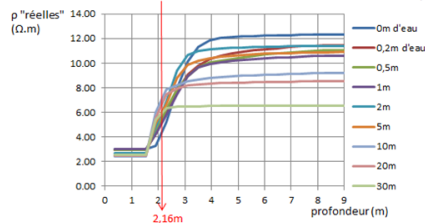
Modélisation numérique



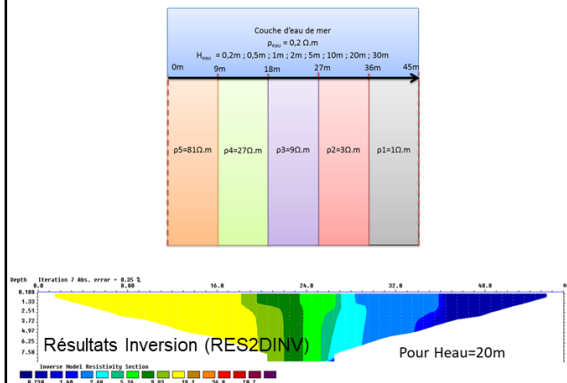
1D → Résolution verticale



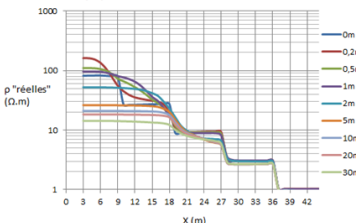
Courbes de résistivités « réelles » (X=23m) / profondeur (en sortie d'inversion du modèle 9)



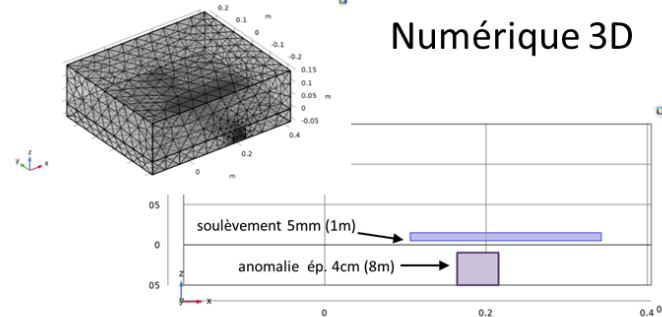
2D → Résolution latérale



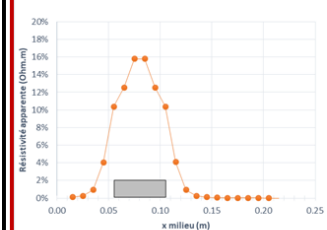
Courbe de résistivités réelles le long du profil X. Résistivités sélectionnées à 1.13m de profondeur p2/p1 = 3



Numérique 3D

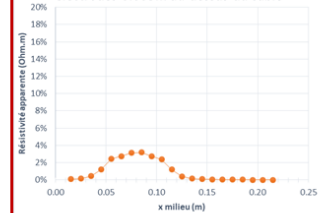


Profilage (a=1cm) : écart % (A4-A0)/A0



Z = 0 mm

Profilage (a=1cm) : écart % (A4-A0)/A0 électrodes 0.005m au-dessus du sable



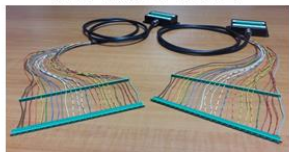
Z = + 5 mm (+ 1 m)

Modélisation expérimentale

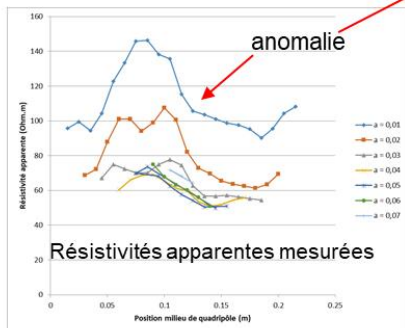
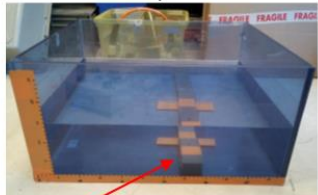


Expérimental : sable fin + eau

mini-flûtes PROSE



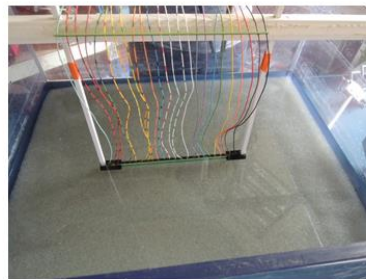
modèle avant pluviation sable

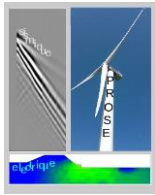


modèle finalisé



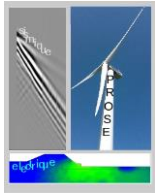
Expérimental : billes de verre + eau



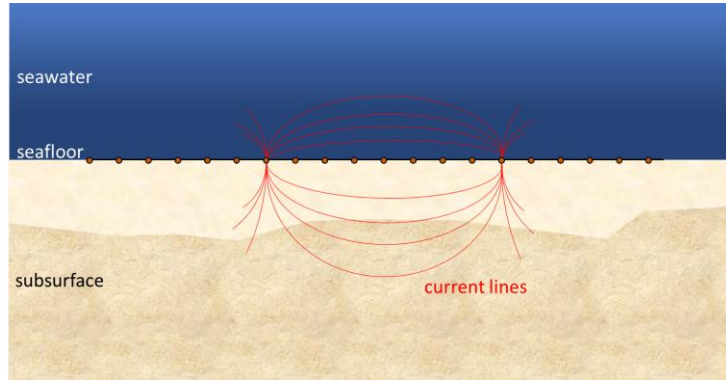


Technique d'acquisition pour amplifier la sensibilité en milieu marin

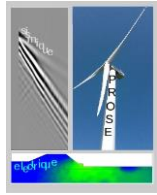
Comment amplifier la sensibilité ?



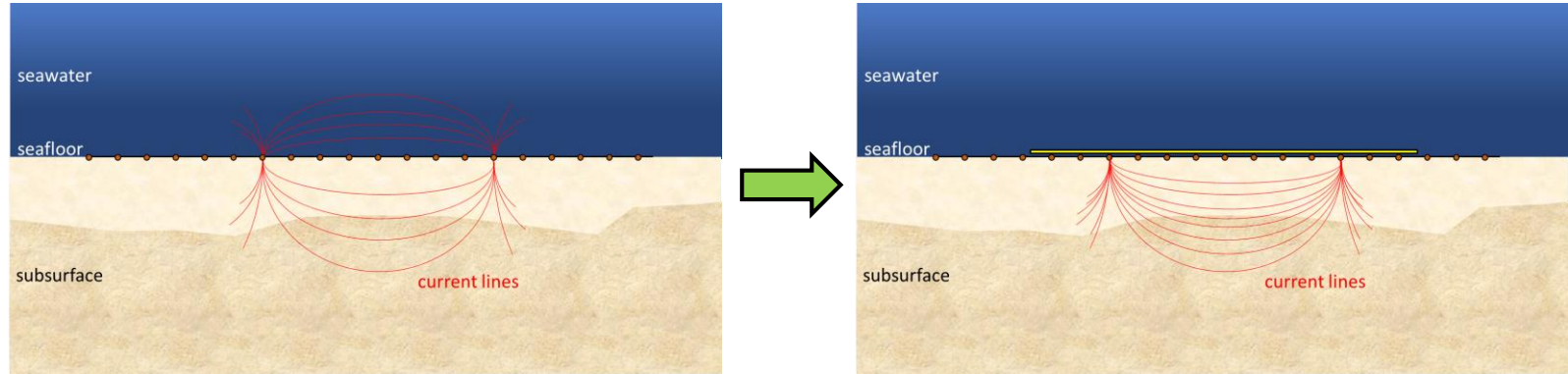
- ✓ Pertes dans la colonne d'eau de mer, chute de sensibilité



Comment amplifier la sensibilité ?



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

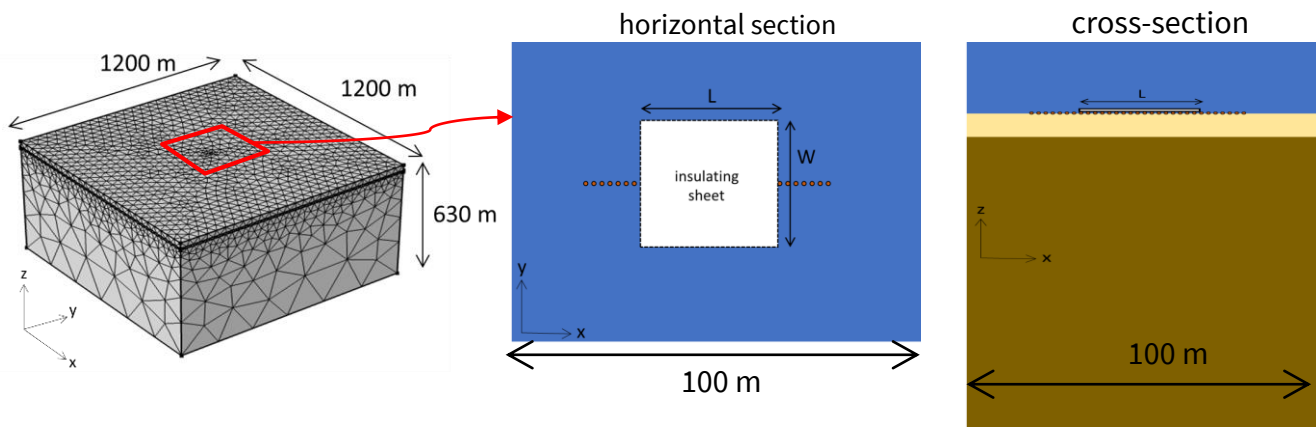


- ✓ Lafont, R.J., Lagabrielle, R.J., Côte, P.A. and Pélissier, M. [1991] Procédé et Dispositif de Reconnaissance d'un Sol par Prospection Électrique en Site Aquatique.
French Patent FR2650896.

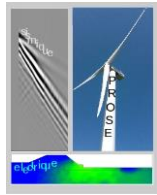
Approche numérique utilisée



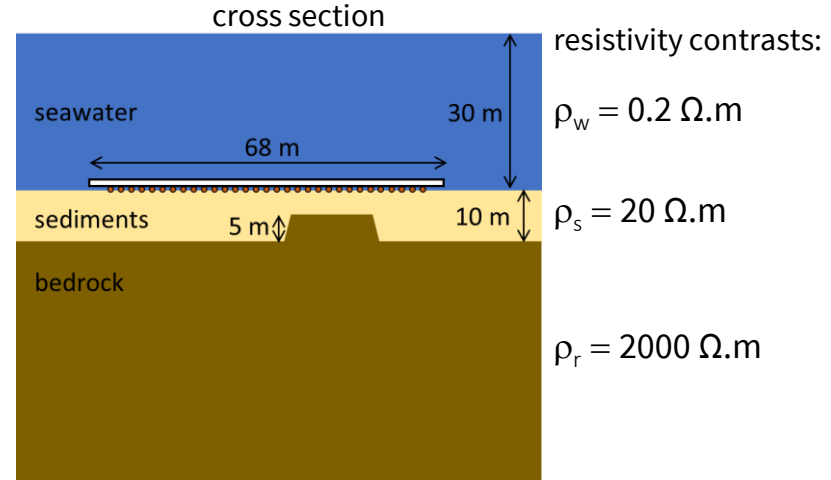
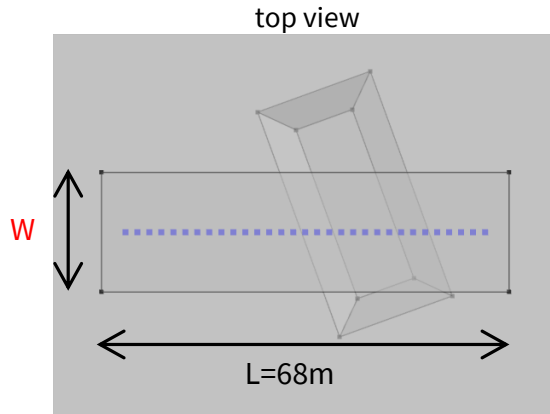
- ✓ Modèle EF 3D (Comsol Multiphysics): structure géologique + colonne d'eau de mer
- ✓ Écran isolant : une zone mince de vide est créée dans le modèle + conditions aux limites (flux de courant nul)
- ✓ Validation du comportement asymptotique sur solutions analytiques existantes



Détectabilité d'une cible géologique



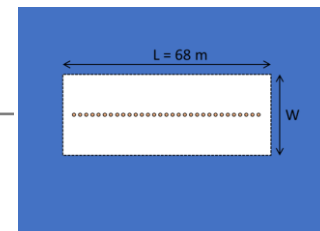
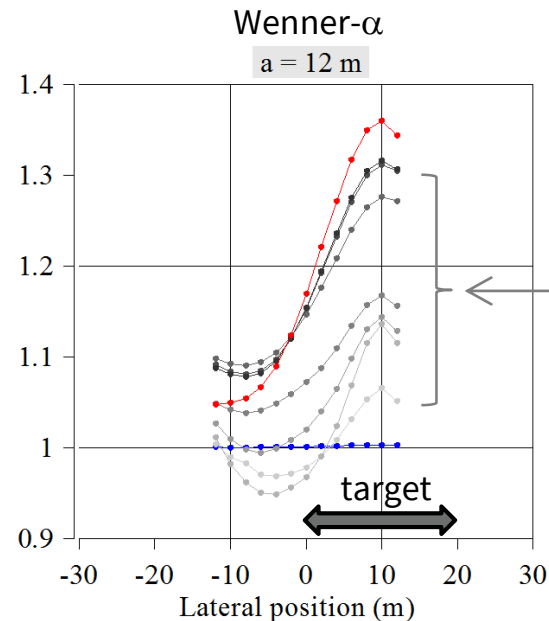
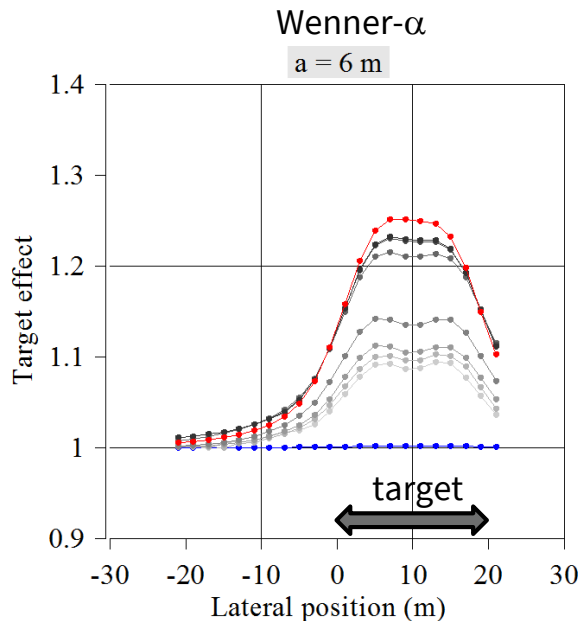
- ✓ Modèle 3D, structure géologique à 2 couches, choix des contrastes de résistivité
- ✓ Colonne d'eau de mer (30 m), couche de sédiments (10 m)
- ✓ Substratum rocheux avec remontée localisée
- ✓ Écran isolant de longueur fixe L et de **largeur paramétrable W**



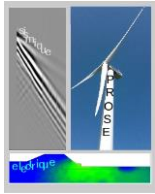
DéTECTABILITÉ D'UNE CIBLE GÉOLOGIQUE



- 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 ρ_s / ρ_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