



Journée parrainée par



*Journée technique et scientifique du CFMS,
coorganisée avec la FNTP - 16 septembre 2021
Amphi Auguste Brûlé, FNTP, 3 rue de Berri, Paris*

Ouvrages Portuaires

Apport de la géophysique

Intervenant(e) : Raphaël Bénot (CEREMA)



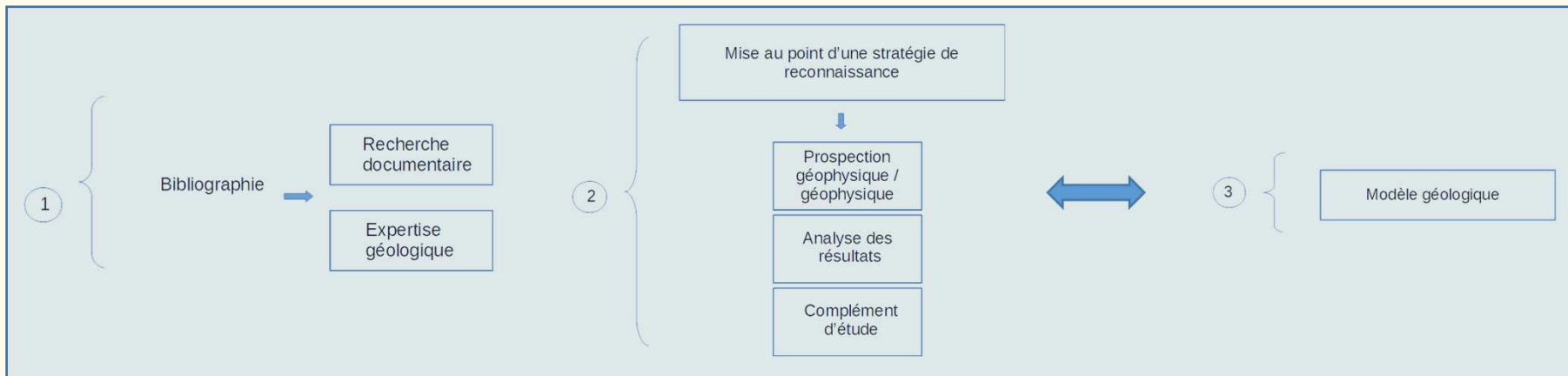
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Contenu

- Introduction
- Méthodes - choix
- Apports - Exemples
- Conclusion

Introduction

La géophysique = une étape pour enrichir le modèle géotechnique qui s'insère dans la démarche suivante :



Représentation simplifiée d'une démarche de reconnaissance géophysique

- **Validation par des sondages géotechniques**
- **La géophysique permet d'optimiser le placement des sondages pas de les diminuer**
- **D'avoir une vue d'ensemble ou quasi-continue du sous-sol / sondages géotechniques**

Méthodes en portuaire

Choix basé d'abord sur les principaux éléments suivants :

L'objet de la reconnaissance (cible)



profondeur et variation du substrat, coupes lithologiques, présence de désordres (cavités), propriétés mécaniques, ...

La profondeur visée (et la résolution associée)



quand profondeur augmente en général la précision (résolution) diminue

La nature de l'encaissant ou du remblai



résistant, conducteur (teneur en argile, niveau d'eau,...) = **salin, saturé**

L'environnement (urbain, rural)



la présence d'éléments métalliques, réseaux enterrés ou aériens (émissions radio), palplanches, véhicules... = **Urbain et soumis au marnage**

Méthodes en portuaire

Principales méthodes géophysiques de subsurface utilisées en portuaire :

- **Electromagnétiques** : radar, Slingram, ...
- **Sismiques** : réfraction, réflexion, onde de surface
- **Electriques** : Tomographie de résistivité
- **Microgravimétrie**
- **Infra-rouge**

Méthodes électromagnétiques	
<p>Radar géologique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unité d'acquisition : SIR 3000, SIR 20, SIR 4000 • Antenne radar : 200 MHz à 3 GHz 	
<p>SLINGRAM - EM 31</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matériel porté par un opérateur ou un chariot amagnétique • Couplage à un codeur de distances • Repérage par DGPS • Mesure de la conductivité apparente sur 3 ou 6 m de profondeur. • Point de mesure tous les 40 cm 	 
<p>Sismique – Microsismique (Réfraction, Onde de surface)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unité d'acquisition Terralog (ABEM) • flûtes et géophones (système 48 traces) 	
<p>Dispositifs électriques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unité d'acquisition terrameter • flûtes et électrodes (système 64 traces) 	

Exemples d'applications

Contexte

- **Terrestre et aquatique :**

- Remblais portuaires :Hétérogènes - « Anthropiques »
- Terrains sédimentaires et magmatiques « en place »

Méthodes

- **Electriques**
- **Electromagnétiques**
- **Sismiques**

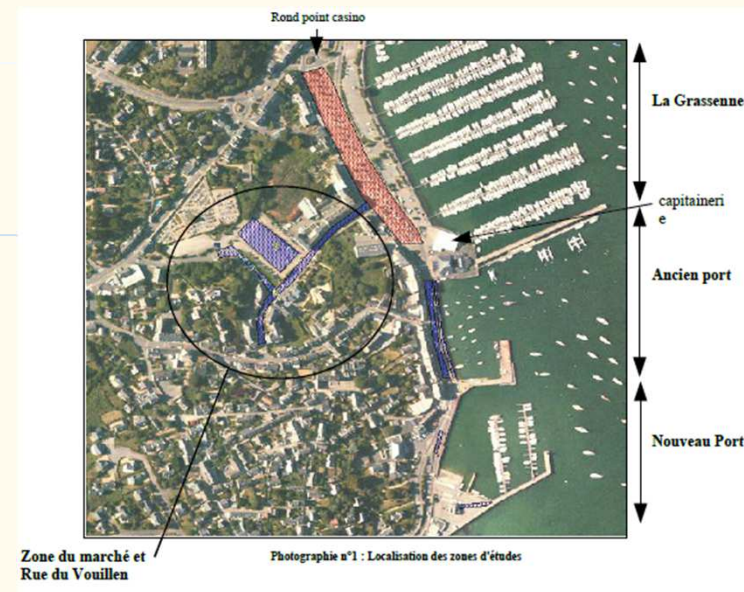
Exemples : La Trinité Sur Mer

Contexte

Site : remblai en arrière des quais du port de la Trinité sur Mer

Objet : remise en état d'un remblai (ancien port) derrière le port actuel

Demande : repérer les zones de désordres et cartographier l'aléa « cavité »



Méthode : Méthodes
Electromagnétique = radar

Choix méthode : urbain « ouvert », matériaux sableux, < 10 m, marnage, contrainte de temps de mesures



Exemples : La Trinité Sur Mer

Données

1947 = quai en bordure des habitations
corroborant les données d'archives



1958 = Un ouvrage supplémentaire



1962 = extension de la zone portuaire (la position des
parking actuels)



1967 = limite du quai dans sa position actuelle

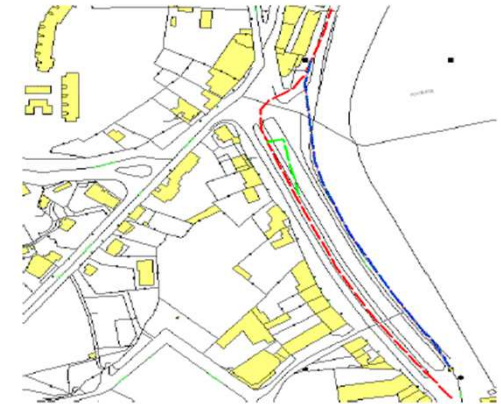


Et avant 1900...



photographie de la fin du 19e siècle (1891)

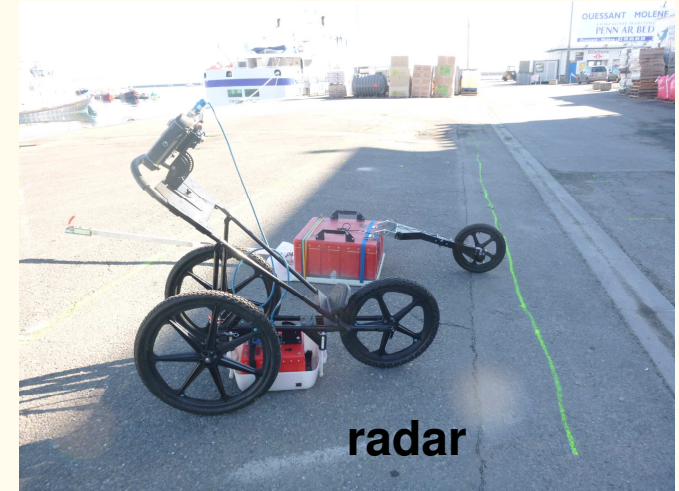
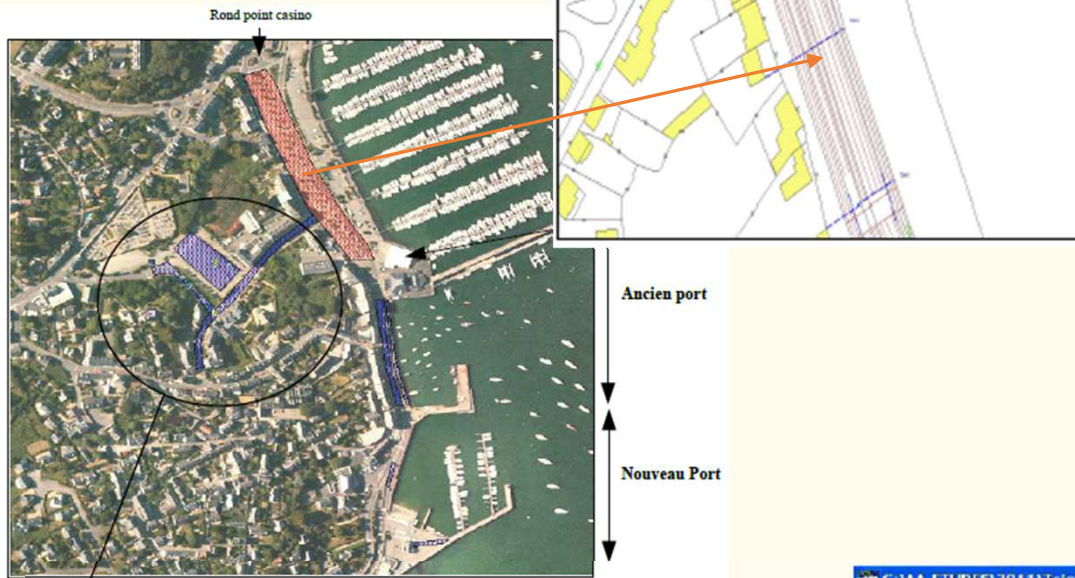
limite du port avant 1960 (en rouge) et après les travaux (en bleu) de 1967, sur le plan suivant :



Carte de synthèse - données archives et photographies aériennes

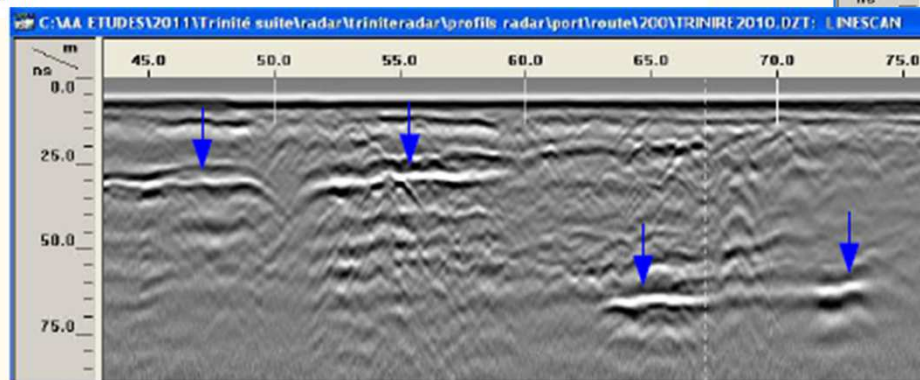
Exemples : La Trinité Sur Mer

Mesures



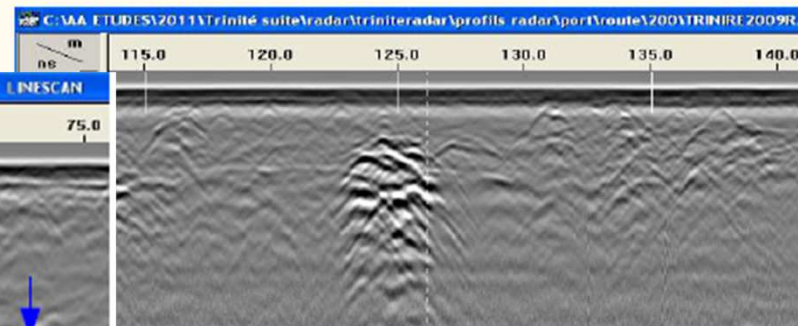
Zone du marché et Rue du Vouillen

Photographie n°1 : Localisation des zones d'études



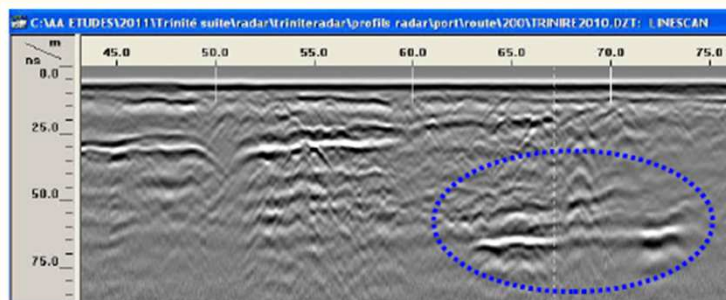
Temps A/R
la Ponde radar

Extrait du profil radar 10 – Antenne de 200 MHz- de 44 m à 76 m



Exemples : La Trinité Sur Mer

Résultats

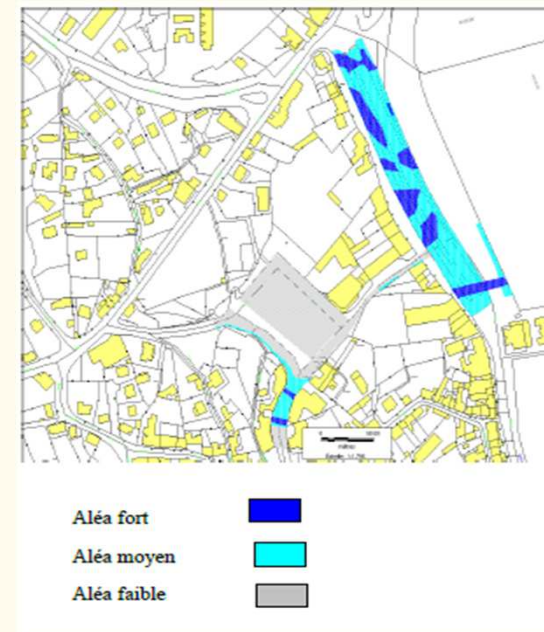
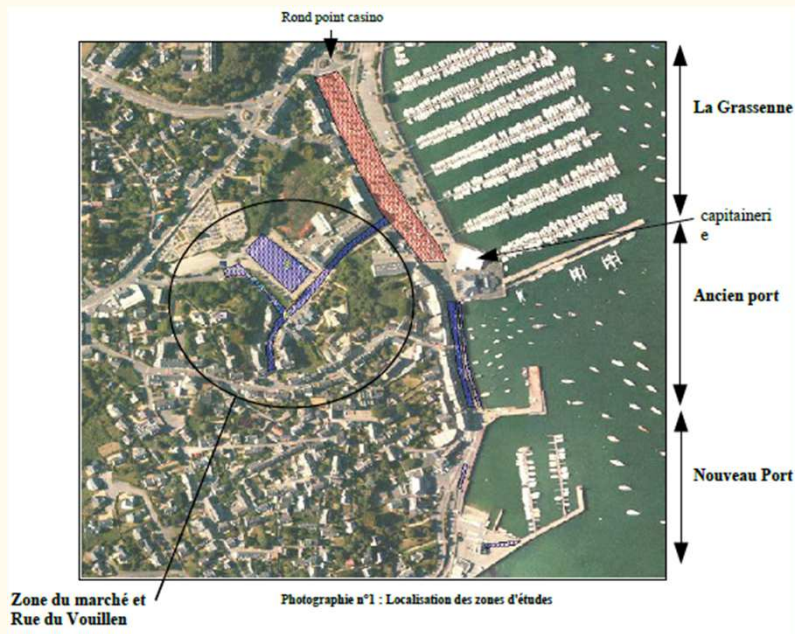


Remblai : ancien remblai portuaire très hétérogène (débris construction, coquilliers,...) – anciennes structures de quai favorisant les circulations d'eau

Ouverture à la pelle au moment de la marée montante = montée d'eau dans le remblai (se déverse dans les caves).

Exemples : La Trinité Sur Mer

Résultats



Origine des désordres : anciennes structures portuaires – remblais hétérogènes et circulation importante marée + nappe

Cartographie de l'aléa cavité (cf. carte)

Exemples : Port de Brest (CR)

Contexte

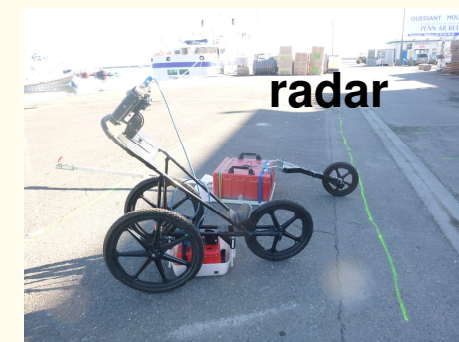
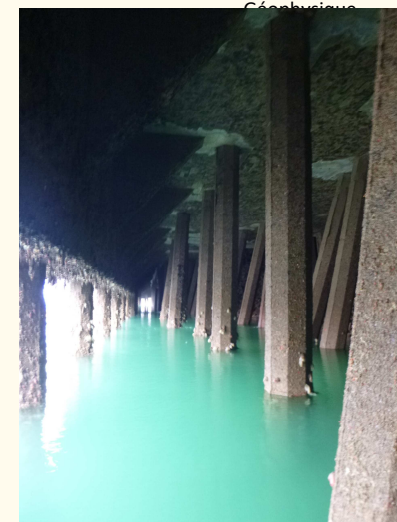
Site : Portuaire : Brest – Conseil Régional

Objet : remise en état d'un quai d'embarquement (bateaux croisière)

Demande : préciser la géométrie derrière le quai et l'origine de désordres de surface

Méthode : Méthodes
Electromagnétique = radar ,
Electrique

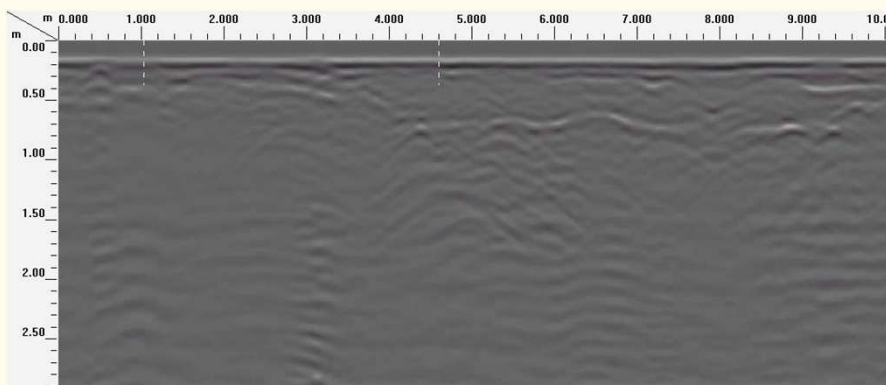
Choix méthode : urbain « ouvert »,
matériaux sableux, < 10 m,
marnage, contrainte de place de mesures



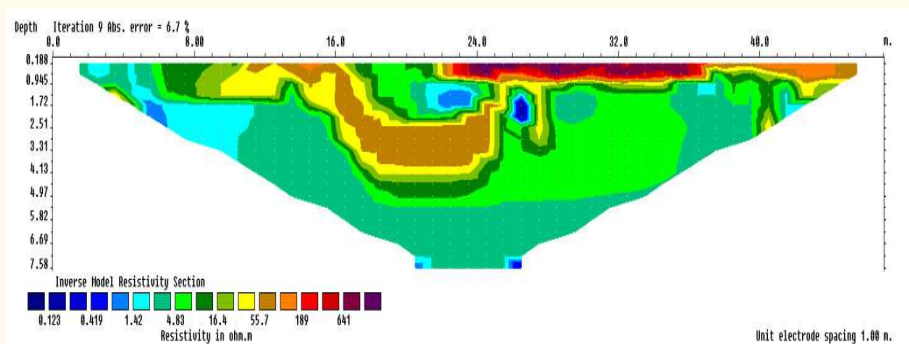
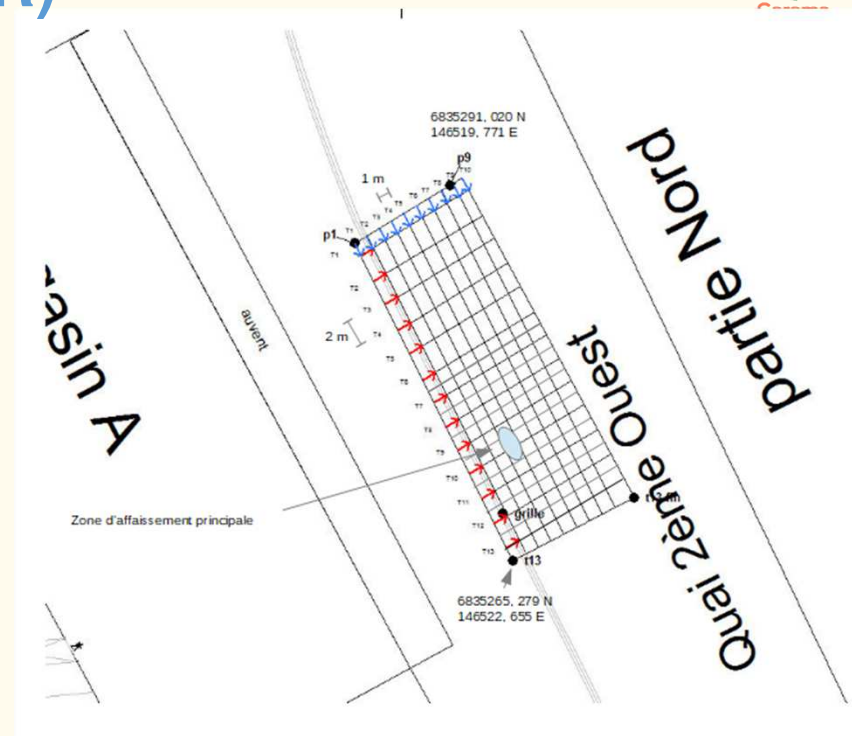
Exemples : Port de Brest (CR)



Mesures



- Radar



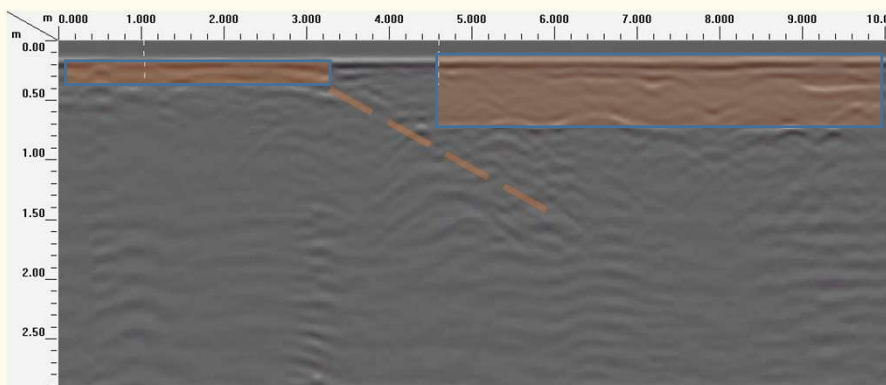
- Electrique (enrobé percé)



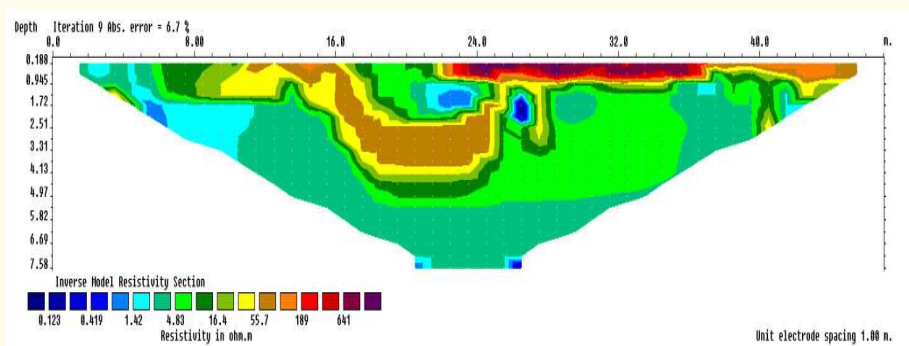
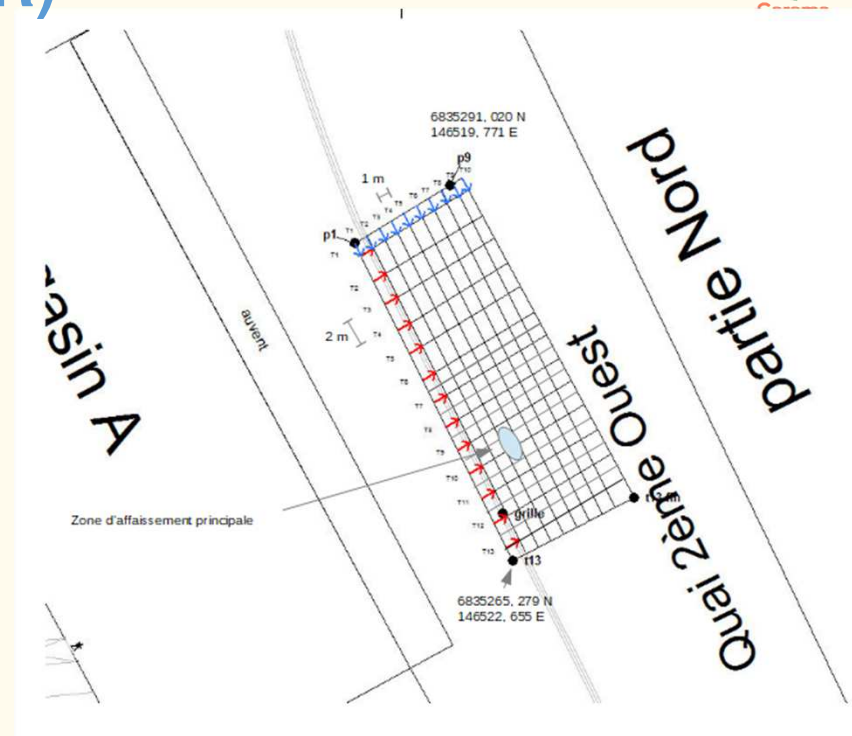
Exemples : Port de Brest (CR)



Résultats



- Radar

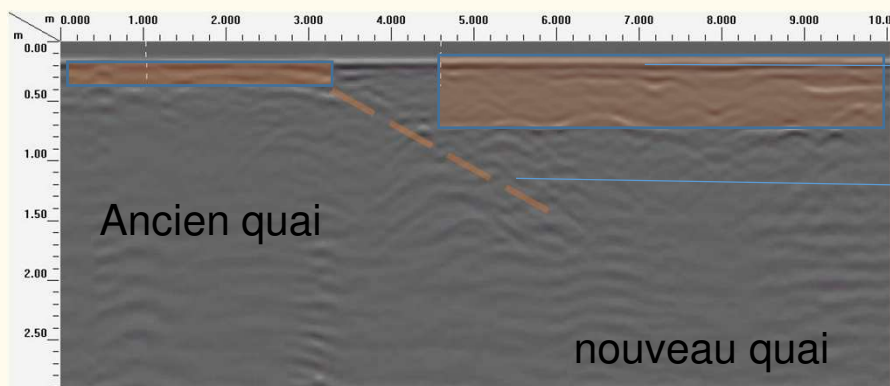


- Electrique (enrobé percé)

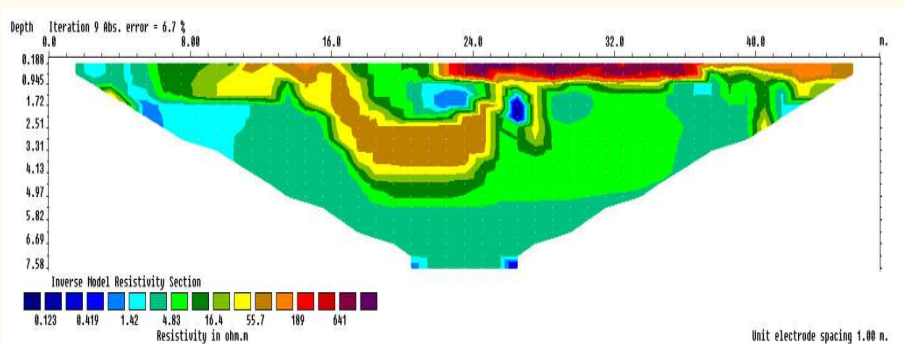


Exemples : Port de Brest (CR)

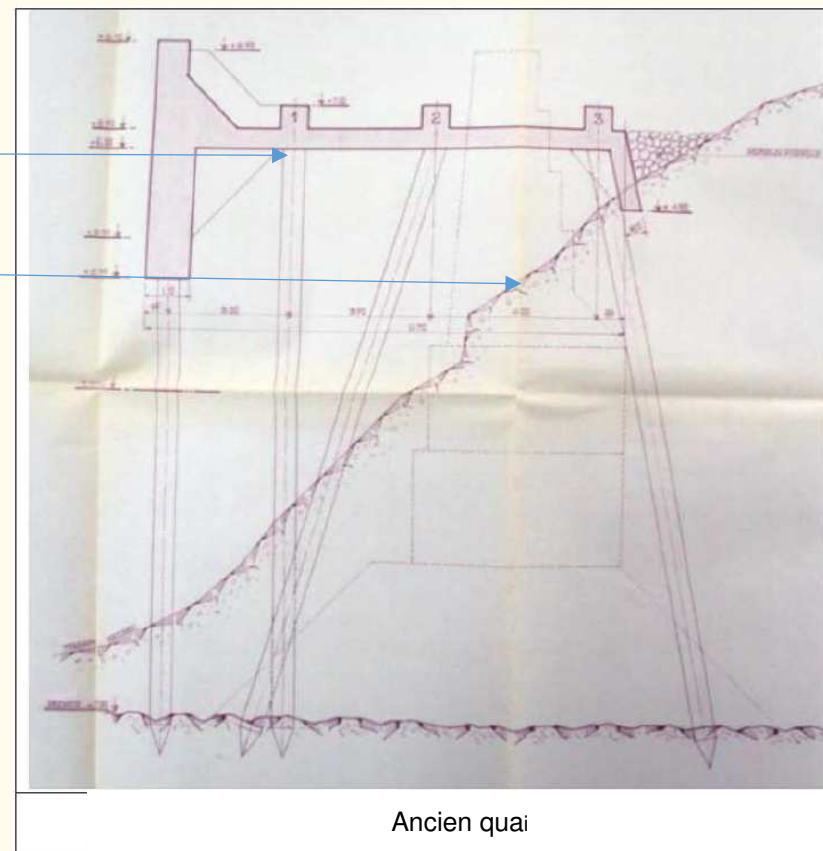
Résultats



- Radar



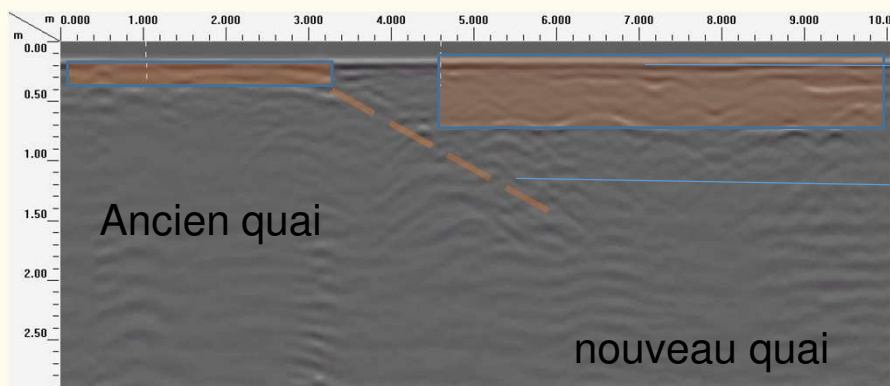
- Electrique



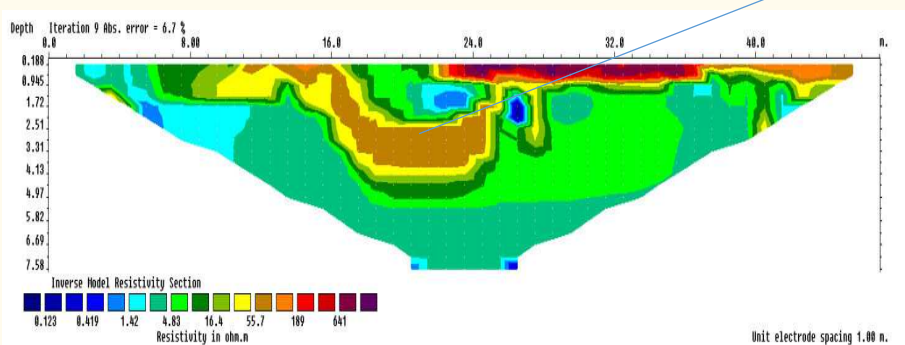
Ancien mur poids supprimé devant le remblai et remplacé par une plateforme béton pendant la 2nd guerre mondiale

Exemples : Port de Brest (CR)

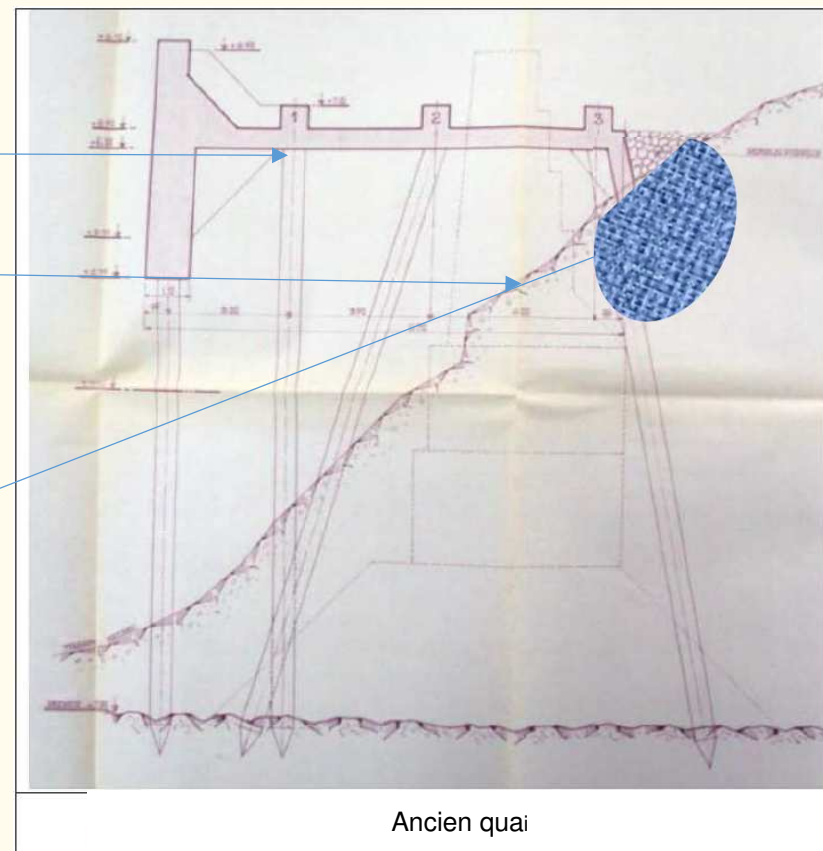
Résultats



- Radar



- Electrique



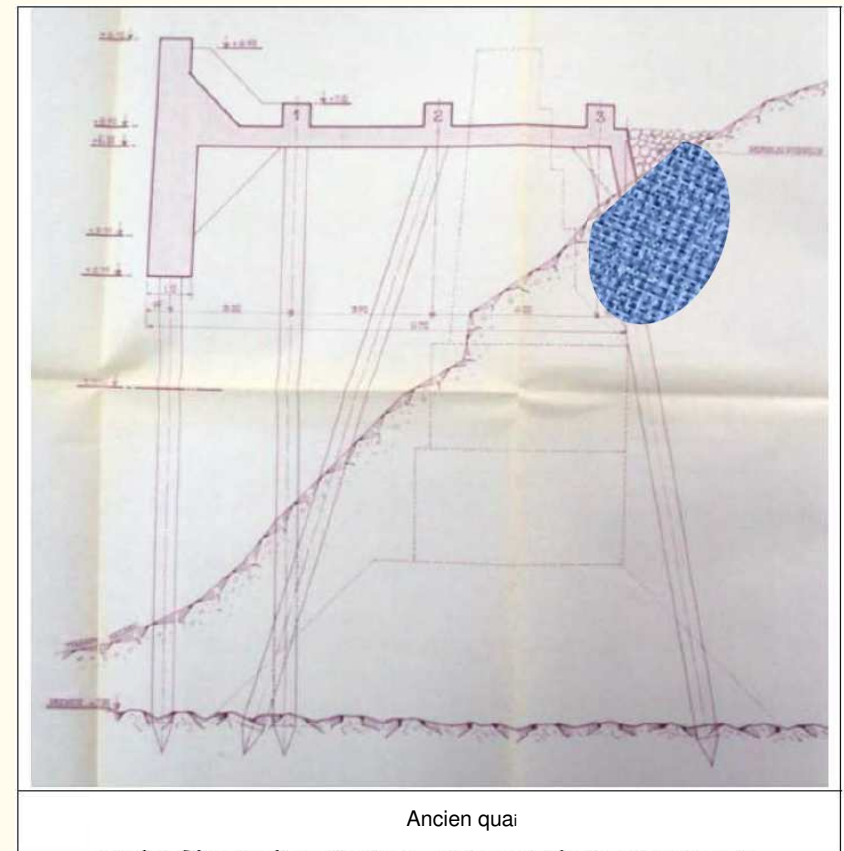
Ancien quai

Ancien mur poids supprimé devant le remblai et remplacé par une plateforme béton pendant la 2nd guerre mondiale

Exemples : Port de Brest (CR)

Résultats

- **Radar : géométrie**
Ancien quai (mur poids) en maçonnerie équipé par une dalle béton
- **Electrique : origine du désordre**
Lessivage du remblai argileux par eaux de surface (fissuration dans enrobé) + marnage



Ancien mur poids supprimé devant le remblai et remplacé par une plateforme béton pendant la 2nd guerre mondiale

Exemples : Port du Havre (Port 2000)

Contexte

Site : Portuaire : Le havre

– Port 2000

Objet : Mise en place d'une écluse (« petite écluse »)

Demande : préciser la nature du sol, la circulation de l'eau dans les remblai



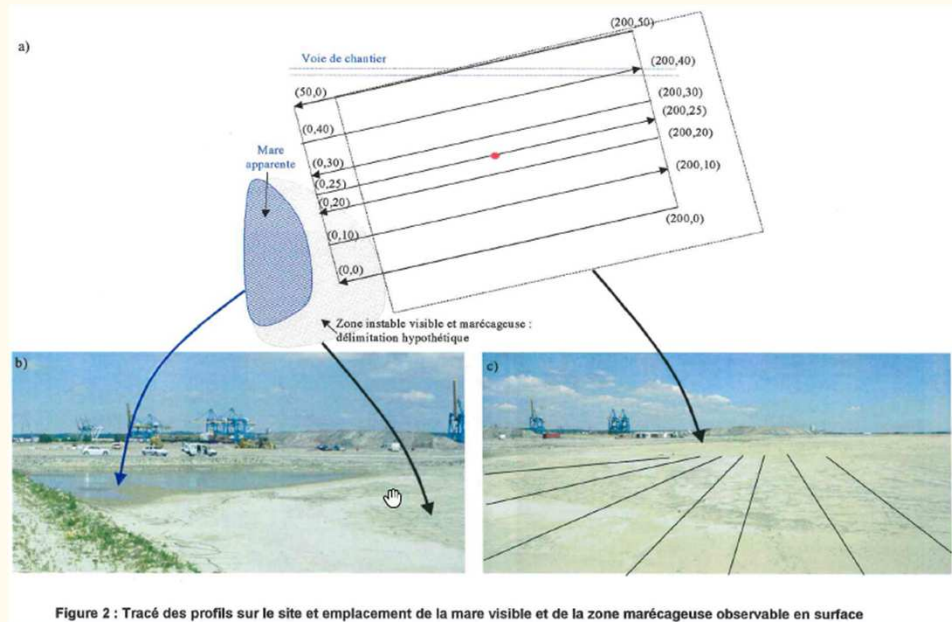
Figure 1 : a) Vue générale du site de mesure sur le port du Havre (2003). Le point rouge est l'emplacement du sondage C1. b) Vue de la zone d'étude et emplacement des profils GPS des mesures EM31 et EM34 (précision au GPS différentiel +/- 50 cm).

Méthode : Méthodes
Electromagnétique = Slingram-
EM31 et 34

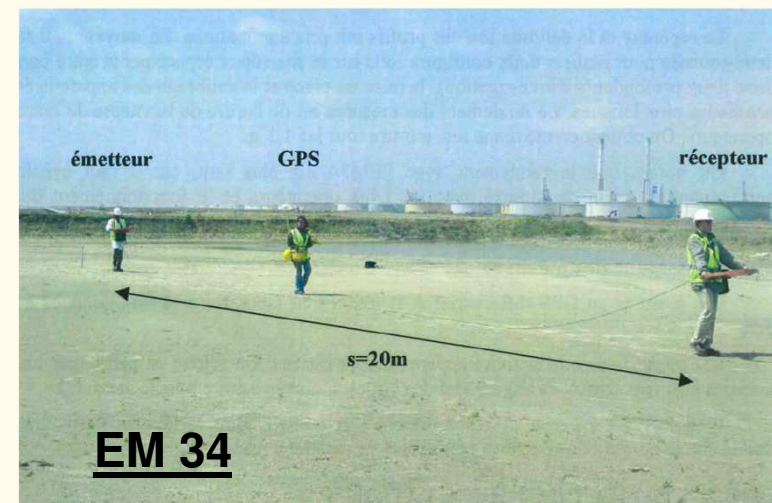
Choix méthode : urbain ouvert,
matériaux sableux, > 10 m, argileux

Exemples : Port du Havre (Port 2000)

Méthodes

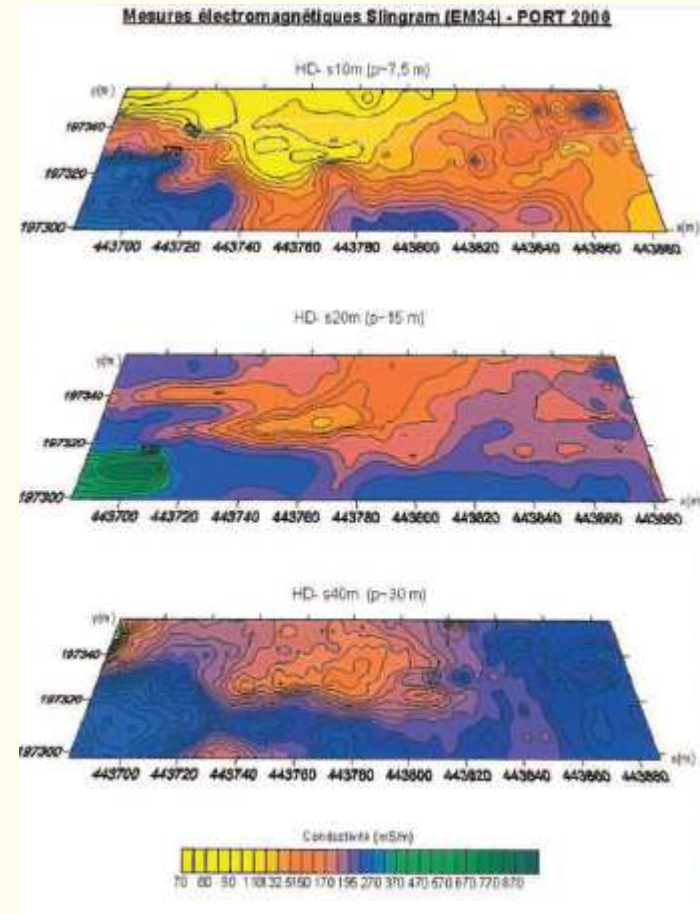
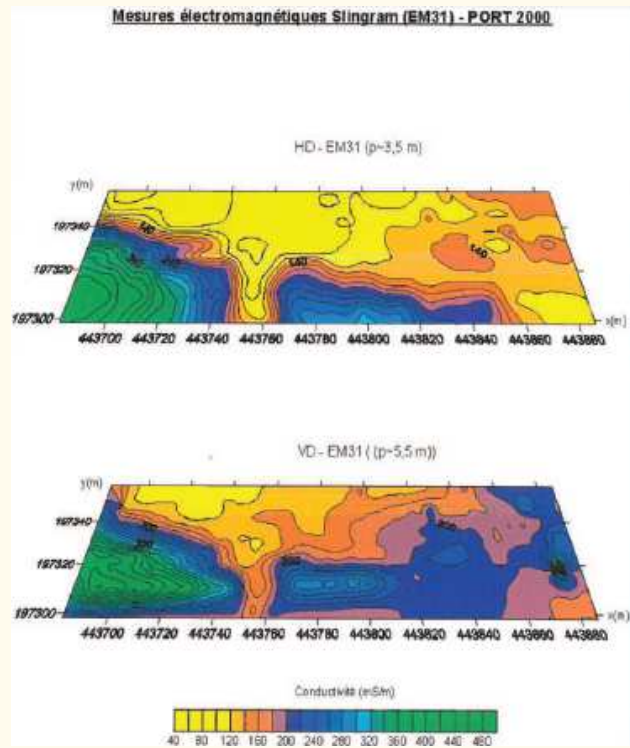


EM 31



Exemples : Port du Havre (Port 2000)

Résultats



Mesure entre 3 et 5 m pour l'EM31 et de 7 à 30 m pour l'EM34 (écartement des bobines)



Evolution de la conductivité en profondeur : argile et circulation d'eau
Nappe plus argileuse au sud-ouest
Terrains tabulaires

Exemples : Guyane - Port de Dégrad des Cannes

Contexte

Site : bassin portuaire au droit du quai n°2 – Port de Dégrad des Cannes

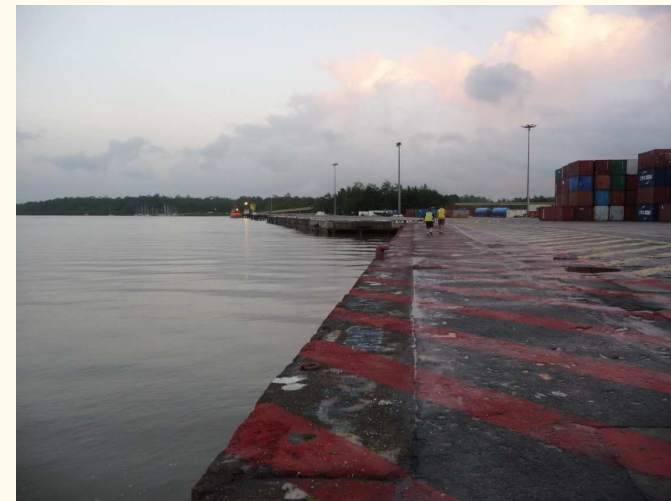
Objet : reconstruction extension du quai

Demande : reconnaître le toit du rocher et les formations en place



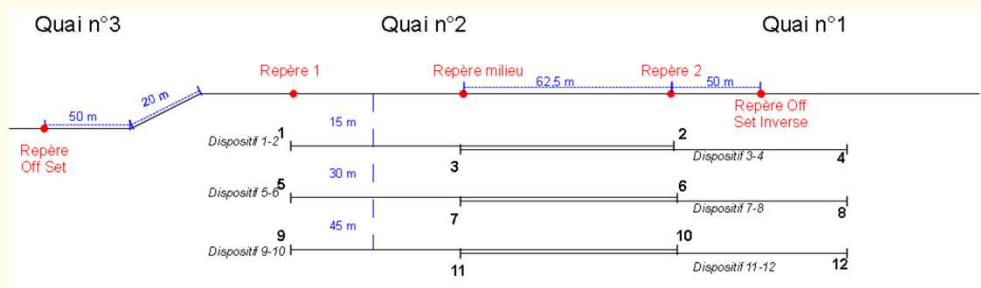
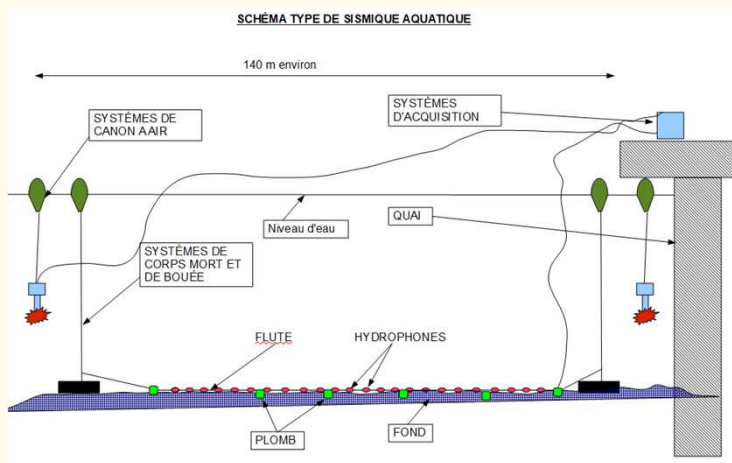
Méthode : Sismique réfraction

Choix méthode : permet d'obtenir une géométrie – vitesse sismique - mise en œuvre - profondeur



Exemples : Guyane - Port de Dégrad des Cannes

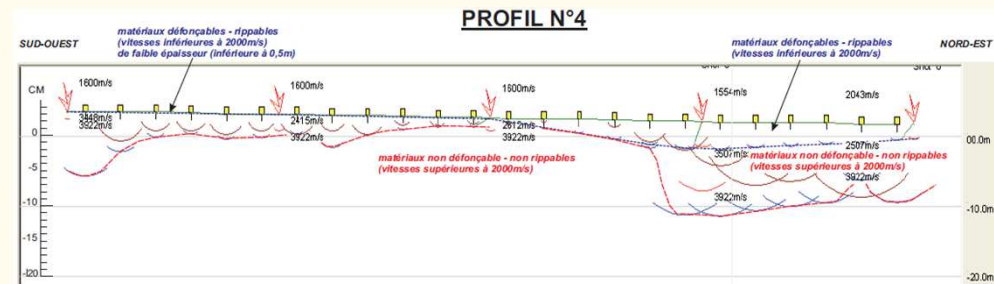
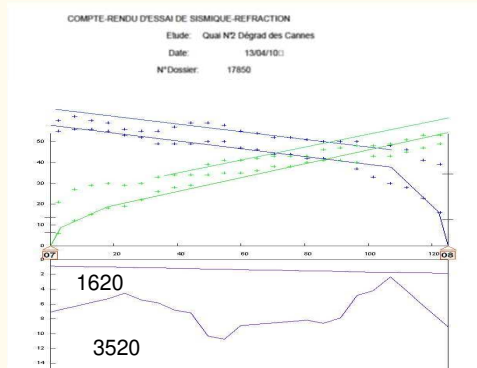
Mesures



Exemples : Guyane - Port de Dégrad des Cannes

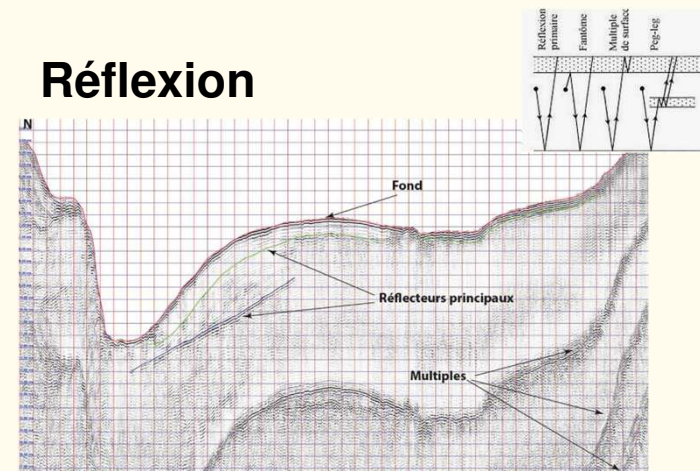
Résultats

Réfraction



Géométrie
(variation roches magmatiques)
Vitesse
(outils, terrassement)

Réflexion



Conclusions

- **Choix des méthodes :**
contexte, objectifs, profondeur, nature du terrain, contraintes (temps, espace)
- **Apport :**
données quasi-continue, vue globale, géométrie, position des sondages,
- **Place dans méthodologie :**
ne peut se faire sans phase amont (bibliographie, analyse terrain, et sondages de calage,...)