



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***

## **Reconnaissance des sols en milieu portuaire**

Intervenant : Thomas PORTENART (GEOTEC)



# Reconnaitances des sols en milieu portuaire

- But : définir un modèle géologique et géotechnique :
  - Géométrie des faciès
  - Caractéristiques mécaniques des faciès
  - Aléas et risques géotechniques: variabilité attendue
- Phasage des missions d'ingénierie
  - Quelles données sont nécessaires ?
    - Terrassements / dragages
    - Portance, tassement, coefficients de réaction du sol, ...
    - Pompes et perméabilité
  - Quel budget ?
    - Moyens à mettre en œuvre
    - Faisabilité technique du projet ou optimisations



# Modèle géologique et géotechnique

- Géométrie des faciès / coupe géologique
  - Sondage à la tarière : coupe géologique approchée (faciès remaniés)
  - Sondage à la pelle mécanique : coupe géologique « vraie » mais peu profonde et en surtout terrestre
  - Prélèvements « manuels »
  - Sondage carotté : coupe géologique « vraie »
- Géométrie des faciès / moyens approchés
  - Géophysique : méthodes non intrusives fonctionnant en volume
  - Lançages par plongeurs
  - Sondages destructifs avec enregistrement des paramètres de forage
  - Essai au pénétromètre dynamique



# Modèle géologique et géotechnique

- Géométrie des faciès / coupe géologique

- Sondage à la tarière : coupe géologique approchée (faciès remaniés)



- Géométrie des faciès / coupe géologique

- Sondage à la tarière : coupe géologique approchée (faciès remaniés)

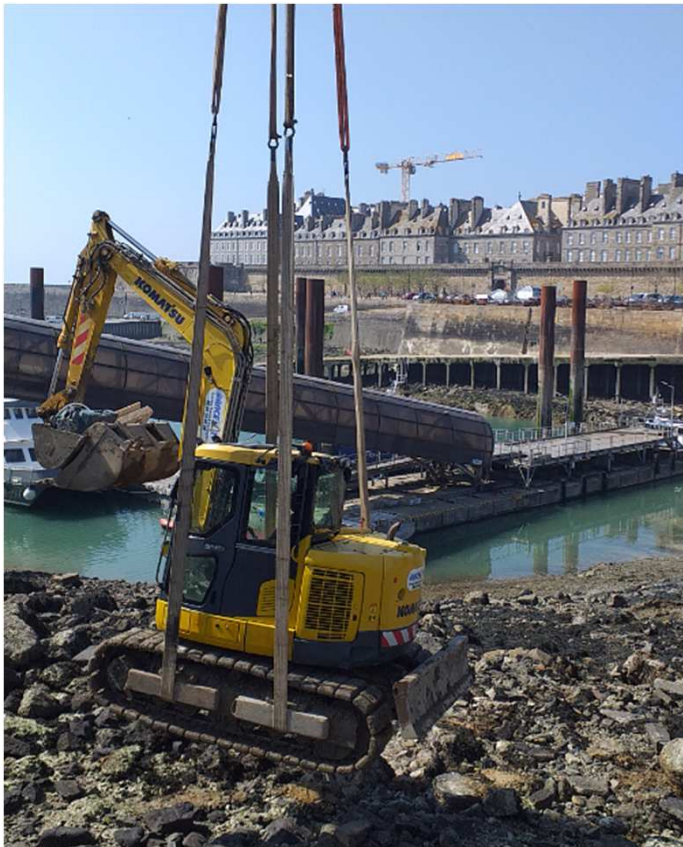


- Uniquement en terrestre
- Peu adapté sous la nappe



# Modèle géologique et géotechnique

- Géométrie des faciès / coupe géologique
  - Sondage à la tarière : coupe géologique approchée (faciès remaniés)
  - Sondage à la pelle mécanique : coupe géologique « vraie », mais peu profond et surtout en terrestre



# Modèle géologique et géotechnique

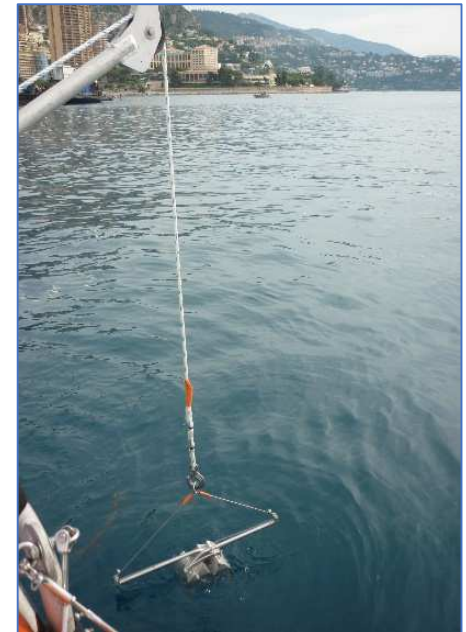
- Géométrie des faciès / coupe géologique

- Sondage à la tarière : coupe approchée (faciès remaniés)
- Sondage à la pelle mécanique : coupe géologique « vraie » mais surtout terrestre

- Prélèvements « manuels »
- Sondage carotté : coupe

- Géométrie des faciès / moyennes

- Géophysique : méthodes fonctionnant en volume :
- Sondage destructifs avec enregistrement des paramètres de forage



# Modèle géologique et géotechnique

- Géométrie des faciès / coupe géologique
  - Sondage à la tarière : coupe géologique approchée (faciès remaniés)
  - Sondage à la pelle mécanique : coupe géologique « vraie » mais peu profonde et en surtout terrestre
  - Prélèvements manuels SONDEUSE
  - Sondage carotté : coupe géologique « vraie »



# Modèle géologique et géotechnique

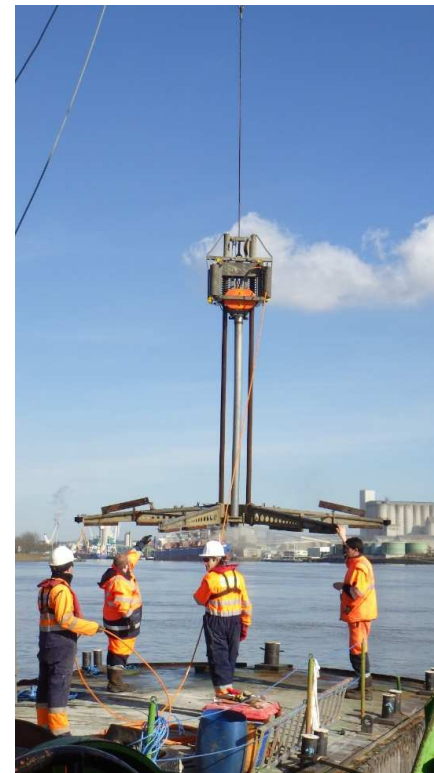
- VIBROCORE léger
  - 1 / 2 m, masse de 40 à 60kg, <30m d'eau
  - Depuis un quai (manuel / potence), ponton flottant, bateau (grue, potence, vire-casier)
  - Adapté au sédiments lâches
  - Échantillons sous gaine (70mm)





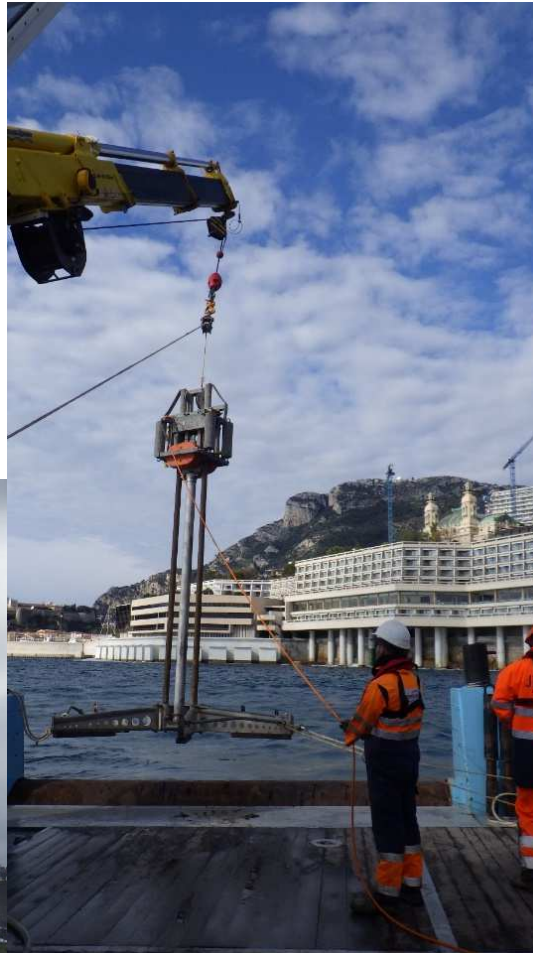
# Modèle géologique et géotechnique

- VIBROCORE 3/6/9m
  - 4,6 à 10,6m de hauteur et moins de 1,5t, 150/600m ou plus d'eau
  - Depuis une grue terrestre, ponton grue, multicat
  - Adapté au sédiments
  - Échantillons sous gaine (90-110mm)

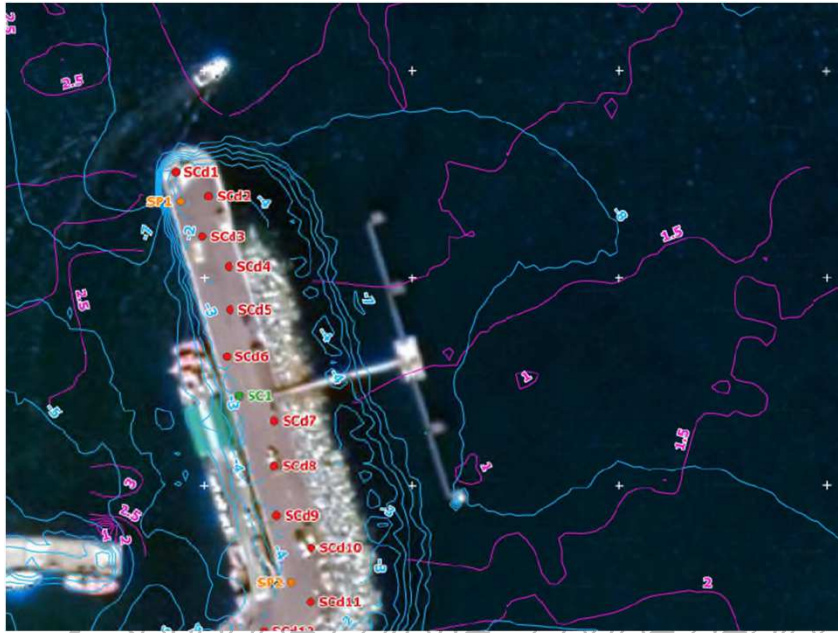


# Moyens géotechniques portuaires outils sous-marins

- VIBROCORE 3/6/9m



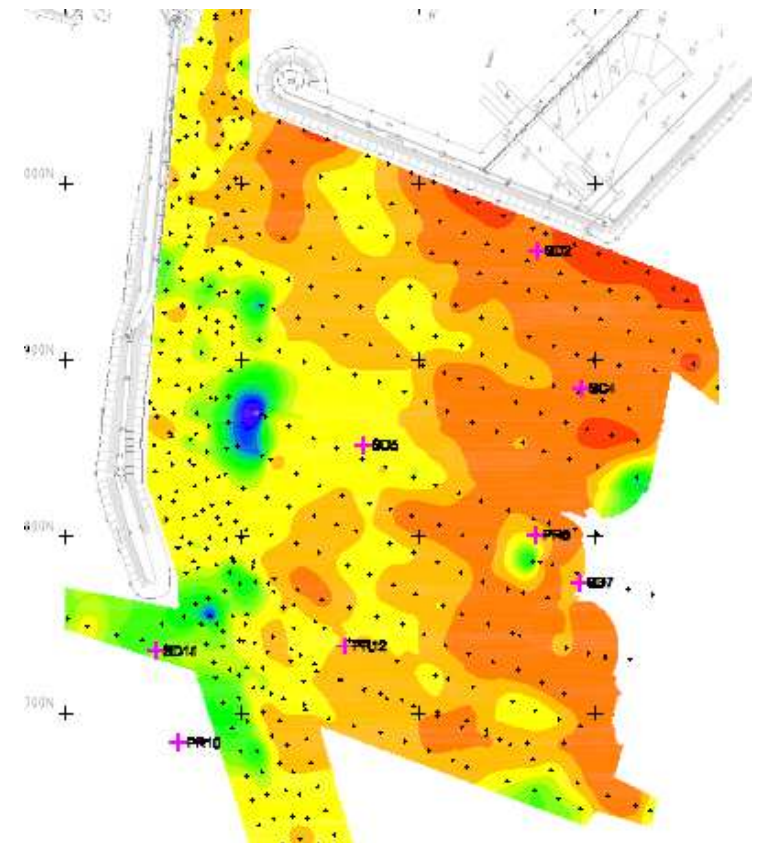
# Modèle géologique et géotechnique



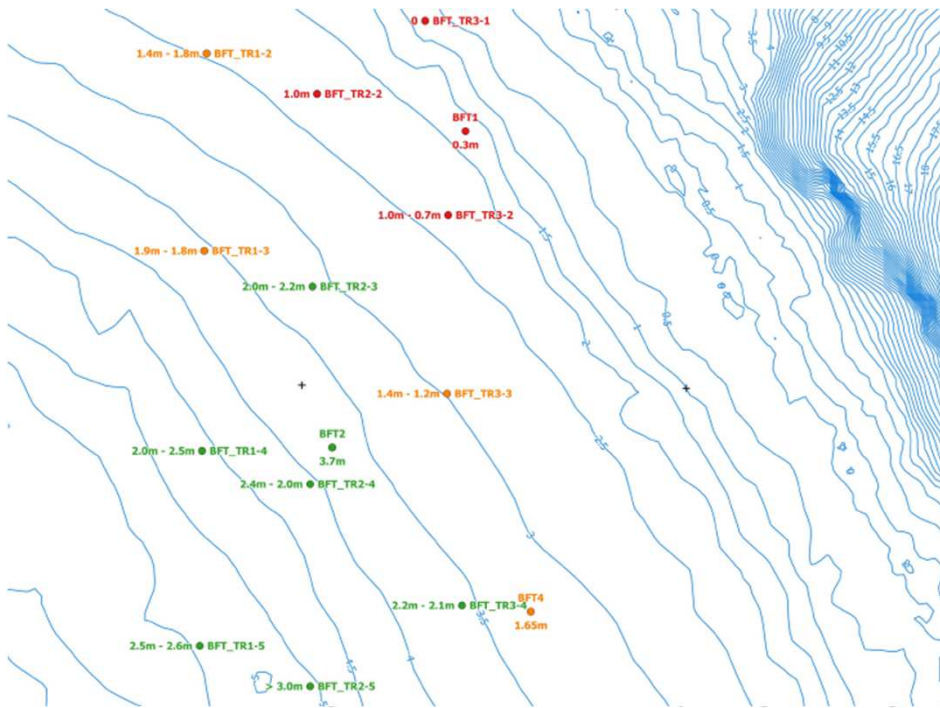
logique  
logique  
coupe  
fond et en

sondage carène : coupe géologique « vraie »

- Géométrie des faciès / moyens approchés
  - Géophysique : méthodes non intrusives fonctionnant en volume/en planimétrie
  - Lançages par plongeurs
  - Sondage destructifs avec enregistrement des paramètres de forage
  - Essai au pénétromètre dynamique



# Modèle géologique et géotechnique



ogique  
ogique  
oupe  
onde et

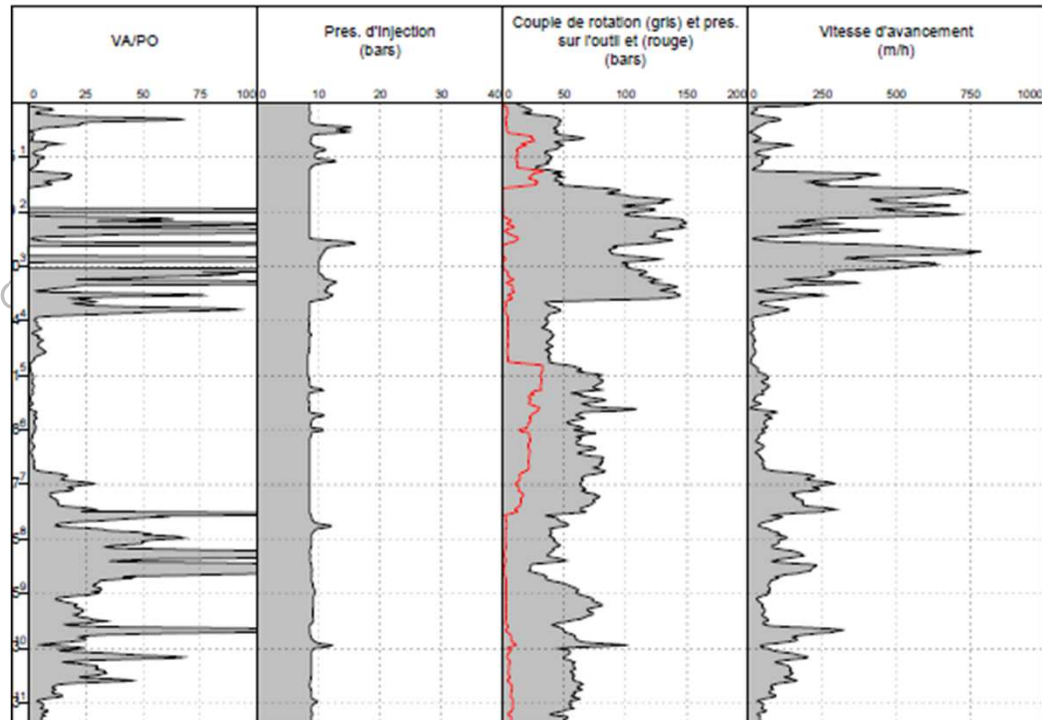
ue « vraie »

- Géométrie des faciès / moyens approchés

- Géophysique : méthodes non intrusives fonctionnant en volume
- Lançages par plongeurs
- Sondage destructifs avec enregistrement des paramètres de forage
- Essai au pénétromètre dynamique



# Modèle géologique et géotechnique

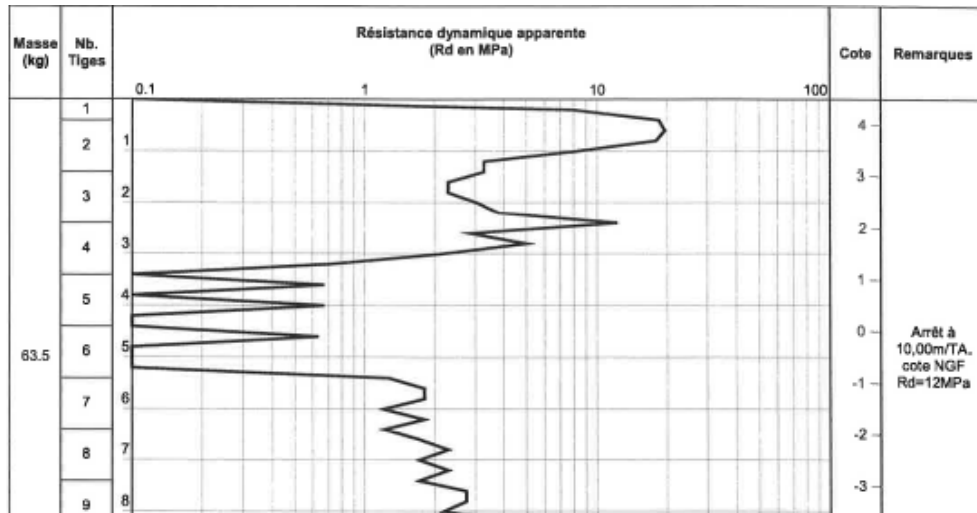


• Géologie

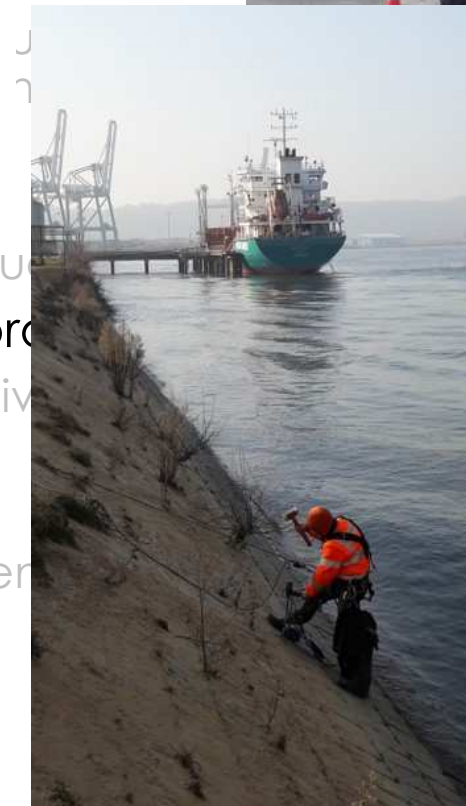
- Géométrie des faciès / moyens approchés
  - Géophysique : méthodes non intrusives fonctionnant en volume
  - Lançages par plongeurs
  - Sondages destructifs avec enregistrement des paramètres de forage
  - Essai au pénétromètre dynamique



# Modèle géologique et géotechnique



gigue  
gigue

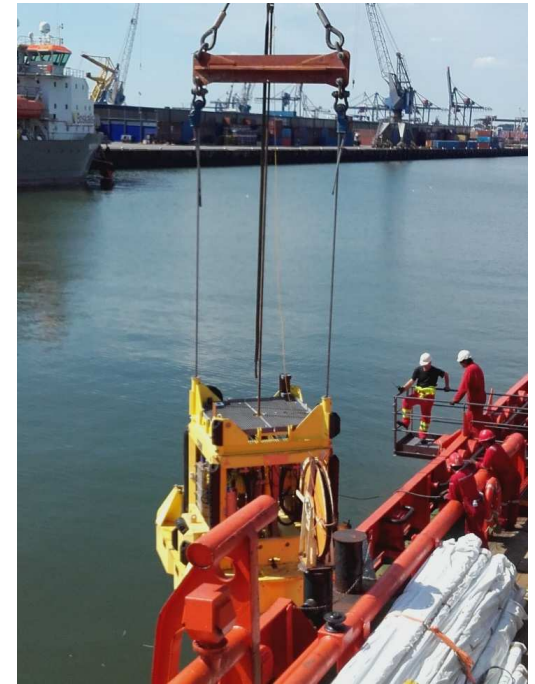


- Géométrie des faciès / moyens approchés
  - Géophysique : méthodes non intrusives fonctionnant en volume
  - Lançages par plongeurs
  - Sondage destructifs avec enregistrement des paramètres de forage
- Essai au pénétromètre dynamique
- Essai au pénétromètre statique

Résistance dynamique de pointe  
caractéristiques mécaniques approchées

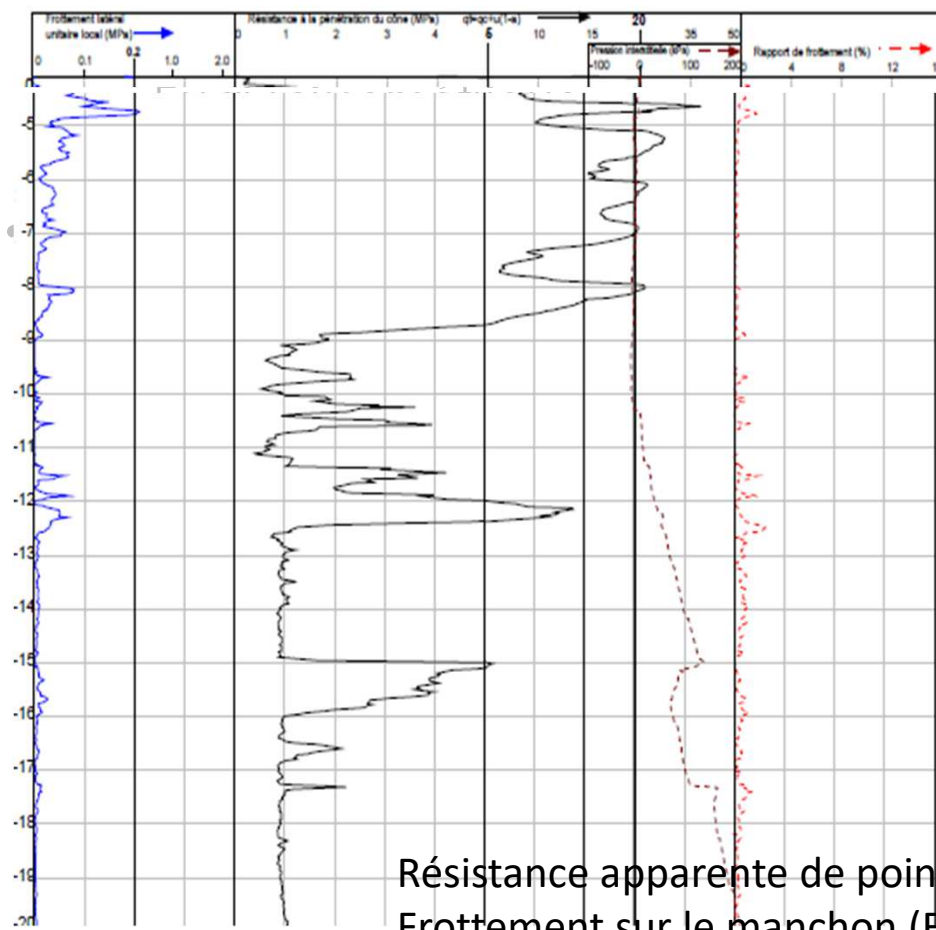
# Caractéristiques mécaniques des faciès

- Essais in-situ
  - Essai au pénétromètre statique
  - Essai pressiométrique
  - Essai scissométrique
  - Essai SPT, phicomètre
- Essais en laboratoire
  - Classifications
  - Essais de cisaillement : Boite / triaxial
  - Essais œdométriques
  - ...



# Caractéristiques mécaniques des faciès

- Essais in-situ terrestre et sur jack-up
  - Essai au pénétromètre statique (CPT)



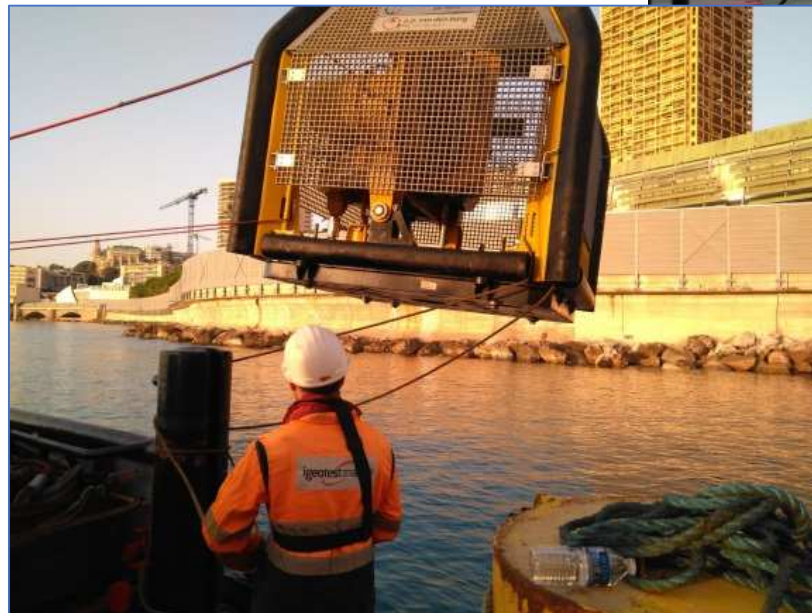
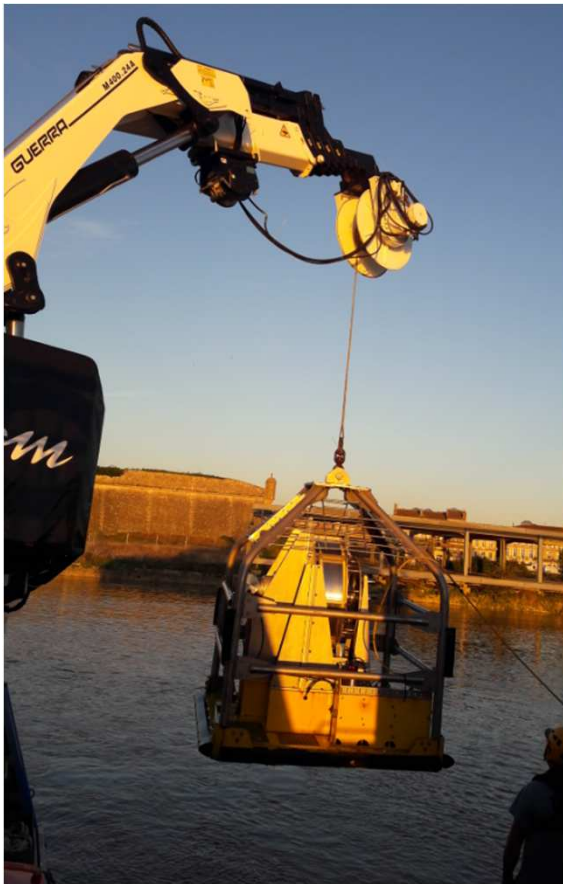
Résistance apparente de pointe ( $q_c$ )  
Frottement sur le manchon ( $F_s$ )  
Pression interstitielle ( $u$ )





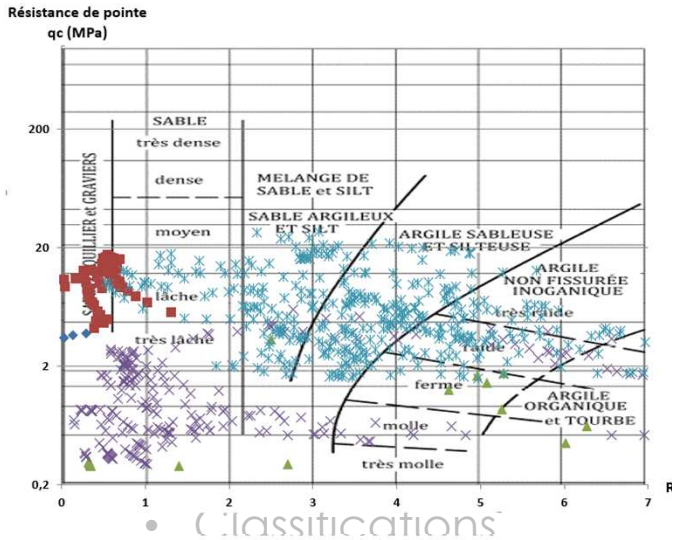
# Caractéristiques mécaniques des faciès

- Essais in-situ – moyens sous-marins
  - Essai au pénétromètre statique (CPT/CPTu)
  - 15m / 600m d'eau ou plus
  - De 25kN à 220kN de poussée



Résistance apparente de pointe ( $q_c$ )  
Frottement sur le manchon ( $F_s$ )  
Pression interstitielle ( $u$ )

# Caractéristiques mécaniques des faciès



CPT / CPTu

Résistance apparente de pointe ( $q_c$ )  
Frottement sur le manchon ( $F_s$ )

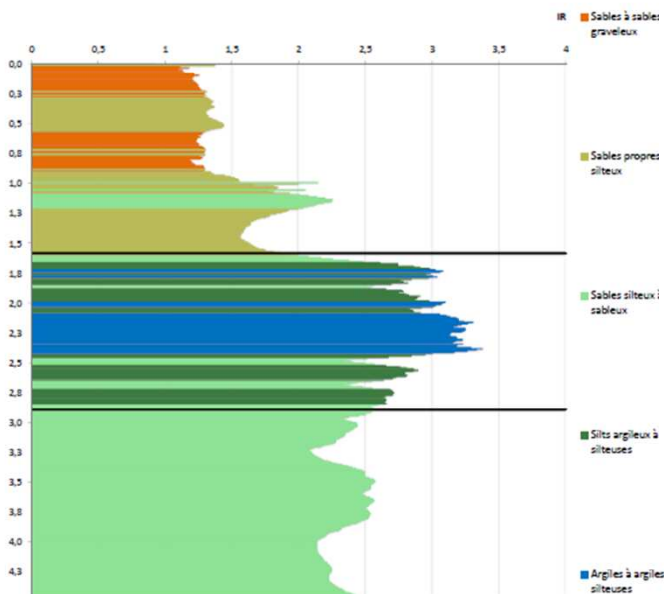
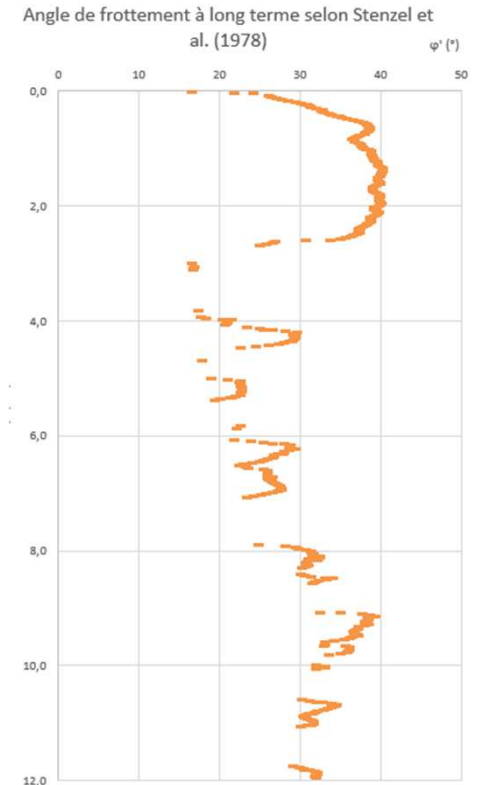
Adaptés aux sols fins et sédiments

Calcul :

- capacité portante
- liquéfaction

Extrapolations (selon bibliographie et/ou recalages)

- nature des sols
- modules
- tassements
- cohésion non drainée (argiles molles)
- angle de frottement (sables)



# Caractéristiques mécaniques des faciès

## Essai pressiométrique Ménard

Pression limite ( $p_l$ ) jusqu'à 5 / 8 / 10MPa  
 Pression de fluage ( $p_f$ )  
 Module pressiométrique ( $E_M$ )

Adapté aux terrains moyens à compacts  
 et aux roches

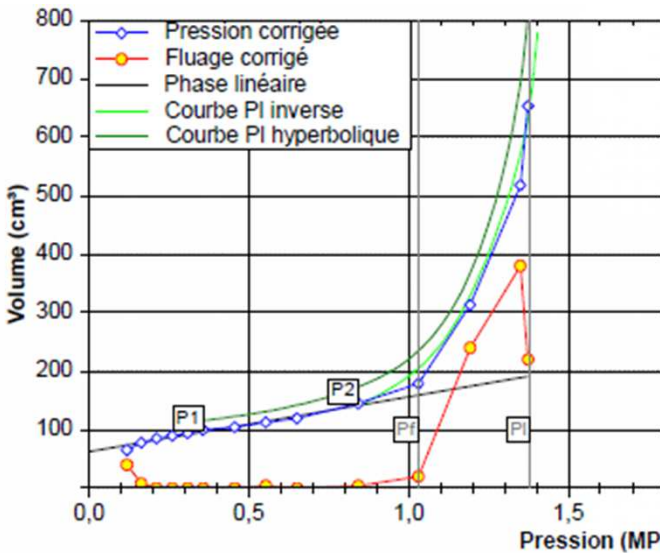


### Calcul :

- capacité portante
- réaction horizontale
- tassements

### Extrapolation :

- cohésion non drainée (argiles molles)
- angle de frottement (sables)



Cote NCM (m)	Prof. (m)	Coupe indicative	Eau	Outil	Module pressiométrique $E_M$ (MPa)	Pression de fluage $p_f$ (MPa)	Pression limite $p_l$ (MPa)
1.51	0.00						
	0.29	Sable graveleux induré jaunâtre à marron			56.6	1.71	2.46
	2.39	Sable argilo-graveleux jaunâtre induré (beach-rock ?)			45.2	1.30	2.26
	7.20	Sable de ponces grisâtre			30.2	0.92	1.02
					7.7	0.34	0.57
					4.3	0.29	0.42
					5.0	0.33	0.46
					12.4	0.57	0.90
					8.7	0.36	0.56
					15.7	0.84	1.30
					15.4	0.87	1.24
					16.7	0.89	1.39
					11.4	0.66	1.00
					20.9	1.06	1.64
					17.4	1.04	1.70
					23.9	1.06	1.69
					21.4	1.04	1.68
		Sable de ponces grisâtre à matrice limoneuse					

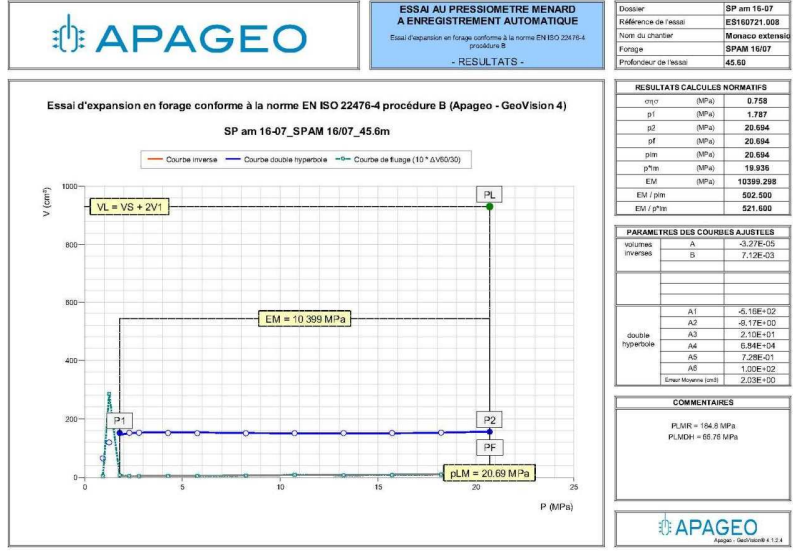
# Caractéristiques mécaniques des faciès

Essai pressiométrique très haute pression

Pression limite (pl) jusqu'à 20 / 25MPa

Module « pressiométrique » ( $E_M$ )

Adapté aux roches, mais forage spécial



# Caractéristiques mécaniques des faciès

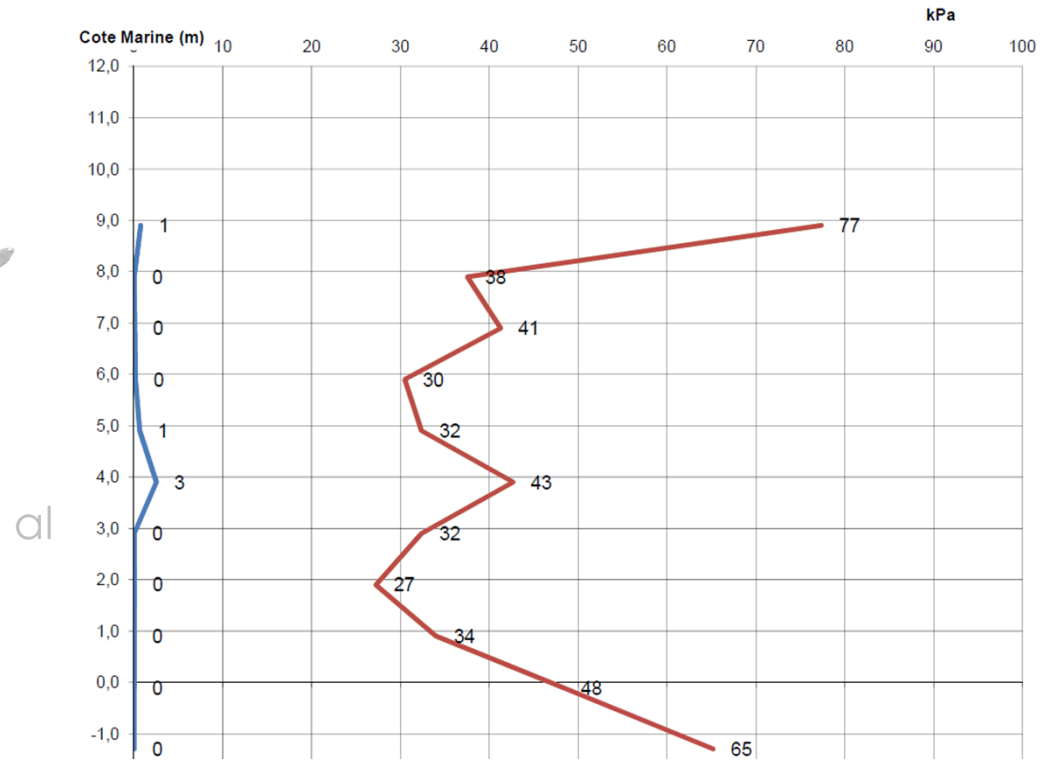
- Essais in-situ

- Ess
- Ess
- Ess
- Ess
- Essais
- C
- Ess
- Ess
- ..



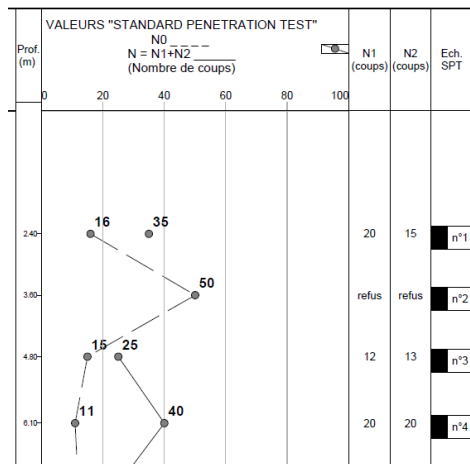
Essai scissométrique

Mesure en directe de la cohésion non drainée, non corrigée :  $S_u$   
 Avec correction : cohésion non drainée :  $C_u$



# Caractéristiques mécaniques des faciès

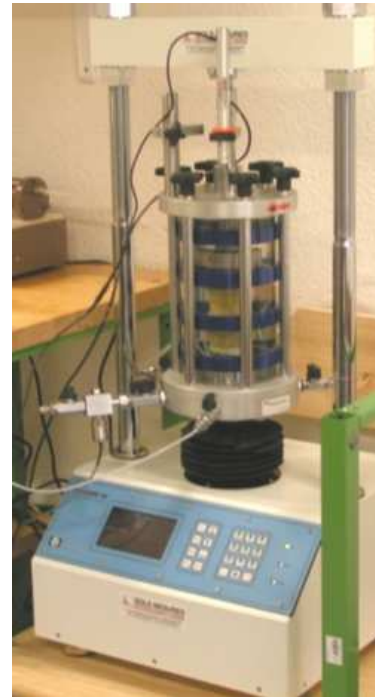
- Essais in-situ
  - Essai au pénétromètre statique
  - Essai pressiométrique
  - Essai SPT Standard Penetration test
- Essai international, mais beaucoup d'interprétation  
Bon essai pour la liquéfaction des sables et graviers



**Essai phicométrique**  
Mesure de l'angle de frottement en place, mais nécessite un sondage pressiométrique au préalable et mise en œuvre complexe

# Caractéristiques mécaniques des faciès

- Essais in-situ
  - Essai au pénétromètre statique
  - Essai pressiométrique
  - Essai scissométrique
  - Essai SPT, phicomètre
- Essais en laboratoire
  - Classifications
  - Essais de cisaillement : Boite / triaxial
  - Essais œdométriques
  - ...



# Moyens géotechniques portuaires

## Encorbellements





# Moyens géotechniques portuaires Estran et accès à la marée



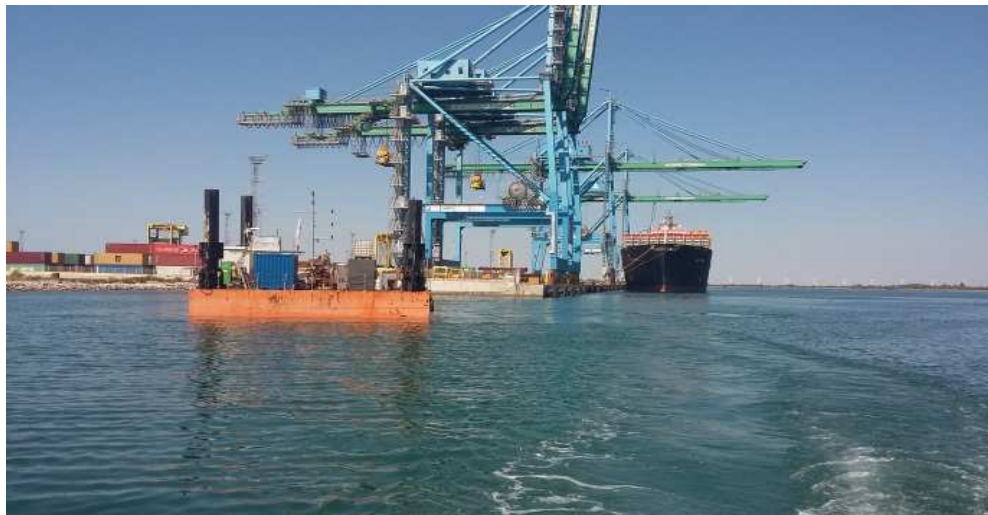
# Moyens géotechniques portuaires pontons flottants



# Moyens géotechniques portuaires pontons flottants



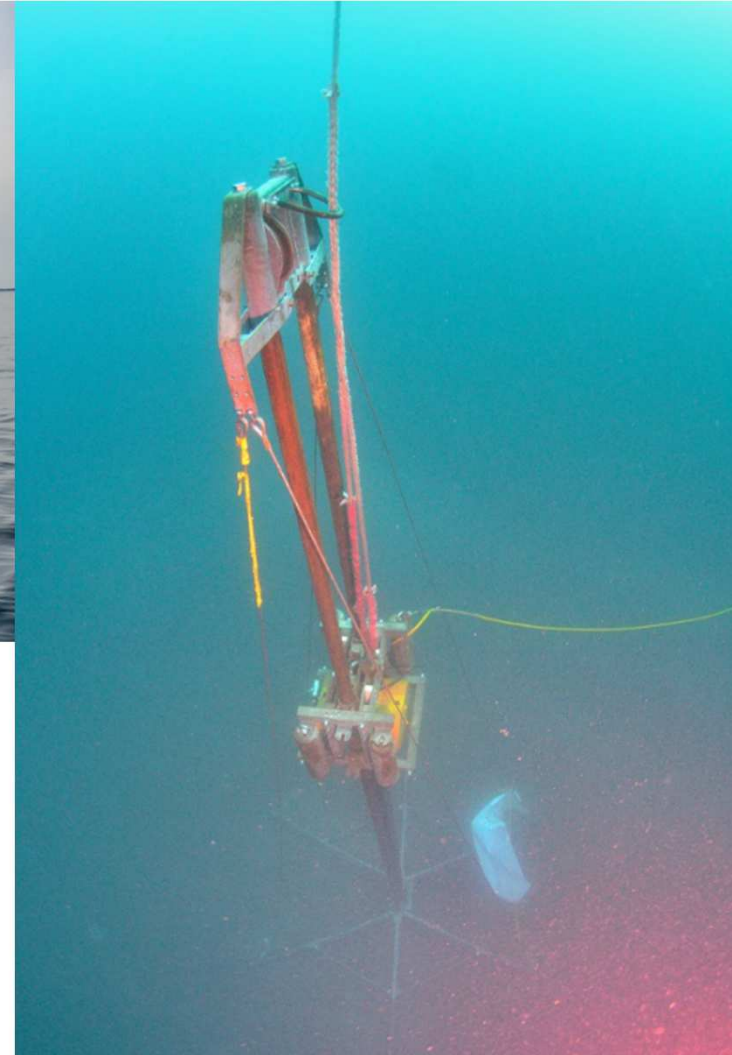
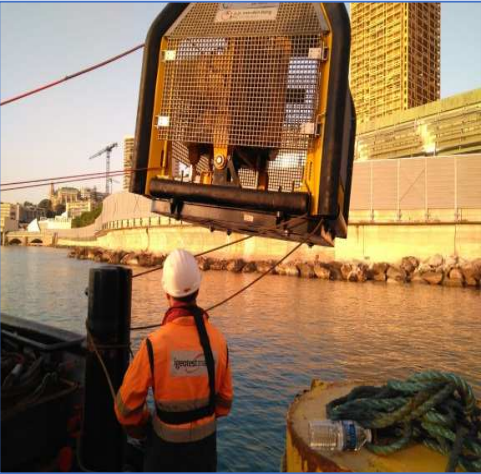
# Moyens géotechniques portuaires plateforme auto-élévatrice / Jack-Up



# Moyens géotechniques portuaires plateforme auto-élévatrice / Jack-Up



# Moyens géotechniques portuaires outils sous-marins



# Les investigations géotechniques

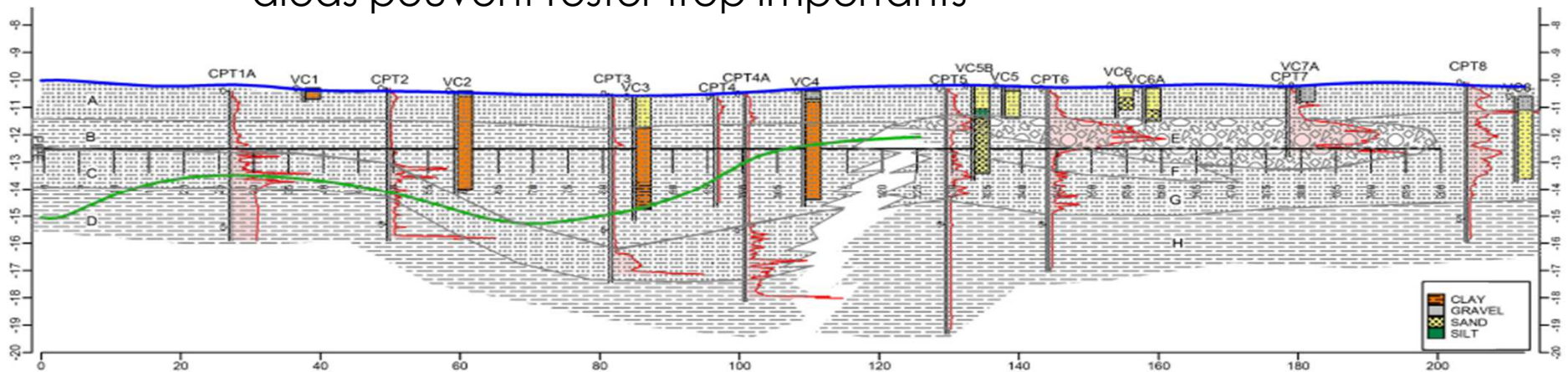
## Risques et aléas géotechniques

En avant-projet et en Projet les aléas et risques majeurs et mineurs doivent être traités : adaptabilité des sondages et essais, bon positionnement, et profondeurs adaptées

- Revenir à terre est toujours possible
- Revenir en nautique/en mer peut coûter très cher

En phase exe seuls les aléas et risques résiduels doivent exister : investigations géotechniques pour optimisation

si les investigations nautiques n'ont pas encore été réalisées, les aléas peuvent rester trop importants



L'adaptation des moyens géotechniques allant du terrestre à « l'offshore » est un plus



Merci pour votre attention



[www.geotec.fr](http://www.geotec.fr)

9 bld de l'Europe  
21800 QUETIGNY  
Tél. : 03 80 48 93 20

