



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, ...
 - Pompage 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 pelle mécanique : coupe géologique profonde et en

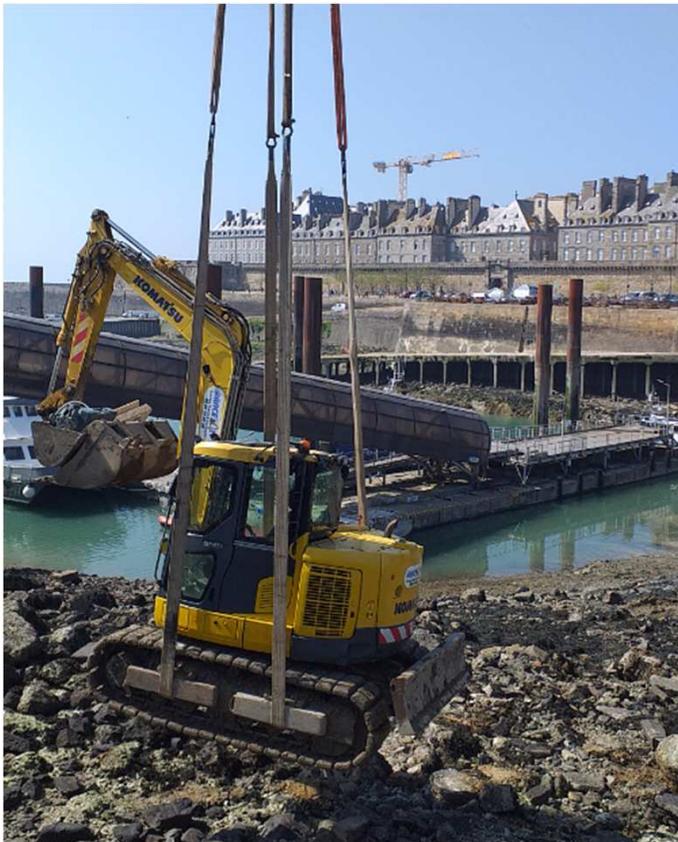


- Uniquement en terrestre
- Peu adapté sous la nappe



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

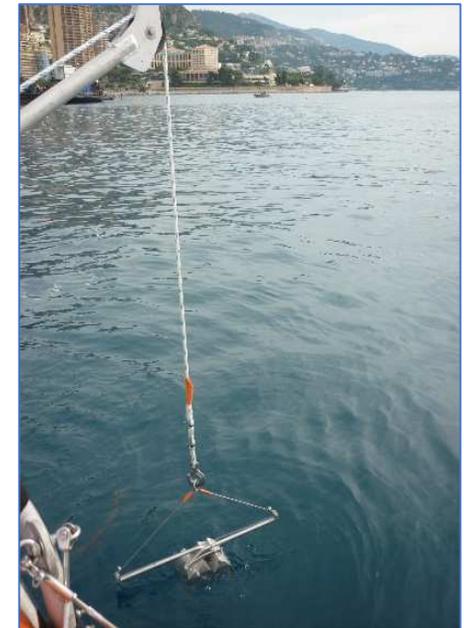
- Géométrie des faciès / coupe géologique

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

- Prélèvements « manuels »
- Sondage carotté : coupe

- Géométrie des faciès / moyennes

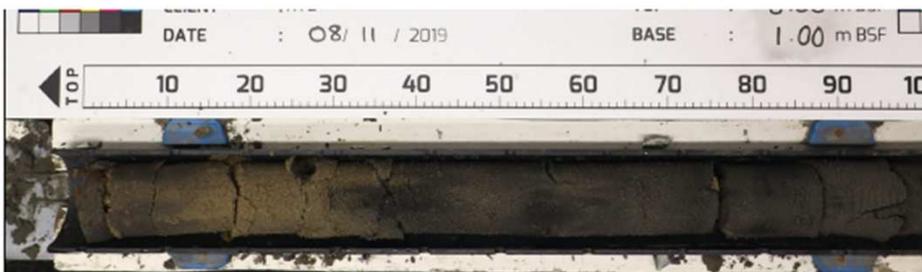
- Géophysique : méthodes fonctionnant en volume :
- Sondage destructifs avec enregistrement des paramètres de forage



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 »



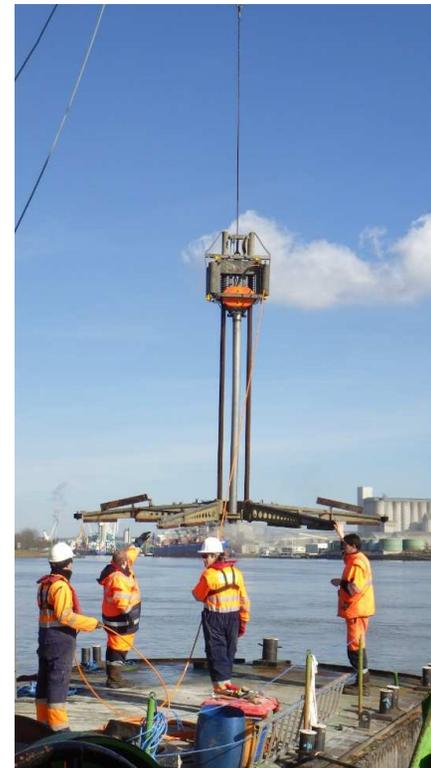
Modèle géologique et géotechnique

- 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)



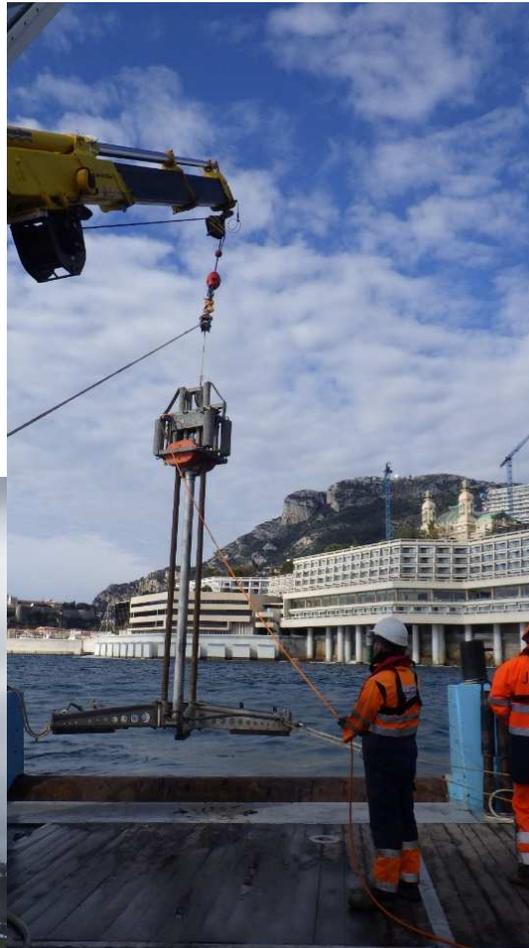
Modèle géologique et géotechnique

- 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)

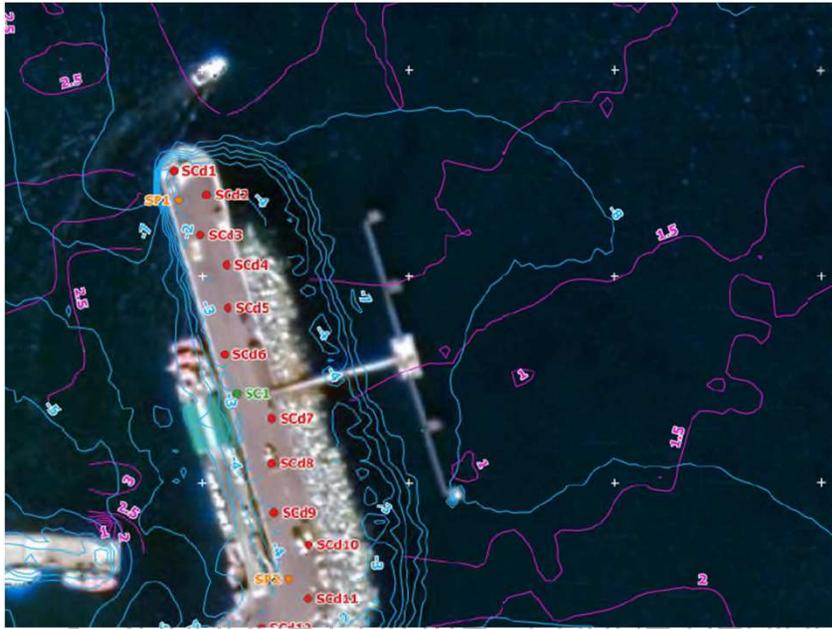


Moyens géotechniques portuaires outils sous-marins

- VIBROCORE 3/6/9m



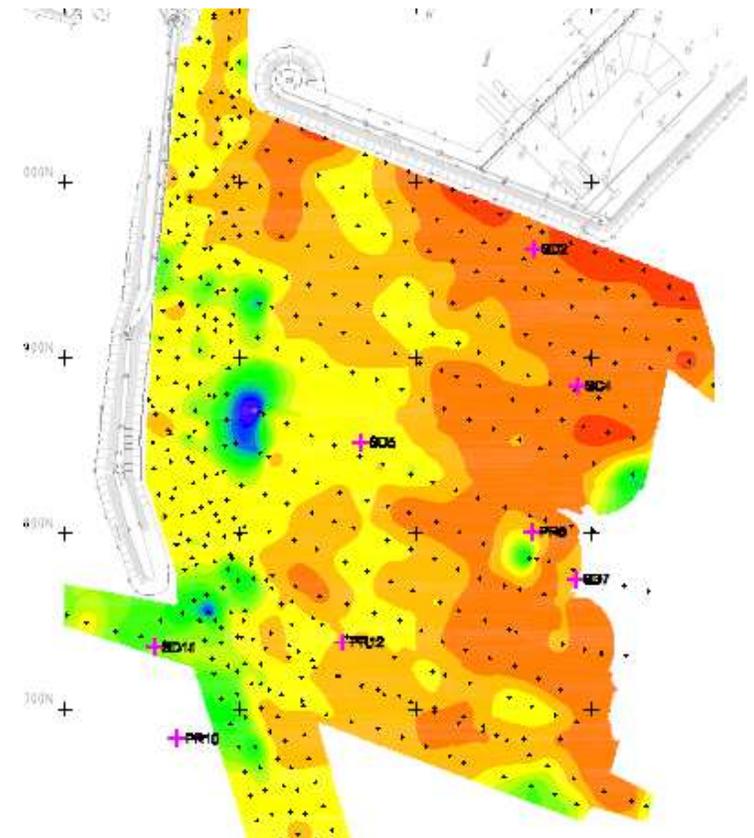
Modèle géologique et géotechnique



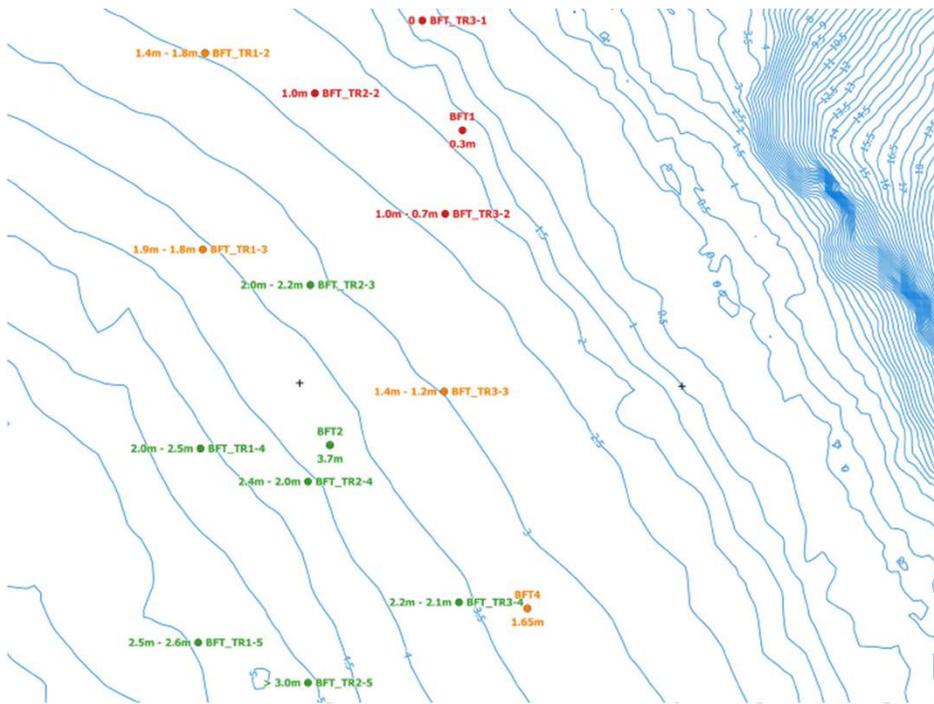
logique
logique
coupe
fond et en

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
gique
oupe
onde et

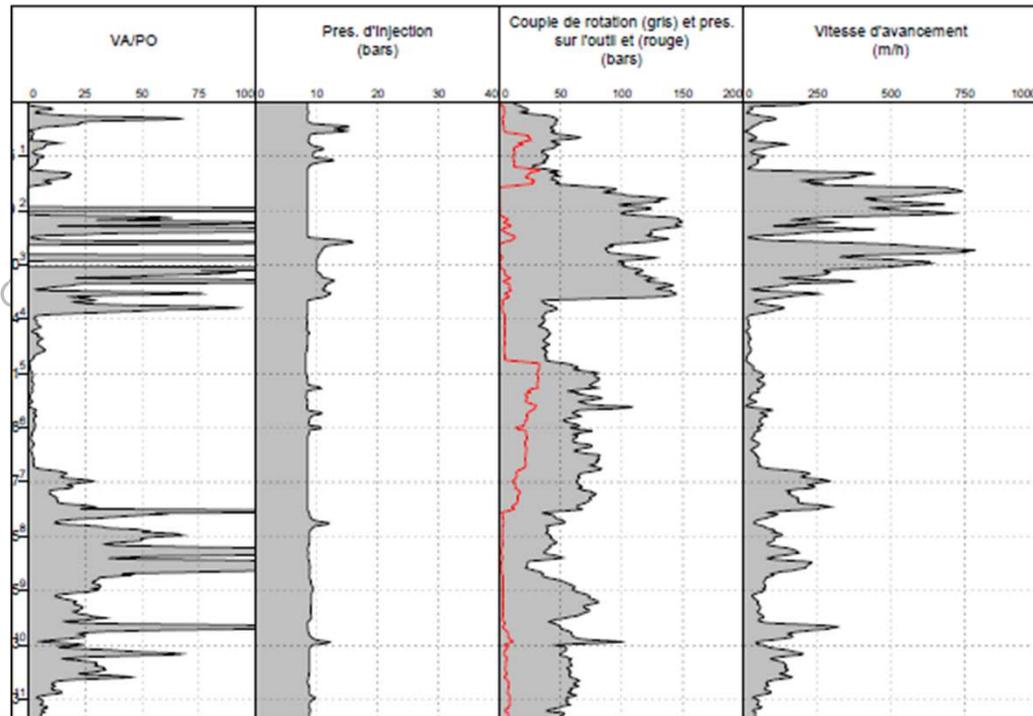
ue « vraie »

- 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



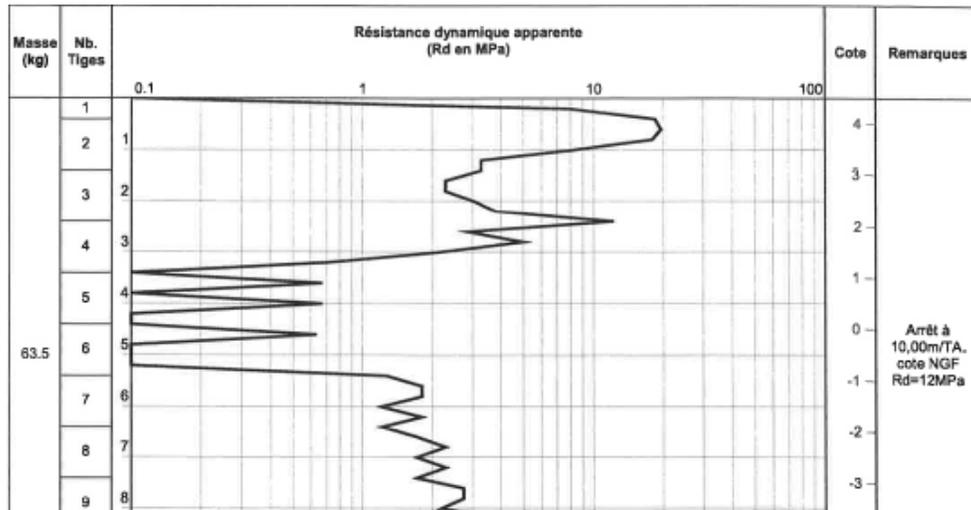
Modèle géologique et géotechnique



- 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

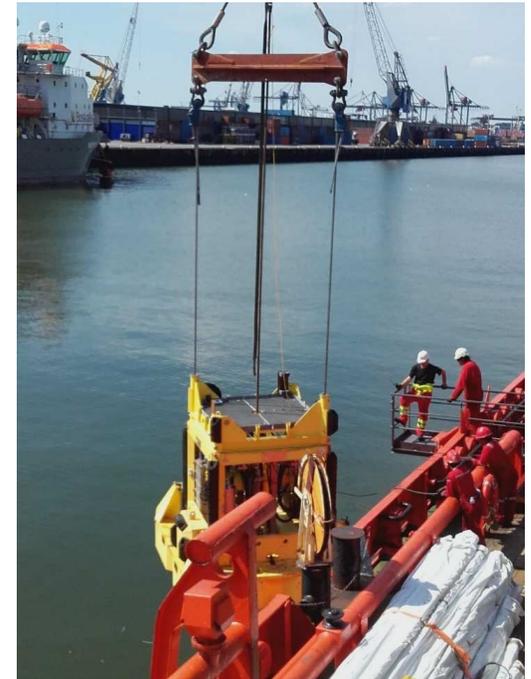


- Géométrie des faciès / moyens approchés
 - Géophysique : méthodes non intrusives fonctionnant en volume
 - Lançages par plongeurs
 - Sondage destructifs avec enregistrement des paramètres de forage
- Essai au pénétromètre dynamique
- Essai au pénétromètre statique

Résistance dynamique de pointe
caractéristiques mécaniques approchées

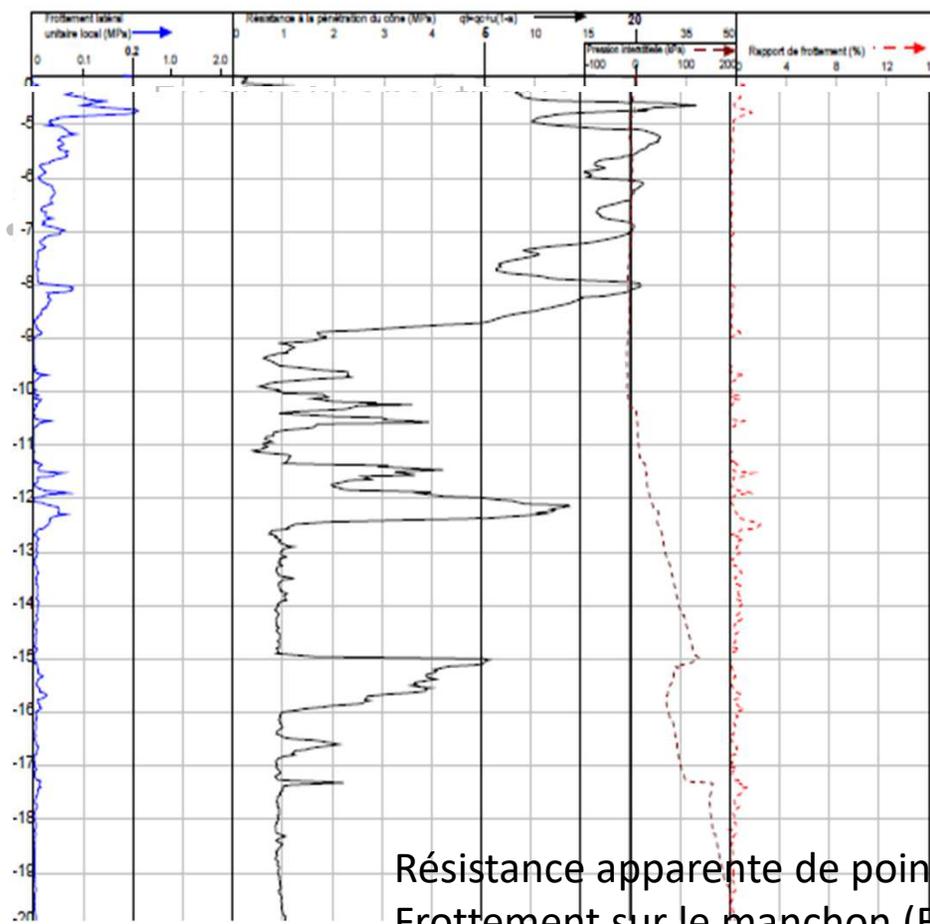
Caractéristiques mécaniques des faciès

- 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)

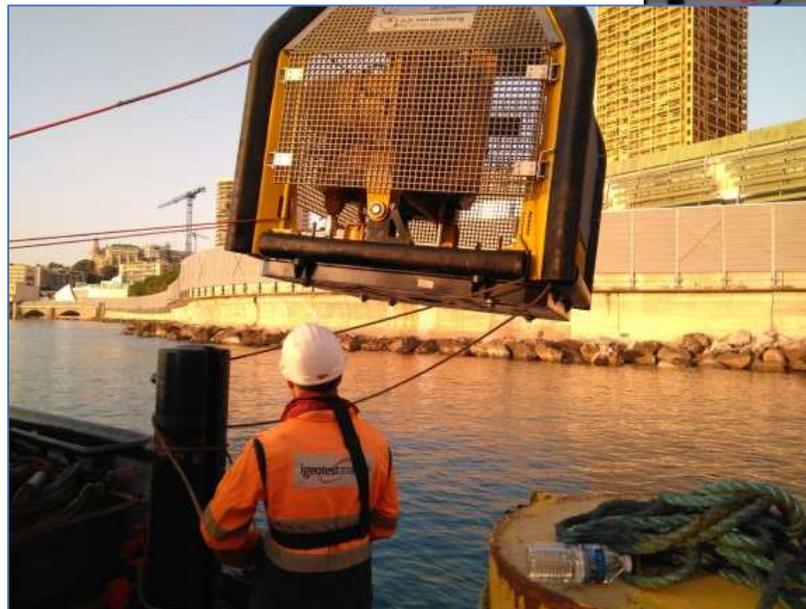
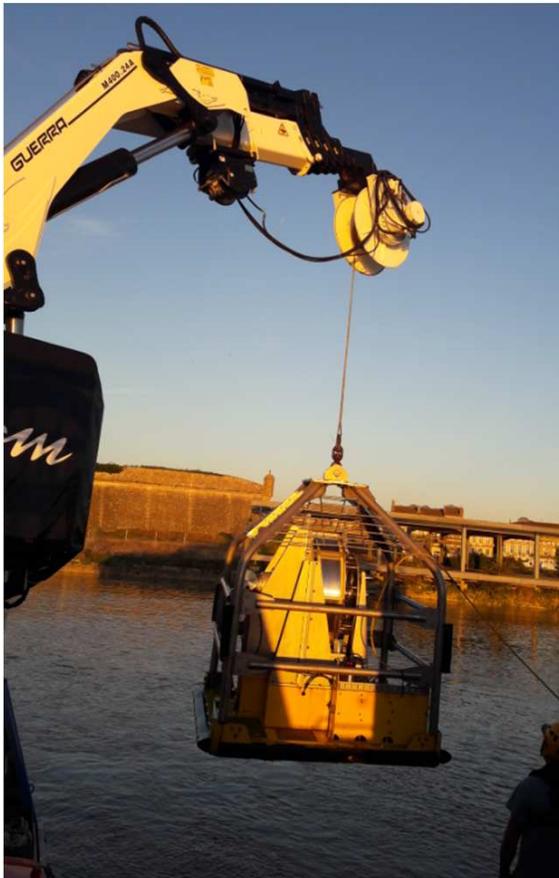


Résistance apparente de pointe (q_c)
Frottement sur le manchon (F_s)
Pression interstitielle (u)



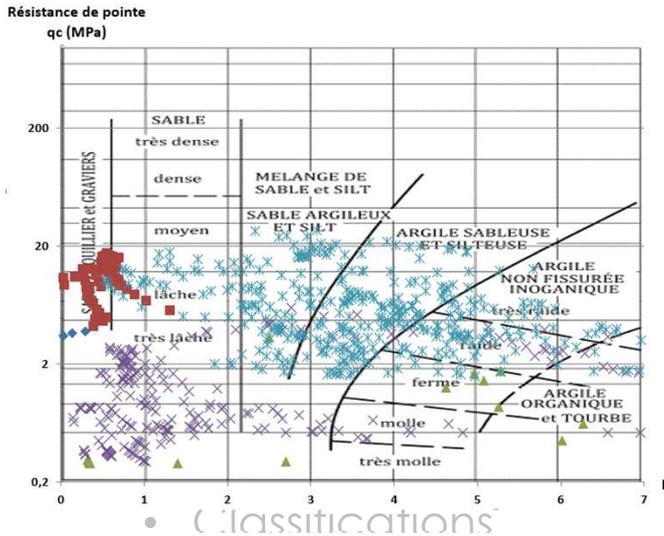
Caractéristiques mécaniques des faciès

- 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)

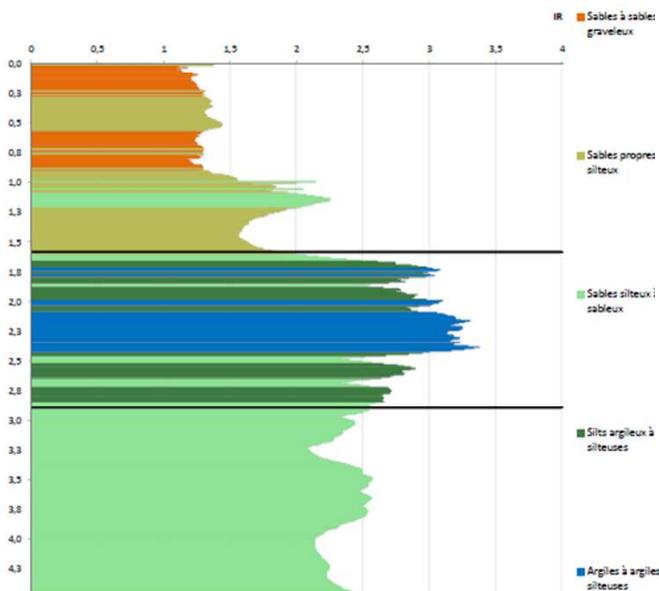
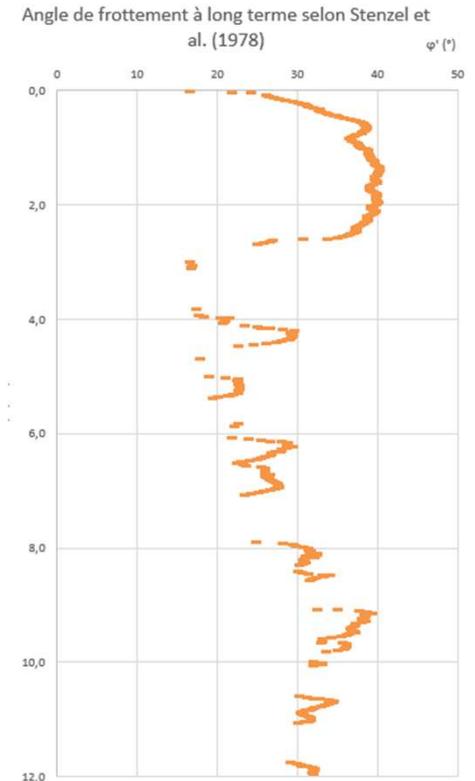
Adaptés aux sols fins et sédiments

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

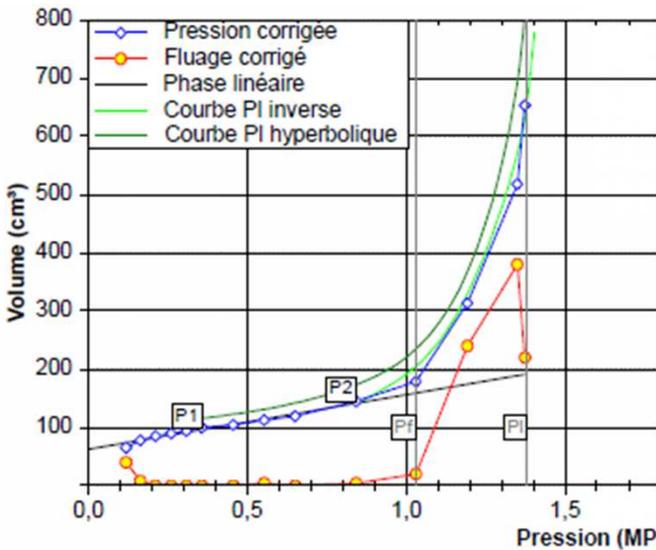


Calcul :

- 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
	8.80				7.7	0.34	0.57
	10.40				4.3	0.29	0.42
	12.00				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

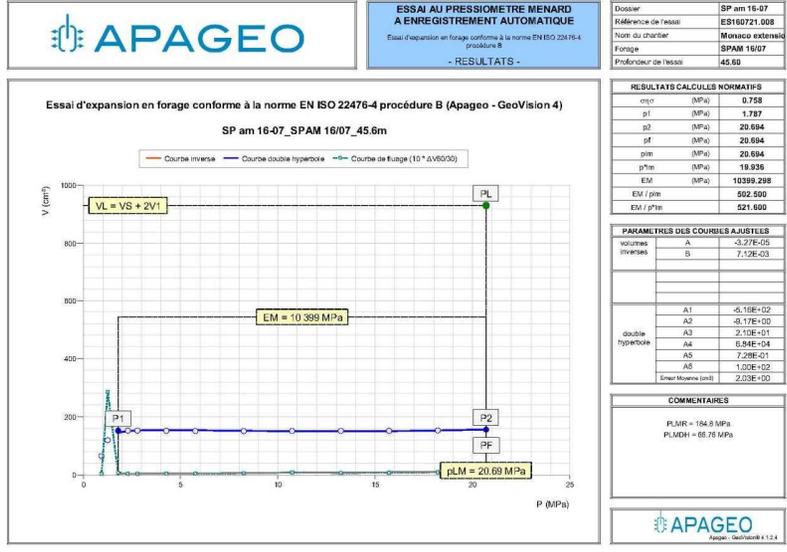
Caractéristiques mécaniques des faciès

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

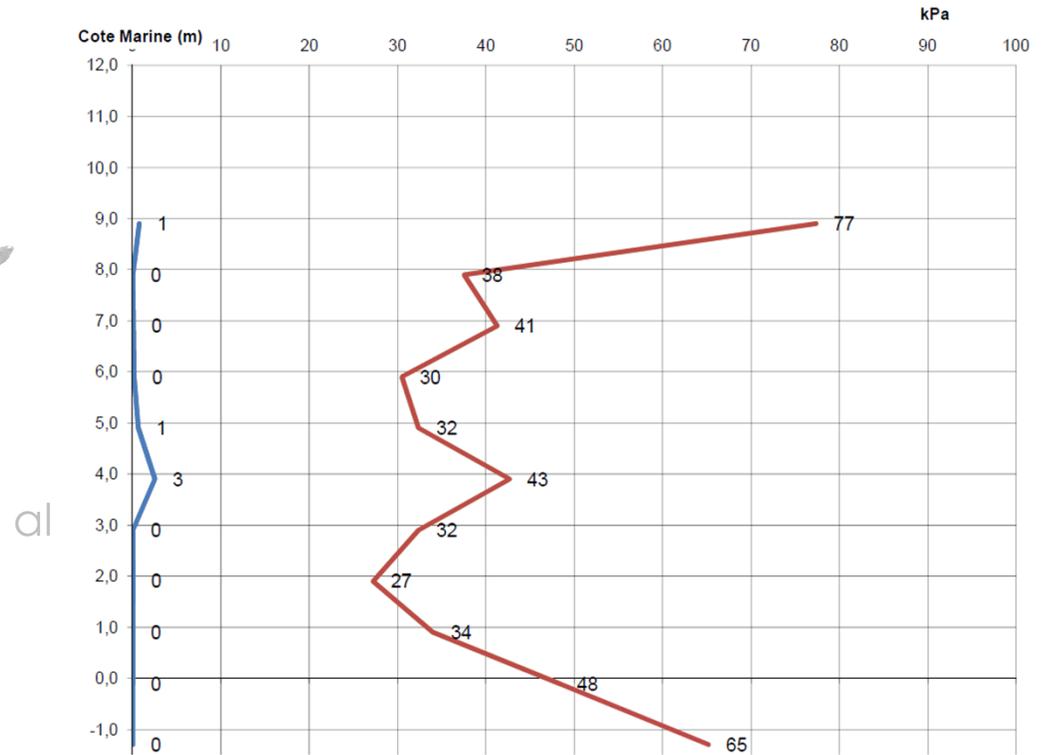
- Essais in-situ

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



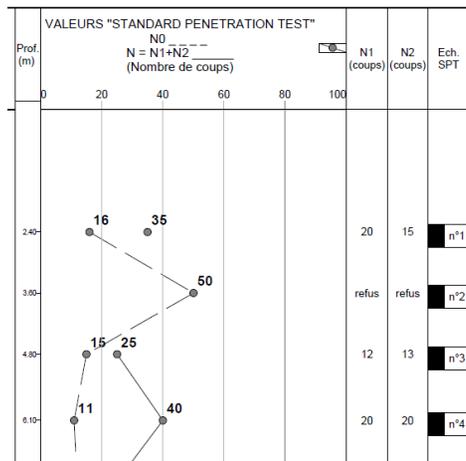
Essai scissométrique

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



Caractéristiques mécaniques des faciès

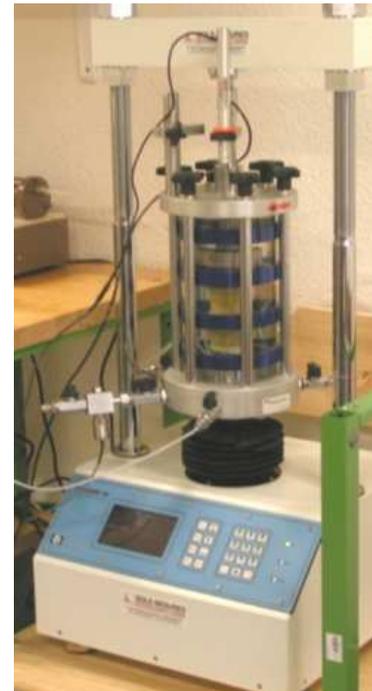
- Essais in-situ
 - Essai au pénétromètre statique
 - Essai pressiométrique
 - Essai SPT Standard Penetration test
- Essai international, mais beaucoup d'interprétation
Bon essai pour la liquéfaction des sables et graviers



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

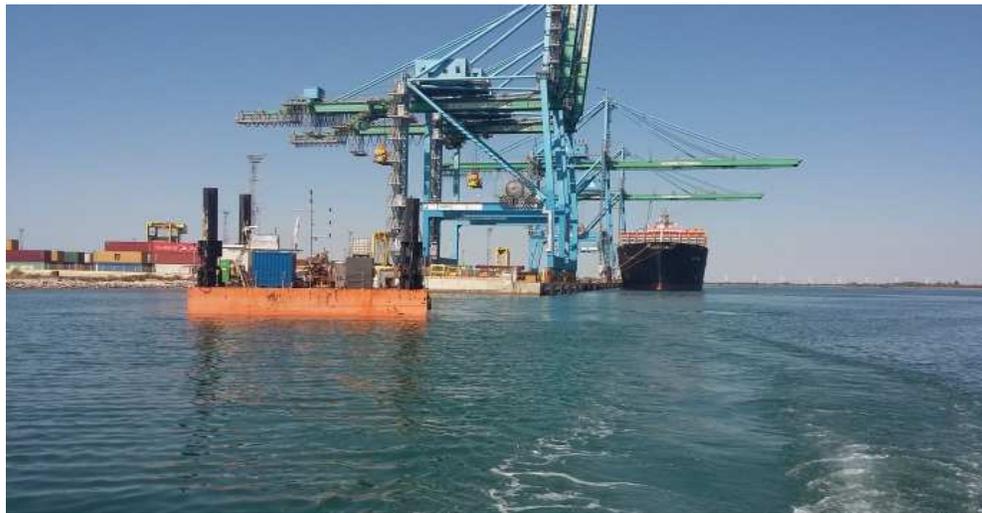


Moyens géotechniques portuaires pontons flottants

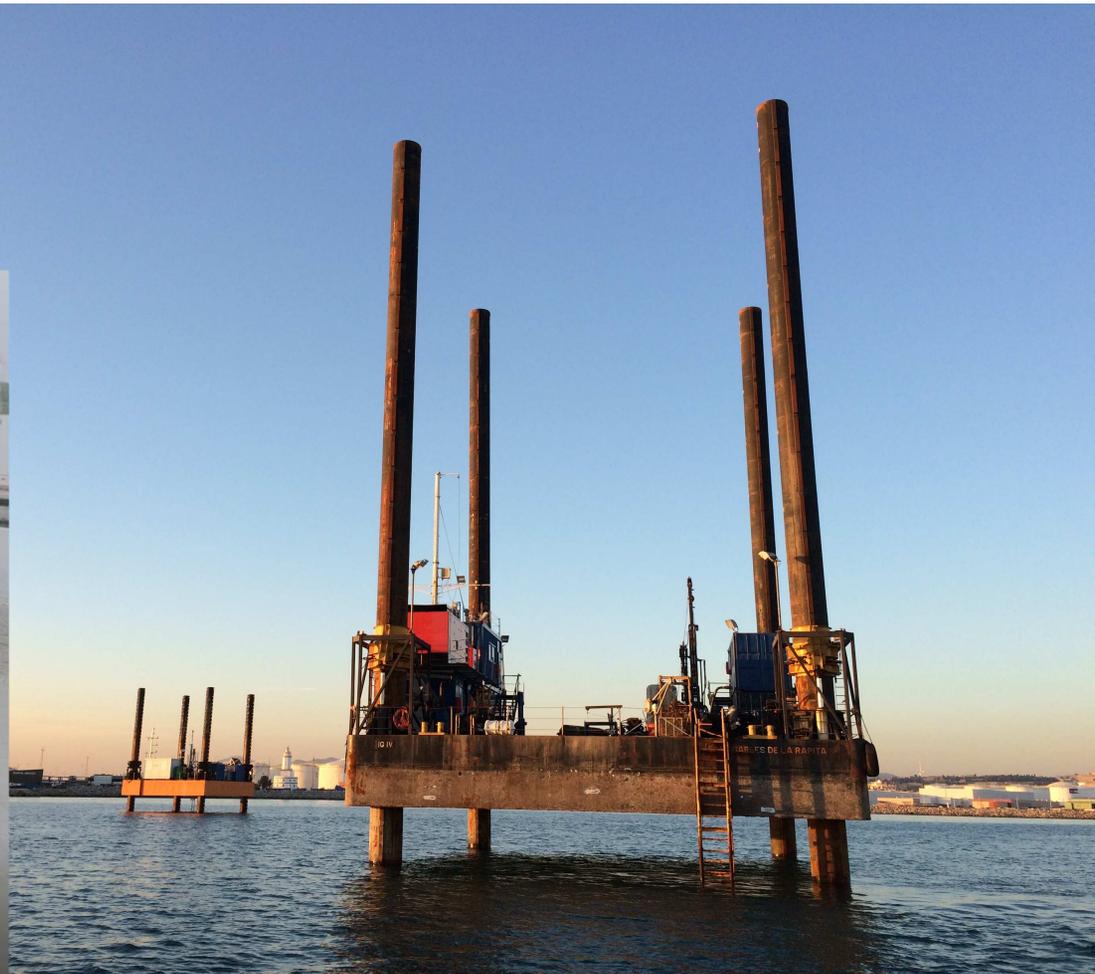


© Collectivité de Corse - Corse Images Sous-Marines

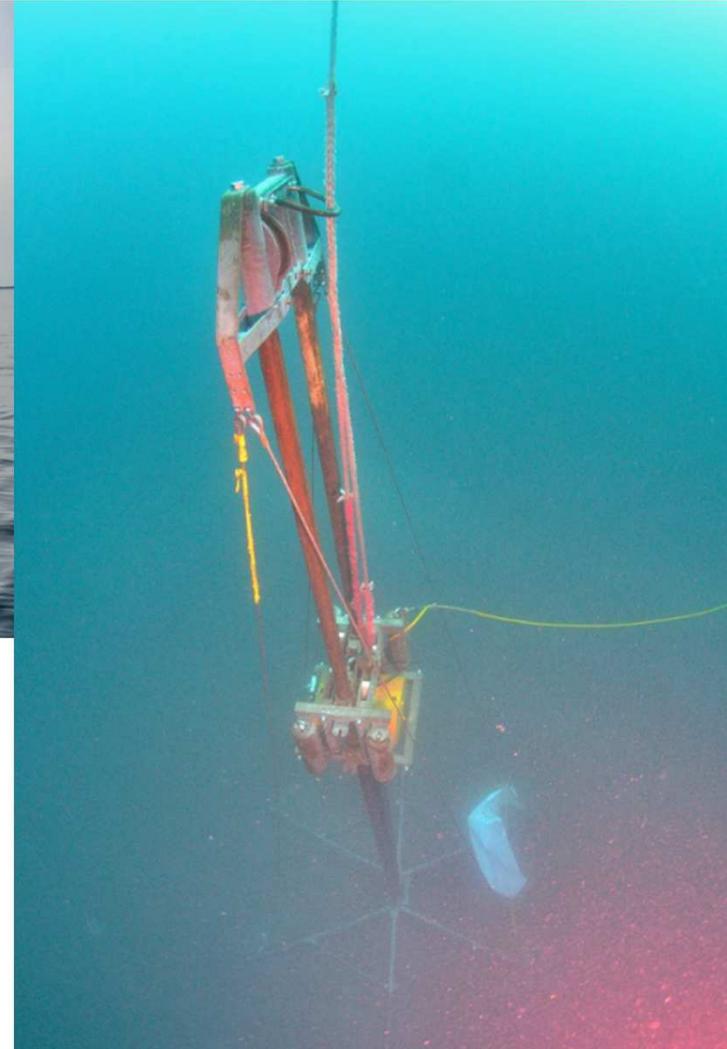
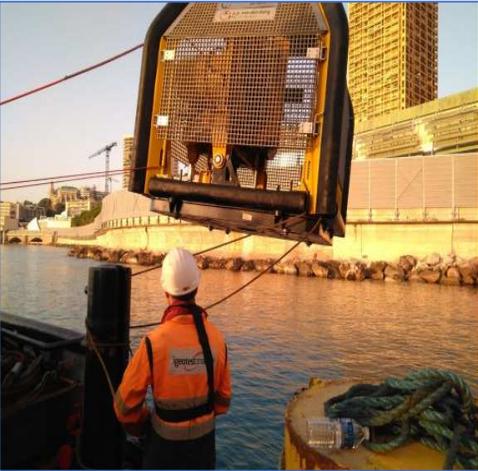
Moyens géotechniques portuaires plateforme auto-élévatrice / Jack-Up



Moyens géotechniques portuaires plateforme auto-élévatrice / Jack-Up



Moyens géotechniques portuaires outils sous-marins



Les investigations géotechniques

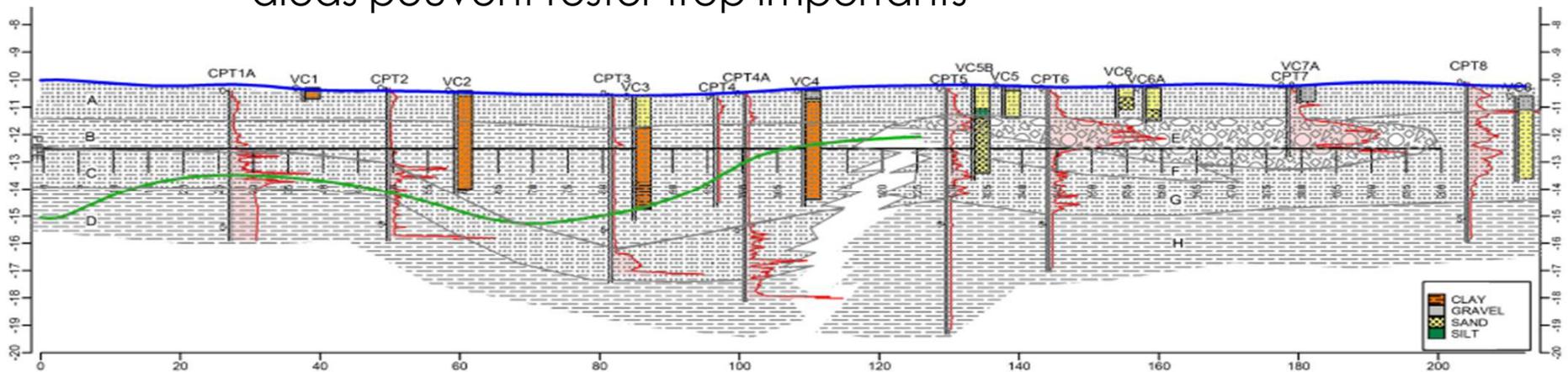
Risques et aléas géotechniques

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

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

