

Études géotechniques

Brice lecampion



Etudes géotechniques préliminaires

- **Cartographie**

- cartes topographiques
- cartes géologiques et géotechniques
- cadastre de surface (et souterrain)
- plans historiques
- photos aériennes

- **"Walk-over"**

- affleurements
- végétation
- interrogation des voisins

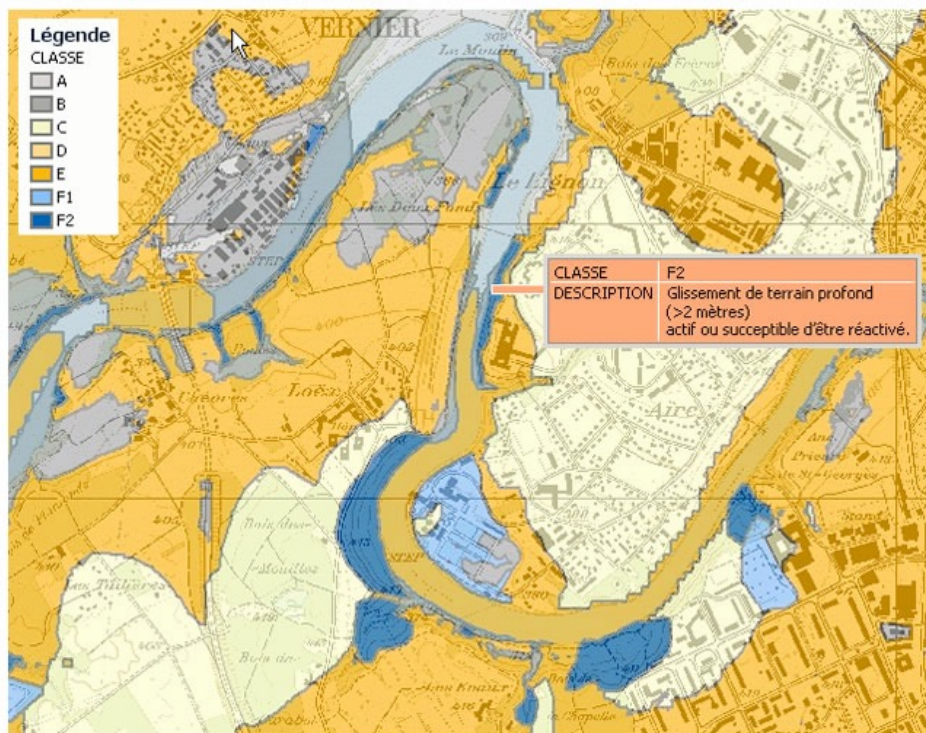
- **Documents**

- sondages existants
- études géotechniques existantes
- renseignements sur les fondations et l'exécution des bâtiments voisins

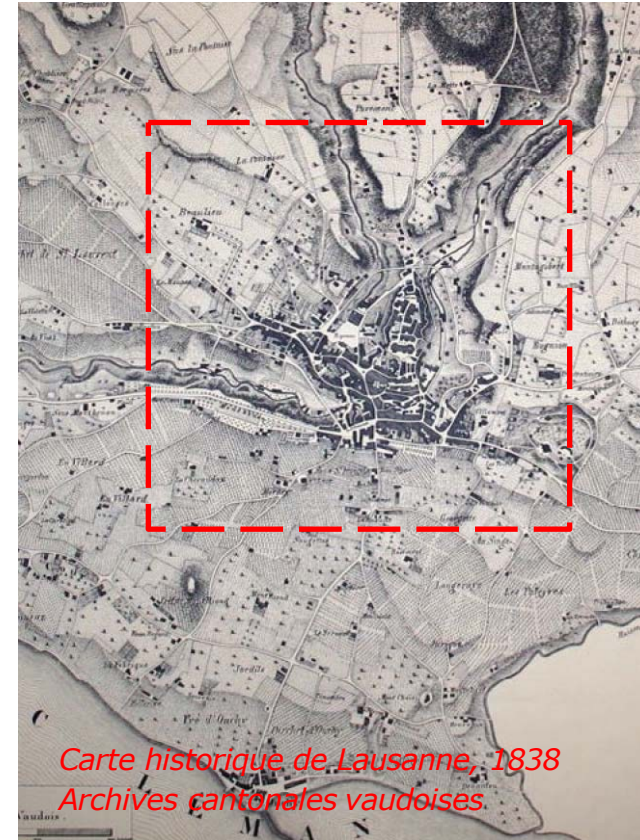
Etudes géotechniques préliminaires

Carte de la typologie des sols de fondation du Canton de Genève

Représentation graphique Sols de fondation - `gol_sols_fondation.shape`



Etudes géotechniques préliminaires



Carte historique de Lausanne, 1838
Archives cantonales vaudoises.

Etudes géotechniques préliminaires



Grand Pont de Lausanne vers 1845 (Musée historique de Lausanne). Construction 1839-1844, 2 niveaux d'arches.



Grand Pont de Lausanne en 1910 après comblement de la vallée du Flon (1874). Un seul niveau d'arches subsiste.



Campagne de reconnaissance

En fonction

- du terrain
- de l'environnement
- de l'ouvrage

lever les incertitudes par une
investigation géotechnique
complémentaire ...

⇒ **carte et profil géologique et hydro-géologique détaillés
à l'échelle du projet**

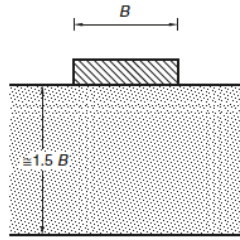
⇒ **classification qualitative et quantitative des sols in situ**

Moyens :

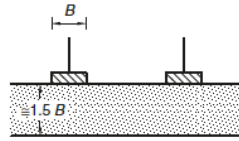
- sondages
- essais géotechniques en laboratoire
- essais géotechniques in situ

Profondeurs d'investigation pour un projet

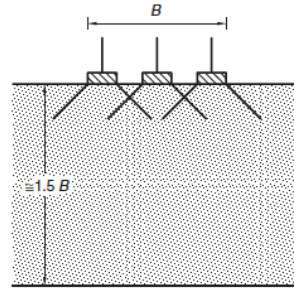
- A ne pas prendre comme une règle d'or mais comme recommandation minimale



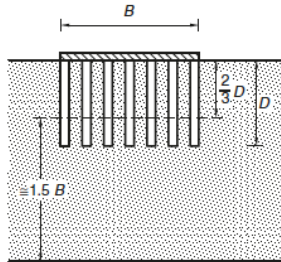
(a)



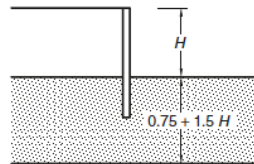
(b)



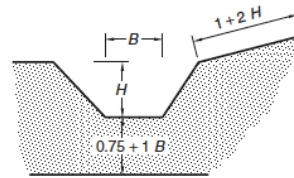
(c)



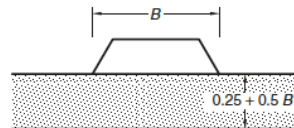
(d)



(e)



(f)



(g)

Sondages de reconnaissance

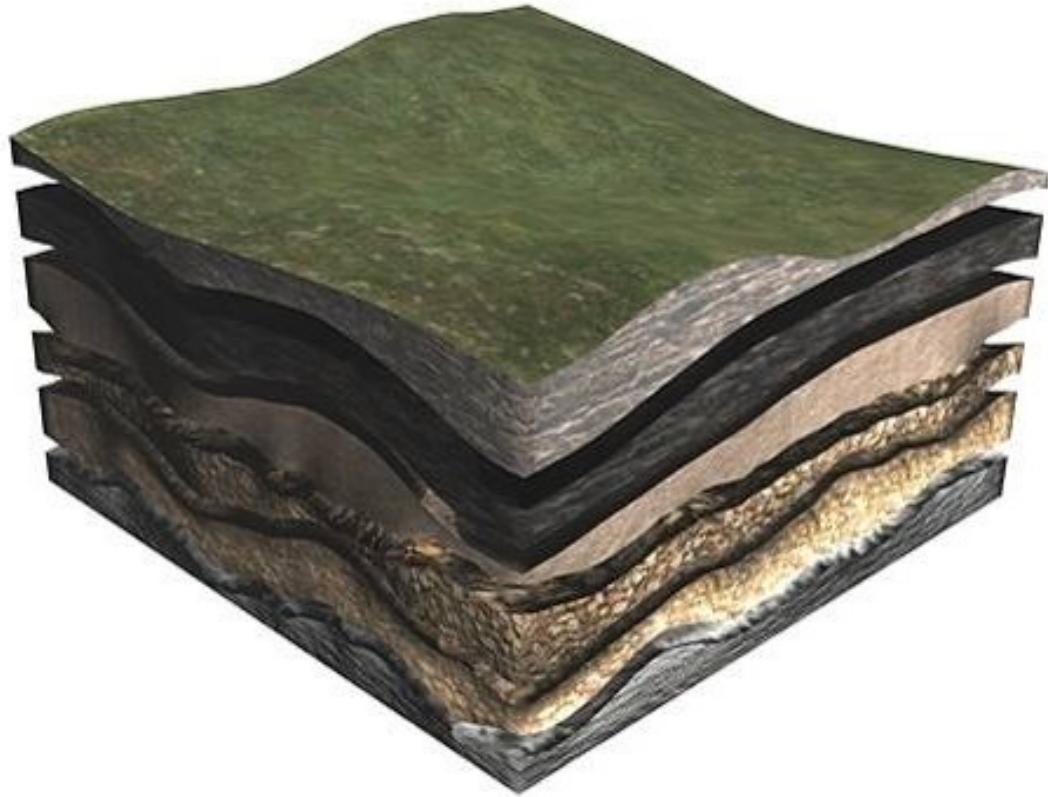


Site
EPFL

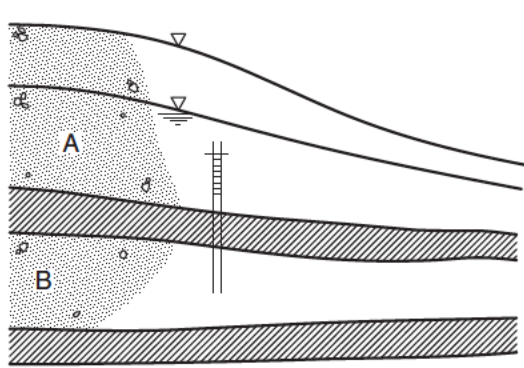
glacio-
lacustre



Connaissance stratigraphique détaillée

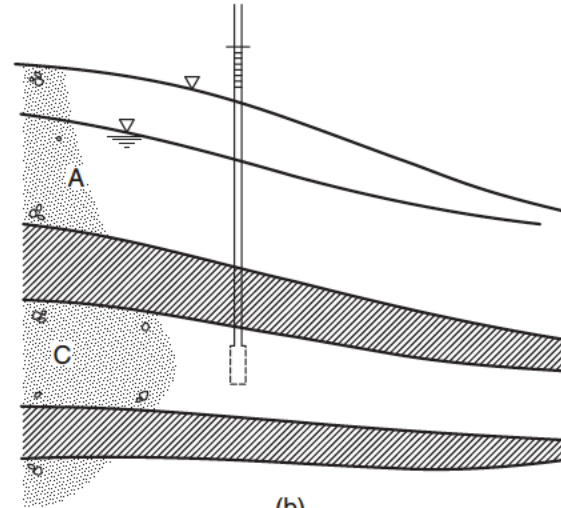


Conditions hydrauliques...



(a)

A = Phreatic aquifer
B = Confined aquifer

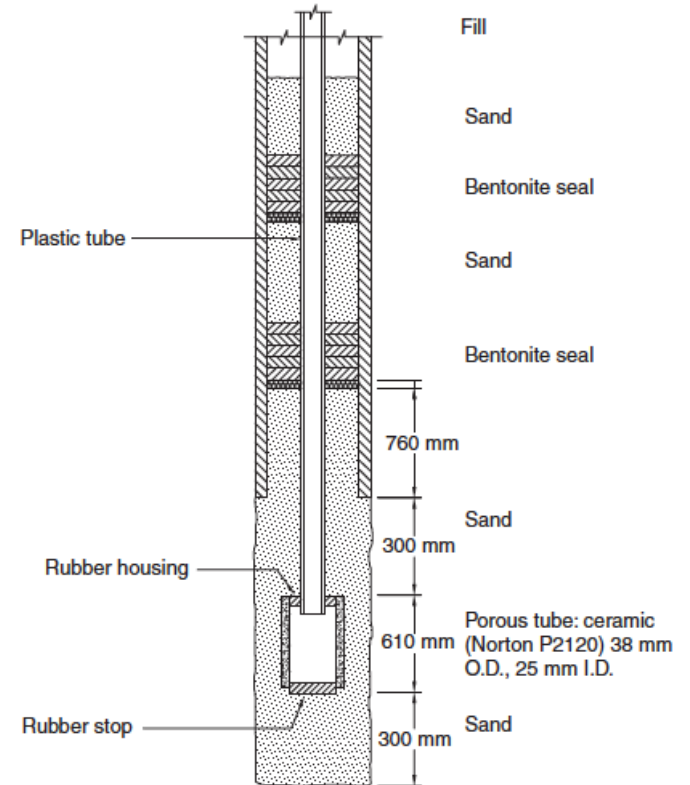
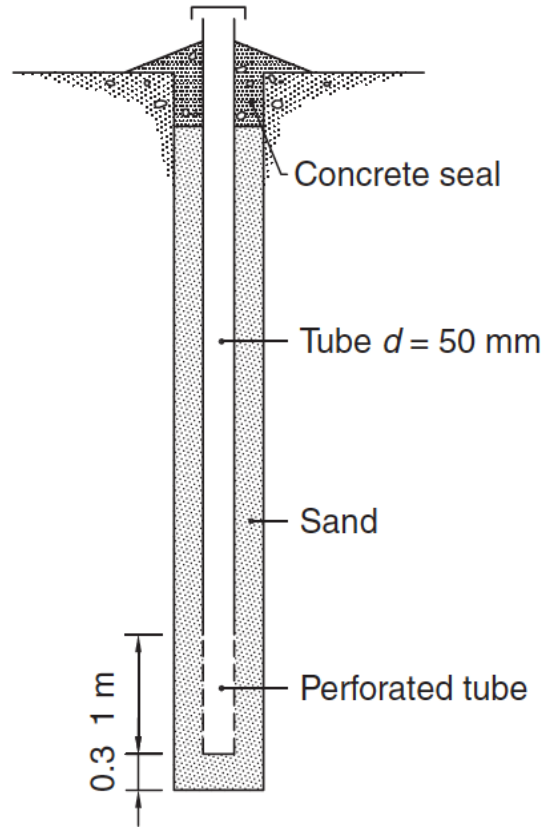


(b)

C = Artesian aquifer

Lancellotta

Piezomètres



Lancellotta

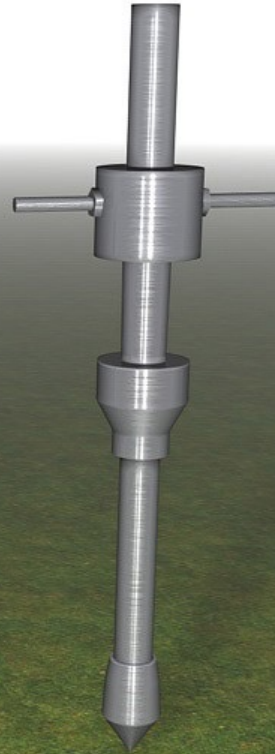
Essais géotechniques in situ



Scissomètre



**Pénétromètre
statique CPT**

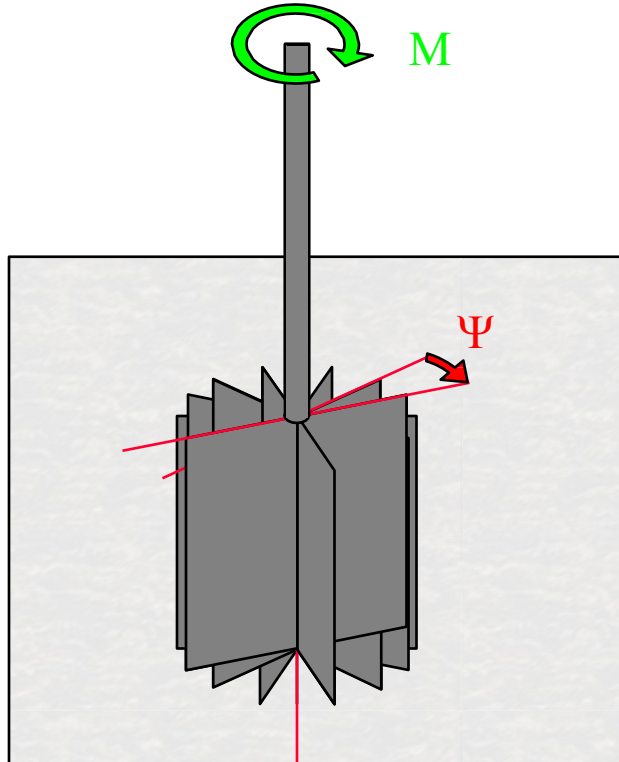


**Pénétromètre
dynamique SPT**



Pressiomètre

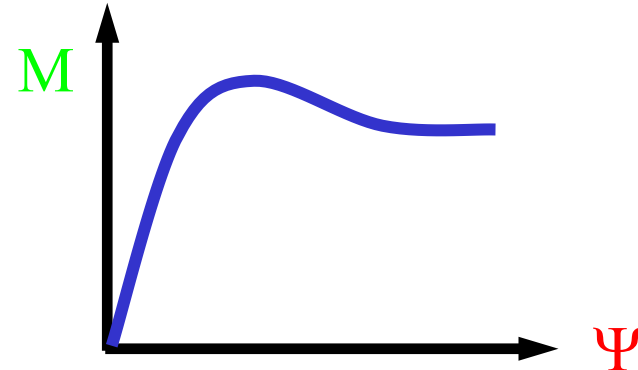
Scissomètre de chantier



Réponse Non-Drainée du sol

Terrains cohérents

$$C_u = \frac{6M}{\pi D^2 (3H + D)}$$

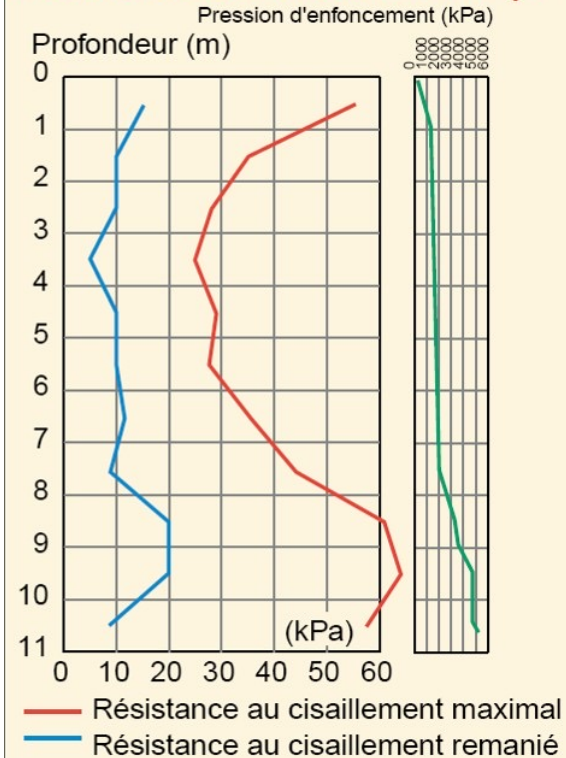


Scissomètre de chantier



SCISOL - LCPC

Essais au scissomètre de chantier Ipc



Pénétrromètres de chantier



Pénétrromètres

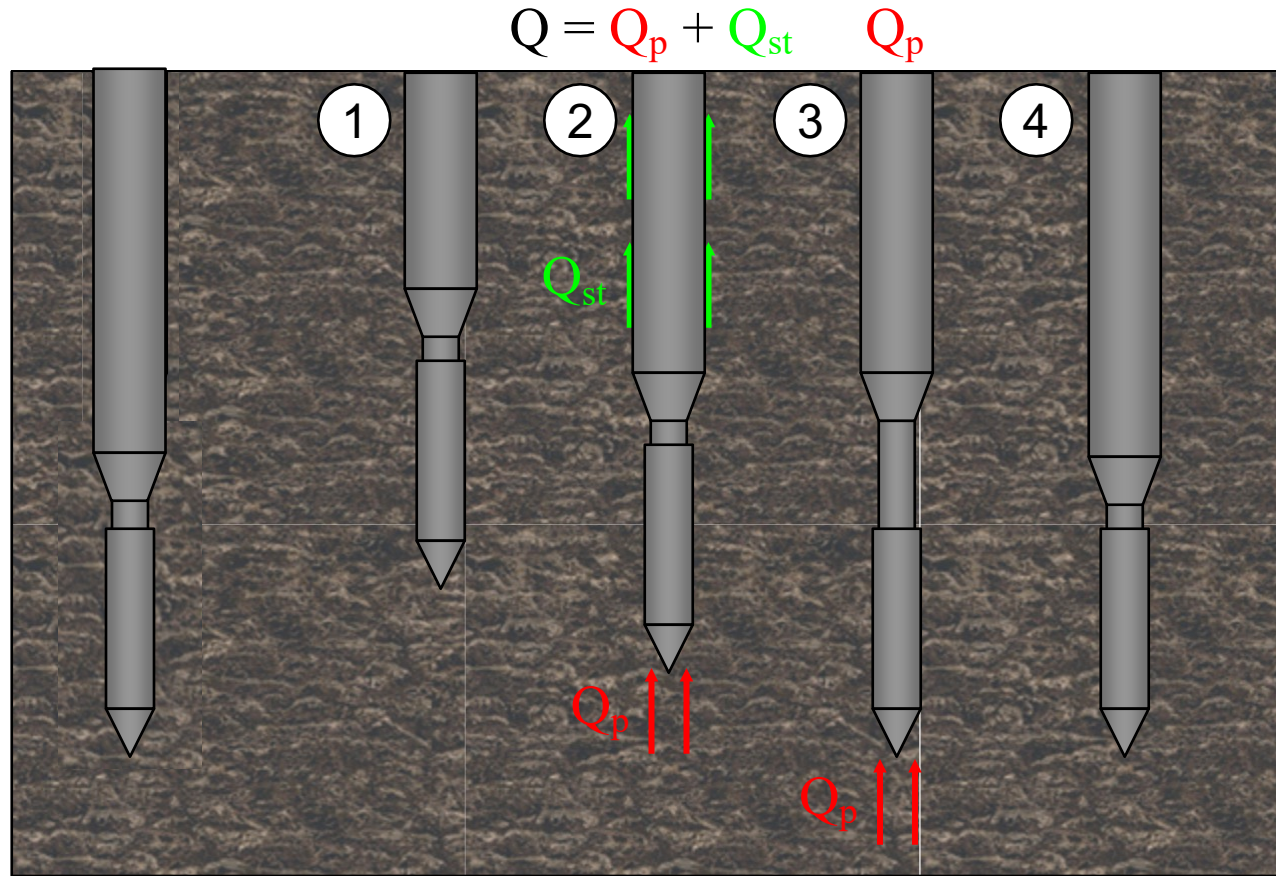
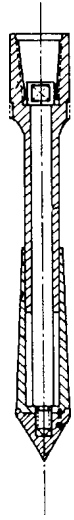
a) à cône mobile

b) à manchon de frottement

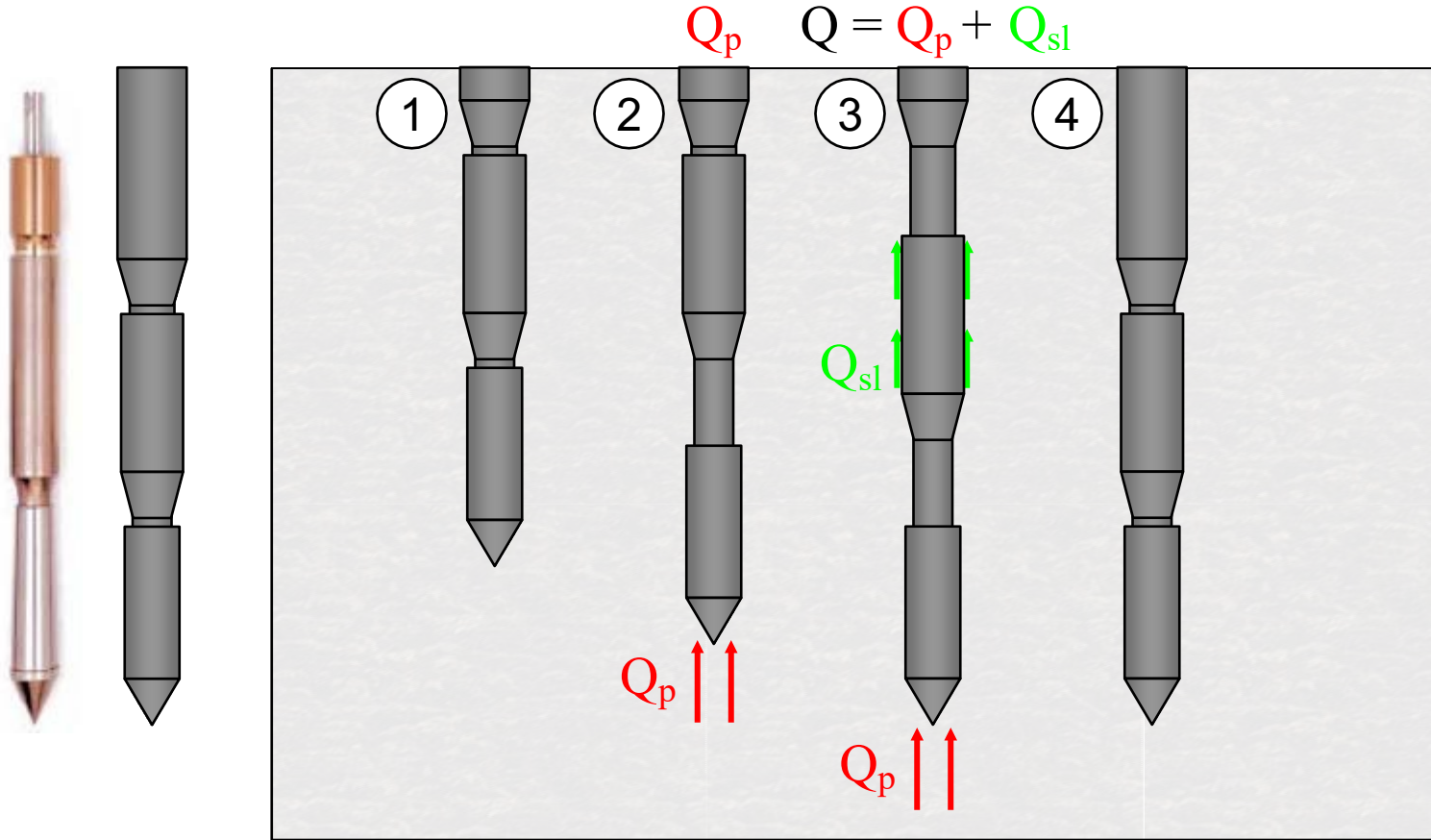
f) piézocone

A. P. van den Berg

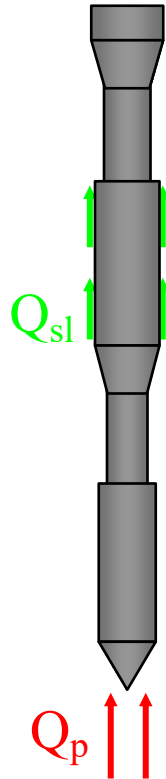
Pénétromètre à cône mobile



Pénétrromètre à manchon de frottement



Pénétrogramme d'un cône à manchon



- Résistance au frottement latéral

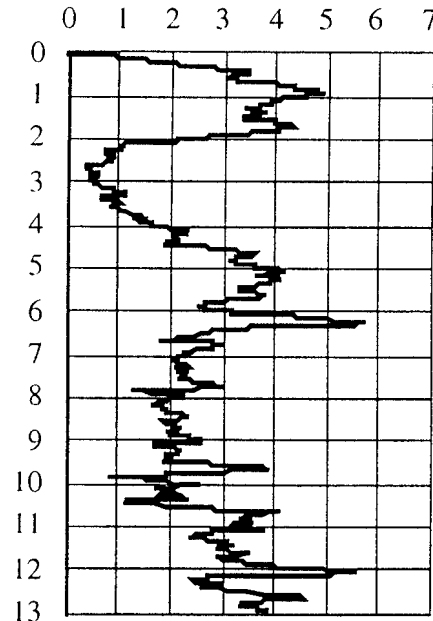
$$q_s = \frac{Q_{sl}}{S_{\text{manchon}}}$$

- Résistance de pointe

$$q_c = \frac{Q_p}{S_p}$$

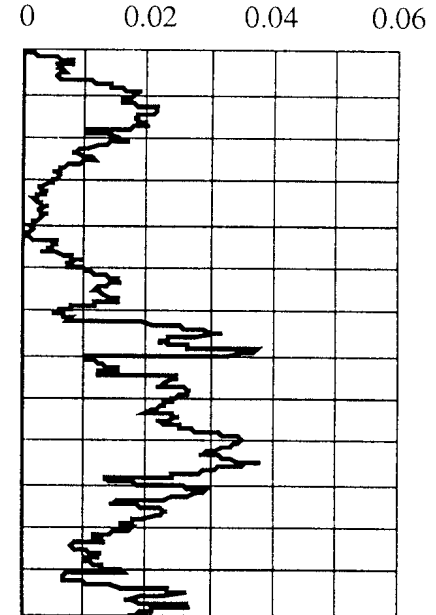
Résistance de pointe

q_c [MPa]

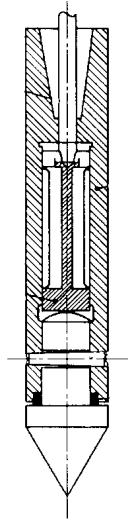


Frottement latéral local

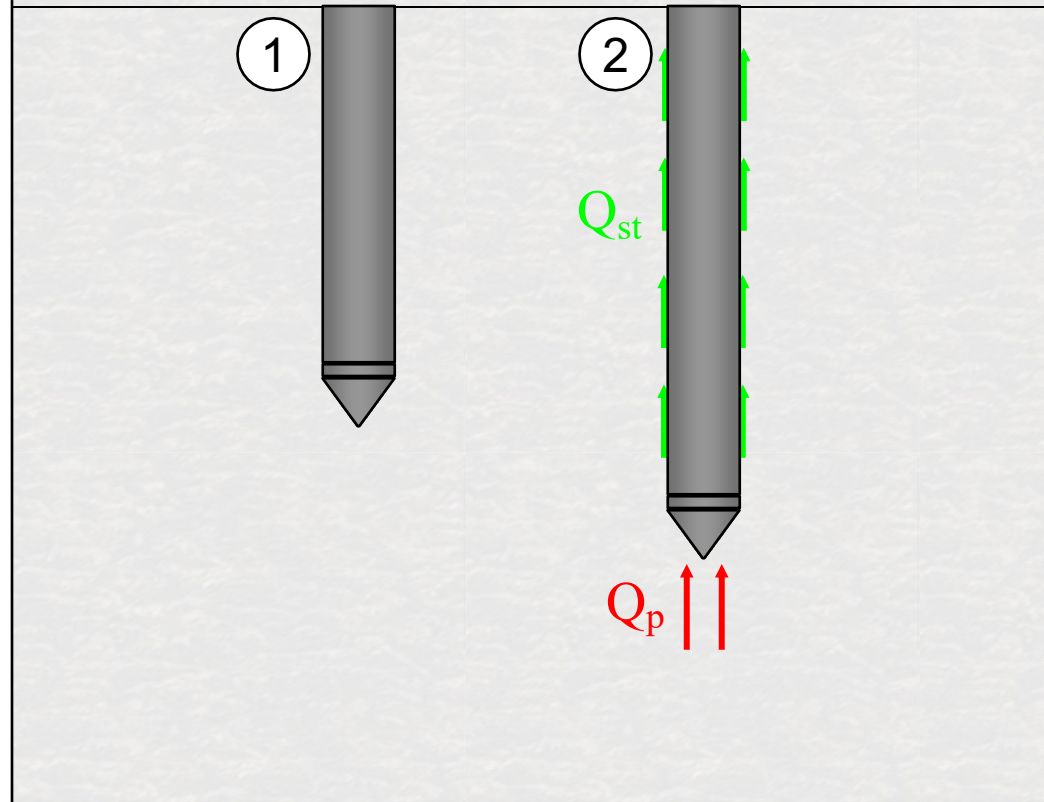
q_s [MPa]



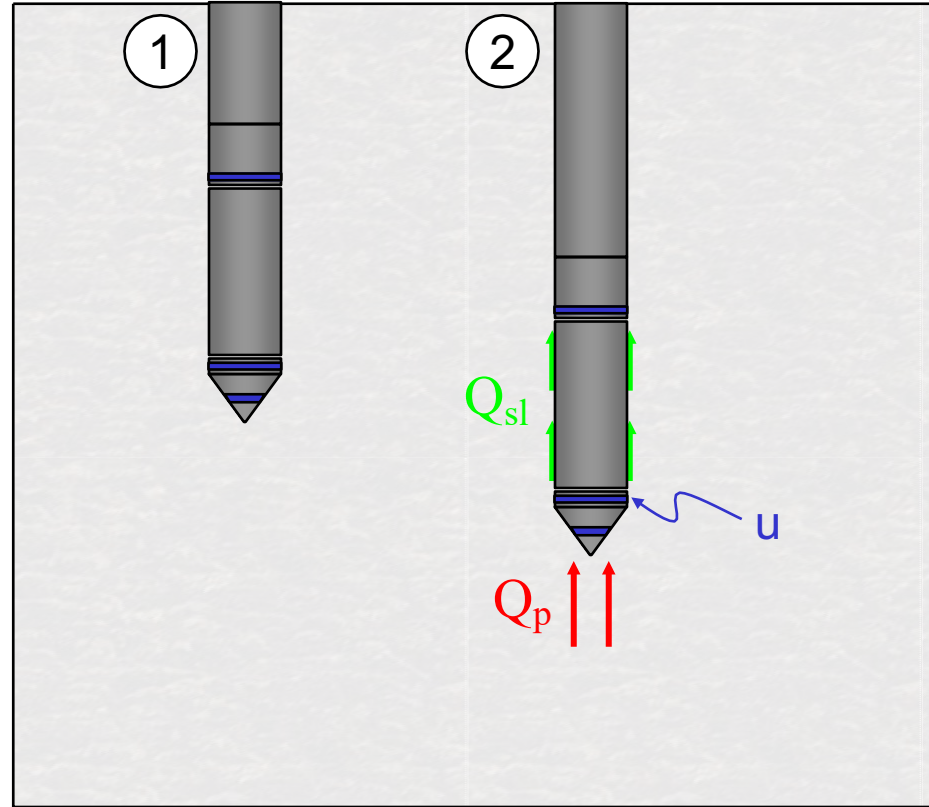
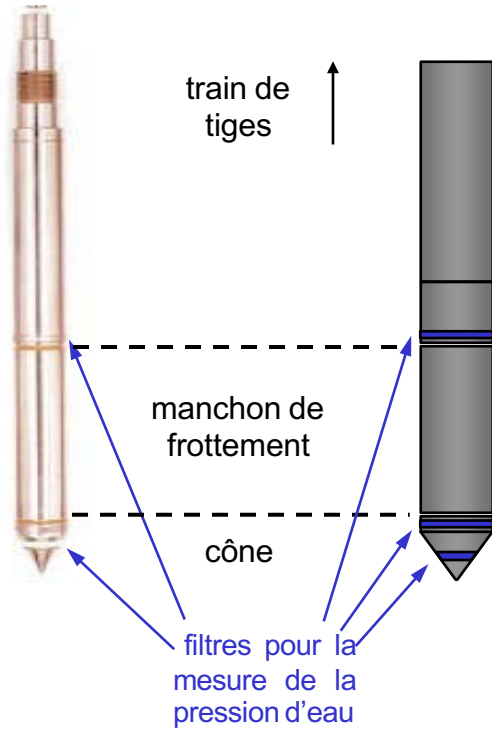
Pénétrromètre à cône fixe



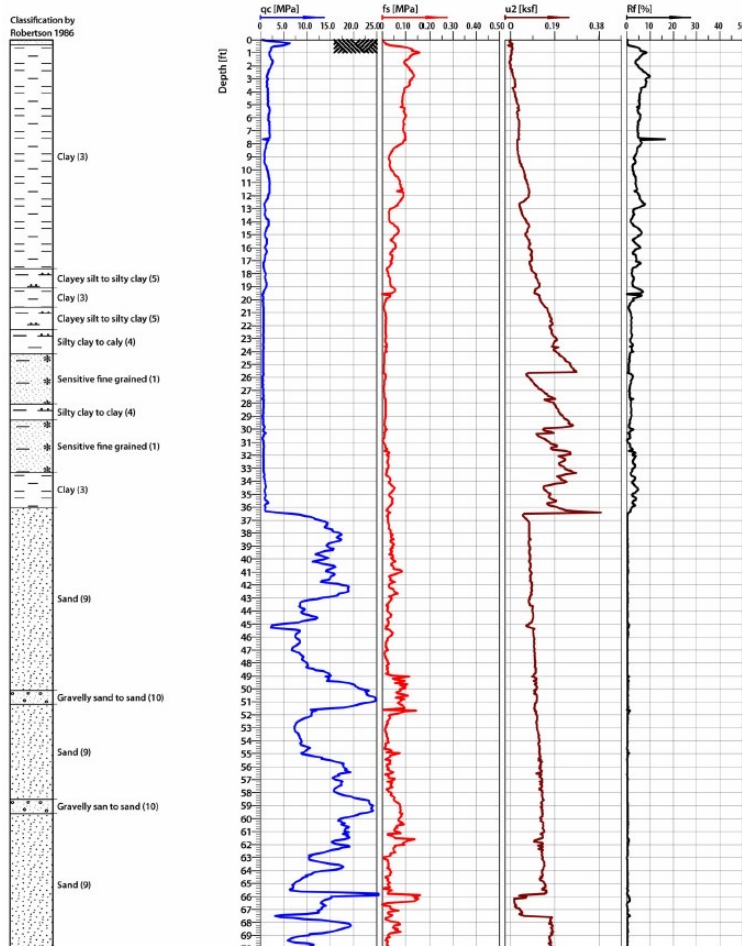
Pénétrromètre
à pointe électrique



Piézocone CPT-U



Essai de pénétration statique

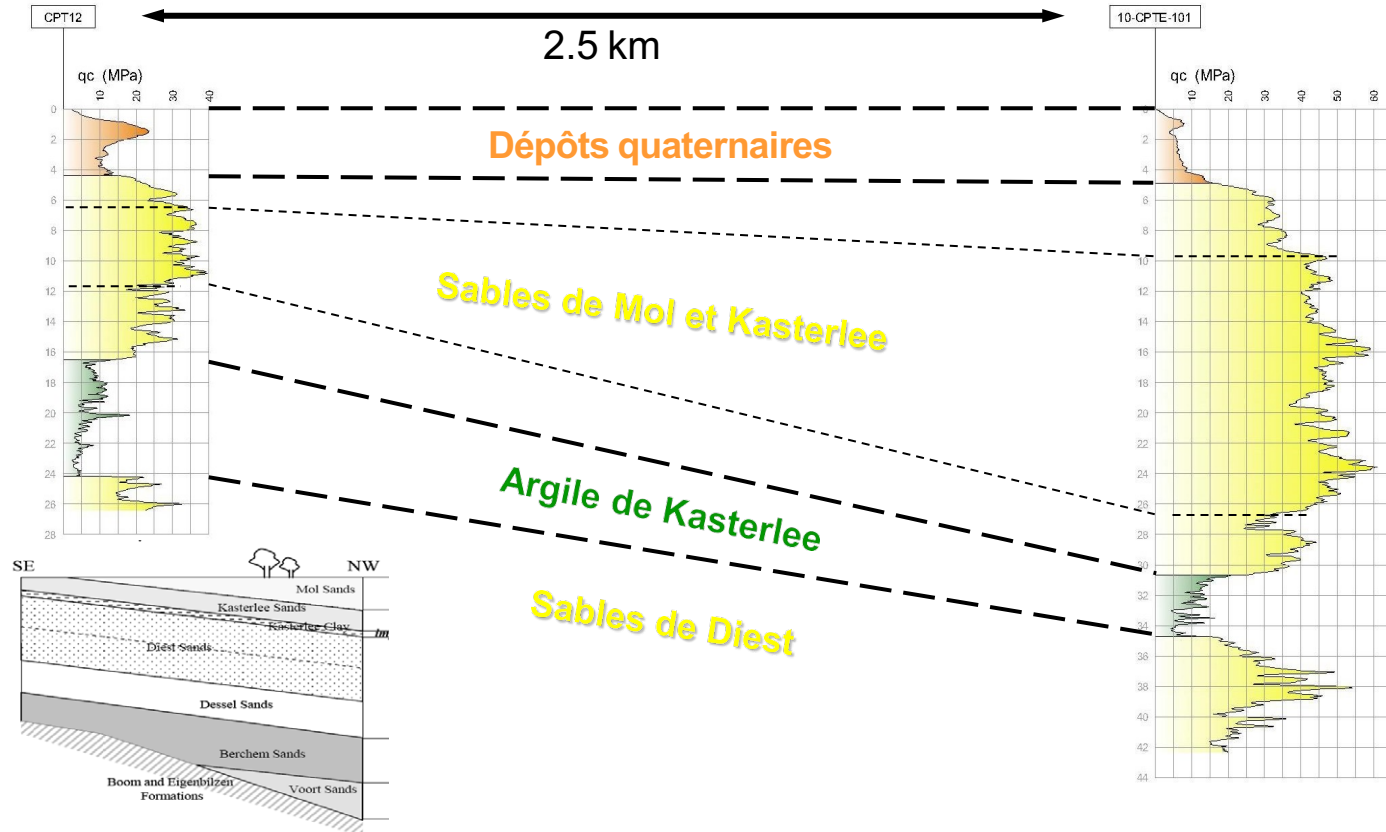


www.fugro.com

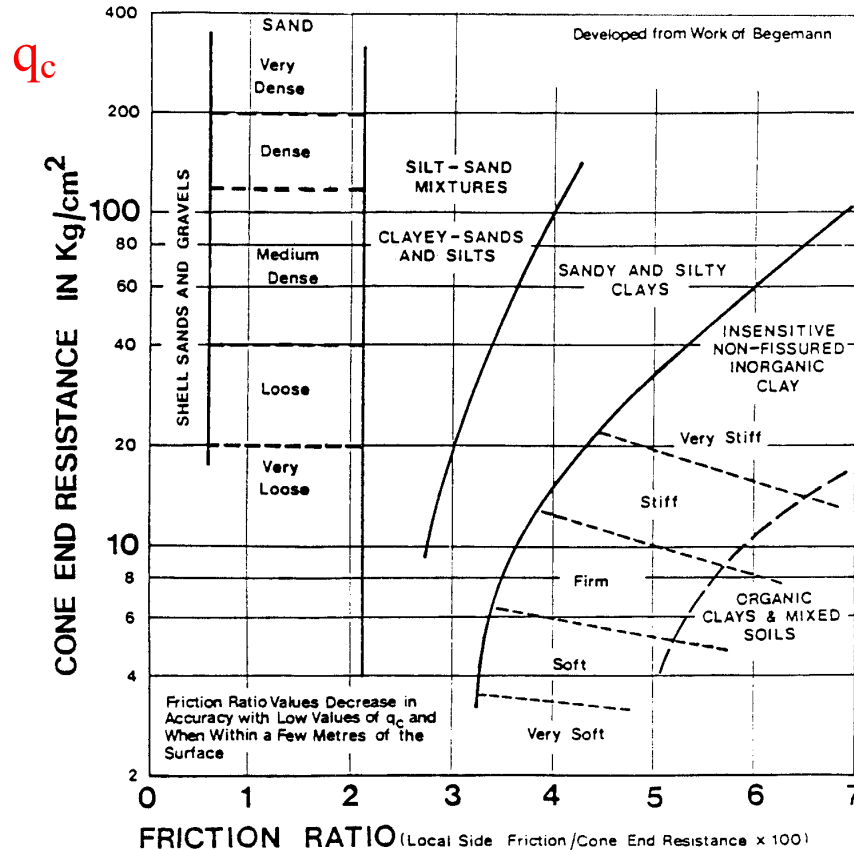


www.geoprobe.com

Reconnaissance de la stratigraphie au moyen d'essais de pénétration statique

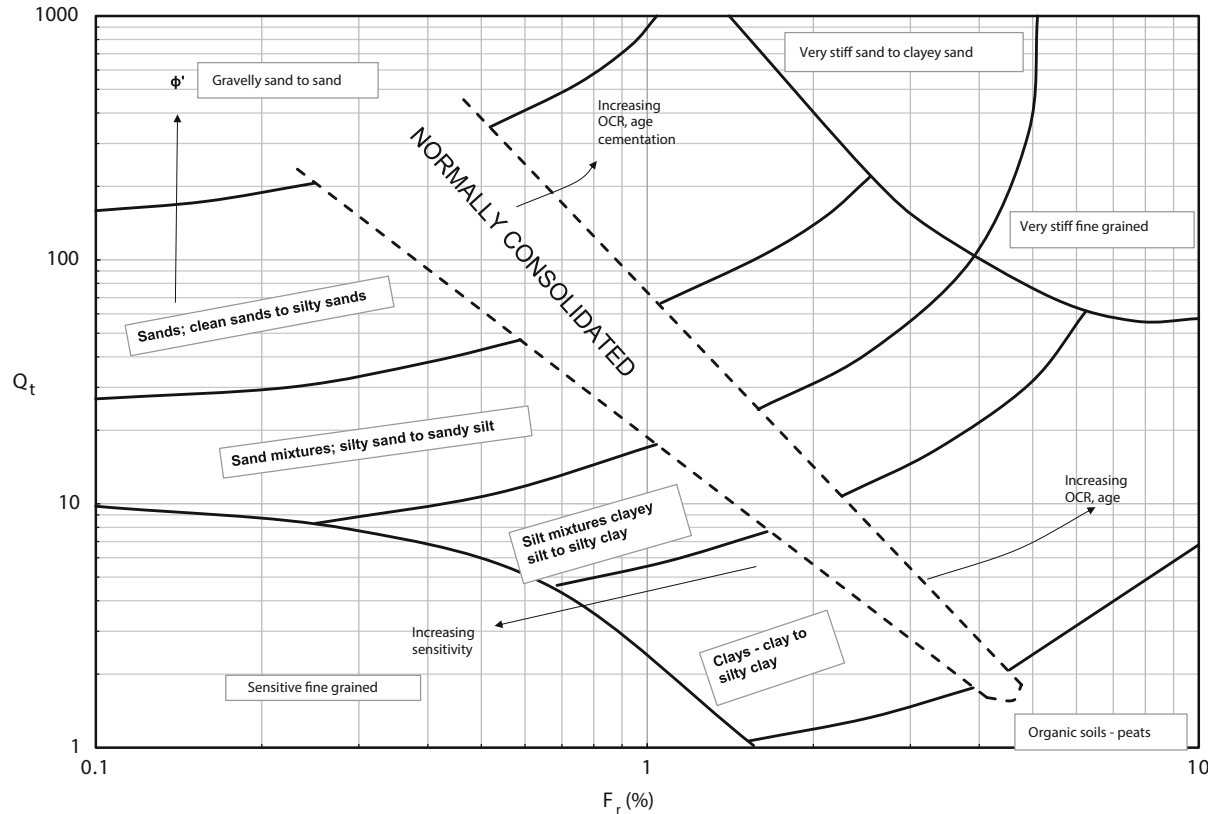


Caractérisation des couches au moyen d'essais de pénétration statique



$$R_f = q_s / q_c \cdot 100$$

Caractérisation des couches au moyen d'essais de pénétration statique



From
Robertson

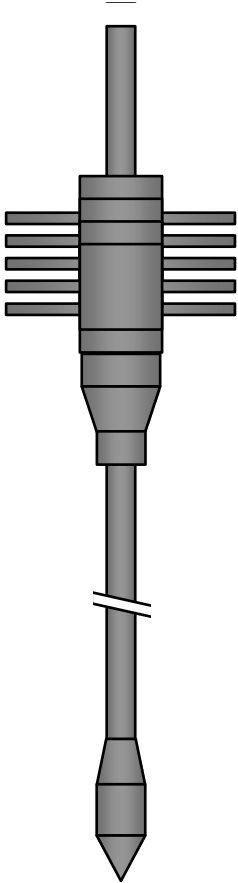
q_t est la résistance
de pointe corrigée

Cf – ex. Semaine 2

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}$$

$$F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{vo}} \times 100\%$$

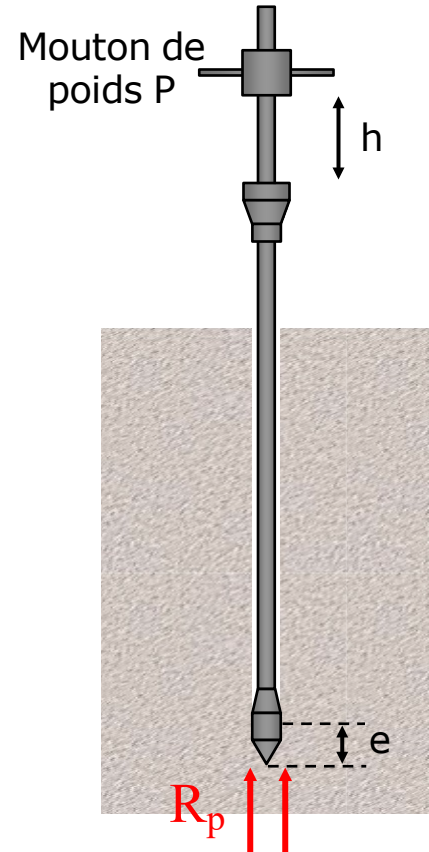
Essai de pénétration dynamique



Pénétromètre von Moos battage d'une pointe conique

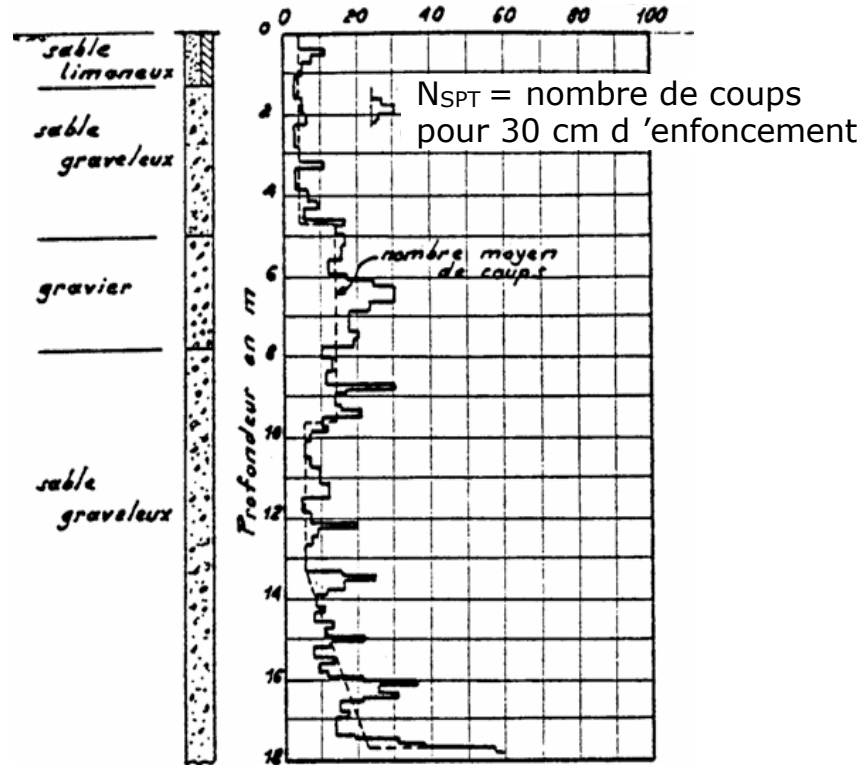
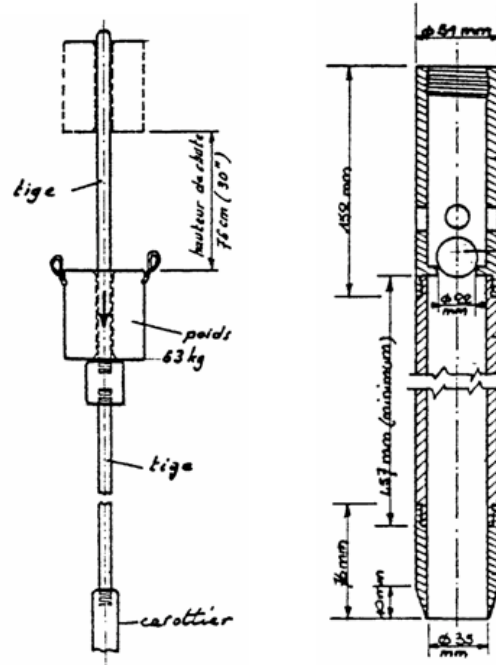
$$n \cdot P \cdot h = R_p \cdot S \cdot e$$

$$R_p = \frac{P \cdot h}{S \cdot e} \cdot n = A \cdot n$$



Essai de pénétration dynamique (SPT)

Pénétromètre SPT
battage d'un tube carottier



Qq corrélations....

SOLS COHERENTS (Manuel Suisse des Géotextiles)

N _{SPT}	n _{VAWE}	Consistance	c _u [kN/m ²]	M _E [MN/m ²]	CBR [%]
< 2	< 5	très molle	< 12	3	1
2 ÷ 6	5 ÷ 15	molle	12 ÷ 40	3 ÷ 6	1 ÷ 3
6 ÷ 15	15 ÷ 40	ferme	40 ÷ 80	6 ÷ 15	3 ÷ 6
15 ÷ 30	40 ÷ 75	très ferme	80 ÷ 120	15 ÷ 30	6 ÷ 12
> 30	> 75	dure	150	30	12

SOLS COHERENTS (SIMR, 1978 + Baguelin et al.*, 1978)

N _{SPT}	Consistance	Description du terrain	c _u [kN/m ²]	plim * [kN/m ²]	S _u * [kN/m ²]
< 2	très molle	le poing s'enfonce de plusieurs cm sans effort	< 12.5	< 75	< 20
2 ÷ 4	molle	le pouce s'enfonce de plusieurs cm sans effort	12.5 ÷ 25	75 ÷ 150	20 ÷ 40
4 ÷ 8	moyenne	le pouce s'enfonce de plus. cm avec un effort modéré	25 ÷ 50	150 ÷ 350	40 ÷ 75
8 ÷ 15	ferme	le pouce entaille fac. le sol, mais s'enfonce avec peine	50 ÷ 100	350 ÷ 800	75 ÷ 150
15 ÷ 30	très ferme	l'ongle du pouce l'entaille facilement	100 ÷ 200	800 ÷ 1600	> 150
> 30	dure	l'ongle du pouce l'entaille difficilement	> 200	> 1600	

SOLS PULVERULENTS (Terzaghi et Peck, 1957 + Manuel suisse des Géotextiles + Baguelin et al., 1978)

N _{SPT}	n _{VAWE}	q _c (CPT) [MPa]	Compacité relative	D _r [%]	φ' [°]	M _E [MPa]	CBR [%]	plim [kN/m ²]
< 4	< 10	< 5	très lâche/très peu compact	< 15	28°	6 ÷ 15	3 ÷ 6	< 200
4 ÷ 10	10 ÷ 30	5 ÷ 10	lâche/peu compact	15 ÷ 30	28 ÷ 30°	15 ÷ 30	6 ÷ 12	200 ÷ 500
10 ÷ 30	30 ÷ 70	10 ÷ 15	moyennement compact	30 ÷ 50	30 ÷ 36°	30 ÷ 60	12 ÷ 25	500 ÷ 1500
30 ÷ 50	70 ÷ 150	15 ÷ 20	dense/compact	50 ÷ 80	36 ÷ 41°	60 ÷ 120	25 ÷ 50	1500 ÷ 2500
> 50	> 150	> 20	très dense/compact	> 80	> 41°	> 120	> 50	> 2500

Pénétromètre SPT



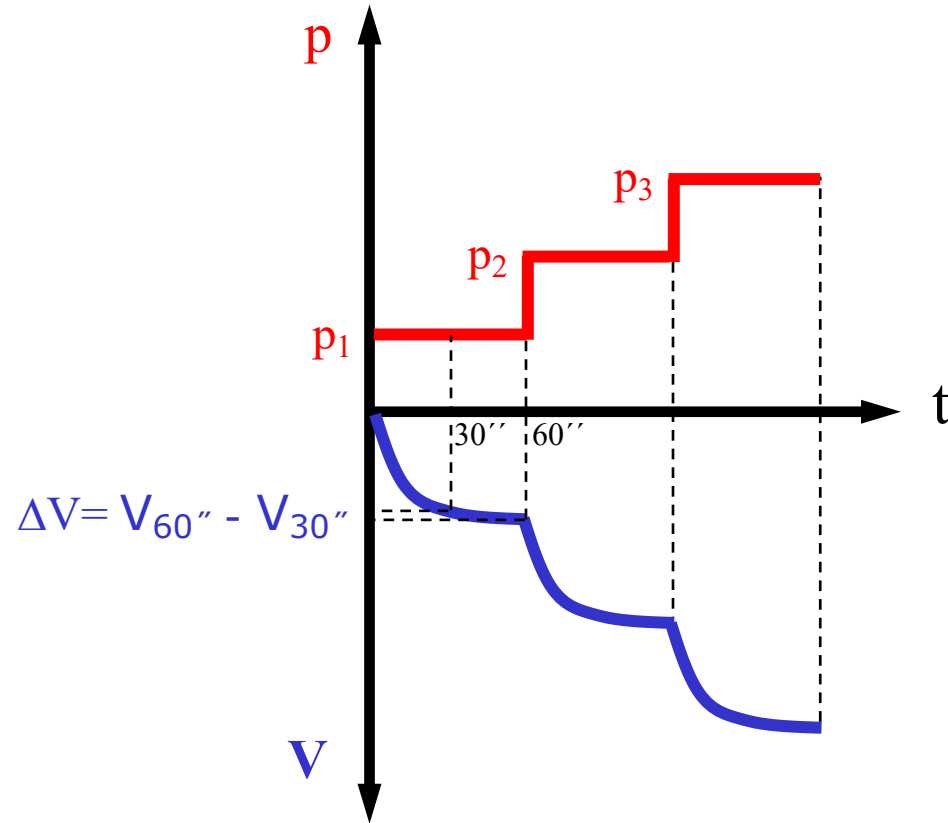
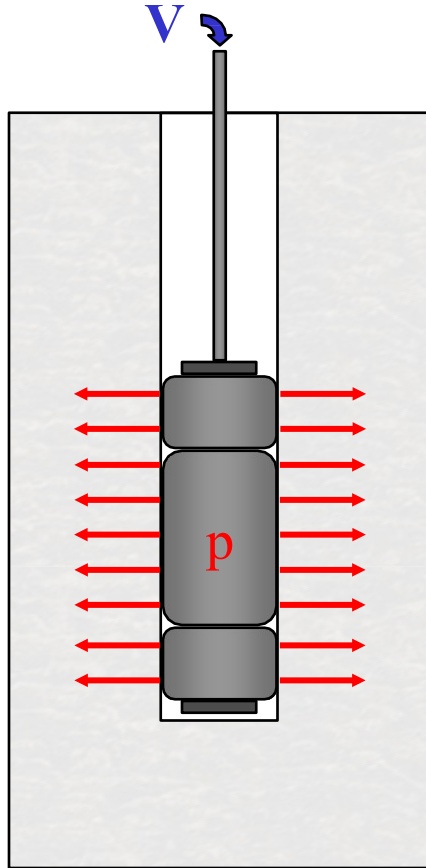
Essai de pénétration dynamique



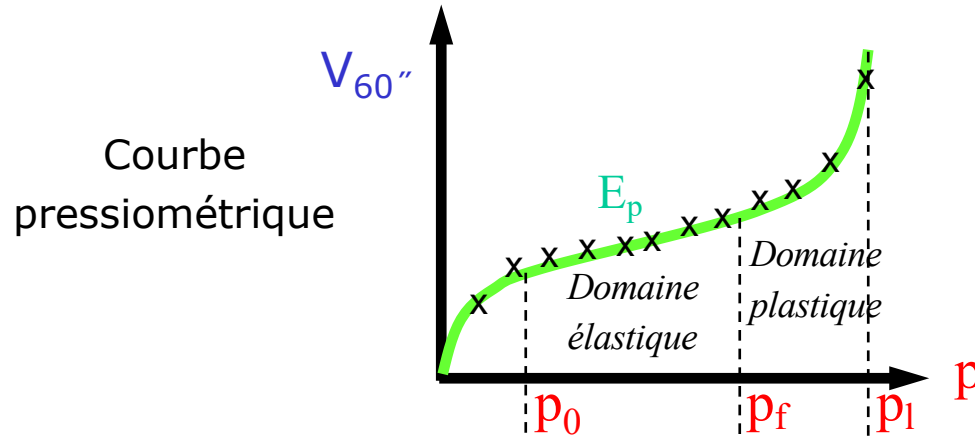
Split Barrel Sampler

www.geoprobe.com

Essai pressiométrique



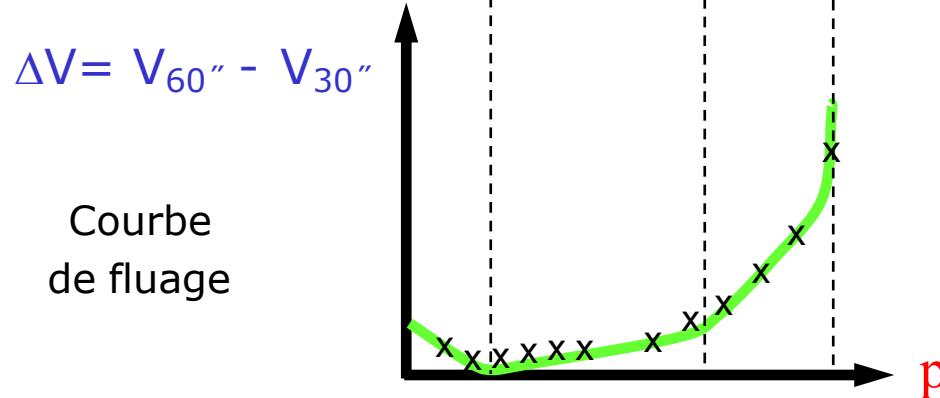
Interprétation de l'essai pressiométrique



p_f : pression de fluage

p_l : pression limite

E_p : module
pressiométrique



Essai pressiométrique



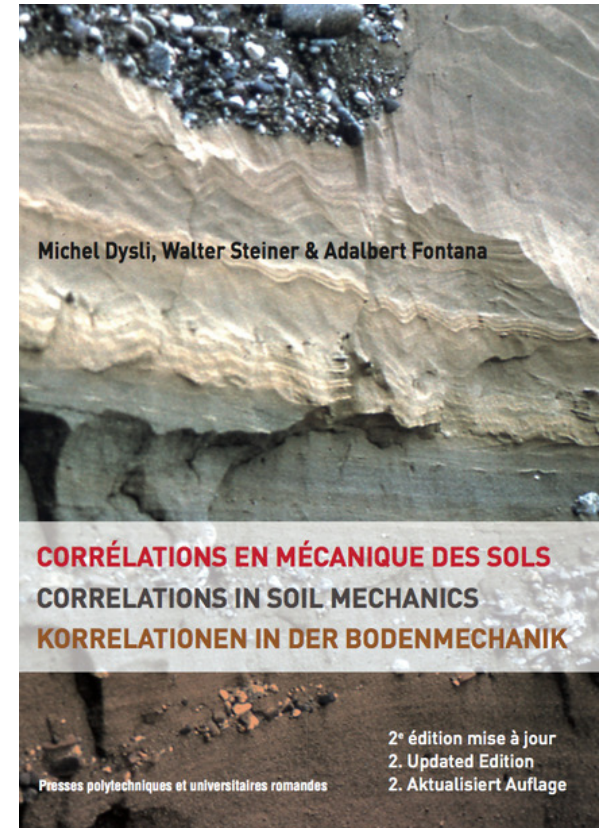
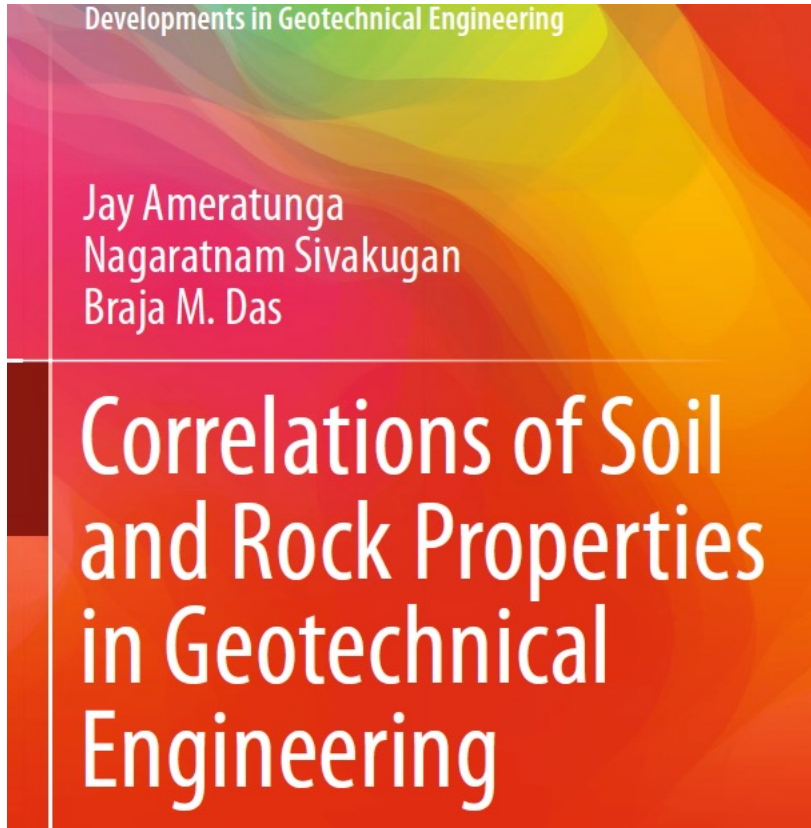
Interprétation de l'essai pressiométrique

- Cf. poly

Autres essais

- Essai dilatomètre plat (Marchetti) -> K_o (à partir de correlations empiriques)
- Essai à la plaque -> rigidité du sol
- Investigations géophysique – sismique, électrique, acoustique.

Corrélations



Généralités

Illustrations des contraintes et études géotechniques pour le projet CCR - EPFL

Ouvrages géotechniques

Situation générale



Vue depuis l'arrêt du M1



Contexte et contraintes

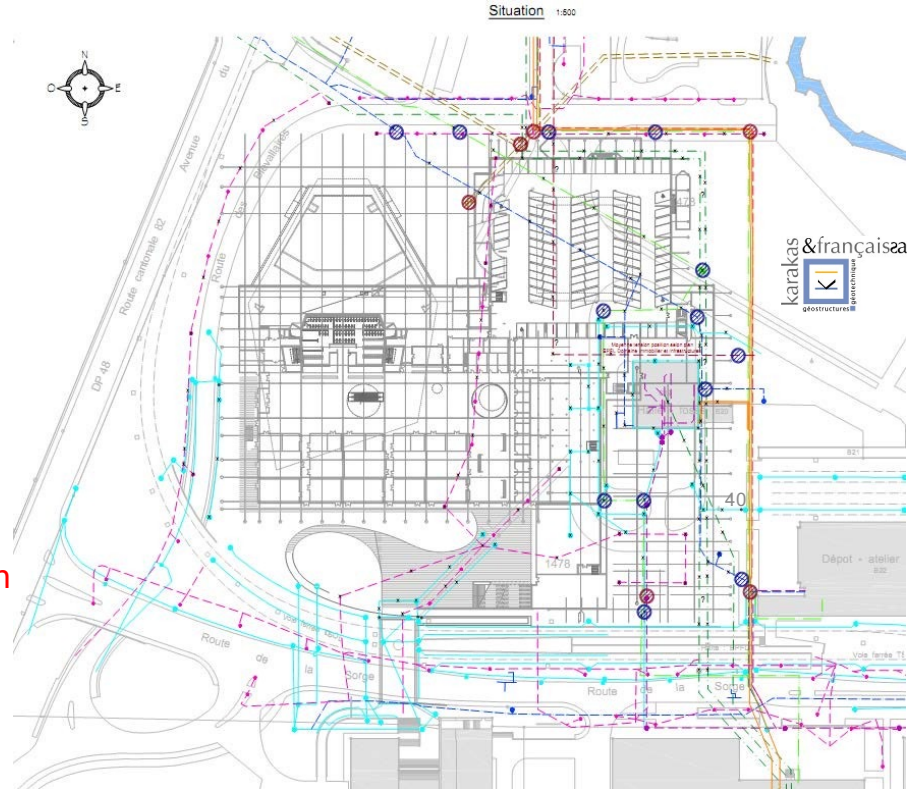


Contexte et contraintes

Reconnaissance des services

Plan de situation des services

- eau sous pression
- eaux claires (égouts)
- câbles électriques moyenne tension
- câbles électriques basse tension
- fibre optique



Contexte **et contraintes**

Forage dans câbles Moyenne Tension



Terrassement Fibre Optique



Contexte et contraintes

Ouvrages existants: e.g. Halle Fosse



Fosse profonde en béton armé de 5m de diamètre et 8 m de profondeur



Contexte et contraintes

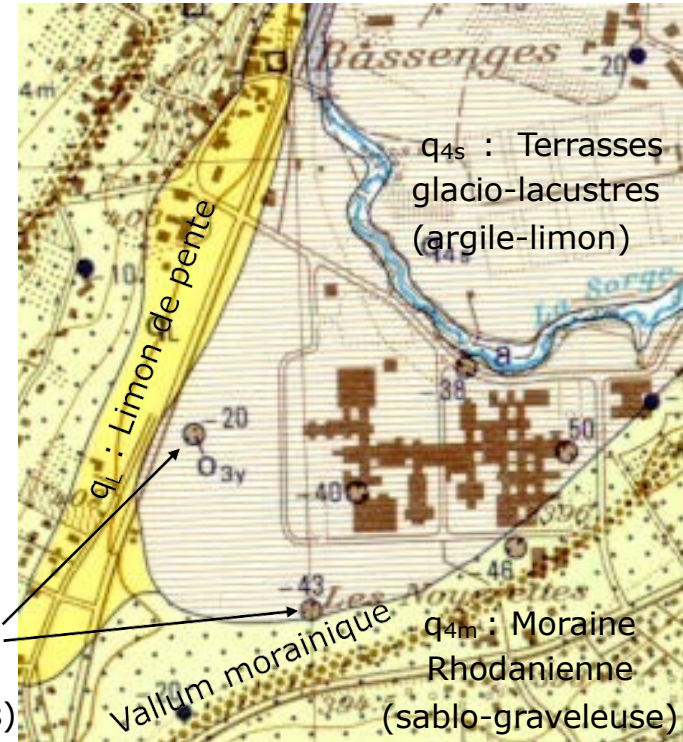
Accès au site uniquement via l'avenue Louis Favre et le passage inférieur



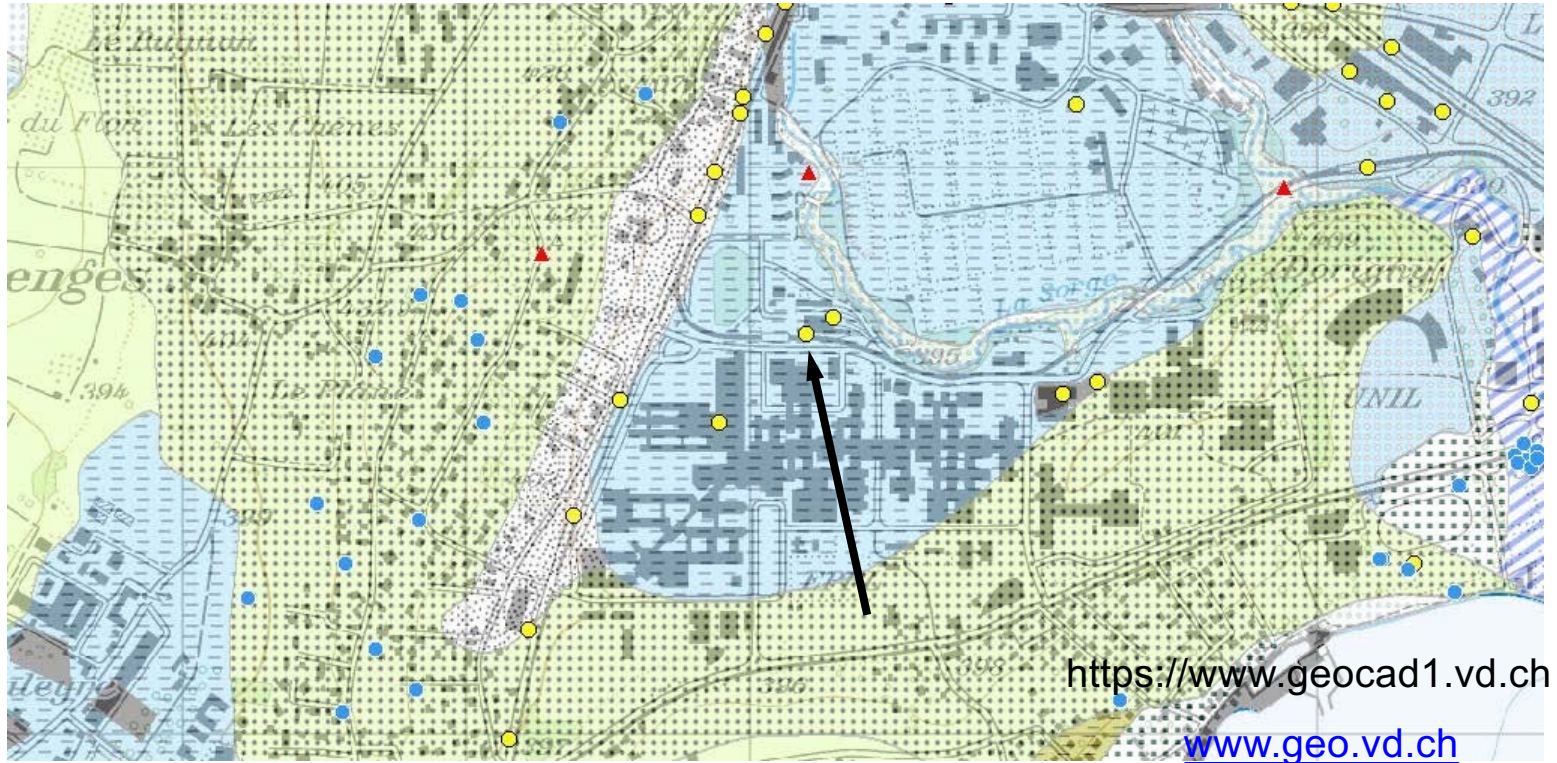
Contexte géotechnique



Carte géologique



Cadastre géologique du Canton de Vaud



Cadastre géologique du Canton de Vaud

Cadastre géologique

Fiche de sondage

Zone de sondage

Référence interne du bureau	N° de Référence AGS / Infogeol	Auteur	Type de sondage	Descriptif	But
876	25426	CSD Ingénieurs SA	Forage	TSOL, dépôt des tramways	Géotechnique

Sondage

Numéro de sondage	9285	Réf. interne	SC 1
Coordonnée x [m]	533099.00	Date de réalisation	31.10.1987
Coordonnée y [m]	152707.00	Profondeur [m]	40.60
Altitude z [m]	402.00	Diamètre [mm]	
Type de sondage		Mode de forage	
Code du géotype de surface		Angle du forage (90° = vertical) [°]	90.0
Code SIA 261		Azimut du forage (0° = Nord, 90° = Est) [°]	0.0
Date du relevé de la hauteur de la nappe	08.08.1987	Hauteur de la nappe [en m.s.m]	1.23
Essais in situ / Labo	Oui	Profondeur toit du rocher	39.60
Complément scientifique	Rapport daté d'octobre 1987. Coordonnées estimées selon plan de situation au 1:1'000 et GéoPlaNet. Niveaux piézométriques (nappe supérieure) : -1.23 m le 28.08.1987 et -1.77 le 08.09.1987. Altitude selon MNT-MO (1m).		

Contexte géotechnique

Cadastre géologique du Canton de Vaud

Horizons du sondage					
Profondeur [m]	Lithologie Granulométrie	Géotype	Code USCS	SN 670009	Lithologie (Atlas Géologique 1:25'000)
0.90	Remblai	Remblais artificiels			
2.00	Colluvions	Colluvions/Eluvions			
3.88	Limons très sableux	Périglacière, glacio-lacustre			
10.30	Limons plus ou moins argileux	Périglacière, glacio-lacustre			
17.60	Limons argileux	Périglacière, glacio-lacustre			
22.90	Moraine tendre	Moraines, frontales			
25.10	Moraine de consistance moyenne	Moraines, frontales			
29.70	Moraine ferme	Moraines, frontales			
35.00	Moraine (limons argileux sableux)	Moraines, de fond			
39.60	Moraine (limons sableux argileux)	Moraines, de fond			
40.60	Grès	Roches détritiques, grès avec quelques marnes			
Remarques Observations	Molasse Chattienne				

Piézomètre du sondage

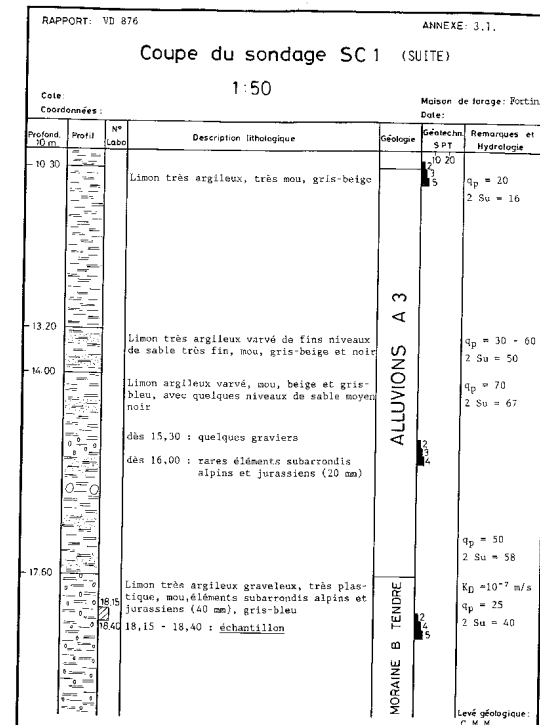
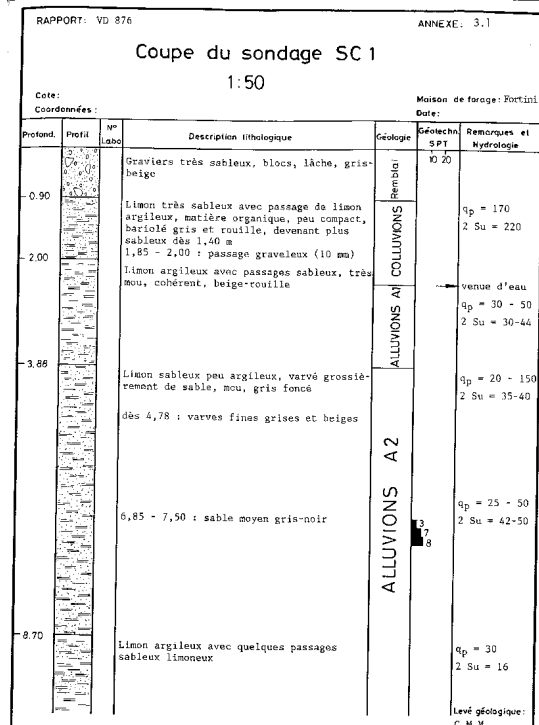
Pas de piézomètre

Documents associés

 SC1.pdf [0.28 MB]

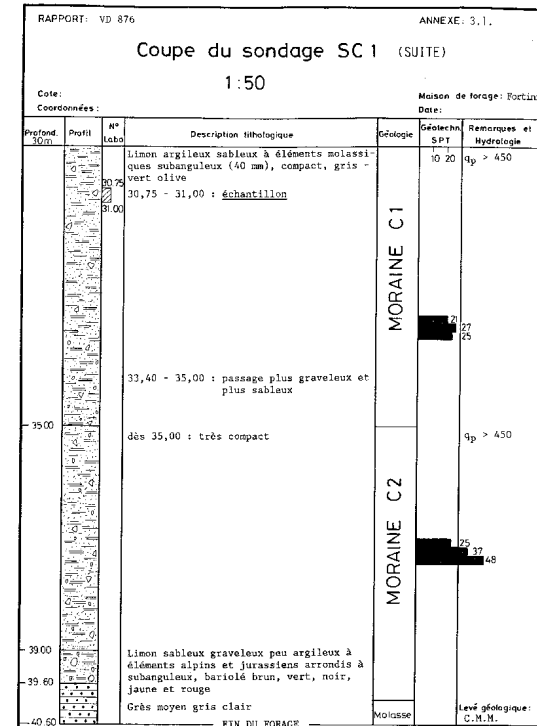
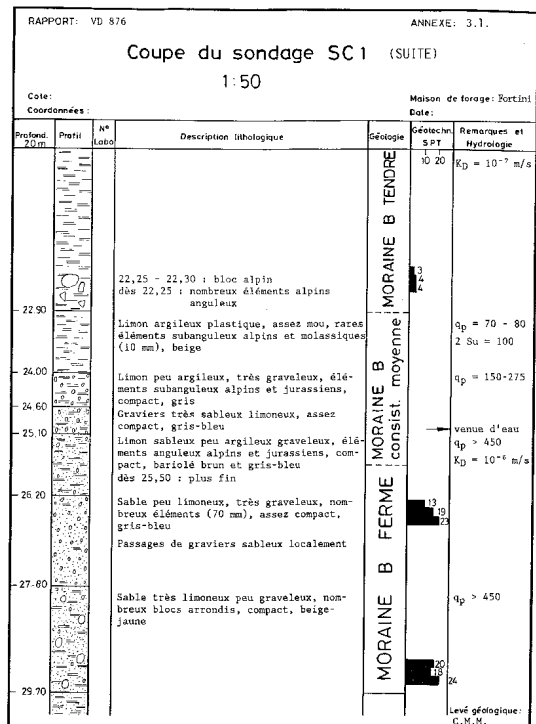
Contexte géotechnique

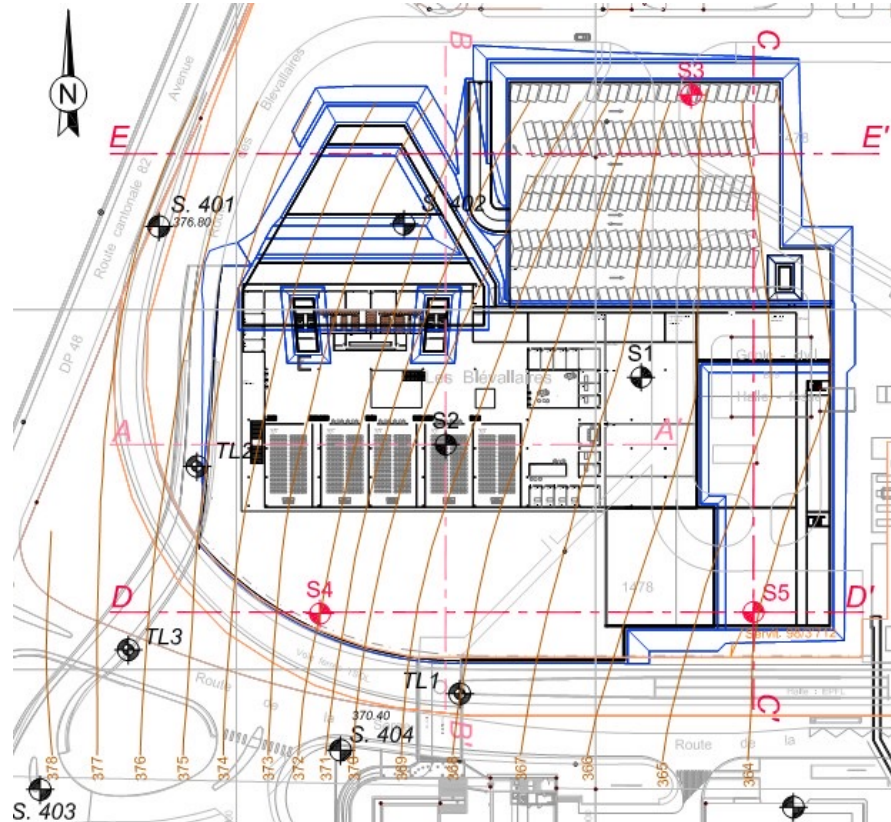
Cadastre géologique du Canton de Vaud



Contexte géotechnique

Cadastre géologique du Canton de Vaud





Sondages de reconnaissance



Sondage
S1



Sondages de reconnaissance



KARAKAS & FRANÇAIS SA

Ing. civils et géologues spécialisés en géotechnique
Lausanne Carouge Martigny

Sondage S1

EPFL

Centre de Conférences et Rencontres

Date d'exécution : 09.01.2006


Altitude : 395.73

Coordonnées : 53°0'13" / 15°27'02"

Echelle 1/50

Levé par : SG

Altitude Bench.	Prof.	Hydro.	PROFIL	USCS ou RQD	SPT	Q _u (kPa)	f _u (kPa)	f _u (%)	f _u (N/mm²)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	GEOLOGIE
395.73	0.00									Terre végétale	TV
395.43	0.30									Limon sabileux avec beaucoup de matière organique, peu humide, quelques rares débris minéraux, présence de racines et racines, consistance moyenne	Remblai
394.48	1.20									Sable grossier à moyen, peu limoneux, couleur beige, peu humide, peu compact	Aluvions sables
394.48	1.80									Sable grossier à moyen, couleur ocre, peu humide, pulvérisable en grès	Aluvions sables
394.48	2.10									Limon sabileux, couleur gris-beige, humide, consistance molle à moyenne	Aluvions sables
393.03	2.70									Limon très argileux, couleur gris, très humide, consistance très molle, très collant, présence de quelques petits graviers ronds, cohésif	Aluvions sables
394.63	10.90										

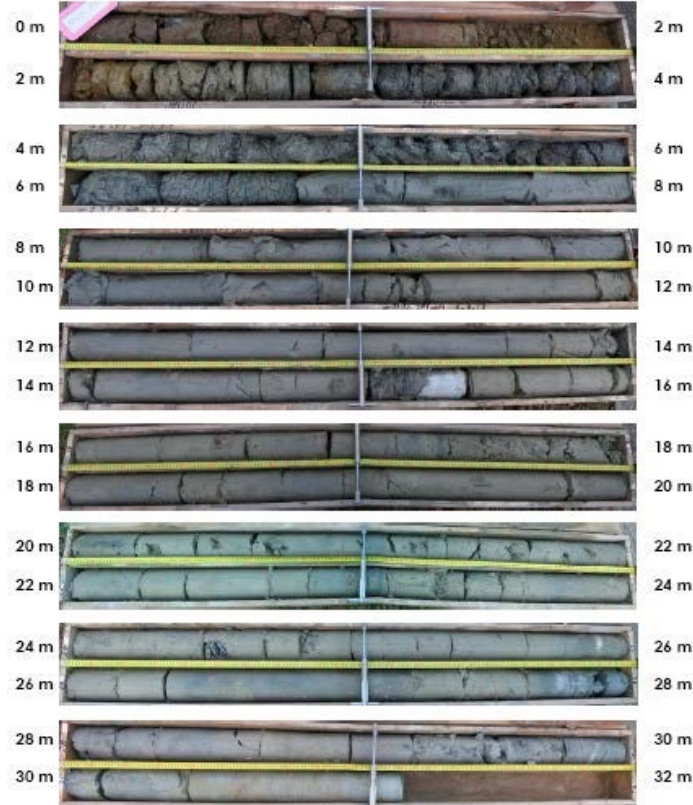
karakas & français sa

 géostructures

Aluvions glauco-terreux argileux A3

N° d'affaire: 4140

Page 1 / 3

Sondages de reconnaissance



Sondage S1 (→ 31.1 m)

0 à 0.3m

Terre végétale

0.3 à 1.2m

Remblais

1.2 à 2.1m

Alluvions glacio-lacustres sableux

2.1 à 2.7m

Alluvions glacio-lacustres limoneux

2.7 à 10.9m

Alluvions glacio-lacustres argileux

10.9 à 28.5m

Moraine B (limon sableux)

28.5 à 29.1m

Moraine C (limon argileux)

29.1 à 30.0m

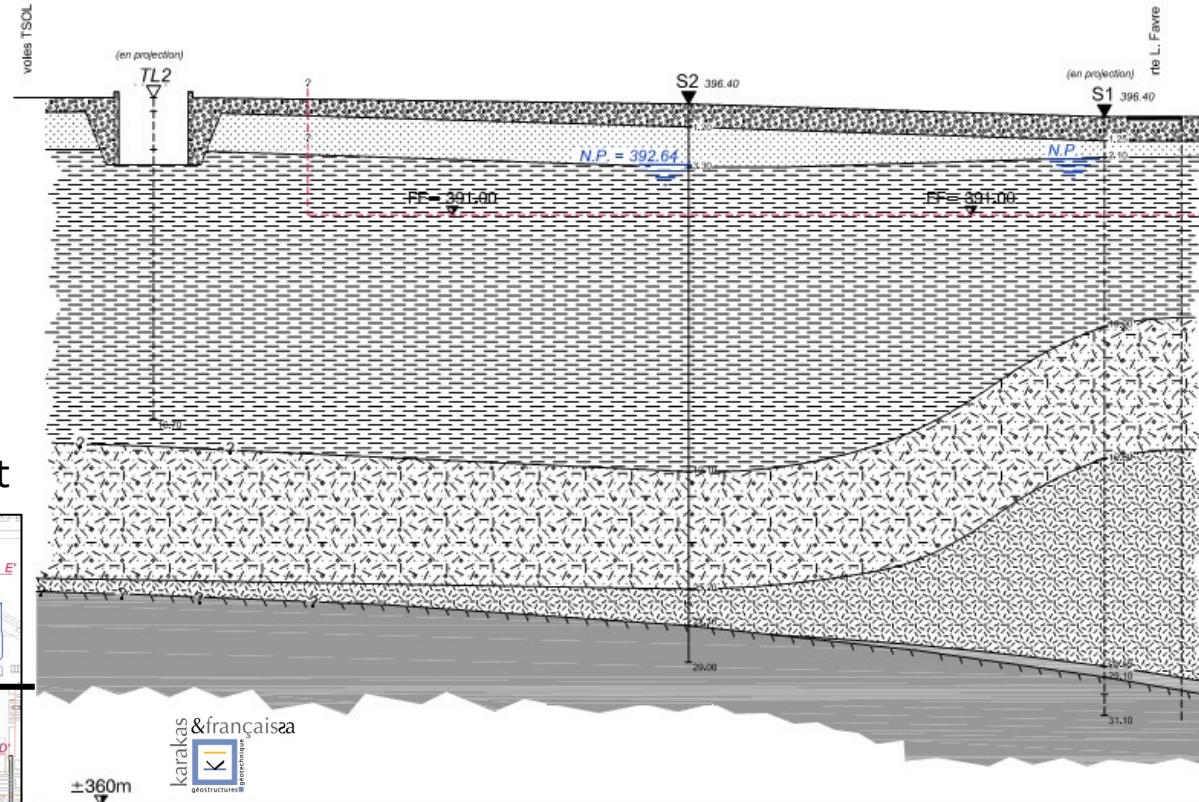
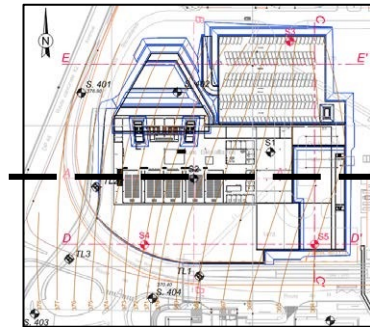
Molasse altérée

30.0

Molasse chattienne

Sondages de reconnaissance

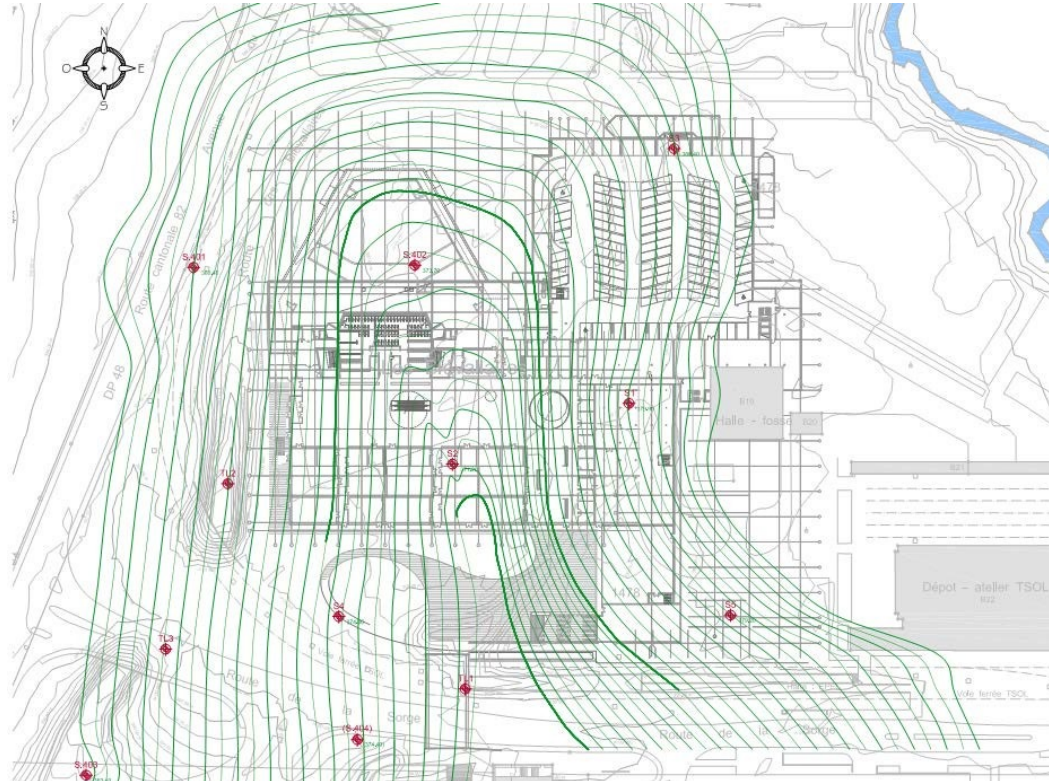
Coupe Ouest - Est





Campagne de reconnaissance

Toit de la moraine C



Campagne de reconnaissance

Toit de la molasse

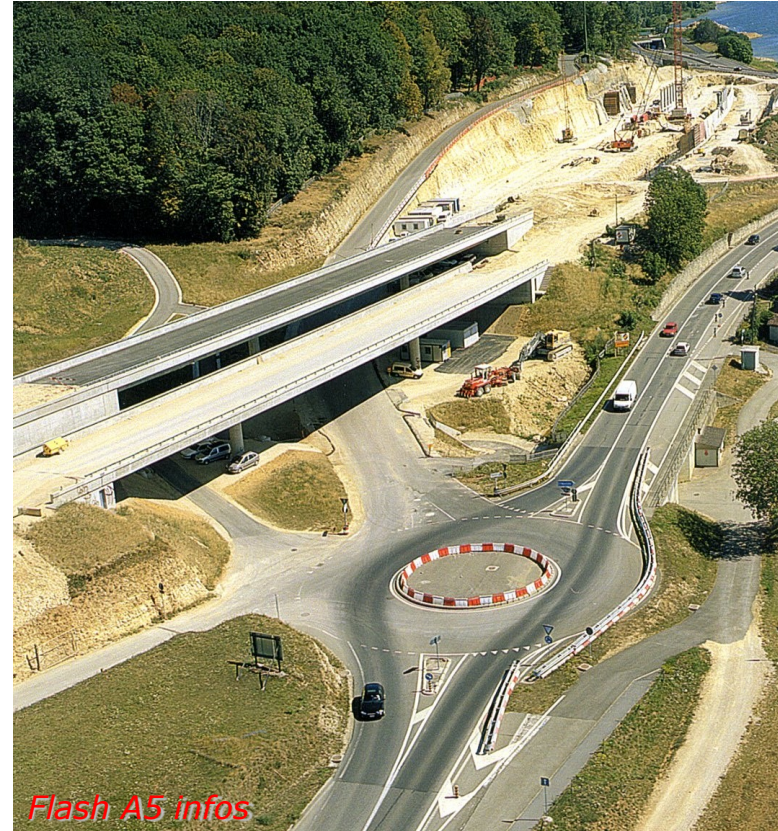
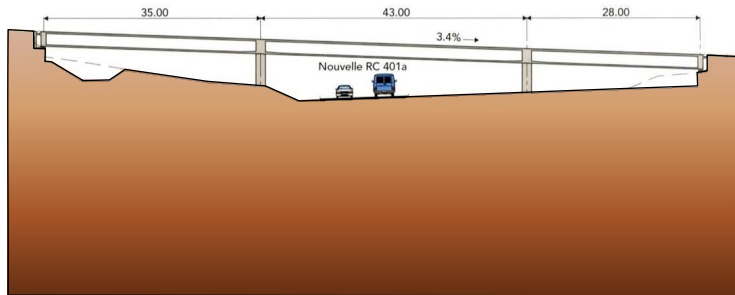


Généralités

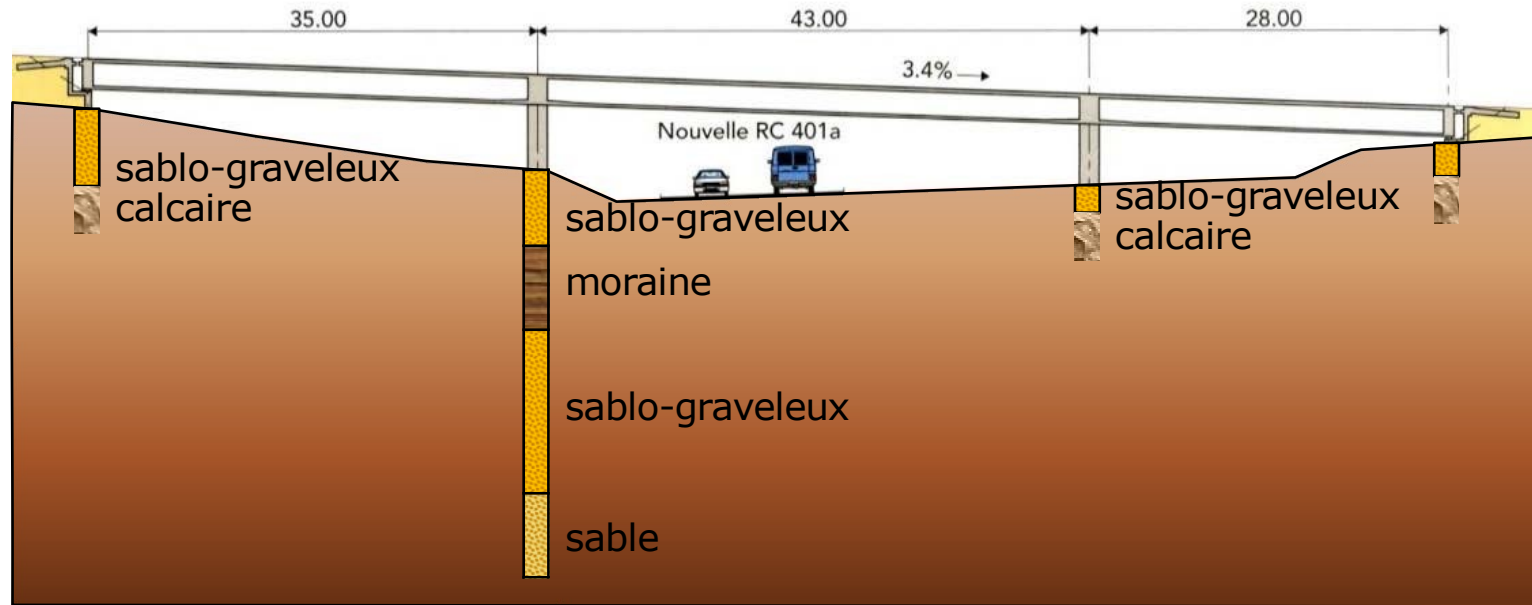
Illustrations

Ouvrages géotechniques

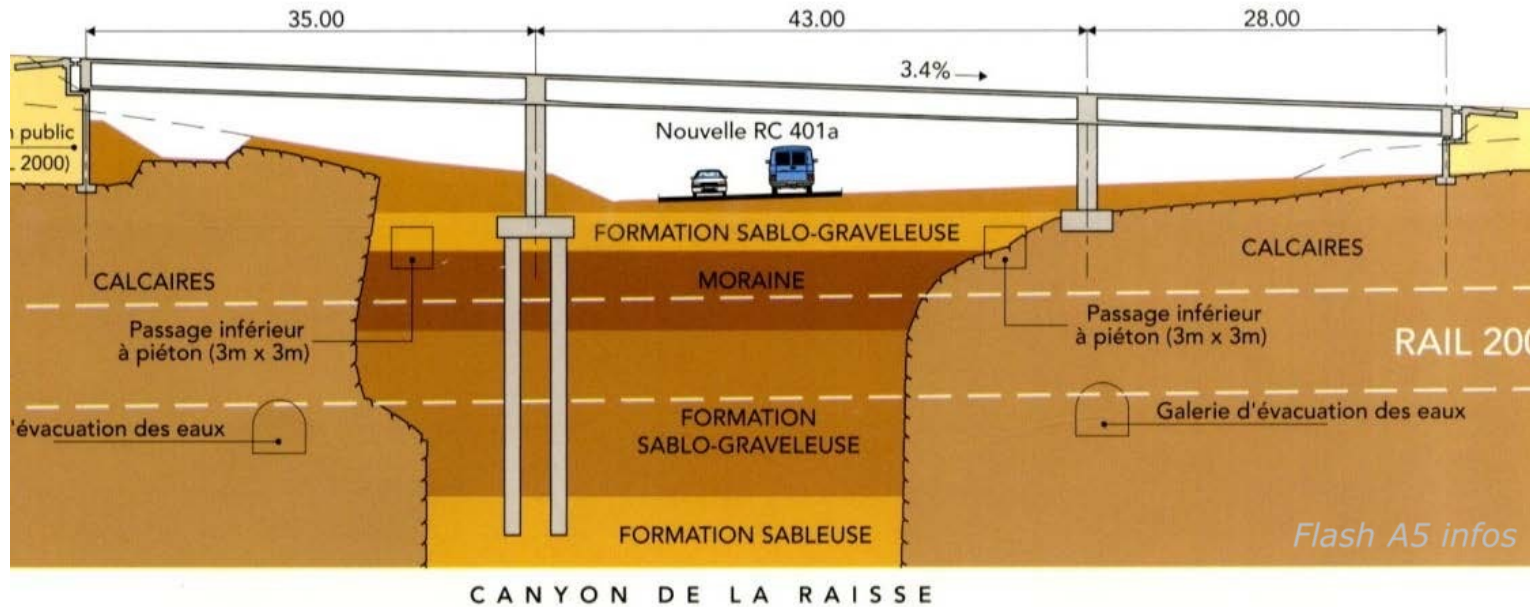
Ponts de la Raisse Autoroute A5 Yverdon - Neuchâtel



Géologie ...



Géologie ...



Canyon de la Raisse: anfractuosité rocheuse remplie de terrains meubles d'une largeur de 50 m et de plus de 50 m de profondeur