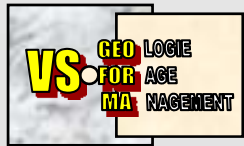




Introduction aux techniques de forage



Vinciane STENMANS (VS.GEOFORMA)



Jacques VAN LOOY (SMET- G.W.T. Wallonie)

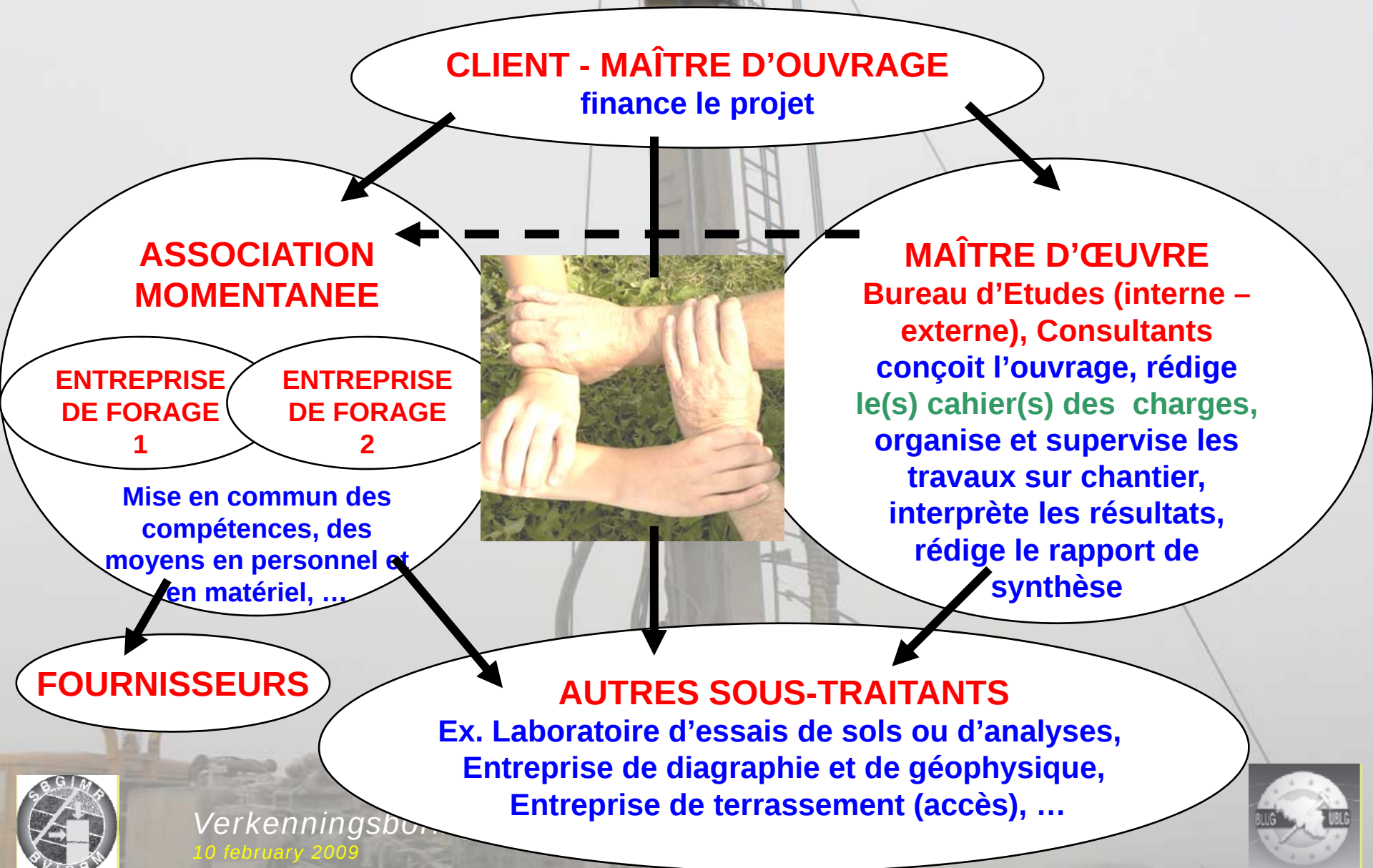


Vincent FIQUET (OREX)

Verkenningboringen
10 february 2009

Les forages de reconnaissance
10 février 2009





CLASSIFICATION DES FORAGES SELON LEUR FINALITE

un FORAGE est :	Applications
un ouvrage d'exploitation d'une ressource	puits pétroliers - puits d'eau – forages géothermiques
un outil de reconnaissance (d'exploration) et d'échantillonnage	forages géotechniques forages environnementaux recherche d'extension de gisement (carrières) reconnaissance géologique profonde exploration minière et pétrolière
un moyen de contrôle de l'évolution d'un paramètre dans le temps	piézomètres, extensomètres, tassomètres, inclinomètres, ...
un laboratoire de tests in-situ permettant de quantifier un paramètre (géotechnique – hydrogéologie - environnement)	pressiomètres, dilatomètres, essais Lugeon, essais Lefranc, slug-tests, diagraphies électriques, géophysique en forage
une voie d'accès aux sols, au sous-sol, à la nappe aquifère	remédiation in-situ (forages environnementaux)

Les machines et matériaux de forage

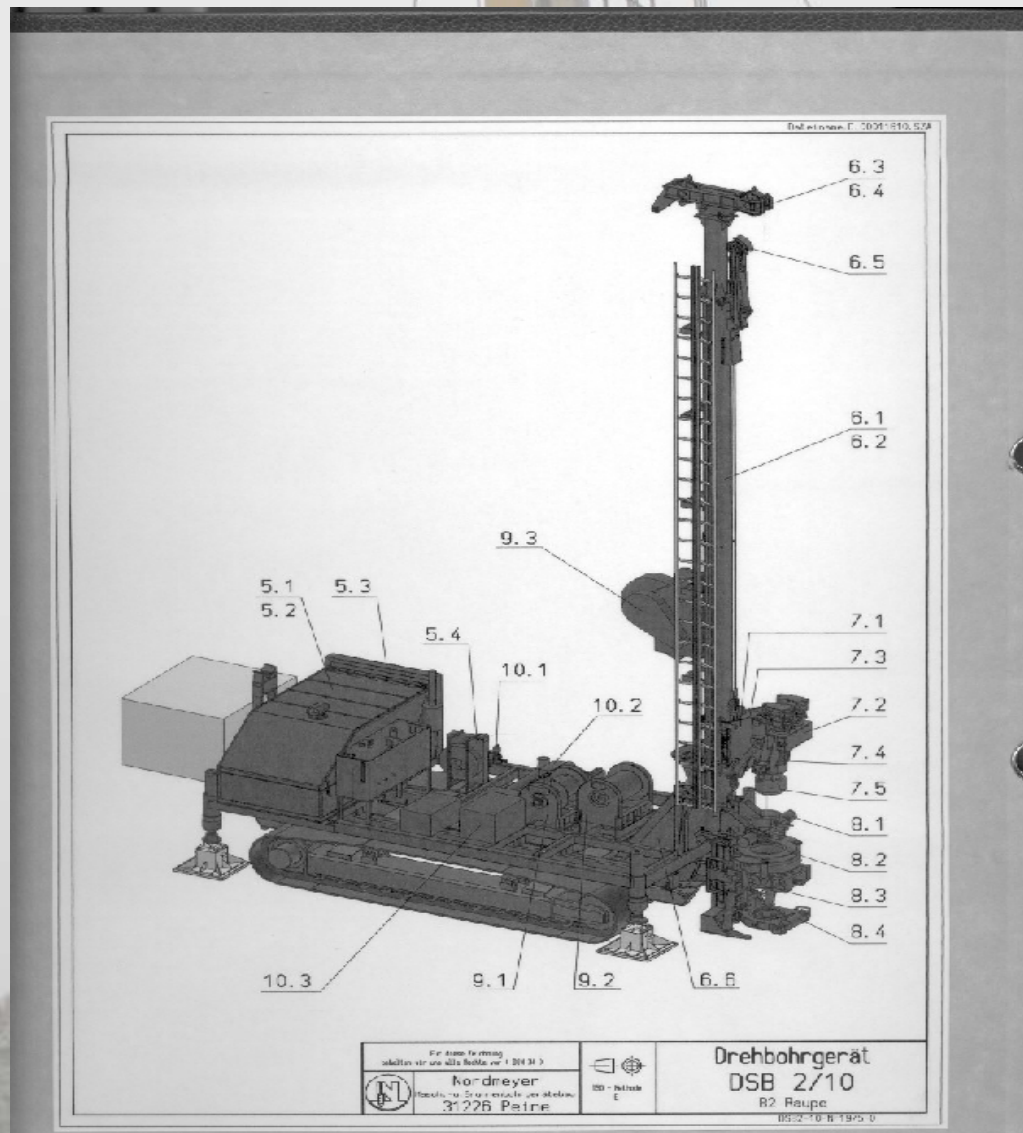
Multitude de machines, techniques, matériaux

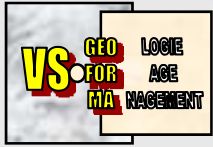
Selon les dimensions: 3 catégories de machines

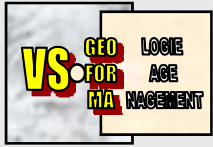
- Petites machines: 1 à 2/3 tonnes
- Moyennes (géotechniques): 3 à 5 tonnes
- Grosses (souvent polyvalentes): 10 à 20 tonnes

Les éléments qui constituent une machine de forage

- Porteur: camion, chenillard, remorque
- Mât: longueur > longueur des tiges
- Tête de rotation: couple , vitesse
- Table de rotation ou louvoyeuse
- Frein de tige, frein de tubage
- Treuils : manoeuvre, battage, wire-line
- Pompes: centrifuges et/ou pistons
- Groupe électrogène
- Compresseur et sa pompe à mousse
- Réservoir d'eau

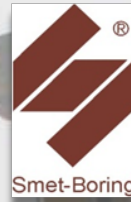
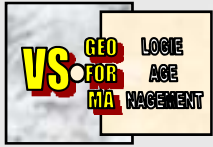






Materiel de forage

- Tiges de forage
 - Sur la machine, devant la machine
 - Longueur de 1 à 6 mètres
 - Diamètre de 2 à 12"
 - Vissées, différents types de filetage
 - Raccords rapides pour tarière
- Tubages : 168;219;273;323;406mm
- Tarière, tarière creuse
- Chape de battage, soupape, chape tournante, carottier simple, douille
- tricônes; aléseurs
- Marteau fond de trou
- Compresseurs
- Groupes électrogènes
- Engin de levage
- Réservoirs de carburant



Types de forage

- Forages manuels
 - Tarière à main
 - Profondeurs limitées à quelques mètres
- Forages semi-manuels
 - Gouge à percussion (Ramguts)
 - Echantillons +/- représentatifs (tube pvc)
 - Profondeurs : 5 à 15 mètres (e.f.d. géologie)
- Forages mécaniques
 - Petite, moyenne, grosse machine



P1.01

Nadat er een monster van de bodem van het boorgat is genomen (bijv. in veen), kan je deze weer omhoog trekken met het trek-/dufstuk.



De priekstok wordt gebruikt om de onderlaag te controleren op kabels, buizen en pijpleidingen.

VOORDELEN

01.11.50/52 Boorset voor heterogene gronden

- Beschikt over een afstelmechanisme te linker- en rechterzijde van de boorset.
- Beschikt over een afstelmechanisme te linker- en rechterzijde van de boorset.

HANDBOORAPPARATUUR

01.11.50 Boorset voor heterogene gronden
Boringen en monstername in homogene gronden (gronden met een gelijksoortig bodemprofiel), kunnen in vrijwel alle gevallen worden uitgevoerd met één type handboor. Bij boringen in heterogene gronden (gronden met een geïsoleerd bodemprofiel), zal er gebruik gemaakt worden van meerdere boortypen. Dit heeft geleid tot de samenstelling van een boorset voor heterogene gronden.

Met de standaard set is het mogelijk handmatig boringen te verrichten tot een diepte van 5 meter zonder al te grote inspanning.

De set bevat verschillende boortypen, diameter 7 cm, waardoor deze goed kan worden gebruikt bij boringen in geïsoleerde bodemprofielen. De set is toe te passen boven de grondwaterspiegel voor alle grondsoorten en beneden de grondwaterspiegel voor samenhangende gronden.

De boorset (met bajonetverbinding) bestaat uit 4 typen: Edelmanboren (M), combinatie, zand en grofzand, een Riversdeboor, een boor voor grindrijke grond, een spiraalboor, een zuigerboor en een gutsboor. In de set zijn tevens opgenomen: verlengstukken, orskoot, draaiblokje met moekband, een trekdufstuk, onderhandsmateriaal en een veldvercrans. Het geheel is ondergebracht in een aluminium koffer.

01.11.52 Boorset voor heterogene gronden
Deze handboorset voor heterogene gronden is qua samenstelling gelijk aan de bovenstaande set, maar is uitgevoerd met een conische schroefdraadverbinding.



Grondboorset met conische schroefdraadverbinding

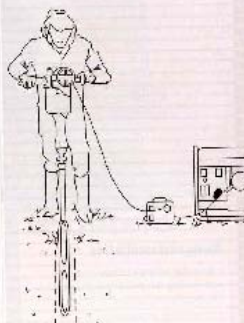


P1.21

Het trapje wordt gebruikt om ergonomischer te kunnen werken.



Een ramguts wordt in de bodem gehamerd met een elektrische slaghamer.



RAMGUTSINSTALLATIES

Ramgutssets met RD32-verbinding

04.19.5C Ramgutsset voor heterogene gronden met benzine slaghamer Cobra TT

De standaardset is uitgerust voor boringen tot 5 meter diepte. De complete set bevat o.a.: een benzine slaghamer met toebehoren in houten transportkist, diverse verlengstangen, koppelsussen, rangubalen (combinatietype voor diverse grondsoorten) in diverse diameters en lengtes, een stekbus voor PVC monsterbuisen met toebehoren, een mechanische stangentrekker, een universele trekpot, een opvulbus tuch voor het trekken van de reuze guts, een hand le voor de stangentrekker, trillenhaken voor het legen en schoonmaken van de rangubalen, een dampblok met hefboom en ketting, een prietstok voor het veilig opsporen van kabels in de ondergrond, een trapje voor grond met de slaghamer n het veld, etc. en aluminium transportkisten.

04.19.5D Ramgutsset voor heterogene gronden met lichte elektrische slaghamer (HIM 1400)

04.19.5E Idem, met zware slaghamer (HM 1800)

Bij deze sets wordt een mechanische slaghamer met resp. 33,7 en 36,4 kW.e slagkracht voor het inklinken van de ramgutsen. De voordelen van een elektrische slaghamer zijn: geen benzine, geen uitlaatgassen, direct boven het monster. De sets bevatten ook: een elektrische slaghamer met toebehoren, een aggregaat (2300 Watt continu), een solatiebewaking, diverse verlengstangen, koppelsussen, rangubalen (combinatietype voor diverse grondsoorten) in diverse diameters en lengtes, een stekbus voor PVC monsterbuisen met toebehoren, een mechanische stangentrekker, een universele trekpot, een opvulbus tuch, een hand le voor de stangentrekker, toebehoren voor het legen en schoonmaken van de rangubalen, een dampblok met hefboom en ketting, een prietstok voor het veilig opsporen van kabels in de ondergrond, een trapje, etc. en aluminium transportkisten.



Ramgutsset voor heterogene gronden met benzine slaghamer Cobra TT (04.19.5C)

Petites machines de forage

- Principalement les géoprobes
 - Marteau hydraulique hors trou
 - Échantillonnage rapide (50 à 60m/jour)
 - Etudes pollutions station service, industrie
 - Systèmes dual tube et macro-core
 - Forage avec petite tarière
 - Possibilité d'équiper en 1"
 - Plusieurs analyses in-situ possibles







Machine de forage intermédiaire machines géotechniques

- Poids souvent entre 3 et 5 tonnes
- Souvent multifonctionnelle, idéale pour la géotechnique
- Petite machine = capacité réduite
- Profondeurs de 20 à 50 mètres
- Se déplace facilement, transport facile
- Evt. table de rotation, marteau hors trou, treuil de battage
- Suivant équipement, toutes les techniques sont possibles
- Marques habituelles en Belgique: Nordmeyer, Fraste, Comacchio, Apageo,...

Machines puissantes

- Machines de 10 à 20 tonnes
- Construction robuste
- Souvent polyvalentes
- Selon leur équipement, toutes les techniques sont possibles
- Carottage en grand diamètre (PQ,SQ)
- Diamètre: jusqu'à 300/400mm
- Profondeurs: +/- 200 mètres
- Forages pour équipements en 4 et 6"

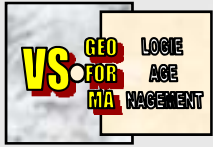
VS GEO LOGIC
FOR AGE
MA NAGEMENT



Machines spécifiques

- Souvent des machines monotecniques
- Tous les poids
- Machine de carottage
- Machine pour forage marteau circulation inverse
- Machine sonic

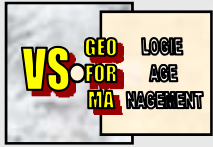












DIAGENESE
Enfouissement, perte d'eau, cimentation

METAMORPHISME
Haute Température - Haute Pression
Recristallisation

FORMATIONS MEUBLES		ROCHES SEDIMENTAIRES	ROCHES METAMORPHIQUES	ROCHES MAGMATIQUES
GRAVIER	> 2 mm	<u>Roches détritiques</u> POUDINGUE, CONGLOMERAT (éléments arrondis et ciment varié) BRECHE (éléments angulaires et ciment varié) GRES à ciment varié: silice, calcite, dolomie, argile, fer PSAMMITE: grès à fins lits micacés ARKOSE - GRAUWACKE - MACIGNO SILTITE, PELITE ARGILITE, SHALE, SCHISTE (si schistosité)	QUARTZITES	<u>Roches volcaniques</u> BASALTE OBSIDIENNE COTICULE TUFF
SABLE	2 mm - 63 µ		QUARTZO-PHYLLADES	<u>Roches plutoniques</u> - GRANITE PORPHYRE (de Quenast)
LIMONS SILTS LOESS (éolien)	63 µ - 2 µ (3,9 µ) < 20 µ		PHYLLADES, SCHISTES ARDOISIERS	
ARGILE	< 2 µ (< 3,9 µ)			
		<u>Roches de précipitation chimique ou biochimique</u> Roches carbonatées CALCAIRE CaCO ₃ DOLOMIE [(Ca, Mg)CO ₃] ₂ CRAIE CaCO ₃ (squelettes µ-organismes marins) + un peu d'argile MARNE: calcaire + argile (35% - 65%) Roches siliceuses OPALE , CALCEDOINE, PHTANITES, CHERTS, SILEX 'Roches" carbonées (CO < végétaux) TOURBE - LIGNITE - CHARBON/HOUILLE - ANTHRACITE - GRAPHITE Roches évaporitiques SEL GEMME (HALITE), GYPSE, ANHYDRITE, BARYTE		

Techniques et outils de forage

Géotechnicien

Objectif recherché

- Paramètres requis
- méthode de détermination des paramètres

Classe requise de prélèvement

Choix des techniques de prélèvement

- Outils
- Procédure de mise en œuvre

Connaissance
antérieure

**Organisme de
sondage**

Exécution des prélèvements

Transport des prélèvements

Réception au laboratoire

**Laboratoire
d'essais**

Essais

Techniques et outils de forage

Les principaux éléments déterminant la qualité de prélèvement sont :

- a) Le matériau : en fonction de sa nature (sols fins argileux, limoneux, sols grenus sableux ou graveleux, sols hétérogènes, roches etc.), son état (hors nappe ou sous nappe phréatique, avec ou sans gaz, résistance mécanique, etc.) et sa profondeur
- b) La technique de prélèvement : combinaison du procédé utilisé pour la mise en œuvre de l'outil de prélèvement et le choix de l'outil
- c) La compétence et le savoir-faire du personnel

Techniques et outils de forage

Définition des classes de prélèvements de matériau

Classes	Principaux paramètres obtenus à partir de l'échantillon	
	Caractéristique de nature	Caractéristique d'état
1	$D, w_L, w_P, e_{max}, e_{min}, \rho_s, MO, C_c, C_g, Z^+$	$Z^+, I_D, e, w_{nat}, \rho_d, \tau_f [\phi', c', c_u, \phi_{uu}, c_{uu}], E, R_c, RTB, RQD, \sigma'_p, k, c_v$
2	$D, w_L, w_P, e_{max}, e_{min}, \rho_s, MO, Z^+$	$Z^+, e, w_{nat}, \rho_d, RQD, I_D, k$
3	$D, w_L, w_P, e_{max}, e_{min}, \rho_s, MO, Z^0$	Z^0, w_{nat}
4	$D, w_L, w_P, e_{max}, e_{min}, \rho_s, MO, Z^0$	Z^0
5	Prélèvement incomplet, Z^-	Z^-

De la classe 1 à la classe 4, on passe de l'échantillon non remanié à totalement remanié

Techniques et outils de forage Les terrains meubles

-Orientation du choix des techniques de prélèvement
d'après la XP P94-202 (décembre 95) (voir plus loin)

Quelques définitions :

Carotte : prélèvement effectué à l'aide d'un carottier

Carottier : outil de prélèvement cylindrique destiné à obtenir une carotte (mise en œuvre par rotation, fonçage ou battage)

Coupe technique du forage : ensemble des informations sur le forage (caractéristiques, détails d'exécution, observations, etc.)

Techniques et outils de forage Les terrains meubles

Quelques définitions (suite):

Couronne : extrémité du carottier rotatif au contact du matériau à prélever

Echantillon : Résultat du prélèvement

Echantillon non remanié : Echantillon prélevé dans des conditions modifiant le moins possible la nature et l'état du terrain qui, au laboratoire, sous un chemin de contrainte approprié, fournit des résultats applicables à la prévision de la résistance en place, de l'amplitude et la vitesse de déformation. Selon les propriétés à déterminer sur l'échantillon, un remaniement plus ou moins important peut être accepté s'il n'affecte pas les résultats recherchés

Trousse : Extrémité basse effilée d'un carottier

Techniques et outils de forage

Les terrains meubles

Classification des sols cohérents suivant leur résistance mécanique à court terme

Sol	Essai simplifié	Cohésion non drainée C_u (kPa)
Très mou	S'échappe des doigts sous une pression	<20
Mou	Peut être pétri par une légère pression des doigts	20 à 40
Ferme	Peut être pétri par une forte pression des doigts	40 à 75
Raide	Ne peut être pétri par les doigts, le pouce y marque une empreinte	75 à 150
Très raide	Rayé à l'ongle	150 à 300
Dur		>300

Techniques et outils de forage

Les terrains meubles

-Une roche, c'est quoi ?

D'après la XP P94-202 (décembre 95) :

Description	Résistance en compression simple R_c (Mpa)
Résistance très faible	<6
Résistance faible	6 à 20
Résistance moyenne	20 à 60
Résistance élevée	60 à 200
Résistance très élevée	>200

Techniques de prélèvement

Puits, tranchée, fouille et galerie

Creusé mécaniquement ou manuellement (attention aux règles de sécurité)

Forage manuel

Forage réalisé manuellement (généralement à l'aide d'une tarière à main)

Forage par poinçonnement

Réalisé sans rotation :

- soit par battage (fréq. frappe < 2Hz)
- percussion (fréq. frappe > 2 Hz)
- vibro-percussion (idem. percussion mais compression/extension)
- soit par fonçage à vitesse cte ($v \geq 2\text{cm/s}$ et cte)

Techniques de prélèvement

Forages par rotation

Avec ou sans fluide d'injection (fluide de forage)

Avec fluide d'injection

Le matériau est découpé au moyen d'un outil spécifique terminé par une couronne, entraîné en rotation et avec injection d'un fluide (eau, air, boue à la bentonite, autres additifs) jusqu'à la couronne

Sans fluide d'injection

Le matériau est découpé à l'aide d'un outil désagrégateur

Techniques de prélèvement

Carottiers poinçonneurs

Les carottiers poinçonneurs sont caractérisés par divers paramètres (cfr. XP 94-202) :

- carottiers à paroi mince sans étui intérieur ($C_a \leq 15\%$: indice de surface)
- carottiers à paroi mince avec étui intérieur ($C_a \leq 15\%$: indice de surface)
- carottier à piston stationnaire : idem paroi mince avec étui mais piston coulissant
- carottier à paroi épaisse ($C_a > 15\%$: indice de surface) – Généralement par battage dans les sables et graves
- présence éventuelle d'un extracteur

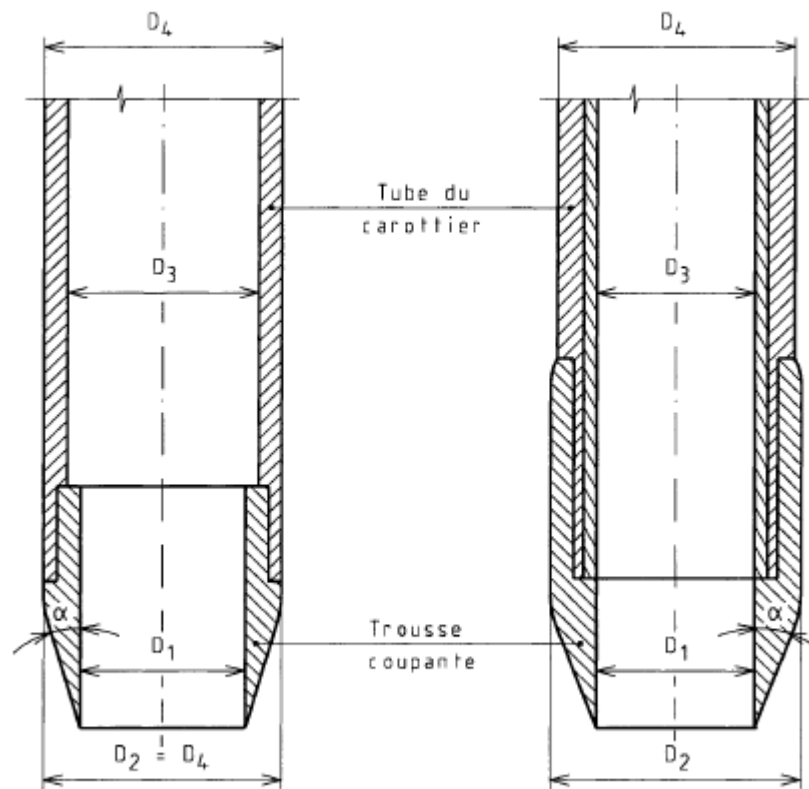
Techniques de prélèvement

Paramètres carottier

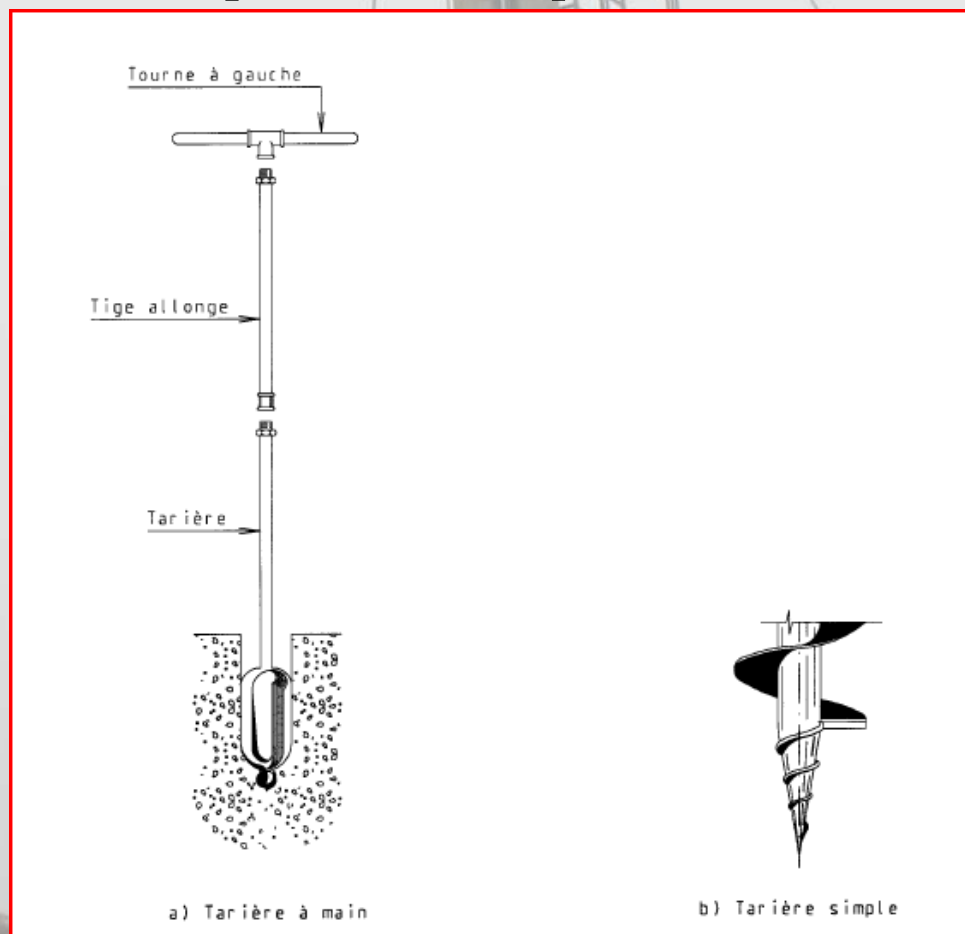
Indice de jeu extérieur : $C_0 = \frac{D_2 - D_4}{D_4}$

Indice de jeu intérieur : $C_i = \frac{D_3 - D_1}{D_1}$

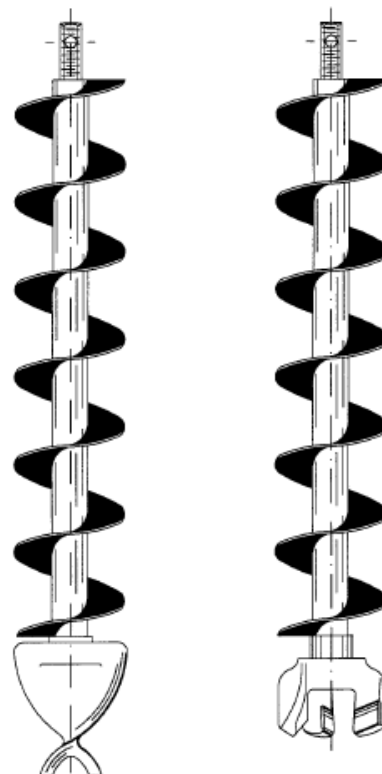
Indice de surface : $C_a = \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1^2}$



Techniques de prélèvement



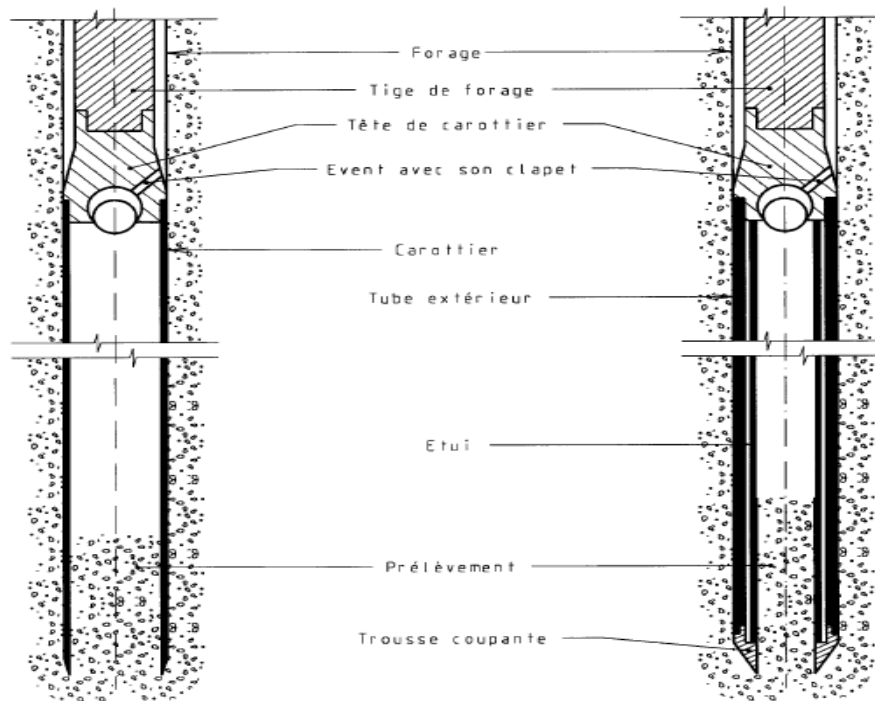
Techniques de prélèvement



d) Tarière continue

Techniques de prélèvement

Carottier poinçonneur à parois minces (avec ou sans étui)



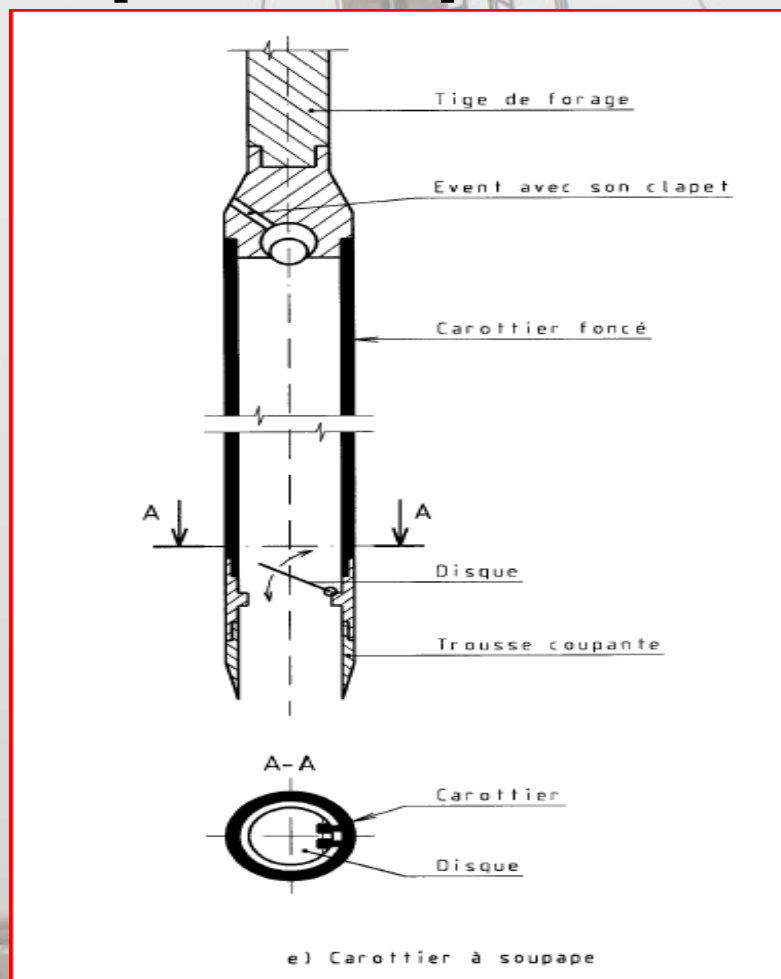
a) Sans étui

Exemple a):
 $D_1 = 97 \text{ mm}$
 $D_2 = 100 \text{ mm}$
 $C_a = 6 \%$
 $C_i = 0$
 $C_o = 0$

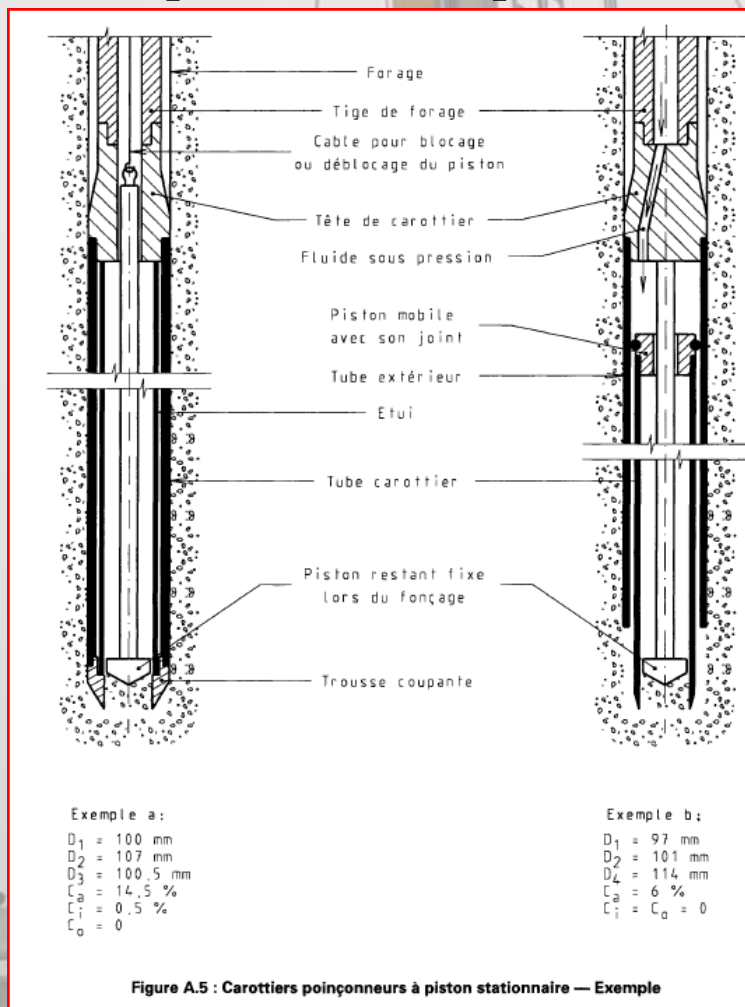
b) Avec étui

Exemple b):
 $D_1 = 79 \text{ mm}$
 $D_2 = 85 \text{ mm}$
 $D_3 = 80 \text{ mm}$
 $C_a = 13 \%$
 $C_i = 1 \%$
 $C_o = 0$

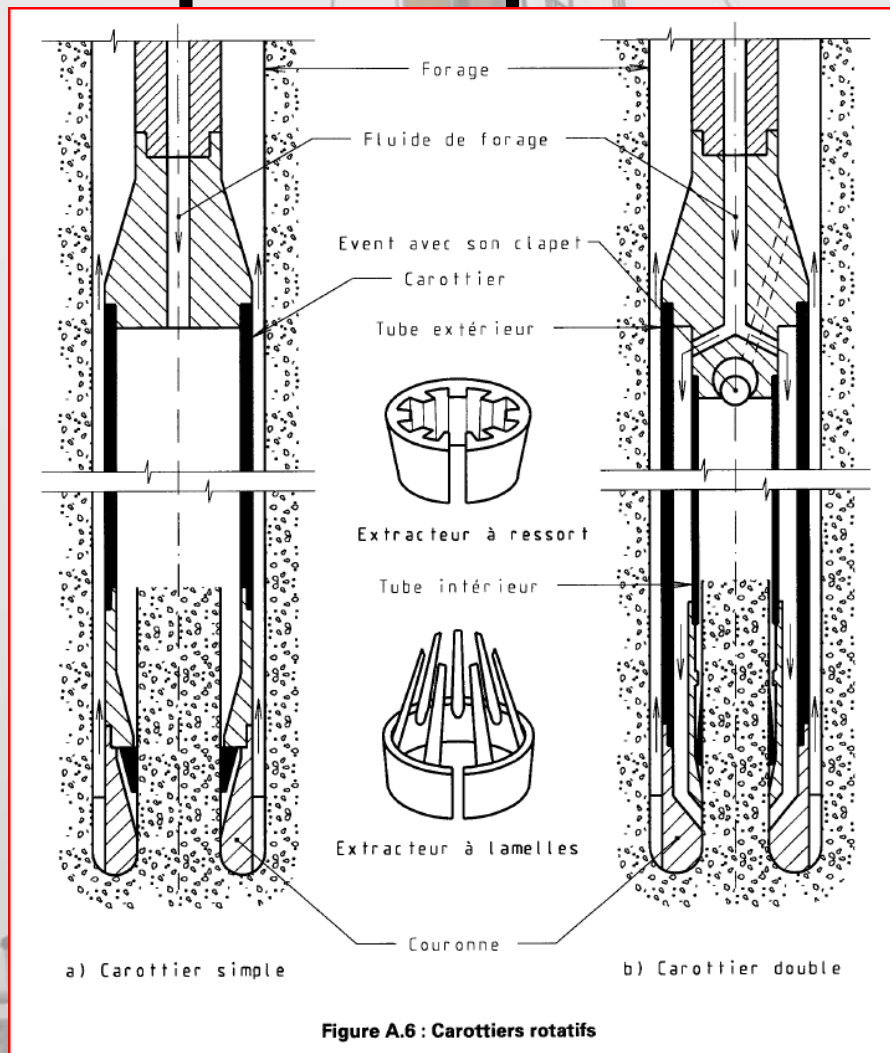
Techniques de prélèvement



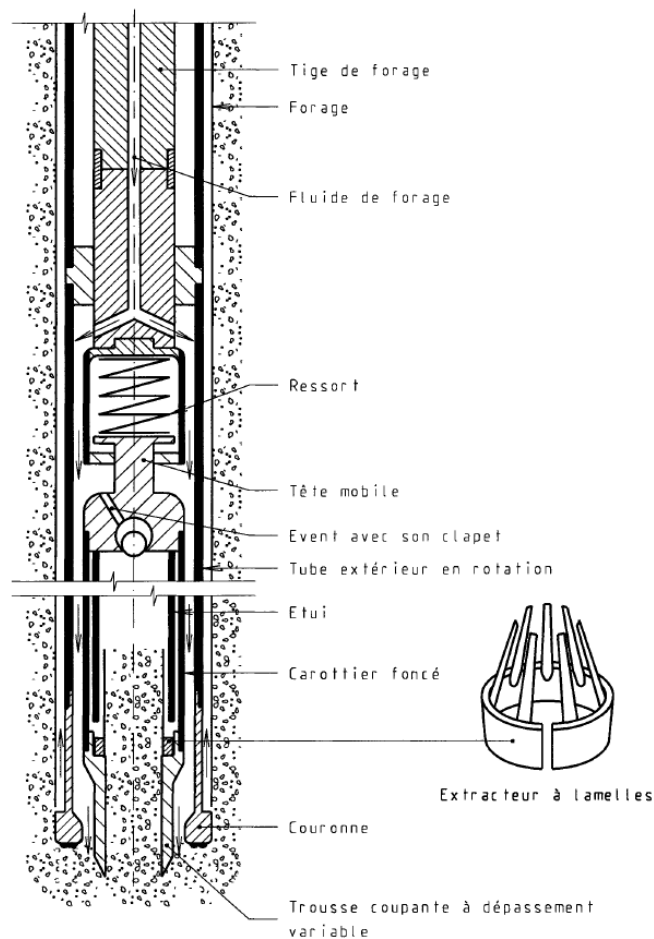
Techniques de prélèvement



Techniques de prélèvement



Techniques de prélèvement



c) Carottier triple

Techniques de prélèvement

Tableau C.1 : Matériau — Technique de prélèvement — Classe de prélèvement

Matériau à prélever (voir tableau 1)	Techniques de prélèvement				Classe des prélèvements	
	Désignation de l'outil	Mise en œuvre	Fluide	Aptitude de la technique	Classe optimale possible	Remarques
Sol fin très mou à mou	— carottier à piston stationnaire	— fonçage continu par pression ($v \geq 2$ cm/s)	non	recommandé	1	— $D_1 \geq 75$ mm
	— carottier à paroi mince avec étui	— fonçage continu par pression ($v \geq 2$ cm/s)	boue	adapté	1 2 (si extracteur)	— $D_1 \geq 75$ mm — forage tubé, nettoyé, sous boue
	— tarière et seau rotatif	— rotation	non	inadapté sous nappe	3	classe 4 pour les sols fins très mous

(à suivre)

Techniques de prélèvement

Tableau C.1 : Matériau — Technique de prélèvement — Classe de prélèvement (suite)

Matériau à prélever (voir tableau 1)	Techniques de prélèvement				Classe des prélèvements	
	Désignation de l'outil	Mise en œuvre	Fluide	Aptitude de la technique	Classe optimale possible	Remarques
Sol fin ferme	— carottier à piston stationnaire	— fonçage continu par pression ($v \geq 2$ cm/s)	non	recommandé	1	— $D_1 \geq 75$ mm
	— carottier à paroi mince avec ou sans étui	— fonçage continu par pression ($v \geq 2$ cm/s)	boue	adapté	1	— $D_1 \geq 75$ mm
	— carottier triple à trousse dépassante	— battage	non	adapté	2	— $D_1 \geq 75$ mm
		— rotation	eau ou boue	adapté	1	— $D_1 \geq 75$ mm
	— carottier triple	— rotation	eau ou boue	toléré	2	— $D_1 \geq 85$ mm
	— carottier double	— rotation	eau ou boue	toléré	2	— $D_1 \geq 85$ mm
	— tarière et seau rotatif	— rotation	non	adapté	3	Les tarières simples sont remontées tous les 0,3 m au plus et les tarières continues tous les 1 m au plus.
	— prélèvement de blocs à la main	— à la main	non	recommandé	1	
	— prélèvement de blocs à la boîte	— à la main ou fonçage par pression	non	recommandé	1	
	— en vrac	— pelle mécanique	non	toléré	3	

(à suivre)

Techniques de prélèvement

Matériau à prélever (voir tableau 1)	Techniques de prélèvement				Classe des prélèvements	
	Désignation de l'outil	Mise en œuvre	Fluide	Aptitude de la technique	Classe optimale possible	Remarques
<u>Sol fin raide à très raide</u>	— carottier à paroi mince	— fonçage continu par pression — battage	non non	adapté adapté	1 2	— $D_1 \geq 75$ mm
	— carottier à paroi épaisse	— fonçage par pression — battage	non non	toléré toléré	3 3	— $D_1 \geq 90$ mm
	— carottier triple à trousse dépassante	— rotation	eau ou boue	recommandé	1	— $D_1 \geq 75$ mm
	— carottier triple	— rotation	eau ou boue	adapté	1	— $D_1 \geq 85$ mm
	— carottier double	— rotation	eau ou boue	adapté	2	— $D_1 \geq 85$ mm classe 1 *)
	— carottier simple	— rotation	non	toléré à sec et passe courte	3	— $D_1 \geq 85$ mm classe 2 *) et usage exceptionnel.
	— tarière et seau rotatif	— rotation	non	adapté	3	
	— prélèvement de blocs à la main	— manuelle	non	adapté	1	Pour obtenir une coupe Z*, les tarières simples sont remontées tous les 0,3 m et les tarières continues tous les 1 m au plus.
	— prélèvement de blocs à la boîte	— à la main ou fonçage par pression	non	adapté	1	
	— en vrac	— pelle mécanique	non	toléré	3	

(à suivre)

Techniques de prélèvement

Matériau à prélever (voir tableau 1)	Techniques de prélèvement				Classe des prélèvements	
	Désignation de l'outil	Mise en œuvre	Fluide	Aptitude de la technique	Classe optimale possible	Remarques
Sol fin dur	— carottier triple à trousse dépassante	— rotation	eau	inadapté pour les sols les plus durs	1	— $D_1 \geq 75$ mm la limitation est due à la non-pénétration de la trousse
	— carottier triple	— rotation	eau	recommandé	1	$D_1 \geq 85$ mm
	— carottier double	— rotation	eau	adapté	2	$D_1 \geq 85$ mm
	— carottier simple	— rotation	non	toléré	3	— classe 1 *) — classe 2 *)
	— tarière et seau rotatif	— rotation	non	adapté	3	Les tarières simples sont remontées tous les 0,3 m au plus et les tarières continues tous les 1 m au plus.
	— prélèvement de blocs à la main	— manuelle	non	adapté	1	
	— prélèvement de blocs à la boîte	— à la main ou fonçage par pression	non	adapté	1	
	— en vrac	— pelle mécanique	non	toléré	3	

(à suivre)

Techniques de prélèvement

Matériau à prélever (voir tableau 1)	Techniques de prélèvement				Classe des prélèvements	
	Désignation de l'outil	Mise en œuvre	Fluide	Aptitude de la technique	Classe optimale possible	Remarques
Sol grenu propre sable	— carottier à piston stationnaire	— fonçage par pression		recommandé pour sable lâche	2	$D_1 \geq 75 \text{ mm}$
	— carottier à paroi mince avec étui	— fonçage par pression — battage		recommandé recommandé	2 3	$D_1 \geq 75 \text{ mm}$
	— carottier triple	— rotation	boue	recommandé	2	$D_1 \geq 85 \text{ mm}$
	— carottier à soupape	— battage	non	adapté	5	
	— tarière-seau rotatif	— rotation	non	toléré (hors d'eau)	3	Les tarières simples sont remontées tous les 0,3 m au plus et les tarières continues tous les 1 m au plus.
				adapté (sous l'eau)	5	
gravier	— carottier à paroi épaisse	— battage ou vibro-fonçage	non	recommandé	4	tubage à l'avancement $D_1 \geq 3.D_{\text{max}}$
	— carottier à soupape	— battage	non	adapté	5	
	— tarière et seau rotatif	— rotation	non	toléré (hors d'eau)	3	
				adapté (sous l'eau)	5	

(à suivre)

Techniques de prélèvement

Matériau à prélever (voir tableau 1)	Techniques de prélèvement				Classe des prélèvements	
	Désignation de l'outil	Mise en œuvre	Fluide	Aptitude de la technique	Classe optimale possible	Remarques
Sable argileux Sable limoneux	— carottier à piston stationnaire	— fonçage continu par pression	non	recommandé	1	Les tarières simples sont remontées tous les 0,3 m au plus et les tarières continues tous les 1 m au plus.
	— carottier à paroi mince avec étui	— fonçage continu par pression — battage	non non	recommandé	1 2	
	— carottier à paroi épaisse	— battage ou percussion	non	toléré	3	
	— tarière et seau rotatif	— rotation	non	adapté	3 (hors d'eau) 5 (sous l'eau)	
Argile graveleuse (gravier dans une matrice de sols fins)	— carottier à paroi épaisse et étui	— battage	non	adapté	3	— pour sol hors d'eau $D_1 \geq 3.D_{max}$ $D_1 \geq 3.D_{max}$ $D_1 \geq 3.D_{max}$ Les tarières simples sont remontées tous les 0,3 m au plus et les tarières continues tous les 1 m au plus.
	— carottier double	— rotation	boue	toléré	3	
	— tarière et seau rotatif	— rotation	non	adapté	3 hors nappe 4 sous nappe	

(à suivre)

Techniques de prélèvement

Matériau à prélever (voir tableau 1)	Techniques de prélèvement				Classe des prélèvements	
	Désignation de l'outil	Mise en œuvre	Fluide	Aptitude de la technique	Classe optimale possible	Remarques
Argile sableuse	(voir sols fins)					
Sol très hétérogène et ayant une forte granularité (alluvions grossières, éboulis, moraines, remblais)	— carottier à paroi épaisse	— battage ou percussion ou roto-percussion	non	recommandé	3	— risque de refus prématuré $D_1 \geq 3.D_{max}$ Les tarières simples sont remontées tous les 0,3 m au plus et les tarières continues tous les 1 m au plus.
	— outil à benne preneuse	— battage	non	recommandé	4	
	— tarière	— rotation	non		3 hors nappe 4 sous nappe	
Roche	— carottier simple	— rotation	eau eau + additif boue	} adapté	1	si remontée des copeaux en surface
	— carottier double	— rotation	eau eau + additif boue	} adapté	1	
	— carottier triple	— rotation	eau eau + additif boue	adapté	1	
	— outil désagréateur	— rotation ou roto-percussion	oui	adapté	5	

**) Éventuelle, si élimination des parties latérales remaniées et conditionnées immédiatement sous enveloppe étanche.*

Techniques de prélèvement

Outils de prélèvement			Procédés de forage			Matériaux prélevables	Classe des prélèvements	
Désignation	Caractéristiques	Dimensions de l'échantillon	Mode de pénétration	Découpage et extraction	Fluide		Classe optimale possible	Remarques
Prélèvement en pleine masse								
— en vrac		quelques dm ³		pelle	non	— sols fins — sols grenus hors d'eau — sols grenus dans l'eau	3 3 5	
— en bloc à la main		quelques dm ³	— découpage à la main	outil à main, scies	non	— sols fins fermes à durs, hors d'eau	1	— précautions particulières à prendre pour l'emballage et le transport
— à la boîte		quelques dm ³	— prédécoupage à la main		non	— sols fins fermes à durs, hors d'eau	1	
— au carottier à paroi mince de laboratoire	C _a ≤ 15 % α ≤ 10° C _i = 0,5 % à 1,5 % C _o = 0	D ₁ = suivant essais labo L ₁ /D ₁ = 2 à 3	— fonçage par pression — battage		non non	— sols fins mous à fermes, hors d'eau — sols fins fermes à durs, hors d'eau	1 (fonçage) 2 (battage)	

(à suivre)

(à suivre)

Techniques de prélèvement

Outils de prélèvement			Procédés de forage			Matériaux prélevables	Classe des prélèvements		
Désignation	Caractéristiques	Dimensions de l'échantillon	Mode de pénétration	Découpage et extraction	Fluide		Classe optimale possible	Remarques	
Carottiers poinçonneurs									
— à paroi mince (avec ou sans étui intérieur)	$C_a \leq 15\%$ et $\alpha \leq 10^\circ$ $C_i = 0,5\%$ à $1,5\%$ $C_o = 0\%$ à 2% $S_o \geq 0,1.D_1^2$	$D_1 \geq 75\text{ mm}$ et $H/D_1 \leq 10$	— fonçage continu par pression ($H/L_1 < 0,9$) — battage	trousse coupante + parfois un extracteur	non	— sols fins très mous à raides	1 (fonçage)	— augmentation possible de 1 point de la classe si présence d'un extracteur, — voir tableau C.1 pour plus de précision sur les sols prélevables et l'aptitude du procédé, — jeu intérieur $C_i = 0$ acceptable pour les carottiers courts ($L_1/D_1 \leq 6$)	
			— vibro-percussion			— sables argileux — argiles graveleuses — sols grenus propres	2 (battage) 2 2		
— à paroi épaisse (et étui intérieur)	$C_a > 15\%$ $10^\circ < \alpha < 40^\circ$ $C_i = 0\%$ à 4% $C_o = 0\%$ à 4% $S_o \geq 0,1.D_1^2$	$D_1 \geq 90\text{ mm}$ $H/D_1 \leq 15$	— fonçage par pression ($H/L_1 < 0,95$) — battage — vibro-percussion	trousse coupante + parfois un extracteur	non	— sols fins raides à durs et argiles sableuses	3		$D_1 \geq 3.D_{\max}$
					non	— sables argileux	3		
					non	— argiles graveleuses — sables graviers et galets	3 4		
— Carottier de pénétration (SPT)	$C_a = 112\%$ et $\alpha \approx 20^\circ$ $C_i = C_o = 0$ (voir norme NF P 94-116)	$D_1 = 35\text{ mm}$	— battage	trousse	non		4	— cet outil est d'abord un matériel d'essai de pénétration dynamique	

(à suivre)

(à suivre)

Techniques de prélèvement

Outils de prélèvement			Procédés de forage			Matériaux prélevables	Classe des prélèvements	
Désignation	Caractéristiques	Dimensions de l'échantillon	Mode de pénétration	Découpage et extraction	Fluide		Classe optimale possible	Remarques
Carottier à piston stationnaire	$C_a \leq 15\%$ et $\alpha \leq 10^\circ$ $C_i = 0,5\%$ à $1,5\%$ $C_o = 0\%$ à 2%	$D_1 \geq 75\text{ mm}$ $H/D_1 \leq 10$	Fonçage continu par pression $H/L_i < 0,9$	trousse	non	— sols fins très mous à fermes	1	— une grande vitesse de fonçage, dans les sols fins mous, est favorable — jeu intérieur $C_i = 0$ acceptable pour les carottiers courts ($L_i/D_1 \leq 6$)
Carottiers rotatifs — carottier simple industriel — carottier simple minier — carottier double			rotation	couronne	eau, eau + additif, boue	— (couches de chaussées traitées)	1	— la classe maximale est fonction du diamètre de la carotte et de la nature du terrain (voir tableau C.1)
			rotation	couronne	eau, eau + additif, boue	— roches saines	1	Exceptionnellement peut être utilisé sans fluide pour une passe courte
		$D_1 \geq 85\text{ mm}$	rotation	couronne	eau, eau + additif, boue	— sols fins, fermes à durs — argiles graveleuses, rocher	1	— la classe d'échantillon 1 peut être obtenue avec des sols fins raides à durs avec des carottes, grattées et paraffinées, dès le prélèvement
— carottier double à trousse dépassante	trousse : $C_a \leq 15\%$ $\alpha < 10^\circ$ $C_i = 1,5\%$ à $3,5\%$	$D_1 \geq 75\text{ mm}$ $H/D_1 \leq 10$	rotation (et fonçage par pression sur la trousse) $H/L_i < 0,9$	couronne + trousse coupante	eau, eau + additif, boue	— sols fins raides à durs, — roches tendres	1	

(à suivre)

Outils de prélèvement			Procédés de forage			Matériaux prélevables	Classe des prélèvements	
Désignation	Caractéristiques	Dimensions de l'échantillon	Mode de pénétration	Découpage et extraction	Fluide		Classe optimale possible	Remarques
— carottier triple		$D_1 \geq 85 \text{ mm}$ $H/D_1 \leq 10$	rotation	couronne	eau, eau + additif, boue	— sols fins fermes à durs — roches	1	
— carottier triple à trousse dépassante	trousse : $C_n \leq 15 \%$ $\alpha < 10^\circ$ $C_i = 1,5 \%$ à $3,5\%$	$D_1 \geq 75 \text{ mm}$ $H/D_1 \leq 10$	rotation (et fonçage par pression sur la trousse) $H/L_t < 0,9$	couronne + trousse coupante	eau, eau + additif, boue	— sols fins fermes à durs — roches tendres	1	— l'emploi d'un extracteur peut augmenter la classe d'un point
Autres outils — tarières à main		diamètre du forage $\geq 40 \text{ mm}$	rotation		non	— sols fins, sables hors d'eau	3 (4 si tourbe et sol très mou)	
— tarières continues	$d_{\text{ame}} \leq 0,33 d_{\text{ext}}$ pas de l'hélice = diamètre extérieur	$\geq 60 \text{ mm}$	rotation		non	— sols fins — sols grenus hors d'eau	3 (4 si tourbe et sol très mou)	Les tarières simples sont remontées tous les 0,3 m au plus et les tarières continues tous les 1 m au plus.
— carottier à soupape — outil à benne preneuse, à curette						— graves — sols très hétérogènes	5 3 (hors d'eau) 5 (dans l'eau)	
— tarière simple et seau rotatif		$\geq 300 \text{ mm}$	rotation		non	— sols fins, — sols grenus hors d'eau	3	Les tarières simples sont remontées tous les 0,3 m au plus et les tarières continues tous les 1 m au plus.

Les techniques de forage

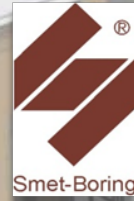
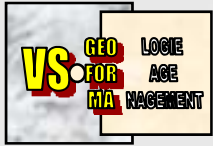
- **Tarière classique (continue)**
 - Échantillon peu représentatif
- **Tarière classique, courte, en combinaison avec un tubage à l'avancement**
 - Échantillon un peu plus représentatif
 - Difficultés sous eau (perte d'échantillon)
- **Tarière creuse**
 - Diamètre intérieur 108mm(4") ou 158mm(6")
 - Avec pointe perdue (mise en place de piézomètres)
 - Avec pointe récupérable (au câble, par tige)
 - Permet un échantillonnage plus précis
 - Possibilité d'échantillon dans tube pvc
 - Demande tête de rotation puissante (couple)
 - Technique rapide pour installer des piézomètres
 - Adaptée pour traverser des terrains difficiles
 - Profondeurs de 20 à 30 mètres en moyenne
 - Parfois problèmes d'équipement si sables remontants

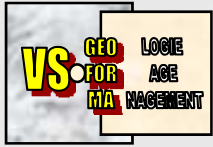
- **Forage par battage**

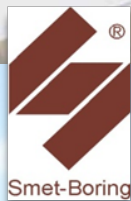
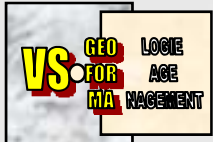
- Nécessite treuil de battage et tubage à l'avancement
- Chape de battage avec clapet au câble (soupape, puls)
- Chape de battage avec batteur (sans clapet, possibilité de mettre tube pvc)
- Chape à piston
- Draaichape

- **Prise d'échantillons non-remaniés**

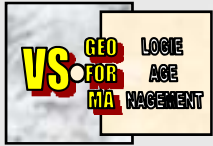
- Avec tubage à l'avancement
- Enfouissement statique (en une fois et sans rotation) d'une douille métallique de dimensions spécifiques
- Machine lourde



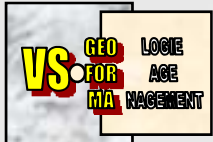




- Forage au marteau fond de trou
 - Alluvions et terrains rocheux
 - Diamètres de 50 à 600mm
 - Dans les alluvions et remblais avec tubage à l'avancement
 - Échantillons peu représentatifs
 - Évacuation d'eau parfois problématique
 - En cas de terrains pollués, problèmes de rejet
 - Les problèmes augmentent si plusieurs télescopes sont nécessaires



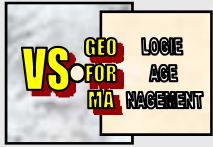




- **Marteau fond de trou circulation inverse**
 - Donne une meilleure idée de la géologie
 - Plus facile pour maîtriser les rejets
 - Machine ‘monotechnique’, utilisée en carrière
 - Peu utilisé en Belgique (sauf carrières)

- **Forage à la circulation d'eau**
 - Circulation directe ou circulation inverse
 - Surtout dans les terrains meubles
 - Échantillons peu représentatifs
 - Parfois nécessité d'utiliser des polymères
 - Bonne technique pour installer des piézomètres





• Sonic drilling

- Technique relativement nouvelle (USA)
- Enfoncer une tige avec tête de rotation à haute fréquence
- Très rapide
- Possibilité d'échantillonnage
- Echantillons souvent déformés
- Machine puissante et chère
- Beaucoup utilisée dans la géothermie
- Un peu tôt pour faire évaluation

DIAGENESE
Enfouissement, perte d'eau, cimentation

METAMORPHISME
Haute Température - Haute Pression
Recristallisation

FORMATIONS MEUBLES		ROCHES SEDIMENTAIRES	ROCHES METAMORPHIQUES	ROCHES MAGMATIQUES
GRAVIER	> 2 mm	<u>Roches détritiques</u> POUDINGUE, CONGLOMERAT (éléments arrondis et ciment varié) BRECHE (éléments angulaires et ciment varié) GRES à ciment varié: silice, calcite, dolomie, argile, fer PSAMMITE: grès à fins lits micacés ARKOSE - GRAUWACKE - MACIGNO SILTITE, PELITE ARGILITE, SHALE, SCHISTE (si schistosité)	QUARTZITES	<u>Roches volcaniques</u> BASALTE OBSIDIENNE COTICULE TUFF
SABLE	2 mm - 63 µ		QUARTZO-PHYLLADES	<u>Roches plutoniques</u> - GRANITE
LIMONS SILTS LOESS (éolien)	63 µ - 2 µ (3,9 µ) < 20 µ		PHYLLADES, SCHISTES ARDOISIERS	PORPHYRE (de Quenast)
ARGILE	< 2 µ (< 3,9 µ)			
		<u>Roches de précipitation chimique ou biochimique</u> Roches carbonatées CALCAIRE CaCO ₃ DOLOMIE [(Ca, Mg)CO ₃] ₂ CRAIE CaCO ₃ (squelettes µ-organismes marins) + un peu d'argile MARNE: calcaire + argile (35% - 65%) Roches siliceuses OPALE , CALCEDOINE, PHTANITES, CHERTS, SILEX 'Roches" carbonées (CO < végétaux) TOURBE - LIGNITE - CHARBON/HOUILLE - ANTHRACITE - GRAPHITE Roches évaporitiques SEL GEMME (HALITE), GYPSE, ANHYDRITE, BARYTE		

LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

1. les carottiers – core barrels
2. les couronnes – core bits
3. les diamètres - diameters
4. les machines de forage – core drilling rigs
5. qualité – taux de récupération – rendement
quality- core recovery - efficiency

LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

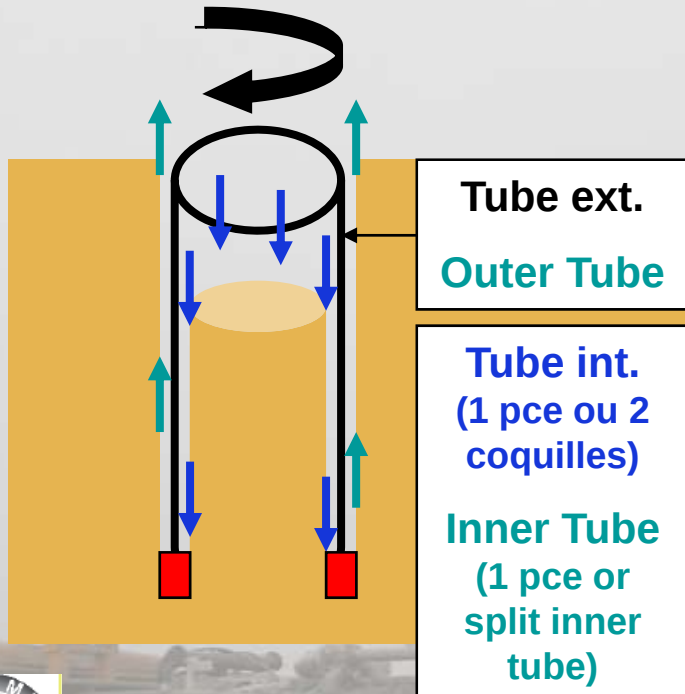
1. LES CAROTTIERS – CORE BARRELS

- carottiers simples – doubles – triples
single tube – double tube – triple tube core barrels
- carottiers conventionnels - carottiers à câble
conventional – wire-line core barrels
- carottiers standards – à paroi mince – renforcés
standard – thin wall - deep drilling (heavy duty) core
barrels

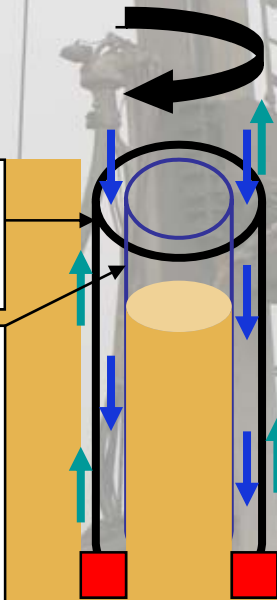
LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

1. LES CAROTTIERS – CORE BARRELS

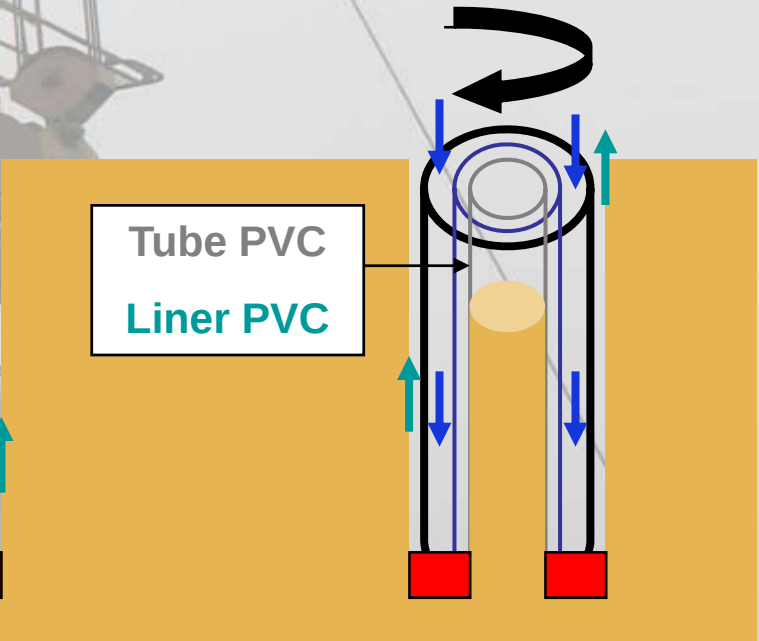
Carottier Simple
Single Tube
Core Barrel



Carottier Double
Double Tube
Core Barrel



Carottier Triple
Triple Tube
Core Barrel



LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

1. LES CAROTTIERS – COREBARRELS

Carottiers conventionnels (métriques)

B- 56 to 146 mm (single)

T2- 46 to 101 mm (double thin kerf)

T6- 101 to 131 mm (double)

Conventional Corebarrels (metric)

tiges rods

Carottier double
Double tube
core barrel

Overshot

Carottiers à câble

ZQ (SMET)

SQ

SQ3

Geotech SQ

Geobore-S

PQ

PQ3

HQ

HQ3

NQ

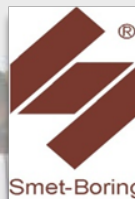
N thin kerf

BQ

B thin kerf

AQ

Wire-line Corebarrels



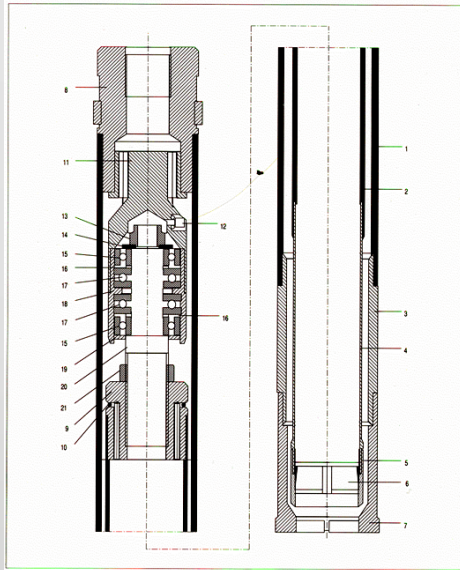
LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

1. LES CAROTTIERS – CORE BARRELS

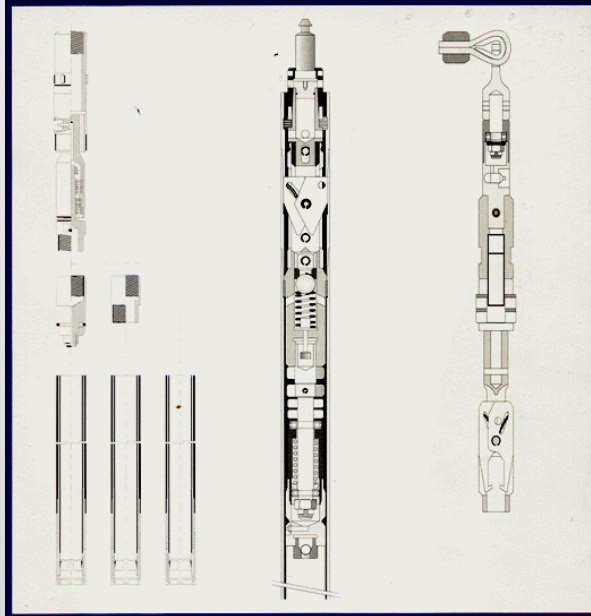
Double tube core barrels type T6

Core barrels

The sturdy core barrels type T6 are designed for core sampling in all formations. Despite the relatively thin kerf T6 can also be used with mud or air flushing. For air flush oversize bits and core barrel couplings are supplied upon request. The T6 core barrels are manufactured in metric sizes 76 to 146 mm and in American hole sizes N, H and S.



Diamant Boart Craelius Product Catalogue

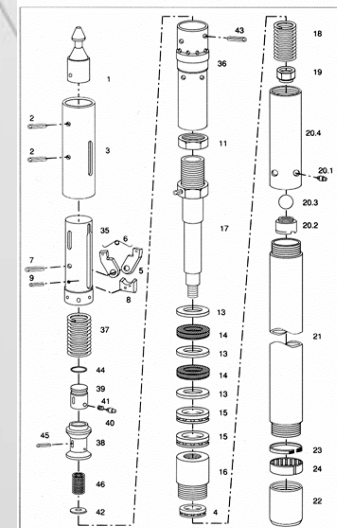


Wire-line core barrels K Series

The K Series is the latest wire line system developed by Diamant Boart Craelius.

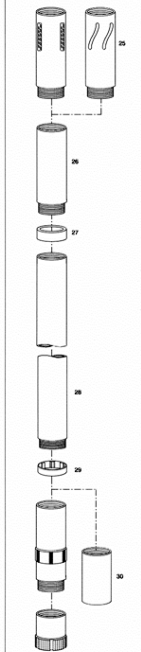
Available in sizes B, N and H, it is totally interchangeable with most common wire line systems in use. Developed on a modular basis, its components and devices can be adapted to any existing barrel without major modifications.

As standard the K Series core barrels are delivered without knuckle head, but with the Lockmatic to allow a fast and safe detection - from the surface - of the latching moment of the inner tube in the outer assembly. K Series core barrels must be used with BK, NK, HK rods, bits and reamers.

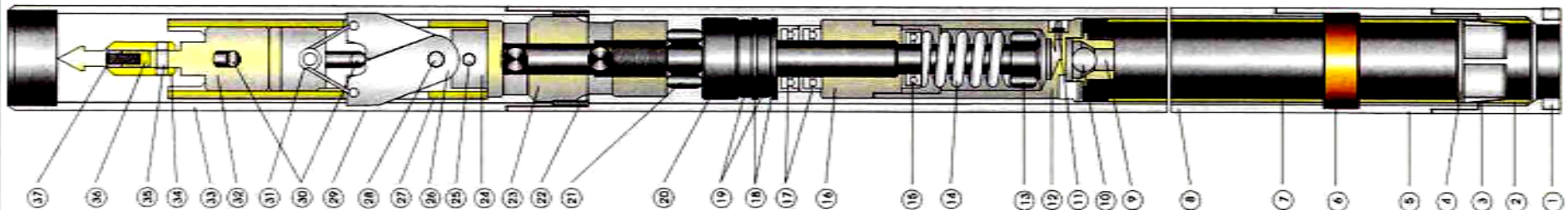


Inner assembly

Core barrels



Outer assembly

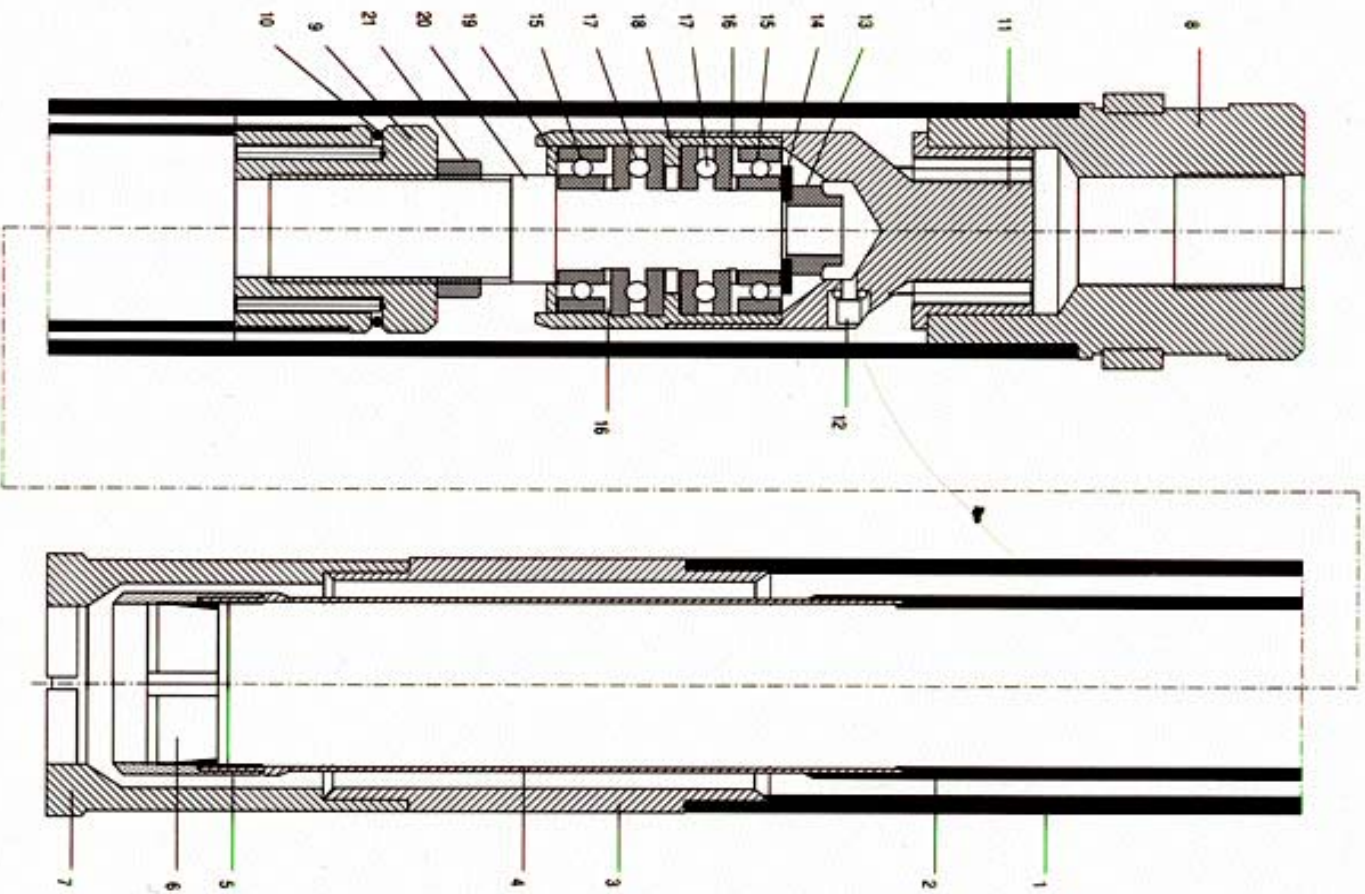


Double tube core barrels type T6

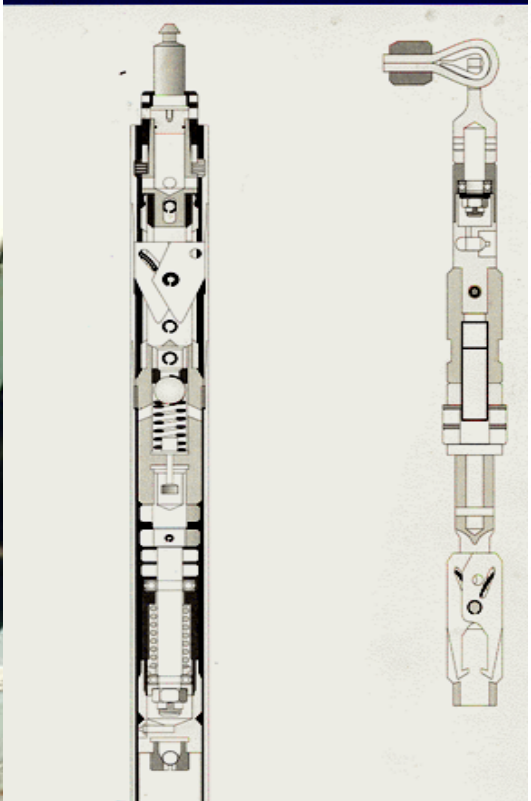
Core barrels

The sturdy core barrels type T6 are designed for core sampling in all formations. Despite the relatively thin kerf T6 can also be used with mud or air flushing. For air flush oversize bits and core barrel couplings are supplied upon request.

The T6 core barrels are manufactured in metric sizes 76 to 146 mm and in American hole sizes N, H and S.



Diamant Boart Craelius Product Catalogue



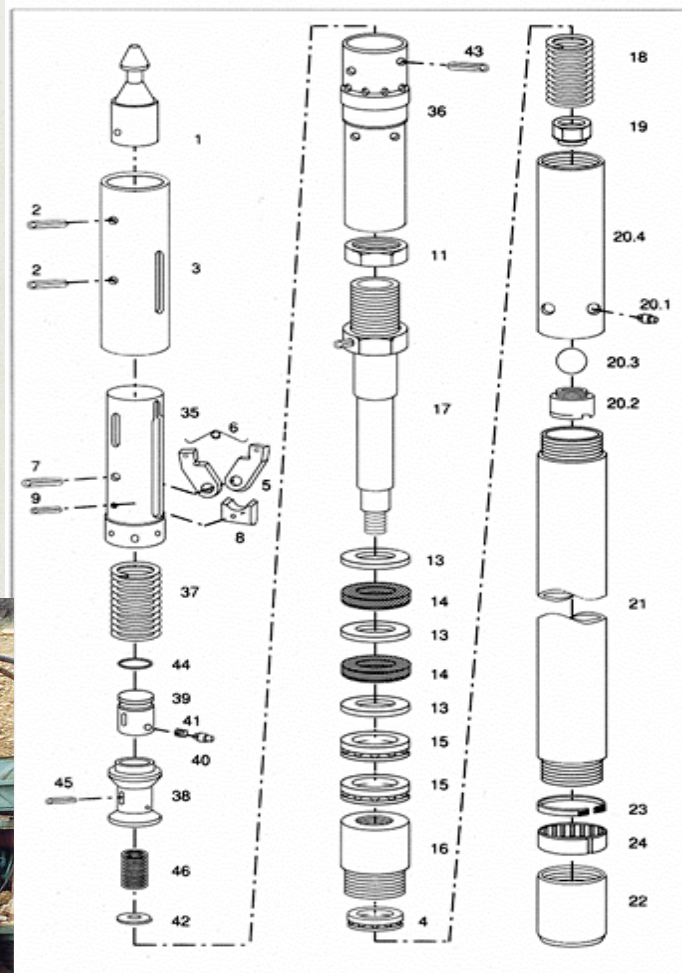
Wire-line core barrels K Series

The K Series is the latest wire line system developed by Diamant Boart Craelius.

Available in sizes B, N and H, it is totally interchangeable with most common wire line systems in use. Developed on a modular basis, its components and devices can be adapted to any existing barrel without major modifications.

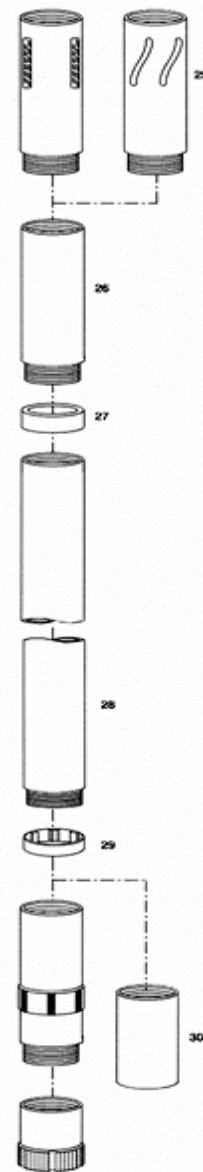
As standard the K Series core barrels are delivered without knuckle head, but with the Lockmatic to allow a fast and safe detection -from the surface- of the latching moment of the inner tube in the outer assembly.

K Series core barrels must be used with BK, NK, HK rods, bits and reamers.



Inner assembly

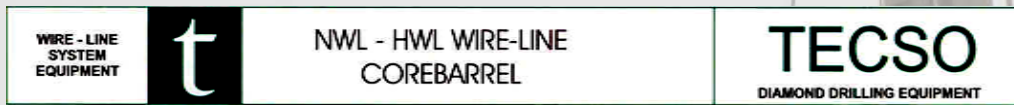
Core barrels



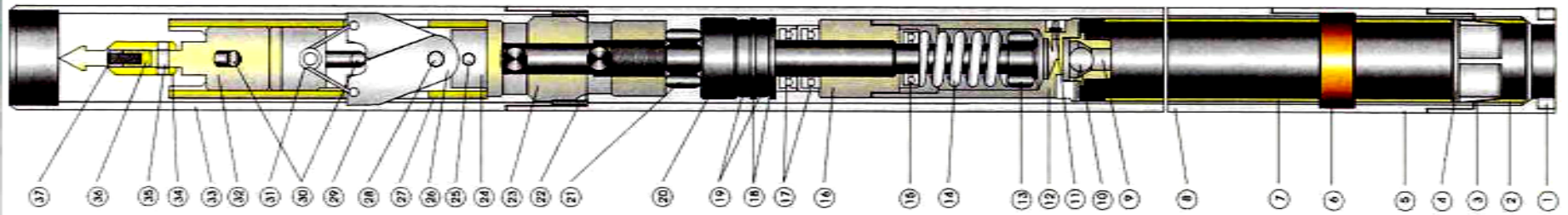
Outer assembly

LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

1. LES CAROTTIERS – CORE BARRELS



COREBARREL		- NWL -		- HWL -	
Bit	O.D.	2.965 In	75.3 mm	3.763 In	95.6 mm
	I.D.	1.875	47.6	2.500	63.5
Reaming Shell	O.D.	2.980	75.7	3.782	96.1
	I.D.	2.380	60.3	3.070	77.8
Outer Tube	O.D.	2.880	73.0	3.630	92.1
	I.D.	2.380	60.3	3.070	77.8
Inner Tube	O.D.	2.190	55.6	2.880	73.0
	I.D.	1.970	50.0	2.630	66.7



TYPE

Item	Description				
-	Corebarrel Assy. x 10Ft.	9	Adapter Valve	24	Support Latch
-	Corebarrel Assy. x 5 Ft.	10	Ball	25	Pin Spring
-	Inner Tube Assy. x 10 Ft.	11	Hydraulic Grease Fitting	26	Latch
-	Inner Tube Assy. x 5 Ft.	12	Cap Inner Tube	27	Retracting Case Latch
-	Head Assy.	13	Self-Locking Nut	28	Pin Spring
1*	Bit Carbide	14	Compression Spring	29	Coupling Adapter Outer Tube
2	Case Corelifter	15	Bearing Ball	30	Pin Spring
3	Corelifter	16	Adapter Cap Inner Tube	31	Spring Latch
4	Ring Stop	17	Bearing Ball	32	Spearhead Support
5*	Reaming Shell	18	Adjusting Washer Valve	33	Locking Coupling
6	Stabilizer Inner Tube	19	Shut-Off Valve	34	Spearhead
7	Inner Tube x10Ft.	20	Spindle Assembly	35	Pin Spring
	Inner Tube x 5 Ft.	21	Lock Nut	36	Pivoting Shaft
8	Outer Tube x10Ft.	22	Landing Ring	37	Spearhead Spring
	Outer Tube x 5 Ft.	23	Body Latch		

LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

1. LES CAROTTIERS – CORE BARRELS

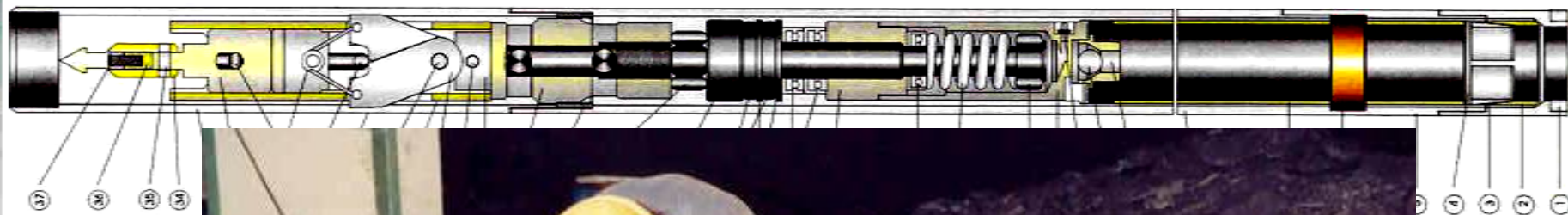
WIRE - LINE
SYSTEM
EQUIPMENT

t

NWL - HWL WIRE-LINE
COREBARREL

TECSO
DIAMOND DRILLING EQUIPMENT

COREBARREL		- NWL -		- HWL -	
Bit	O.D.	2.965 in	75.3 mm	3.763 in	95.6 mm
	I.D.	1.875	47.6	2.500	63.5
Reaming Shell	O.D.	2.980	75.7	3.782	96.1
	I.D.	2.880	73.0	3.630	92.1
Outer Tube	O.D.	2.880	73.0	3.630	92.1
	I.D.	2.380	60.3	3.070	77.8
Inner Tube	O.D.	2.190	55.6	2.880	73.0
	I.D.	1.970	50.0	2.630	66.7





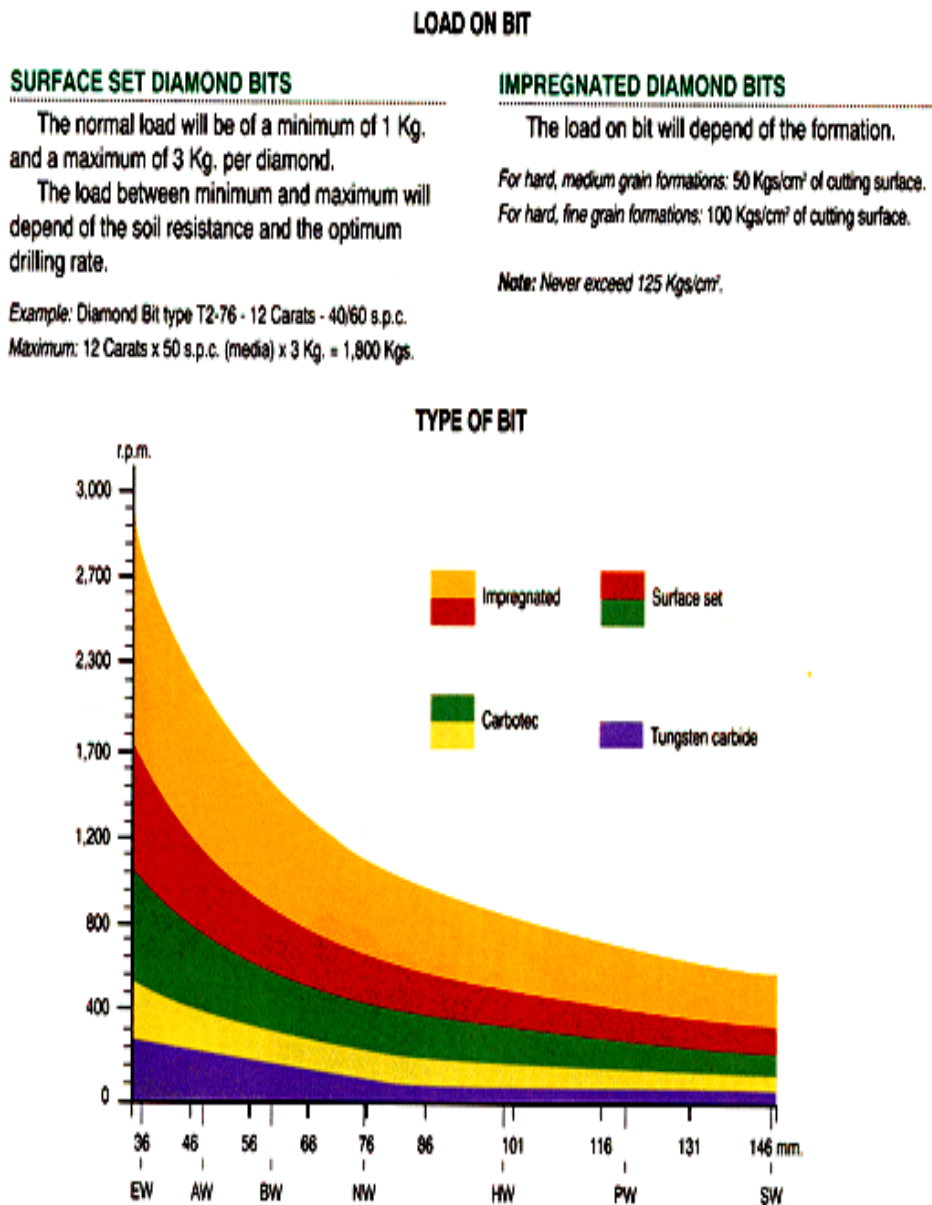
LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

2. LES COURONNES – CORE BITS

DIAMOND AND TUNGSTEN CARBIDE DRILLING TOOLS



ROCK DESCRIPTION	HARDNESS	TUNGSTEN CARBIDE BITS		DIAMOND BITS													
		T.C. BITS	CARBOTEC BITS	SURFACE SET DIAMOND BITS							IMPREGNATED DIAMOND BITS						
				S.P.C.							MATRIX						
				8/10	10/15	20/25	30/40	40/60	60/80	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	
CLAY CHALK GYPSUM	SOFT																
SAND SHALE SALT HARD SHALE ICE MED. HARD LIMESTONE	SOFT TO MEDIUM																
SANDY SHALE SHALE CLAYSTONE SANDY LIMESTONE	MEDIUM HARD NON ABRASIVE																
SILTSTONE ALLUVIAL DEP. CALCITIC HARD SHALE	MEDIUM HARD ABRASIVE																
HARD LIMESTONE SCHIST SERPENTINE	HARD ABRASIVE																
HARD SCHIST HARD SILICEOUS DOLOMITE MARBLE SYENITE DIABASE PEGMATITE HEMATITE MAGNETITE	HARD NON ABRASIVE																
GNEISS GRANITE BASALT DIORITE GABBRO RHYOLITE AMPHIBOLITE	VERY HARD																
CONGLOMERATE TACONITE ABRASIVE QUARZITE ABRASIVE SAND STONE	VERY ABRASIVE																



BIT SELECTION GUIDE
 Recommended

 Alternate

Rock type	Rock hardness MOHS scale	Coring bits														
		Tungsten Carbide	Composite		Surface set				Impregnated							
			Diapax	Tripax	Diamond size				Type							
					10-15	20-25	35-45	60-70	3	4	5	6	7	8	9	
Clay, gypsum, potash, chalk, sand, evaporites	-	●	■	●												
Laterite, very soft limestone, very soft sandstone	-		●	■	■	●										
Schist, shale, coal, limestone, medium sandstone, siltstone	-			■	●	■										
Siliceous schist, calcite, arkose	-						■	●								
Concrete, reinforced concrete	3-4						●	■	■	■						
Dolomite, bauxite, sedimentary iron ore, hard sandstone	4-5									●	■	●				
Gneiss, granite, granodiorite	5-6										●	■	●			
Andesite, basalt, gabbro, diorite, peridotite	6-7										●	■	●			
Quartzite, rhyolite, taconite, pegmatite, silicified granite, skarn	7-8										●	■	●			
Chert, taconite, quartz, jasperite, garnet	8-9											●	■			

LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

LES COURONNES A PIERRES SERTIES

t SURFACE SET CORE DRILLING BITS

TECSO

DIAMONDS SIZES

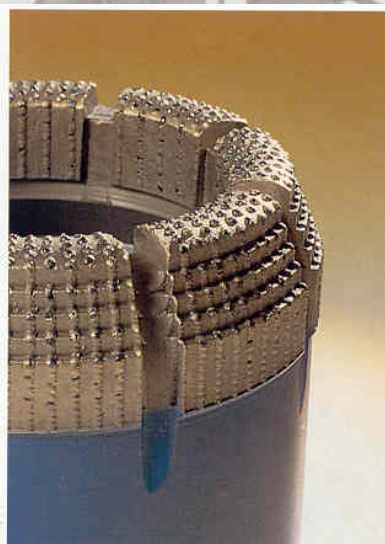
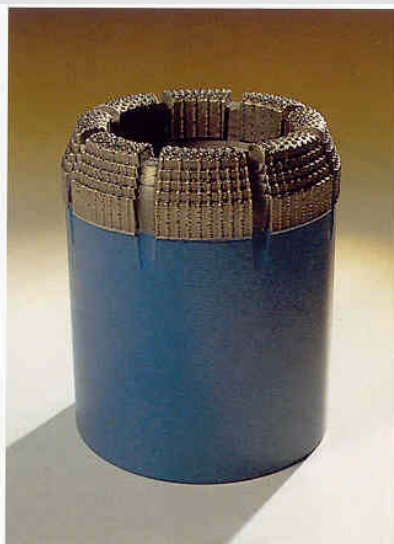
S.P.C.	TYPE OF FORMATION
8-10	Very soft.
10-15	Soft to medium.
20-25	Soft, medium-hard to hard.
30-40	Hard.
40-60	Very hard.
60-80	Very hard, fine grain.

BITS PROFILES

There are different types of profiles for diamond bits to obtain the higher drilling rates together with longer life of the bit.

BIT PROFILE

BIT PROFILE		FORMATIONS
Half round		Standard, high drilling rate. All formations, hard and broken.
Full round		For thick wall bits. Hard and abrasives formations.
Step		Good drilling rate, standard for Wire Line bits. Fragile on broken formations.
Pilot		High stability, drilling rate and core recovering. Soft to medium hard formations.
Tapered pilot		Very strong and stable. For very broken formations.
Front flushing		Thick wall bits. Very stable. Soft formations. Maximum core recovery.



LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

LES COURONNES A CONCRETIONS ou IMPREGNEES

t

IMPREGNATED DIAMOND BITS

TECSO



CHOICE OF BIT PROFILE

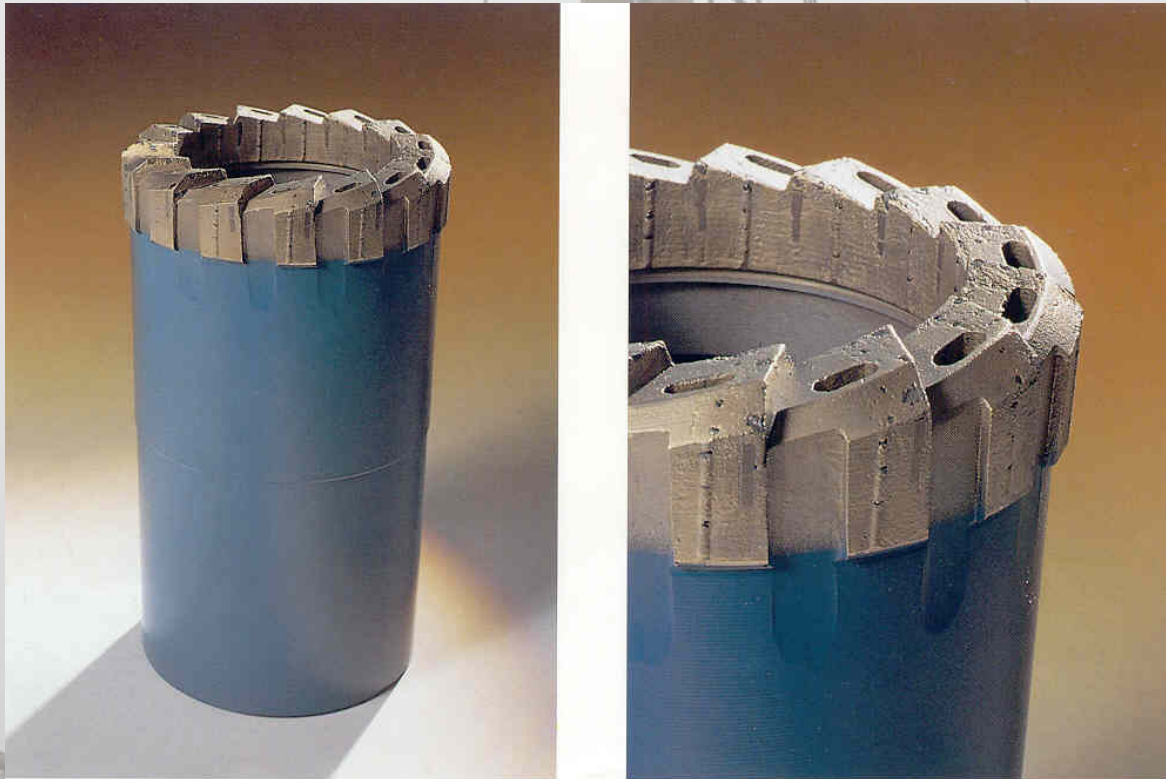
BIT PROFILE		FORMATION TO DRILL
FLAT		Hard. Broken formations, narrow profile. (B-T2).
W		Hard. Homogeneous formations, wide profile. (T6-DCDMA-Wire-Line).

MATRIX TYPE AND ROCKS CHARACTERISTICS

DENOMINATION	APPLICATIONS
M-1	Extremely hard. Non abrasives, homogeneous and coarse formations. Fine grain.
M-2	Hard. Non abrasives, homogeneous and coarse formations. Fine grain.
M-3	Hard. Non abrasives, homogeneous and coarse formations. Medium grain.
M-4	Hard. Medium abrasivity, lightly fractured formations. Medium grain.
M-5	Medium hard. Abrasives and broken formations.
M-6	Medium hard. Very abrasives and broken formations.
M-7	Medium hard. Extremely abrasives and very broken formations.

LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

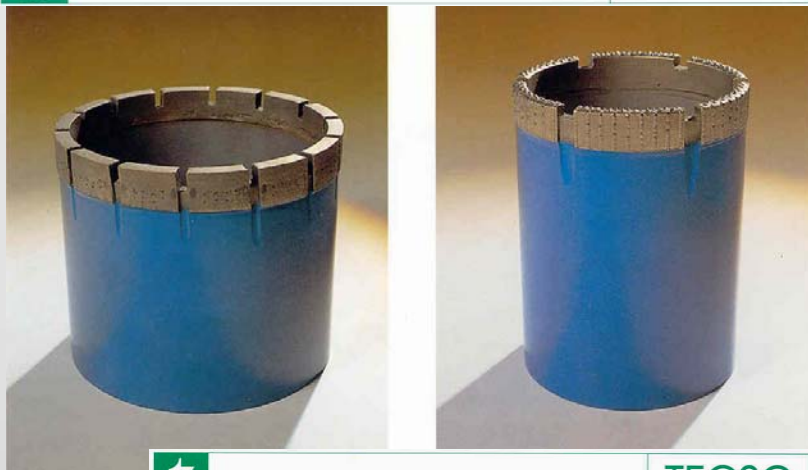
t GEOTECHNICAL SAWTOOTH DIAMOND BITS - DITEC **TECSO**



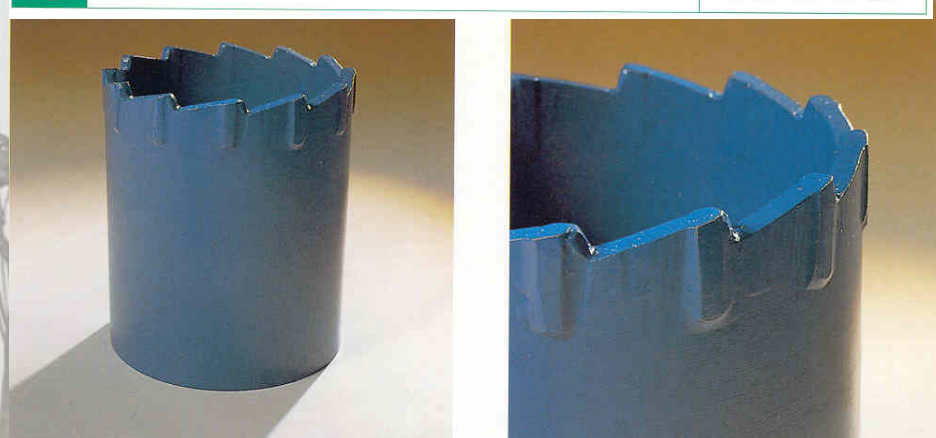
LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

LES MANCHONS ALESEURS- SABOTS DE TUBAGE

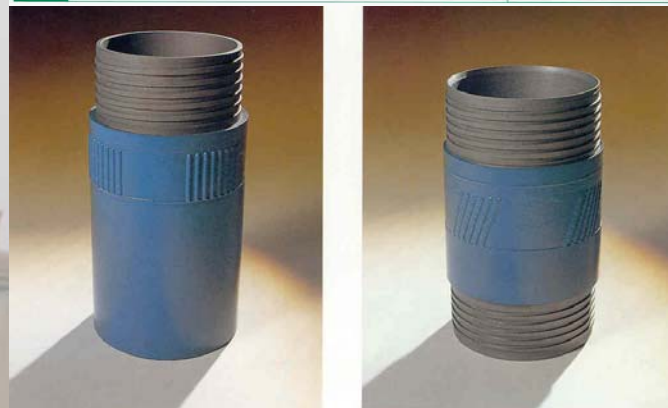
t DIAMOND CASING SHOES **TECSO**



t T.C. CASING SHOES AND REAMING SHELLS **TECSO**



t DIAMOND REAMING SHELLS **TECSO**



Les forages de reconnaissance
10 février 2009

LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

3. LES DIAMETRES – DIAMETERS



Core bits for wire line drilling, American sizes (standard kerf)

Size	Type	Hole diameter		Core diameter		Hole area		Core area		Cutting area in % of hole area
		mm	in	mm	in	cm ²	in ²	cm ²	in ²	
A	AQ ADBG	48.0	1.89	26.9	1.06	18.1	2.81	5.7	0.88	68.5
B	DIABOR [®] BK/BQ BDBG	60.0	2.36	36.3	1.43	28.3	4.39	10.3	1.60	63.6
N	DIABOR [®] NK/NQ NDBG	75.6	2.98	47.6	1.88	45.0	6.98	17.8	2.76	60.4
H	DIABOR [®] HK/HQ HDBG	96.1	3.78	63.5	2.50	72.8	11.29	31.7	4.91	56.5
P	PQ PDBG	122.7	4.83	85.0	3.34	117.2	18.24	56.7	8.76	51.6
S	SDBG	145.9	5.75	108.2	4.26	166.0	25.69	91.9	14.26	44.6

Core bits for thin kerf wire line drilling

Size	Type	Hole diameter		Core diameter		Hole area		Core area		Cutting area in % of hole area
		mm	in	mm	in	cm ²	in ²	cm ²	in ²	
46	DIABOR [®] 46GM	46.3	1.82	29.0	1.14	16.9	2.61	6.6	1.00	61.0
		46.3	1.82	30.3	1.19	16.8	2.61	7.3	1.13	56.6
A	AGM	48.0	1.87	30.3	1.19	17.8	2.61	7.3	1.13	59.0
B	BGM	60.0	2.35	42.0	1.65	27.9	4.36	13.9	2.17	50.2
N	NGM	75.6	2.97	56.1	2.21	44.6	6.97	24.8	3.86	44.4

Core bits for wire line drilling, American sizes (standard kerf)

Size	Type	Hole diameter		Core diameter		Hole area		Core area		Cutting area in % of hole area
		mm	in	mm	in	cm ²	in ²	cm ²	in ²	
A	AQ ADBG	48.0	1.89	26.9	1.06	18.1	2.81	5.7	0.88	68.5
B	DIABOR [®] BK/BQ BDBG	60.0	2.36	36.3	1.43	28.3	4.39	10.3	1.60	63.6
N	DIABOR [®] NK/NQ NDBG	75.6	2.98	47.6	1.88	45.0	6.98	17.8	2.76	60.4
H	DIABOR [®] HK/HQ HDBG	96.1	3.78	63.5	2.50	72.8	11.29	31.7	4.91	56.5
P	PQ PDBG	122.7	4.83	85.0	3.34	117.2	18.24	56.7	8.76	51.6
S	SDBG	145.9	5.75	108.2	4.26	166.0	25.69	91.9	14.26	44.6

Core bits for geotechnical core barrels

Size	Type	Hole diameter		Core diameter		Hole area		Core area		Cutting area in % of hole area
		mm	in	mm	in	cm ²	in ²	cm ²	in ²	
P	GEOBOR	122.7 (126.0)*	4.83	83.0	3.32	117.2	18.24	54.1	8.67	53.8
S	GEOBOR	146.0 (150.0)**	5.75	102.0	4.02	167.3	26.03	81.7	12.70	51.2

* Hole diameter 126.0 with pilot bit

** Hole diameter 150.0 with pilot bit

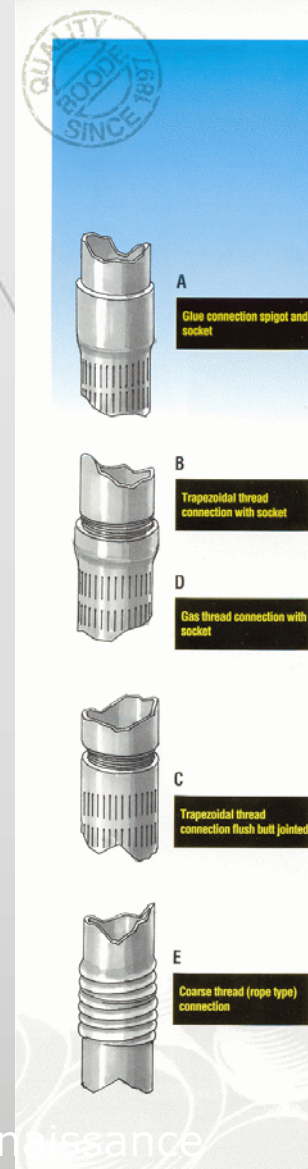
Size	Type	Hole Ø mm	in	Core Ø mm	in	Hole area cm ²	in ²	Core area cm ²	in ²	Cutting area in % of hole area
Core bits for conventional drilling - Metric sizes										
36	T	36.3	1.43	21.7	0.85	10.4	1.61	3.7	0.57	64.4
46	TT	46.3	1.82	35.3	1.39	16.8	2.60	9.8	1.52	41.7
	T2			31.7	1.25			7.9	1.22	53.0
	TB			31.7	1.25			7.9	1.22	53.0
	B			31.7	1.25			7.9	1.22	53.0
56	TT	56.3	2.22	45.2	1.78	24.9	3.86	16.0	2.48	35.7
	T2			41.7	1.64			13.7	2.12	45.0
	TB			41.7	1.64			13.7	2.12	45.0
	B			41.7	1.64			13.7	2.12	45.0
60	TB	60.3	2.37	44.8	1.76	28.6	4.43	15.8	2.45	44.7
66	T2	66.3	2.61	51.7	2.04	34.5	5.35	21.0	3.26	39.1
	B			51.7	2.04			21.0	3.26	39.1
76	T2	76.3	3.00	61.7	2.43	45.7	7.09	29.9	4.64	34.6
	T6			57.0	2.24			25.5	3.95	44.2
	T6S*			47.7	1.88			17.9	2.78	60.8
	B			61.7	2.43			29.9	4.64	34.6
86	T2	86.3	3.40	71.7	2.82	58.5	9.07	40.4	6.26	30.9
	T6			67.0	2.64			35.3	5.47	39.7
	T6S*			57.7	2.27			26.1	4.05	55.4
	B			71.7	2.82			40.4	6.26	30.9
101	T2	101.3	3.99	83.7	3.30	80.6	12.50	55.0	8.53	31.8
	T6			79.0	3.11			49.0	7.60	39.2
	T6S*			71.7	2.82			40.4	6.26	49.9
	B			86.7	3.41			59.0	9.15	26.8
116	T6	116.3	4.58	93.0	3.66	106.2	16.47	67.9	10.53	36.1
	T6S*			85.7	3.37			57.7	8.95	45.7
	B			101.7	4.00			81.2	12.59	23.5
131	T6	131.3	5.17	108.0	4.25	135.4	20.99	91.6	14.20	32.3
	T6S*			100.7	3.96			79.6	12.34	41.2
	B			116.7	4.59			107.0	16.59	21.0
146	T6	146.3	5.76	123.0	4.84	168.1	26.06	118.8	18.42	29.3
	T6S*			115.7	4.56			105.1	16.29	37.5
	B			131.7	5.19			136.2	21.12	19.0

EN FORAGE, QUAND ON PARLE DE DIAMETRE, CHAQUE MILLIMETRE COMPTE



**TOUJOURS PRECISER SI L'ON PARLE
DE DIAMETRE EXTERIEUR
ou DE DIAMETRE INTERIEUR
ou DU PLUS GRAND DIAMETRE**

**TOUJOURS VERIFIER SI TEL OUTIL
(ou tige, tube PVC, sonde, pompe, ...)
RENTRE BIEN DANS TEL TROU (ou casing,
tube, ...)**



LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

4. LES MACHINES DE CAROTTAGE – CORE DRILLING RIGS

Quelques caractéristiques spécifiques:

- tête de rotation creuse et mobile sur la tige (laisse passer la tige de forage) <-> **top drive**
- 2 points de guidage de la tige de forage: la tête de forage et le frein (clamps)
-> **rotation bien concentrique**
- **tpm élevés (Vitesse linéaire couronnes diamantées: 3 m/sec)**
BQ: 1150 tpm
NQ – N thin kerf: 900 tpm
HQ: 700 tpm
PQ: 400 tpm
SQ: 300 tpm
- un mât inclinable (vertical, horizontal, incliné, montant, descendant)

Some specific features:

- hollow rotary head, mobile on the rod(drilling rod passing through)
-> **top drive**
- 2 guiding points of the rods: the drilling head and the holder rod/break-out clamps)
-> **accurate concentric rotation**
- **high rpm (Linear speed for diamond corebit: 3 m/sec)**
BQ: 1150 rpm
NQ – N thin kerf: 900 rpm
HQ: 700 rpm
PQ: 400 rpm
SQ: 300 rpm
- sloping mast (vertical, horizontal, inclined, up, down)

LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

4. LES MACHINES DE CAROTTAGE – CORE DRILLING RIGS



naissance



LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

5. QUALITE – RECUPERATION – RENDEMENT QUALITY – CORE RECOVERY - EFFICIENCY

Le but d'une campagne de sondages carottés est de fournir des carottes de **grande qualité** avec le meilleur **taux de récupération** possible.

Le foreur essaye en outre d'avoir les meilleurs **rendements** possibles.

The aim of a core drilling program is to provide cores of **high quality**, with the best **core recovery rate**.

The driller tries to work with the best **efficiency**.

NEVER FORGET THAT THE DRILLING COMPANY IS PAYED BY METER (risk: m/day estimation)

LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

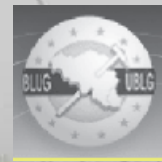
5. QUALITE – RECUPERATION – RENDEMENT QUALITY – CORE RECOVERY - EFFICIENCY



verkenningss boringen
10 february 2009

Les forages de reconnaissance
10 février 2009





LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING

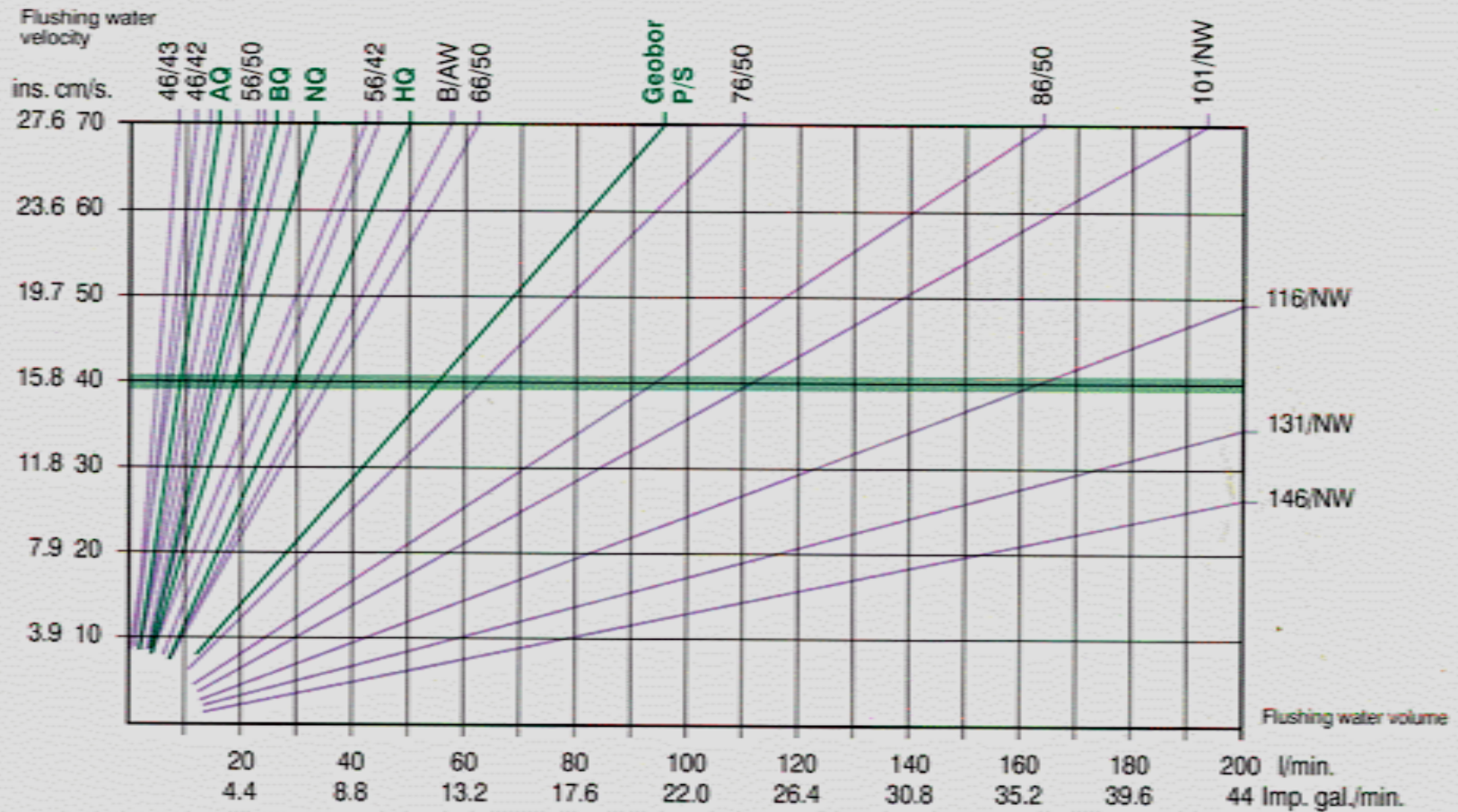
5. QUALITE – RECUPERATION – RENDEMENT QUALITY – CORE RECOVERY - EFFICIENCY

Comment apporter des améliorations ? How to effect improvements ?

- 1^{er} choix: machine (tpm), carottier, couronne
- fluide d'injection (eau, additifs, pH, ...)
- débit du fluide d'injection
(vitesse optimale de remontée des cuttings dans l'espace annulaire : **40 cm/sec**)
- Ex. PQ -> débit recommandé: 3,3 m³/h
HQ -> débit recommandé: 1,8 m³/h
NQ -> débit recommandé: 1,2 m³/h
- longueur des passes de carottes

- 1st choices: rig (rpm), corebarrel, corebit
- drilling fluid (water, additives, pH, ...)
- drilling fluid flow
(optimal speed in annular space: **40 cm/sec**)
- Ex. PQ -> débit recommandé: 3,3 m³/h
HQ -> débit recommandé: 1,8 m³/h
NQ -> débit recommandé: 1,2 m³/h
- core length by run

WATER VELOCITIES AND WATER QUANTITIES FOR VARIOUS HOLE DIAMETERS/ROD DIAMETERS



Factory and Offices: Polígono Industrial "CYSA" • Apdo. de Correos 119 • Tel.: (91) 870 15 47/48 • International: (341) 870 15 47 • Fax: 871 41 69 • 28500 Arganda del Rey (Madrid) • ESPAÑA

LES SONDAGES CAROTTÉS CORE DRILLING



Verkenningss boringen
10 february 2009

Les forages de reconnaissance
10 février 2009

Essais en forage Reconnaissance géotechnique ou Géophysique

- Pressiomètres : NF P94-110-1 et 2 + EN ISO 22476-4 procédure B
- Dilatomètres : XP P94-443-1
- Phicomètre : XP P94-120
- Diagraphies instantanées: absence de norme
- Diagraphies différées : cfr. Plus loin (S. LAURENT)
- SPT (essai de pénétration au carottier) : NF P94-116

Essais en forage

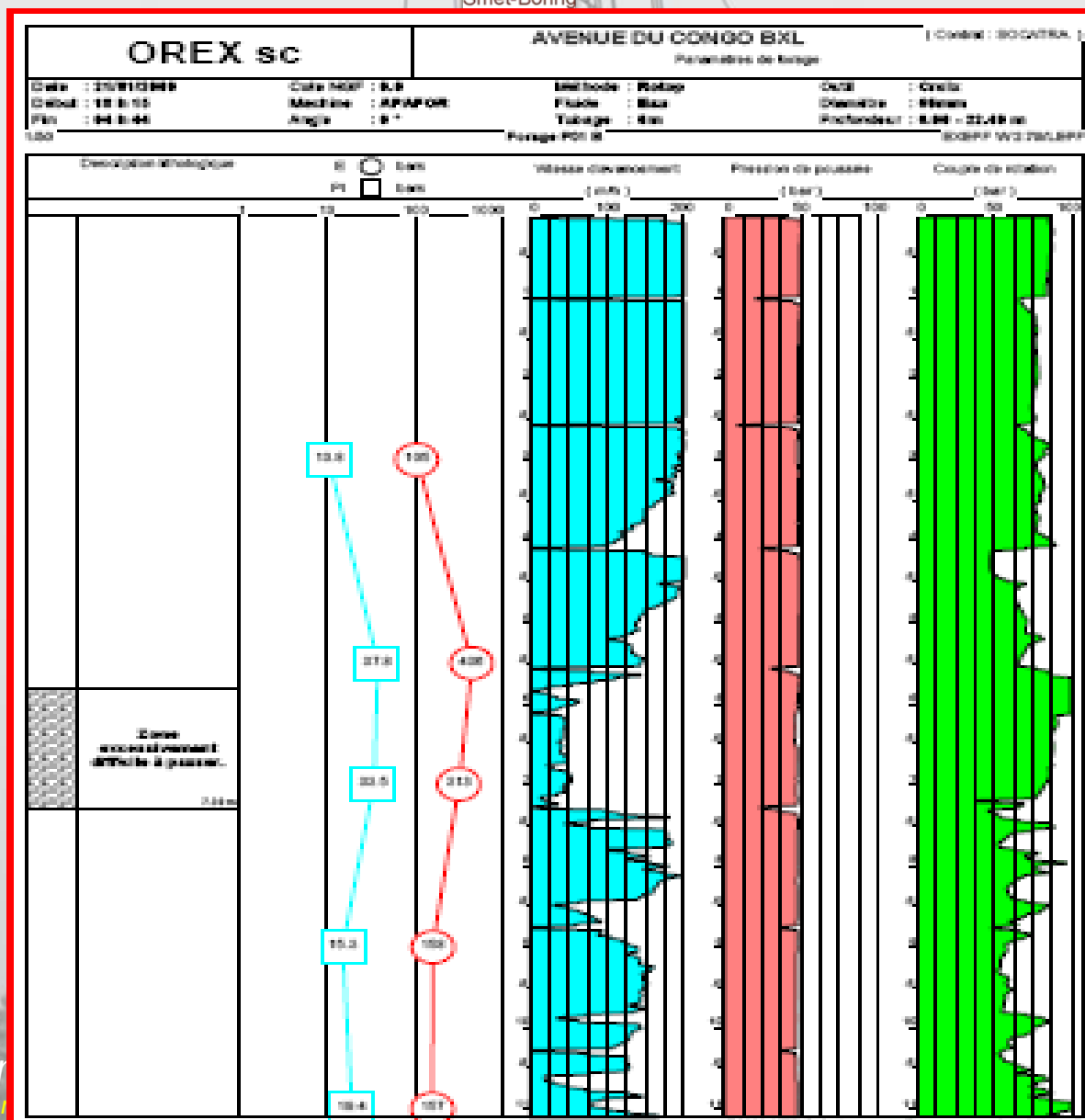
L'enregistrement des paramètres de forage en fonction de la profondeur ou diagraphie instantanée permet de compléter les informations sur les variations de nature des sols traversés par le forage.

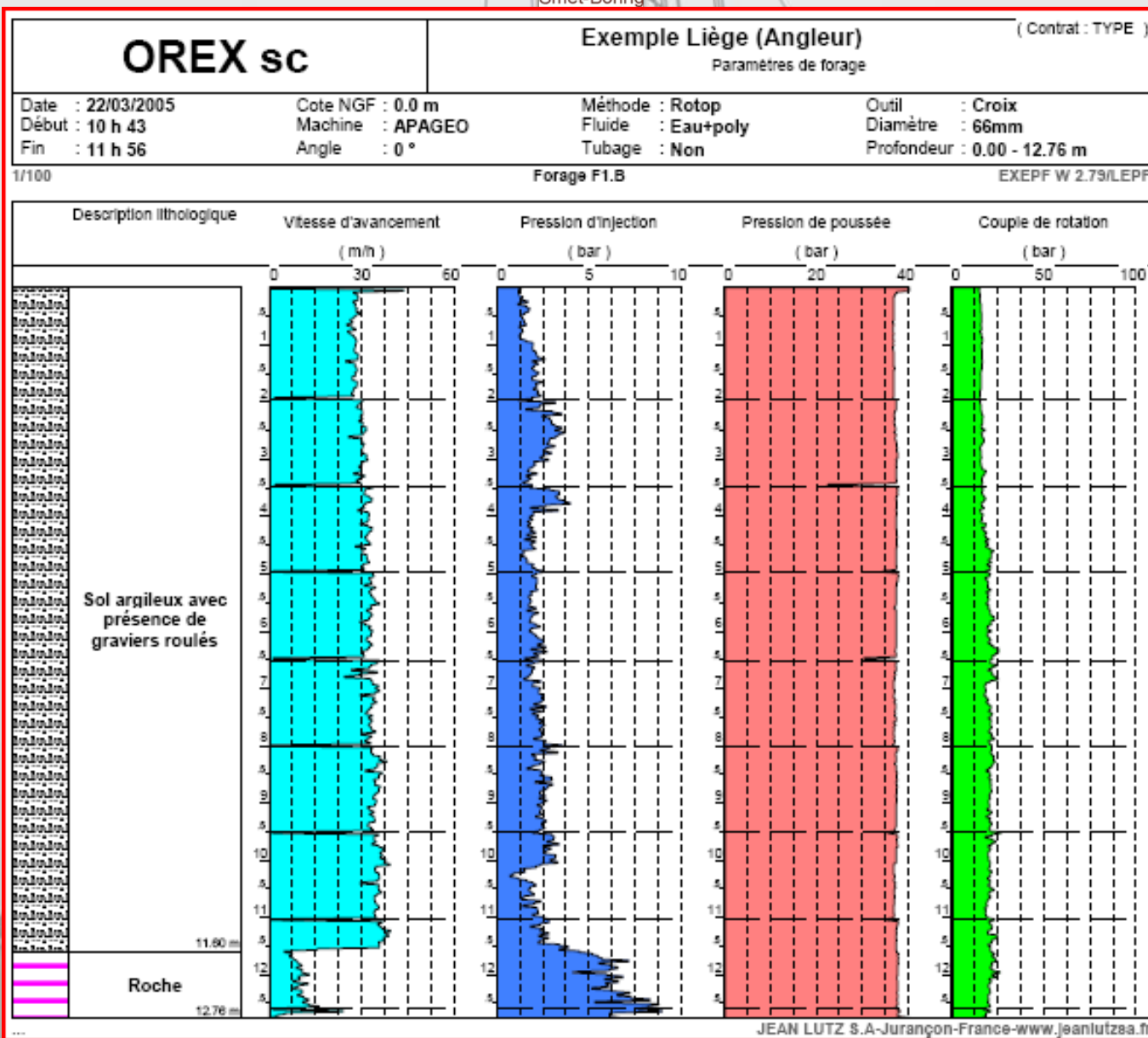
Nombre de paramètres à enregistrer : minimum 3

- V.A. (m/h) : vitesse d'avancement instantanée
 - P.O. (bars) : pression sur outil
 - C.R. (bars) : couple de rotation
- P.I. (bars) : pression d'injection du fluide de forage
 - Vibralog ou percussion réfléchie : m/s^2

Diagraphie instantanée dans quels cas ?

- forages destinés aux essais in-situ : pressiomètres,





Essais en forage

Diagraphies instantanées dans quels cas ?

- forages destinés aux essais in-situ : pressiomètres, dilatomètres, etc.
- recherches des cavités naturelles ou artificielles
- corrélations avec d'autres types d'investigations (sondages carottés, profils pressiométriques, CPT, etc.)
- contrôle de la qualité de travaux d'injection

Essais en forage

Essai au pressiomètre Ménard

- L'essai consiste à descendre, à une profondeur donnée, une sonde gonflable dans un forage soigneusement calibré.
- Les variations de volume du sol au contact de la sonde sont mesurés en fonction de la pression radiale appliquée
- C'est le seul essai *in situ* fournissant à la fois un *critère de rupture* et un *critère de déformabilité*
- Essai praticable dans tous les types de sols et de roches

Tableau C.1 — Méthodes de réalisation des forages pressiométriques

Nature des terrains	Forage préalable								Refolement TF BAT/VBF
	Rotation *					Battage et autres			
	T.S.	T.J.N. ^o	THC	O. DG. IN	CAR.	ROTOP.	CAR. BAT.	CAR. VBF	
Vase et argile molles	—	R	—	O ^o	—	—	O _{poing}	—	—
Argiles moyennement compactes	R	R	R	R ^o	—	O ^o	—	—	—
Argiles compactes marnes raides	/	/	R	R	R ^o	O ^o	—	—	—
Limons									
— au-dessus de la nappe	R	O	R	O ^o	—	O ^o	O	O	—
— sous la nappe	—	R	—	O ^o	O ^o	O ^o	—	—	—
Sables lâches									
— au-dessus de la nappe	R	R	O	O ^o	—	O ^o	—	—	—
— sous la nappe	—	R	—	O ^o	—	O ^o	—	—	O
Sables moyennement compacts et compacts	R	R	R	R ^o	—	R ^o	O	O	O ⁺
Sols grossiers : graviers, galets ; argiles à silex, etc.	/	/	O	O ^o	/	R ^o	O	O	O ⁺
Roches									
— altérées	/	/	R	R	O	R ^o	O	O	O ⁺
— saines	/	/	/	R	R	R	/	/	/

Légende :

R	Recommandé	T.S.	Tarière à sec	T.JN.°	Tarière avec injection de boue de forage
O	Toléré	THC	Tarière hélicoïdale continue à sec	CAR.	Carottier
—	Non toléré	O. DG.	Outil désagréateur	IN	Avec injection de boue
	Inadapté	ROTOP.	Rotopercussion	poing	Carottier à parois minces foncé
		BAT.	Battage	VBF	Vibrofonçage
		TF	Tube fendu		

* Vitesse de rotation < 60 tr/min

+ Éventuellement forage préalable en petit diamètre ($d_t < d_p$)

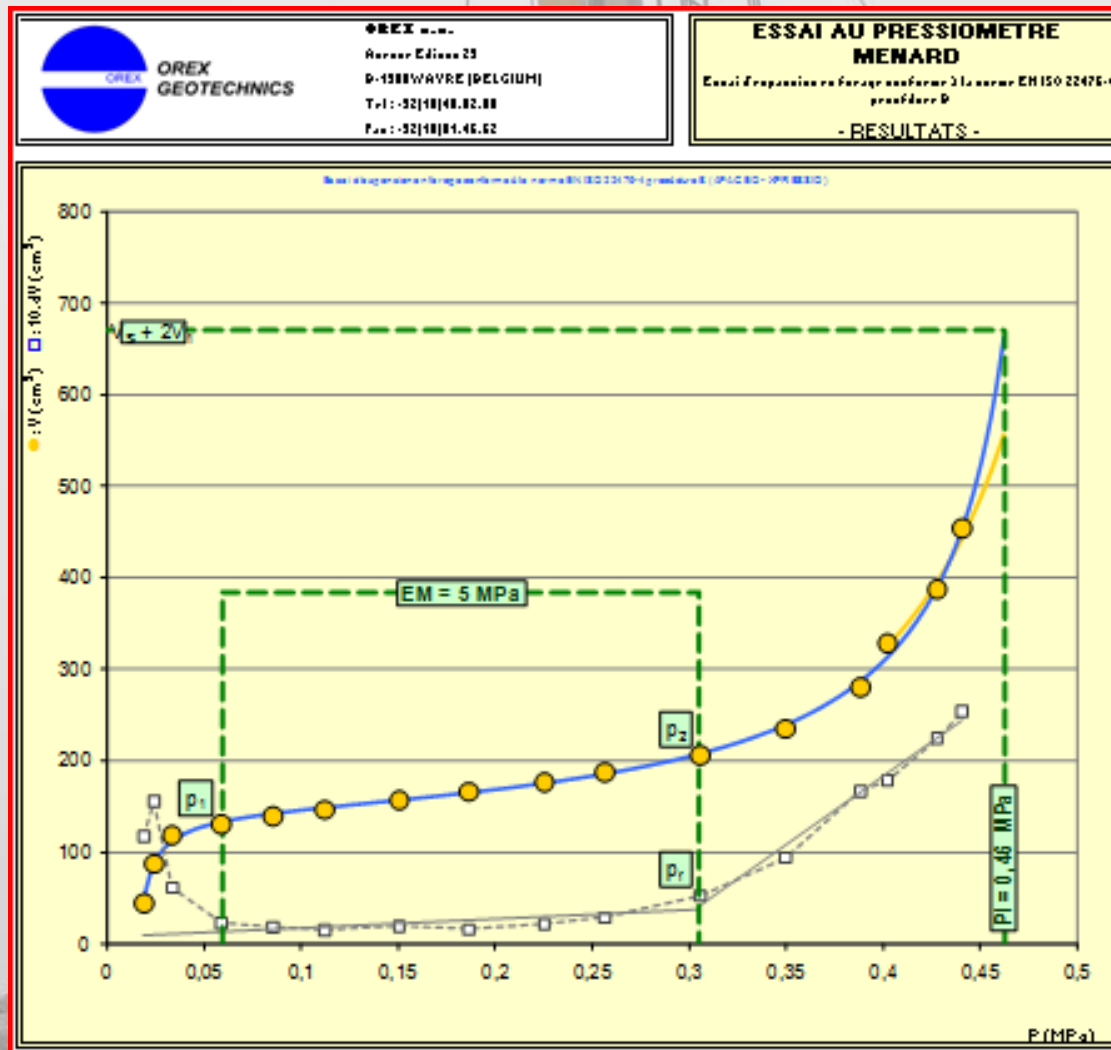
○ [Injection avec boue (pression < 500 kPa — débit < 15 l/min)
Si rotation = pression sur l'outil < 200 kPa

Essais en forage

Essai au pressiomètre Ménard



Essais en forage



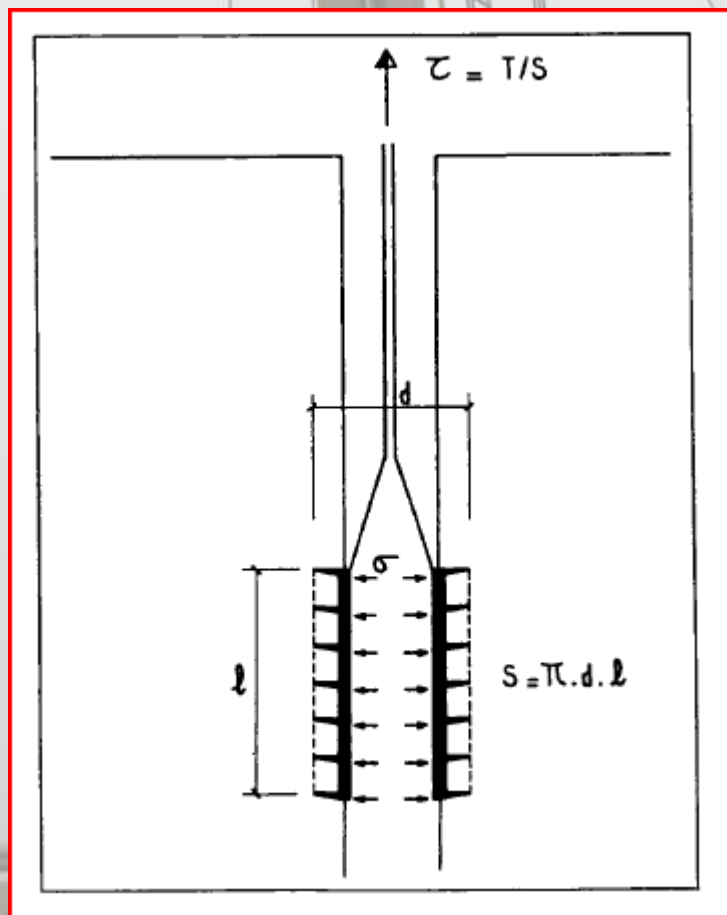
Essais en forage

Essai au Phicomètre

- Les difficultés, voire l'impossibilité de prélever des E.N.R. dans certains sols, ont conduits à la mise au point d'un essai *in situ* pour déterminer les paramètres de cisaillement.
- Détermination de C_i et de ϕ_i
- Essai réalisé en place dans un forage préalable identique au forage pressiométrique
- Applicable à tous type de sols à l'exception des vases et argiles molles et autres sols lâches, des roches et sols raides et des sols grossiers

Essais en forage

Essai au Phicomètre



Essais en forage

S.P.T. ou essai de pénétration au carottier

- très peu utilisé
- limité aux sols fins et aux sols grenus dont les dimensions n'excèdent pas 20mm.
- consiste à battre dans le sol, au fond d'un forage, un carottier de caractéristiques et dimensions définies
 - longueur utile : ≥ 450 mm
 - $\varnothing_{\text{int}}$: 35 mm
 - $\varnothing_{\text{ext}}$: 51 mm
 - Masse du mouton : 64 kg
 - Hauteur de chute : 75 cm
- Après avoir réalisé le forage (maintenu par une boue ou un tubage), le carottier est battu et on compte le nombre de coups pour un enfoncement de 15cm.

CHOIX DE LA METHODE DE FORAGE

D'ABORD SE POSER LES BONNES QUESTIONS ...

OBJECTIFS DU FORAGE (échantillonnage, essais in-situ, équipements, ...) ?

GEOLOGIE: TERRAINS MEUBLES – ROCHES - EPAISSEURS ?

DIFFICULTES ATTENDUES : KARSTS – FAILLE - CHERTS ou SILEX - ...?

PRESENCE DE NAPPE(S) AQUIFERE(S) ? A QUELLE(S) PROFONDEUR(S) ?

FORAGE DESTRUCTIF - SONDAGE CAROTTÉ ?

FORAGE ROTARY - PERCUSSION - BATTAGE - JETTING - ...?

FORAGE A SEC OU AVEC INJECTION DE FLUIDE (EAU, BOUE, AIR) ?

QUELS DIAMETRES ? QUELLE PROFONDEUR ?

... Y REPONDRE

**et ALORS SEULEMENT, ETABLIR LE PROGRAMME
et L'ARCHITECTURE DU FORAGE**

LE PROGRAMME DE FORAGE

L'ARCHITECTURE DU FORAGE

LE CAHIER TECHNIQUE DES CHARGES (VARIANTES)

LE BORDEREAU DES PRIX UNITAIRES

LES QUANTITES ET LE BUDGET GLOBAL ESTIMATIF

LA DEMANDE DE PRIX

**(public-privé / appels d'offres publics-restreints,
adjudications)**

LA COMPARAISON DES OFFRES

**(conformité, prix, moyens techniques, expérience –
références, éclaircissements à demander, ...)**



CONCLUSIONS

- 1) Le CSC doit être clair, précis et informer au mieux les soumissionnaires
- 2) Si le CSC ne peut pas prévoir tous les risques, les entreprises de forage ne peuvent pas tout assumer
- 3) Ne pas vouloir tout faire dans un seul forage : incompatibilité d'équipements, d'essais, etc.
- 4) Chacun à sa place, sur le chantier, le maître foreur est responsable de son outillage. Lui seul est habilité à prendre des risques.
- 5) Le but à atteindre doit être le même, le dialogue est de mise



CONCLUSIONS

AU FINAL, NOUS SOMMES A VOTRE SERVICE.

MERCI

