

Il s'agit du mode de forage le plus rapide qui consiste à désagréger le sol à l'aide d'un outil adapté et à remonter vers la surface les débris appelés cuttings à l'aide d'un fluide (air, eau, boue).

1. Forage destructif en rotation

Un outil appelé trilame ou tricône est mis en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges.

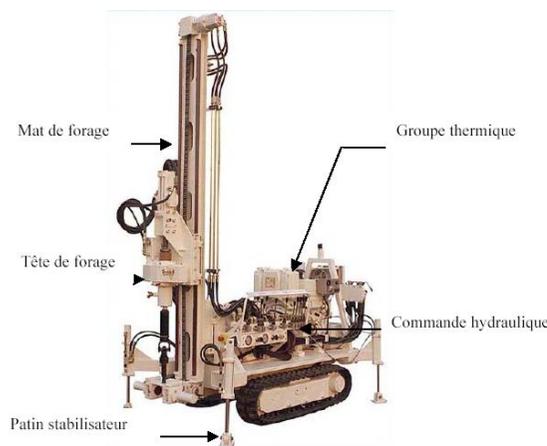
L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion du terrain, sans choc, uniquement par rotation et poussée. Celle-ci est fournie par la puissance de la machine mais aussi par le poids des tiges au dessus de l'outil.



La circulation d'un liquide, la boue de forage, permet de remonter à la surface.

La boue de forage est injectée à l'intérieur des tiges, res au niveau de l'outil et remonte à la surface par l'espace annulaire entre le train de tiges et les parois du trou foré.

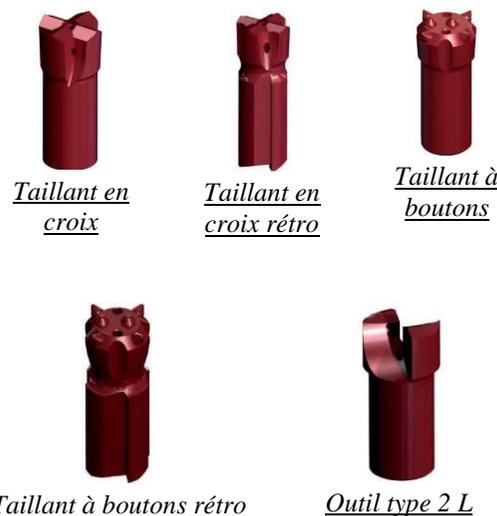
2. Forage destructif par roto-percussion hors trou



La sondeuse rotative est équipée d'un marteau hydraulique sur glissière assurant la frappe en tête. La vitesse de rotation peut être réglée indépendamment de la frappe. L'énergie est transmise jusqu'au taillant par le train de tiges.



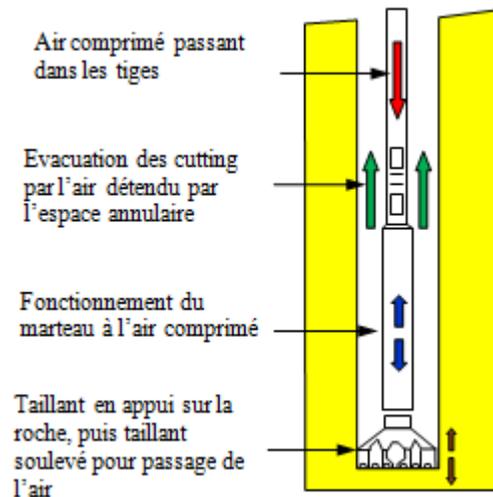
Les tiges de forage sont de type R32 ou R38 avec les longueurs les plus communes : 0,60 m – 0,91 m – 1,22 m -1,52 m - 1,83 m – 2,43 m – 3,05 m.



3. Forage destructif par roto-percussion fond de trou

La frappe s'effectue au niveau de l'outil, le train de tiges n'assurant plus que le mouvement de rotation. Ceci permet de s'affranchir de la perte d'énergie le long du train de tiges

Le fluide est exclusivement l'air avec éventuellement une addition de produits moussants. L'air comprimé à haute pression, actionne un mécanisme de frappe qui se situe juste derrière l'outil et permet également d'évacuer les débris de forage par l'espace annulaire. La technique du marteaux fond de trou (MFT) permet de traverser des terrains durs comme le rocher (granites) ou sédimentaires consolidés (grès, calcaires).



On distingue 2 phases, la percussion et le soufflage. Ce mode de foration est peu utilisé en géotechnique.

1. Evacuation des débris de forage

Le produit de désagrégation des sols (cuttings) remonte à la surface à l'aide d'un fluide qui, dans les forages géotechniques, est injecté à l'intérieur du train de tiges et remonte, chargé de sédiments, dans l'espace annulaire extérieur. Plusieurs fluides peuvent être utilisés :

- l'air comprimé,
- l'eau claire.
- la boue de forage.

1.1 L'air comprimé

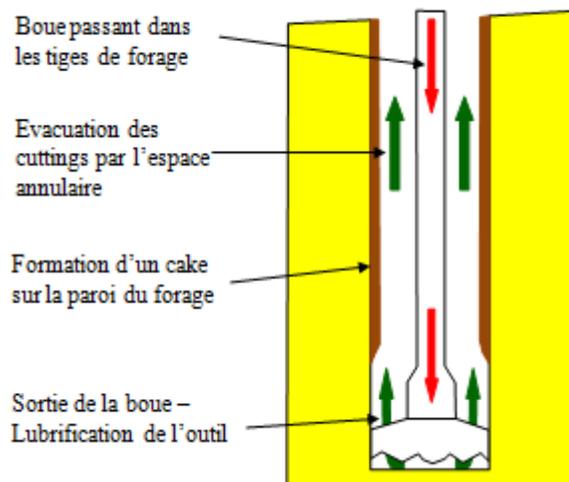
Peut être utilisé en technique hors trou ou fond de trou. Il existe des limites à la technique :

- l'espace annulaire du train de tiges doit rester modéré,
- la présence de matériaux argileux peut entraîner des bourrages,
- la technique peut ne pas être applicable dans certains cas en présence de venue d'eau.

1.2 L'eau claire

L'eau permet de refroidir et nettoyer les outils. Les terrains trop perméables ou fissurés ne permettent pas une bonne remontée des cuttings,

1.3 La boue de forage



Les fonctions de la boue sont les suivantes :

- consolider les parois du forage, par le dépôt du « cake » sur la formation,
- remonter au jour les sédiments broyés « cuttings » par l'outil
- maintenir les cuttings en suspension s'il se produit un arrêt de circulation de la boue,
- lubrifier et refroidir l'outil de forage ou de carottage,
- équilibrer dans le sondage les pressions hydrostatiques des niveaux aquifères rencontrés

Le choix du type de boue et sa bonne préparation constituent des éléments déterminant pour la qualité du forage. La bentonite et les boues polymères sont les plus utilisées.

Son utilisation est :

- inadaptée aux terrains trop perméables
- interdit pour des essais de perméabilité ou pose de piézomètre.

2. Tenue des parois de forage

La tenue des parois du forage peut être limitée à la durée de la foration, mais aussi être étendu au temps nécessaire pour réaliser des essais in situ ou poser une instrumentation.

Deux procédés permettent le maintien des parois : **la boue de forage** et le **tubage**.

Dans la solution du **tubage** il s'agit de protéger le trou par une colonne de tubes lisses raccordée par filetage voire par soudure.

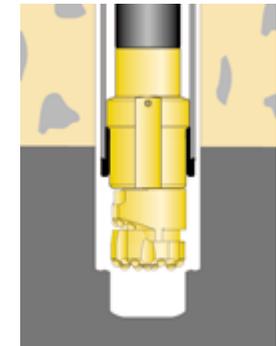
La mise en place de ce tubage peut s'effectuer selon plusieurs méthodes :

- **le tubage préalable à l'avancement** : Le tube est enfoncé directement dans le sol par battage, pression ou rotation, puis vidé à l'aide d'un outil. Cette technique ne peut être réalisée que sur des terrains relativement meubles et sur les profondeurs modérées,
- **Le tubage de revêtement posé après forage**. Le forage est équipé a posteriori d'un tubage de diamètre inférieur à l'outil, ce qui suppose que la stabilité des parois soit à court terme suffisante. Il est donc nécessaire de procéder par passes de faibles longueurs.

- **le forage et tubage simultanés** : Dans le principe « ODEX », le marteau équipé d'un taillant excentrique et le tubage sont descendus simultanément pour atteindre le terrain dur. Pendant la phase de forage, le taillant excentré s'ouvre et fore un trou d'un diamètre supérieur au tubage



Après avoir atteint la profondeur voulue, le sens de rotation est inversé. Le taillant excentré est fermé.



Le marteau et le taillant sont extraits, le tubage restant dans le trou. Le tubage reste en place et le forage peut reprendre à travers le tubage avec un taillant standard.

Il existe différentes normes de tiges et de tubages :

- norme API : American Petroleum Institute
- norme DCMA : Diamond Core Drill Manufacturers Association
- norme métrique.

1. Définition

Le sondage destructif consiste à désagréger le sol par un outil adapté et à le remonter vers la surface sous la forme de copeaux appelés « cuttings », à l'aide d'un fluide de forage généralement injecté par le train de tige (eau, air, boue).

On distingue trois grandes techniques :

- rotation simple
- roto percussion
- battage

2. Domaines d'utilisation

- Reconnaissance géologique rapide
- Forage préalable pour des essais géotechniques
- Recherche de cavités
- Contrôle d'injection
- Appréciation qualitative des caractéristiques mécaniques

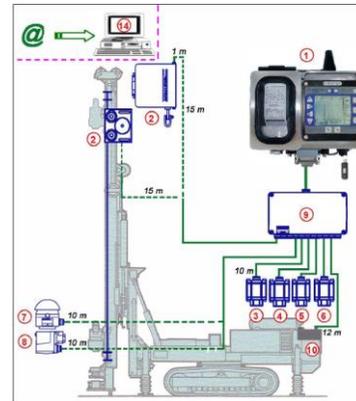
3. Les enregistrements des paramètres de forage

Les coupes des sols en forage destructif peuvent être assez imprécises. Par ailleurs, dans les terrains très perméables ou fracturés on peut observer des pertes totales du fluide d'injection, ce qui ne permet pas de remonter les cuttings.

La technique de l'enregistrement des paramètres de forage permet de mesurer et d'enregistrer, pendant le forage, des grandeurs physiques, dont les variations sont en corrélation avec les propriétés géo-mécaniques des terrains traversés.

Remarque importante : Les diagraphies de forage ne caractérisent pas directement un sol, mais traduisent les réactions de la machine en cours de foration, à la traversée des sols successifs.

Les diagraphies ne constituent donc pas une représentation intrinsèque du sol. Elles dépendent en partie du matériel (machine, fluide, taillant, ...) et de l'opérateur.

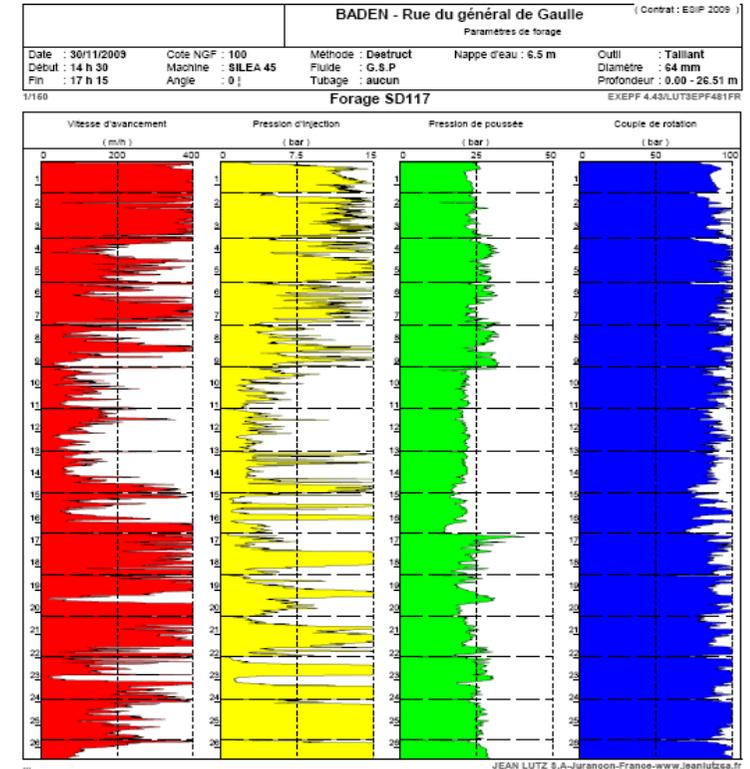


Les grandeurs physiques, appelées paramètres de forage, les plus caractéristiques sont les suivantes :

- profondeur
- heure et temps
- vitesse d'avancement instantanée (m/h) Ces vitesses sont généralement inversement proportionnelles à la résistance mécanique des sols traversés, élevées dans les horizons mous à lâches et faibles dans les formations compactes,
- pression d'injection du fluide de forage (bars) qui est généralement élevée dans les terrains peu perméables (argile, limon, roche non fracturées) et qui chute dans les formations plus perméables à fracturées,
- pression de poussée appliquée sur l'outil de forage (bars) et pression de rotation (couple) moteur (bars). Ces deux derniers paramètres sont maintenus quasi-constants dans la mesure du possible au cours des opérations de forage,

A cela peuvent s'ajouter : couple, vitesse de rotation, percussion réfléchie, inclinaisons.

Tous ces paramètres sont enregistrés et peuvent être édités sur P.C. ou en temps réel dans le cas d'une instrumentation avec enregistrement graphique



4. Spécificité du forage pour essai pressiométrique

- diamètre de l'outil inférieur ou égal 1,15 diamètre de la sonde
- en rotation : vitesse < 60 tr/min, pression en tête du train de tiges transmise sur l'outil < 200 kPa.
- injection avec boue (pression < 500 kPa ; débit < 15 l/min).

Dans la mesure où l'on souhaite privilégier le calibrage du forage et limiter au maximum la détérioration du sol afin de conduire par la suite des essais pressiométriques représentatifs, les conditions de forage dans un même sondage pourront être amenées à être adaptées en fonctions des successions de nature et de compacité des sols rencontrés. Ceci pourra alors conduire à des difficultés d'interprétation des diagraphies. Un doublement du sondage par un forage destructif exécuté avec un paramétrage constant est alors conseillé pour assurer les comparaisons entre forages destructifs.

Le terme semi-destructif est utilisé lorsque la nature des sols prélevés est identifiable sans équivoque, mais que leur remaniement est tel que seuls des essais d'identification sont envisageables. Ces sondages ne sont applicables qu'aux sols meubles.

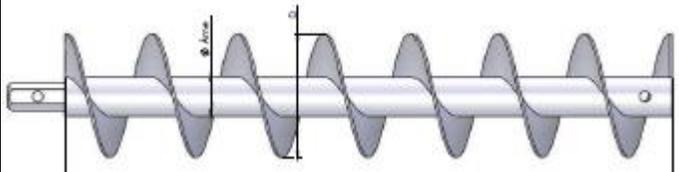
1. La tarière simple

La tarière à main est une technique rudimentaire, utilisée en particulier lorsque le site est inaccessible à du matériel motorisé. Ce mode d'investigation est limité en profondeur, surtout si le sol comporte des éléments grossiers.

2. Tarière hélicoïdale continue

La tarière mécanique hélicoïdale continue présente 3 parties : l'âme, les spires ou hélices, l'outil.

Les tarières hélicoïdales continues sont généralement disponibles du diamètre 63 mm au diamètre 254 mm dans les longueurs standards 1m ou 1m 50.



Le forage s'effectue par passes successives afin de recueillir les déblais retenus par les spires. En l'absence de tout système de tubage, les tarières usuelles ne peuvent être utilisées que lorsque les parois du trou ne s'éboulent pas (sol cohérents sans venue d'eau importante).

Dans certains cas on pourra utiliser des tarières à âme creuse permettant d'assurer la tenue des parois grâce à l'utilisation d'une boue de forage.

La profondeur d'investigations dépend de l'outil utilisé, de la puissance de la machine et surtout de la nature des terrains traversés.

Le refus de l'outil peut être obtenu soit sur un obstacle, soit sur un banc dur, voire du fait du frottement au sein de couches résistantes.

Dans les terrains compacts, l'aspect des échantillons remaniés à broyés remontés par les spires de la tarière peut être très différents de celui du matériau naturellement en place, en particulier d'un point de vue granulométrique.

Le choix des outils entre un type et l'autre dépend principalement du type de roche / formation rencontré.



Outil tungstène – Mining - Bilame
φ mm : 63 - 76 - 89



Outil à doigts de carbure
φ mm : 114 - 127 - 152 - 178 - 203 - 254 - 305



Outil bulldog
φ mm : 114 - 152



Queue de carpe
φ mm : 63 - 76 - 89 - 114 - 127 - 152 - 178 - 203 - 254

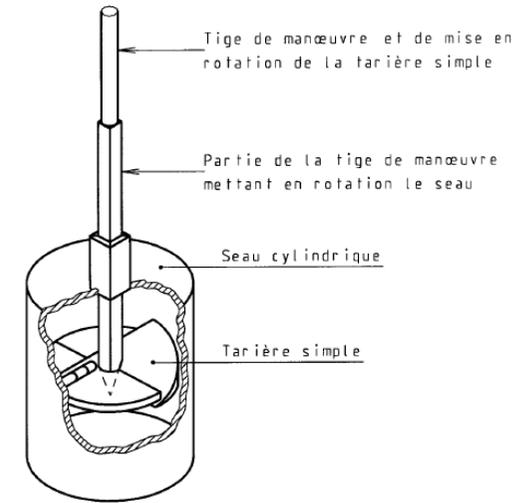


DP Rock
φ mm : 114 - 152 - 203 - 254

3. Les seaux rotatifs ou Buckets

Ce type de moyens est rarement utilisé au stade des reconnaissances géotechniques. Ce sont des tarières coiffées d'un seau cylindrique à fond ouvrant.

Ce matériel qui nécessite une machine puissante permet le prélèvement de sols pulvérulents.



4. Les bennes preneuses – Tarière de foreuse de pieux

Ces matériels généralement utilisés au stade des travaux de fondations peuvent servir en sondages de reconnaissances préalables au démarrage du chantier ou de vérification



Benne Benoto (hammer grab)

1. Définition

Au sens de la norme XP P94-202, un *échantillon non remanié* doit être 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 de 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.

Le carottage permet d'obtenir un échantillon continu de sol faiblement ou pas remanié, prélevé à l'aide d'un outil appelé carottier.

On distingue deux grandes familles :

- les carottiers poinçonneurs
- les carottiers rotatifs

2. Carottage par poinçonnement

2.1 Le battage

- technique rudimentaire par battage à l'aide d'un mouton
- remaniement des terrains très fréquent
- carottier à paroi épaisse
- application : essai de pénétration au carottier (S.P.T) – norme NF P 94-116

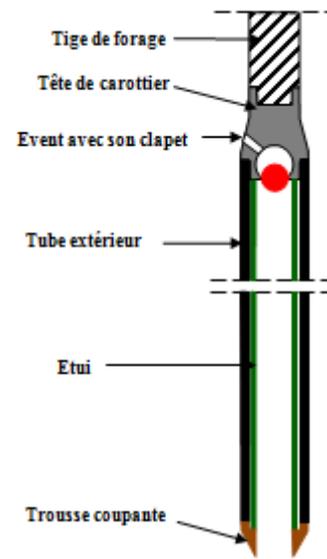
2.2 La vibro-percussion

- fréquence de battage élevée
- prélèvement des matériaux pulvérulents

2.3 Le fonçage (pression)

La pression permet de foncer par vérinage un carottier muni d'une trousse coupante et d'une gaine intérieure. L'emploi de cette technique est limité aux sols meubles. Le carottier utilisé est appelé A.P.M (Appareil à Paroi Mince). Il comporte des événements pour éviter la compression de la carotte.

Le carottier à piston stationnaire est également à paroi mince et présente un étui intérieur dans lequel coulisse un piston.



Carottier APM

3. Carottage par rotation

Le carottage rotatif est adapté à tous les types de terrains présentant une certaine cohésion. Il nécessite l'utilisation d'un fluide de forage qui circule par un train de tiges creuses et qui permet le refroidissement de l'outil, l'évacuation des matériaux détruits et éventuellement le maintien des parois du forage.

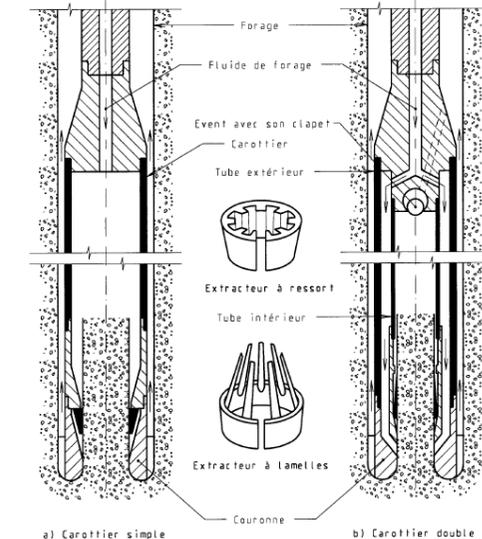
3.1 Le carottier simple

Ce carottier destiné à prélever des échantillons dans des terrains homogènes ne possède pas de tube intérieur. L'absence de tube intérieur ne permet pas de conserver l'intégrité de la carotte lorsque l'on fore des terrains hétérogènes.

3.2 Le carottier double

Le carottier T2 est un carottier double à paroi mince avec tube intérieur monté sur roulements. La préservation de la carotte est donc son principal avantage. Disponibles dans les diamètres extérieurs de 46 mm à 101 mm.

Le carottier T6 est également un carottier double avec tube intérieur monté sur roulements. Sa conception plus résistante lui permet de travailler dans tous les types de terrain. Les diamètres disponibles vont du 76 mm au 146 mm. Le carottier T6S est équipé d'un tube intérieur formé de deux coquilles en aluminium permettant de visionner la carotte avant son transfert dans une caisse.



3.3 Le carottier triple

L'emploi d'une gaine translucide à l'intérieur d'un carottier double T6 permet, dans les terrains tendres, la récupération plus aisée de carottes intactes. La gaine translucide permet l'extraction rapide de l'échantillon du carottier ainsi que sa visualisation.

3.4 Le carottier à trousse dépassante

- carottage des terrains alternant des duretés variables
- ressort intérieur permettant au tube intérieur muni d'une trousse coupante de dépasser la couronne lorsque le sol est mou et de se rétracter lorsque la résistance du terrain s'accroît.

3.5 Le carottier à câble

Technique adaptée aux carottages profonds, peu utilisée en géotechnique courante.

1. Eléments déterminant la qualité d'un prélèvement

- le **matériau** : en fonction de sa **nature** (sols fins, sols fins limoneux, sols grenus sableux ou graveleux, sols hétérogènes, roches, etc.), de son **état** (hors d'eau ou sous la nappe, avec ou sans gaz, compacité, résistance mécanique, etc.) et de sa **profondeur**.

Exemple de classification de sol

Sol	Cohésion non drainée c_u (kPa)
Très mou	< 20
mou	20 à 40
ferme	40 à 75

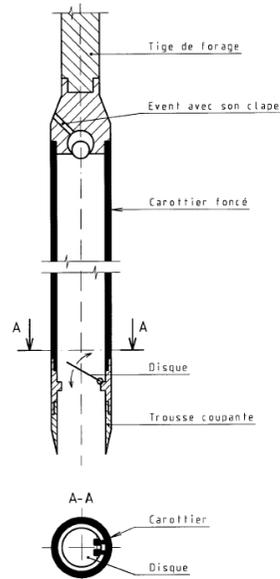
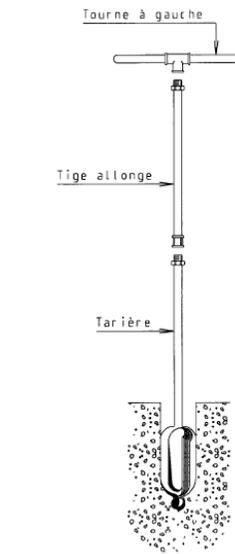
- la **technique de prélèvement** : choix de l'outil et sa mise en œuvre

2. Les procédés de prélèvement

- puits, tranchée, fouille et galerie	
- forage manuel	- tarière à main - petit carottier
- forage par poinçonnement	- fonçage par percussion ou battage - fonçage par pression
- forage par rotation	- avec injection d'un fluide de forage - sans injection de fluide de forage

3. Les outils

- prélèvement de blocs à la main	
- boîte de prélèvement	
- carottiers poinçonneurs	- à paroi mince sans étui intérieur - à paroi mince avec étui intérieur - à piston stationnaire - à paroi épaisse (ex S.P.T)
- Carottiers rotatifs	- simple industriel - simple minier - double - triple - double ou triple à trousse dépassante
- Outils désagrégateurs	- tarière à main - tarière simple et seaux rotatifs (bucket) - tarière continue à âme pleine ou creuse - carottier à soupape ou à clapet - benne preneuse et curette - outils destructifs (taillant, tricône,...)



4. Classes de prélèvement

Les **classes** sont numérotées de **1 à 5** en fonction décroissante du nombre de paramètres géotechniques mesurables sur l'échantillon. De la classe 1 à la classe 4, l'état de l'échantillon passe de non remanié à totalement remanié.

Classes	Principaux paramètres obtenus à partir de l'échantillon	
	Caractéristiques de nature	Caractéristiques d'état
1	$D, w_L, w_p, e_{max}, e_{min}, \rho_s, MO, C_c, C_s, Z^+$	$Z^+, I_D, e, w_{nat}, \rho_d, \tau_f, (\phi', c', c_u, \phi_{uu}, c_{uu}), E, R_c, RTB, RQD, \sigma'_p, k, c_v$
2	$D, w_L, w_p, e_{max}, e_{min}, \rho_s, MO, Z^+$	$Z^+, I_D, e, w_{nat}, \rho_d, RQD, k$
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^0	Z^-

- c : cohésion effective
- c_u : cohésion non drainée
- c_{uu} : cohésion apparent
- c_v : coefficient de consolidation
- e : indice des vides
- e_{max} : indice des vides maximal
- e_{min} : indice des vides minimal
- k : perméabilité
- w_{nat} : teneur en eau naturelle
- w_L : Limite de liquidité
- w_p : Limite de plasticité
- C_c : indice de compression à l'oedomètre
- C_g : indice de gonflement à l'oedomètre
- D : granularité et paramètres qui s'y rattachent
- E : Indice de déformation
- I_D : Indice de compacité
- MO : teneur en matière organique
- RTB : résistance de traction Brésilienne
- RQD : Rock Quality Désignation
- Z^+ : Description centimétrique de l'échantillon
- Z^0 : Description décimétrique de l'échantillon
- Z^- : Description grossière de l'échantillon
- ϕ' : angle de frottement effectif
- ϕ_{uu} : angle de frottement apparent
- ρ_d : masse volumique du sol
- ρ_s : masse volumique des particules solides
- τ_f : résistance au cisaillement
- σ'_p : contrainte effective verticale de préconsolidation

5. Exemple de choix de la technique de prélèvement – (c.f. annexe C de la norme)

Matériaux à prélever	Outil	Mise en oeuvre	Fluide	Aptitude de la technique	Classe de prélèvement
Sol fin très mou à mou	Carottier à piston stationnaire	Fonçage continu par pression (v 2 cm/s)	non	recommandé	1
	Carottier à paroi mince avec étui		boue	adapté	1 / (2)
	Tarière et seau rotatif	Rotation	non	inadapté sous nappe	3 / (4)

1 Principe

L'essai de pénétration au carottier s'applique dans tous les sols fins et les sols grenus dont la *dimension moyenne* des éléments ne *dépasse pas 20 mm*.

L'essai nécessite l'appareillage suivant :

- un équipement de forage et de tenu de paroi
- un dispositif de battage (15 à 30 coups / minute)
- un train de tiges et son guidage
- un carottier
- un système de mesure.

Il consiste à battre dans le sol, au fond d'un forage, un carottier de caractéristiques et de dimensions définies

Longueur	> 450 mm
Diamètre extérieur	51 mm
Diamètre intérieur	35 mm
Masse du mouton	64 kg
Hauteur de chute	75 cm
Diamètre extérieur tige	42,5 mm

Après avoir réalisé le forage maintenu par une boue ou par un tubage, le carottier y est descendu puis battu en trois étapes. Le nombre de coups de mouton N_i nécessaires à chaque enfouissement de 15 cm est relevé, soit :

- N_0 : enfouissement d'amorçage de 0 à 15 cm
- N_1 : premier enfouissement d'essai de 15 à 30 cm
- N_2 : deuxième enfouissement d'essai de 30 à 45 cm

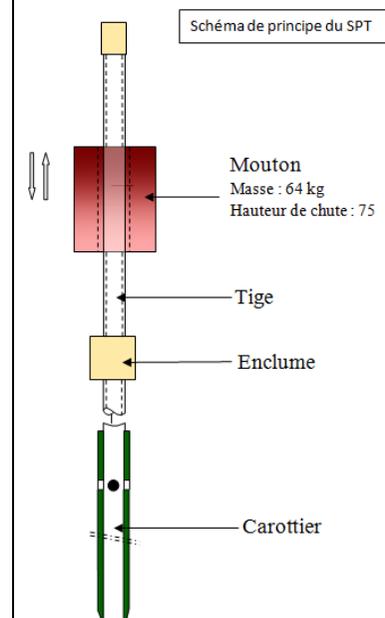
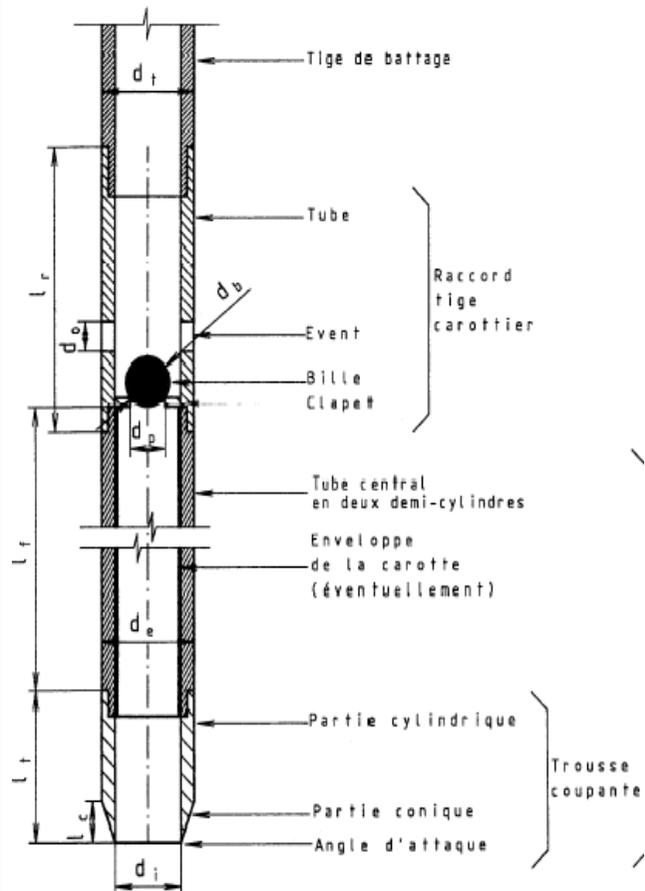
Le nombre $N = N_1 + N_2$ est appelé *résistance à la pénétration*.

La profondeur de l'essai correspond à la position de la base de la trousse coupante après l'enfoncement d'amorçage.

Lorsqu'un nombre de coups supérieur à 50 ne permet pas d'obtenir un enfouissement de 15 cm, l'essai est arrêté et l'enfoncement correspondant est noté.

Exemple :

Profondeur		Nombre de coups				
Tubage (m)	Essai (m)	Amorçage		Essai		N
		N_0	N_1	N_2		
3,85	4,0	2	3	4	7	
4,85	5,0	3	4	5	9	
5,85	6,0 Arrêt 6,27	20	23	> 50	> 73	



En fin de battage, la carotte est récupérée afin d'apprécier la nature du sol testé.

Remarque : Le fond du trou de forage ne doit pas être trop modifié par la succession des opérations, qui peuvent entraîner éboulements ou décompression, notamment dans les sols placés sous la nappe.

2 Interprétation

A partir de milliers d'essais, réalisés en particulier aux Etats-Unis, des corrélations ont été établies entre N et les caractéristiques suivantes :

- la compacité des sables et leur angle de frottement interne
- la résistance des sols à la compression simple
- la capacité portante pour les fondations
- le risque de liquéfaction des sables

Cet essai doit donc être utilisé avec prudence dans les sols cohérents.

Recommandations sur la consistance des investigations géotechniques pour les études géotechniques de conception (G2) – USG / SYNTEC - Mai 2016

Problématique géotechnique	Sondages		Essais en laboratoire		Essais in situ	
Modèle géologique	Sondage carotté Pelle mécanique Tarière Sondages destructifs avec diagraphies	R S S I	Essais d'identification et de classification	R	Pénétrömètre statique, piézocône Standard Penetration Test Pénétrömètre dynamique	S S I
Terrassement/réemploi Déblai/Remblai Stabilité générale	Echantillon intact ou remanié représentatif, prélevé dans les sondages précédents	R	Essais d'identification, Essais Proctor, de traitements Essai triaxial, Cisaillement rectiligne	R R R	Scissomètre Phicomètre	S S
Capacité portante	Sondage carotté + Echantillon intact Sondage pour essais pressiométriques	S R	Essai triaxial Compression simple Cisaillement rectiligne	S S S	Pressiomètre Pénétrömètre statique Standard Pénétration Test Pénétrömètre dynamique Scissomètre ou phicomètre	R R S I I
Tassement (fondations, dallages,...)	Sondage carotté + Echantillon intact Sondage pour essais pressiométriques	R R	Oedomètre Essai triaxial	R R	Pressiomètre Pénétrömètre statique, piézocône Dilatömètre type DMT	R R S
Soutènement	Sondage carotté + Echantillon intact Sondage pour essais pressiométriques	R S	Essai triaxial Cisaillement rectiligne	R R	Scissomètre ou phicomètre Pressiomètre Piézocône	R S I
Eau souterraine 1-Niveau des nappes	Forage pour piézomètre	R			Piézomètres avec suivi automatique Piézomètres avec suivi manuel Cellules de pression interstitielle	R S S
2- Rabattement	Forage pour essai de pompage et essais d'eau Sondage carotté + Echantillon intact	R S			Essai de pompage, piézomètre Essai d'eau (dont micromoulinet) Piézocône	R S S
Aléa sismique	Sondage carotté + Echantillon intact	R	Essai triaxial cyclique Granulométrie	R R	Cross-hole Standard Pénétration Test Pénétrömètre statique, piézocône	R R R
Retrait gonflement	Sondage carotté + Echantillon intact	R	Essais de retrait, essai de gonflement Essais d'identification	R I		
Reconnaissance de fondations existantes	Fouilles de reconnaissance Sondage carotté Sondage destructif	R S S	Résistance à la compression du béton ou de la maçonnerie	R	Essais Micro-Sismique Parallèle Essai d'impédance Ferroscan, radar	R I I

R : sondages/essais **recommandés**

S : sondages/essais **satisfaisants**

I : sondages/essais **indicatifs** après calibrage

TABLEAU 1 : ANALYSE DE LA PERTINENCE DES TECHNIQUES USUELLES DE RECONNAISSANCE

Programme minimal des investigations géotechniques lors des études géotechniques de conception G2

Ouvrage concerné		Maille en phase PRO (intégrant reconnaissances des phases et missions précédentes)	Dont Maille en phase AVP	Profondeur
Pavillon isolé		1 point de reconnaissance tous les 50 m² avec un minimum de 3 points	1 point de reconnaissance tous les 50 m² avec un minimum de 3 points	5 m sous la base des fondations prévisibles
Bâtiments de logements, bureaux, tertiaires, publics, pavillons en bande, ...		1 point de reconnaissance tous les 200 m² avec un minimum de 3 points et une distance maximale de 20 m entre points	1 point de reconnaissance tous les 300 m² avec un minimum de 3 points et une distance maximale de 25 m entre points	5 m sous la base des fondations prévisibles
Bâtiments industriels, commerciaux, logistiques,...	jusqu'à 10 000 m ²	1 point de reconnaissance tous les 400 m² avec un minimum de 3 points et une distance maximale de 30 m entre points	1 point de reconnaissance tous les 600 m² avec un minimum de 3 points et une distance maximale de 40 m entre points	2 m dans horizon peu compressible ou 1,5 fois la largeur du bâtiment
	au-delà de 10 000 m ²	1 point de reconnaissance supplémentaire tous les 800 m²	1 point de reconnaissance supplémentaire tous les 1 200 m²	2 m dans horizon peu compressible ou 1,5 fois la largeur du bâtiment
Voiries (parkings aériens et voiries liées au bâtiment)		1 point de reconnaissance tous les 1 500 m² , avec un minimum de 2 points	selon contexte	3 m sous le niveau définitif de la voirie et 2 m sous le terrain naturel
Ouvrage isolé et ponctuel	Pylônes	1 point de reconnaissance par pylône	1 point de reconnaissance par pylône	5 m sous la base des fondations prévisibles
	Eoliennes terrestres	Suivant Recommandations CFMS du 5/07/2011	Suivant Recommandations CFMS du 5/07/2011	
Ouvrages linéaires	Réseaux enterrés	1 point de reconnaissance tous les 100 ml	selon contexte	1 m sous fond de fouille prévu
	Route / Tramway / digue < 3 m	1 point de reconnaissance tous les 100 ml	selon contexte	5 m sous niveau fini, avec 5m minimum sous TN initial
	Autoroute / Ligne ferroviaire	1 point de reconnaissance tous les 100 ml	selon contexte	5 m sous niveau fini, avec 5m minimum sous TN initial
	Quai / Port / digue > 3 m mur soutènement > 3 m	2 points de reconnaissance (profil) tous les 50 ml	selon contexte	5 m dans substratum
Stations d'épuration		2 à 3 points de reconnaissance par ouvrage, suivant taille de l'ouvrage	1 point de reconnaissance par ouvrage et 1 point de reconnaissance tous les 500 m²	5 m dans horizon peu compressible ou 1,5 fois la largeur de l'ouvrage
Silos, réservoirs		1 point de reconnaissance tous les 150 m² avec un minimum de 3 points	1 point de reconnaissance tous les 250 m² avec un minimum de 2 points	6 m dans horizon peu compressible ou 1,5 fois la largeur de l'ouvrage
Ouvrages d'art	Ponts	1 point de reconnaissance par appui	1 point de reconnaissance tous les 2 appuis	6 m sous la base des fondations prévisibles
ZIG		1 reconnaissance par mitoyen	au cas par cas	au cas par cas

TABLEAU 2