



NOTE D'INFORMATION

OUVRAGES
D'ART

19

Auteur : SETRA/CTOA

Editeur : 

UTILISATION DES PIEUX EXÉCUTÉS SUIVANT LE PROCÉDÉ STARSOL DANS LES FONDATIONS D'OUVRAGES D'ART

Juin 1995

AVANT-PROPOS

Après avoir obtenu le prix de l'innovation en 1987, le procédé Starsol a connu une forte extension dans le domaine du bâtiment et présente une tendance croissante à être utilisé pour les fondations d'ouvrages d'art, pour lesquels on peut citer quelques exemples marquants d'applications :

- Viaduc de la Croix Verte : 37 pieux Ø 0,82, longueur 10 à 20 m.
- Déviation de la R.N. 12 à Houdan : 115 pieux Ø 0,82 et Ø 1,00, longueur 15 m.
- Rcade nord-est de Rouen (O.A. 1 et O.A. 2) : 106 pieux Ø 0,82, longueur 15 à 20 m.
- T.G.V. Lyon-Valence (18 ouvrages SNCF) : 561 pieux Ø 0,80 et Ø 1,00, longueur 17 à 20 m.

Il a donc paru opportun d'apporter aux maîtres d'oeuvre quelques éléments d'information sur cette technique et, surtout, de préciser les conditions d'application de la réglementation actuellement en vigueur, soit essentiellement :

- le fascicule 62, titre V, du C.C.T.G. : *"Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de génie civil"*,
- le fascicule 68 du C.C.T.G. : *"Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil"*.

Ces deux fascicules définissent en effet un certain nombre de règles s'appliquant spécifiquement ou non à ce type de pieu, mais ils nécessitent d'importants compléments pour être utilisés de façon pratique dans le cadre d'un marché d'ouvrage d'art.

En particulier, les données expérimentales issues d'essais statiques de chargement montrent que ce type de pieu n'entre dans aucune des deux catégories de pieux considérées par le fascicule 62, titre V, pour le calcul de la capacité portante, son comportement étant intermédiaire entre celui des pieux exécutés "sans refoulement du sol" (assimilables aux pieux forés) et ceux exécutés "avec refoulement du sol" (assimilables aux pieux battus).

Outre son rôle d'information, l'objet essentiel de la présente note est donc d'apporter une aide opérationnelle à la mise au point des marchés faisant appel à cette technique.

1 - PRÉSENTATION DU PROCÉDÉ

Voir figures 1 et 2 (documentation Solétanche).

1.1 - Forage

Une tarière à axe creux, est vissée dans le sol, sans extraction notable de terrain. En cours de perforation, le couple hydraulique, la vitesse d'avancement et la profondeur sont enregistrés en continu.

1.2 - Bétonnage

La tarière est extraite du sol pendant que le béton est injecté simultanément par un tube plongeur télescopable à l'intérieur de l'axe creux de la tarière, prenant ainsi la place du sol extrait.

Le télescopage du tube plongeur s'effectue dès l'amorçage et peut dépasser un mètre en section courante de bétonnage. Le béton est injecté sous pression par deux événements latéraux situés à sa base.

Les valeurs de la pression du béton et de son débit sont également enregistrées en continu pendant l'extraction de la tarière.

1.3 - Ferrailage

La cage d'armatures est suspendue verticalement et centrée par rapport au forage. Elle est ensuite descendue dans le béton frais sous l'effet conjugué de son poids propre et d'un trépideur.

1.4 - Caractéristiques

À titre indicatif, les caractéristiques courantes du matériel sont les suivantes :

- Diamètre nominal : 420 mm à 1200 mm.
- Tube plongeur télescopable :
 - diamètre : environ 100 mm
 - longueur : environ 1 m
 - 2 ouvertures latérales
- Pression du béton au point haut de la colonne de bétonnage (col de cygne) : environ 200 kPa.

2 - AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

L'expérience accumulée sur cette technique, ainsi que les essais de chargement statique effectués, montrent que l'on obtient une bonne continuité du fût et un bon contact du béton avec le sol, tant au niveau de la pointe que sur la surface latérale. Ces résultats peuvent s'expliquer notamment par :

- la mise en pression du béton au moment du bétonnage,
- la substitution immédiate du sol excavé par du béton, qui évite la décompression des terrains et supprime les phénomènes de décantation liés à l'emploi d'un fluide de forage,
- la maîtrise du mouvement de la tarière en fonction du volume et de la pression du béton injecté, grâce à la visualisation en temps réel de ces paramètres au niveau de l'opérateur,
- l'absence de cage d'armatures pendant le bétonnage,
- le télescopage du tube plongeur, qui permet d'éviter la pollution du béton par le sol, la conception même du procédé (montée simultanée de la tarière et du béton) rendant un désamorçage très improbable.

En outre, l'enregistrement continu des paramètres de forage et de bétonnage pour chaque pieu permet :

- de reforcer le béton frais en cas d'anomalie,
- de recalculer sommairement chaque pieu avec la coupe géotechnique théorique des terrains traversés,
- de connaître en continu le profil en long du pieu réalisé (courbe de bétonnage).

1. FORAGE EN ROTATION, TARIÈRE ET TUBE PLONGEUR TOURNENT ET FORENT ENSEMBLE.
2. FORAGE TERMINÉ, LE TUBE PLONGEUR EST BLOQUÉ EN POSITION
3. LA TARIÈRE EXTÉRIEURE REMONTE DE QUELQUES CENTIMÈTRES, EN DÉGAGEANT DEUX LUMIÈRES SUR LA PAROI DU TUBE PLONGEUR.

4. PAR L'INTERMÉDIAIRE DU TUBE PLONGEUR, LE BÉTON EST ENVOYÉ À LA BASE DU FORAGE. LA TARIÈRE REMONTE
5. LE BÉTONNAGE SE POURSUIT, LORSQUE LE TUBE PLONGEUR EST ENTIÈREMENT SORTI, IL REMONTE AVEC LA TARIÈRE.

6. LES DÉBLAIS COLLES À L'HÉLICE DE LA TARIÈRE SONT DÉGAGÉS À L'AIDE D'UN DISPOSITIF RACLEUR AUTOMATIQUE BAPTISÉ "SINGE". LE BÉTONNAGE SE TERMINE
7. APRÈS NETTOYAGE DES DÉBLAIS, UNE ARMATURE EST MISE EN PLACE PAR BATTAGE.
8. LE PIEU EST TERMINÉ

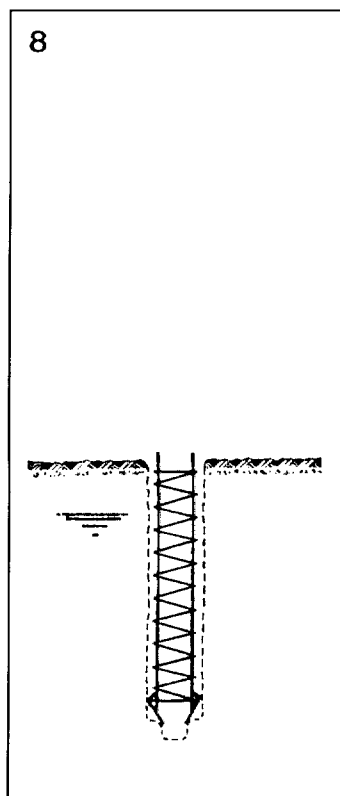
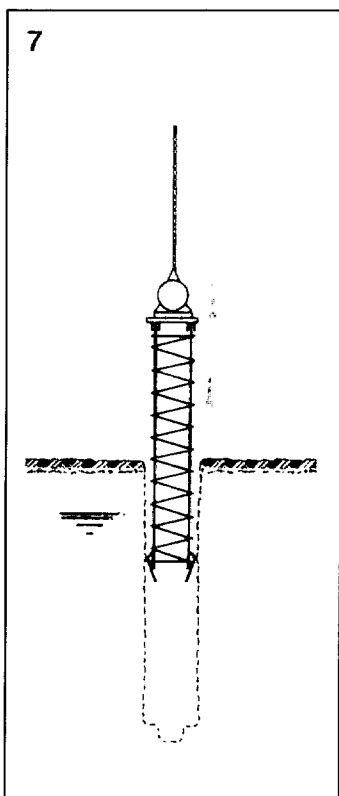
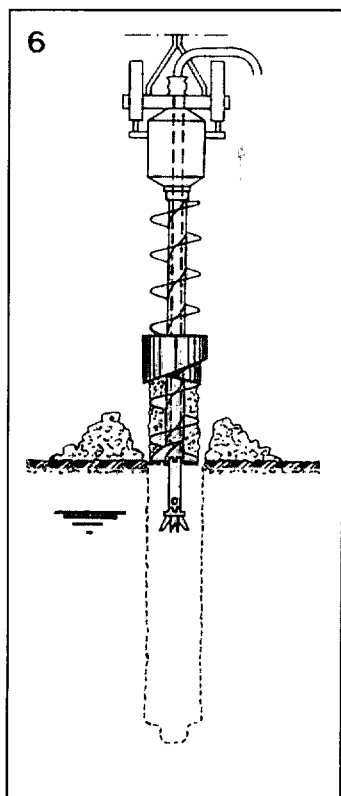
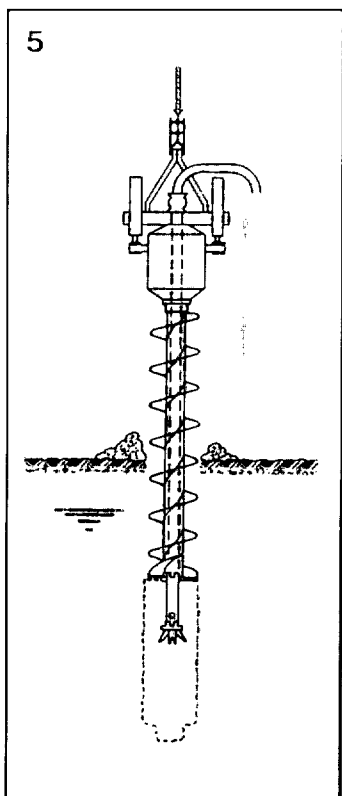
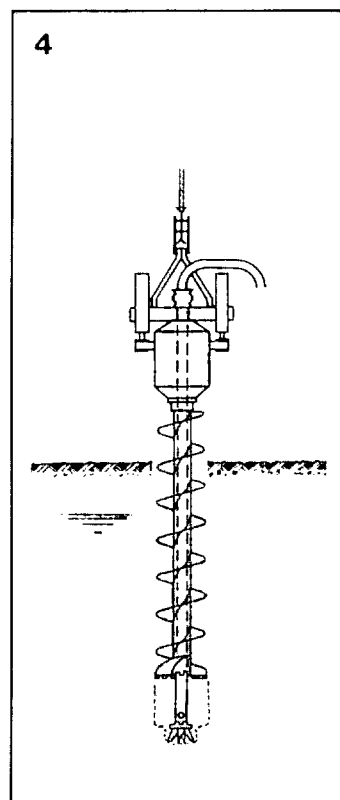
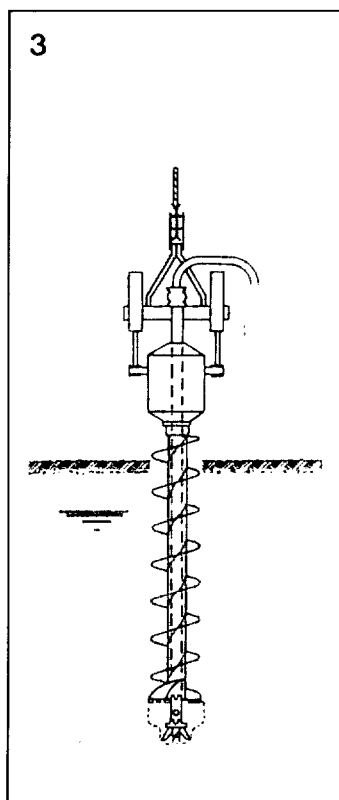
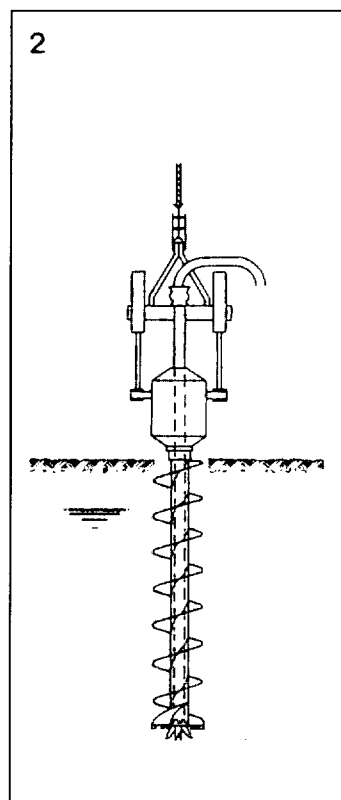
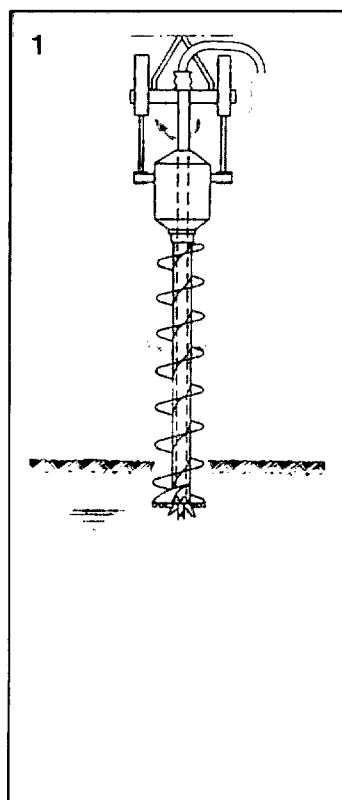
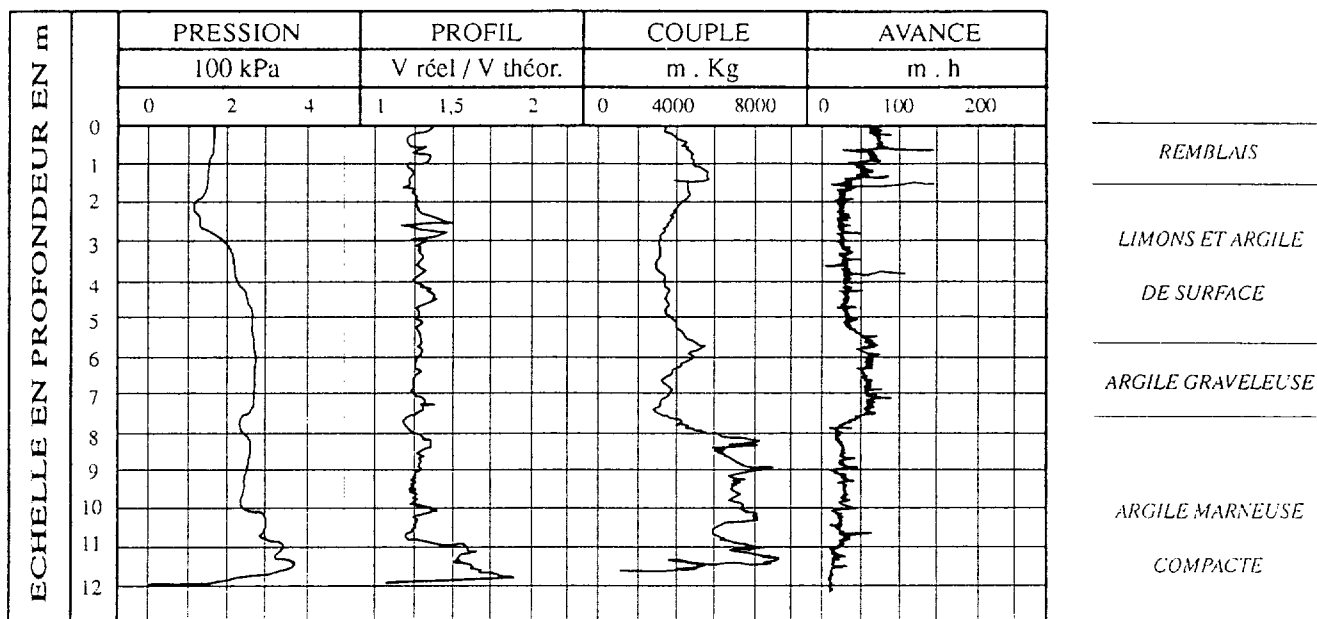
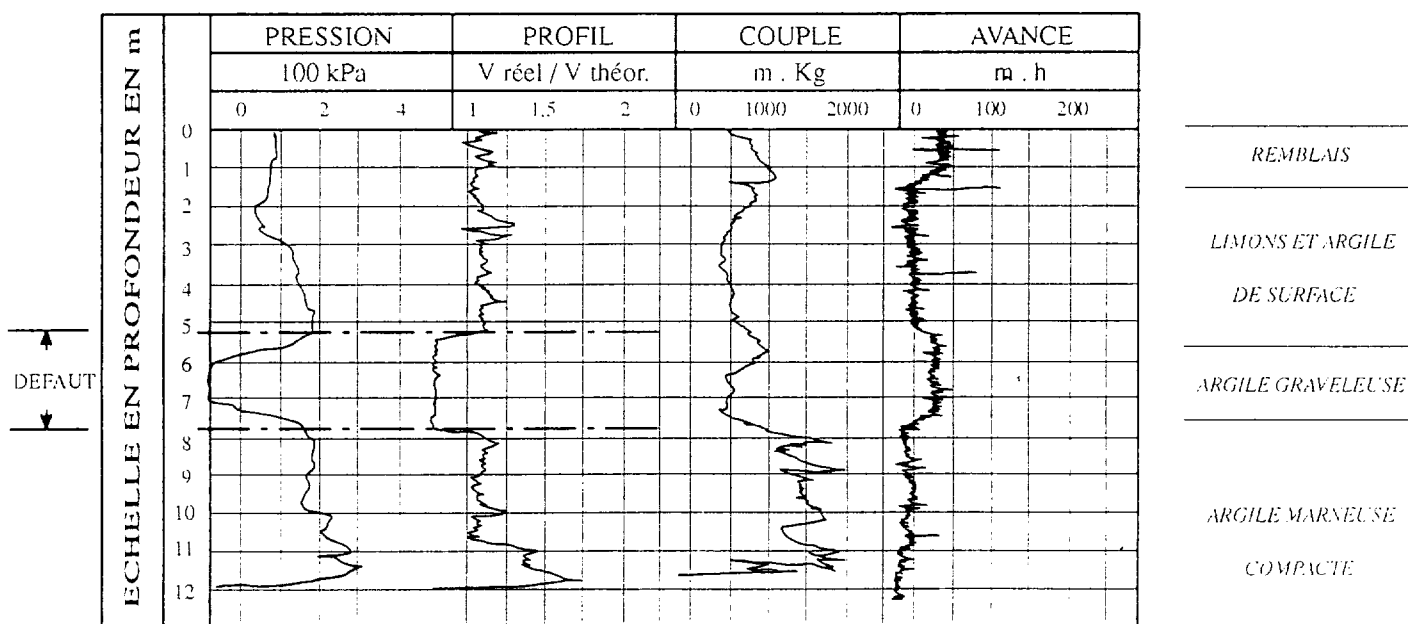


FIGURE 1



a) pieu normal



b) pieu affecté d'un défaut de bétonnage

FIGURE 2 - EXEMPLES D'ENREGISTREMENT ENBESOL

Il reste à signaler, bien sûr, que le temps de réalisation d'un pieu (de l'ordre de 30 mn), est sans commune mesure avec celui requis par les techniques traditionnelles.

Au nombre des inconvénients, on peut citer :

- l'insertion par vibration de la cage d'armatures dans le béton, qui limite la longueur des pieux (à l'heure actuelle il est possible d'atteindre environ 25 m) et qui nécessite un essai de convenance,
- la grande taille de la machine, qui interdit l'accès aux sites difficiles, et dont l'amenée sur place ne peut être amortie sur un petit nombre de pieux.

Un autre point délicat réside dans le choix de la machine, les divers modèles se distinguant entre eux par leur taille et par leur puissance. Dans les terrains de pénétration difficile, une sous-estimation de la machine nécessaire peut obliger à remplacer celle-ci en cours de chantier. Bien sûr, ce problème est commun à la plupart des procédés de forage ou de battage, mais il revêt ici une importance particulière, compte tenu de ce qui a été dit à propos de la taille des machines.

3 - POSITION PAR RAPPORT AU C.C.T.G.

Ce procédé entre dans la catégorie des pieux forés à la tarière creuse, définie par le Fascicule 68 (art. 22.5) : *"Pieux réalisés toujours verticalement au moyen d'une tarière à axe creux vissée dans le sol sans extraction notable du terrain ; la tarière est ensuite extraite du sol sans dévisser pendant que, simultanément, du béton est injecté par l'axe creux de la tarière"*.

Il appartient en outre au type 3, défini par l'annexe G.5. (non contractuelle) du Fascicule 62, titre V, comme : *"une tarière creuse continue avec enregistrement spécifique des paramètres de forage et de bétonnage (profondeur, pression du béton, quantité de béton), équipée d'un tube de bétonnage télescopable rétracté pendant la perforation et plongeant dans le béton pendant l'opération de bétonnage"*.

Dans la catégorie des pieux forés à la tarière creuse, le fascicule 68 (art. 26.7.1) n'autorise, pour les fondations des ouvrages d'art, que les pieux forés à la tarière creuse de type 3.

Le fascicule 62, titre V, (article A.3.1,2.), précise que les pieux forés à la tarière creuse ne peuvent être utilisés pour les fondations des ponts, *sauf dispositions différentes du marché*. Le commentaire (***) indique cependant clairement l'intention du prescripteur, qui est de n'utiliser ces pieux qu'en toute connaissance de cause, en particulier :

- en ce qui concerne les références et la fiabilité du procédé vis-à-vis des exigences propres aux ouvrages d'art,
- en ce qui concerne l'adaptation spécifique des clauses du marché.

Sur ce dernier point, les paragraphes 4 à 7 de la présente note ont été conçus de sorte à pouvoir être soit directement contractualisés, soit à servir de base à la rédaction du C.C.T.P.

En vue de leur contractualisation, ces paragraphes comprennent une partie "texte" et une partie "commentaires", cette dernière ne pouvant avoir, par définition, aucun caractère contractuel.

L'essentiel des commentaires consiste en un condensé des clauses du C.C.T.G. déjà applicables, et qu'il est donc inutile de reprendre dans le marché. Il a néanmoins semblé utile de procéder à cette récapitulation afin de donner une vue d'ensemble de ces clauses, souvent éparses. Bien entendu, ce résumé ne peut en aucun cas se substituer aux clauses d'origine, qui restent les seules contractuelles.

4 - ÉVALUATION DES PARAMÈTRES DE CHARGE

TEXTE

L'évaluation des paramètres de charge des pieux de type "Starsol" est conduite suivant les principes du fascicule 62, titre V, du C.C.T.G., complétés par les prescriptions qui suivent.

4.1 - Principe

COMMENTAIRES

L'annexe C.2. (annexe au texte) s'applique sans changements.

Les charges limites en compression Q_u et en traction Q_{tu} sont données par :

$$Q_u = Q_{pu} + Q_{su} \quad Q_{tu} = Q_{su}$$

Les charges de fluage en compression Q_c et en traction Q_{tc} sont données par :

$$Q_c = 0,5 \cdot Q_{pu} + 0,7 \cdot Q_{su} \quad Q_{tc} = 0,7 \cdot Q_{su}$$

Q_{pu} étant l'effort limite mobilisable sous la pointe et Q_{su} l'effort limite mobilisable par frottement latéral, donnés par :

$$Q_{pu} = A \cdot q_u \quad Q_{su} = P \cdot \int_0^h q_s(z) \cdot dz$$

Où A représente la section de la pointe et P désigne le périmètre du pieu. Le diamètre nominal à prendre en compte est celui des pales de la tarière à proximité de la pointe (fascicule 68, article 22.5).

4.2 - Détermination de q_u et de q_s à partir des essais pressiométriques

TEXTE

Le facteur de portance k_p et les courbes de frottement latéral visées aux articles 2 et 3 de l'annexe C.3. du fascicule 62, titre V, sont donnés par le tableau ci-après.

Facteur de portance k_p et courbes de frottement latéral à prendre en compte

NATURE DES TERRAINS		k_p	Courbe de frottement
ARGILES - LIMONS	A	1,3	Q_1
	B	1,4	Q_2
	C	1,5	Q_2
SABLES - GRAVES	A	1,5	Q_3
	B	1,7	Q_3
	C	1,8	Q_3
CRAIES	A	1,5	Q_2
	B	2,0	Q_3
	C	2,5	Q_4
MARNES, MARNO-CALCAIRES		2,1	Q_5
ROCHES ALTÉRÉES		1,3 à 2,1 ⁽¹⁾	Q_6

(1) La valeur de k_p pour ces formations est prise égale à celle de la formation meuble du tableau à laquelle le matériau concerné s'apparente le plus.

Si elle n'est pas fixée par le marché, la classification des formations dans l'une ou l'autre des catégories définies dans le tableau est fixée par le maître d'oeuvre sur proposition de l'entreprise.

COMMENTAIRES

La démarche est entièrement conforme à l'annexe C.3., mais nécessite de fixer les valeurs spécifiques au procédé, tirées des données expérimentales.

En particulier, les courbes retenues pour le frottement latéral sont celles relatives aux pieux injectés basse pression.

La classification proposée pour les sols s'appuie sur les catégories conventionnelles de sols, définies dans l'annexe E.1., § 3 du fascicule 62, titre V, et rappelées en 4.4 ci-après.

Pour les formations qui n'entrent pas directement dans la classification présentée, il convient soit de les rattacher au type de sol dont elles se rapprochent le plus dans cette classification, soit d'effectuer une interpolation des paramètres de calcul.

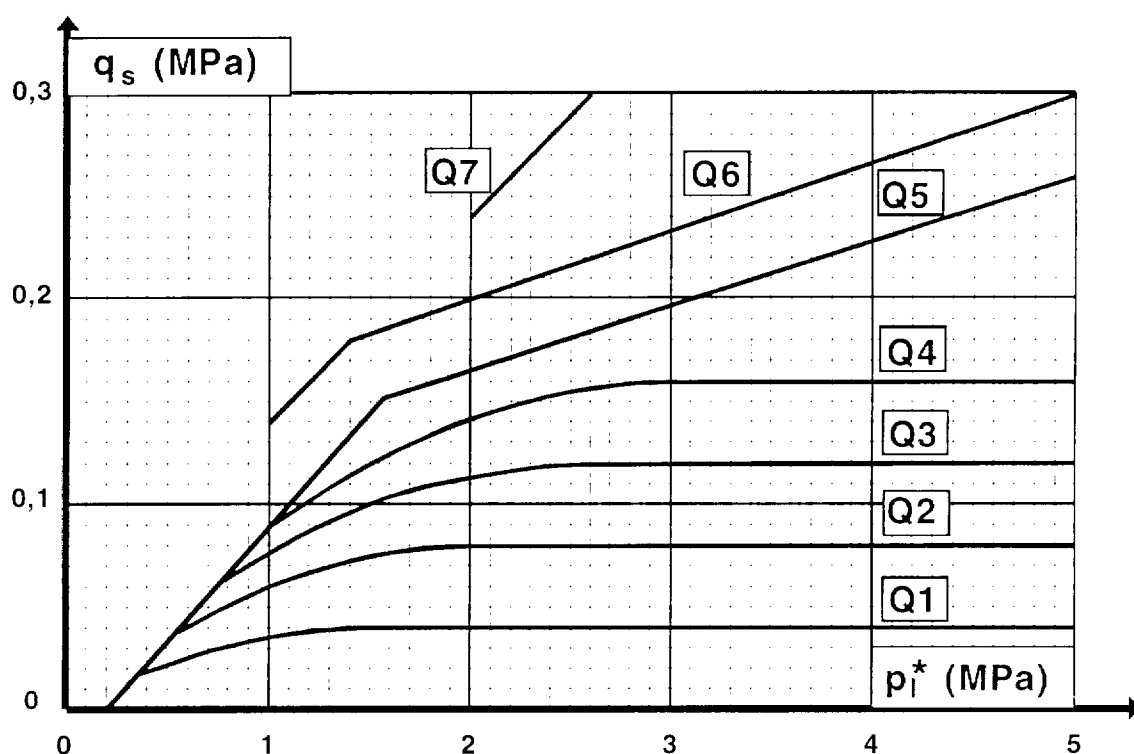
Il est rappelé que la contrainte de rupture sous la pointe est donnée par l'expression suivante :

$$q_u = k_p \cdot p_{le}^*$$

p_{le}^* désignant la "pression limite nette équivalente". Elle est calculée suivant la méthode exposée à l'annexe E.2. du fascicule 62, titre V.

Les courbes permettant de déterminer le frottement latéral $q_s(z)$ en fonction de la pression limite nette $p_l^*(z)$ sont reproduites ci-après.

Courbes de frottement unitaire limite le long du fût du pieu



4.3 - Détermination de q_u et de q_s à partir des essais de pénétration statique

TEXTE

Le facteur de portance k_c et les valeurs des paramètres β et q_{smax} visées aux articles 2 et 3 de l'annexe C.4. sont donnés par le tableau ci-après.

Les frottements sont négligés pour les valeurs de $q_s(z) < 1$ MPa.

Si elle n'est pas fixée par le marché, la classification des formations dans l'une ou l'autre des catégories définies dans le tableau est fixée par le maître d'oeuvre sur proposition de l'entreprise.

Choix des valeurs de k_c , β , et q_{smax}

NATURE DES TERRAINS		k_c	β	q_{smax} (kPa)
ARGILES - LIMONS	A	0,50	75	15
	B			80
	C			80
SABLES - GRAVES	A	0,25	150	-
	B			-
	C			120
CRAIES	A	0,30	100	80
	B	0,40	100	120

COMMENTAIRES

La démarche est entièrement conforme à l'annexe C.4., mais nécessite de fixer les valeurs spécifiques au procédé, tirées des données expérimentales.

La classification proposée pour les sols s'appuie sur les catégories conventionnelles de sols, définies dans l'annexe E.1., § 3 du fascicule 62, titre V, et rappelées en 4.4 ci-après.

Pour les formations qui n'entrent pas directement dans la classification présentée, il convient soit de les rattacher au type de sol dont elles se rapprochent le plus dans cette classification, soit d'effectuer une interpolation des paramètres de calcul.

Il est rappelé que la contrainte de rupture sous la pointe est donnée par l'expression suivante :

$$q_u = k_c \cdot q_{ce}$$

q_{ce} désignant la "résistance de pointe lissée équivalente". Elle est calculée suivant la méthode exposée à l'annexe E.2. du fascicule 62, titre V.

La valeur du frottement latéral unitaire limite à la profondeur z , $q_s(z)$, est déterminée par l'expression suivante :

$$q_s(z) = \min\left(\frac{q_c(z)}{\beta}; q_{smax}\right)$$

où $q_c(z)$ représente la résistance de pointe lissée à la profondeur "z".

4.4 - Catégories conventionnelles de sols

COMMENTAIRES

Le présent paragraphe rappelle la classification conventionnelle des différents sols proposée par l'annexe E.1., § 3, du fascicule 62, titre V, commode vis-à-vis du dimensionnement des fondations à partir du pressiomètre Ménard ou du pénétromètre statique.

Le tableau ci-après donne des fourchettes indicatives de la pression limite p_l et de la résistance de pointe q_c pouvant faciliter le classement.

Ce classement ne peut cependant se réduire à ces seuls critères, mais doit surtout tenir compte de la nature physique et des propriétés des sols.

Dans les cas délicats, il est conseillé que le classement d'un sol dans une catégorie donnée soit effectué par un spécialiste.

Pour cette raison, il est déconseillé de contractualiser l'annexe E.1.

CLASSE DE SOL			PRESSIO- MÈTRE p_l (MPa)	PÉNÉTRO- MÈTRE q_c (MPa)
ARGILES, LIMONS	A	Argiles et limons mous	< 0,7	< 3,0
	B	Argiles et limons fermes	1,2 - 2,0	3,0 - 6,0
	C	Argiles très fermes à dures	> 2,5	> 6,0
SABLES, GRAVES	A	Lâches	< 0,5	< 5
	B	Moyennement compacts	1,0 - 2,0	8,0 - 15,0
	C	Compacts	> 2,5	> 20,0
CRAIES	A	Molles	< 0,7	< 5,0
	B	Altérées	1,0 - 2,5	> 5,0
	C	Compactes	> 3,0	-
MARNES	A	Tendres	1,5 - 4,0	-
MARNO-CALCAIRES	B	Compacts	> 4,5	-
ROCHES ⁽¹⁾	A	Altérées	2,5 - 4,0	-
	B	Fragmentées	> 4,5	-

(1) L'appellation de roches altérées ou fragmentées peut regrouper des matériaux calcaires, schisteux ou d'origine granitique. S'il est difficile parfois de fixer des limites précises avec les sols meubles qui constituent leur phase finale d'évolution, on réservera toutefois cette classification aux matériaux qui présentent des modules préssiométriques supérieurs à 50 à 80 MPa.

5 - BÉTON

TEXTE

La résistance caractéristique du béton est de classe B.25 ou supérieure.

Le béton doit pouvoir être pompé sans difficulté.

COMMENTAIRES

Fascicule 68, art. 3.1 :

Le fascicule 65-A du C.C.T.G., relatif à l'exécution des ouvrages en béton, est applicable pour ce qui concerne l'étude, la fabrication et le contrôle des bétons de pieux ().*

** Il en résulte en particulier que l'étude des bétons et notamment de leur composition incombe à l'entrepreneur, qui la propose à l'acceptation du maître d'œuvre. Cette proposition comporte les natures et dosages de tous les constituants et notamment des ciments et adjuvants éventuels.*

Les éléments constitutifs des bétons sont choisis en tenant compte de l'agressivité éventuelle des milieux traversés et des eaux transitées.

Fascicule 68, art. 23 :

- Le dosage minimal en ciment du béton est de 350 kg/m³ (*).

** Il s'agit là d'un dosage minimal, pour les ouvrages d'art, le dosage est en général voisin de 400 kg/m³.*

- Le rapport E/C est inférieur ou égal à 0,6.

- La grosseur D des granulats est inférieure ou égale à 1/6 du diamètre de l'axe creux de la tarière.

- Le béton possède une ouvrabilité adaptée aux conditions de mise en oeuvre. Cette ouvrabilité est contrôlée à l'aide d'un appareil agréé par le maître d'oeuvre. Lorsque l'appareil utilisé est le cône d'Abrams, les affaissements mesurés sont compris entre 15 et 22 cm.

Fascicule 62, titre V, art. A.3.1 :

Les calculs justificatifs des fondations sont conduits à partir d'une résistance conventionnelle du béton, notée f_c , obtenue par application de la formule suivante :

$$f_c = \frac{\inf\{f_{cj}, f_{c28}, 25 \text{ MPa}\}}{k_1 \cdot k_2}$$

Le coefficient k_1 est pris égal à 1,05.

Le coefficient k_2 prend les valeurs suivantes :

- pieux dont le rapport du diamètre "d" à la longueur est inférieur à 1/20 : 1,05,
- pieux dont le diamètre "d" est inférieur à 0,60 m : 1,30-(d/2),
- pieux réunissant les deux conditions précédentes : 1,35-(d/2),
- autres cas : 1,00.

"d" étant exprimé en mètres.

6 - DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

6.1 - Dispositions géométriques

COMMENTAIRES

Fascicule 68, art. 22.5 :

Le diamètre nominal du pieu est celui des pales de la tarière à proximité de la pointe.

Fascicule 62, titre V, art. C.5.4, 11. :

Pour les ponts-routes, le diamètre des pieux est supérieur ou égal à 0,60 m. Il est supérieur ou égal à 0,80 m pour les pieux disposés sur une seule file (*).

- * D'une façon générale, il est déconseillé d'utiliser des pieux exécutés en place de diamètre inférieur à 0,80 m pour les ponts-routes.

Fascicule 62, titre V, art. C.5.4, 14. :

Sauf dispositions différentes du marché, la distance entre axes de deux pieux voisins est supérieure ou égale à 2,50 fois leur diamètre.

6.2 - Armatures

TEXTE

Les cages d'armatures sont d'une seule pièce et ne sont pas munies de panier. La partie basse des cages est resserrée sur une longueur de quelques centimètres, de manière à faciliter la pénétration et le guidage des armatures dans le béton frais.

Les assemblages cerces - barres longitudinales se font par soudure.

La raideur des cages assemblées doit être telle que la cage, appuyée verticalement sur le sol, n'accuse pas de flèche supérieure à 0,5 % de sa longueur totale.

Le diamètre de la cage doit être inférieur d'au moins 17 cm au diamètre nominal du pieu.

COMMENTAIRES

Fascicule 68, art. 3.1 :

Sauf dispositions contraires du marché les aciers utilisés dans la confection des cages d'armatures des pieux sont garantis soudables par leur fiche d'identification.

Fascicule 62, titre V, art. C.5.4,21. à C.5.4,25 :

Sauf dispositions différentes du marché, les pieux utilisés pour les ouvrages d'art sont armés sur toute leur longueur.

Les pieux forés à la tarière creuse peuvent être armés par l'insertion de cages d'armatures rigides descendues dans le béton frais. Dans ce cas, l'entrepreneur apporte la preuve (références et essais de faisabilité) que la profondeur voulue peut être atteinte sans nuire à l'intégrité de la cage d'armatures.

Les cages d'armatures sont constituées par des armatures longitudinales en acier disposées suivant les génératrices d'un cylindre autour desquelles sont enroulées et fixées rigidement des cerces ou hélices.

Le nombre minimal de barres longitudinales est de 6 et leur diamètre minimal de 12 mm. Elles sont entièrement ancrées dans la semelle de liaison au sens des règles B.A.E.L.

L'espacement des barres longitudinales ne peut être inférieur à 10 cm entre nus. Sauf dispositions différentes du marché, cette distance doit être respectée entre les nus de couples de barres au droit des recouvrements.

Les armatures possèdent le même diamètre et un écartement uniforme.

La section d'armatures longitudinales est au moins égale à la fraction suivante de la section du béton :

- 0,005 lorsque le diamètre "d" du pieu est inférieur à 1 m,
- $0,005 \sqrt{l/d}$ dans le cas contraire, avec un minimum de 0,0035.

L'écartement des armatures transversales est au plus égal à 15 fois le plus petit diamètre des barres longitudinales, avec un maximum de 35 cm.

Leur diamètre est au moins égal aux quatre dixièmes du plus grand diamètre des barres longitudinales, avec un minimum de 6 mm.

Les tubes d'auscultation, d'injection, etc., sont placés de façon à ne pas nuire au bon enrobage des armatures.

Dans le cas des ouvrages d'art, tous les pieux sont munis de tubes d'auscultation permettant de réaliser des essais de contrôle par transparence.

7 - MISE EN ŒUVRE

7.1 - Étalonnage préalable

TEXTE

- Profondeur du forage.

Tarière posée sur le sol, on vérifie que l'enregistreur est calé au zéro. Après repérage d'un niveau de référence sur la tarière, correspondant à une longueur de forage supérieure ou égale à 5 m, on vérifie la conformité de l'enregistrement lorsque ce niveau est atteint lors de la pénétration.

- Volume de béton mis en place.

L'étalonnage s'effectue par remplissage d'un conteneur de volume connu (cuve, élément de buse, etc.) d'environ 1 m³. On vérifie la conformité de l'indication donnée par l'enregistreur avec le volume étalon.

L'enregistreur est contrôlé à l'aide d'un manomètre étalonné, branché sur le circuit d'alimentation en béton.

7.2 - Matériels

TEXTE

Les éléments de tarière sont à raccords renforcés pour assurer sa rigidité. La base de la tarière n'est jamais conique.

COMMENTAIRES

Fascicule 68, art. 26.7.1 :

La tarière est normalement d'une seule pièce. Pour les grandes profondeurs, deux rallonges au plus sont utilisées. Une rallonge sans pales d'une longueur maximale de 3 m est également autorisée en tête.

7.3 - Forage

TEXTE

Un dispositif de guidage inférieur rotatif est utilisé tout au long du forage pour maintenir l'axe de la tarière dans sa position initiale.

Les paramètres de forage sont enregistrés en continu. L'entrepreneur signale sans délai toute anomalie au maître d'oeuvre et lui soumet les dispositions qu'il compte prendre.

7.4 - Bétonnage

TEXTE

Après télescopage du tube plongeur, l'alimentation en béton est assurée par pompage et, en principe, ininterrompue pendant l'extraction de la tarière. Dans le cas où l'interruption est provoquée par l'attente d'un approvisionnement en béton, la pression est maintenue sur le béton en relâchant le treuil de relevage. En tout état de cause, le délai d'interruption doit rester inférieur à une demi-heure.

Pendant l'extraction, une faible rotation de la tarière dans le sens du vissage, à une vitesse inférieure à 10 tours par minute peut être tolérée pour éviter son blocage par la pression du béton.

La pression sur le béton mesurée au "col de cygne" doit être constamment "positive" et ne peut paraître "négative" qu'en fin de bétonnage, lorsque le béton déborde à la surface du sol.

Les paramètres de bétonnage sont enregistrés en continu. L'entrepreneur signale sans délai toute anomalie au maître d'oeuvre et lui soumet les dispositions qu'il compte prendre.

Avant la descente de la cage d'armatures, on élimine le béton contaminé pour faire apparaître le béton sain. Le niveau supérieur du béton sain doit alors se situer à moins de 1 m sous la plate-forme de travail.

La tête de forage est protégée après bétonnage par la mise en place d'une virole qui assure de plus le guidage de la cage.

COMMENTAIRES

Fascicule 68, art. 26.7.2 :

Après le déverrouillage des lumières de bétonnage, l'alimentation en béton ne peut être interrompue pendant l'extraction de la tarière, qui est effectuée normalement sans rotation ().*

** De légères rotations dans le sens du vissage peuvent être admises en cas de difficulté de remontée de l'outil.*

L'extraction est immédiatement arrêtée si l'alimentation en béton est interrompue ou si la pression du béton mesurée en partie haute de la tarière descend au-dessous de 20 kPa ().*

** Dans certains terrains inconsistants, il peut être impossible de conserver la pression de 20 kPa. Dans ce cas, des dispositions particulières doivent être prises.*

La pression dans le béton doit être maintenue tant que la base de la tarière n'atteint pas le niveau théorique de recépage.

Sauf dispositions particulières du marché, le bétonnage des pieux est exécuté jusqu'au niveau de la plate-forme de travail.

7.5 - Mise en place de la cage d'armatures

TEXTE

Le temps qui s'écoule entre la fin de bétonnage et la mise en place de la cage ne doit pas excéder environ 30 minutes.

La cage doit être suspendue verticale et doit, pendant toute l'opération de descente, rester verticale et centrée par rapport au forage. La pénétration peut, le cas échéant, être facilitée par l'emploi d'un trépideur.

En cas d'insuccès de pénétration totale de la cage, le pieu doit être recommencé.

7.6 - Dommage aux pieux voisins

TEXTE

L'exécution consécutive de deux pieux voisins, avant prise du béton, n'est permise que si la distance entre axes est au moins égale à 3,0 fois le diamètre des pieux.

COMMENTAIRES

Fascicule 68, art. 26.7.3 :

L'ordre d'exécution des pieux est défini en fonction des risques de désordres dans les pieux voisins, dont le béton n'aurait pas encore suffisamment durci. Si des variations du niveau du béton dans les pieux voisins sont constatées, l'entrepreneur avertit sans délai le maître d'oeuvre et propose à son agrément les dispositions qu'il envisage de prendre pour remédier à ces désordres.

En outre, les pieux faisant l'objet de ces désordres doivent subir des contrôles fixés par le maître d'oeuvre en vue de déterminer s'ils peuvent être conservés tels quels, renforcés ou re-exécutés.

7.7 - Arasement et recépage

COMMENTAIRES

Compte tenu des particularités du bétonnage et de la mise en place de la cage d'armatures, le procédé Starsol demande des adaptations particulières pour des hauteurs de recépage importantes. A toutes fins utiles on trouvera néanmoins ci-après les dispositions du C.C.T.G. relatives à ces opérations.

Fascicule 68, art. 26.7.3 :

L'arasement du béton des pieux et puits est conduit de façon que le béton situé sous la cote théorique de recépage soit d'une qualité suffisante.

Lorsque le niveau théorique de recépage se trouve au-dessous de la plate-forme de travail à une distance de Z mètres, la différence entre la cote d'arase réelle et le niveau de recépage théorique ne doit pas excéder :

- 0,3 (Z + 1) mètres si Z est inférieur à 5 mètres,
- 1,8 mètres si Z est supérieur à 5 mètres.

Le recépage est exécuté après durcissement suffisant du béton, il est conduit en vue d'éliminer tout béton de qualité insuffisante et poursuivi jusqu'à ce que la tête des pieux atteigne le niveau théorique de recépage.

Si l'élimination du béton de qualité insuffisante amène le niveau réel de recépage au-dessous du niveau théorique, l'entrepreneur reconstitue le pieu ou le puits jusqu'à ce dernier niveau suivant un procédé soumis à l'agrément du maître d'oeuvre.