

Avis Technique 3/16-873

Annule et remplace l'Avis Technique 3/13-740 et son Modificatif 3/13-740*01Mod

Fondation
Foundation

Techno Pieux®

Titulaire : Société Techno Pieux France Sarl
Le Chaufour
FR-80290 Courcelles sous Moyencourt
Tél. : 06 10 73 18 39
E-mail : info.france@technopieux.com
Internet : <http://www.technopieux.com>

Groupe Spécialisé n°3.3

Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

Publié le 25 novembre 2016



Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

Le Groupe Spécialisé n° 3.3 « Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 14 juin 2016, le procédé de fondation TECHNO PIEUX®, présenté par la Société TECHNO PIEUX FRANCE. Il a formulé sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. Cet Avis annule et remplace l'Avis Technique 3/13-740 et son Modificatif 3/13-740*01Mod. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France européenne, y compris les Départements et Régions d'outre-mer et les Collectivités d'outre-mer.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Il s'agit de pieux métalliques vissés constitués d'un tube de section circulaire et d'une ou plusieurs hélices soudées à sa base. Le pieu peut être équipé de systèmes de support sous forme de plaques assemblées en tête de pieu, sur lesquels s'appuie la structure à supporter. L'arbre central peut être équipé d'une gaine de protection en polyéthylène pour éviter le contact latéral de l'arbre avec le sol.

1.2 Identification

L'identification des composants se fait par des étiquettes, comme indiqué dans le Dossier Technique établi par le demandeur (DTED).

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne et DROM-COM (Départements et Régions d'outre-mer - Collectivités d'outre-mer), pour créer des fondations ponctuelles.

Les pieux TECHNO PIEUX® peuvent être utilisés en construction neuve et pour l'extension ou le confortement d'ouvrages existants.

Possibilité d'emploi en zones de sismicité 1 à 5 (selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié) moyennant les dispositions spécifiques définies dans le Dossier Technique et complétées par les prescriptions techniques correspondantes du paragraphe 2.3 ci-après.

L'utilisation est limitée aux ouvrages présentant une descente de charge verticale (ascendante ou descendante) de 1000 kN par point d'appui en charge localisée, 200kN par mètre linéaire, et 50kN/m en charge répartie. Les valeurs de charges sont indiquées pour une combinaison de charge ELS caractéristique.

Vis-à-vis du sol, les pieux peuvent travailler en traction et en compression, leur capacité portante unitaire est d'environ 230 kN maximum en compression et variant de 115 à 163 kN maximum en traction selon la profondeur effective d'ancrage D_c .

2.2 Appréciation sur le produit, composant ou procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Stabilité

La stabilité est normalement assurée tant que la charge reprise par les pieux reste limitée dans les conditions indiquées au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

Dans le cas de charges latérales non négligeables, il convient d'adopter des dispositions de mise en œuvre spécifiques comme indiquées dans le dossier technique.

La stabilité du pieu dépend des mesures prises pour protéger le pieu des effets de la corrosion, selon les prescriptions du paragraphe 2.22 ci-dessous.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre ou de l'entretien

Pour le procédé proprement dit, elle est normalement assurée. La mise en œuvre est assurée par un installateur certifié en utilisant les machines spécifiques R2DPIEUX®, EM1® et ET1®.

Données environnementales

Le procédé TECHNO PIEUX® ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

Le procédé TECHNO PIEUX® ne dispose d'aucune déclaration sanitaire.

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des

substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

2.2.2 Durabilité - Entretien

La protection contre la corrosion est assurée :

- Soit par une surépaisseur des éléments, déterminée conformément EC3-5 (NF EN1993-5), en fonction de la durée de vie de l'ouvrage et du type de sol. Dans les tableaux de capacité portante des tubes, une surépaisseur forfaitaire de 1.5 mm est déjà prise en compte.
- Soit par une des méthodes de protection active ou passive proposée dans le Dossier Technique établi par le demandeur (DTED).

Concernant les éléments métalliques les exigences de ductilité minimales à respecter sont : $f_u / f_y \geq 1,10$; $e_u \geq 15\epsilon_y$; allongement à rupture $\geq 15\%$. Par ailleurs la classe d'exécution minimale suivant NF EN 1090 sera EXC2.

2.2.3 Fabrication et contrôle

La fabrication des tubes, des hélices et des différentes pièces et de l'assemblage des éléments est réalisée dans les usines Techno Pieux International, Thetford Mines, Québec, Canada.

La fabrication et l'assemblage doivent faire l'objet d'un autocontrôle systématique du fabricant selon les modalités définies au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

2.3 Prescription Techniques

2.3.1 Conditions de conception et de calcul

Une reconnaissance géotechnique sera faite suivant les prescriptions de l'Annexe Nationale clause 2.1 de la NF EN 1997-1. Le contenu de cette reconnaissance servira aux justifications des pieux.

Conformément à l'Eurocode 7 la justification des TECHNO PIEUX® comporte les 4 vérifications suivantes : vérification structurelle aux ELU, vérification géotechnique aux ELU, stabilité générale du site aux ELU, déformations aux ELS et aux ELU. Il convient également, le cas échéant, de mener les vérifications de type UPL, conformément au chapitre 10.3 de la NF P94-962.

Le dimensionnement structurel est réalisé conformément à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5). L'aptitude au fonçage par vissage est vérifiée dans le calcul de la capacité structurelle.

Le dimensionnement est réalisé par expérimentation. A ce titre, l'extrapolation pour des sections différentes, n'est possible que pour des longueurs de pieux ou ancrages similaires.

Le calcul de la capacité portante (ou portance) des TECHNO PIEUX® dans le sol s'appuie sur l'Eurocode 7 (NF EN 1997). Un tassement maximum de 12 mm constitue la base du dimensionnement aux états limites de service vis-à-vis des déplacements verticaux. Les TECHNO PIEUX® fonctionnent prioritairement dans le sens axial.

Si le TECHNO PIEUX® est soumis à des charges latérales ou à des moments de flexion, les tubes doivent être vérifiés selon §5.3 et suivants en tenant compte des caractéristiques mécaniques des sols, les dispositions du §5.82 du DTED permettant de répartir les efforts ou de diminuer les contraintes sur le sol.

La charge reprise par TECHNO PIEUX® est déterminée à partir de la capacité du tube et de la capacité portante du sol.

La solution impliquant la réalisation d'un massif béton, chemisage ou bêche métallique, associés ou non à un remblai compacté destinés à mobiliser le sol en butée doit faire l'objet d'une étude spécifique.

2.3.2 Détermination de la charge reprise par le pieu

Le principe de dimensionnement des TECHNO PIEUX® est le dimensionnement par expérimentation fondée sur les annexes C et E de la norme NF P 94-262.

Les capacités portantes des tableaux 1 et 2 du DTED sont à utiliser à titre d'information en phase de pré-dimensionnement. Dans tous les cas de figure le dimensionnement définitif des TECHNO PIEUX® sera réalisé par le bureau d'étude Techno Pieux sur la base des essais

décrits ci-dessous. Ces essais doivent être réalisés à l'endroit où les conditions de terrain sont les plus défavorables, déterminé sur la base de la reconnaissance géotechnique.

Les essais suivants seront réalisés :

- Essais préalables ou de conformité : essais menées à la rupture hors ouvrage, réalisés avant la réalisation des TECHNO PIEUX® et servant comme base pour le dimensionnement des TECHNO PIEUX®.
 - Les essais préalables ou de conformité sont réalisés dans chaque zone géotechnique considérée comme homogène (1 essai par zone et par type de pieux). Les différents types de pieux sont définis au §3.2 du DTED.
- Essais de contrôle : essais sur des fondations de l'ouvrage après leur réalisation, menés jusqu'à une charge n'excédant pas 1.4 fois la résistance à l'ELS caractéristique

Les fréquences des essais de contrôle sont indiquées au § 6.82 du DTED.

Les essais seront réalisés suivant la NF P 94-150-1 pour les essais de compression, la NF P 94-150-2 pour les essais de traction et la NF P 94-151 pour les essais de cisaillement.

Les résultats des essais devront être consignés dans des procès-verbaux d'essais se basant à minima sur la partie 8 de la NF P 94-150-1, la partie 8 de la NF P 94-150-2 et la partie 6 de la NF P 94-151.

2.33 Utilisation en zones sismiques

Le TECHNO PIEUX® peut s'intégrer dans des structures dissipatives.

En zone sismique et en présence des sols liquéfiables en surface, la capacité portante des Techno Pieux sera calculée en considérant le flambage sur l'épaisseur de la couche liquéfiable (voir §5.33 du DTED).

L'utilisation des TECHNO PIEUX® obliques est interdite dans les cas où l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié impose l'application des règles parasismiques.

Si le coefficient de comportement (q) pour la structure est considéré différent de 1,5, les cas de charges unitaires considérées par le bureau d'étude structure devront être transmises au bureau d'étude TECHNO PIEUX®, afin de pouvoir éventuellement modifier le cas de charge sismique pour le dimensionnement des fondations.

De manière générale, le coefficient de comportement q sera considéré à 1.5 pour le dimensionnement des assemblages structure/fondations.

2.34 Conditions de fabrication

L'autocontrôle du fabricant doit porter d'une part sur la résistance des tubes et de l'hélice et, d'autre part, lorsque ces opérations sont effectuées par Techno Pieux, de la soudure et des éléments de support.

2.35 Conditions de mise en œuvre

Un repérage préalable des conduites et des gaines traversant la zone d'installation des pieux est indispensable avant le démarrage de tout projet.

Un plan de recollement précisant l'implantation des pieux après exécution doit être établi. Il devra afficher les excentrement dont les valeurs devront soit être conformes aux tolérances prises en compte dans le dimensionnement, soit faire l'objet de calculs pour vérifier que celles-ci sont acceptables.

La TECHNO GAINÉ décrite au §3.5 du DTED sera utilisée dans les conditions décrites au §5.83 du DTED. Lorsqu'elle est utilisée, la gaine est mise en place sur le pieu avant enfoncement.

Afin d'éviter l'effet de groupe les dispositions du §5.81 du DTED seront respectées.

Lorsque l'arbre central est constitué de plusieurs éléments de tubes, les raccords doivent être soudés.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 30 juin 2020.

*Pour le Groupe Spécialisé n°3.3
Le Président*

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Aucune modification n'a été apportée au procédé et au domaine d'emploi à l'occasion de cette révision.

Des informations complémentaires concernant les contrôles à réaliser ont été intégrées au Dossier Technique ainsi que dans la partie Avis, au chapitre « Prescriptions Techniques »

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé
n°3.3*

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe

1.1 Dénomination commerciale

TECHNO PIEUX®

Titulaire : Techno Pieux France S.a.r.l.

Le Chaufour

80290 Courcelles sous Moyencourt, France

1.2 Présentation

Le TECHNO PIEUX® est un élément de fondation mixte préfabriqué en acier et qui est vissé dans le sol ; il est constitué :

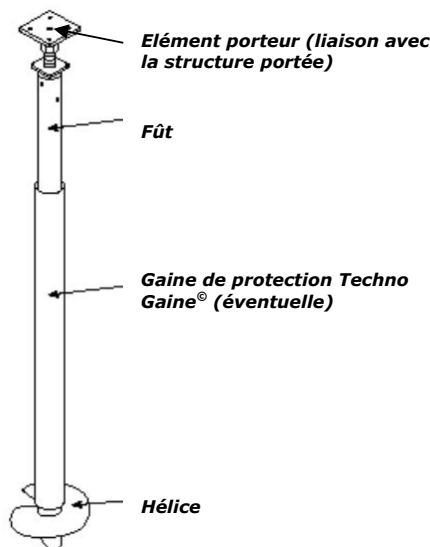
- en tête d'un élément porteur sous forme de différents modèles de platines pour assurer la liaison avec la structure portée,
- d'un fût central de section circulaire,
- vers la base, d'une ou plusieurs hélices soudées au fût.

Sous l'effet du vissage, le sol est refoulé et pratiquement aucun matériau n'est rejeté. Le fût du TECHNO PIEUX® est rallongé au besoin par raccords soudés jusqu'au niveau du sol d'ancrage recherché.

La protection contre la corrosion est réalisée soit : par surépaisseur de matière et renforcée avec un revêtement par galvanisation, soit : par une protection cathodique.

Dans certains cas le fût est équipé d'une gaine de protection en polyéthylène pour l'isoler du sol.

1.3 Schéma-type d'un TECHNO PIEUX®



Voir aussi en figure 1 les deux variantes multi-hélices et les dimensions, et en figure 2 l'assemblage des éléments.

2. Domaine d'emploi

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne et DROM-COM (Départements et Régions d'outre-mer - Collectivités d'outre-mer), pour créer des fondations ponctuelles.

Les TECHNO PIEUX® peuvent être utilisés en construction neuve et pour l'extension ou le confortement de constructions existantes.

Pour les bâtiments de la classe dite « à risque normal » en zones sismiques 1 (très faible) à 5 (forte) selon le zonage sismique de la France (décrets 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010), l'utilisation des TECHNO PIEUX® est possible comme indiqué dans ce dossier technique.

3. Éléments et matériaux

L'ensemble des matériaux constitutifs des TECHNO PIEUX® est conforme à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5).

D'après le tableau 3.1 de l'Eurocode 3 (EN1993-1-1), les résistances de calcul R_d sont calculées à partir de $f_y = 355\text{N/mm}^2$ et $F_u = 470\text{N/mm}^2$.

3.1 Liaison avec la structure portée

En matière de liaison avec la structure portée, l'utilisation du procédé TECHNO PIEUX® inclut uniquement la mise en place des éléments porteurs décrits ci-dessous. Pour les tubes P1® ou P2®, ils sont :

- Fixes CF® ou UF®,
- Ajustables CA® ou UA®,
- soudés CP®.

Pour les tubes P3®, P4®, P5® ou P6®, ils peuvent être :

- soit soudés,
- soit conçus par un Bureau d'Etudes mandaté, en conformité avec les règles de calcul de l'Eurocode 3 (NF EN 1993).

Le métal déposé par soudure a des caractéristiques mécaniques supérieures ou égales aux valeurs minimum exigées pour le matériau de base. L'acier des systèmes de support est conforme à NF EN 10025-3 (correspondance CSA G40.21).

Tout autre élément ou platine de liaison relié directement la structure portée est conçu, fourni et installé par le fournisseur/constructeur de la dite structure.

3.2 Fût

Le fût est constitué d'un tube de section circulaire en acier. Le diamètre et l'épaisseur du tube varient en fonction des charges à reprendre. L'acier des tubes est conforme à la norme NF EN 10219-1.

Modèle de pieu	Type de pieu	Diam. Ext. (po)	Ep. de paroi (po)	Diam. Ext. (mm)	Ep. de paroi (mm)	Diam. Int. (mm)
P1	type 1	1.900	0.145	48.26	3.68	40.89
P2	type 1	2.375	0.154	60.33	3.91	52.51
P3	type 2	3.500	0.216	88.90	5.49	77.93
P3-HD*	type 2	3.500	0.313	88.90	7.95	73.00
P4	type 2	4.000	0.226	101.60	5.74	90.12
P4-HD*	type 2	4.000	0.318	101.60	8.08	85.44
P5	type 3	5.563	0.258	141.29	6.55	128.18
P6	type 3	6.625	0.280	168.28	7.11	154.05

*La référence HD signifie qu'il s'agit d'un pieu à paroi plus épaisse.

3.3 Raccords sur le fût

Les raccords utilisés pour un prolongement du fût avec des rallonges en surface ou hors sol sont de trois types (voir tableaux 3-4 et figure 4) :

- à encastrement et soudé : UE®,
- à tube circulaire et avec appui : UI-2®,
- à tube carré et avec appui : UI-1®.

Dans le cas de TECHNO PIEUX® la longueur de fonçage dans le sol nécessite des rallonges, les tubes successifs du fût sont assemblés par un raccord de type UE® soudé sur chantier au fur et à mesure du fonçage sur chacun des tubes.

Les tubes et les raccords constituant le fût sont conçus pour transmettre les charges et éviter toute séparation pendant et après l'exécution.

L'acier composant les raccords est identique à celui des fûts, conforme à NF EN 10219-1.

3.4 Hélices

Les hélices ont un diamètre compris entre 152mm et 610mm. Leur épaisseur est de 9mm pour les tubes P1® et P2® et de 12,5mm pour les autres tubes. Le pas de l'hélice est fixe et a pour valeur 76mm.

Les TECHNO PIEUX® sont généralement fournis avec une hélice à la base du fût. Pour des conditions de sols ou des applications spécifiques, les TECHNO PIEUX® peuvent être munis de deux hélices ou plus réparties le long du fût (voir figure 1). Le nombre et le diamètre des hélices sont définis en fonction de la charge à reprendre par chaque TECHNO PIEUX®.

Les soudures pour l'assemblage des hélices sur le fût sont réalisées en usine, conformément à la norme CSA W47.1.
L'acier composant les hélices est conforme à norme NF EN 10025-3 (correspondance CSA G40.21).

3.5 Gaine de protection

La gaine de protection en polyéthylène (TECHNO GAINE®) est utilisée pour isoler le fût du TECHNO PIEUX® des mouvements du sol et de l'eau dans le sol, par exemple sous l'action des cycles gel-dégel, des mouvements de nappe, du retrait-gonflement des argiles, ou de l'entraînement par frottement négatif (voir figures 1 et 2).

4. Fabrication - Contrôles

4.1 Description du processus de fabrication

Les pièces des TECHNO PIEUX® sont fabriquées et assemblées dans les usines TECHNO PIEUX International (TPI) à Thetford Mines, Québec, Canada, ou les usines agréées par TPI.

Les différentes pièces des éléments porteurs sont assemblées par soudage en usine.

Lorsqu'elle est demandée, la galvanisation des éléments est réalisée selon un procédé à chaud, par une entreprise spécialisée.

La TECHNO GAINE® est produite par un fournisseur dans le respect des prescriptions dimensionnelles et des contrôles qualité spécifiés par TPI.

4.2 Contrôles

La fabrication et l'assemblage, lorsqu'il est réalisé en usine, font l'objet d'un autocontrôle systématique du fabricant selon les modalités définies par TPI au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

L'autocontrôle porte d'une part sur la résistance des tubes, de l'hélice, de la soudure et des éléments porteurs. Il comprend également le contrôle dimensionnel. Un contrôle visuel de la continuité du cordon de soudure est fait à chaque soudure. Un essai de compression de la soudure est réalisé pour 1 hélice sur 1000 de chaque modèle produit.

Les tolérances de fabrication et de montage sont les suivantes :

- pas de l'hélice : +/-1,5mm,
- position de l'hélice : +/-25mm,
- assemblage des systèmes support : +/-3mm,
- arbre centraux et pièces détachées : +/-1,5mm.

4.3 Marquage

Les TECHNO PIEUX® sont identifiés à l'aide d'étiquettes indiquant :

- le modèle du TECHNO PIEUX®,
- l'identité du fabricant, soit : TPI, soit : un manufacturier agréé par TPI,
- la mention « CCMC 13059-R »,
- la mention confirmant que le procédé dispose d'un Avis Technique émis par la CCFAT et disponible sur le site internet du CSTB.

5. Règles de conception

5.1 Généralités

Pour chaque projet, le ou les types et les dimensions des TECHNO PIEUX® sont définis par le bureau d'études TECHNO PIEUX qui s'assure que leur mise en place est adaptée aux conditions particulières du terrain et aux contraintes d'environnement. Les équipements et les techniques d'aide au fonçage sont alors spécifiées (NF EN 12633 §7.2).

Le TECHNO PIEUX®, une fois lié à la superstructure de la construction, est utilisé pour reprendre des efforts axiaux de traction ou de compression, des efforts transversaux de cisaillement et des moments.

Les dispositions des bases de calcul de l'Eurocode 0 (NF EN 1990) s'appliquent aux TECHNO PIEUX® qui sont dimensionnés selon les critères d'états limites.

Le principe de conception du TECHNO PIEUX® suit les principes des Eurocodes. En particulier, le dimensionnement structurel est réalisé conformément à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5). L'aptitude au fonçage par vissage est vérifiée dans le calcul de la capacité structurelle.

Le calcul de la capacité portante (ou portance) des TECHNO PIEUX® dans le sol s'appuie sur l'Eurocode 7 (NF EN 1997). Un tassement maximum de 12 mm constitue la base du dimensionnement aux états limites de service vis-à-vis des déplacements verticaux.

5.2 Protection contre la corrosion

Les catégories de durée d'utilisation du projet sont indiquées dans l'Eurocode 0 (NF EN 1990) au tableau 2.1.

Conformément à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5§4.1) :

- la durée d'utilisation de projet requise des TECHNO PIEUX® est spécifiée pour chaque projet, A défaut, la durée d'utilisation de projet prise en compte par TECHNO PIEUX® est mentionnée dans les documents d'études en référence au tableau 2.1 ci-dessus sans réduction des durées maximum indiquées,
- le système de protection anticorrosion est défini pour chaque projet.

Les mesures suivantes sont prises pour prolonger la durée de vie des TECHNO PIEUX® :

5.2.1 Perte d'épaisseur de matériaux

Dans le cas de structures dont la durée de vie est fixée par les documents du marché ou à défaut par le tableau 2.1 ci-dessus, le dimensionnement de l'épaisseur des parois des éléments du TECHNO PIEUX® prend en compte la perte d'épaisseur correspondante, selon les tableaux 4.1 et 4.2 de NF EN 1993-5§4.4.

Le dimensionnement des TECHNO PIEUX® permet de garantir la résistance structurelle présentée dans les tableaux 1 et 2 pour des sols non agressifs au sens de l'EN 1993-5 et pour des durées d'utilisation de projet inférieures à 50 ans sans autre mesure de protection.

Pour des sols dits agressifs au sens de l'EN 1993-5 et pour des durées d'utilisation de projet supérieure à 50 ans, Le dimensionnement est réalisé selon l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1) en fonction des charges à reprendre avec la possibilité de recours à la protection cathodique décrite au §5.23.

5.2.2 Revêtement par galvanisation

La protection des TECHNO PIEUX® contre la corrosion peut être renforcée par une galvanisation des éléments effectuée à chaud en usine (partie hors sol ou totalité du TECHNO PIEUX®).

Les contrôles de l'épaisseur, de l'adhérence et de l'apparence sont effectués selon la norme CSA-G164-M92 avec une épaisseur minimale de 610 g/m².

5.2.3 Protection cathodique

Cette protection du TECHNO PIEUX® consiste en l'utilisation d'une anode consommable ou par l'application d'un potentiel électrique externe.

Elle est nécessaire notamment dans des sols fortement agressifs ou lorsque la prise en compte de la réduction d'épaisseur n'est pas appropriée.

Le dimensionnement a pour but de déterminer les composantes nécessaires pour assurer une puissance de protection suffisante et la durée de vie prescrite. Il est réalisé suivant la norme NF EN 12954 par un technicien certifié Techno Protection de niveau 1 au sens de la norme NF EN 15257.

Les étapes de dimensionnement sont les suivantes :

- Détermination de la densité de courant nécessaire pour la mise hors corrosion (c'est à dire inférieur à 0.01 mm/an), en fonction du type de sol (tableau données INERIS) :

Milieu électrolytique	Densité de courant
• Sols :	•
• a) sol sec	• 10 mA/m
• b) sol humide agressif	• jusqu'à 30 mA/m

- Calcul de la surface à protéger (surface du fût + hélice d'un TECHNO PIEUX multipliée par le nombre des TECHNO PIEUX)
- Calcul de l'intensité nécessaire :
 - Densité courant (mA/m²) X surface à protéger (m²)
- Choix des composantes (les spin-anodes (voir Figure 10), les connecteurs (câbles §7.11.1 NF EN 12954) et le redresseur (voir Figure 11)), en fonction de la durée de vie requise

La mise en œuvre est réalisée par des installateurs certifiés TECHNO PIEUX et le contrôle de l'installation par un technicien certifié TECHNO PROTECTION.

Opérateur	Missions
Installateur TP	Mise en place des Techno Pieux + rapport d'installation
Installateur TPRO	Dimensionnement
Installateur TP	Mise en place des spin-anodes
Installateur TP	Liaison entre Techno Pieux pour former la cathode
Installateur TPRO	Vérification connexion de la cathode
Installateur TPRO	Contrôle de la valeur de référence des pieux Potentiel naturel E_n
Installateur TPRO	Branchement du redresseur
Installateur TPRO	Réglage du redresseur

Installateur TPRO	Vérification du potentiel de protection des Techno Pieux Potentiel de protection E_p
Installateur TPRO	Rapport d'installation

Nota :

Installateur TP = installateur ayant suivi une formation d'une semaine au centre de formation Techno Pieux de Thetford Mines (Québec). ;

Installateur TPRO = installateurs ayant reçu la formation d'installateur Techno Pieux, ainsi qu'une formation complémentaire correspondant à la formation sectorielle décrite au §7.2.6 de la norme NF EN 15257. De plus ces personnels ont une certification niveau 1, décrite par la NF EN 15257

Chaque intervention du technicien certifié Techno Protection est consignée dans un rapport qui doit contenir :

- Le rapport d'installation des Techno Pieux.
- La valeur référence – Potentiel naturel E_n .
- Le modèle de redresseur mis en service.
- La valeur finale – Potentiel de protection E_p .

5.3 Dimensionnement aux états limites ultimes

La prise en compte des critères d'état limite ultime impliquent les vérifications suivantes :

5.31 Vérification structurelle

Vérifie l'absence de défaillance interne ou de déformation excessive du TECHNO PIEUX® lorsque la résistance des matériaux domine et évite ainsi la ruine intrinsèque de la structure du TECHNO PIEUX® provoquée par :

- le couple atteint pendant le vissage du TECHNO PIEUX®,
- le flambement global par flexion et/ou compression, voir en §5.33,
- l'effort normal et/ou la flexion, voir en §5.34,
- la ruine locale au niveau des points d'application des charges, voir en §5.34.

5.32 Vérification géotechnique

Vérifie l'absence de défaillance ou de déformation excessive du sol lorsque les résistances du sol deviennent significatives pour la résistance du système de fondation.

La résistance du sol pour les TECHNO PIEUX® est calculée selon l'Eurocode 7 (NF EN 1997-1) et les Annexes Nationales d'application.

Si requis, le tassement à l'ELU d'un TECHNO PIEUX® peut être évalué par l'exploitation directe des essais de chargement mené à la rupture.

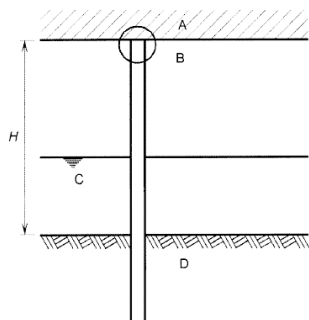
5.33 Vérification de la stabilité

Vérifie l'absence de perte d'équilibre statique de la structure ou d'une partie de celle-ci, considérée comme un corps rigide. Résulte en général d'une combinaison d'une rupture du sol et de la ruine intrinsèque de la structure

Selon l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5 §5.3.3), la longueur de flambement peut être estimée de la manière suivante :

$$l_{cr} = k H$$

La valeur k tient compte de l'assemblage entre l'élément porteur en tête du TECHNO PIEUX® et la dalle en béton ou la structure en bois ou acier.



- A Structure en béton ou en acier
- B Assemblage
- C Eau ou sol mou
- D Sol ferme

$$l_{cr} = k H \text{ avec } \begin{cases} 1,0 & \text{assemblage B maintenu et articulé} \\ k = 0,7 & \text{assemblage B encastré et maintenu} \\ 2,0 & \text{assemblage B encastré, mais non maintenu} \end{cases}$$

Selon l'Eurocode 7 (NF EN 1997-1 §7.8), les TECHNO PIEUX® sont vérifiés vis-à-vis du flambage lorsqu'ils traversent de l'eau, des dépôts épais de sol très faible ou des couches de sol ayant une résistance par cohésion non drainée c_u représentative inférieure à 10 kPa. Dans ce

cas uniquement la hauteur libre « H » prend en compte l'épaisseur de « sol mou » correspondante.

La stabilité au flambage par compression des TECHNO PIEUX® ancrés dans des sols non agressifs est normalement assurée tant que la charge reprise par les TECHNO PIEUX® reste limitée dans les conditions indiquées au tableau 1 & 2, et pour des longueurs libres « H » inférieures à 1m pour les tubes TECHNO PIEUX® P1® et P2® et 2m pour les autres références. Au-delà de ces longueurs, une justification de la tenue au flambage est effectuée selon l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1 §6.3.1).

Dans le cas de charges latérales non négligeables, il est possible d'augmenter le diamètre du fût des TECHNO PIEUX® ou d'appliquer une des dispositions de mise en œuvre spécifiques qui sont indiquées figure 6, 7 et 8.

La stabilité du pieu dépend des mesures prises pour prendre en compte les effets de la corrosion, selon les dispositions du paragraphe 5.2 ci-dessus.

5.34 Vérification des sections transversales

L'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1 §5.5) définit la classification des sections transversales afin d'identifier que leur résistance et leur capacité en rotation limite l'apparition du voilement local.

Les tubes TECHNO PIEUX® utilisent un acier ayant un f_y de 355 N/mm², soit : $50 \cdot \epsilon = 33$.

Comme indiqué dans le tableau du § 3.1 de l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1 §5.5) les tubes TECHNO PIEUX® ont des sections de classe 1 avec des rapports $D/t < 33$. Cette condition est encore vérifiée avec une perte d'épaisseur par corrosion, y compris en cas de sols très agressifs sous protection cathodique.

La vérification de la résistance des sections transversales les plus sollicitées des TECHNO PIEUX® utilise l'approche de l'Eurocode 3 (EN1993-1-1 §6.2) notamment en ce qui concerne la vérification des sections en résistance plastique en cas de sollicitation en flexion et effort normal où l'on doit vérifier :

$$(N_{ed} / N_{pl,Rd}) + (M_{N,Rd} / M_{pl,Rd}) \leq 1$$

Sauf cas particulier, et conformément à NF EN 1993-1-1 §6.2.10, la résistance au cisaillement plastique de calcul n'est pas prise en compte car l'effort tranchant, limité par la résistance du sol, n'excède pas 50% de la résistance au cisaillement plastique de calcul $V_{pl,Rd}$.

5.4 Dimensionnement aux états limites de service

L'analyse structurale des pieux est basée sur le même type de modèle que celui utilisé pour les états limites ultimes.

Selon l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5 §2.3) et sauf spécification contraire, les critères d'état limite de service suivants sont vérifiés :

5.41 Limites de tassements verticaux

Les limites de tassements verticaux admissibles par la structure supportée doivent être précisées dans le projet par le client.

Le tassement à l'ELS d'un TECHNO PIEUX® peut être évalué selon trois méthodes :

- par la méthode semi-empirique présentée aux tableaux (1) et (2) de pré-dimensionnement du document technique (issues des résultats d'un grand nombre d'essais de chargement en compression et en traction menés à la rupture). Ces tableaux de charges sont calés sur un tassement admissible ELS limité à 12 mm en tête du TECHNO PIEUX®,
- par l'exploitation directe des essais de chargement,
- par la méthode semi-empirique basée sur l'expérience du dépouillement des essais au pressiomètre MENARD. L'analyse d'essais de chargement de TECHNO PIEUX® menés jusqu'à la rupture dans différents types de sol cohérents et granulaires a permis de confirmer la correspondance entre les tassements prévisibles (Ménard) et les tassements réels (essais), dû à la forme particulière en « semelle circulaire » de la base des TECHNO PIEUX®.

5.42 Limite de vibrations

Les cas particuliers de structures soumises à des vibrations ou de TECHNO PIEUX® en fondation de machines vibrantes sont étudiés spécifiquement vis-à-vis des tassements excessifs, des résonances et de la liquéfaction des sols comme indiqué dans l'Eurocode 7 (NF EN 1997-2 §6.6.4). Pour les vibrations provoquées par les tremblements de terre, l'Eurocode 8 est appliqué (NF EN 1998).

Dans le cas où les longueurs hors sol de TECHNO PIEUX® sont importantes, il peut être nécessaire de les contreventer de façon appropriée à des structures directement assemblées aux TECHNO PIEUX® ou adjacentes à ceux-ci.

5.5 Dimensionnement des assemblages

Les différents types d'assemblage sont liés aux modes et procédés d'exécution de la construction à supporter et sont décrits en annexe de ce document aux figures 3 et 4.

L'assemblage par soudure est le plus souvent utilisé.

Le dimensionnement doit répondre à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-8). D'après l'annexe Nationale (NF EN 1993-1-8 NA), le coefficient partiel γ_M pour les assemblages soudés ou boulonnés est $\gamma_{M2} = 1,25$.

5.6 Méthode générale de conception

5.6.1 Données d'entrées à la conception

1. Le plan d'interface de la superstructure et les fondations :

Un ensemble de documents fournis par le demandeur doit permettre d'identifier les modes et procédés d'exécution de la construction à supporter, la position des descentes de charge, la conception des niveaux bas.

La conception du système de fondation TECHNO PIEUX® permet de répartir l'ensemble des charges de la construction dans le sol par l'intermédiaire d'éléments pour transmettre ces charges sur les fûts des TECHNO PIEUX®.

2. Les descentes de charges :

L'évaluation des actions (charge permanente/exploitation, sollicitations climatiques et sismique) doivent être réalisées sur la base de l'Eurocode 1 (NF EN 1991) et spécifiées pour le projet par le client.

3. L'étude géotechnique :

La reconnaissance géotechnique est faite suivant les prescriptions de l'Annexe Nationale, clause 2.1 de l'Eurocode7, partie 1.

5.6.2 Conception et dimensionnement par expérimentation

5.6.2.1 Charge reprise en compression et en traction

Le pré-dimensionnement est effectué à partir des tableaux 1 & 2 du présent dossier technique et d'une étude géotechnique.

Le dimensionnement par expérimentation, en considérant les informations ayant servies au pré-dimensionnement, est effectué selon EC 7, (NF EN 1997-1 et 2), ainsi que NFP 94 262 pour son domaine d'application, avec limitations des charges pour les projets courants, et limitations des déplacements pour les projets sensibles et en considérant les exigences du présent dossier technique dont les capacités des tubes et capacité portante du sol.

Les essais de conformité statique consistent en l'application de charges par incréments selon les normes NF P94-150-1 en compression et NF P94-150-2 en traction. Ces essais de conformité statique sont menés jusqu'aux critères de rupture de 5 cm et au moins 10% du diamètre de l'hélice.

5.6.2.2 Charge reprise en cisaillement

Le pré-dimensionnement est effectué à partir d'expériences acquises sur le comportement observé d'une fondation sur pieux comparable tel que mentionné EC 7 (NF EN 1997-1, 7.4.1(1)) et d'une étude géotechnique.

Le dimensionnement par expérimentation, sur la base des informations ayant servies au pré-dimensionnement, est effectué selon EC 7, (NF EN 1997-1, sections 7.4, 7.5 et 7.7), ainsi que NFP 94 262 pour son domaine d'application, et en considérant les exigences du présent dossier technique dont la capacité des tubes.

Les essais de conformité statique consistent en l'application de charges par incréments selon NF P94-151, les critères de rupture étant déterminés par le Maître d'œuvre.

5.6.3 Eléments du dossier de conception du système

La conception aboutit à la définition des éléments suivants :

- Les dimensions du fût des hélices, des raccords ;
- La profondeur d'ancrage minimum, les équipements à utiliser et les paramètres d'exécution à atteindre (pression, couple,...) ;
- L'interface entre les TECHNO PIEUX® et la structure de la construction ;
- La liste des points à contrôler lors de l'exécution ;
- La spécification du niveau de recépage avant la mise en place de la liaison avec la superstructure ;
- Les types et fréquences de contrôle ;
- Les autres éléments requis selon la spécificité du projet.

5.7 Spécificités de conception en zone sismique

5.7.1 Domaine de justification du TECHNO PIEUX®

Le décret d'application 2010-1255 du 22 octobre 2010 de l'Eurocode 8 (NF EN 1998-1), qui spécifie l'application de la réglementation parasismique française, définit les catégories d'importance des bâtiments et les zones géographiques de sismicité.

5.7.2 Principe de conception de système de fondation TECHNO PIEUX®

Le TECHNO PIEUX® peut s'intégrer dans des structures dissipatives. Les rotules plastiques ne sont pas autorisées dans le TECHNO PIEUX®.

La démarche de dimensionnement s'appuie exclusivement sur les préconisations des Eurocodes, notamment l'EN 1993-1, l'EN 1993-5 l'EN 1998-1 et l'EN 1998-5 et les annexes nationales correspondantes.

5.7.2.1 Vérifications aux états limites ultimes

Ils sont associés à l'effondrement ou des formes de rupture mettant en danger les personnes.

Pour les ELU sismiques, il convient de prendre en compte les coefficients relatifs aux fondations profondes, c'est-à-dire $\gamma_t = 1,1$ pour les ELU relatifs à la compression et $\gamma_t = 1,15$ pour les ELU relatifs à la traction.

Les TECHNO PIEUX® sont dimensionnés sans possibilité de rotules plastiques.

5.7.2.2 Vérification de l'état de limitation des dommages

Le décret d'application 2010-1255 du 22 octobre 2010 indique un coefficient $v=0.4$ de réduction de l'action sismique

A partir de la raideur équivalente en flexion des TECHNO PIEUX® ancrés dans le sol et des efforts horizontaux issus des combinaisons de charge, on en déduit les déplacements en tête à l'ELS pour chacune des 2 directions principales du séisme.

Les résultats sont à considérer par le demandeur en fonction de ce que le bâtiment est capable de supporter avant que n'apparaissent des dommages trop importants dans la structure.

5.7.3 Démarche de dimensionnement

La démarche suivante reprend les étapes de la note de calcul élaborée spécifiquement pour les TECHNO PIEUX® :

- Données de la construction ;
- Effets des actions pour la situation sismique de calcul ;
- Système de fondation TECHNO PIEUX® ;
- Calcul de la résistance latérale du sol mobilisé ;
- Limitation des dommages à l'ELS ;
- Vérification du système de fondation TECHNO PIEUX® à l'ELU.

Les travaux sur un existant ne doivent pas aggraver la vulnérabilité au séisme. En cas de renforcement parasismique, le niveau de dimensionnement relève du choix du Maître d'Ouvrage.

Une attention particulière sera apportée aux risques que présentent les sols liquéfiables décrits dans l'étude géotechnique.

Sauf dispositions particulières, les pieux obliques sont interdits dans le cas où l'application des règles parasismiques est rendue obligatoire par l'article 3 de l'Arrêté du 22/10/2010 modifié. Si nécessaire, l'augmentation de la rigidité transversale est assurée par l'utilisation de sections plus importantes.

5.7.4 Conception de la liaison du TECHNO PIEUX® avec la superstructure

Le dimensionnement des éléments de liaison et des procédés d'assemblage est défini par le bureau d'études structure en charge de l'ouvrage à porter.

5.8 Traitement des situations particulières

5.8.1 Effet de groupe

Afin d'éviter les effets de groupe, l'espacement entre-axe des TECHNO PIEUX® doit être supérieur à 3 fois le diamètre de l'hélice la plus grande des TECHNO PIEUX® contigus, tel que mentionné à NF P 94-262.

5.8.2 Dispositions constructives pour répartir les efforts latéraux

Lorsque la résistance latérale du sol est insuffisante pour reprendre les efforts transversaux ou un moment de flexion, les quatre options suivantes sont recommandées :

1. TECHNO PIEUX® obliques (sauf en zone sismique sous conditions de §5.7.3) : un TECHNO PIEUX® vertical est remplacé par au moins deux TECHNO PIEUX® inclinés de 15° avec la verticale de manière à décomposer les charges horizontales et les moments de flexion en charges axiales (cf. Figure 8) ;
2. TECHNO PIEUX® vertical avec massif béton dont le dimensionnement doit être effectué par un bureau d'étude compétent. (cf. Figure 7) ;
3. TECHNO PIEUX® vertical avec chemisage ou bêche métallique augmentant la section résistante des pieux dans la partie supérieure (cf. figure 8) ;

4. TECHNO PIEUX® verticaux groupés dans le cas de moment de flexion en tête, les pieux verticaux sont solidarisés à l'aide d'un massif béton coulé en place. Le dimensionnement du massif béton doit être effectué par un bureau d'étude compétent.

Deux autres techniques permettent de répartir les charges latérales entre plusieurs pieux :

1. Contreventement en tête : Les TECHNO PIEUX® sont généralement solidarisés par groupe d'au moins trois TECHNO PIEUX® par des croix de contreventement, fixées sur la partie hors-sol des TECHNO PIEUX® ;
2. TECHNO PIEUX® de stabilisation posés inclinés et fixés aux TECHNO PIEUX® à stabiliser (tension et compression) (voir Figure 6).

5.83 Mouvements de sols

Dans le cas de couches de sol argileux soumis au retrait gonflement des argiles, de risque liés aux cycles gels dégel en profondeur, ou d'entraînement par tassement général dû à un remblai, l'utilisation de la TECHNO GAINE® est obligatoire, sauf dispositions constructives spécifiques.

La longueur de protection en tête par la TECHNO GAINE® est donnée par l'étude géotechnique et à défaut par les dispositions forfaitaires réglementaires en vigueur.

Lorsqu'elle est utilisée, la TECHNO GAINE® est mise en place sur le pieu avant enfoncement.

6. Mise en œuvre

6.1 Surveillance et contrôle d'exécution

Conformément aux hypothèses des Eurocodes, une personne qualifiée et expérimentée doit être responsable des travaux notamment

- de la conformité des travaux par rapport aux normes,
- de l'application des procédures d'exécution agréées par TECHNO PIEUX®,
- de la conservation des comptes rendus d'exécution,
- d'informer le client et/ou le concepteur de tout changement, non-conformité ou écart par rapport aux prévisions.

6.2 Certifications des installateurs

L'installateur doit être agréé par TECHNO PIEUX INTERNATIONAL à l'issue d'une formation spécifique pour obtenir la qualification d'« installateur certifié ».

Sur le site, l'installateur certifié doit toujours porter sur lui sa carte d'identification avec photo afin de pouvoir montrer qu'il est autorisé à procéder à la mise en place des TECHNO PIEUX®.

6.3 Implantation et précision de pose

Un repérage préalable des conduites et des réseaux traversant la zone d'installation des TECHNO PIEUX® est indispensable avant le démarrage de tout projet.

La structure doit être dimensionnée pour reprendre les effets des tolérances d'excentrement de +/- 5cm en plan et en verticalité de 3%.

Tout écart supérieur aux tolérances ci-dessus doit être consigné et doit donner lieu à des adaptations appropriées.

6.4 Equipements de pose

Les TECHNO PIEUX® sont mis en place par vissage sous l'action combinée de forces de rotation et d'une poussée verticale.

Les TECHNO PIEUX® sont mis en œuvre exclusivement à l'aide des machines spécifiques suivantes développées par TPI :

- R2DPIEUX® ;
- EM1® ;
- ET1®.

Les équipements d'installation R2DPieux®, EM1® et ET1® décrits en annexe figures 5 sont certifiés CE selon la directive Machine 2006-42-CE.

Les instruments utilisés pour le contrôle de la mise en place et/ou des effets de cette mise en place doivent être appropriés au but recherché et sont étalonnés.

L'équipement de fonçage est choisi de telle sorte que la contrainte maximale générée dans les TECHNO PIEUX® lors du vissage ne dépasse pas 90% de la résistance élastique caractéristique de l'acier.

6.5 Suivi des valeurs de couple de vissage - Relation couple portance (compression et traction)

La valeur du couple de l'équipement mesurée en continu en cours de vissage sert de moyen de contrôle de la capacité portante de chaque TECHNO PIEUX® installé.

Elle permet de confirmer l'homogénéité de portance pour l'ensemble des TECHNO PIEUX® d'un même projet.

Cette valeur de couple est établie à partir des chartes de charge complétées des étalonnages annuels des équipements.

Pour tous les projets, il est vérifié que les couples de pose de l'ensemble des TECHNO PIEUX® sont au moins égaux ou supérieurs aux couples du TECHNO PIEUX® de référence ou prescrit par les chartes.

En cas d'obtention d'un couple d'enfoncement inférieur au couple de référence sans possibilité de poursuivre l'enfoncement (cas d'un bloc par exemple), un essai de chargement doit être réalisé.

Si l'essai de chargement est non conforme, le déplacement ou l'ajout d'un TECHNO PIEUX® supplémentaire est requis.

6.6 Assemblage des rallonges

Lorsque le fût est constitué de plusieurs tubes, les raccords sont soudés. L'assemblage par soudure des tubes du fût d'un TECHNO PIEUX® est réalisé par un soudeur qualifié.

Les raccords permettent de maintenir l'alignement et la position des éléments pendant la mise en place. Les dimensions des cordons de soudures et l'exécution garantissent la capacité portante, une durabilité et la résistance structurelle appropriées.

Pour les soudures sur des tubes galvanisés, la soudure est protégée soit par un enduit riche en Zinc, soit par une protection cathodique sacrificielle par « ring anode », soit par les deux.

Les soudures sont conformes aux recommandations de la norme NF EN 12699.

6.7 Eléments porteurs

Des éléments porteurs standards pré-perçés existent. Dans les autres cas, l'élément porteur est fabriqué conformément aux prescriptions du concepteur de la structure.

Les instructions du fabricant sont appliquées pour les peintures et revêtements utilisés en protection contre la corrosion dans les zones soudées par exemple (EN 12633 §6.5).

6.8 Essais sur site

6.8.1 Procédure du pieu de référence (compression et traction)

Le TECHNO PIEUX® de référence a un diamètre du tube déterminé en fonction des charges à reprendre en prenant en compte la corrosion. Le diamètre de l'hélice est en principe de 254mm.

- Si la relation couple portance est vérifiée, c'est-à-dire si un couple supérieur ou égal à celui correspondant à la portance nécessaire est atteint, le sol a la capacité portante donnée par la corrélation.
- Si la corrélation n'est pas vérifiée, une (ou plusieurs) des mesures suivantes est prise, jusqu'à vérification de la corrélation:
 - le TECHNO PIEUX® est enfoncé jusqu'à atteindre la couche de sol ayant la capacité portante requise,
 - le diamètre de l'hélice est augmenté,
 - le nombre d'hélices est augmenté.

Dans tous les cas, le vissage du TECHNO PIEUX® de référence est poursuivi jusqu'au refus ou au moins quatre diamètres d'hélice afin de contrôler la continuité du sol de fondation.

6.8.2 Essais de contrôle en compression ou traction in situ

Il est prescrit un essai pour 200 TECHNO PIEUX en compression pour les projets de plus de 50 TECHNO PIEUX, implanté dans la zone estimée la plus défavorable.

Il est prescrit un essai pour 50 TECHNO PIEUX, y compris pour les projets de moins de 50 TECHNO PIEUX en traction, implanté dans la zone estimée la plus défavorable.

Les essais de contrôle réalisés conformément au §8.9 de la NF P94-262 sont menés jusqu'à l'atteinte de la charge correspondante à 1,4 fois ELS caractéristique.

Les essais statiques consistent en l'application de charges par incréments selon les normes NF P94-150-1 en compression et NF P94-150-2 en traction. À défaut de prescription dans les documents du marché, l'essai est considéré comme conforme si la charge atteinte à l'ELS entraîne un déplacement maximum en tête de 12mm.

Le compte rendu comprend la méthode et la procédure, le résultat ainsi que les conclusions de l'essai de contrôle de chargement.

Les éléments suivants sont enregistrés et tracés :

- Enregistrement du couple mesuré par la pression de l'équipement ;
- Observations en cours de vissage ;
- Profondeur finale de pose.

6.83 Efforts latéraux

6.831 TECHNO PIEUX® de référence – effort en cisaillement

Après la détermination théorique du diamètre du tube des TECHNO PIEUX®, un essai de référence est réalisé afin de confirmer la nature et la densité des sols concernés. Le diamètre de l'hélice est de 254mm ou plus (selon la conception initiale définie en §6.4 du dossier technique).

La pose du TECHNO PIEUX® de référence est suivi en relevant la pression hydraulique tous les 0,2m jusqu'à une profondeur de 2m.

6.832 Essai de contrôle en cisaillement in situ

Après la réalisation du TECHNO PIEUX® de référence, un essai de contrôle en cisaillement est réalisé selon la norme NF P94-151.

Cet essai permet de confirmer la capacité portante en cisaillement en fonction des descentes de charge ainsi que du pré-dimensionnement.

L'essai de contrôle est déclaré conforme si la tête du TECHNO PIEUX® reprend sa position initiale après l'application de la charge de service ELS et que le déplacement reste admissible par la structure supportée.

En cas de non-conformité de l'essai de contrôle en cisaillement, la section du tube du TECHNO PIEUX® de référence est augmentée jusqu'à l'obtention d'un essai conforme. L'utilisation d'un massif béton ou d'un chemisage métallique peut aussi être prescrite.

6.9 Réception

Le compte rendu de chantier contient 2 parties :

- les références et informations générales (type de TECHNO PIEUX®, équipement utilisé, méthode d'exécution, protection de l'acier, ...),
- les informations particulières relatives à la méthode d'exécution (plan de recollement, données d'exécution, profondeur de la base du TECHNO PIEUX®, couple de vissage, ...).
- PV de résultats d'essais.

Le document enregistré et tracé doit être signé par l'installateur certifié.

Si les déviations géométriques mesurées sont supérieures à celles spécifiées au §6.3, le bureau d'études indique les mesures appropriées pour y remédier.

6.10 Maintenance des équipements de pose

Pour le procédé proprement dit, elle est normalement assurée par l'installateur certifié

Il est prévu une calibration annuelle des capteurs de pression et des couples délivrés par les équipements.

7. Assistance technique

Tous les concessionnaires sont appuyés par un Bureau d'Etudes TECHNO PIEUX pour le dimensionnement ou l'exécution de leurs projets.

B. Résultats expérimentaux

TECHNO PIEUX a réalisé plusieurs centaines de planches d'essais en France, USA et Canada depuis 2002.

Ces résultats sont résumés dans des documents internes (justification sismique, justification structurelle, justifications géotechniques de portance et de tassement et planches d'essais).

Note technique de justification de dimensionnement structurel de la gamme Techno Pieux » (réf. NT201201-D du 22/02/2012).

Méthodes de calcul des tassements verticaux en fonction des valeurs caractéristiques géotechniques » (réf. NT201203-A du 20/02/2012).

Note technique de justification de dimensionnement des Techno Pieux en situation sismique » (Réf NT201202-A du 15/03/2012).

Justificatif technique du dimensionnement géotechnique des Techno Pieux » (réf. NT201204-A).

Product development and research helical pile load test – CTL Thompson Inc. » (réf. FC05132.001 du 29-06-2010).

Product testing reports, Helical foundation system, Techno Metal Post, 3.5" O.D., 7-foot long shafts. » (Project No FC05132-475 du 25-05-2010).

Essais de chantier sur pieux vissés Techno Pieux, Mise à l'essai aux fins d'évaluation CCMC », (Dossier 16223-S1242 du 11 février 2002).

Protocole et Résultats des planches d'essais Techno Pieux 2011 » (Réf.NT1103-01-A1 du 29-12-2011).

Ensemble des dossiers exécutés de référence 2010-2011 ».

Détermination du couple de vissage des équipements d'installation R2DPieux, EM-1 et ET-1 » (Equation pression-couple-capacité rev.0 du 15/02/2012).

Dimensionnement structurel des hélices et méthodes de contrôle

Dimensionnement par expérimentation des Techno Pieux en compression et en traction basé sur NF P 94 262.

C. Références

C1. Données Environnementales¹

Le procédé ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

C2. Autres références

Le procédé TECHNO PIEUX® est utilisé depuis plus de vingt ans pour une multitude d'applications : bâtiments commerciaux et industriels, construction et extension d'habitation, garages de tout mode de construction, enseignes publicitaires, ouvrages récréatifs et de loisir, abris de jardins, auvents, vérandas et terrasses ...

2014 - Pavillon R+1 ossature bois Sannois (95)- Techno Pieux modèles P2 - P3 - P4 + Protection cathodique à courant imposée

2015 - Bâtiment enseignement – R+1 Modulaire provisoire 92 500 Rueil Malmaison - Techno Pieux modèle P3

2013- Couverture de 4 terrains de foot indoors Les Grandes Terres – Manosque (04) - Techno Pieux modèle P3 galvanisés

2014 - Centrales photovoltaïques Remire Montjoly (Guyane)- Techno Pieux modèle P4 galvanisés

2014 - Construction d'une maison individuelle béton 1 niveau Propriété Saint Félix – Terre de Haut (97) - Techno Pieux modèles P4 galvanisés + Protection cathodique à courant imposée

2014 – Préau Agen - Techno Pieux modèle P3 galvanisés

2014- Belvédère + passerelle La Rayette - Aigues mortes (30) - Techno Pieux modèles P2 - P3 - P5

2015 - Salle de classe – modulaire Martigues (13) - Techno Pieux modèle P5

2013 - 2 rampes d'accès handicapés 60 000 Beauvais - Techno Pieux modèle P2

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de l'Avis

Tableaux et figures du Dossier Technique

Les tableaux 1 et 2 suivants sont une aide au pré-dimensionnement afin de déterminer la profondeur d'ancrage des TECHNO PIEUX® et d'effectuer un choix préliminaire du type de TECHNO PIEUX® et d'équipement à utiliser.

Le dimensionnement définitif devant être effectué par le Bureau d'Etudes Technique Techno Pieux.

Tableau 1 de pré-dimensionnement des TECHNO PIEUX® (QELS-TP)
en fonction des caractéristiques géotechniques pour un sol GRANULAIRE ou CRAYEUX®

Capacités structurelles $Q_{ELS-tube}^{(4)}$ Techno Pieux avec sur-épaisseur sacrificielle ⁽⁵⁾							$pl^{+ (1)}$	$qc^{(1)}$	Compression $Q_{ELS-TP}^{(2)}$	Traction ⁽³⁾ Q_{ELS-TP}	Traction ⁽³⁾ Q_{ELS-TP}	Capacités des équipements de pose déduit des couples maximums délivrés ⁽⁷⁾								
avec/sans protection cathodique ⁽⁶⁾							(Mpa)	(Mpa)	en kN	en kN	en kN	ET1	EM1	ET2	R2D	R2D	EM1	R2D	R2D	
P1	P2	P3	P4	P3-R	P5	P6	selon tableau B2.1 NFP 94-262			$3 < Dc^{(3)} < 5$	$Dc^{(3)} > 5$	1522 400	812- 315	1522 250	512- 350	L5K- 200	812- 160	212- 200	L5K- 115	
							0,2	1,5	14,79	-7,39	-10,50									
							0,5	4	38,00	-19,00	-26,98									
									44,36	-22,18	-31,49									
									60,62	-30,31	-43,04									
									64,00	-32,00	-45,44									
									68,01	-34,01	-48,29									
							1	10	97,58	-48,79	-69,28									
									110,89	-55,44	-78,73									
									120,90	-60,45	-85,84									
									130,53	-65,26	-92,67									
							2	20	147,20	-73,60	-104,51									
									152,00	-76,00	-107,92									
									155,25	-77,63	-110,23									
									184,00	-92,00	-130,64									
									200,00	-100,00	-142,00									
									223,00	-111,50	-158,33									
									230,00	-115,00	-163,30									

Bien que l'écartement entre TECHNO-PIEUX permette de s'affranchir de l'effet de groupe, le pré-dimensionnement peut être fait selon l'Eurocode 7 partie 1, §7.6.2 (6) et (7) :

- pour une structure rigide, par division entre la charge totale et les capacités unitaires,
- dans les autres cas par justification des pieux les plus sollicités selon le niveau de détail des descentes de charge.

Notes :

1. Valeur caractéristique minimum mesurée ou déduite du contexte géologique avec prudence et valable pour une épaisseur d'au moins 3 m ou 8 fois le diamètre de l'hélice sous la profondeur d'ancrage.
2. Les valeurs en compression sont valables pour un tassement unitaire total de 12 mm maximum, à vérifier avec les préconisations de la structure portée. Consulter le BE Techno Pieux pour des valeurs plus faibles de tassement admissible. Les valeurs des capacités portantes des TECHNO PIEUX® spécifiées dans ce tableau sont des valeurs minimale (cas les plus défavorables). Ces valeurs peuvent être augmentées par la réalisation d'essai de chargement in-situ.
3. Les valeurs en traction sont déduites d'un grand nombre d'essais de chargement. Elles sont rendues possibles par la forme de la base du TECHNO PIEUX® et par sa structure en acier. Les valeurs diffèrent selon la profondeur effective d'ancrage D_c dans l'horizon porteur.
4. Les capacités structurelles sont données pour des sollicitations en compression et en traction pure. Consulter le BE Techno Pieux dans le cas de combinaisons de charge avec du cisaillement ou des moments de flexion ou une hauteur de flambement inhabituelle (eau ou sol mou avec $C_u < 10$ kPa, selon NF EN 1993-5:2007§5.3.3).
5. Une épaisseur sacrificielle est provisionnée pour compenser la corrosion sur une durée de projet inférieur à 50 ans dans des sols non-compactés et non agressifs (selon la définition des tableaux 4.1 et 4.2 de l'EN 1993-5§4.4).
6. La protection cathodique à anode sacrificielle permet une protection au-delà de 100 ans dans des sols non-compactés et non-agressifs. La protection cathodique à courant imposé permet une protection infinie quelques soient les natures de sols. Consulter le BE Techno Pieux pour le dimensionnement exact en fonction des natures de sols à considérer.
7. Les valeurs de capacités de charge peuvent varier légèrement en fonction des résultats d'étalonnage des équipements, consulter le concessionnaire.

Tableau 2 de pré-dimensionnement des TECHNO PIEUX® (QELS-TP)
en fonction des caractéristiques géotechniques pour un sol ARGILEUX OU MARNEUX®

Capacités structurelles Q _{EELS-tube} ⁽⁴⁾ Techno Pieux avec sur-épaisseur sacrificielle ⁽⁵⁾							pl ^{*(1)}	qc ⁽¹⁾	Compression Q _{EELS-TP} ⁽²⁾	Traction ⁽³⁾ Q _{EELS-TP}	Traction ⁽³⁾ Q _{EELS-TP}	Capacités des équipements de pose déduit couples maximums délivrés ⁽⁷⁾							
avec/sans protection cathodique ⁽⁶⁾							(Mpa)	(Mpa)	en kN	en kN	en kN	ET1	EM1	ET1	R2D	R2D	EM1	R2D	
P1	P2	P3	P4	P3-R	P5	P6	selon tableau B2.1 NFP 94-262			3 < Dc ⁽³⁾ < 5	Dc ⁽³⁾ > 5	1522- 400	812- 315	1522- 250	512- 350	L5K- 200	812- 160	212- 200	
									11,50	-5,75	-8,17								
							0,4 / 1	1 / 5	34,50	-17,25	-24,50								
									38,00	-19,00	-26,98								
									47,15	-23,58	-33,48								
									52,90	-26,45	-37,56								
									64,00	-32,00	-45,44								
							1 / 1	2 / 5	75,90	-37,95	-53,89								
									94,30	-47,15	-66,95								
									106,95	-53,48	-75,93								
							2 / 4	4 / 15	147,20	-73,60	-104,51								
									152,00	-76,00	-107,92								
									155,25	-77,63	-110,23								
									184,00	-92,00	-130,64								
									200,00	-100,00	-142,00								
									223,00	-111,50	-158,33								
									230,00	-115,00	-163,30								

Bien que l'écartement entre TECHNO-PIEUX permette de s'affranchir de l'effet de groupe, le pré-dimensionnement peut être fait selon l'Eurocode 7 partie 1, §7.6.2 (6) et (7) :

- pour une structure rigide par division entre la charge totale et les capacités unitaires,
- dans les autres cas par justification des pieux les plus sollicités selon le niveau de détail des descentes de charge.

Notes :

1. Valeur caractéristique minimum mesurée ou déduite du contexte géologique avec prudence et valable pour une épaisseur d'au moins 3 m ou 8 fois le diamètre de l'hélice sous la profondeur d'ancrage.
2. Les valeurs en compression sont valables pour un tassement unitaire total de 12 mm maximum, à vérifier avec les préconisations de la structure portée. Consulter le BE Techno Pieux pour des valeurs plus faibles de tassement admissible. Les valeurs des capacités portantes des TECHNO PIEUX® spécifiées dans ce tableau sont des valeurs minimale (cas les plus défavorables). Ces valeurs peuvent être augmentées par la réalisation d'essai de chargement in-situ.
3. Les valeurs en traction sont déduites d'un grand nombre d'essais de chargement. Elles sont rendues possibles par la forme de la base du TECHNO PIEUX® et par sa structure en acier. Les valeurs diffèrent selon la profondeur effective d'ancrage Dc dans l'horizon porteur.
4. Les capacités structurelles sont données pour des sollicitations en compression et en traction pure. Consulter le BE Techno Pieux dans le cas de combinaisons de charge avec du cisaillement ou des moments de flexion ou une hauteur de flambement inhabituelle (eau ou sol mou avec Cu < 10 kPa, selon NF EN 1993-5:2007§5.3.3).
5. Une épaisseur sacrificielle est provisionnée pour compenser la corrosion sur une durée de projet inférieure à 50 ans dans des sols non-compactés et non agressifs (selon la définition des tableaux 4.1 et 4.2 de l'EN 1993-5§4.4).
6. La protection cathodique à anode sacrificielle permet une protection au-delà de 100 ans dans des sols non-compactés et non-agressifs. La protection cathodique à courant imposé permet une protection infinie quelques soient les natures de sols. Consulter le BE Techno Pieux pour le dimensionnement exact en fonction des natures de sols à considérer.
7. Les valeurs de capacités de charge peuvent varier légèrement en fonction des résultats d'étalonnage des équipements, consulter le concessionnaire.

Tableau 3 de caractéristiques des Raccords UE®

modèle de l'union	Hauteur (mm)	Diamètre extérieur (po)	Epaisseur de paroi (po)	Diamètre extérieur (mm)	Epaisseur de paroi (mm)	Diamètre intérieur (mm)
UE-1	102	2.375	0.154	60,33	3,91	52.51
UE-2	102	2.875	0.203	73.02	5.16	62.68
UE-3	89.00	4.000	0.226	101.60	5.74	90.12
UE-4	89.00	4.50	0.237	114.30	6.02	102.26
UE-5	76.00	6.00	0.188	152.00	4.78	142.44

Tableau 4 de caractéristiques des Raccords UI®

modèle de l'union	Hauteur (mm)	Diamètre extérieur (po)	Epaisseur de paroi (po)	Diamètre extérieur (mm)	Epaisseur de paroi (mm)	Diamètre intérieur (mm)
UI-1	102	1.25	0.125	31.8	3.18	25.44
UI-2	102	2.00	0.125	50.8	3.18	44.44
UI-3	102	2.875	0.203	73.02	5.16	62.68
UI-4	102	3.500	0.216	88.90	5.49	77.93
UI-5	102	5.00	0.25	127.00	6.35	114.30
UI-6	76.00	6.00	0.188	152.00	4.78	142.44

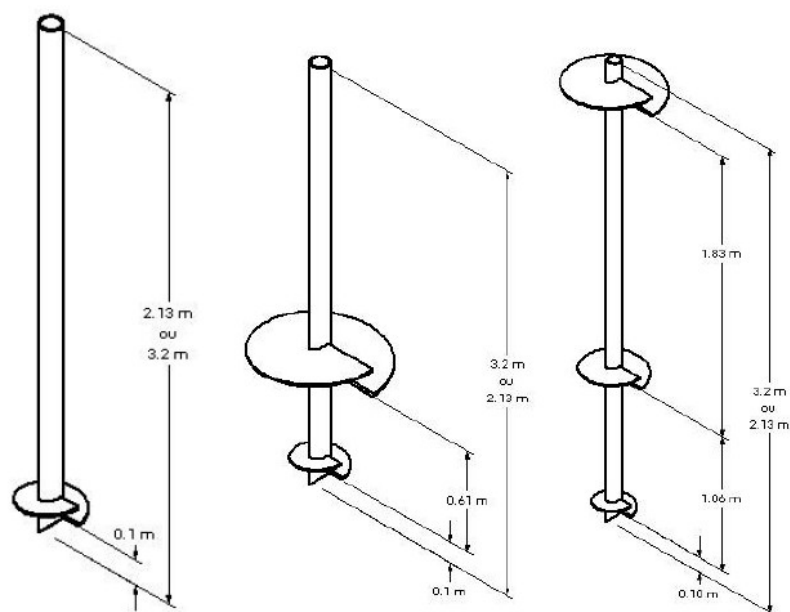


Figure 1 - Procédé TECHNO PIEUX® avec deux variantes possibles (2 ou 3 hélices)

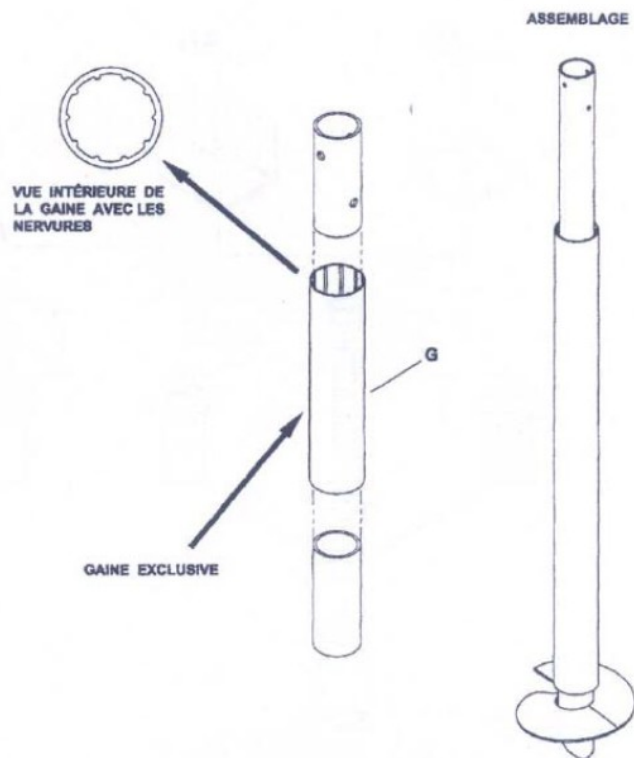


Figure 2 - Assemblage des éléments constituant les TECHNO PIEUX®

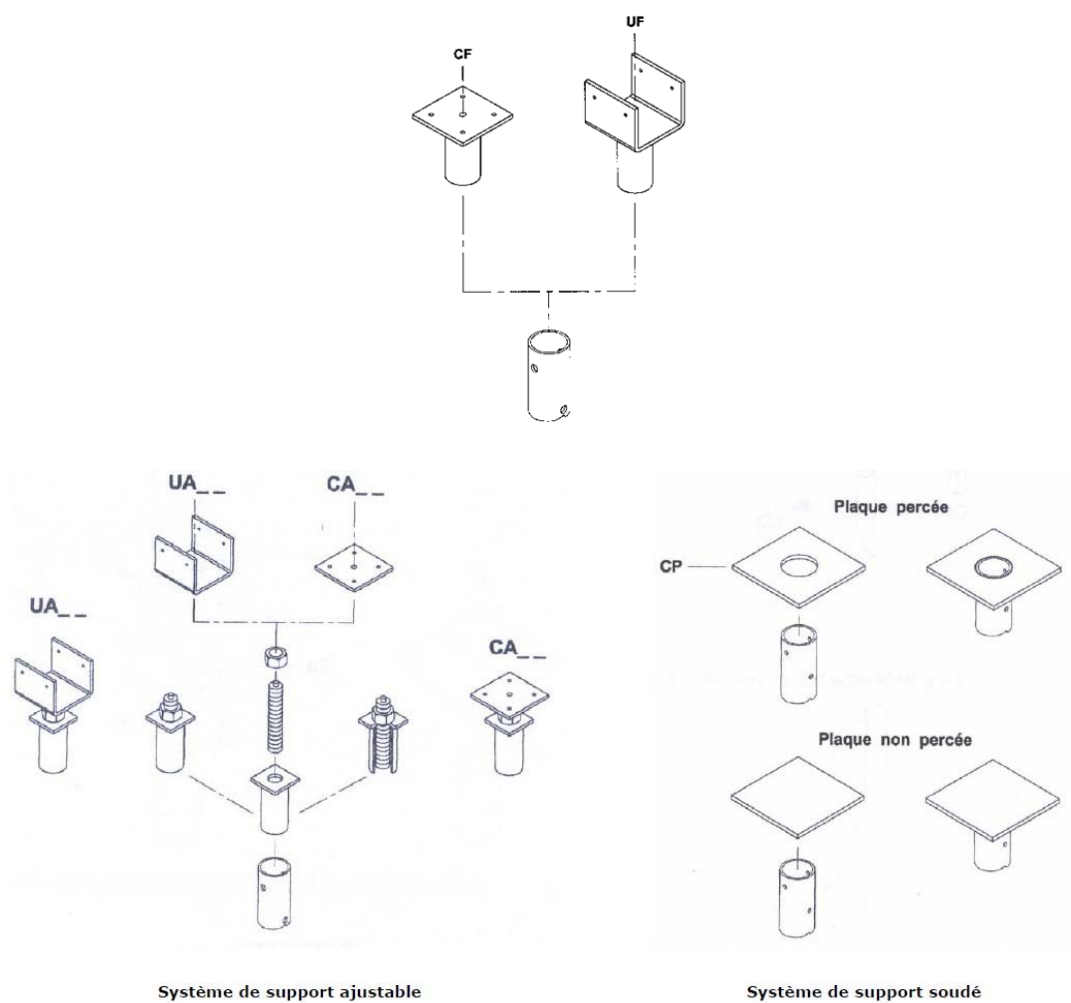


Figure 3 - Systèmes d'éléments porteurs pour TECHNO PIEUX®

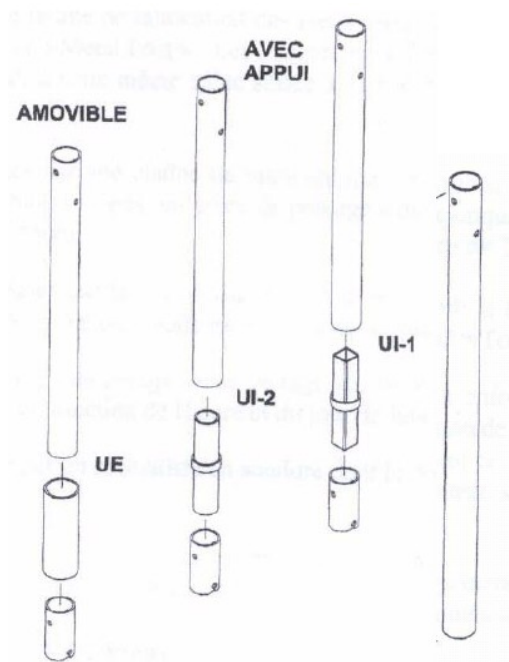


Figure 4 – Systèmes de rallonges et de raccords pour TECHNO PIEUX®

R2DPieux®

Dimensions: 2500 mm X 760 mm X 1500 mm

Poids: 750Kg

Hauteur maximum du mât: 3400 mm

Rotation du mât: +/- 60°

Capacité portante maximale par pieu installé de 12 tonnes

**EM-1®**

Dimensions: 2362mm X 1219mm X 1676 mm

Poids: 2025Kg

Hauteur maximum du mât: 3683 mm

Rotation du mât: 360°

Capacité portante maximale par pieu installé de 15.5 tonnes

**ET-1®**

Dimensions: 4267 mm X 1727 mm X 2133 mm

Poids: 4037Kg

Hauteur maximum du mât: 4572 mm

Rotation du mât: 360°

Capacité portante maximale par pieu installé de 23 tonnes



Figure 5 – Machines pour l'installation des TECHNO PIEUX®

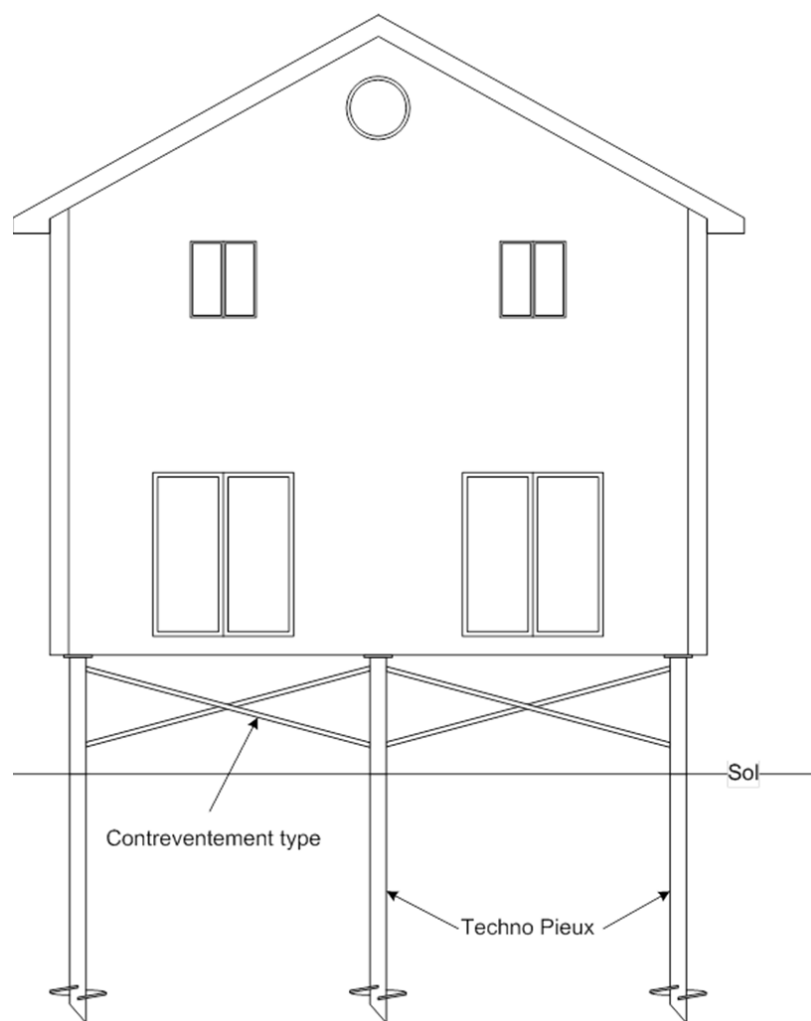


Figure 6 - Principe de contreventement d'une habitation individuelle

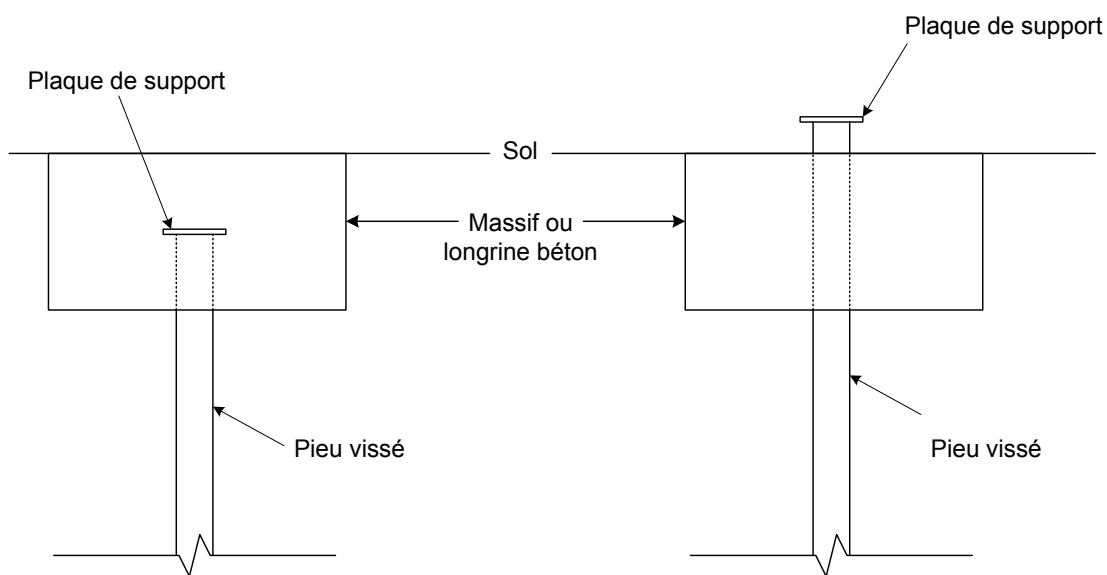
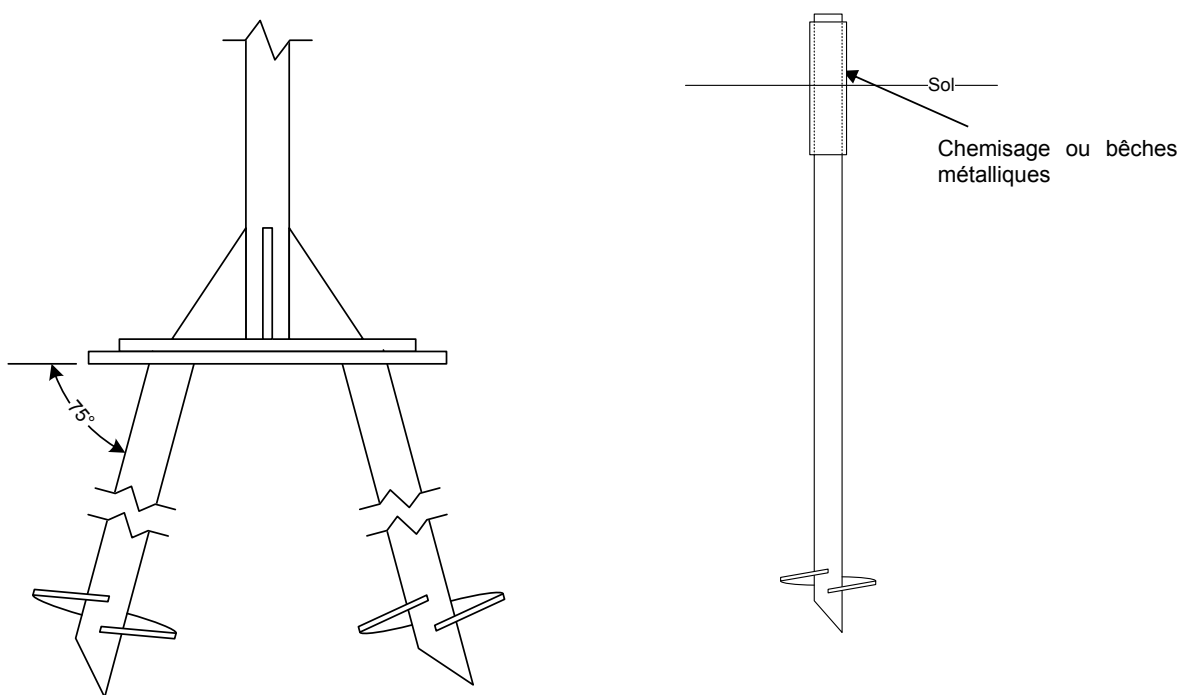


Figure 7 - Principe d'assemblage : cas massif béton



Note : le nombre de pieux dépend de la direction des efforts à équilibrer. Plusieurs pieux peuvent être nécessaires.

Figure 8 –Dispositions constructives pour la reprise des charges latérales en tête des TECHNO PIEUX® (hors zone sismique pour les pieux obliques)

Protection Cathodique

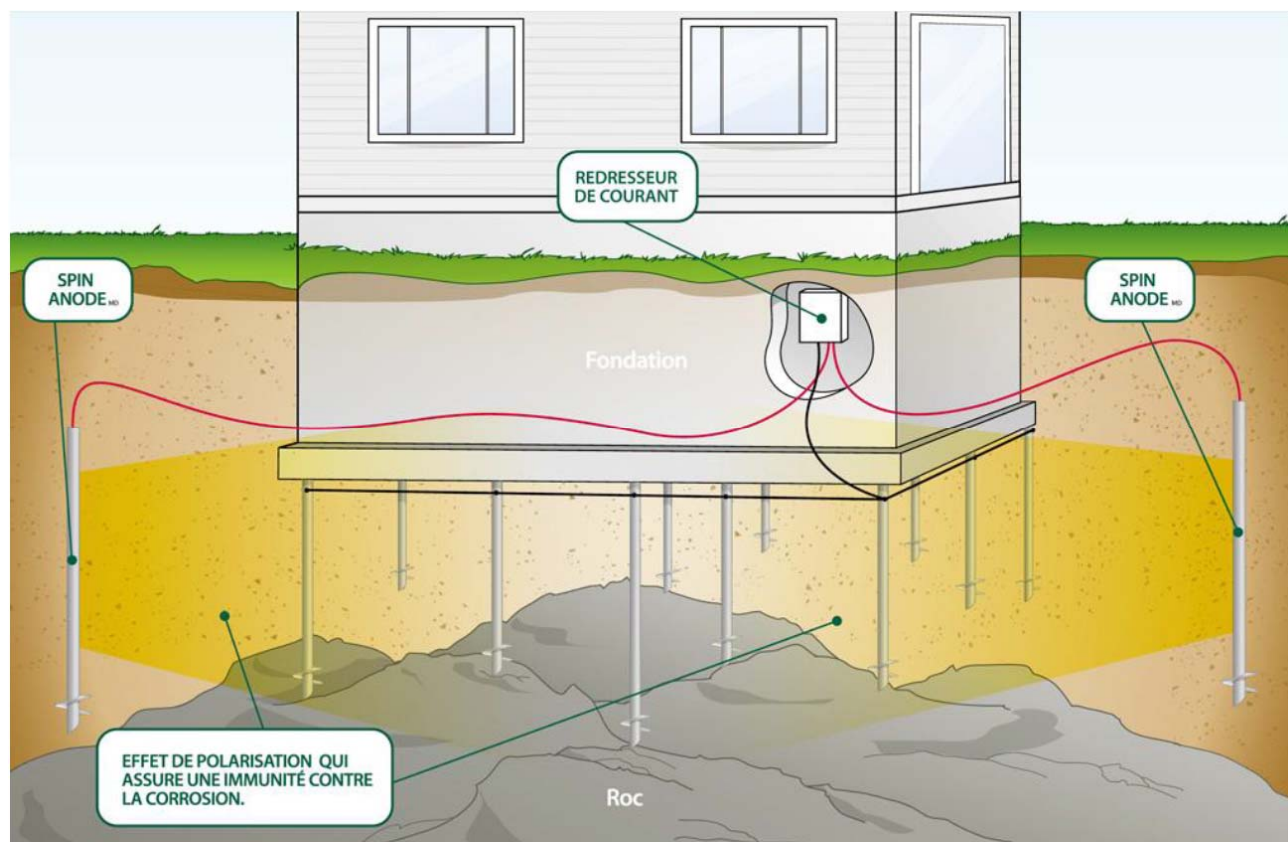


Figure 9 - Fonctionnement de la protection cathodique

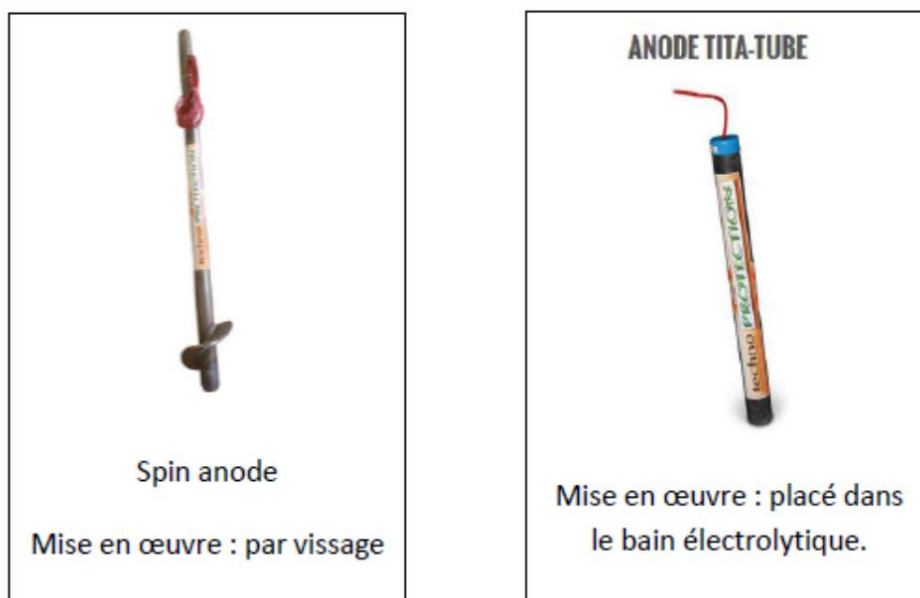


Figure 10 - Les anodes

REDRESSEURS MINI-PROTEC



Redresseur de courant de petites dimensions ayant une capacité DC de 3.5 Volts / 1 amp. Idéal pour la protection cathodique à long terme de petites infrastructures souterraines. Se raccorde directement dans une prise de courant. Disponible pour alimentation primaire AC de 120 Volts ou 240 Volts.

MODÈLE	SPÉCIFICATIONS
Mini-Protec 120/240	Dimensions 3 1/2" H x 3" L x 2 1/2" P Poids 0.5 lb

REDRESSEURS 1Z



Redresseur de courant ayant une capacité DC de 15 Volts / 2,5 amps. Ce redresseur muni d'un circuit (1 zone) se raccorde directement dans une prise de courant. Disponible pour alimentation primaire AC de 120 Volts ou 240 Volts.

MODÈLE	SPÉCIFICATIONS
1Z-120	Dimensions 3" H x 5,5" L x 4" P, Poids : 1 lb
1Z-240	Dimensions 3" H x 5,5" L x 4" P, Poids : 1 lb

REDRESSEURS 3Z (Techno Calk)



Redresseur de courant ayant une capacité DC de 15 Volts / 3 X 2 amps. Ce redresseur muni de trois circuits (3 Zones), permet l'utilisation de plusieurs anodes, ajustable indépendamment. Se raccorde directement dans une prise de courant. Disponible pour alimentation primaire AC de 120 Volts ou 240 Volts.

MODÈLES	SPÉCIFICATIONS
3Z-120	Dimensions 7" H x 11" L x 5" P, Poids 3 lb
3Z-240	Dimensions 7" H x 11" L x 5" P, Poids 3 lb

Figure 11 – Les redresseurs