3.3/26-1117_V1

Valide du **26 octobre 2026**

au **26 octobre 2029**

Sur le procédé

Système de Pieux Hélicoïdaux GoliathTech

Famille de produit/Procédé : Fondations profondes thermoactives

Titulaire(s) : Société GOLIATHTECH Inc.

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Première version du document	PAYET Loïc	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Le pieu Hélicoïdal est un élément de fondation profonde préfabriqué en acier et vissé dans le sol ; il est constitué :

- D'un élément porteur, appelé également « tête de pieu », sous formes différentes, qui assurent la liaison du pieu avec la structure portée ;
- D'un fût central de section circulaire ;
- En option dépendamment de profondeur requise, d'une ou plusieurs raccords de section circulaire ;
- D'une ou plusieurs hélice (s) soudées au fût ou au raccord.

Si nécessaire, le fût du pieu vissé est rallongé par des raccords tubulaires boulonnés jusqu'à l'obtention de la profondeur d'ancrage requise.

La protection contre la corrosion est réalisée :

- Soit par la surépaisseur du métal composant le pieu, en considérant l'épaisseur sacrificielle selon les caractéristiques du sol et la durée de vie de l'ouvrage supporté par les pieux (GOLIATHTECH VENTURA™) ;
- Soit par la galvanisation selon EN ISO 1461 (GOLIATHTECH PRESTIGE™).

Les tubes du procédé sont marqués CE selon la norme EN 1090-2.

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 4
1.1. Domaine d'emploi accepté 4
1.1.1. Zone géographique 4
1.1.2. Ouvrages visés 4
1.2. Appréciation 4
1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé 4
1.2.2. Durabilité 5
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5
2. Dossier Technique 6
2.1. Mode de commercialisation 6
2.2. Description 6
2.2.1. Principe 6
2.2.2. Caractéristiques des composants 6
2.3. Dispositions de conception 8
2.3.1. Généralités 8
2.3.2. Prescriptions 8
2.3.3. Méthode générale de conception 9
2.3.4. Dimensionnement aux états limites ultimes 10
2.3.5. Dimensionnement aux états limites de service (ELS) 12
2.3.6. Traitement des situations particulières 12
2.3.7. Spécificités des ouvrages soumis aux exigences sismiques 14
2.3.8. Protection contre la corrosion 17
2.3.9. Liaison avec l'ouvrage 18
2.4. Dispositions de mise en œuvre 19
2.4.1. Prescriptions 20
2.4.2. Mesures de sécurité pour l'installation 20
2.4.3. Etapes d'installation 20
2.4.4. Tolérances d'exécution 21
2.4.5. Equipements de pose 21
2.4.6. Suivi des valeurs de couple de vissage 21
2.4.7. Assemblage des rallonges 21
2.4.8. Essais de conformité et de contrôle 21
2.4.9. Traitement anti-corrosion sur chantier 22
2.4.10. Réception du chantier 23
2.5. Maintien en service du produit ou procédé 23
2.6. Traitement en fin de vie 23
2.7. Assistante technique 23
2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication 23
2.8.1. Description du processus de fabrication 23
2.8.2. Contrôles en usine 23
2.8.3. Marquage 23
2.9. Mention des justificatifs 24
2.9.1. Résultats expérimentaux 24
2.9.2. Références chantiers 24
2.10. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre 25

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

L'Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine avec possibilité d'emploi en zones de sismicité 1 à 4 (selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié) et aux catégories d'importance de bâtiments I à IV à risque normal moyennant les dispositions spécifiques définies dans le Dossier Technique à l'article 2.3.7, pour créer des fondations ponctuelles.

1.1.2. Ouvrages visés

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe Spécialisé n°3.3 concerne les utilisations dans les bâtiments industriels, bâtiments d'habitation de la 1ère à la 2ème famille, de bureaux, dans les conditions énoncées aux paragraphes ci-après.

Le domaine d'emploi est limité à la réalisation de bâtiments R+1, sans pour autant dépasser 8 m hors toiture.

Le système de Pieux Hélicoïdaux GoliathTech peut être utilisé en construction neuve et pour l'extension ou le confortement d'ouvrages existants.

Le procédé ne peut être utilisé que dans les ouvrages soumis exclusivement à des charges statiques ou quasi-statiques (en comprenant par ces dernières les effets dynamiques courants dus au déplacement des personnes et des appareils légers qui ne produisent pas de vibration).

Les résistances structurales maximales des pieux suivant leur diamètre et leur épaisseur sont (sans hélice) :

Tableau 1 – Résistances structurales des pieux

Diamètre du pieu D (mm)	*Épaisseur (mm)*	*Capacité maximale du pieu (ELU) (kN)*	*Couple limite d'installation (kN.m)*
48	***3,9***	***90***	***2,68***
60	***3,9***	***147***	***4,27***
73	***6,4***	***299***	***10,57***
89	***6,4***	***362***	***17,04***
114	***6,4***	***457***	***25,07***
141	***6,4***	***581***	***39,48***
141	***9,5***	***814***	***55,57***

Remarque : Les valeurs indiquées correspondent aux capacités structurales axiales maximales des fûts centraux, sans prise en compte de la contribution des hélices, vérifiées à l'ELU. Pour un projet donné, la capacité de calcul retenue peut être inférieure à ces valeurs en raison notamment de la capacité portante du sol, du flambement, des sollicitations combinées, des efforts latéraux et des conditions d'installation.

Le couple d'installation, exprimé en kN.m, constitue une limite de torsion à vérifier pendant la mise en œuvre. Il ne constitue pas une capacité axiale et ne peut pas être converti directement en une force exprimée en kN.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

Stabilité

La stabilité est normalement assurée tant que la charge reprise par les pieux reste limitée dans les conditions indiquées aux Prescriptions Techniques au §2.3.2.

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 dossier technique.

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 agréé par le titulaire en utilisant les machines spécifiques.

Aspects sanitaires

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.

1.2.2. Durabilité

La protection contre la corrosion des pieux est assurée :

- Soit par une surépaisseur des éléments, déterminée conformément à la norme NF EN 1993-5 articles 4.2 et 4.4, en fonction de la durée de vie de l'ouvrage et du type de sol ;
- Soit par galvanisation.

Les pieux métalliques vissés sont dimensionnés conformément aux §4.2, §5.1, §5.3 et §6 de la norme NF EN 1993-5 en faisant référence à la norme NF EN 1993-1-1 pour les propriétés de l'acier. Par ailleurs, la classe d'exécution minimale suivant la norme NF EN 1090-2 est EXC2.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Les rapports d'essais de conformité et de contrôle de chantiers réalisés doivent être adressés au CSTB a minima 1 fois par an par GoliathTech Europe pour vérification du respect des prescriptions du DTA.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

Les Pieux Hélicoïdaux GoliathTech sont vendus et installés directement par GoliathTech Europe, soit par le réseau d'installateurs agréés GoliathTech Europe agréé.

Le procédé est marqué CE relativement à la norme EN 1090-2.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le pieu hélicoïdal est un élément de fondation profonde préfabriqué en acier et vissé dans le sol ; il est constitué :

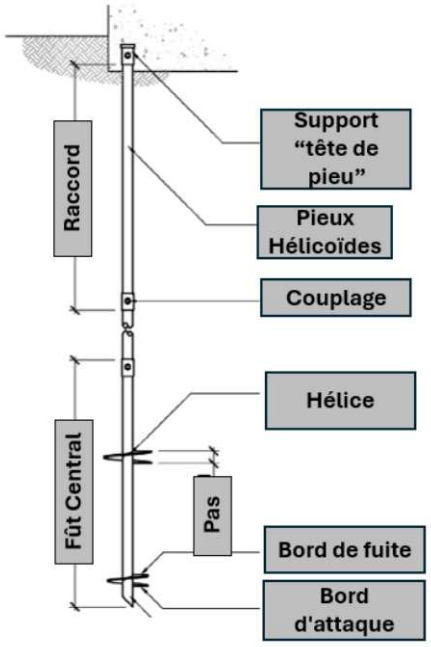
- D'un élément porteur, appelé également « tête de pieu », sous formes différentes, qui assurent la liaison du pieu avec la structure portée ;
- D'un fût central de section circulaire ;
- En option, en fonction de la profondeur à atteindre, d'un ou plusieurs raccords de section circulaire ;
- D'une ou plusieurs hélice (s) soudées au fût ou au raccord.

La protection contre la corrosion est réalisée :

- Soit par la surépaisseur du métal composant le pieu, en considérant l'épaisseur sacrificielle selon les caractéristiques du sol et la durée de vie de l'ouvrage supporté par les pieux (GOLIATHTECH VENTURA™) ;

Soit par la galvanisation selon la norme EN ISO 1461 (GOLIATHTECH PRESTIGE™).

Figure 1 - Composants d'un pieu hélicoïdal



2.2.2. Caractéristiques des composants

L'ensemble des matériaux constitutifs des Pieux Hélicoïdaux GoliathTech est conforme à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5).

D'après le tableau 3.1 de l'Eurocode 3 (EN 1993-1-1), les résistances de calcul Rd sont calculées à partir de fy = 355 N/mm² et fu = 470 N/mm².

La résistance structurale (sans hélice) maximale indiquée ci-dessous est basée sur des pieux de 141 mm (de diamètre intérieur 122 mm avec une épaisseur de 9,5 mm). Cette résistance est limitée par le couple de torsion admissible, déterminée conformément à la norme NF EN 1993-5.

La valeur pour une combinaison de charge aux ELS caractéristiques est : En compression et en traction, leur capacité unitaire est d'environ 750 kN.

Vis-à-vis des efforts de cisaillement structural, la capacité maximale unitaire est de 515 kN pour une combinaison de charges à l'ELU. Concernant le moment résistant maximum plastique, il est égal à 59 kN.m.

2.2.2.1. Eléments de liaison avec la structure portée/Tête de pieu

En matière de liaison avec la structure portée, les Pieux Hélicoïdaux GoliathTech comprennent des supports de formes variées, boulonnés au pieu et fixés à la structure.

Le métal déposé par soudure présente des caractéristiques mécaniques égales ou supérieures aux valeurs minimales exigées pour le matériau de base. L'acier utilisé pour les supports est conforme à la norme NF EN 10025-3.

Les assemblages boulonnés respectent les exigences de l'Eurocode 3 : Calcul des structures en acier - Partie 1-8, avec les propriétés suivantes :

- $f_{y,b}$ = 640 N/mm² ;
- $f_{u,b}$ = 800 N/mm².

Voir aussi en annexe Figures 8 (support charpentes métallique et fondations superficielles en béton), 10 (support charpentes métallique et bois) et 12 (support charpentes métallique et fondations superficielles en béton) pour les différentes types têtes utilisables avec des pieux GoliathTech.

2.2.2.2. Fût central

Le fût ou la section centrale du pieu est constitué d'un tube circulaire sur lequel une ou plusieurs hélices sont soudées. Le diamètre et l'épaisseur du tube varient en fonction des charges à reprendre. L'acier utilisé pour les tubes est conforme à la norme NF EN 10219-1.

Voir aussi en annexe, Figures 6 et 7 pour des exemples de fûts centraux avec hélices.

Note : Le pieu/tube de 48 mm de diamètre est réservés aux applications axiales de charge maximale axiale de 90 kN à l'ELU. Il n'est pas utilisé pour les applications impliquant des charges latérales/de cisaillement (l'effort de cisaillement doit être nul).

Tableau 2 - Dimensions des fûts centraux

Diamètre Ext. (mm)	Ep. De Paroi (mm)	Diamètre Int (mm)	Longueur (mm)
48	3.9	40	914, 2134, 4267
60	3.9	53	914, 2134, 4268
73	6.4	60	914, 2134, 4269
89	6.4	76	914, 2134, 4270
114	6.4	102	914, 2134, 4271
141	6.4	129	914, 2134, 4272
141	9.5	122	914, 2134, 4273

2.2.2.3. Raccords sur le fût

Sur certains chantiers, l'utilisation de raccords peut être nécessaire pour atteindre le sol porteur, car le fût central seul n'est pas suffisamment long. Dans ce cas, des raccords seront utilisés afin d'atteindre les couches d'ancrage définies par le rapport géotechnique et les calculs de prédimensionnement.

L'acier composant les raccords est identique à celui des fûts et est donc conforme à la norme NF EN 10025-3.

Le diamètre et l'épaisseur de chaque raccord sont les mêmes que ceux du fût central.

Afin de réaliser le raccord, la rallonge possède un manchon destiné à être boulonné sur chantier. Cette opération est effectuée lors de la phase de vissage.

Assemblages boulonnés selon l'Eurocode 3 : Calcul des structures en acier - Partie 1-8 :

- $f_{y,b}$= 640 N/mm² ;
- $f_{u,b}$= 800 N/mm².

Il est à noter que les rallonges sont mises en œuvre uniquement dans les cas suivants :

- Limite de hauteur de travail pour la machine d'installation ;
- Profondeur de calcul non atteinte par la longueur du fût prévue initialement.

Pour chacun des pieux, les extensions sont disponibles dans les 3 longueurs standards suivantes :

- 914 mm ;
- 2134 mm ;
- 4267 mm.

Voir aussi en annexe, Figures 7 et 10.

2.2.2.4. Hélices

Pour reprendre les efforts de traction et de compression, il est nécessaire d'ajouter au moins une hélice aux pieux afin d'augmenter la surface d'interaction avec le sol. Plus la charge est élevée, plus il est nécessaire d'augmenter le diamètre et le nombre d'hélices. Seuls des pieux avec au moins une hélice sont mis-en-œuvre.

Pour garantir un fonctionnement optimal de chaque hélice, un espacement d'au moins trois fois le diamètre de l'hélice inférieure est requis. Si cet espacement est insuffisant, les hélices risquent d'interagir avec la même portion de sol.

La profondeur d'hélice est établie par rapport aux paramètres de sol du rapport géotechnique.

Les hélices ont un diamètre variant entre 203 et 483 mm. Leur épaisseur est de 9 ou 12,5 mm. Le pas de l'hélice est fixe et a une valeur de 76 mm.

Les Pieux Hélicoïdaux GoliathTech sont fournis avec une ou plusieurs hélices soudées à la base du fût.

Le nombre et le diamètre des hélices sont définis en fonction de la charge à reprendre par chaque pieu.

Les soudures pour l'assemblage des hélices sur le fût sont réalisées en usine, conformément à la norme NF EN 1090-2.

L'acier composant les hélices est conforme à la norme NF EN 10025-3.

La distance entre les hélices est au minimum de 3 x D (D étant le diamètre de l'hélice inférieure) ce qui est toujours respecté avec les pieux GoliathTech.

La plus petite hélice est systématiquement située à la base du pieu, les plus grandes étant disposées au-dessus.

Tableau 3 – Taille des hélices

Diamètre du pieu D (mm)	Diamètre de l'hélice (épaisseur de l'hélice) (mm)
48	203(9.5), 279(9.5)
60	229(9.5), 279(9.5), 330(9.5), 381(9.5), 432(9.5)
73	229(9.5), 279(9.5), 330(9.5), 381(9.5), 432(9.5), 483(12.7)
89	229(9.5), 279(9.5), 330(9.5), 381(9.5), 432(9.5), 483(12.7)
114	229(9.5), 279(9.5), 330(9.5), 381(9.5), 432(9.5), 483(12.7)
141 6.5 Ep	229(9.5), 279(9.5), 330(9.5), 381(9.5), 432(9.5), 483(12.7)
141 9.5 Ep	229(9.5), 279(9.5), 330(9.5), 381(9.5), 432(9.5), 483(12.7)

Voir aussi en annexe, Figures 6, 7 et 12 pour le détail des hélices.

2.2.2.5. Déclarations environnementales

« Les données environnementales sont uniquement issues des éléments fournis par le titulaire et ne font l'objet d'aucune prescription du Groupe Spécialisé. Elles ont pour objet de servir au calcul réglementaire de la performance énergétique et environnementale des bâtiments (RE2020), dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

A défaut d'une donnée de type individuelle ou collective disponible, le produit est couvert par une donnée environnementale par défaut (DED) référencée sous INIES sous l'id 0001.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

Pour chaque projet, le ou les types et les dimensions des pieux vissés sont définis uniquement par le bureau d'études GoliathTech (interne ou partenaire préalable validé) 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 spécifiées (selon la série de norme NF EN 16228-1+A1).

Le pieu vissé, 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 pieux vissés qui sont dimensionnés selon les critères d'états limites.

Le principe de conception du pieu vissé 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 pieux vissés dans le sol s'appuie sur l'Eurocode 7 (NF EN 1997) et la norme NF P 94-262+A1. En complément des essais de conformité, le tassement vertical en tête maximum de 15 mm à l'ELS constitue une information pour le dimensionnement aux Etats Limites de Service.

2.3.2. Prescriptions

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 réalisée sur la base des informations obtenues par une mission G2 conforme à la norme NF P 94-500, qui devront être disponibles (descente de charges, informations de la nature et des caractéristiques des sols, prédimensionnement, dimensionnement sur la base des essais in situ), servira aux justifications des pieux.

Les paramètres du document G2, tels que la masse volumique du sol, sa résistance au cisaillement et l'angle de frottement, sont utilisés pour la configuration préliminaire des pieux destinés aux essais de conformité.

En cas de G2 incomplète, l'analyse géotechnique sera complétée lors de la mission G3 par la société GoliathTech.

Conformément à l'Eurocode 7 et à la norme NF P 94-262+A1, la justification des pieux vissés 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, en cas de situation possible de sollicitation de traction sur un groupe de pieux (actions transmises par la structure ou pressions interstitielles par exemple), de mener les vérifications de type GEO/STR et UPL vis-à-vis de l'ELU, conformément au chapitre 10.3 de la norme NF P 94-262+A1.

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 GEO est réalisé sur la base d'essais de chargement (essais de conformité) conformément à la norme NF P 94-262+A1. Les extrapolations pour des sections différentes et des nombres d'hélices différents ne sont pas autorisées.

Si le pieux vissé est soumis à des charges latérales ou à des moments de flexion, les tubes doivent être vérifiés selon le §2.3.4 et en tenant compte des caractéristiques mécaniques des sols. Les dispositions du §2.3.5.2 permettent de repartir les efforts ou de diminuer les contraintes sur le sol.

La charge reprise par pieu vissé 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'un dimensionnement par l'utilisation de logiciels (LPiles/FOXTA).

Le principe de dimensionnement des pieux vissés est le dimensionnement par expérimentation fondée sur les annexes C et E de la norme NF P 94-262+A1. Le dimensionnement à l'ELS doit être conforme à la section 14 de la norme NF EN 94-262+A1.

Le dimensionnement définitif des pieux vissés sera réalisé par le bureau d'étude de GoliathTech sur la base des essais décrits ci-dessous. Les essais sont à réaliser pour chaque zone géotechnique homogène définie par le géotechnicien et par type de pieux (longueur, diamètre, nombre d'hélice).

Les essais suivants sont réalisés pour le type de chargement axial et/ou latéral :

- Essais de conformité : essais menés à la rupture ou a minima jusqu'à la charge d'essai, hors ouvrage, réalisés avant la réalisation des pieux vissés et servant pour le dimensionnement des pieux.

L'essai axial de pieu est réalisé selon l'un des modes de rupture suivants (le premier survenant) :

1- Le déplacement maximal de la tête de pieu ne doit pas dépasser D/10, où D est le diamètre moyen de l'hélice ;

2- Rupture du sol : Le déplacement maximum en tête (vertical ou horizontal) ne doit pas dépasser D/10 (D = diamètre moyen de l'hélice). Le tassement vertical en tête maximum de 15 mm à l'ELS est attendu.

L'essai latéral doit être réalisé jusqu'à l'un les trois modes de rupture suivants (le premier survenant) :

1- Déplacement de la tête du pieu de 25 mm ou D/10, le plus petit des deux (D-diamètre de la base/de l'hélice) ;

2- Dépassement de la limite de flexion du pieu / rupture par flexion ;

3- Rupture par rotation rigide du pieu et/ou défaillance de l'immobilisation du sol.

Le déplacement latéral maximal admissible à l'ELS est de 12 mm. Cette valeur peut être modifiée en fonction des exigences spécifiques d'un projet particulier.

Les coefficients partiels sont à moduler en fonction du nombre d'essais par Zone Géotechnique Homogène et la superficie.

Dans le cas où les résultats des essais valident la géométrie des pieux, les valeurs obtenues sont retenues pour le projet. Dans le cas contraire, de nouveaux essais sont réalisés avec une nouvelle géométrie jusqu'à validation des critères ;

- Essais de contrôle : essais sur des fondations de l'ouvrage après leur réalisation, menés jusqu'à une charge n'excédant pas 1,1 fois la résistance à l'ELS caractéristique ou 1,3 fois la résistance à l'ELS quasi-permanent. Les fréquences des essais de contrôle sont indiquées au §2.4.11.

Les essais de conformité sont réalisés suivant la norme NF EN ISO 22477-1 pour les essais de compression, la norme NF EN ISO 22477-2 pour les essais de traction et la norme NF P 94-151 pour les essais de cisaillement.

Les massifs de réaction et dispositifs de mesures doivent respectés les normes de chaque type d'essais : la norme NF EN ISO 22477-1 pour les essais de compression, la norme NF EN ISO 22477-2 pour les essais de traction et la norme NF P 94-151 pour les essais de cisaillement.

Les résultats des essais doivent être consignés dans des procès-verbaux d'essais dont des exemples figurent en annexe de ce dossier technique se basant a minima sur la partie 6 de la norme NF EN ISO 22477-1, la partie 6 de la norme NF EN ISO 22477-2 et la partie 6 de la norme NF P 94-151.

Les rapports d'essais de contrôles et de conformité doivent être adressés au CSTB a minima 1 fois par an pour vérification du respect des prescriptions du DTA.

2.3.3. Méthode générale de conception

Le dimensionnement est obtenu par l'exploitation directe des essais de conformités réalisés selon la norme NF P 94-262+A1, en considérant les exigences du présent Dossier Technique dont les capacités des tubes et capacité portante du sol.

2.3.3.1. Données d'entrées à la conception

1. 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 Maître d'œuvre ou le bureau d'études structure.

2. L'étude géotechnique :

La reconnaissance géotechnique est faite suivant les prescriptions de l'Annexe Nationale, clause 2.1 de l'Eurocode 7, partie 1 + norme NF EN 94-262 art. 6.2 et annexe M.

3.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.

2.3.3.2. Conception et dimensionnement par expérimentation

2.3.3.2.1. Charge reprise en compression et en traction

Les essais de conformité statiques consistent en l'application de charges par incréments selon les normes NF EN ISO 22477-1 en compression et NF EN ISO 22477-2 en traction. Ces essais de conformité statique sont menés jusqu'à la résistance limite

Rb (critère de rupture) ou a minima jusqu'à la charge d'essai définie comme suit, sachant que l'essai de conformité a pour objectif de valider l'inégalité :

- Rb ≥ charge d'essai
- Rb : Résistance limite d'une fondation profonde (au moins 10% du diamètre de l'hélice) ;
- Charge d'essai = ξ1 x γt x Fc ou t:d ;
- ξ1 : facteur de corrélation (facteurs ξ1/ξ2 donnés dans le tableau A.9 de la norme NF EN 1997-1) lié au nombre d'essais de chargement, à la superficie de l'ouvrage et des facteurs de corrélation ξ' donnés dans les tableaux C.2.4.1 et C.2.4.3 de la norme NF P 94-262+A1, ce facteur peut être amené à changer si plusieurs essais sont réalisés ;
- γt : facteurs partiels de combinaisons de charges présentées dans le tableau C.2.3 de la norme NF P 94-262+A1 ;
- Fc ou t:d : valeur de la charge de compression ou traction axiale sur la fondation profonde.

2.3.3.2.2. Charge reprise en cisaillement (hors présence massif béton)

Le prédimensionnement est effectué à partir d'expériences acquises sur le comportement observé d'une fondation sur pieux comparable tel que mentionné à l'Annexe I de la norme NF P 94-262+A1, et d'une étude géotechnique.

Le dimensionnement par expérimentation est effectué en considérant les exigences du présent dossier technique dont la capacité des tubes. Les essais statiques de conformité consistent en l'application de charges par incréments selon la norme NF P 94-151.

Le déplacement latéral maximal admissible à l'ELS est de 12 mm.

Cette valeur peut être modifiée en fonction des exigences spécifiques d'un projet particulier.

2.3.3.3. Eléments du dossier de conception du système

2.3.3.3.1. Feuille de sélection des pieux

- Dimensionnement des pieux ;
- Couple d'installation minimum ;
- Profondeur minimale d'installation des pieux ;
- Nombre et taille des plaques hélicoïdales ;
- Spécifications de la tête de pieu.

2.3.3.3.2. Dessins d'installation des pieux

Sont préparés pour chaque projet, montrant :

- L'implantation des pieux ;
- Les géométries des pieux ;
- La combinaison d'hélices ;
- La profondeur d'installation minimale ;
- Les détails de la connexion à la structure.

2.3.3.3.3. Calculs requis (Eurocodes/Normes)

Le calcul contient tout ou partie des éléments suivants :

- Le calcul de la résistance structurale des composants du pieu ;
- Les calculs de dimensionnement sur la base d'essais de chargement (essais de conformité);
- Les vérifications de capacité latérale à l'aide du logiciel LPile et/ou FOXTA.

2.3.4. Dimensionnement aux états limites ultimes

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

2.3.4.1. Vérification structurale

GoliathTech vérifier l'absence de défaillance interne ou de déformation excessive des pieux Hélicoïdaux GoliathTech lorsque la résistance des matériaux domine et évite ainsi la ruine intrinsèque de la structure provoquée par :

- Le couple maximum dépassé pendant le vissage ;
- Le flambement global par flexion et/ou compression, voir en §2.3.4.3 ;
- L'effort normal et/ou la flexion maxi dépassé, voir en §2.3.4.3 ;
- La ruine locale au niveau des points d'application des charges, voir en §2.3.4.4.

2.3.4.2. Vérification géotechnique

GoliathTech 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 Pieux Hélicoïdaux GoliathTech est calculée selon l'Eurocode 7 (NF EN 1997-1), la norme NF P 94-262+A1 et les Annexes Nationales d'application.

Si requis, le tassement à l'ELU d'un Pieu Hélicoïdal GoliathTech peut être évalué par l'exploitation directe des essais de chargement de conformité menés à la rupture.

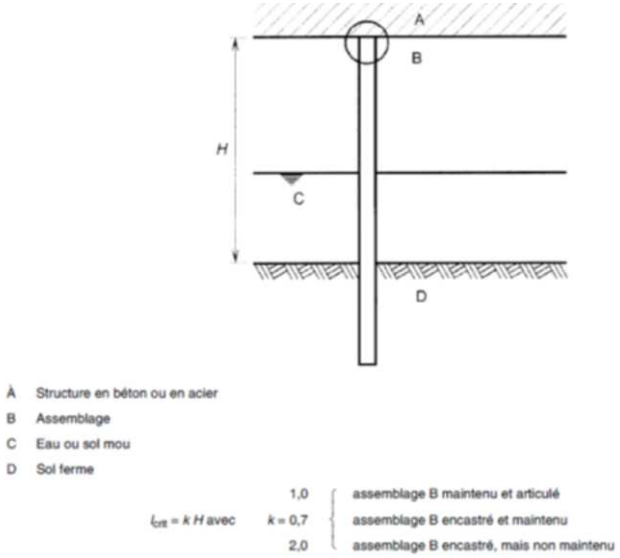
2.3.4.3. Vérification de la stabilité

GoliathTech vérifie l'absence de perte d'équilibre statique de la structure ou d'une partie de celle-ci, considérée comme un corps rigide.

Selon l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5 §5.3.3), la longueur de flambement peut être estimée de la manière suivante : $f_{crit} = k \times H$, où la valeur k tient compte de l'assemblage entre l'élément porteur en tête du pieu et la dalle en béton, ou la structure en bois ou en acier.

Selon l'Eurocode 7 (NF EN 1997-1 §7.8), les pieux sont vérifiés vis-à-vis du flambage lorsqu'ils traversent de l'eau, des dépôts épais de sols très faibles ou des couches de sol ayant une résistance par cohésion non drainée Cu représentative inférieure à 10 kPa. Dans ce cas uniquement, la hauteur libre H inclut l'épaisseur du sol mou correspondante.

Figure 2 - Longueur de flambement des pieux selon NF EN 1997



2.3.4.4. Vérification des charges transversales

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

Les tubes GoliathTech utilisent un acier ayant une limite d'élasticité fy de 355 N/mm², soit : $50 \times \varepsilon^2 = 33$.

Comme indiqué dans le tableau du §3.1 de l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1 §5.5), les tubes GoliathTech ont des sections de classe 1 avec des rapports D/t < 33. Cette condition est encore vérifiée avec une perte d'épaisseur par corrosion.

La vérification de la résistance des sections transversales les plus sollicitées des Pieux Hélicoïdaux GoliathTech utilise l'approche de l'Eurocode 3 (EN 1993-1-1 §6.2.9.1) notamment en ce qui concerne la vérification des sections en résistance plastique en cas de sollicitation en flexion et effort normal ou l'on doit vérifier :

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

Sauf cas particulier, et conformément à la norme 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 $V_{pl,Rd}$.

2.3.4.5. Vérifications en cas de charge axiale excentrée

En présence d'une charge d'excentricité axiale, les vérifications suivantes doivent être effectuées :

Évaluation de l'état et des dispositions du contreventement de la structure

La suite de l'approche dépendra de l'excentricité estimée et de l'évaluation de l'état de contreventement de la structure.

Vérifications géotechniques ELU (EN 1997-1) :

- S'assurer de l'uniformité de la répartition des pressions sous les pieux hélicoïdaux. Une profondeur d'installation suffisante garantit généralement cette uniformité.
- Utiliser LPile et/ou FOXTA pour déterminer la profondeur d'encastrement des pieux.
- Stabilité au renversement et à la translation : Des vérifications sont nécessaires pour garantir la stabilité de l'ensemble de la fondation face au renversement et aux déplacements horizontaux excessifs, notamment en présence de moments.
- Vérifier les efforts de compression/soulèvement supplémentaires dans les pieux hélicoïdaux dus au moment d'excentricité.

Vérification structurelle (EN 1993-5) :

- Vérifier la capacité structurale à résister aux charges combinées de compression et de flexion à l'aide de l'équation présentée dans la section 2.3.4.4.

- Vérifier la stabilité au flambement : La stabilité du fût du pieu au flambement sous la charge combinée doit être assurée, en tenant compte des longueurs non supportées et des conditions du sol environnant.

Voir la section 2.3.4.3.

Vérifier la capacité des liaisons :

- Liaison entre la section principale et les extensions
- Liaison par soudure entre la plaque hélicoïdale et le tube
- Liaison à la structure, y compris le support de tête de pieu

Essai de pieu avec moment en tête de pieu (NF P 94-151)

Dans le cas où il y a un moment en tête pour tester un pieu, l'effort horizontal est décalé d'un bras de levier permettant d'atteindre le moment visé (remontée du point d'application de l'effort).

Le test est effectué selon la norme NF P 94-151 :

- Appliquer au pieu un effort statique latéral passant par l'axe du pieu, par paliers maintenus constants, selon un programme défini ;
- Mesurer le déplacement transversal et la rotation en tête du pied, ainsi qu'éventuellement des rotations et moments de flexion induits dans le fût du pieu.

Selon la norme NF P 94-151, l'appareillage de l'essai doit se composer :

- D'un système de réaction ;
- D'un système d'application de l'effort ;
- D'un dispositif de mesurage et repérage.

Selon la norme NF P 94-151, les essais préalables doivent respecter les paliers suivants :

- Chargement par palier de 0,125 Hm jusqu'à atteindre le palier de la valeur Hm, maintenu constants pendant 30 min ;
- Déchargement comprenant 1 palier de à 0,5 Hm, maintenu 15 min.

La procédure détaillée est décrite dans le document "Procédure d'essai sur pieux vissé sous sollicitations latérales - GOLIATHTECH".

2.3.5. Dimensionnement aux états limites de service (ELS)

Le dimensionnement est réalisé par l'exploitation directe des essais de conformité.

L'analyse structurale des pieux est basée sur le même type de modèle que celui utilisé pour les Etats limites ultimes. Selon l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5 §2.3) et sauf spécification contraire, le critère d'État limite de service suivant est vérifié.

Les limites de tassements verticaux admissibles par la structure supportée sont précisées pour le projet par le client, par défaut ils seront limités à 15 mm sous charge ELS.

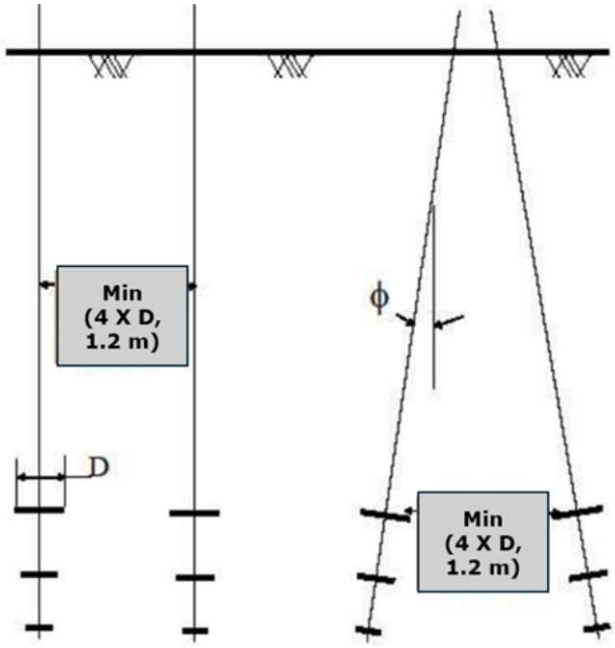
Le tassement a l'ELS d'un Pieu Hélicoïdal GoliathTech est évalué par l'exploitation directe des essais de chargement.

2.3.6. Traitement des situations particulières

2.3.6.1. Effet de groupe

Afin d'éviter l'effet de groupe, l'espacement entre axes des pieux vissés doit être supérieur à 4 fois le diamètre maximal de l'hélice des pieux ou 1,2 m, tel que défini par la norme NF P 94-262.

Figure 3 - Distance minimale d'installation des pieux



2.3.6.2. Dispositions constructives pour répartir les efforts latéraux

Lorsque la résistance du sol est insuffisante pour reprendre les efforts de cisaillement et les moments de flexion appliqués sur les pieux, les solutions suivantes peuvent être mises en œuvre :

1- Augmentation du nombre de pieux par appuis, avec un enchevêtrement commun : L'augmentation du nombre de pieux par appui permettra de répartir la charge latérale entre eux, réduisant ainsi l'effort supporté par chaque pieu :

Procédure :

1.1 Évaluation technique de l'hypothèse selon laquelle tous les pieux supporteront la même charge latérale :

Dans certains cas, une analyse par éléments finis (AEF) doit être utilisée pour vérifier cette fondation.

Le recours à cette analyse peut s'avérer nécessaire dans les cas suivants :

- La rigidité latérale de la superstructure est jugée non uniforme ;
- Le diamètre des pieux varie considérablement selon leur emplacement ;
- La rigidité du sol diffère significativement d'un pieu à l'autre.

L'ingénieur de GoliathTech affecté au projet doit évaluer, au vu des éléments ci-dessus, si une analyse par éléments finis est requise dans des cas exceptionnels tels que ceux-ci.

1.2 Évaluation de l'état de la tête du pieu (rotation fixe ou libre)

1.3 Modélisation d'un pieu individuel avec charge applicable dans FOXTA et/ou LPile

1.4 Vérification selon l'Eurocode pour les éléments suivants :

1.4.1 Capacité de cisaillement du pieu conformément à l'Eurocode 3 (EN 1993-1-1) ;

1.4.2 Capacité de flexion du pieu conformément à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1 §5.5) ;

1.4.3 Déplacement latéral du pieu conformément à la section 2.3.4 du présent document ;

1.4.4 Charge axiale et latérale combinées, le cas échéant, conformément à l'Eurocode 3 (EN 1993-1-1 §6.2.9.1).

2- Utilisation des contreventements : L'ajout de contreventements, lorsque la hauteur hors sol des pieux est importante, permet de répartir et de transférer les efforts latéraux vers la base des pieux contreventés :

En général, GoliathTech recommande le contreventement des pieux lorsque la hauteur de la tête du pieu au-dessus du sol est supérieure à 0,5 m. Pour un projet donné, la hauteur recommandée peut varier en fonction des charges, des paramètres du sol et des dimensions des pieux.

Le contreventement des pieux peut être requis, par exemple, pour la construction de bâtiments sur un terrain en pente irrégulière où, pour des raisons environnementales, le nivellement du terrain n'est pas autorisé (figure 13).

Dans le cas où un contreventement des pieux est nécessaire, le bureau d'études de GoliathTech conçoit le système global incluant le contreventement.

GoliathTech réalise et fournit les éléments de contreventement et détaille les assemblages entre les pieux et les contreventements.

Procédure :

2.1 Conception et évaluation structurelle des contreventements selon les critères suivants, conformément à l'Eurocode :

2.1.1 Capacité de compression/flambage des contreventements, conformément à la norme EN 1993-1-1 ;

2.1.2 Capacité de traction des contreventements, conformément à la norme EN 1993-1-1 ;

2.1.3 Capacité des assemblages boulonnés des contreventements, conformément à la norme EN 1993-1-8 ;

2.2- Conception/Vérification des pieux :

2.2.1 Calcul de la charge du pieu (cisaillement et axial) selon les combinaisons de charges de l'Eurocode ;

2.2.2 Modulation d'un pieu individuel avec la charge applicable dans FOXTA et/ou LPile ;

2.2.3 Vérification selon l'Eurocode pour les éléments suivants :

2.2.3.1 Capacité de cisaillement du pieu conformément à l'Eurocode 3 (EN 1993-1-1) ;

2.2.3.2 Capacité du pieu au moment de flexion conformément à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1 §5.5) ;

2.2.3.3 Déplacement latéral du pieu conformément à la section 2.3.4 du présent document ;

2.2.3.4 Charges combinées axiale et latérale, le cas échéant, conformément à l'Eurocode 3 (EN 1993-1-1 §6.2.9.1).

3- Utilisation des groupes de pieux comportant des pieux obliques : Les pieux d'angles (20° maximum) permettent de convertir les charges latérales en charges axiales (compression et traction), éliminant ainsi l'effort latéral sur les pieux :

Procédure :

3.1 Conception du pieu incliné en fonction de la capacité latérale requise, incluant sa taille, l'angle d'inclinaison, la combinaison d'hélices et la profondeur d'installation ;

3.2 Évaluation de la charge supplémentaire exercée sur les pieux verticaux voisins par un ou plusieurs pieux inclinés ;

3.3 L'évaluation du pieu (structurelle et géotechnique) est identique à celle d'un pieu vertical isolé, conformément aux prescriptions décrites dans le présent document, à l'Eurocode et à la norme NF P 94-262 ;

La distance minimale d'installation du pieu doit être respectée afin d'éviter les effets de groupe, conformément à la section 2.3.6.1 du présent document.

4- Utilisation de massifs ou de longrine en béton armé en conjonction avec un pieu hélicoïdal : En présence d'un massif en béton dans le sol, les efforts latéraux sont absorbés par la butée des terres, évitant ainsi leur transmission aux pieux. Ces massifs béton/longrines seront dimensionnés par un bureau d'étude structure de manière à reprendre l'intégralité de la

composante horizontale de l'effort. Le déplacement de la tête de pieu considéré par la suite sera égale au déplacement du massif.

Procédure :

4.1 Analyse des conditions de liaison en tête de pieux (rotation bloquée ou libre) ;

4.2 Modélisation d'un pieu individuel + massif avec le déplacement latéral fourni par le géotechnicien dans FOXTA et/ou LPile ;

4.3 Vérification selon les directives de l'Eurocode pour les éléments suivants :

4.3.1 Capacité de cisaillement du pieu (Eurocode 3, EN 1993-1-1) ;

4.3.2 Capacité du moment de flexion du pieu (Eurocode 3, NF EN 1993-1-1, §5.5) ;

4.3.3 Déplacement latéral du pieu conformément à la section 2.3.4 du présent document ;

4.3.4 Charge axiale et latérale combinées, le cas échéant, conformément à l'Eurocode 3 (EN 1993-1-1, §6.2.9.1).

Les armatures des dès devront être calculées par un bureau d'étude structure afin de reprendre les divers efforts amenés par la structure. Le liaisonnement avec le pieu devra également être vérifié pour éviter tout arrachement. La vérification du comportement transversal du dé s'effectue suivant les paragraphes 4.3, 8.6, ainsi que l'Annexe I de la norme NF P94-262 de l'Eurocode 7. Les diverses vérifications du tronçon bétonné sont effectuées avec l'Eurocode 4 pour l'interaction entre le pieu métallique et le dé béton, avec l'Eurocode 2 pour les armatures. La vérification du pieu vissé en flexion composée s'effectue conformément aux paragraphes 3.2, 5.5 et 6.2 de l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1.1+NA).

Les plots béton seront impérativement mis en œuvre en pleine fouille. Un pré terrassement de sections inférieures à celles du plot béton doit être réalisé avant l'installation des pieux vissés afin de ne pas risquer d'endommager les platines de têtes et les fûts ou d'abimer la galvanisation des éléments avec un engin mécanique.

Ce terrassement préalable des fouilles destinés au plot béton doit être compatible avec le coulage en pleine fouille des plots en béton de façon à ne pas décomprimer le sol autour des plots. Dans le cas contraire, la reprise des efforts horizontaux via ces massifs est exclue du Domaine d'Emploi ou des essais complémentaires de contrôle « pieux + plots » devront être réalisés.

Dans ce cas, le dimensionnement est réalisé en utilisant le module « Piecoef+ » du logiciel Foxta tel que proposé dans la NF P 94-262+A1 §8.4.2, les données d'entrée étant celles produites dans l'étude de sol G2.

Le terrassement des plots béton devra prendre en considération les paramètres suivants :

- Les sous-faces des dés béton doivent a minima être hors-gel conformément à la norme NF DTU 13.1 P1-1 §8.2. Pour se faire, la profondeur des dés pourra être augmentée en fonction de la zone géographique du projet ;
- Les dimensions des fouilles devront respecter les conditions de la norme NF EN 1992-1-1 §4.4.1 afin de garantir un enrobage adéquat des armatures ;
- A défaut, la classe d'exposition sera portée à XC2 et la classe de consistance à S4 au sens de la norme NF EN 206+A2/CN ;

Un enrobage latéral minimum de 50 mm devra être réalisé, équivalent à des fouilles de 100 mm plus larges que les cages d'armatures ;

- L'enrobage inférieur sera au minimum de 75 mm.

Leur mise en œuvre comprendra plusieurs phases, à savoir :

- L'installation de la cage d'armatures ;
- Le centrage et calage de la cage avant coulage du béton ;
- Le calage de la cage en fond de fouille sera de 75 mm conformément à la norme NF EN 1992-1-1 §4.4.1 ;
- Le coulage du béton avec a minima un béton de classe C25/30.

Voir aussi en annexe, Figures 13 ,14 et 15 pour la répartition des efforts latéraux.

2.3.7. Spécificités des ouvrages soumis aux exigences sismiques

2.3.7.1. Domaine de justification

Le domaine de justification s'étend aux bâtiments à risque normal, c'est-à-dire aux catégories d'importance I à IV pour les zones de sismicité 1 à 4.

2.3.7.2. Principe de conception de système de fondation

La démarche de dimensionnement s'appuie exclusivement sur les préconisations des Eurocodes, notamment EN 1993-1, EN 1993-5, EN 1998-1 et EN 1998-5, ainsi que sur le Cahier Technique 38 « Guide pour la conception et le dimensionnement des fondations profondes sous actions sismiques des bâtiments à risque normal » de l'AFPS.

Les Pieux Hélicoïdaux GoliathTech peuvent s'intégrer dans des structures dissipatives.

Les rotules plastiques ne sont pas autorisées.

Au sens de l'EC8, les fondations profondes doivent être calculées en tenant compte des effets de l'action sismique dans toutes les directions.

Ces effets sont de deux types :

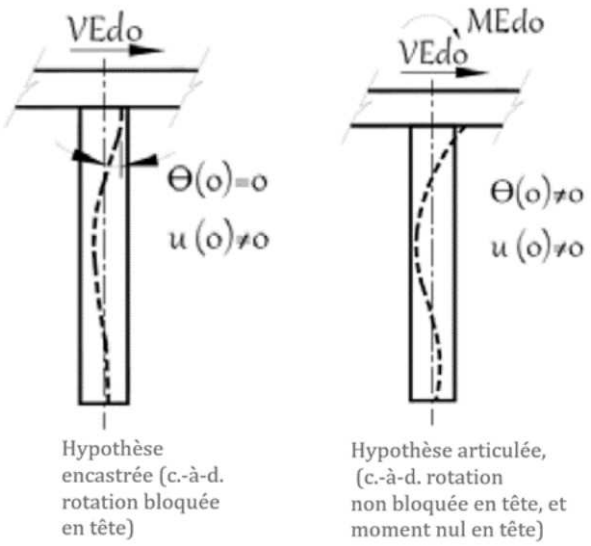
- Les forces d'inertie, directement liées à l'entraînement des masses des structures par les mouvements du sol ;
- Les sollicitations cinématiques (externes aux fondations), issues des déformations différentielles du sol sur la hauteur des fondations, générées lors du séisme, même en l'absence de masse de structure portée.

Les fondations et leurs liaisons avec la superstructure doivent assurer une excitation sismique uniforme de l'ensemble du bâtiment [Cf. EC8-1 § 4.2.1.6 (1)P], et il est donc recommandé de relier les pieux par un diaphragme (dalle ou dallage armé) ou par un réseau de longrines, tout en restant conforme au § 5.4.1.2 de l'EC8-5.

Procédure simplifiée des conditions d'appuis en tête :

Conformément au Cahier Technique N°38 de l'AFPS, un ingénieur structure peut simplifier l'interface tête de pieu-structure comme présenté ci-dessous. Dans ces cas, GoliathTech utilisera LPile avec l'un des 2 cas idéalisés suivants :

Figure 4 – Pieu encastré et articulé en tête



2.3.7.2.1. Vérifications aux états limites ultimes

Les états limites sont définis comme ceux qui provoquent l'effondrement mettant la vie humaine en danger. Pour les ELU accidentels-sismiques, les coefficients relatifs aux fondations profondes sont γt = 1,1 pour les ELU relatifs à la compression et γt = 1,15 pour les ELU relatifs à la traction.

2.3.7.2.2. Vérification de l'état de limitation des dommages

L'arrêté 2010-1255 du 22 octobre 2010 indique un coefficient ν = 0,4 de réduction de l'action sismique accidentelle.

À partir de la raideur équivalente en flexion des pieux ancrés dans le sol et des efforts horizontaux issus des combinaisons de charges, sont déduits les déplacements en tête à l'ELS pour chacune des deux directions principales du séisme.

Les résultats doivent être considérés en fonction des déplacements admissibles par le bâtiment, et fournis par le bureau d'études structure avant que des dommages trop importants n'apparaissent dans la structure.

2.3.7.2.3. Démarche de dimensionnement

Les fondations et leurs liaisons avec la superstructure doivent assurer une excitation sismique uniforme de l'ensemble du bâtiment (cf. EC8-1 § 4.2.1.6 (1)P). Il est donc recommandé de relier les pieux par un diaphragme (plancher béton ou bois) ou par un réseau de longrines, tout en restant conforme au § 5.4.1.2 de l'EC8-5.

Pour le calcul des éléments de fondations profondes, il est nécessaire de définir des conditions aux limites en pied et en tête (en termes de déplacement ou de forces).

La démarche suivante reprend les étapes de la note de calcul élaborée spécifiquement pour les Pieux Hélicoïdaux GoliathTech, à laquelle sont intégrées les actions sismiques selon l'EN 1998-5 § 5.4.2.

Les principales étapes sont les suivantes :

1. Le BET Géotechnique définit, au stade de la conception, le modèle géotechnique (Vs, G, Vs30, potentiel de liquéfaction), propose la classe de sols et donc le « spectre de calcul en surface » ;

2. Le BET Structures définit la structure, propose la classe de ductilité, explicite le coefficient de comportement retenu « q », et calcule une première descente de charges (statique et sismique) en considérant cette structure globalement encastrée (cf. § 1.6.a de ce guide) ;

3. Le BET de l'Entreprise de Fondations Profondes ou le BET Géotechnique propose des pieux (type et diamètre) en fonction de la descente de charges statiques. En adéquation avec la descente de charges dynamiques (essentiellement les efforts horizontaux qu'il répartit en première approche au prorata des diamètres), il fournit, par diamètre de pieu, une première matrice de rigidité au BET Structures ;

4. Le BET Structures finalise son modèle (itération(s)) et donne une nouvelle descente de charges, avec une répartition des efforts inertiels ;

5. À partir des efforts inertiels, le BET de l'Entreprise de Fondations [ou le BET Géotechnique en mission de conception de projet (par exemple, mission G2 selon la norme NF P 94 500)] redimensionne les fondations ;

6. En cas de changement de diamètre des fondations profondes, il est nécessaire de prévenir le BET Structures et de revenir à l'étape 4.

Dans la phase 3, en fonction des exigences, GoliathTech sélectionne la première itération des pieux et la soumet à un recalcul structurel qui inclut la rigidité des pieux.

Après finalisation du modèle structurel, GoliathTech sélectionne la configuration finale des pieux.

Pour la modélisation de l'interaction sol-structure, voir la section suivante.

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

Sauf dispositions particulières, les pieux obliques sont interdits dans les 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.

2.3.7.2.4. Modélisation de l'interaction « bâtiment-fondations »

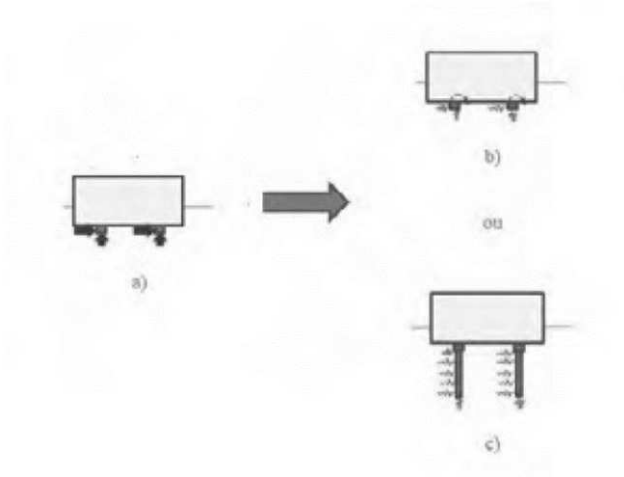
GoliathTech suit les prescriptions du Cahier Technique N°38 de l'AFPS pour la modélisation des interactions sol-structure.

Pour l'approche (c), le logiciel FEA ANSYSest utilisé.

L'interaction entre le bâtiment et les fondations profondes peut être modélisée de plusieurs manières, illustrées sur les schémas ci-dessous :

- Modélisation sans interaction avec les fondations : structure encastrée et/ou appuis rotulés localement bloqués en translation horizontale et verticale.
- Modélisation avec interaction avec les fondations en prenant en compte les flexibilités globales de l'ensemble des pieux.
- Modélisation avec interaction avec les fondations et interaction sol-structure prenant en compte la raideur des liaisons sol/pieux sur toute la longueur de chaque pieu.

Figure 5 – Interaction « bâtiments-fondations »



Pour la démarche de dimensionnement de la structure et des fondations profondes, la modélisation a) [avec structure encastrée] n'est pas suffisante. Elle ne constitue qu'une première étape de calcul et doit donc être suivie par des modélisations de type b) ou c).

2.3.8. Protection contre la corrosion

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

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

- La durée de vie du projet réalisé sur pieux vissés est spécifiée pour chaque projet. À défaut et a minima, la durée d'utilisation prise en compte par GoliathTech est celle mentionnée dans le tableau 2.1 de la norme EN 1990 ;
- Le système de protection anticorrosion est défini pour chaque projet suivant la durée de vie de l'ouvrage et de l'agressivité des sols en place.

Conformément à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1) et à la norme NF EN ISO 9224 (Corrosion des métaux et alliages – Corrosivité des atmosphères – Valeurs de référence relatives aux classes de corrosivité), la corrosion dans l'atmosphère la plus défavorable, c'est-à-dire l'environnement marin, est de 0,02 mm par an, ou 0,04 mm pour les sols agressifs de classe IV (conformément à la norme NF EN 1993-5, paragraphe 4.4 et à l'Eurocode 7).

Les composants des pieux vissés étant uniquement en acier brut ou galvanisé, il incombe au maître d'œuvre de vérifier la compatibilité entre les matériaux des pieux vissés et ceux de la structure, afin de prévenir toute corrosion galvanique.

2.3.8.1. Perte d'épaisseur de matériaux (GOLIATHTECH VENTURA™)

Le dimensionnement des Pieux Hélicoïdaux GoliathTech VENTURA™ doit être effectué en tenant compte de l'épaisseur sacrificielle (la perte d'épaisseur indiquée dans les tableaux de l'EC3-5), ainsi que de la durée de vie de conception requise, telle qu'indiquée dans le tableau 2.1 de l'EC0. Le dimensionnement est réalisé selon l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1), en fonction des charges appliquées.

2.3.8.2. Revêtement par galvanisation (GOLIATHTECH PRESTIGE™)

La protection des GoliathTech PRESTIGE™ contre la corrosion peut être renforcée par une galvanisation à chaud des éléments effectuée en usine. Les contrôles de l'épaisseur, de l'adhérence et de l'apparence sont réalisés selon la norme NF EN ISO 1461 « Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier - Spécifications et méthodes d'essai », avec une épaisseur moyenne de revêtement de :

- 70 µm, avec un minimum local de 55 µm, pour une épaisseur de paroi < 6 mm ;
- 85 µm, avec un minimum local de 70 µm, pour une épaisseur ≥ 6 mm.

Conformément au tableau 3 de la norme NF EN ISO 1461.

Diamètre du pieu D (mm)	Épaisseur t (mm)	Épaisseur de galvanisation (µm)
48	3.9	70
60	3.9	70
73	6.4	85
89	6.4	85
114	6.4	85
141	6.4	85
141	9.5	85

2.3.8.3. Revêtement par galvanisation des autres éléments

Il doit être tel que l'épaisseur moyenne de revêtement est de :

- 70 µm, avec un minimum local de 55 µm, pour une épaisseur de paroi < 6 mm ;
- 85 µm, avec un minimum local de 70 µm, pour une épaisseur ≥ 6 mm.

Conformément au tableau 3 de la norme NF EN ISO 1461.

Tous les supports standard GoliathTech ayant une épaisseur minimale de 6,35 mm et toutes les hélices ayant une épaisseur minimale de 9,5 mm bénéficient d'une galvanisation d'une épaisseur moyenne de 85 µm.

2.3.9. Liaison avec l'ouvrage

Pour le choix de liaison avec l'ouvrage et de compatibilité des assemblages, il conviendra de se référer aux normes de conception NF EN 1992-1-1+AN et NF EN 1992-4+AN (ouvrages en béton), NF EN 1993-1-1+AN et de vérifier la compatibilité électrochimique des assemblages (charpente métallique), et la norme NF EN 1995-1-1+AN (charpente bois).

Les platines soudées en tête de pieux vissés, après recépage éventuel de ceux-ci, sont planes et répondent aux spécificités de l'Eurocode 3+AN (NF EN 1993-1-8). Le coefficient partiel γ_M à prendre en compte pour les assemblages soudés ou boulonnés est γ_{M2} = 1,25.

Il appartient au MO/constructeur à partir de cette platine de définir et mettre en œuvre la liaison entre les pieux vissés et la structure en conformité avec les exigences des Eurocodes.

L'épaisseur de galvanisation minimum des aciers devra être conforme à la norme NF EN ISO 14713-1).

Dans le cas de l'acier inoxydable, la durabilité devra être vérifiée conformément à la norme NF EN 1993-1-4.

Plus particulièrement pour les structures bois, il convient de veiller aux points suivants :

2.3.9.1. Principes de liaison avec les structures en bois

2.3.9.1.1. Compatibilité des fixations entre les éléments de fixation et le bois

Pour la compatibilité entre les éléments constitutifs de la fixation et l'élément bois à assembler, on se référa au tableau 4 :

Tableau 4 : Compatibilité entre élément

Matériaux	*Zinc*	*Cuivre*	*Alu*	*Plomb*	*Acier inox*	*Acier galvanisé*	*Acier*	*Acier peint*
Sapin, Pin et peuplier	***Oui***	***Oui***	***Oui***	***Oui***	***Oui***	***Oui***	***Oui***	***Oui***
Chêne, Châtaignier et Douglas	***Non***	***Oui***	***Non***	***Non***	***Selon qualité inox***	***Oui****	***Oui***	***Oui***

2.3.9.1.2. Protection des assemblages avec les structures bois

Les matériaux des organes de fixation devront satisfaire aux exigences de la norme NF EN 1995-1-1. Le choix de la protection des matériaux pour un usage en classe de service 1 et 2 et en fonction du type de fixation ou assemblage se fait conformément au paragraphe 12.1.2 du NF DTU 31.2 P1-2. Des exemples de disposition concernant le choix des matériaux ou de la protection vis-à-vis de la corrosion pour les assemblages sont présentés ci-dessous (tableau 5).

Tableau 5 : Protection des assemblages

Assemblages	*Classes de service [a)]*	
	Classe de service 1 (Intérieur sec)	***Classe de service 2 (Intérieur humide)***
Pointes, vis et tirefonds avec Ø ≤ 4 mm	***Aucune disposition***	***Fe/Zn 25c Z350 (b)***
Boulons, broches, pointes, vis et tirefonds avec Ø ≥ 4 mm	***Aucune disposition***	***Fe/Zn 25c Z350 (b)***
Plaques métalliques d'épaisseur comprises entre 3 mm et 5 mm	***Aucune disposition***	***Fe/Zn 25c Z350 (b)***
Plaques métalliques d'épaisseur > 5 mm	***Aucune disposition***	***Fe/Zn 25c Z350 (b)***
Pour des conditions particulièrement corrosives, il convient d'envisager le Fe/Zn 40, un revêtement par galvanisation à chaud et par shérardisation, ou de l'acier inoxydable. *Revêtement par galvanisation à chaud conforme à la norme NF EN 10346*		

Tout autre procédé de protection peut être employé à condition de conférer aux matériaux une protection au moins aussi grande que celle obtenue par galvanisation.

Les matériaux de fixation et d'assemblage recevant une protection électrolytique doivent être conformes à la norme NF EN ISO 4042.

Les matériaux de fixation et d'assemblage recevant un revêtement par galvanisation à chaud doivent être conformes à la norme NF EN 10346.

Les matériaux de fixation et d'assemblage recevant un revêtement par shérardisation doivent être conformes à la norme NF EN 13811.

Les matériaux de fixation et d'assemblage en acier inoxydable doivent être conformes à la norme NF EN 10088-3.

Voir aussi en annexe, Figure 16 pour une liaison avec une structure bois.

2.3.9.2. Principes de liaison avec les structures en béton

Les matériaux et assemblages réalisés en tête de pieux vissés devront respecter les principes de conception et de dimensionnement des normes NF EN 1992-1-1+AN et NF EN 1992-4+AN.

Les têtes de pieux équipées de platines pourront être associées à des massifs béton armé ou des longrines de redressement.

2.3.9.3. Principes de liaison avec les structures en métal

Les matériaux et assemblages réalisés en tête de pieux vissés devront respecter les principes de conception et de dimensionnement de la norme NF EN 1993-1-1+AN et la norme NF EN 1090-2.

Voir aussi en annexe, Figure 17 pour une liaison avec une structure métal.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

GoliathTech Europe peut soit directement mettre en œuvre le système de Pieux Hélicoïdaux GoliathTech, soit par ses concessions (une liste d'installateurs agréés par le titulaire selon le processus d'assurance qualité GoliathTech peut être fournie).

Procédure d'agrément des installateurs agréés :

- Sélection fondée sur l'expérience professionnelle, les compétences techniques et la capacité à exploiter l'activité conformément au Système GoliathTech et au Manuel d'exploitation ;
- Justification obligatoire d'un minimum de trois (3) années d'expérience dans le secteur du bâtiment, condition nécessaire à la souscription d'une assurance décennale ;
- Validation préalable par GoliathTech avant toute signature du contrat et entrée dans le réseau ;
- Engagement contractuel de l'installateur à respecter les exigences légales, normatives et assurantielles applicables en France.

Accompagnement, contrôle et suivi :

- Formation initiale obligatoire de l'installateur et du gérant, conformément aux dispositions contractuelles, avant le démarrage de l'activité ;
- Contrôles aléatoires sur un chantier effectué au moins une fois par année pour 10 projets réalisés afin de vérifier la conformité des installations avec les procédures, le Manuel d'exploitation et les prescriptions techniques applicables ;
- Obligation de renseigner un registre d'installation des pieux pour chaque chantier, incluant l'ensemble des données d'implantation nécessaires à la vérification des paramètres techniques, et obligation de conserver ces registres pour un minimum de 10 années ;
- Audits, inspections et demandes de rapports possibles à tout moment par GoliathTech, conformément aux clauses contractuelles ;
- Vérification semestrielle des assurances décennales, sans exclure des contrôles ponctuels supplémentaires si requis.

2.4.1. Prescriptions

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 excentrements dont les valeurs devront soit être conformes aux tolérances (cf. §2.4.5), soit faire l'objet de calculs pour vérifier que celles-là sont acceptables. Il est également possible d'adapter la structure (par exemple longrine de redressement) ou de compléter le système de fondations.

Afin d'éviter l'effet de groupe, les dispositions du §2.3.6.1 seront respectées.

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

GoliathTech fournis l'ensemble des pièces entrant dans le procédé GoliathTech.

Le bureau d'études de GoliathTech dimensionne les pieux vissés de chaque projet pour le compte des entreprises concessionnaires sur la base d'essais de conformité.

Les pieux vissés sont réalisés par des entreprises concessionnaires (agréées par GoliathTech).

2.4.2. Mesures de sécurité pour l'installation

1. Le pieu hélicoïdal doit être installé par une équipe d'au moins deux personnes : un opérateur de machine hydraulique et un observateur, qui s'occupe du couplage et du découplage des pieux. La communication entre l'opérateur et l'observateur doit être claire à tout moment.

2. Un champ de vision dégagé entre l'opérateur et l'observateur doit être maintenu pendant toute la manipulation des pieux.

3. Avant de commencer l'installation, l'observateur doit vérifier l'alignement du moteur. Le moteur doit être positionné en ligne droite avec l'axe du pieu hélicoïdal.

4. Le plus grand soin doit être pris lors de l'installation d'une extension, car il est souvent nécessaire de faire tourner le moteur pour permettre un alignement et une fixation corrects.

5. Le levage du pieu avec un pied lors du raccordement du pieu à l'adaptateur de battage est interdit.

6. Toute personne (inspecteur, ingénieur, etc.) pénétrant sur le chantier doit toujours établir un contact visuel avec l'opérateur.

7. Tous les réseaux enterrés en service doivent être identifiés et dégagés avant l'installation.

8. La distance minimale jusqu'à un réseau enterré en service doit être de 3D ou de 1,25m, selon la valeur la plus élevée.

9. Le couple nominal maximal du pieu hélicoïdal ne doit jamais être dépassé.

10. Les protections oculaires et les casques sont obligatoires sur le site d'installation.

11. Une personne ne doit pas soulever plus de 25 kg sans utiliser l'équipement de manutention ou de levage.

12. Toute excavation et les risques associés doivent être évalués par un professionnel.

2.4.3. Etapes d'installation

L'installation des pieux peut être décomposée selon les étapes suivantes :

1. Fixer le pieu hélicoïdal à l'adaptateur de couple à l'aide d'une ou plusieurs goupilles d'entraînement.

2. Centrer le pieu hélicoïdal à la position prévue/spécifiée sur le dessin d'installation.

3. Enfoncer la pointe du pieu jusqu'à ce que la première hélice entre en contact avec la surface du sol.

4. Vérifier l'aplomb du pieu installé.

5. Commencer l'installation.

6. Enregistrer la profondeur et le couple à des intervalles spécifiés (tous les 0,2 m jusqu'à une profondeur de 2,0 m, puis tous les 0,3 m au-delà). La mesure du couple est continue et les mesures sont enregistrées aux intervalles décrits ci-dessus. Le couple final correspond à la moyenne des 3 dernières mesures effectuées/ enregistrées.

7. Ajouter des sections d'extension si nécessaire.

8. Poursuivre l'installation en vérifiant l'aplomb. La vérification de l'angle d'installation et de l'aplomb est effectuée par le dispositif de mesure du couple et indiquée visuellement sur l'écran de l'appareil.

9. Arrêter l'installation lorsque la profondeur validée par essais de conformité et le couple sont atteint. La tolérance de couple d'installation d'un appareil étalonné est de ±2%. L'appareil de mesure de couple est étalonné par le fabricant d'origine tous les 2 ans ou 1 000 heures.

10. Couper le pieu à l'élévation finale si nécessaire.

11. Percer des trous pour les boulons si nécessaire.

12. Monter et connecter le support de tête de pieu.

13. Enregistrer la profondeur, le couple et l'élévation finale.

2.4.4. Tolérances d'exécution

La structure doit être dimensionnée pour prendre en compte les effets des tolérances suivantes :

- Excentrement du pieu par rapport à la position initiale : ± 38 mm en plan ;
- Altimétrie de la platine : ± 5 mm ;
- Horizontalité de la platine : 3% maximum ;
- Verticalité du fût : 3% maximum.

L'excentrement est vérifié au niveau de la hauteur théorique finie des pieux.

Tout écart supérieur aux tolérances doit être signalé au bureau d'études interne de GoliathTech, et :

- Soit l'écart n'affecte ni le dimensionnement ni la qualité de l'installation – dans ce cas, le projet est déclaré conforme ;
- Soit les effets des tolérances d'exécution doivent être repris conformément à l'Annexe R de la norme NF P 94-262.

2.4.5. Equipements de pose

1. Le moteur doit être un moteur à couple rotatif à entraînement hydraulique, capable de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre et dans le sens inverse. Le moteur à couple doit être en mesure de s'ajuster en continu aux tours par minute (RPM) pendant l'installation. Il doit également avoir une capacité de couple supérieure de 25 % à la résistance nominale à la torsion de l'arbre central en acier à installer. Les pieux hélicoïdaux doivent être installés avec des moteurs à couple élevé et à faible régime, permettant aux plaques à vis hélicoïdales de progresser avec une perturbation minimale du sol.

2. L'équipement doit être capable d'appliquer simultanément une pression descendante (foule) et un couple adéquat pour s'adapter aux conditions du sol. Il doit également être capable d'ajuster continuellement la position afin de maintenir un bon alignement des pieux hélicoïdaux.

3. Moteurs utilisés par GoliathTech

a. Digga MM-10K – Couple maximal : 14 206 N·m ;

b. Digga 30ADS – Couple maximal : 41 178 N·m ;

c. Digga SD95 – Couple maximal : 91 755 N·m.

4. Le couple de vissage maximale du moteur est établi par le constructeur et il est étalonné tous les 2 ans avec des outils de calibration certifiés, un certificat de conformité sera rédigé.et archivé.

Voir figure 18 pour les détails.

L'entretien des équipements d'installation est assuré par une formation appropriée de l'installateur. Un étalonnage annuel des capteurs de pression et des couples délivrés par les équipements est prévue.

L'indicateur de couple doit être calibré avant les tests de préproduction ou le début des travaux.

Les indicateurs de couple qui font partie intégrante de l'équipement d'installation doivent être calibrés sur place.

Les indicateurs de couple montés en ligne avec l'outillage d'installation doivent être étalonnés soit sur site, soit dans une installation d'essai correctement équipée. Les indicateurs mesurant le couple en fonction de la pression hydraulique doivent être étalonnés aux températures normales de fonctionnement.

2.4.6. Suivi des valeurs de couple de vissage

La mesure précise du couple lors de l'installation des pieux est essentielle et est mise en œuvre par GoliathTech.

En général, l'une des trois méthodes suivantes peut être utilisée comme système de mesure :

- Goupille de cisaillement ;
- Indicateur de couple à cadran mécanique ;
- Indicateur de couple à pression différentielle.

Voir Annexe, Figure 19 pour les détails.

Un document de mesure du couple doit être produit par l'installateur à l'aide du formulaire de l'entreprise. Voir Annexe, Figure 20.

Le couple d'installation final est la moyenne de 3 mesures de couple espacées équitablement sur le dernier mètre d'installation.

2.4.7. Assemblage des rallonges

Lorsque le fût doit être rallongé lors de l'installation, les raccords tubulaires sont boulonnés. Ils permettent de maintenir l'alignement et la position des éléments pendant la mise en place.

Les sections d'extension peuvent comporter des plaques d'appui hélicoïdales supplémentaires, mais sont souvent composées uniquement d'un arbre central et d'accouplements. Les accouplements sont généralement constitués de manchons mâles et femelles boulonnés. L'arbre central est une section tubulaire ronde et creuse.

Les mesures de sécurité pour l'installation, définies en section 2.4.3, doivent être respectées.

2.4.8. Essais de conformité et de contrôle

Les essais réalisés sur site sont de deux types :

- Essais de conformité réalisés sur les pieux de référence avant l'installation, afin de vérifier le prédimensionnement. Dans le cas où le prédimensionnement est conforme, les valeurs obtenues sont retenues pour le projet. Si le

prédimensionnement est non conforme, un nouveau prédimensionnement ainsi que de nouveaux essais sont réalisés jusqu'à obtenir la conformité ;

- Essais des pieux structure de contrôle d'installation, choisis dans la zone estimée comme la plus défavorable.

Ces contrôles doivent figurer sur la fiche d'attachement de chaque pieu réalisé.

Les critères suivants doivent être respectés :

- Pour le contrôle de la portance, les essais sont décrits au §2.4.9.1.2 :
- La profondeur minimale d'installation des pieux requise est atteinte (concerne tous les pieux) ;
- Le couple d'installation minimum requis est atteint (concerne tous les pieux) ;
- La correspondance entre la capacité portante obtenue et celle issue du prédimensionnement est confirmée.

Si les valeurs de prédimensionnement ne sont pas vérifiées, de nouveaux tests de conformité doivent être réalisés.

Les vis testées lors des essais de conformité sont des fondations qui ne peuvent pas être intégrées à l'ouvrage.

2.4.8.1. Efforts verticaux (compression et traction)

2.4.8.1.1. Procédure du pieu de conformité

Les pieux hélicoïdaux GoliathTech de conformité correspondent aux pieux réels définis par le prédimensionnement (autant d'essais que de types différents (longueur, diamètre, nombre d'hélices)).

En cas de non-validation, de nouveaux essais de conformité doivent être effectués.

Dans tous les cas, le vissage du pieu hélicoïdal GoliathTech de conformité est poursuivi jusqu'au refus ou sur une profondeur d'au moins trois diamètres d'hélice afin de vérifier la continuité du sol de fondation.

2.4.8.1.2. Essais de contrôle

Il est prescrit un essai minimum pour 200 Pieux Hélicoïdaux GoliathTech en compression par zone géotechnique homogène et par type de pieu (un type s'entend par diamètre de fût, longueur, hélice, ...).

Il est prescrit un essai minimum pour 50 Pieux Hélicoïdaux GoliathTech en traction, par zone géotechnique homogène et par type de pieu (un type s'entend par diamètre de fût, longueur, hélice, ...).

Les essais de contrôle réalisés selon le protocole d'essai GoliathTech en annexe du dossier technique sont menés jusqu'à l'atteinte de la charge correspondante au maximum de 1,1 fois l'ELS caractéristique ou 1,3 fois l'ELS quasi-permanent.

Les essais statiques consistent en l'application de charges conformément aux normes NF EN ISO 22477-1 en compression et NF EN ISO 22477-2 en traction.

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.

2.4.8.2. Efforts latéraux (cisaillement)

2.4.8.2.1. Réalisation des essais de conformité

Après la détermination théorique du diamètre du tube des Pieux Hélicoïdaux GoliathTech lors du prédimensionnement, un essai de référence est réalisé par zone géotechnique homogène et type de pieux (un type s'entend par diamètre de fût, longueur, hélice, ...) afin de le confirmer.

En cas de non-conformité des résultats de l'essai en cisaillement, la géométrie du Pieu Hélicoïdal GoliathTech 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.

2.4.8.2.2. Essai de contrôle

Après la réalisation des Pieux Hélicoïdaux GoliathTech, il est prescrit un essai minimum de contrôle pour 50 Pieux Hélicoïdaux GoliathTech en cisaillement, par zone géotechnique homogène et par type de vis (un type s'entend par diamètre de fût, longueur, hélice, ...).

L'essai de contrôle est déclaré conforme si :

- le déplacement de la tête du Pieu Hélicoïdal GoliathTech reste admissible par la structure supportée sous chargement,
- la tête du Pieu Hélicoïdal GoliathTech reprend sa position initiale après déchargement.

2.4.9. Traitement anti-corrosion sur chantier

Lorsque des pieux galvanisés sont coupés ou percés sur chantier, la couche de zinc protectrice est localement endommagée, exposant ainsi l'acier à la corrosion. Un traitement anti-corrosion sur les zones affectées est obligatoirement réalisé suivant les prescriptions suivantes :

- La procédure recommandée (document GOLIATHTECH FT-PRO-10 v1 du 23/04/2021) consiste à appliquer une peinture riche en zinc (type « cold galvanizing compound ») directement sur les surfaces coupées ou abrasées, en respectant les épaisseurs minimales spécifiées par le fabricant (85 µm) ;

- La surface doit être préalablement nettoyée, dégraissée et légèrement brossée pour assurer une bonne adhérence du produit.

Ce traitement permet de rétablir une protection cathodique équivalente à celle du zingage initial.

2.4.10. Réception du chantier

Le dossier de récolement des travaux de fondations contient :

Les références et les informations générales, ainsi que le rapport de prédimensionnement :

- Type des pieux utilisés ;
- Équipement utilisé ;
- Méthode d'exécution ;
- Protection anti-corrosion.

Les informations particulières relatives à la méthode d'exécution :

- Plan de recollement précisant les défauts d'excentrement ;
- Profondeur de pose des pieux vissés ;
- Valeurs des couples obtenus ;
- Fiche d'attachement de chaque pieu ;
- Procès-verbaux des essais de conformité et de contrôle (figures 21 et 22).

2.5. Maintien en service du produit ou procédé

Aucun entretient n'est nécessaire.

2.6. Traitement en fin de vie

Les pieux vissés étant constitués exclusivement d'acier sont si nécessaire retraités dans la filière de retraitement des aciers.

2.7. Assistante technique

Tous les installateurs sont appuyés par le Bureau d'Etudes de GoliathTech ou un bureau d'Etudes préalablement agréé par GoliathTech pour le dimensionnement ou l'exécution de leurs projets.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette 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 GoliathTech, sur la soudure et les éléments de support.

2.8.1. Description du processus de fabrication

Tous les composants des pieux hélicoïdaux GoliathTech sont fabriqués dans l'usine de production GoliathTech 477 Boulevard Poirier, Magog QC J1X 7L1. Toutes les opérations de fabrication sont effectuées sur place, y compris le soudage, le formage des métaux et l'usinage.

La galvanisation des éléments est réalisée selon un procédé à chaud, par une entreprise spécialisée.

2.8.2. Contrôles en usine

Les contrôles de fabrication et d'assemblage font partie du processus d'assurance qualité ISO 9001:2015 (numéro de certificat Q101242) et sont effectués exclusivement en usine.

Les contrôles portent sur la résistance des tubes, des hélices, des soudures et des platines. Ils comprennent également le contrôle dimensionnel. Un contrôle visuel est effectué sur chaque soudure.

Les tolérances dimensionnelles pour le contrôle de réception des matériaux sont détaillées dans le tableau 6 en annexe du Dossier Technique.

2.8.3. Marquage

Les GOLIATHTECH PRESTIGE TM/VENTURA sont identifiés à l'aide d'étiquettes indiquant :

- Le modèle du GOLIATHTECH PRESTIGE^{MC}/VENTURA^{MC} ;
- L'identité du fabricant GOLIATHTECH ;
- La mention « CCMC 13675-R » constitue un rapport d'examen sur la base du Code national du bâtiment – Canada 2015 ;
- Le marquage des produits doit reprendre la définition applicable à la mention « ESR 3276 », avec les informations nécessaires à l'identification, à la traçabilité et à la conformité des éléments concernés.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

- FC07704 2.375 Rapport final RÉV 2 - Rapport de test complet de pieu GoliathTech 2 3/8 (vis de 60 mm), pour évaluation auprès de l'ICC-ES :
- Tests de sol (Compression, Tension et Latéral) ;
- Tests structurels des composants ;
- Vérification du facteur empirique Kt ;
- FC07704 2.875 Rapport final RÉV 4 - Rapport de test complet de pieu GoliathTech 2 7/8 (vis de 73 mm), pour évaluation auprès de l'ICC-ES :
    - Tests de sol (Compression, Tension et Latéral) ;
    - Tests structurels des composants ;
    - Vérification du facteur empirique Kt ;
- FC07704 3.5 Rapport final RÉV 4 - Rapport de test complet de pieu GoliathTech 3 1/2 (vis de 89 mm), pour évaluation auprès de l'ICC-ES :
    - Tests de sol (Compression, Tension et Latéral) ;
    - Tests structurels des composants ;
    - Vérification du facteur empirique Kt ;
    - AC 358 « Acceptance Criteria for Helical Pile Systems » ICC-ES : La certification ICC-ES pour pieux hélicoïdaux est le critère le plus largement utilisé dans l'industrie (AC 358) pour l'évaluation des pieux hélicoïdaux ;
    - FLETC NM_FR, Record d'installation de pieux hélicoïdes GoliathTech - Projet Dortoir FLETC - 1300 West Richey Avenus, Artesia NM 88210, USA.

2.9.2. Références chantiers

- 2024 – Construction d'un chalet R+1 – Le Vernet (04) ;
- 2025 – Construction d'une maison individuelle – Saint-Pierre-de-Bailleul (27).

2.10. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

Figure 6 - Pieu hélicoïdale avec une rallonge et une configuration multi-hélice

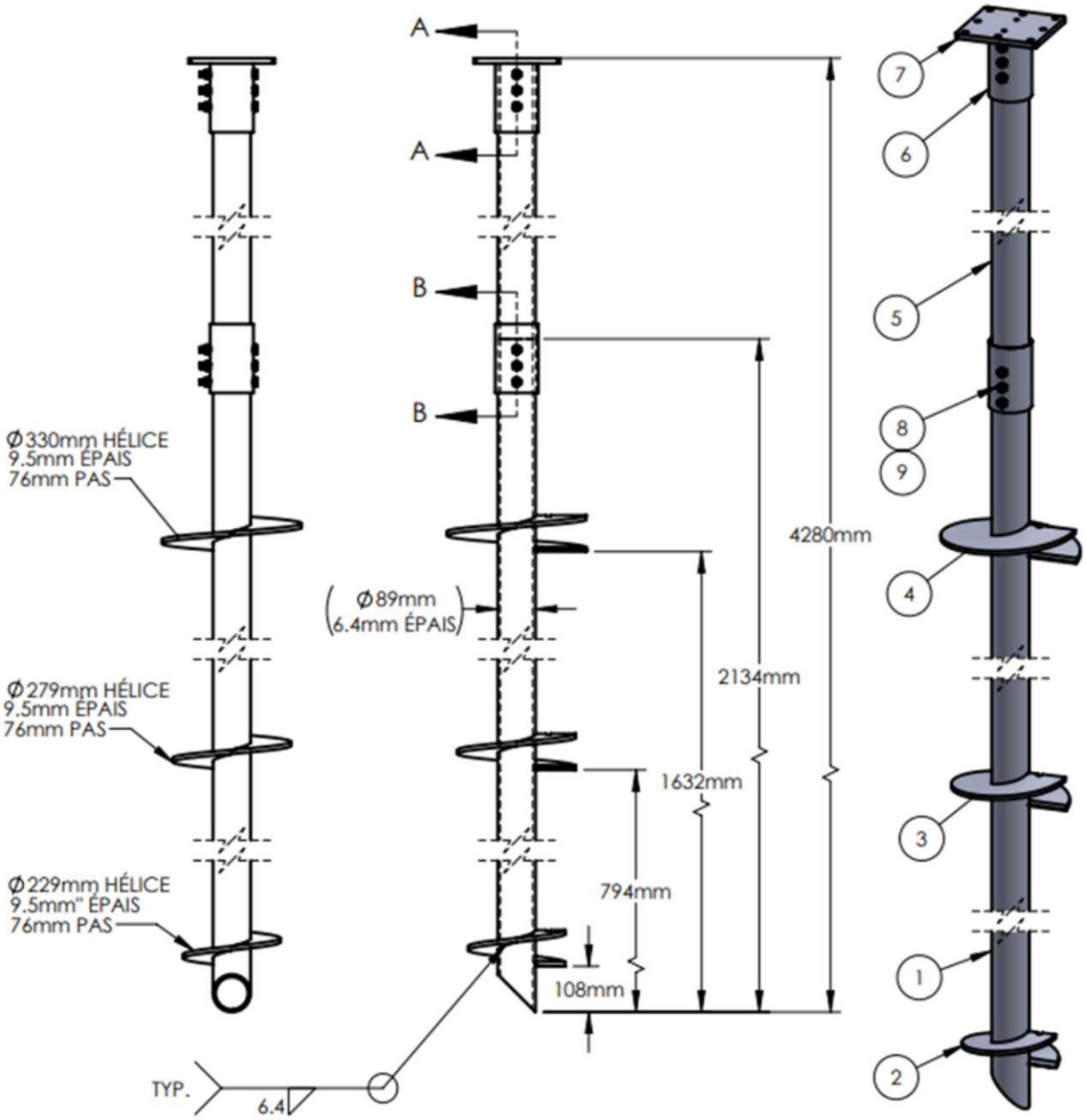


Figure 7 - Fut et Rallonge du Fut

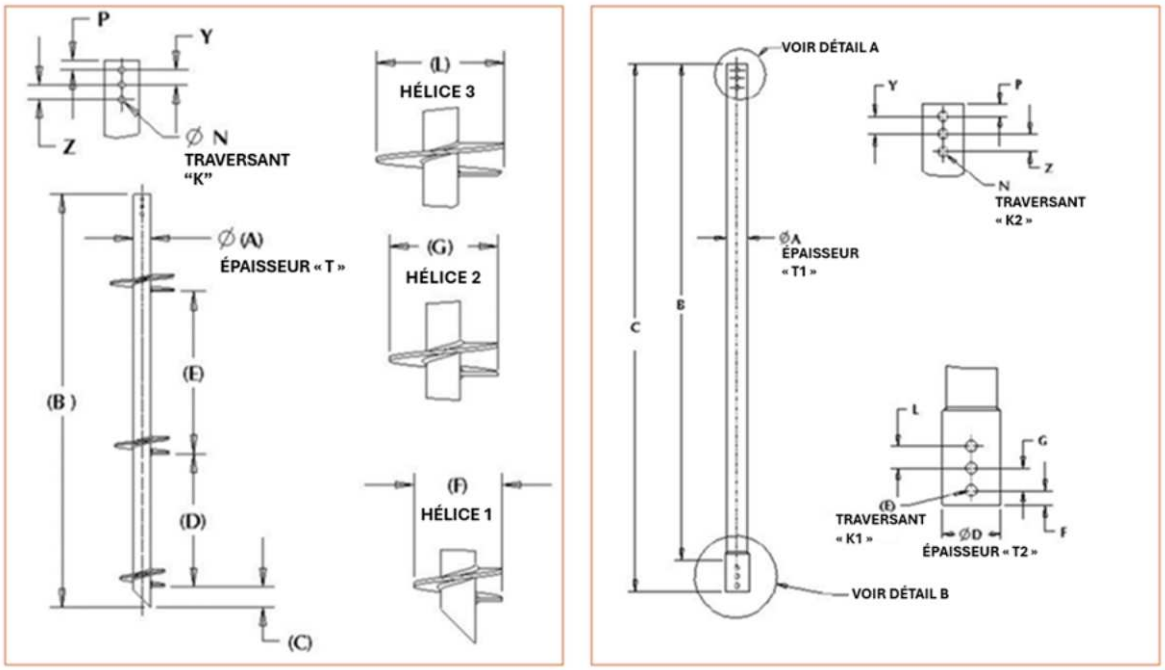


Figure 8 - Support/tête du pieu typique pour pieux hélicoïdaux (support charpentes métallique et fondations superficielles en béton)

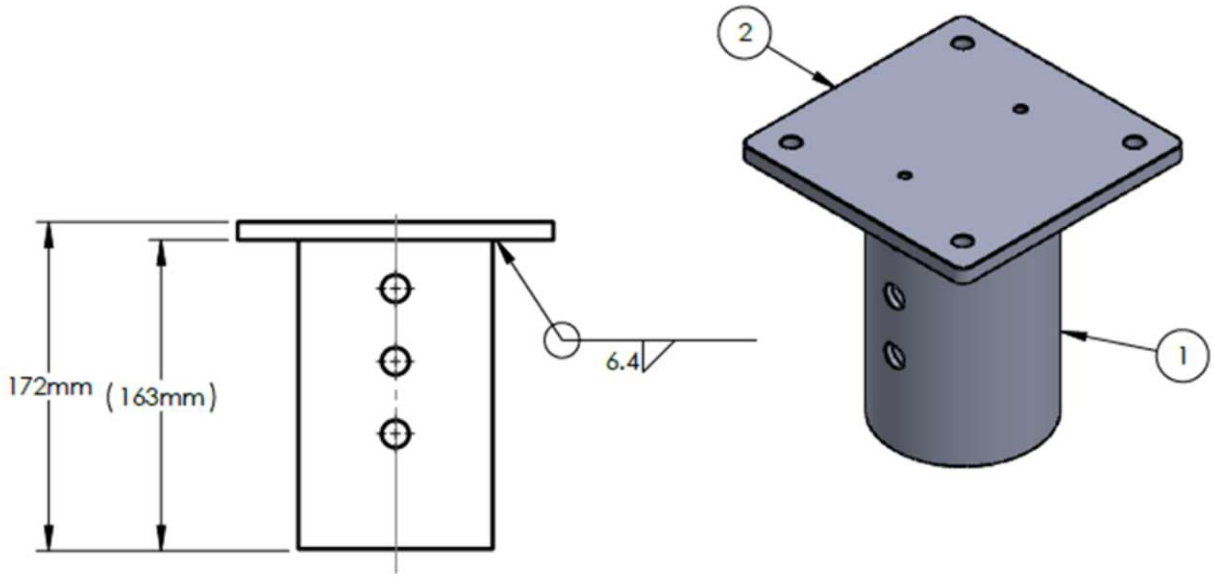


Figure 9 - Support typique ajustable/tête du pieu pour pieux hélicoïdaux (support charpentes métallique et bois)

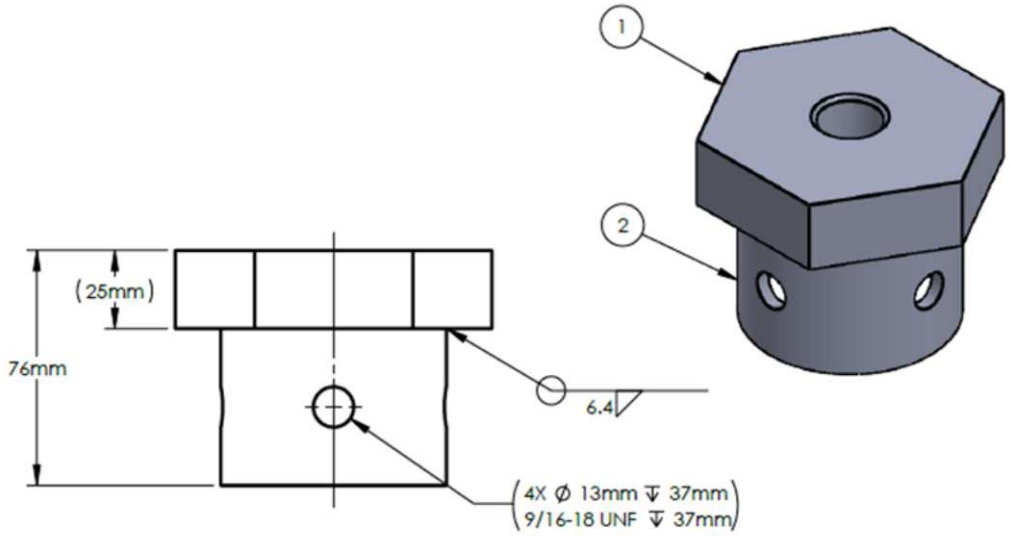


Figure 10 - Détail d'accouplement typique d'un pieu hélicoïdal

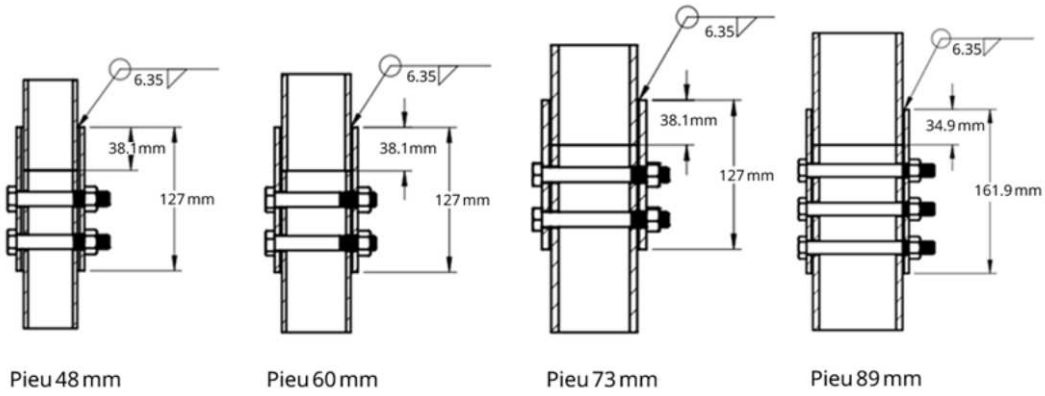


Figure 11 - Détail typique d'un support de tête du pieu hélicoïdal (support charpentes métallique et fondations superficielles en béton)

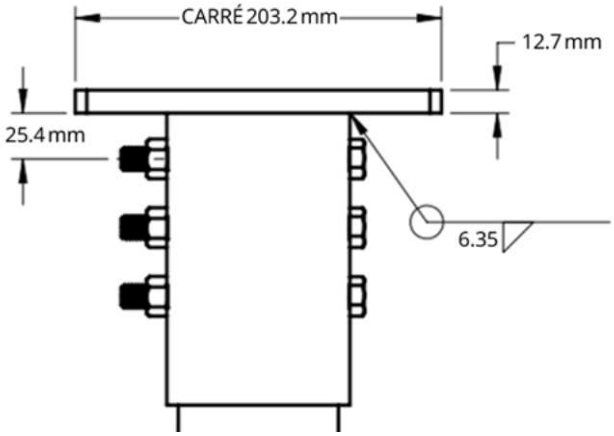


Figure 12 - Détail typique d'une hélice de pieu hélicoïdal

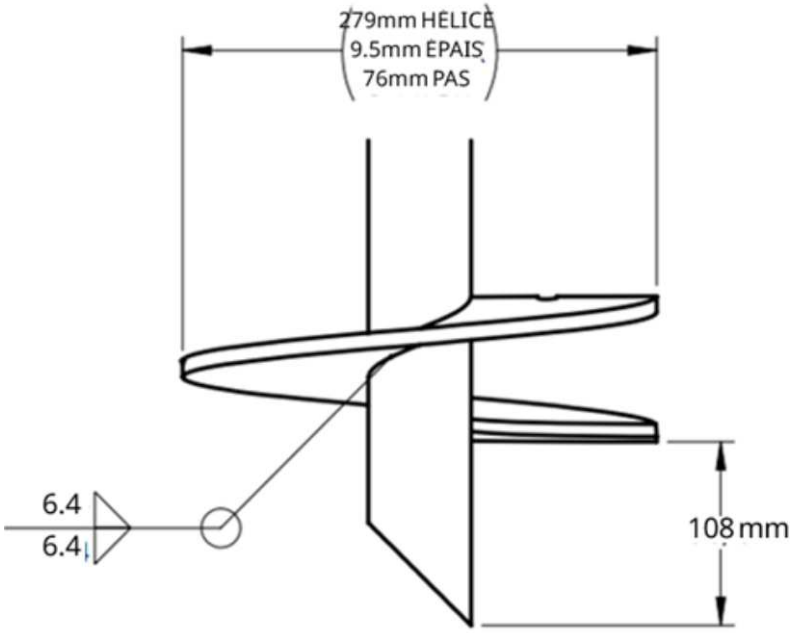


Figure 13 - Pieux hélicoïdaux contreventés

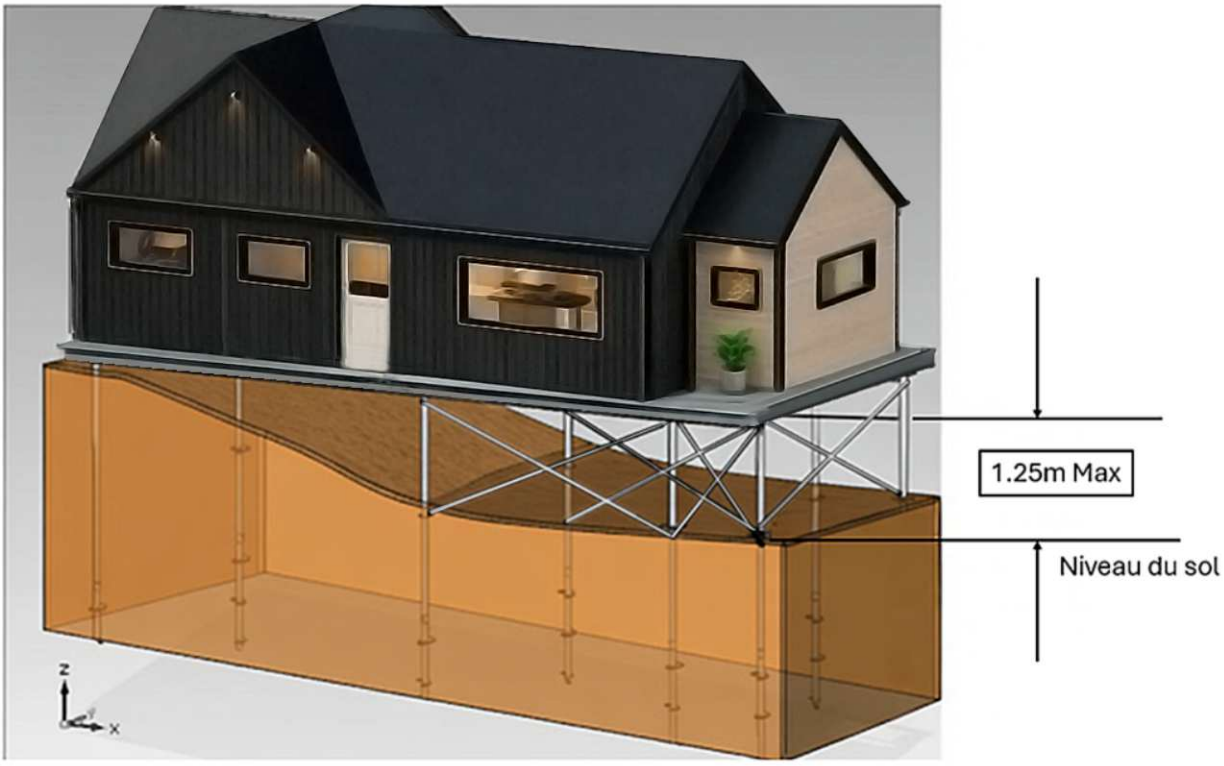


Figure 14 - Usage de piles hélicoïdales obliques pour augmenter la capacité latérale

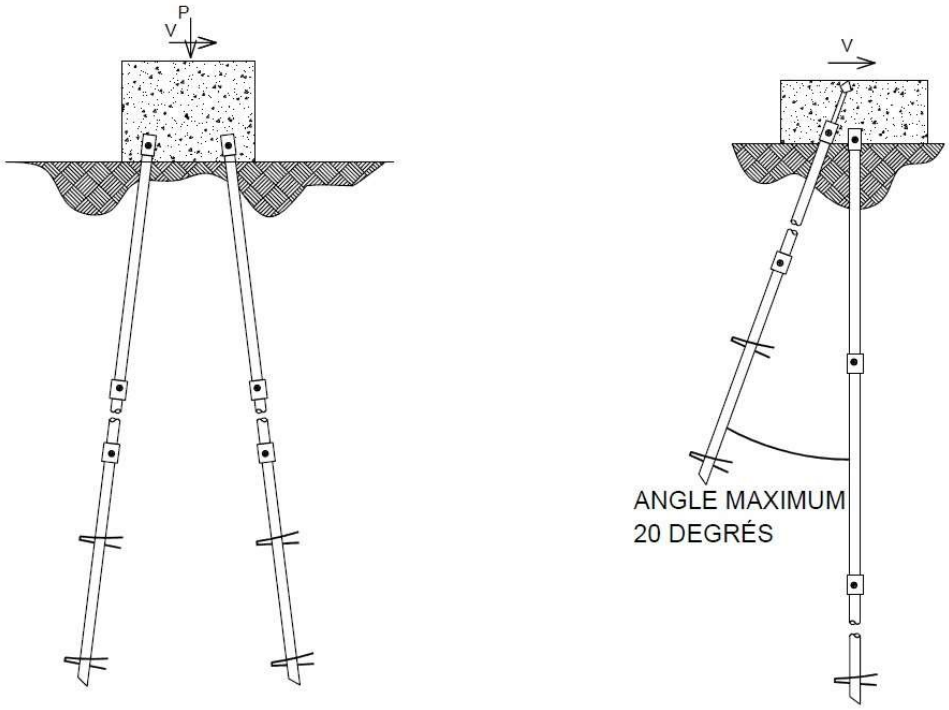


Figure 15 - Différentes manières d'augmenter la capacité latérale des pieux hélicoïdaux

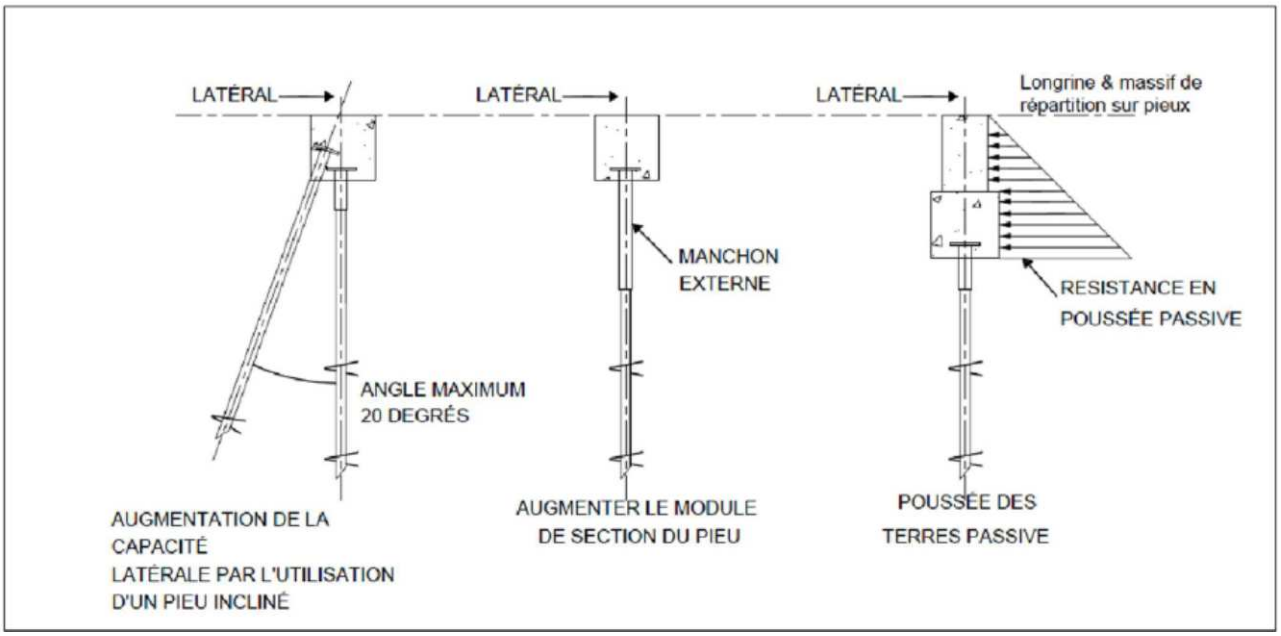


Figure 16 - Connexion typique du pieu à la structure en bois

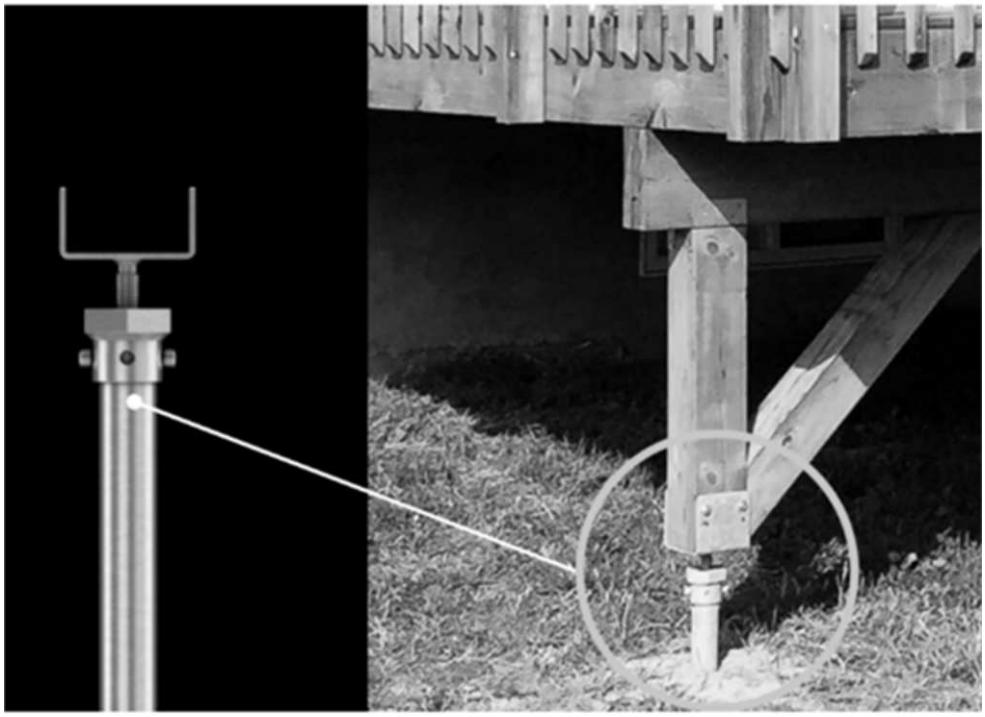


Figure 17 - Connexion typique du pieu à la structure en acier

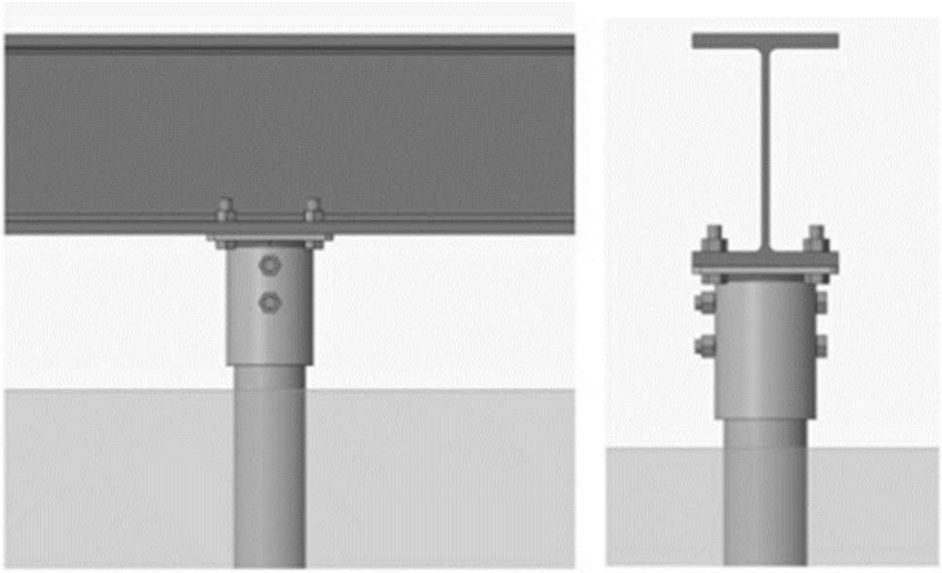


Figure 18 - Équipement typique d'installation de pieux hélicoïdaux

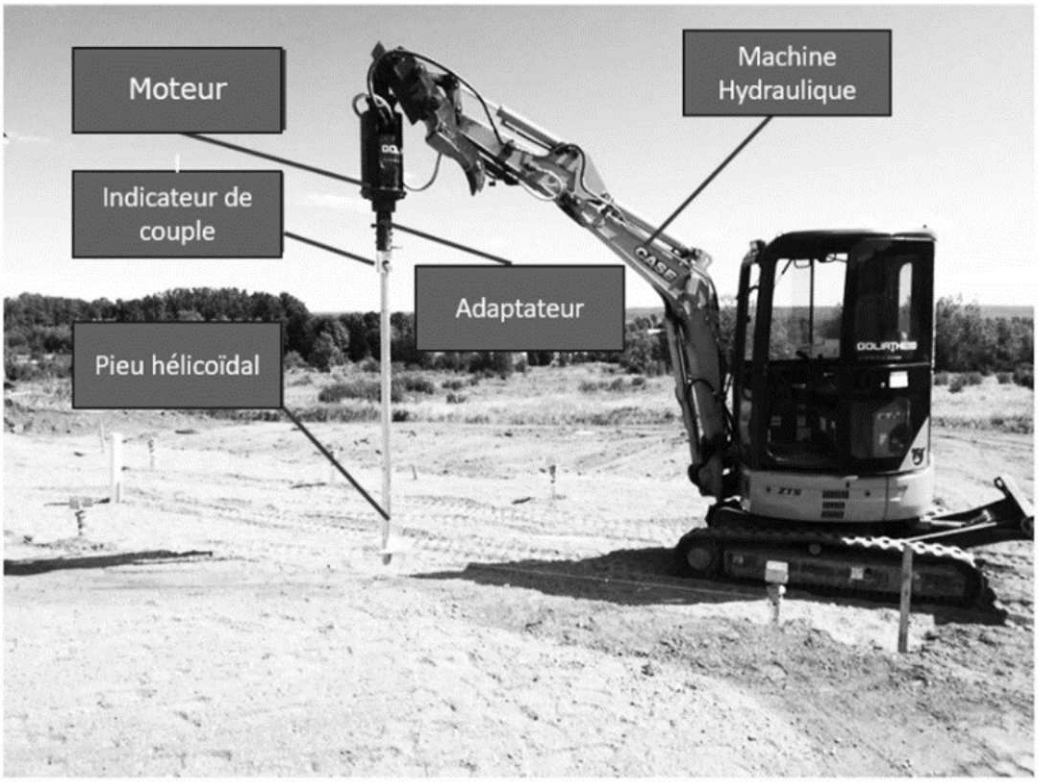


Figure 19 - Appareils de mesure de couple d'installation

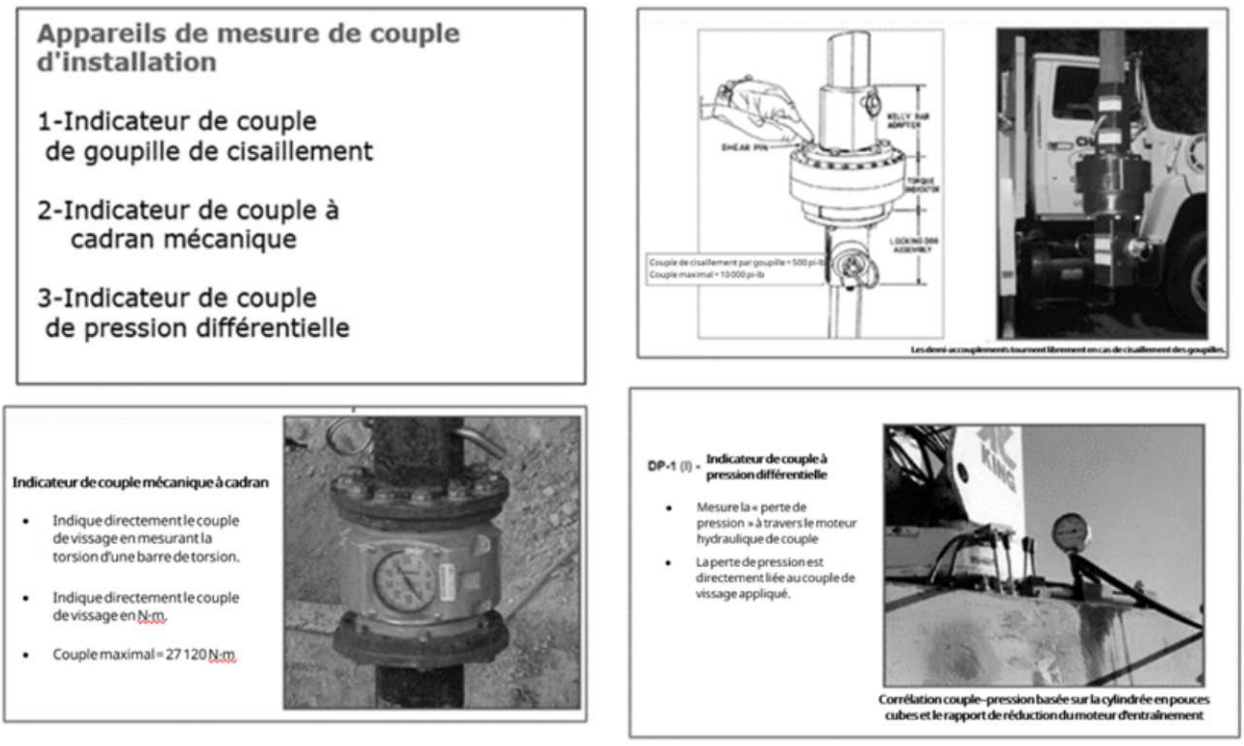


Figure 20 – Procès-verbal de vissage

GOLIATHTECH

	Nom de l'installateur :	
Bon d'installation	Territoire du franchisé :	
	Équipement d'installation : Moteur hydraulique GoliathTech calibré avec cadran PSI de lecture de torque	
Date d'installation :	**Taille du Moteur:**	
Description du Projet du Clier	Nom du client ou du contracteur :	
	Adresse du projet :	

Numéro du pieu	Capacité portante requise (kN)	Couple requis (N-m)	Pieu utilisé D (mm)	Hélice(s) utilisée(s) D (mm)	Profondeur d'installation des pieux requise (cm)	Profondeur d'installation du pieu atteinte (cm)	Longueur totale du pieu, y compris la portion hors sol (cm)	Indiquez s'il y a eu coupe des pieux et reperçage des trous de boulons de fixation de la tête de pieu.	Hauteur finale du pieu au-dessus du niveau du sol (cm)	Inclinaison du pieu (si différent de 90 ± 1 degrés)	Pression hydraulique du moteur le cas échéant (bar)	Couple atteint (N-m)	Capacité de Compression atteinte (kN)	Capacité de Traction atteinte (kN)
Pieu 1:														
Pieu 2:														
Pieu 3:														
Pieu 4:														
Pieu 5:														
Pieu 6:														
Pieu 7:														
Pieu 8:														
Pieu 9:														
Pieu 10:														
Pieu 11:														
Pieu 12:														
Pieu 13:														
Pieu 14:														

Figure 21 – Procès-verbal d'essai de conformité

PROCÈS VERBAL D'ESSAI DE CONFORMITÉ

Informations sur l'essai	
Compression	☐
Traction	☐
Cisaillement	☐

Informations sur le pieu	
Diamètre du pieu (mm) :	
Hélice (cm) :	
Profondeur (m) :	

Informations sur le chargement	
Charle ELS (kN) :	
Charge d'essai (kN) :	
Déplacement max (mm) :	

Relevés d'essai

Nº Paliers	ELS 1	ELS 2	ELS 3	ELS 4	Décharge	Charge d'essai 1	2	3	4	5	6	7	8	Décharge
Charges (kN)					0									0
Pression (psi)					0									0

Durée (min)	Déplacement (mm)												
0													
5													
10													
15													
20													
25													
30													
40													
50													
60													

Date de l'essai: **Nom du signataire :** **Signature :**

GOLIATHTECH SYSTÈME DE PIEUX VISSÉS

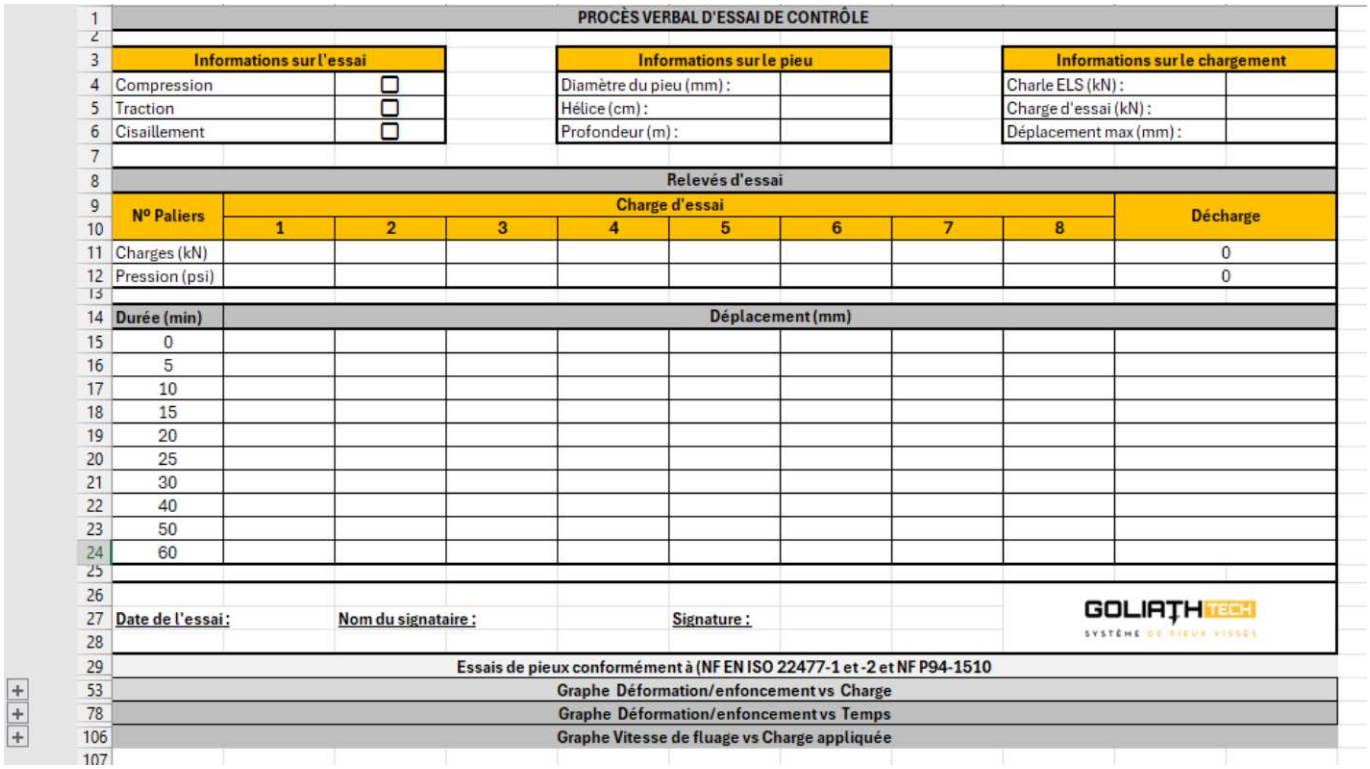
Essais de pieux conformément à (NF EN ISO 22477-1 et -2 et NF P94-1510

Graphe Déformation/enfoncement vs Charge

Graphe Déformation/enfoncement vs Temps

Graphe Vitesse de fluage vs Charge appliquée

Figure 22 – Procès-verbal d'essai de contrôle



PROCÈS VERBAL D'ESSAI DE CONTRÔLE

Informations sur l'essai	
Compression	☐
Traction	☐
Cisaillement	☐

Informations sur le pieu	
Diamètre du pieu (mm) :	
Hélice (cm) :	
Profondeur (m) :	

Informations sur le chargement	
Charle ELS (kN) :	
Charge d'essai (kN) :	
Déplacement max (mm) :	

Relevés d'essai

N° Paliers	Charge d'essai								Décharge
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Charges (kN)									0
Pression (psi)									0

Durée (min)	Déplacement (mm)								
0									
5									
10									
15									
20									
25									
30									
40									
50									
60									

Date de l'essai : Nom du signataire : Signature :

GOLIATH TECH
SYSTÈME DE PIEUX VISSÉS

Essais de pieux conformément à (NF EN ISO 22477-1 et -2 et NF P94-1510

Graphe Déformation/enfoncement vs Charge

Graphe Déformation/enfoncement vs Temps

Graphe Vitesse de fluage vs Charge appliquée

Tableau 6 - Tolérances de fabrication et de montage

Component mesurée	Méthode de mesure	Fréquence	Limite de tolérance
Longueur du fût	Mètre ruban	1ère unité, milieu du contenant et dernière unité	± 3 mm
Angle de coupe du fût	Équerre	1ère unité, milieu du contenant et dernière unité	± 0.5 degré (90° angle) + 1 degrés (45° angle)
Perforation des trous du fût	Gabarit	Toutes les 10 unités	Dia. ± 0.4mm Dist. ± 0.8mm
Diamètre intérieur de l'hélice	Gabarit	Toutes les 10 unités	1.6 mm espacement max.
Diamètre extérieur de l'hélice	Mètre ruban	1 unité par plaque de production	± 0.8 mm
Pas de l'hélice	Mètre ruban	Toutes les 10 unités	± 3 mm
Distance de l'hélice au bout du fût	Mètre ruban	1ère unité, 1/3 du contenant, 2/3 du contenant et dernière unité	± 3 mm
Longueur de l'union	Mètre ruban	1ère unité, 1/3 du contenant, 2/3 du contenant et dernière unité	± 1.6 mm
Angle de coupe de l'union	Équerre	1ère unité, milieu du contenant et dernière unité	± 0.5 degré (90° angle)
Intérieur de l'union expansé	Gabarit	Toutes les pièces	Bon, pas bon