

## Évaluation du Procédé Géotechnique – EPG

<b>Nom du procédé</b>	Pieu vissé moulé appelé <b>SPIRE</b>
<b>Demandeur</b>	<b>Franki Fondation</b> 9/11, rue Gustave Eiffel 91350 Grigny

L'évaluation du procédé géotechnique SPIRE a été approuvée de manière consensuelle par les membres de la commission technique EPG dont la composition est précisée dans le référentiel relatif à l'évaluation des procédés géotechniques.

Les conclusions sont détaillées en page 3.

L'évaluation repose sur :

- l'engagement que la mise en œuvre du procédé SPIRE n'a pas été identifiée comme une source potentielle de désordres ;
- l'analyse des performances du procédé géotechnique SPIRE dans le cadre d'une mission réalisée par les deux instructeurs missionnés de la commission EPG. Les conclusions de cette mission sont consignées dans un rapport d'analyse qui est présenté en annexe ;
- la jurisprudence, au moment de l'évaluation, de la famille à laquelle le procédé géotechnique est rattaché ;
- l'approbation consensuelle par les membres de la commission CT-EPG en date du 14/08/2024, du cahier des charges et des conclusions du rapport.

### Avis de la commission technique EPG

Sous réserve d'appliquer les recommandations ci-dessous, la commission technique EPG :

- estime que : le procédé géotechnique SPIRE mis en œuvre par la société Franki Fondation et décrit par le cahier des charges du procédé géotechnique version 1.1 du 20/07/2024 est apte à satisfaire les exigences de fiabilité et de robustesse requis par le référentiel retenu ;
- donne un avis favorable à la prolongation de l'évaluation du procédé.

La présente évaluation est établie jusqu'au 14/08/2027.

Le 14/08/2024.

Le Président de la commission technique  
EPG



Loïc LEURENT - CEREMA

Le Vice - Président de la commission  
technique EPG



Fabien SZYMKEIWICZ - UGE

## Présentation du procédé

Le procédé SPIRE fait partie de la famille des pieux vissés moulés.

Il est développé par Franki Fondation à partir d'un outil refoulant spécifique surmonté d'une colonne à âme creuse qui améliore les performances du pieu vissé moulé grâce aux principes fondamentaux suivants : le bétonnage est réalisé au moyen d'un tube de bétonnage continu présent sur la totalité de la hauteur de l'outil refoulant et de la colonne et positionné dans l'âme creuse de ceux-ci. L'absence de dévissage lors du bétonnage garantit la forme cylindrique du fût du pieu.

Un enregistrement continu des paramètres en temps réel est également réalisé.

## Référentiel retenu pour l'évaluation du procédé géotechnique SPIRE

Le référentiel retenu pour l'évaluation du procédé comprend :

- [1]. Les Eurocodes
- [2]. La norme F P94-262 Fondations profondes,
- [3]. La norme européenne d'exécution NF EN 12699 ;
- [4]. Le fascicule 68 : Cahier des Clauses Techniques Générales - Travaux de génie Civil / Exécution des travaux Géotechniques des ouvrages de Génie Civil,
- [5]. La norme NF DTU 13.2. Fondations Profondes,
- [6]. La norme NF EN 206/CN Béton - Spécification, performance, production et conformité,
- [7]. Le Cahier technique n° 38 de l'AFPS.  
Les référentiels pour l'évaluation des procédés géotechniques<sup>1</sup> :
- [8]. le CR de la réunion du 21 mars 2024 de la Commission Générale des EPG.
- [9]. Fascicule 1 : Organisation des commissions et de la procédure EPG version 13/06/24.
- [10]. Guide pour la réalisation des cahiers des charges soumis à une EPG, version 1 de février 2019).

## Domaine d'emploi

Le domaine d'application concerne les pieux porteurs ou de soutènement, de tous types d'ouvrages (bâtiments, ouvrages d'art, tours, mâts, cheminées et silos) en situation de calcul sismique ou non, aussi bien public que privé.

Le procédé peut être employé dans tous types de terrains dans lesquels les conditions adaptées de fonçage et bétonnage avec les moyens dédiés ont été démontrées, si nécessaire par un essai de faisabilité en début de chantier.

## Recommandations spécifiques au procédé

### 1. Note à l'intention du maître d'œuvre et des contrôleurs

Le recours à un procédé de type SPIRE est généralement à considérer sur les projets de pieux comme une adaptation technique à la solution de pieux retenue par le marché.

Il convient alors de s'assurer que la synthèse géotechnique prévue en phase conception, mission G2 au sens de la NF P94-500 (ou similaire), est adaptée à ce procédé.

---

<sup>1</sup> | <https://piles.cerema.fr/demarche-pour-une-evaluation-membres-de-la-a2047.html>

# EPG : Commission d'Évaluations des Procédés Géotechniques

L'emploi de ce procédé est soumis l'appréciation du maître d'ouvrage sur conseils de son maître d'œuvre, et généralement du géotechnicien qui ne dépend pas du maître d'œuvre et du bureau de contrôle. Ce conseil intervient idéalement lors de la phase Assistance pour la passation des Contrats de Travaux (phase ACT).

## 2. Exécution

La réalisation des pieux SPIRE déroge à certaines règles de la norme d'exécution des pieux refoulants NF EN 1536. Des compléments sont indiqués dans le cahier des charges.

## 3. Cas d'utilisation en conditions de sols sensibles :

Dans le cas de conditions de sols sensibles l'essai de faisabilité en début de chantier est obligatoire. Sont classés comme sensibles, les sols suivants :

- terrains très mous  $C_u < 15$  kPa, ou
- sables très lâches (voir définition tableau B.2.1 de la norme NF P 94-262), ou
- limons et argiles, très mous, de résistance en pointe  $q_c < 0.6$  MPa ou pression limite net  $< 0.25$  MPa,
- conditions de site avec nappe artésienne,

## 4. Cas d'utilisation pour des ponts.

Dans le cas où l'annexe Q de la norme NF P 94- 262 (concernant les ponts) est rendue obligatoire par le marché, elle reste la référence pour l'ensemble de ses clauses avec une dérogation possible pour le taux de travail du béton (à valider par le Maître d'œuvre en fonction du projet).

### **Instructeurs du dossier :**

L'instruction de cette EPG a été suivie par :

- Fabien Szymkiewicz (Université Gustave Eiffel – Membre de la CT- EPG) : Rapporteur /Instructeur
  - Gael Gourrin (SOCOTEC – Membre de la CT- EPG) : Instructeur
- Ces instructeurs ont été désignés par la commission EPG.

### **Conditions particulières**

Franki Fondation devra informer la commission EPG de tout incident ou désordre provoqué par la mise en œuvre du procédé géotechnique « SPIRE » et de toute modification apportée au procédé durant cette période de validité.

## **Annexe 1 – Rapport d'analyse du procédé**

### **1. Documents produits par le demandeur Entreprise Franki Fondation :**

Les documents examinés dans le cadre de la mission confiée à l'Université Gustave Eiffel et à SOCOTEC sont les suivants :

- le cahier des charges du procédé géotechnique SPIRE Version 1.1 du 20/07/2024 ainsi que ses versions antérieures ;
- la synthèse des divers essais (essais de chargement de pieux, essais de résistance du béton, etc.) ;
- la synthèse des chantiers réalisés depuis 2021 ;
- les attestations d'assurances et de travaux.

Les attestations d'assurance concluent sur l'absence de sinistre.

### **2. Présentation du procédé :**

Le procédé SPIRE fait partie de la famille des pieux vissés moulés.

Il est développé par Franki Fondation à partir d'un outil refoulant spécifique surmonté d'une colonne à âme creuse qui améliore les performances du pieu vissé moulé grâce aux principes fondamentaux suivants : le bétonnage est réalisé au moyen d'un tube de bétonnage continu présent sur la totalité de la hauteur de l'outil refoulant et de la colonne et positionné dans l'âme creuse de ceux-ci. L'absence de dévissage lors du bétonnage garantit la forme cylindrique du fût du pieu.

Un enregistrement continu des paramètres en temps réel est également réalisé.

### **3. Référentiel retenu pour l'évaluation du procédé géotechnique SPIRE**

Le référentiel retenu pour l'évaluation du procédé comprend :

- Les Eurocodes,
- la norme NF P 94-262 Fondations profondes,
- la norme européenne d'exécution NF EN 12699 ;
- Cahier Technique 38- Avril 2017 - Guide pour la conception et le dimensionnement des fondations profondes sous actions sismiques des bâtiments à risque normal – AFPS ;
- Fascicule 68 : Cahier des Clauses Techniques Générales - Travaux de génie Civil / Exécution des travaux Géotechniques des ouvrages de Génie Civil,
- NF DTU 13.2. Fondations Profondes,
- NF EN 206/CN Béton - Spécification, performance, production et conformité,
- le Fascicule 1 : Organisation des commissions et de la procédure EPG, version du 13/06/24.
- le référentiel pour l'évaluation des procédés géotechniques (version 1 en date du 27/02/2019),
- le CR de la réunion du 21 mars 2024 de la Commission Générale des EPG.

### **4. Spécificités du procédé SPIRE :**

Le procédé SPIRE déroge aux normes de conception sur trois points essentiels :

- la résistance du béton,
- la résistance géotechnique,
- la procédure de réalisation des pieux refoulants.

Ces dérogations s'accompagnent de l'adoption d'un certain nombre de règles internes et de contrôles complémentaires (voir § 5, 6 et 7 ci-après).

#### **5. Résistance du béton :**

Deux paramètres du calcul sont modifiés :  $C_{\max}=40$  MPa (sauf dans le cas d'un pont, ou  $C_{\max} = 25$  MPa) et  $k_1=1.1$ .

Ces valeurs sont justifiées par l'expérience propre de l'entreprise et par l'écrasement de 16 carottes prélevées in situ sur des pieux SPIRE de 2 sites différents.

L'analyse des données d'essais montre que la valeur  $f_{ck}^*$  déduite de la relation habituellement utilisée  $f_{ck}^*=\inf(C_{\max}, f_{c28})/(k_1 \cdot k_2)$  est toujours dépassée.

Par ailleurs, au moins trois essais de chargement ont été conduits jusqu'à atteindre des contraintes dans le béton supérieures à 20 MPa (un essai a dépassé 25 MPa) ce qui démontre toute la fiabilité du procédé.

#### **6. Résistance géotechnique :**

Les règles sont modifiées par rapport à la norme NF P 94-262. Elles reposent sur plus de 39 essais de chargement en vraie grandeur réalisés sur des pieux SPIRE réalisés sur plus de 11 sites.

L'interprétation de ces essais est basée sur les principes décrits par Baguelin et al. (2012) et Burlon et al. (2014) et conduit à des règles permettant de garantir un niveau de fiabilité et de robustesse des pieux mis en œuvre au moins équivalent à celui garanti par la norme NF P 94-262.

Les facteurs de pointe relatifs aux méthodes pressiométriques et pénétrométriques sont parfois supérieurs à ceux de la norme NF P 94-262. Les augmentations restent toutefois dans des proportions assez limitées.

Les frottements axiaux unitaires considérés pour la méthode pressiométrique ainsi que ceux considérés pour la méthode pénétrométrique sont supérieurs à ceux de la norme NF P 94-262 : ils dépassent également les limites des seuils définis dans celle-ci.

Cependant, les valeurs retenues assurent que les résistances limites calculées restent inférieures ou égales aux résistances limites du procédé. En particulier, le pourcentage de mise en défaut est bien inférieur aux 15 % de la norme NF P 94-262.

#### **7. Mode d'exécution**

La réalisation d'un premier pieu documenté est obligatoire. Il fait office de pieu de convenance et de faisabilité.

Sauf mention dans le cahier des charges, les spécifications de la norme NF EN 12699 s'appliquent intégralement.

Nous rappelons que la norme NF EN 12699 impose des dispositions spécifiques dans les sols dits sensibles, et notamment dans les cas suivants:

- terrains très mous  $C_u < 15$  kPa, ou

- conditions de site avec nappe artésienne,

#### **8. Utilisation pour les ponts d'ouvrage d'art**

Le procédé SPIRE répond aux exigences de la section 3.5.2.5 du fascicule 68 du CCTG relatif à l'emploi des tarières creuses pour les ponts d'ouvrage d'art.

Pour ces ouvrages à défaut de dispositions spécifiques indiquées au marché, l'annexe Q de la norme NF P 94-262 s'applique. Une valeur de  $C_{max}$  supérieure à 25 MPa et limitée à 30 MPa, peut toutefois être retenue en cas d'utilisation de béton de caractéristiques appropriées. Cette valeur doit être validée par le maître d'œuvre en charge de la conception après analyse des éventuels effets sur la souplesse des appuis.

En cas de dérogation, il est conseillé d'effectuer un suivi de maintien de stabilité du béton lors de la mise en œuvre suivant les normes cf XP P 18-468 et XP P 18-475.

Sauf prescriptions différentes, ces dispositions ne permettent pas de déroger au § Q.3.4.1.1 de la norme NF P94-262 relatif au diamètre minimaux des pieux exécutés en place.

Gael Gourin (Socotec) et Fabien Szymkiewicz (univ. Gustave Eiffel)