DIAGNOSTIC DES PATHOLOGIES DE FONDATIONS PROFONDES EN BÉTON ARMÉ

Cette fiche a pour objectif de définir la méthodologie à appliquer pour effectuer le diagnostic de fondations profondes en béton armé d'un ouvrage pathologique. La fiche décrit « l'expression » des différentes pathologies des fondations sur le comportement de l'ouvrage, le recueil des données (analyse du dossier), les investigations complémentaires à effectuer (auscultations) et le suivi dans le temps. La fiche s'intéresse également aux objectifs à fixer pour les vérifications et propose une méthode de validation des modèles de calculs basée sur l'analyse des sollicitations et des déplacements.

CONTEXTE

Les fondations profondes sont affectées par, essentiellement, deux types de pathologies :

- **défaut de résistance structurale de la fondation :** ces défauts apparaissent du fait d'une mauvaise adaptation des dimensions de la fondation aux caractéristiques des sols et aux charges appliquées, d'une mauvaise évaluation des déplacements ou tassements, de l'absence ou d'une insuffisance de préchargement, de l'évolution des conditions hydrogéologiques et d'une érosion interne, etc.
- **pathologie des matériaux constitutifs :** les causes peuvent être diverses et résulter de défauts d'exécution qui favorisent un vieillissement rapide, d'une altération plus rapide que prévue, du fait d'un défaut d'évaluation de l'incidence de l'environnement favorisée ou non par des sollicitations excessives, etc.

D'autres causes peuvent également être identifiées, comme le non fonctionnement du système de drainage, des incidents externes telle qu'une rupture de réseaux d'assainissement, l'utilisation de matériaux de remblai non appropriés tels que des matériaux gonflants, etc.

Les fondations profondes n'étant pas visibles, leurs pathologies se manifestent principalement par des tassements ou des déplacements horizontaux des appuis sous l'effet des actions appliquées. Selon l'ampleur de ces mouvements, les désordres occasionnés sur les ouvrages seront variables : déplacements, fissurations des appuis, sollicitations excessives du tablier, mise en butée entre tablier et culée, avec évolution plus ou moins rapide ou défavorable.

Les pathologies des fondations profondes sont alors principalement le fait :

- de sites présentant des terrains évolutifs qui n'ont pas été pris en compte dans le dimensionnement des fondations (sols compressibles et fluants, terrains karstiques, sols soumis à des problématiques d'érosion interne, etc.) ;
- de matériaux de remblai non adaptés : poids volumique sous-estimé (ou évoluant au cours du temps), matériaux gonflants ;
- d'un sous-dimensionnement initial de la fondation (mauvaise adaptation des dimensions de la fondation aux caractéristiques des sols et aux charges appliquées) ;
- d'actions supplémentaires non prévues s'exerçant sur les fondations (surcharges, chocs, séismes, mouvements de terrain, pressions d'eau du fait d'un système de drainage défectueux et/ou non entretenu, rupture de canalisation générant des circulations d'eau, etc.) ;
- du vieillissement des matériaux constitutifs : corrosion d'éléments en acier (armatures et armatures de micropieux), altération de béton (pieux en béton armé).

En site terrestre, si l'on excepte les pathologies liées aux défauts d'exécution (intégrité déficiente des pieux, dégradation lors de la mise en place par battage, etc.) et celles liées à un contexte géotechnique évolutif ou mal appréhendé lors de la conception, les pathologies des éléments de fondations profondes en béton armé, apparaissant au cours de la vie de l'ouvrage, sont assez rares.

En site aquatique, une pathologie courante est liée aux affouillements possibles de fondations qui peuvent provoquer des désordres importants voire des effondrements brutaux des ouvrages. Cependant, le cas des affouillements n'est pas traité dans cette fiche.

Le type de fondation traité dans cette fiche est celui d'une **fondation constituée de pieux en béton armé surmontés d'une semelle de répartition.**

Il est possible de s'inspirer des éléments méthodologiques de cette fiche pour d'autres types de fondations profondes (notamment des pieux métalliques), voire pour le cas de fondations superficielles, mais les essais d'auscultation envisagés ci-après ne seront pas tous applicables.

Enfin, il est utile de faire le rappel suivant au sujet des « missions géotechniques » :

- s'agissant de diagnostics sur ouvrages existants, il est pertinent de formaliser une mission de diagnostic géotechnique (mission G5) au sens du paragraphe 10 « Diagnostic géotechnique (G5) » de la norme NF P 94-500 [1]. Cette mission permettra de caractériser le contexte géotechnique de l'ouvrage, les risques géotechniques associés, leur influence sur l'ouvrage et leurs conséquences pour l'élaboration ultérieure d'un projet de réparation éventuel.
- cette mission est détaillée dans l'article 10 « Diagnostic géotechnique (G5) » de la norme NF P 94-500 [1]. Le recueil des données existantes (dossier d'ouvrage lorsqu'il existe) et l'identification des problématiques permettront de définir le programme de cette mission d'ingénierie, incluant le cas échéant des investigations géotechniques et/ou des auscultations. Les prestations à réaliser par l'ingénierie géotechnique sont détaillées au paragraphe 10.2 « Réalisation de la mission » de la norme et le contenu du rapport au paragraphe 10.3 « Rapport de diagnostic géotechnique ».

Les indications portées dans la présente fiche permettent alors de compléter le cahier des charges ou le programme des missions géotechniques.

MÉTHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC

	La particularité du diagnostic des fondations profondes est que celles-ci ne sont pas visibles et très peu accessibles une fois l'ouvrage en service ; en conséquence, le diagnostic se fait en partie de manière indirecte en combinant des auscultations sur les appuis de l'ouvrage, sur le sol environnant et plus rarement sur les pieux eux-mêmes. Compte tenu de la difficulté d'une auscultation directe, l'établissement du diagnostic des pieux se base en grande partie sur une analyse du comportement des fondations : on cherchera à modéliser au mieux ce comportement (d'où la nécessité de disposer de caractéristiques précises des sols, de la géométrie des fondations et des caractéristiques de leur matériau) pour connaître l'évolution prévisible des mouvements que l'on comparera à l'évolution des mouvements observés. Cette analyse permettra également de contribuer au pronostic. On doit souligner ici toute l'importance des résultats de la surveillance dans la validation des modélisations. Les auscultations directes sur les pieux, telles que celles effectuées lors de la réalisation de l'ouvrage, ne pourront que rarement être mises en œuvre une fois réalisée la semelle de répartition qui coiffe les pieux. Elles sont décrites dans le guide technique du LCPC relatif au « Contrôle de l'intégrité de structures de génie civil et de bâtiment. Pieux forés, barrettes et parois moulée » [2] ; elles sont citées ici à titre informatif. La démarche de diagnostic démarre, après constatation des désordres, par l'analyse approfondie du dossier d'ouvrage. On pourra se reporter aux fascicules pertinents de l'ITSEOA pour la préparation de cette analyse : – Fascicule 10 de l'ITSEOA : Fondations en site aquatique [3] – Fascicule 11 de l'ITSEOA : Fondations en site terrestres [4] – Fascicule 20 de l'ITSEOA : Zones d'influence, accès, abords [5]
ÉTAPE 1 ANALYSE DU DOSSIER DE L'OUVRAGE	On identifiera dans le dossier de l'ouvrage tous les éléments utiles au diagnostic des fondations : – type de fondations : superficielles ou profondes ; – caractéristiques géologiques et géotechniques du site (on pourra également procéder à une enquête bibliographique pour rechercher des données géotechniques locales) ; – type de pieux, diamètres, profondeurs, nature des matériaux ; – phasage de construction (modalités « d'empilement » des constructions successives) et délais d'applications des charges permanentes (plannings) ; – conditions d'exécution, éventuelles difficultés rencontrées lors de la réalisation des pieux. Pour les pieux moulés en place, les terrains réellement rencontrés sont généralement décrits. Une attention particulière doit être portée aux conditions de recépage et au liaisonnement entre les têtes de pieux et le chevêtre. Pour les pieux préfabriqués béton, les courbes de fonçage sont à rechercher ; – contrôles réalisés lors de la réalisation des fondations (cahier de chantier et ensemble des contrôles d'exécution). Les courbes de bétonnage (volumes mis en œuvre) peuvent être exploitées. Les résultats des tests d'intégrité peuvent être examinés, ainsi que les éventuels confortements. L'implantation réelle est à intégrer dans l'analyse, ainsi que les résultats des éventuels sondages carottés, notamment en pointe du pieu ; – témoignages des personnes ayant contrôlé ou participé à l'exécution ; – tous documents d'exécution relatifs aux fondations (note d'hypothèses, note de calcul, procédures et plans d'exécution, procès-verbaux de convenance, etc.) ; – historique des inspections de l'ouvrage.
ÉTAPE 2 INSPECTION DÉTAILLÉE DE L'OUVRAGE (PRÉ-DIAGNOSTIC)	Cette étape a pour objectif de repérer les désordres susceptibles de mettre en évidence une pathologie des fondations ; les désordres à rechercher peuvent concerner aussi bien les appuis directement fondés sur ces pieux que le tablier et ses équipements, voire d'autres appuis éventuellement indirectement impactés, il peut s'agir de : – déplacements verticaux ; – déplacements horizontaux ; – rotations ; – fissurations ; – contact entre about de tablier et murs garde-grève ; – flèche locale ; – déformations de chaussées et fissurations de celles-ci ; – déformation de perrés ou des remblais d'accès ; – etc. En l'absence de défauts visuels, l'ouvrage relève d'une surveillance périodique normale. Si de tels défauts existent, il est nécessaire de passer aux étapes suivantes du diagnostic

ÉTAPE 3
AUSCULTATION

3.1 Suivi de déformations et de mouvements

Cette étape du diagnostic doit faire l'objet d'une réflexion préalable qui a pour objectif de bien cerner les paramètres pertinents à surveiller en rapport avec la typologie de l'ouvrage, son mode constructif et les caractéristiques du site. Cette analyse permet alors de réaliser un programme pertinent du suivi de l'ouvrage.

Généralement, cette surveillance comprend l'initiation d'un suivi topographique des mouvements des appuis, du tablier et, si accessibles, des têtes des fondations.

Le suivi peut également concerner les remblais d'accès aux abords immédiats de l'ouvrage suivant les pathologies suspectées et le contexte géotechnique.

Ce suivi, maintenu pendant toute la durée du diagnostic et au-delà (parfois sur de très longues périodes), permettra de valider le diagnostic et le pronostic éventuel.

Ce suivi peut aussi être réalisé sur l'ouvrage par les méthodes décrites dans les fiches « Mesures des déformations générales et des mouvements », série C2.

– suivi topométrique ;
– mesure de flèche ;
– mesure de distance à fil Invar ;
– mesure de distance par laser ou IR ;
– mesure de rotation : nivelle et inclinomètre ;
– surveillance des remblais : inclinomètres et piézomètres, etc.

3.2 Reconnaissances complémentaires pour le diagnostic

La difficulté d'accès aux fondations profondes pour l'auscultation conduit à faire une analyse approfondie du dossier d'ouvrage pour recueillir le maximum de renseignements permettant de modéliser le comportement des fondations afin de réaliser un diagnostic des origines possibles des désordres. Cependant ce recueil des données, indispensable, est souvent insuffisant ou infructueux.

3.2.1 En ce qui concerne les caractéristiques des sols du site,

Si le dossier d'ouvrage ne comprend pas assez de renseignements, on pourra dans un premier temps chercher à recueillir des données géotechniques locales. À défaut, on procédera à des investigations sur le site par sondages et essais mécaniques. Les sondages à réaliser devront permettre de caractériser la géologie du site (sondages destructifs, sondages carottés), la nature des matériaux (essais en laboratoire pour confirmer la nature, au travers de la granulométrie, l'argilosité, la teneur en eau), les caractéristiques mécaniques des terrains concernés, soit par essais *in situ* (sondages pressiométriques, pénétrométriques) ou en laboratoire (essais oedométriques permettant d'identifier la compressibilité des matériaux, essais de cisaillement à la boite ou à l'appareil triaxial pour apprécier leur résistance).

Par ailleurs, l'hydrogéologie peut être un sujet important : la connaissance des niveaux d'eau et des écoulements éventuels peut nécessiter la pose d'un ou plusieurs piézomètres (fiche C6-10), associé(s) à des mesures de perméabilités.

Pour valoriser au mieux les forages qui devront être réalisés à proximité des pieux, et, en cas de suspicion de mouvements du sol pouvant être à l'origine des désordres, des mesures de déplacement du sol environnant pourront être mises en œuvre en équipant ces forages par des tubes pour l'inclinométrie en forage (mesures de déplacements, horizontaux des sols, fiche C6-8) ou pour l'extensométrie (déplacements verticaux des sols, fiche C6-9).

3.2.2 En ce qui concerne la géométrie des fondations

Si le dossier d'ouvrage ne comprend pas assez de renseignements pour déterminer si les désordres proviennent d'un défaut de portance en raison de dimensions trop faibles des pieux, on pourra procéder à différentes investigations en gardant toutefois à l'esprit que pour un ouvrage en service, la mise en œuvre de certaines méthodes peut s'avérer difficile.

Les méthodes permettant de déterminer la géométrie des fondations profondes sont :

– l'ouverture d'une fouille (fiche C6-1) qui concerne la partie haute du pieu et fournit le diamètre, mais qui est vite limitée en cas de longrine ou semelle de répartition de forte épaisseur ;
– le carottage du pieu (fiche C6-2) qui permet de connaitre sa longueur et de prélever des échantillons pour tester les matériaux constitutifs (cf. ci-après). Sa mise en œuvre nécessite d'avoir un accès direct au-dessus du pieu et avec une hauteur libre suffisante pour la machine de forage ce qui impose généralement, sur un ouvrage existant, de devoir carotter préalablement le tablier et l'appui ;
– un forage destructif avec enregistrement des paramètres de forage qui fournit des indications sur la longueur et permet de disposer d'une réservation dans le pieu pour mettre en œuvre les mesures citées ci-dessous ;

– l'auscultation par impédance (fiche C6-3, NF P94-160-4 [6]) ou par réflexion (fiche C6-5, NF P94-160-2 [6]) qui permet d'obtenir une estimation de la longueur du pieu (pour certaines conditions d'élancement) et d'avoir une idée de l'évolution du diamètre. Ces auscultations nécessitent de pouvoir accéder soit à la tête de pieu, soit à la périphérie du pieu par l'intermédiaire d'une encoche (10 à 15 cm mini) ; l'auscultation par « sismique parallèle » (fiche C6-6, NF P 94-160-3 [6]) qui nécessite de réaliser un forage à une distance d'un mètre maximum du pieu (disponibilité en surface et en hauteur libre) et qui permet de déterminer la longueur du pieu ;
– la tomographie sismique (fiche C6-11) entre deux forages qui peut en principe permettre d'appréhender la géométrie de la fondation au moyen de deux forages parallèles et voisins de la fondation ; son coût rend cette méthode plus rare et réservée à des cas présentant un enjeu particulier ;
– la diagraphie nucléaire (fiche C6-13) qui a pour objectif de mesurer la densité du milieu ausculté ou de sa teneur en eau en profondeur le long d'un tube scellé dans le sol ou dans un élément de fondation, et de détecter des anomalies ;
– la tomographie radar entre forages (fiche C6-14) a pour objectif de localiser des vides ou de fractures dans les sols entre deux forages.

3.3.3. En ce qui concerne les matériaux constitutifs de la fondation

Si le dossier d'ouvrage conduit à des présomptions quant à l'existence d'une pathologie de ces matériaux (difficultés d'exécution de pieux en béton armé, environnement favorisant une corrosion des parties en acier des pieux, etc.), on pourra procéder à des auscultations en vue de déterminer l'intégrité des matériaux.

Les méthodes, et leurs limitations pratiques, sont souvent les mêmes que celles vues précédemment :

– l'ouverture d'une fouille qui concerne la partie haute du pieu et peut permettre un examen visuel ;
– le carottage du pieu qui peut permettre de prélever du matériau (dans le cas du béton) pour tester sa résistance. Le ou les carottages réalisés dans le pieu peuvent permettre de mettre en œuvre des mesures physiques (auscultation par transparence ou diagraphie nucléaire par sonde gamma ou neutrons), de faire passer une caméra ou encore d'équiper un tube pour inclinométrie ou extensométrie pour mesurer les déplacements du pieu sur toute sa longueur ;
– un forage destructif avec enregistrement des paramètres de forage qui fournit des indications sur les variations de résistance du matériau (qualitatif) et permettra de disposer d'une réservation dans le pieu pour mettre en œuvre les mesures citées ci dessus.

ÉTAPE 3
AUSCULTATION

Ces méthodes sont décrites dans les fiches « Auscultation des fondations », série C6.

Le tableau suivant permet de synthétiser les limitations d'emploi et les résultats apportés par les différentes méthodes d'auscultation :

Tableau 1 : Résultats apportés par les différentes méthodes d'auscultation et leurs limitations d'emploi

	Résultats sur la Géométrie	Résultats sur l'état du matériau	Nécessité d'accéder au-dessus de la tête	Nécessité de réaliser un ou (n) forages dans le pieu	Nécessité de réaliser un ou (n) forages à côté du pieu
Fouilles	Diamètre en tête	Visuellement en tête	Non	Non	Non
Carottage	Longueur	Oui + Prélèvement	Oui	Non	Non
	Diamètre (carottage en biais)	Oui + Prélèvement	Non	Non	Non
Forage destructif	Longueur	Oui	Oui	Non	Non
Sismique parallèle	Longueur	Non	Non	Non	Oui (n=1)
Impédance/ réflexion	Longueur (Diamètre)	(Oui)	Pas forcément (encoche)	Non	Non
Tomographie sismique	Longueur	(Oui)	Non	Non	Oui (n=2)
Sonique par Transparence	(Oui)	Oui	Oui	Oui (minimum n=3)	Non
Diffusion nucléaire par sonde nucléaire γ ou ν	Non	Oui	Oui	Oui (n=1)	Non

Après avoir effectué un recueil aussi exhaustif que possible des données existantes et effectué les investigations complémentaires requises, il s'agit alors d'exploiter les résultats afin de :

– vérifier l'ouvrage en comparant les sollicitations aux résistances ;
– d'estimer les déplacements prévisibles afin de les comparer aux relevés *in-situ*.

Les recalculs font l'objets de notes d'hypothèses détaillées ; il est utile de prévoir des calculs en fourchette afin d'encadrer des hypothèses toujours délicates à poser dès qu'il s'agit de fondations. Les recalculs des déplacements doivent tenir compte du phasage de construction de l'ouvrage et éventuellement des effets du temps : passage du comportement court terme à long terme des terrains, du béton, et des lois de réaction terrain-pieu.

L'application des Eurocodes est recommandée dans la mesure où ils représentent « l'état de l'art » en matière de comportement et de justification des fondations et d'interactions sols-structures. Il peut néanmoins être utile de confronter les résultats obtenus avec ceux qui résulteraient de l'application des règlements initiaux et du modèle géotechnique initial, s'il est connu, afin de mieux cerner l'incidence des hypothèses, et le cas échéant, d'expliquer l'origine des désordres).

La confrontation des résultats de ce calcul avec les observations (**désordres observés** d'une part et **déformations ou déplacements** d'autre part) permet de valider le modèle de calcul du comportement des fondations profondes en considérant les différents cas suivants :

Cas 1

Les vérifications en matière de résistance sont satisfaisantes avec les niveaux de sécurité actuellement utilisés, et le cas échéant les déplacements calculés coïncident avec les mesures et les observations : le modèle de calcul est validé.

Cas 2

Les vérifications en matière de résistance ne sont pas satisfaisantes avec les niveaux de sécurité utilisés mais il est possible d'expliquer pourquoi l'ouvrage résiste. Les déplacements peuvent par ailleurs être expliqués. Le modèle de calcul est validé et il n'est, *a priori*, pas nécessaire de réaliser des investigations plus poussées ; un programme de confortement est mis au point suivant les déficits de résistance structurale.

Cas 3

Les vérifications en matière de résistance ne sont pas satisfaisantes avec les niveaux de sécurité utilisés mais il est possible d'expliquer pourquoi l'ouvrage résiste. Les déplacements calculés ne coïncident pas avec les observations, les données entrées dans le modèle peuvent ne pas être représentatives et des investigations plus poussées peuvent être menées pour préciser les données :

– Investigations géotechniques et sur les matériaux de l'ouvrage plus poussées ;
– Pose d'instrumentation plus lourde : tassomètre de profondeur, inclinomètres ; *mesures des charges réellement appliquées aux pieux.*

Une surveillance renforcée peut être décidée suivant l'origine des désordres et le potentiel d'évolution.

Cas 4

Les vérifications en matière de résistance réalisées sans facteurs de sécurité ne sont pas satisfaisantes, si bien qu'il n'est pas permis d'expliquer pourquoi l'ouvrage résiste. Les déplacements peuvent par ailleurs être expliqués. Des investigations plus poussées peuvent être envisagées pour essayer d'affiner les calculs de résistance, mais en parallèle des mesures d'urgence sont nécessaires.

L'objectif est de parvenir à valider le modèle dans le but de comprendre l'origine des désordres : instabilités géotechniques, résistance structurale insuffisante, etc. S'il est pertinent et si les fondations sont encore intègres, le modèle permet également de connaître l'évolution prévisible des déplacements et, par suite, des désordres pour aboutir à un diagnostic pronostic qui permettra de déterminer les suites à donner : surveillance renforcée ou réparation.

À noter toutefois, qu'en règle générale, les calculs de déplacement ne donnent qu'une indication approchée de leur valeur réelle. De toute façon, ces recalculs doivent tenir compte de la variabilité des terrains et des calculs en fourchette sont à privilégier, en envisageant des modèles géotechniques distincts de ceux considérés lors du dimensionnement initial.

En ce qui concerne les suites à donner selon les causes de désordres, on peut distinguer :

– **les défauts de dimensionnement des pieux vis-à-vis du terrain :** ils occasionnent des déplacements anormaux et peuvent se traduire à terme par des ruptures brutales.
– **un dimensionnement structural initial insuffisant :** cette situation peut conduire à la rupture des pieux ou des tassements et des déplacements horizontaux anormaux mais qui n'induisent pas nécessairement des sollicitations « inacceptables » dans les matériaux :

À partir du modèle validé, on pourra évaluer les déplacements maximaux prévisibles et comparer les sollicitations aux résistances des pieux. À partir de ces estimations, on choisira de laisser l'ouvrage sous surveillance renforcée ou de le renforcer pour stopper les déplacements. Ce choix dépend également de facteurs liés à l'ouvrage et au site : sensibilité de l'ouvrage au tassement, possibilité de substitution de charge.

– **les pathologies des matériaux constitutifs :** en général cela conduit à renforcer la fondation pour assurer l'intégrité structurale : reprise des moments fléchissants, plus rarement reprise des efforts verticaux.
– **les conséquences d'un contexte évolutif :** selon le type de phénomène (karstique, sols compressibles, glissement de terrain, remblais d'accès gonflants) : plusieurs cas sont possibles :
    – surveillance renforcée avant prise de décision ;
    – renforcement du système de fondation (directement ou par mise en place d'un ouvrage spécifique dimensionné pour s'adapter au phénomène) ;
    – traitement de sol ;
    – en cas d'efforts parasites : allègement des remblais, tranchée de décompression.

Les réparations de fondations sont généralement délicates à réaliser, à valider et à contrôler. On pourra se reporter au Guide FAFO 1 du STRRES [7] pour différentes méthodes de réparation applicables.

RÉFÉRENTIEL

[1] Norme NFP 94-500 : Missions d'ingénierie géotechnique
[2] Guide Technique du LCPC Techniques et Méthodes d'auscultation (Avril 2006) – Contrôle de l'intégrité de structures de génie civil et de bâtiment. Pieux forés, barrettes et parois moulées
[3] Fascicule 10 de l'ITSEOA : Fondations en site aquatique
[4] Fascicule 11 de l'ITSEOA : Fondations en site terrestres
[5] Fascicule 20 de l'ITSEOA : Zones d'influence, accès, abords
[6] Norme NF P 94-160, partie 1 à 4 : Auscultation d'un élément de fondation
[7] Guide FAFO 1 du STRRES Réparation et renforcement des fondations

Recueil de méthodes d'auscultation des matériaux et structures d'ouvrages d'art :

Série C2 : Mesures des déformations générales et des mouvements

Série C6 : Auscultation des fondations, notamment :

– C6-1 Ouverture de fouilles
– C6-2 Carottage de pieu
– C6-3 Auscultation d'un pieu par impédance
– C6-5 Auscultation d'un pieu par réflexion des ondes
– C6-6 Auscultation d'un élément de fondation profonde par méthode sismique parallèle
– C6-8 Inclinométrie en forage
– C6-10 Mesure de niveau d'eau par piézométrie en forage
– C6-11 Tomographie sismique en forages
– C6-13 Diagraphie nucléaire à radioactivité provoquée en forage
– C6-14 Tomographie radar entre forages

LOGIGRAMME

Un logigramme ou un schéma décisionnel, visualisant de façon séquentielle et logique les actions à mener et les décisions à prendre pour aboutir au diagnostic est donné ci-après à titre de guide.

E6-1 : DIAGNOSTIC DES PATHOLOGIES DE FONDATIONS PROFONDES EN BÉTON ARMÉ

