



GEOSTRUCTURES THERMIQUES

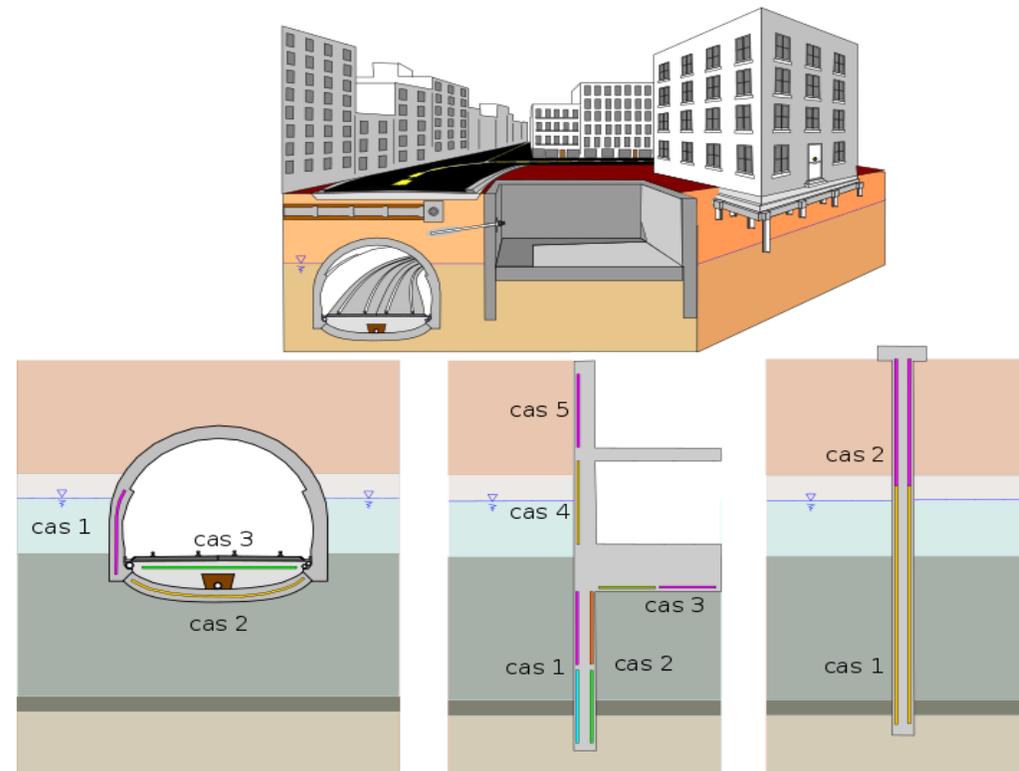
MISE EN OEUVRE

COMPOSITION DES ECHANGEURS THERMIQUES

- ▶ Les échangeurs thermiques sont constitués de tubes en polyéthylène de diamètre compris entre 25 et 32 mm. Le fluide caloporteur est généralement de l'eau glycolée, le glycol jouant le rôle d'antigel. Des additifs tels que le CO₂ peuvent être également utilisés pour améliorer les caractéristiques thermiques du fluide.

TYPES DE STRUCTURES POUVANT ETRE TRANSFORMES EN STRUCTURES GEOTHERMIQUES

- ▶ PIEUX, BARRETTES ET MICROPIEUX
- ▶ PAROIS MOULEES
- ▶ RADIERS ET FONDATIONS SUPERFICIELLES
- ▶ AUTRES STRUCTURES
 - VOILES PAR PASSES, TRANCHEES BLINDEES, PAROI CLOUEES
 - PALPLANCHES
 - VOUSOIRS
 - REVETEMENT BETON DES TUNNELS
 - INCLUSIONS RIGIDES
 - ETC...



Exemples de géostructures thermiques et de cas de fonctionnement considérés dans les recommandations (Reiffsteck P., 2015)

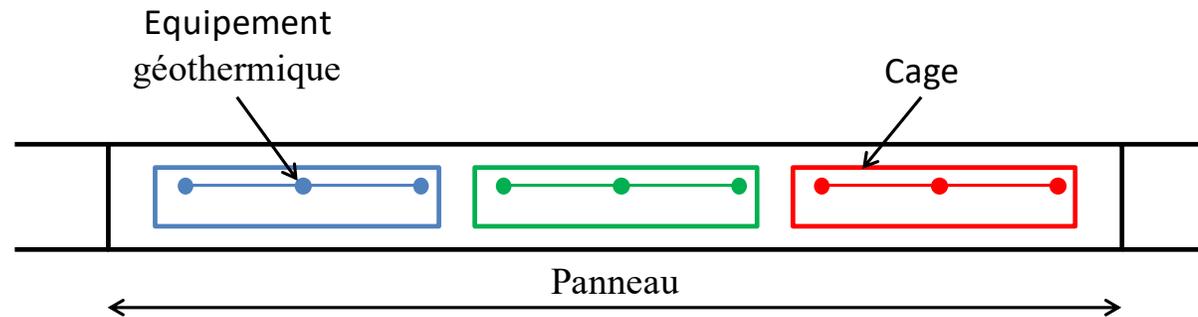
IMPLANTATION DES GEOSTRUCTURES THERMIQUES

► Pieux, barrettes et micropieux

- Il est de bonne pratique de ne pas placer des pieux géothermiques à proximité de pieux non-géothermiques. Cette notion de proximité dépend des interactions avec la structure portée.
- Lorsque le pieu équipé de tubes géothermiques est provisoire (absence de liaison mécanique avec la structure définitive), il n'y a pas de contrainte d'espacement minimal autre que celle de l'efficacité géothermique (exemples de pieux provisoires : pieux de grues, pieux de soutènement provisoire, etc.).
- Ces dispositions constructives s'appliquent également aux barrettes et micropieux.

► Parois moulées

- Un panneau de paroi moulée peut comporter plusieurs cages. L'équipement géothermique est obligatoirement monté cage après cage, il n'est donc pas possible d'avoir un équipement géothermique commun à plusieurs cages.



Exemple d'implantation des tubes géothermiques dans une paroi moulée

► Radiers et fondations superficielles

- Les tubes sont usuellement installés sous les radiers ou sous les fondations superficielles afin d'éviter les interactions structurelles. Si cette configuration n'est pas possible, les tubes seront positionnés en sous-face de la fondation. Dans tous les cas, il faut éviter les percements ultérieurs.
- Les tubes ne doivent pas être posés directement sur le sol, mais sur une structure évitant leur écrasement. Pour des raisons d'efficacité thermique, il pourrait être nécessaire de disposer un isolant entre l'équipement et la structure. Celui-ci devra résister aux contraintes appliquées.
- Une attention particulière doit être portée sur la caractérisation du terrain dans le cas de sols susceptibles de présenter une variation de volume lors de cycles de séchage/humidification, si ce phénomène peut affecter la structure.

FIXATION ET POSITIONNEMENT DES TUBES ECHANGEURS THERMIQUES

► Pieux coulés en place

- Les tubes sont mis en place par l'intermédiaire d'un équipement rigide provisoire ou définitif (cage d'armatures, profilés ou tubes), qui permet le positionnement conformément à la conception.
- Cet équipement peut se substituer ou compléter l'armature calculée pour les efforts structurels. Il doit remonter jusqu'au niveau de la plateforme.
- Il est conseillé que l'espacement des tubes géothermiques soit au minimum de 15 cm entre eux.

► Nombre de tubes et de boucles

- Le nombre maximal de tubes géothermiques envisageable est :
- Diamètre des pieux $\emptyset < 40\text{cm}$: 1 boucle ;
- Diamètre des pieux $40\text{ cm} \leq \emptyset \leq 60\text{ cm}$: 2 boucles ;
- Diamètre des pieux $60\text{ cm} < \emptyset \leq 80\text{ cm}$: 3 boucles ;
- Diamètre des pieux $80\text{ cm} < \emptyset \leq 100\text{ cm}$: 4 boucles ;
- Pour des diamètres supérieurs, il est possible d'ajouter une boucle par augmentation de diamètre de 20 cm.

NB : dans cette configuration, la pose de tubes d'auscultation est prohibée car l'ensemble tubes géothermiques et tubes d'auscultation crée trop d'obstacles pour obtenir un bétonnage de qualité.

- Des coudes en U thermosoudables doivent être placés en bout de boucles lorsqu'il n'est pas possible de garantir un rayon de courbure r_c conforme avec les exigences du fournisseur des tubes.

NB : en l'absence d'information, on retient $r_c = 20 * D_{\text{tube}}$, avec D_{tube} le diamètre extérieur du tube échangeur.

DISPOSITIONS RELATIVES AUX CAGES D'ARMATURES

► Une cage d'armature de pieu comprend:

- Des armatures verticales
- Des armatures horizontales
- Des raidisseurs pour améliorer la rigidité des cages lors des opérations de manutention.
- Les tubes verticaux pour essais de contrôle et/ou injection en cas de défaut.

Extrait de la norme: NF EN 1536

Exécution des travaux géotechniques spéciaux- pieux forés

▶ Armature longitudinale

- Si une suspension de bentonite, argile ou polymère est utilisée comme fluide stabilisateur, l'armature principale doit être composée uniquement de barres à haute adhérence.
- Pour les pieux renforcés, les armatures longitudinales doivent comporter au moins quatre barres d'un diamètre égal ou supérieur à 12 mm.
- Pour les barrettes, le diamètre minimal des barres doit être de 12 mm et un minimum de 3 barres par mètre doit être prévu sur chaque longueur de la cage.
- Il convient que l'écartement entre les barres longitudinales soit toujours maximal afin de permettre un écoulement correct du béton, sans toutefois dépasser 400 mm.
- La distance horizontale nu à nu entre les barres longitudinales ou les paquets de barres d'un lit ne doit pas être inférieure à 100 mm.

- Si la dimension maximale des granulats ne dépasse pas 20 mm, cet espacement horizontal nu à nu entre les barres longitudinales ou les paquets de barres d'un lit peut être réduit à 80 mm au droit des recouvrements.
- Il convient d'éviter des lits d'armatures longitudinales concentriques.
- Lorsque des lits d'armatures longitudinales concentriques sont utilisés :
les barres doivent être disposées, selon un même rayon, l'une derrière l'autre ; et la distance minimale nu à nu entre lits d'armatures doit être égale à la plus grande des deux valeurs suivantes : le double du diamètre d'une barre ou 1,5 fois la taille des plus gros granulats.
- Pour les pieux circulaires, il convient d'éviter les cages d'armatures non symétriques.

NB: Lorsque l'espacement entre les barres longitudinales est inégal, des dispositions particulières sont nécessaires pour maintenir la cage d'armatures dans sa position correcte lors de la mise en place et lors du bétonnage

► Armature transversale

Armature transversale	Diamètres d'armature transversale
Étriers, cerces ou spires	≥ 6 mm et \geq un quart du diamètre maximal des barres longitudinales
Fils ou treillis soudés transversaux	≥ 5 mm
NOTE Si de l'acier en bandes est utilisé pour les armatures transversales, l'épaisseur minimale est généralement de 3 mm.	

- La distance minimale nu à nu des armatures transversales ne doit pas être inférieure à la distance définie pour les armatures principales.
- Il convient que les barres longitudinales, ou les paquets de barres longitudinales placés dans les angles d'une cage d'armatures, soient retenues par l'armature transversale.
- Les anneaux raidisseurs, ou les autres moyens de soutien utilisés pour le montage des cages d'armatures, ne doivent être considérés comme faisant partie des armatures transversales que s'ils sont raccordés correctement aux barres longitudinales.

▶ Tubes et profilés en acier

- Un mode opératoire d'installation doit être prévu pour maintenir l'alignement des armatures spéciales dans l'axe des pieux forés, et permettre un enrobage correct sur toute leur longueur.
- La contrainte d'adhérence entre le coulis externe et le profilé ou le tube en acier doit être établie.

Dispositions relatives aux cages d'armatures

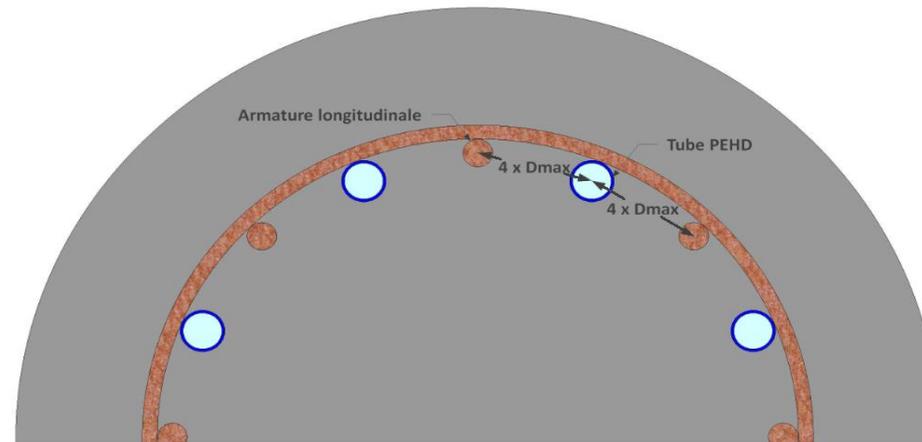
- Lorsque les armatures n'ont pas de fonction structurelle définitive, les tubes doivent être uniquement positionnés en fonction d'une bonne mise en œuvre de béton.

NB : on rappelle qu'une distance minimale de $4 \cdot D_{\max}$ (D_{\max} étant le diamètre du plus gros agrégat) entre éléments noyés dans du béton est usuellement considérée comme satisfaisant ce critère de mise en œuvre.

- Lorsque les armatures ont une fonction structurelle définitive, il est recommandé de respecter une distance $4 \cdot D_{\max}$ entre les armatures longitudinales et les tubes (et donc de fixer ces derniers sur les armatures transversales), hors hauteur de recépage.

NB : la fixation du tube sur l'armature longitudinale reste possible si elle est compatible avec la fonction structurelle définitive de l'armature.

- Les cages d'armatures doivent respecter les normes en vigueur concernant les espacements minimaux et maximaux entre barres.



Ecartement minimal des tubes PEHD dans une cage d'armature de pieux géothermiques

- Dans le cas de fondations coulées en place par tube plongeur, la distance minimale entre le tube plongeur et le premier obstacle est de $4 \times D_{max}$ et afin d'éviter des problématiques de bétonnage en pied de pieu (cas de tubes dans la cage d'armatures), les boucles doivent être situées au minimum à 25 cm de la base de la cage d'armatures.
- Dans le cas d'armatures mises en place après bétonnage, il est recommandé de réaliser un essai de faisabilité de la descente de la cage avec son équipement géothermique.

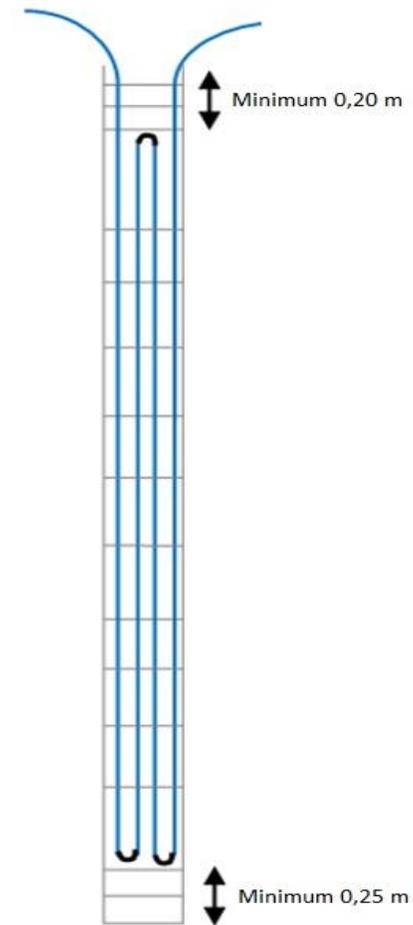
Fixation des tubes

- Les tubes géothermiques doivent être fixés transversalement, afin d'éviter les déformations excessives.
- Les fixations entre les armatures transversales doivent être réalisées afin d'éviter le cisaillement du tube. Les espacements minimaux à mettre en place sont :
 - 1 m dans le cas de ligatures métalliques ;
 - 50 cm dans le cas de colliers plastiques.



Illustrations de la fixation de tubes PEHD sur des armatures de pieux géothermiques (géothermie-professionnelle)

- Sur une hauteur de 1 m en bas de boucle et haut de boucle, des fixations doivent être placées tous les 25 cm.
- La boucle située en tête doit être positionnée de façon à ne pas être endommagée par le recépage. Il est recommandé qu'elle soit située à un minimum de 20 cm sous le niveau de recépage.
- La boucle située à la base doit être positionnée afin de ne pas gêner le bétonnage. Il est recommandé qu'elle soit située à un minimum de 25 cm au-dessus de la base de la cage dans le cas de l'utilisation de tube plongeur. Dans tous les cas, les tubes doivent rester protégés en pied par la cage d'armature.
- Les tubes d'entrée/sortie doivent dépasser de la plate-forme d'une hauteur suffisante pour pouvoir faire les essais et les raccordements dans de bonnes conditions. Les tubes doivent être provisoirement obturés.



limitation de hauteur des tubes géothermiques dans une géostructure thermique

PAROI MOULEE

- ▶ Une cage d'armature de paroi moulée comprend:
 - Des armatures verticales
 - Des armatures horizontales
 - Des ferrailages spéciaux pour tirants, butons, armatures en attentes pour liaisonnement avec les planchers
 - Des raidisseurs pour améliorer la rigidité des cages lors des opérations de manutention.
 - Les réservations pour tirants, butons, ect...
 - Les tubes verticaux pour injections, essais de contrôle

Extrait de la norme: NF EN 1538 + A1

Exécution des travaux géotechniques spéciaux- parois moulées

▶ 7.5.3 Armatures verticales

- 7.5.3.1 Le diamètre minimal des barres doit être de 12 mm et un minimum de trois barres par mètre doit être prévu de chaque côté de la cage.
- 7.5.3.2 L'espacement horizontal nu à nu, parallèlement à la paroi, entre barres ou groupes de barres, doit être d'au moins 100 mm.
- 7.5.3.3 Si la dimension maximale des granulats ne dépasse pas 20 mm, l'espacement horizontal nu à nu peut être réduit à 80 mm au droit des recouvrements.
- 7.5.3.4 Lorsque la cage d'armatures est composée de plusieurs éléments dans le sens de la hauteur, la jonction entre les barres doit être effectuée soit par recouvrement, soit par manchon.
- 7.5.3.5 Dans le cas de recouvrement, il est nécessaire d'effectuer des soudures par points ou d'utiliser un autre procédé adéquat (tel que ligatures, câbles, attaches, ect.) pour empêcher tout glissement lors de la manutention.
- 7.5.3.6 Il convient d'éloigner le recouvrement de barres de la zone de flexion maximale.

▶ 7.5.4 Armatures horizontales

- 7.5.4.1 Les armatures horizontales doivent être disposées de manière à empêcher tout mouvement des barres verticales et à ménager un espace adéquat pour les tubes plongeurs.
 - NOTE En général, les armatures horizontales ne sont pas continues entre les cages ou au droit des joints.
- 7.5.4.2 L'espacement vertical nu à nu entre les barres doit être d'au moins 200 mm.
- 7.5.4.3 Si nécessaire, l'espacement vertical nu à nu entre les barres peut être réduit à 150 mm, à condition que la dimension maximale des granulats ne dépasse pas 20 mm.
 - NOTE Il convient d'alterner le recouvrement d'étriers entre les deux côtés de la cage.
- 7.5.4.4 L'espacement horizontal nu à nu entre les barres transversales doit être d'au moins 150 mm.
- 7.5.4.5 Il convient que l'espacement horizontal nu à nu minimal, entre barres transversales, soit de 200 mm pour faciliter l'écoulement du béton.

▶ 7.6 Réservations

- 7.6.1 Les réservations doivent être solidement fixées à la cage d'armatures de manière à éviter tout mouvement lors du bétonnage.
- 7.6.2 Les inserts et les réservations doivent être conçues de manière à minimiser les obstacles à l'écoulement du béton.
- 7.6.3 Dans chaque panneau, les réservations de planchers ne doivent pas dépasser la longueur horizontale de chaque cage d'armatures.
- 7.6.4 Il convient que les réservations ne pénètrent pas dans la cage d'armatures.
- NOTE Les réservations pour tirants sont normalement constituées d'un tube dont le diamètre ne dépasse pas 300 mm, de manière à minimiser l'effet sur l'écoulement du béton.

Fixation des tubes

- ▶ Les prescriptions ci-dessous s'appliquent en complément de celles déjà énumérées :
- Dans le cas de parois sans réservation ni scellement, les tubes peuvent être fixés indifféremment dans l'intrados ou l'extrados ;
- Les scellements sont incompatibles avec les tubes en intrados et doivent être utilisés avec précaution dans les parois peu épaisses : les coupleurs doivent être préférés ;
- Dans le cas où les tubes ne remontent pas en surface, les tubes doivent être bien obturés et étanches. Les extrémités sont mises dans une boîte de protection solidement fixée à la face intrados de la cage d'armature.



Illustration d'une paroi moulée énergétique (Géothermie-Professionnelle/SYSTRA)

Radiers et semelles superficielles

- ▶ Si le choix est fait de placer les tubes à l'extérieur du radier, ils doivent être installés sous le radier, sinon les tubes sont placés au-dessus de la nappe inférieure d'armatures. Des attaches sont mises en place tous les mètres. L'espacement entre le tube géothermique et les barres HA est de $4 \cdot D_{max}$.



Illustration de la disposition des tubes PEHD dans l'épaisseur d'un radier (Géothermie-Professionnelle)

Mise en œuvre

► Pieux énergétiques

➤ Cage d'armatures mise en place après bétonnage

- Au minimum, un béton de classe de consistance S4 (affaissement au cône d'Abrams de 160 à 210 mm) doit être utilisé. La cage d'armature doit être descendue verticalement. Il est recommandé de réaliser un essai de faisabilité de la descente de la cage avec son équipement géothermique.

➤ Pieux coulés en place après la pose de la cage d'armatures

- Le tube plongeur ne doit pas être remonté trop vite pendant la phase de coulage, en particulier au niveau des boucles où le bétonnage peut être délicat.
- Le niveau de la tête de cage doit être contrôlé pendant le bétonnage. Un système de blocage de la cage ou de lestage (par exemple remplissage des tubes à l'eau) pendant le bétonnage est conseillé pour éviter sa remontée.

► Parois moulées

- Les prescriptions évoquées précédemment s'appliquent.
- Le tube plongeur ne doit pas être remonté trop vite pendant la phase de coulage, en particulier au droit des coupleurs et des boîtes de réservations.



Illustration d'une paroi moulée énergétique (Géothermie-Professionnelle/SYSTR)

► Radiers et fondations superficielles

- On évitera de déverser du béton frais directement sur les tubes géothermiques.
- Il peut être nécessaire de les lester.



Recépage des géostructures thermiques

- De manière générale, un recépage sur béton frais est préférable aux alentours des tubes. Le niveau de recépage doit correspondre à l'arase inférieure de l'élément de structure liaisonné à la géostructure thermique et à l'obtention d'une bonne qualité du béton sur la totalité de la section.
- Lorsque le recépage béton frais n'est pas possible, les tubes doivent être protégés dans la zone de futur recépage et obturés pour empêcher l'entrée du béton ou de la laitance. La protection doit s'étendre 10 cm sous la zone de recépage. Le recépage mécanique doit alors être minutieux, et un contrôle des tubes doit être effectué en fin de recépage.

Ouvrages en tête de la structure géothermique

- Ces ouvrages sont, par exemple, les massifs de tête de pieux, les poutres de couronnement etc., où se fait la jonction avec les connexions horizontales.
- Les tubes doivent être fixés sur l'armature de cet ouvrage et non sur les attentes de la structure géothermique.
- Les entrées et sorties doivent être positionnées de façon à ne pas être exposées à des sollicitations excessives ou anormales, ou doivent être protégées en conséquence. En particulier, les entrées et sorties constituent des chemins préférentiels vis-à-vis du risque de corrosion.

Connexion horizontale jusqu'au collecteur principal

- La connexion des tubes sortant des géostructures thermiques à la centrale de production se fera après réalisation de l'ensemble des fondations dans la zone à connecter.
- Le matériau sur lequel reposent les liaisons horizontales ne doit pas comporter d'arêtes vives. Il est, par exemple, possible de réaliser soit une purge, soit de placer les tubes sur un lit de sable.
- Il est recommandé de prendre en compte les échanges thermiques entre tubes voisins. Dans la mesure du possible, il faut écarter les tubes d'entrée et de retour.
- Du grillage avertisseur doit être placé directement au-dessus des tubes horizontaux s'ils ne sont pas situés sous une dalle béton. Ce grillage avertisseur doit clairement faire apparaître qu'il protège les « Tubes géothermiques ». Idéalement, cet avertissement doit être facilement repéré dans le cas de travaux ultérieurs pour éviter tout dommage.

Suivi de pose des tubes et reprise des tubes défectueux

➤ Etapes du suivi

- Le tableau suivant répertorie les différents contrôles à effectuer chronologiquement lors de l'exécution des géostructures thermiques.
- On distingue l'entreprise en charge de l'équipement géothermique de celle qui réalise les travaux de fondations.
- Afin de faciliter les contrôles, il est conseillé de disposer des manomètres en phase chantier. Ainsi toute chute de pression peut être aisément constatée, et des actions correctives peuvent être mises en place.
- La mise sous pression des tubes géothermiques se fait à partir de la phase 2 et jusqu'à la fin de leur mise en place afin de pouvoir contrôler leur pression à chaque instant.

Etapes du suivi de la pose des tubes PEHD dans le cadre de la mise en œuvre de géostructures thermiques

Phase	Commentaires	Action	Par qui ?
1 - Arrivée des tubes sur chantier		Contrôle des références des tubes. Inspection visuelle de l'état des tubes pour mettre en évidence d'éventuelles coupures, etc.	Entreprise en charge de l'équipement géothermique.
2 -Fin d'installation des tubes sur cages	Tubes sous pression	Mise sous pression à minimum 4 bars. Chaque installation ne validant pas ce test doit être reprise. Rédaction d'un PV de réception avec relevé des pressions avec une précision de 0,1 bar.	Entreprise en charge de l'équipement géothermique.
3 - Au moment du transfert de la géostructure énergétique	Tubes sous pression	Contrôle contradictoire de la pression dans les tubes géothermiques, par comparaison avec le PV de la phase 2. Toute installation dont la pression a baissé doit être corrigée avant pose.	Entreprise en charge de la fondation et entreprise en charge de l'équipement géothermique.
4 - Lors de la mise en place de la géostructure énergétique	Tubes sous pression uniquement si les tubes sortent de la plateforme de travail.	Inspection visuelle des tubes pour repérer des traces de coupure ou d'écrasement local.	Entreprise en charge de la fondation.
5 - Après mise en place de la géostructure énergétique	Tubes sous pression uniquement si les tubes sortent de la plateforme de travail et si l'armature est mise en place avant bétonnage.	Contrôle contradictoire de la pression dans les tubes géothermiques et après coulage du béton, par comparaison avec le PV de la phase 3. Toute installation dont la pression a baissé au-delà de la tolérance de 0,1 bar doit être corrigée. S'il n'est pas possible de réparer la boucle géothermique, celle-ci doit être notée comme perdue, et les connexions adaptées. Rédaction d'un PV de réception.	Entreprise en charge de la fondation et entreprise en charge de l'équipement géothermique.
6 - Après recépage*	Tubes sous pression uniquement si les tubes sortent de la plateforme de travail.	Contrôle contradictoire avec le PV de la phase 5. Reprise en cas de dégradation (par l'entreprise en charge de l'équipement géothermique).	Entreprise en charge du recépage et entreprise en charge de l'équipement géothermique.
7 - Après dégagement des tubes*	Tubes sous pression ou non. Cas des réservations limitées aux fiches des soutènements.	Contrôle contradictoire avec le PV de la phase 5. Reprise en cas de dégradation (par l'entreprise en charge de l'équipement géothermique)	Entreprise de GC ou GO et entreprise en charge de l'équipement géothermique.
8- Après réalisation des liaisons horizontales pour connexion au collecteur principal	Tubes sous pression	Toute installation dont la pression a baissé doit être réparée avant connexion. S'il n'est pas possible de réparer la boucle géothermique, celle-ci doit être notée comme perdue, et les connexions adaptées. Réalisation d'un test en eau. Rédaction d'un PV de réception.	Entreprise en charge de l'équipement géothermique.

N.POZZI

**Les phases 6 et 7 ne sont pas successives. Elles correspondent à des configurations différentes.*

05/10/2017

32

Reprises en cas de tubes défectueux

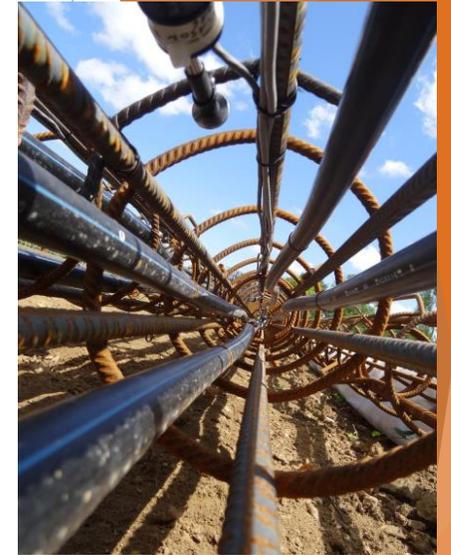
- Lorsque les contrôles avant bétonnage ne sont pas concluants, il est en général possible de procéder à la réfection des tubes.
- Lorsqu'un défaut est décelé entre les phases 1 à 3 (définies ci-avant), la reprise est aisée, et consiste soit à contrôler les zones de faiblesse (coudes thermosoudés et entrée/sortie), soit à remplacer l'élément déficient.
- Lorsqu'un défaut est décelé par contrôle visuel, l'élément qui devait être coulé est remplacé par un élément viable. L'élément incriminé est alors réparé.
- Lorsqu'un défaut est décelé phase 5, 6 ou 7, il est conseillé de réaliser une injection d'air comprimé tout en projetant sur la surface des tubes un spray permettant de détecter des fuites de gaz et d'air comprimé afin de vérifier si la fuite ne se situe pas en tête. Si des bulles apparaissent, la tête de l'ouvrage énergétique peut être reprise, et le test en pression réalisé à nouveau.
- Sinon, le pieu doit être marqué comme perdu.
- Lorsqu'un défaut est décelé en phase 8, ce défaut concerne les liaisons horizontales, qui sont à contrôler, et à remplacer ou réparer.

Dispositions relatives à la conception

- Il est conseillé de ne pas liasonner plus de cinq pieux en série, afin d'éviter des impacts trop importants dans le cas de défaut sur un pieu. Les différents circuits doivent pouvoir être isolés de façon manuelle par une vanne, dans l'hypothèse d'un dommage sur un tube.
- Il est également très fortement conseillé de prévoir une marge au minimum de 5% sur le nombre de pieux équipés afin d'obtenir la fourniture des besoins thermiques, même en cas de défauts sur les tubes.

Equipements de base des pieux et des parois moulées énergétiques

Tubes PEHD dimensions courantes (diamètre*épaisseur) 20*1.9mm ou 25*2.3mm



Tubes échangeurs en PEHD
(Géothermie-
Professionnelle/Pinto)

pieu énergétique de petit diamètre (Géothermie-Professionnelle/Pinto)

mis à part les chutes, il faut éviter de stocker les tubes directement sur le sol sans prévoir de protection contre les coupures et/ou l'entrée de débris dans les tubes.

- Raccord thermo-soudé



Raccord thermo-soudé (Géothermie-Professionnelle/Pinto)

NB : Ce raccord thermo-soudé est également mis en avant car ses dimensions ne permettent pas un bétonnage de qualité.

- Equipement de contrôle



Manomètre de contrôle (Géothermie-Professionnelle/Pinto)



Manomètre de contrôle (Géothermie-
Professionnelle/SYSTR)

- Exemples de géostructures thermiques



Paroi moulée équipée de tubes géothermiques (Géothermie-Professionnelle/SYSTRA)



Raccord (Géothermie-Professionnelle/ECOME)



Manomètre de contrôle (Géothermie-Professionnelle/Systra)

Exemples de géostructures thermiques



Tête de pieux (Géothermie-Professionnelle/Pinto)