
Sommaire

Membres du groupe de travail.....	5
Introduction générale.....	6
1 Introduction aux géostructures thermiques	7
1.1 Définitions et périmètre du guide	7
1.2 Organisation générale des projets	8
1.2.1 Principes généraux	9
1.2.2 Contraintes liées à la technique	9
1.2.3 Retour d'expérience et optimisation des bases de données	10
1.3 Démarche générale	11
2 Données d'entrées et caractérisation du terrain	12
2.1 Notion de potentiel géothermique	12
2.1.1 Facteurs de faisabilité technique vis-à-vis du terrain.....	15
2.1.1.1 Caractéristiques thermiques	15
2.1.1.2 Caractéristiques hydrodynamiques (vitesse d'écoulement).....	17
2.1.1.3 Effet barrage de l'ouvrage projeté	20
2.1.1.4 Interactions avec le terrain, la nappe et les avoisinants	22
2.1.2 Etude préalable-préliminaire : espace cartographique du BRGM	24
2.2 Méthodes et outils de conception	25
2.3 Points sensibles pour le suivi d'un dispositif de géostructures thermiques	27
2.4 Retour d'expérience sur des opérations existantes.....	28
2.5 Contexte réglementaire : état des lieux et perspectives	28
3 Dimensionnement géotechnique et aspects structurels	30
3.1 Problématiques mécaniques.....	30
3.2 Variation des propriétés mécaniques des sols.....	31
3.3 Les pieux énergétiques.....	31
3.3.1 Enjeux associés aux pieux énergétiques	31
3.3.2 Comportement des pieux géothermiques	31
3.3.2.1 Barre totalement libre.....	32
3.3.2.2 Barre bloquée à ses extrémités.....	32
3.3.2.3 Etudes expérimentales disponibles.....	33
3.3.3 Méthodes d'analyse	33
3.3.3.1 Méthode des courbes de transfert	34

3.3.3.2	Méthodes numériques	35
3.3.3.3	Paramètres de dimensionnement.....	36
3.3.4	Modélisation de la structure portée	37
3.3.5	Principe de justification.....	37
3.4	Ecrans énergétiques	39
3.4.1	Préambule	39
3.4.2	Typologie des écrans énergétiques et spécificités.....	39
3.4.2.1	Typologie	39
3.4.2.2	Spécificités.....	40
3.4.3	Problématique posée par le fonctionnement géothermique	40
3.4.3.1	Comportement vertical	40
3.4.3.2	Comportement horizontal.....	41
3.4.4	Méthodes d'analyses.....	42
3.4.5	Modélisation de l'écran.....	43
3.4.6	Principe de justification.....	44
3.5	Autres géostructures thermiques	44
4	Conditions de réalisation et de mise en œuvre	45
4.1	Implantation des géostructures thermiques.....	45
4.1.1	Pieux, barrettes et micropieux.....	45
4.1.2	Parois moulées	45
4.1.3	Radiers et fondations superficielles	45
4.1.4	Autres ouvrages géotechniques.....	46
4.2	Fixation et positionnement des tubes.....	46
4.2.1	Pieux géothermiques.....	46
4.2.1.1	Pieux géothermiques coulés en place	46
4.2.1.1.1	Nombre de tubes et de boucles	46
4.2.1.1.2	Dispositions relatives aux cages d'armatures	47
4.2.1.1.3	Fixation des tubes.....	48
4.2.1.2	Pieux énergétiques préfabriqués ou métalliques	49
4.2.2	Parois moulées	49
4.2.3	Pieux de soutènement	49
4.2.4	Micropieux.....	50
4.2.5	Radiers et semelles superficielles.....	50
4.3	Mise en œuvre	50

4.3.1	Pieux énergétiques	50
4.3.1.1	Cage d'armatures mise en place après bétonnage	50
4.3.1.2	Pieux coulés en place après la pose de la cage d'armatures	50
4.3.2	Parois moulées	50
4.3.3	Pieux de soutènement	51
4.3.4	Micropieux.....	51
4.3.5	Radiers et fondations superficielles	51
4.4	Recépage des géostructures thermiques.....	51
4.5	Ouvrages en tête de la structure géothermique.....	51
4.6	Connexion horizontale jusqu'au collecteur principal.....	51
4.7	Suivi de pose des tubes et reprise des tubes défectueux	52
4.7.1	Etapes du suivi.....	52
4.7.2	Reprises en cas de tubes défectueux	54
4.7.3	Dispositions relatives à la conception	54
5	Aspects contractuels, assurances et responsabilités	55
5.1	Introduction.....	55
5.2	Principes de couverture	56
5.3	Approches contractuelles.....	57
	Bibliographie	59
	Index des normes citées dans le document	62
	Symboles et unités	64
	Abréviations	65
	Glossaire	66
	ANNEXE A : Fiche de déclaration type.....	69
	ANNEXE B : Détermination de la conductivité thermique des sols.....	75
	ANNEXE C : Exemple de réalisation : Aéroport de Zürich	77
	ANNEXE D : Combinaisons d'action.....	83
	ANNEXE E : Exemple de justification de pieux énergétiques	85
	ANNEXE F : Equipements de base des pieux et des parois moulées énergétiques	117

Membres du groupe de travail

Animation du groupe de travail : Éric ANTOINET

- Animation sous-groupe « Principes de fonctionnement, caractérisation du milieu hôte » :
Lionel DEMONGODIN
- Animation sous-groupe : « Dimensionnements géotechniques et aspects structurels » ;
Julien HABERT
- Animation sous-groupe : « Conditions d'exécution et de mise en œuvre » ;
Nathalie POZZI
- Animation sous-groupe : « Aspects contractuels, assurances et responsabilités »
Laurent PIERSON D'AUTREY

Secrétariat : M Yvon DELERABLEE

Mr	Eric ANTOINET	Antea Group
Mr	Jean-Baptiste BERNARD	Ecome
Mr	Patrick BERTHELOT	Bureau Veritas
Mr	Cyril BORELY	Terrasol
Mr	Stéphane BRULE	Ménard
Mr	Luis CARPINTEIRO	Socotec
Mr	Anthony COSSON	Systra
Mme	Elodie DARMON	Dacquin
Mr	Yvon DELERABLEE	Antea Group/IFSTTAR
Mr	Lionel DEMONGODIN	Egis
Mr	Nicolas FRECHIN	Antea Group
Mr	Jean-Robert GAUTHEY	Spie Fondations
Mr	Julien HABERT	Cerema
Mr	Pierre-Jean HOUSSE	PINTO/Botte Fondations
Mr	Philippe JANDIN	Cerema
Mr	Richard MANIRAKIZA	PINTO
Mr	Dominique NIBEL	Botte Fondations
Mr	Umur OKYAY	Terrasol
Mr	Laurent PIERSON D'AUTREY	Axa Corporate Solutions
Mme	Nathalie POZZI	Demathieu-Bard
Mr	Léo QUIRIN	Keller
Mr	Philippe REIFFSTECK	IFSTTAR
Mr	Nicolas UTTER	Soletanche Bachy
Mme	Roxana VASILESCU	PINTO
Mr	Jean-Paul VOLCKE	Franki Fondation

La relecture du document a été assurée par : Jean-Christophe Bocquet (ERG), Sébastien Burlon (IFSTTAR), Bruno Demay (CFMS), Fabrice Emeriault (CFMS), Hassan Farhat (Arcadis), Jean-Baptiste Gress (Hydrogéotechnique) et Moulay Zerhouni (Fondasol).