



**Norme
internationale**

ISO 17628

**Reconnaissance et essais
géotechniques — Essais
géothermiques — Détermination
de la conductivité thermique des
sols et des roches dans les sondes
géothermiques**

*Geotechnical investigation and testing — Geothermal testing —
Determination of thermal conductivity of soil and rock using a
borehole heat exchanger*

**Première édition
2015-07-15**

**Version corrigée
2024-07**

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles et abréviations	3
5 Installation de sondes géothermiques	4
5.1 Appareils de forage et équipements auxiliaires	4
5.1.1 Généralités	4
5.1.2 Exigences relatives aux appareils et équipements de forage	4
5.2 Matériaux des sondes géothermiques, de remplissage et de remplissage de l'espace annulaire	5
5.2.1 Matériau de la sonde géothermique	5
5.2.2 Fluide de forage pour tubes de sondes géothermiques	5
5.2.3 Matériau de remplissage de l'espace annulaire	5
5.3 Exigences générales avant l'installation	6
5.3.1 Exigences relatives au forage et au site d'installation	6
5.3.2 Choix des techniques de forage et des méthodes d'installation	6
5.3.3 Informations préliminaires requises avant le début du forage et de l'installation	6
5.3.4 Exigences environnementales	7
5.3.5 Exigences relatives à la sécurité	7
5.4 Exécution	8
5.4.1 Forage	8
5.4.2 Installation des sondes géothermiques	8
5.4.3 Remplissage de l'espace annulaire	8
5.4.4 Essais fonctionnels	9
5.4.5 Remise en état du site	12
6 Essais géothermiques	12
6.1 Généralités	12
6.2 Équipement d'essai	13
6.3 Mode opératoire de l'essai	13
6.4 Résultats d'essai	15
6.5 Évaluation des résultats d'essai	15
7 Procès-verbaux	16
7.1 Procès-verbal établi sur le site	16
7.1.1 Procès-verbal d'installation des tubes des sondes géothermiques	17
7.1.2 Procès-verbal de remplissage de l'espace annulaire	17
7.1.3 Procès-verbal de contrôle	18
7.1.4 Procès-verbal des valeurs mesurées et des résultats d'essai	18
7.1.5 Procès-verbal des résultats d'essai évalués	18
7.2 Procès-verbal des résultats	18
Annexe A (informative) Exemple de formulaire pour les informations préliminaires sur l'installation prévue d'une sonde géothermique	20
Annexe B (informative) Procès-verbaux établis sur le site	22
Annexe C (informative) Exemple de représentation graphique de la sonde géothermique installée et de la géologie le long du forage	27
Bibliographie	28

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/patents).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant : [Avant-propos - Informations supplémentaires](#)

L'ISO 17628 a été élaborée par le Comité Européen de Normalisation (CEN) Comité Technique CEN/TC 341, *Reconnaissance et essais géotechniques*, en collaboration avec l'ISO Comité Technique ISO/TC 182, *Géotechnique*, Sous-comité SC1, conformément à l'accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

La présente version corrigée de l'ISO 17628:2015 inclut les corrections suivantes:

- Dans le [Tableau 2](#), les valeurs des étapes 2, 3 et 4 ont été corrigées et alignées à celles de la version anglaise.

Reconnaissance et essais géotechniques — Essais géothermiques — Détermination de la conductivité thermique des sols et des roches dans les sondes géothermiques

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences relatives à l'essai de réponse géothermique. Cet essai comprend la détermination *in situ* de la conductivité thermique dans un sol et une roche saturés et non saturés à l'aide d'une sonde géothermique. Pour cet essai, des liquides caloporteurs ne subissant pas de changements de phase sont utilisés.

La conductivité thermique est un paramètre important utilisé dans la conception des systèmes de stockage et d'échange thermiques.

Un essai de réponse géothermique mesure la réponse en température au forçage thermique d'une sonde géothermique ou l'extraction d'énergie thermique d'un forage. La réponse en température est liée aux paramètres thermiques du sol et du forage tels que la conductivité thermique et la résistance du forage ; elle est donc utilisée pour obtenir des estimations de ces paramètres importants.

La présente Norme internationale s'applique aux sondes géothermiques installées dans des forages verticaux ou inclinés d'une profondeur courante allant jusqu'à 400 m, par exemple, et d'un diamètre allant jusqu'à 200 mm.

2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de façon normative dans le présent document et sont indispensables à son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 14688-1, *Reconnaissance et essais géotechniques — Dénomination, description et classification des sols — Partie 1: Dénomination et description.*

ISO 14689-1, *Reconnaissance et essais géotechniques — Dénomination, description et classification des roches — Partie 1: Dénomination et description.*

ISO 22475-1, *Reconnaissance et essais géotechniques — Méthodes de prélèvement et mesurages piézométriques — Partie 1: Principes techniques des travaux.*

EN 16228-1, *Machines de forage et de fondation — Sécurité — Partie 1: Prescriptions communes*

EN 16228-2, *Machines de forage et de fondation — Sécurité — Partie 2: Machines mobiles de forage de génie civil, de géotechnique, de forage d'eau, d'exploration de sol, d'énergie géothermique, de mines et carrières*

3 Termes et définitions

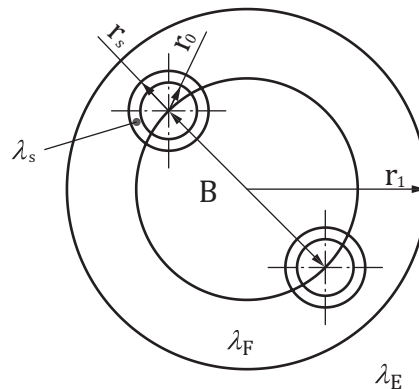
Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 22475-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

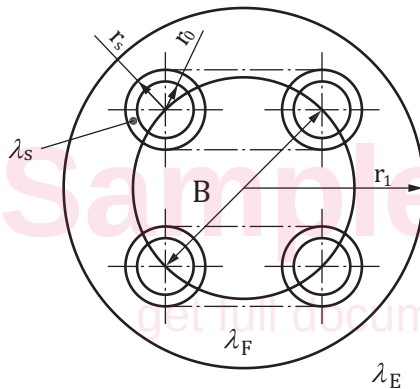
sonde géothermique

un ou deux tubes en U ou un tube coaxial dans un forage dans lequel circule le fluide échangeur

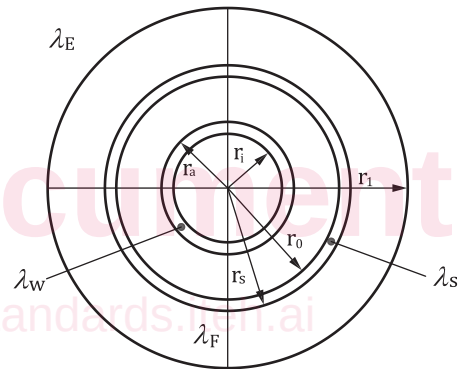
Note 1 à l'article: à l'article : Voir [Figures 1](#) et [2](#).



a) Tube en U simple



b) Tube en U double



c) Tube coaxial

Légende

r_1 rayon du forage

r_i rayon intérieur

r_a rayon extérieur

r_o rayon intérieur du tube extérieur

r_s rayon extérieur du tube extérieur

λ_F conductivité thermique du matériau de remplissage de l'espace annulaire

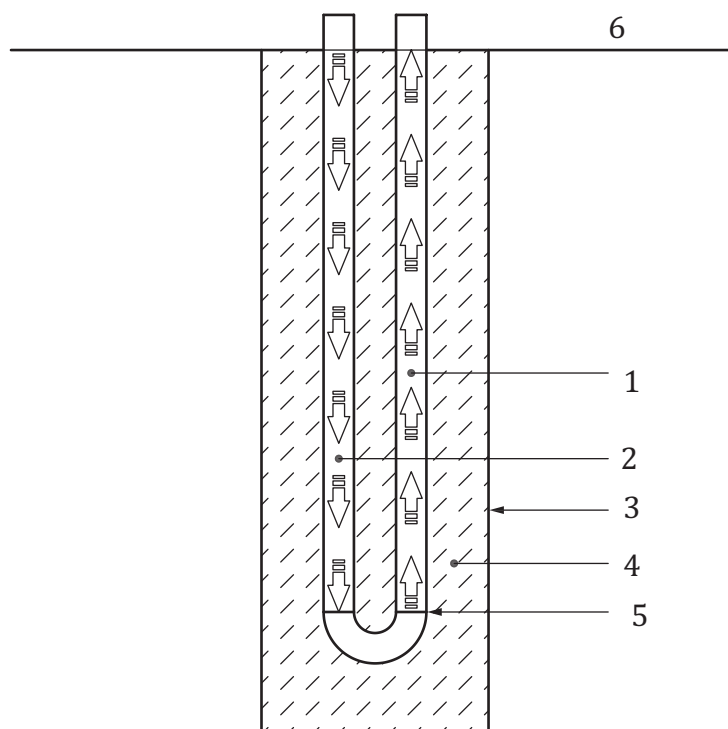
λ_w conductivité thermique du tube intérieur de forage

λ_s conductivité thermique du tube extérieur de forage

λ_E conductivité thermique du sol

B distance entre tubes

Figure 1 — Section transversale d'exemples de tubes de sonde géothermique



Légende

- 1 tube retour
- 2 tube aller
- 3 paroi du forage
- 4 remplissage de l'espace annulaire
- 5 raccordement
- 6 niveau du sol

Figure 2 — Exemple de sonde géothermique incluant une étanchéité d'espace annulaire

3.2

essai de réponse géothermique

essai visant à obtenir la conductivité thermique

4 Symboles et abréviations

Tableau 1 — Liste des symboles et des abréviations

Symbole	Désignation	Unité
A	aire totale de la section transversale d'une surface conductrice	m^2
B	distance entre tubes	m
H	longueur de la sonde géothermique	m
k	pente	
m	masse d'une substance	kg
ρc_p	capacité thermique volumique	$\text{J}/\text{m}^3/\text{K}$
Q	puissance thermique	W
r_0	rayon du forage	m
r_i	rayon intérieur	m
r_a	rayon extérieur	m

Tableau 1 (suite)

Symbole	Désignation	Unité
r_o	rayon intérieur du tube extérieur	m
r_s	rayon extérieur du tube extérieur	m
Re	nombre de Reynolds	
R_b	résistance du forage	
T	température	°C
T_0	température du sol non remanié	°C
T_f	température du fluide au temps t	°C
t_1	durée minimale de l'essai	
x	épaisseur de la surface conductrice séparant deux températures différentes	m
λ	conductivité thermique	W/m/K
λ_E	conductivité thermique du sol	W/m/K
λ_{eff}	conductivité thermique effective	W/m/K
λ_{est}	conductivité thermique estimée	W/m/K
λ_F	conductivité thermique du matériau de remplissage de l'espace annulaire	W/m/K
λ_s	conductivité thermique du tube extérieur de forage	W/m/K
λ_w	conductivité thermique du tube intérieur de forage	W/m/K

5 Installation de sondes géothermiques

5.1 Appareils de forage et équipements auxiliaires

5.1.1 Généralités

Le matériel de forage sélectionné doit être de taille et de type appropriés afin d'obtenir la qualité requise.

5.1.2 Exigences relatives aux appareils et équipements de forage

Des appareils de forage ayant une stabilité, une puissance et un équipement appropriés, tels que tiges de forage, tubage, tube carottier et outils de forage, doivent être sélectionnés de manière à pouvoir obtenir la profondeur et la stabilité requises du forage.

L'appareil et l'équipement de forage doivent permettre un réglage précis de toutes les fonctions de forage.

Lorsque cela est spécifié, il convient de mesurer et d'enregistrer les paramètres de forage suivants en fonction de la profondeur :

- a) vitesse de fonçage (m/min) ;
- b) longueur forée (m) ;
- c) débit de récupération du fluide de rinçage (l/min) ;
- d) azimuth et inclinaison en cas de forage incliné (degré) ;
- e) diamètre du forage (mm) ;
- f) tubage et longueur de tubage (m) ;
- g) fluide de rinçage.

5.2 Matériaux des sondes géothermiques, de remplissage et de remplissage de l'espace annulaire

5.2.1 Matériau de la sonde géothermique

Le matériau des tubes et du pied de la sonde géothermique doit être choisi en fonction de l'objectif et de la conception, en termes de :

- a) qualité ;
- b) durabilité ;
- c) corrosion ;
- d) résistance thermique ;
- e) résistance au choc ;
- f) résistance hydraulique ;
- g) force de compression ;
- h) résistance à la déformation ;
- i) sécurité liée à la contamination du sol et des nappes souterraines ;
- j) dimensions (diamètre, épaisseur de paroi et distance).

Les tubes en plastique doivent au moins avoir la qualité d'un tube PE 100 noir pour utilisation enterrée non potable et il convient de les fabriquer avec le même matériau que celui de l'échangeur de chaleur géothermique qui sera installé pour le réseau..

Des bagues d'écartement de tube doivent être fixées sur les tubes en U pour éviter les ponts thermiques. La distance minimale entre bagues d'écartement doit être de 2 m.

Les tubes doivent comporter des marques de longueur tous les mètres, par ordre numérique croissant de zéro jusqu'à l'extrémité des tubes, afin de pouvoir vérifier à tout moment la longueur installée.

5.2.2 Fluide de forage pour tubes de sondes géothermiques

Le fluide de forage pour tubes de sondes géothermiques doit satisfaire aux exigences de conception de l'essai et aux réglementations en matière d'environnement.

Il convient d'utiliser de l'eau potable ou de l'eau déminéralisée en raison de ses bonnes propriétés hydrodynamiques et parce qu'elle ne met pas en danger le sol et les nappes souterraines en cas de fuite de la sonde géothermique.

L'utilisation d'additifs antigels doit être justifiée. En cas d'utilisation, l'étanchéité de l'espace annulaire doit être adaptée aux conditions de gel et de dégel afin d'éviter les fissures.

La conception doit tenir compte de la température minimale du fluide caloporteur.

5.2.3 Matériau de remplissage de l'espace annulaire

Le matériau de remplissage de l'espace annulaire doit assurer le transfert thermique entre le sol et la sonde géothermique et vice versa. Il doit assurer l'étanchéité du forage jusqu'au niveau du sol pour empêcher l'entrée de polluants et protéger les aquifères susceptibles d'avoir été perforés. Le matériau de remplissage doit assurer l'intégration durable et stable, physiquement et chimiquement, de la sonde géothermique dans le sol. Il doit être adapté à toutes les températures de déploiement concernées.

Le matériau de remplissage doit être choisi en fonction de la conductivité thermique de l'encaissant et des eaux souterraines.