



DeepDrifter®: chariot de mesure en cours d'utilisation.

Mesure 3D pour les sondes géothermiques (SGT):  
le système détecte la géométrie réelle et la courbe de température.

# Les mesures DeepDrifter® permettent de suivre le parcours réel des sondes géothermiques

Depuis un certain temps, la fabrication de sondes géothermiques pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments bénéficie dans notre pays d'une grande popularité. Avec la réalisation accrue de ces installations, de plus en plus de conflits d'exploitation prennent de l'importance. En effet, la position effective et le parcours des sondes ne sont pas connus avec précision. Avec le système DeepDrifter®, le parcours physique réel de la sonde et les températures sont mesurés sur toute la longueur de la sonde.

Mark Eberhard \*

A l'heure actuelle, les conflits d'exploitation ne sont généralement pas perçus comme tels, parce que les sondes sont

dans le terrain, et les emplacements ne sont pas visibles dans les profondeurs. Les sondes géothermiques ne descendent pas droites et perpendiculaires dans le terrain. Dans de rares cas, elles se rappel-

lent à nous, lorsque par exemple une sonde géothermique rencontre une autre sonde ou lorsque le rendement du chauffage ou du système de refroidissement est très différent des données calculées.

## Réalités

En fait, on est en mesure de supposer que si nous ne forons pas intentionnellement avec une inclinaison dans le sol, le disque du foret s'enfoncé verticalement dans le terrain. Cependant, cela est rarement le cas. Le sol est formé de différentes couches de roches dures, qui ne sont pas toujours horizontales et montrent aussi souvent des défauts; cela contribue à dévier



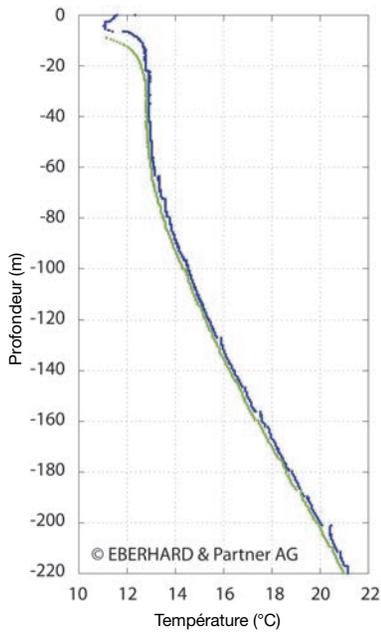


Figure 5: Evolution de la température des sondes en fonction de la profondeur.

sont planifiés et installés, il y a un besoin croissant de savoir comment se déroule exactement le parcours des sondes en profondeur et à quoi cela ressemble réellement (figure 3). Le parcours des sondes en tubes de polyéthylène (PE) d'un diamètre de 32 mm ou 40 mm et posés dans le forage peut depuis 2011 être mesuré par DeepDrifter® Eberhard & Partner AG à Aarau, et ceci jusqu'à une profon-

deur de 500 mètres. Dans ce cas, non seulement la profondeur, mais aussi l'écart en pourcentage par rapport à la verticale et la direction dans laquelle l'écart se fait sont enregistrés (figure 4). En outre, la variation de température dépendant de la profondeur peut être détectée (figure 5).

### Planification et influence sur l'action de forer

Aujourd'hui, les installations de sondes géothermiques sont planifiées sur la base d'un éventuel retrait ou d'indemnités de retrait. Depuis 2010, il existe une norme suisse (SN 546 384/6, SIA 384/6: 2010). A côté des propriétés physiques pertinentes du sol qui prennent en considération les conductibilités thermiques des différentes roches, le diamètre des sondes prévues ( $\varnothing$  32 mm ou 40 mm) est inclus dans les calculs, et la performance de suspension spécifique par mètre courant est définie. Conformément à la norme spécifiée ci-dessus, la pose des sondes géothermiques doit être en principe exécutée verticalement. Il est ainsi défini que la sonde est verticale dans le sous-sol. Comme il est indiqué dans les chapitres précédents, la plupart des sondes ont cependant un écart plus ou moins important par rapport à la verticale. Par le passé, il était dit que si les sondes géother-

miques restaient sur leur propre terre, ou si elles avaient tendance en raison de la géologie locale et de la tectonique à dériver dans une direction particulière, il n'en serait pas tenu compte. Il n'existe actuellement aucune recommandation qui instruisse sur la façon d'effectuer un forage de sorte à éviter la dérive verticale. Toutefois, comme déjà indiqué ci-dessus, il serait possible d'éviter les conflits d'utilisation et des baisses importantes d'énergie si l'on pouvait placer la sonde aussi verticale que possible. Eu égard à la grande sécurité de planification, les sondes qui seront mesurées avec le système DeepDrifter® devront intégrer les données recueillies dans l'aménagement de l'espace, où elles peuvent être mises à la disposition d'une large population. Si plusieurs sondes sont prévues sur le même site (champ de sondes géothermiques), il faut parvenir à une approche commune en cours de forage, en raison de la géologie plus ou moins identique, pour atteindre une image uniforme de la situation dans le terrain. Par cette acquisition et aménagement du sous-sol du terrain, il pourrait être possible dans le futur d'éviter des conflits d'utilisation et de répondre aux incertitudes que cela provoquera, surtout en ce qui concerne l'approvisionnement en énergie ou sa récupération. →

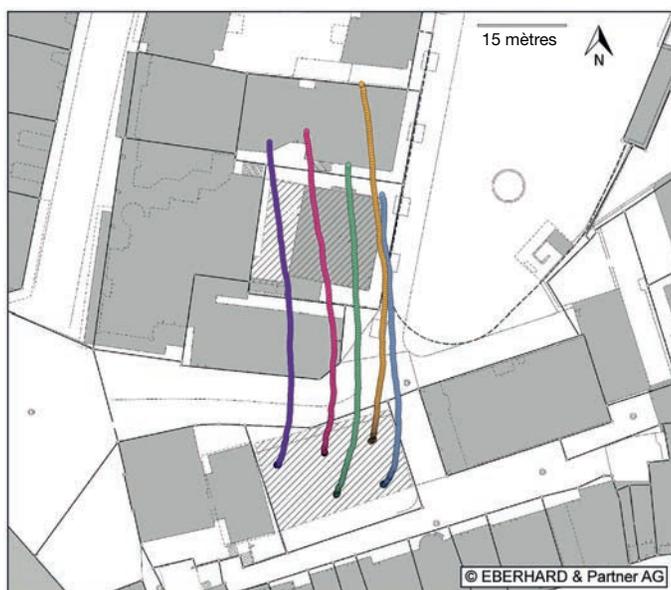


Figure 6: Vue sur le tracé de sondes géothermiques profondes qui dérivent sur plusieurs parcelles voisines.

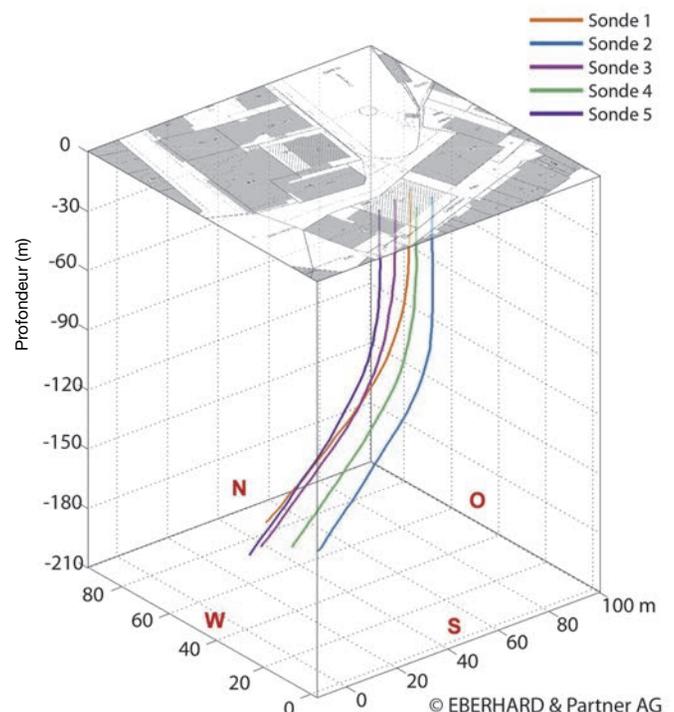


Figure 7: Vue en coupe de plusieurs sondes géothermiques profondes.

### Construction et mode de fonctionnement du système DeepDrifter®

Le système DeepDrifter®, entièrement automatique, se compose d'un capteur cylindrique et mince de 9,5 cm de long et 1,8 cm de diamètre, qui est attaché à un câble spécial, un treuil à câble électrique et un logiciel d'évaluation spécial (figure 1). L'installation est très mobile et peut être transportée par camionnette sur le site d'utilisation. Elle est alors immédiatement prête à l'emploi. Les sondes géothermiques peuvent ainsi être mesurées spatialement à une profondeur de 500 mètres, la température dans le sous-sol est déterminée et la qualité du remblai est vérifiée. A l'arrivée sur le site, le capteur est fixé à l'une des quatre barres de la sonde et les mesures peuvent commencer immédiatement. Le capteur descend alors lentement dans les profondeurs et il est ensuite automatiquement à nouveau retiré vers le haut, les données de direction et de température sont transmises directement au laptop qui calcule et convertit les données en graphique. Il est donc possible de détecter sur l'écran tout changement dans la direction de la sonde et la variation de température dans la profondeur.

Puis, au bureau, ceci est suivi par une évaluation globale, représentation graphique et interprétation des données. A partir de là, il est évident que l'on peut situer à quelle profondeur la sonde dévie, quelle est la taille de l'écart (en pourcentage) par rapport à la verticale, et quelles sont les températures par rapport à la surface. Si un plan cadastral est disponible, il est facile de faire une analyse graphique visible sur le plan et de voir ainsi dans quelle direction la sonde s'est déplacée et si le point d'extrémité de la sonde est toujours sur votre propriété ou déjà en terre étrangère (figures 2, 3, 6). Une évaluation spatiale en 3D étendue du parcours des sondes peut être visualisée. En outre, on peut voir si les sondes sont toujours parallèles les unes aux autres ou si elles se rapprochent dans certains tronçons ou même se touchent et s'influencent thermiquement (figure 7).

Puisque la partie cimentée du remblai n'atteint sa température maximale qu'après 24 heures, et qu'elle se réduit progressivement sur plus de quatre semaines, la mesure de températures réaliste des températures en profondeur ne

peut pas être appliquée pendant une à deux semaines. Sur un remblai uniforme, le transfert de chaleur est ainsi efficace à partir du bas de la sonde, il ne peut être fermé que lorsque les températures après une période d'observation d'environ un mois sont constamment en baisse et qu'aucune valeur aberrante, positive ou négative, ne peut être enregistrée sur l'ensemble de la zone de profil. Les anomalies de température sont une indication d'absence ou d'insuffisance de remblai. Ainsi, il faut une mesure de température immédiatement après l'introduction de la sonde ou le premier remplissage et une autre au bout d'environ une semaine ou deux pour contrôler la qualité du remblai.

### Expériences à ce jour

Depuis le début des mesures avec DeepDrifter® en 2011, plus de 200 sondes ont été mesurées à une profondeur de 500 mètres. Les déviations verticales qui ont été reconnues par les mesures se situent en moyenne entre 5 et 10%. Toutefois, certains écarts par rapport à la verticale peuvent atteindre jusqu'à 30% (figures 6 et 7). Dans ces mesures, il faut également reconnaître que ce sont des sondes individuelles très proches d'un champ de sondes géothermiques, et donc que l'efficacité du système pourrait être compromise.

### Dispositions légales particulières dans le canton d'Argovie

En Suisse, les installations géothermiques exigent l'approbation du service de la protection de l'eau: c'est la base juridique. En ce qui concerne la déviation verticale en profondeur, il n'existe actuellement aucune loi ou réglementation cantonale ou fédérale, sauf dans le canton d'Argovie. Dans ce canton, l'installation de sondes géothermiques de toute nature près de la surface nécessite une autorisation conformément à la législation fédérale sur la protection de l'environnement et des eaux (EG UWR, article 15). Depuis le 1<sup>er</sup> mars 2013, les forages ayant une profondeur de plus de 100 mètres doivent également être mesurés en ce qui concerne leur déviation latérale. A ce jour (décembre 2015), le canton n'a pas encore déterminé comment cette loi doit être appliquée en pratique. Dans une période de transition, il exige la mesure de tous les puits d'une profondeur de

200 mètres. Cette pratique n'est toutefois ni appropriée ni assez précise car les mesures faites jusqu'à présent montrent quand même que les plus grands taux de déviation ont lieu à des profondeurs entre 100 et 200 mètres. Une telle pratique tente en outre de présenter seulement les sondes qui sont plus courtes que 200 mètres, et cela aussi dans les cas où la puissance nécessaire est plus élevée. Les installations géothermiques de profondeurs moyennes et élevées sont régies, dans les directives du canton d'Argovie adoptées le 19 juin 2012, par la loi sur l'utilisation du sous-sol profond et l'extraction de minéraux (GNB). Cette dernière règle tous les permis pour les forages qui atteignent des profondeurs sous terre de 400 mètres. Les sondes géothermiques à une profondeur allant jusqu'à 400 mètres ne nécessitent pas de concessions. Elles sont autorisées conformément aux dispositions de la législation environnementale susmentionnée. ■

[www.deepdrifter.ch](http://www.deepdrifter.ch)

[www.eberhard-partner.ch](http://www.eberhard-partner.ch)

### Littérature

- [1] Kanton Aargau, Einführungsgesetz zur Bundesgesetzgebung über den Schutz von Umwelt und Gewässer (EG Umweltrecht, EG UWR) vom 4. September 2007 (état au 1<sup>er</sup> mars 2013).
- [2] Kanton Aargau, Gesetz über die Nutzung des tiefen Untergrunds und die Gewinnung von Bodenschätzen (GNB) vom 19. Juni 2012 (état au 1<sup>er</sup> mars 2013).
- [3] SIA 384/6: 2010, norme suisse SN 546 384/6, Sondes géothermiques.

### Auteur

D<sup>r</sup> Mark Eberhard, géologue, propriétaire de EBERHARD & Partner AG, Géologie/Energie/Environnement, 5000 Aarau  
[eberhard@eberhard-partner.ch](mailto:eberhard@eberhard-partner.ch)