

## DÉTECTION DE DOMMAGES POTENTIELS DANS LES DIGUES ET BARRAGES

Les forces d'écoulement font courir un risque important à la stabilité des digues en terre. Un changement du processus d'écoulement à l'intérieur des digues en terre s'effectue très lentement, souvent sans symptômes évidents. L'érosion interne peut alors rapidement déboucher vers l'instabilité de l'ouvrage et prélude à la destruction de celui-ci. Par conséquent, seule une détection pré-



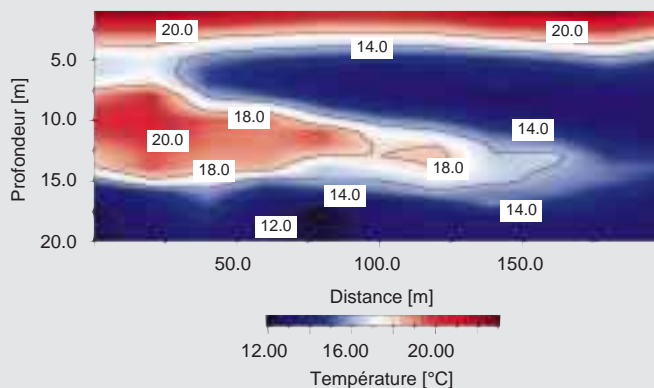
Rupture d'une digue au Lesotho par érosion interne

coce des fuites potentielles permettra de réaliser un assainissement précis en temps utile.

Les températures des eaux de surface et les températures du sol suivent des cours saisonniers qui dépendent du climat. En raison des faibles conductivités thermiques du sol et des matériaux de construction comparables au sol, les températures internes des digues sont différentes de celles

de l'eau de surface. Si l'eau d'une retenue s'infiltré au travers de la digue, par exemple à la suite d'un affaiblissement du dispositif d'étanchéité, ou si elle recèle des zones de perméabilité hydraulique trop élevées, il en résultera des évolutions de la température interne de la digue vers la température de l'eau de surface, basées sur le phénomène physique du transport advectif de chaleur. Les zones de la digue infiltrées par l'eau de surface montrent une anomalie de température vis à vis des zones non percolées, celle-ci étant positive pendant l'été et négative pendant l'hiver.

Le procédé des mesures de température du sol développé par la société GTC, permet de réaliser des mesures de température à l'intérieur d'une digue en terre jusqu'à 30 m de profondeur et de délimiter avec précision les contours des zones infiltrées par l'eau de surface.



Distribution des températures internes d'une digue le long d'une coupe verticale parallèle à l'axe de celle-ci. Une paroi moulée se situe entre les sondages de températures et la retenue. La paroi atteint une profondeur de 13 m. Les températures ont été relevées en été quand l'eau atteignait 22°C. L'eau – plus chaude que le sol – s'infiltrant à travers la digue génère des zones de températures élevées au-delà de 7 m de profondeur. On en déduit que, sur le secteur de digue considéré, l'eau de la retenue s'infiltré à la fois au travers et en dessous de la paroi moulée.

Jusqu'à présent cette méthode thermométrique à été utilisée avec succès pour ausculter plus de 500 km de longueur de digue. Bien des endommagements des dispositifs d'étanchéité et des zones d'écoulement élevé ont été décelés de façon fiable. On a pu également déterminer des secteurs où l'eau s'écoule sous le remblai de la digue. On peut également appliquer la méthode thermométrique à d'autres domaines tels que les contrôles finaux lors de la réception des ouvrages et pour la surveillance de leur sécurité pendant les travaux.

L'acquisition en continu des données thermométriques rend également possible, en combinaison avec les sondages de température, la détermination de paramètres géotechniques complémentaires comme par exemple la compacité et la vitesse d'écoulement.

**La température utilisée comme un traceur** - On peut appliquer les mesures de température à l'étude de bien des problèmes techniques dans le domaine de l'environnement. Le mouvement des fluides dans le sous-sol provoque très souvent des anomalies dans le champ des températures, puisque le fluide présente une température de départ différente de celle du sol. L'ajustement des températures du sol à la température du fluide, dans les zones infiltrées et aux alentours immédiats de celles-ci, est provoqué par le transport advectif



*Sondages de température le long d'une digue*

de chaleur lié au mouvement des fluides. En conséquence, la température acquiert les qualités d'un traceur, et les mesures de températures sont applicables pour la détection et la délimitation des zones affectées par des mouvements de fluides. En raison de leur superposition avec les influences climatiques et celles qui résultent des activités humaines, les anomalies de températures en question sont généralement difficiles à déceler près de la surface du sol. Ces perturbations s'atténuent avec la profondeur et au-delà de 1-2 m les mesures de température deviennent pleinement efficaces pour la détection de fuites potentielles.

GTC a donc développé une méthode pour la détection de dommages potentiels qui permet la réalisation de mesures de température jusqu'à 30 m de profondeur dans les digues en terre. Pour effectuer les mesures de température, des tubages creux sont enfoncés dans le sol le long de la digue. Une chaîne de capteurs de températures est alors introduite dans chaque tubage. Chaque chaîne comporte plusieurs capteurs régulièrement espacés et reliés par un câble de mesure à un appareil d'acquisition portable autonome. Grâce à cet équipement, les valeurs de température, pour chaque sondage, sont enregistrées à plusieurs niveaux en une seule opération. Lorsque l'ensemble des mesures est effectué, il devient alors possible de localiser rapidement les anomalies de température existantes à partir des présentations graphiques des mesures. Une zone infiltrée par le fluide peut ainsi être délimitée à la fois horizontalement et verticalement par la mise en œuvre de cette méthode thermométrique.

L'application opérationnelle de la méthode GTC, utilisée depuis plusieurs années et avec grand succès, montre que diverses questions peuvent être étudiées dans des conditions techniques et économiques avantageuses à partir des mesures de température du sol.

La société GTC a obtenu un brevet d'invention pour son procédé et son dispositif des mesures de température (n°. DE 41 27 646).

## Applications

OUVRAGES HYDRAULIQUES / GÉOTECHNIQUE  
 Détection de dommages dans les digues  
 Supervision des digues de protection contre les crues  
 Contrôle de qualité après assainissement de dispositifs d'étanchéité  
 Supervision de travaux hydrauliques

TECHNIQUES SUR DÉCHARGES  
 Détection d'écoulements d'eau percolée  
 Délimitation d'une auréole de contamination  
 Détection de fuites dans les bassins de stockage  
 Examen de la fonction de dispositifs d'étanchéité  
 Détection de feux couvants

HYDROGÉOLOGIE / GÉOTHERMIE  
 Reconnaissance d'eaux thermales et karstiques  
 Détection d'infiltrations et d'exfiltrations

TECHNIQUES D'APPROVISIONNEMENT ET D'ÉVACUATION  
 Détection de fuites sur les trajets de pipelines

## Références ouvrages hydrauliques

ÉNERGIE HYDRAULIQUE  
 Alzwerke GmbH, Burghausen, D  
 CNR Compagnie Nationale du Rhône, Lyon, F  
 Degussa AG, Trostberg, D  
 Donaukraft, Wien, A  
 Draukraft, Klagenfurt, A  
 EAM Energie AG Mitteldeutschland, Kassel, D  
 EDF Electricité de France, Marseille, Mulhouse, St. Etienne, F  
 EnBW Energie Baden-Württemberg, Karlsruhe, D  
 e.on Wasserkraft GmbH, Landshut, D  
 ESB Electricity Supply Board, Ardnacrusha, IRL  
 Hidroelectrica S.A., Bukarest, RO  
 Industrielle Betriebe, Aarau, CH  
 LEW Lech Elektrizitätswerke AG, Augsburg, D  
 RADAG Rheinkraftwerk Albbbruck-Dogern AG, Albbbruck, D  
 RWE Energie AG, Essen, D  
 SAFE Salzburger AG für Energie, Salzburg, A  
 STEWEAG, Graz, A  
 Tauernkraft, Salzburg, A

VOIES NAVIGABLES  
 British Waterways, GB  
 Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, D  
 Rijkswaterstaat, Delft, NL  
 Voies Navigables de France, Services de Navigation Cambrai, Douai, Gamsheim, Saverne, Sarreguemines, F  
 Wasserstraßen-Neubauämter, Aschaffenburg, Hannover, Helmstedt, Magdeburg, Minden, Osnabrück, D  
 Wasser- und Schifffahrtsämter, Braunschweig, Bremen, Duisburg, Eberswalde, Freiburg, Magdeburg, Meppen, Minden, Nürnberg, Regensburg, Rheine, Schweinfurt, Stuttgart, Uelzen, D

PROTECTION CONTRE LES CRUES / AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES  
 DDE Bas-Rhin, Strasbourg, F  
 Harzwasserwerke GmbH, Hildesheim, D  
 Oberrheinagentur, Breisach, Lahr, D  
 Ruhrverband, Essen, D  
 Severn Trent Water, Birmingham, GB  
 Wupperverband, Wuppertal, D