

Canal pour infrastructures de câbles à haute tension



Photo: ZDB

Frank Dupré, Vice-Président ZDB (Fédération centrale allemande de construction), C. Dupré Bau GmbH & Co. KG

Le canal pour infrastructures (ISK) de câbles à haute tension est fabriqué en béton conformément au brevet n° 20 2004 011702.9. Le béton employé est principalement enrichi d'adjuvants, de sorte qu'il possède une conductivité thermique largement supérieure à celle du béton ordinaire. La conductivité thermique atteint au moins 3,0 W/(m K). En plus des adjuvants ayant une conductivité thermique élevée, on peut ajouter aux matériaux par exemple du graphite (naturel ou expansé), des nano-tuyaux-carbone, des matériaux à changement de phases (MPC) ou de l'antracite.

Les adjuvants ne doivent pas uniquement assurer une meilleure conductivité thermique du canal pour infrastructures dans le sol environnant, mais aussi l'activation plus rapide des matériaux à changement de phases proposés en plus comme matériaux adjuvants pouvant stocker d'importantes quantités de chaleur.

Un tel canal souterrain pour infrastructures offre, en principe, en plus de la bonne conductivité thermique du canal au sol environnant (sans pour autant le dessécher!), la possibilité de refroidir les câbles à haute tension installés à l'intérieur, c'est-à-dire de permettre l'évacuation des pertes de chaleur au moyen par exemple d'une circulation d'air. Ceci peut être réalisé si des prises d'air

et des bouches de ventilation sont prévues à proximité et à un certain intervalle. Dans ce cas, des colonnes d'air se trouvant l'une en face de l'autre, dans respectivement deux bouches de ventilation, garantissent que toute la colonne d'air sera mise en circulation dans le canal; ceci est possible grâce à la différence de densité de l'air en fonction de la température, de sorte qu'il se produit une convection naturelle. Les bouches de ventilation se trouvent à un niveau plus élevé que les prises d'air, ce qui renforce la convection naturelle. Toutefois, l'efficacité des modes de refroidissement par air spécifié dépend de la température de l'air extérieur amené dans le canal. Cette efficacité est donc nettement plus faible en été qu'en hiver – ou peut même s'avérer négative, si l'humidité de l'air est forte.

Lors de la fabrication du canal pour infrastructures, une fouille dont la largeur dépasse largement le diamètre extérieur du canal est exécutée, car il faut prévoir des espaces de travail suffisants des deux côtés. Ces derniers peuvent être utilisés avant le remblayage de la fouille pour y installer des tuyaux, de préférence en béton, en matière plastique, en cuivre ou en acier, respectivement en acier inoxydable. Ces tuyaux doivent servir d'échangeurs de chaleur air/terre et doivent donc avoir une section suffisante pour assurer la circulation de l'air requise.



Des raccordements transversaux avec des pièces de tuyaux reliant ces tuyaux et le canal pour infrastructures, d'une part, et entre ces tuyaux et la surface de la fouille d'autre part, sont posés de sorte que l'échange d'air puisse se produire entre ces tuyaux et le canal pour infrastructures, respectivement entre ces tuyaux et l'environnement. Ces tuyaux sont posés les uns par rapport aux autres et par rapport au canal pour infrastructures à un intervalle suffisant, c'est-à-dire, si possible, isolés dans la section du talus, respectivement par rapport au canal pour infrastructures.

Les tuyaux peuvent être posés soit

- a) directement dans le sol à nouveau remblayé ou
- b) dans l'un des sols fluides utilisés pour le remblayage de la fouille ou
- c) à l'intérieur des parois en béton.

Les tuyaux peuvent être posés dans les parois en béton ainsi que dans tous les autres creux.



L'espace de travail autour du canal pour infrastructures peut être rempli de préférence avec du sol rendu temporairement

fluide, produit par adjonction de chaux, de ciment, d'eau et d'additifs accélérant la plastification, issus des matériaux extraits et chargés par exemple de graphite, de nanotuyaux-carbone, de matériaux à changement de phases ou d'anthracite pour accélérer le transport calorifique dans le sol autour du canal pour infrastructures. Chaque additif à haute conductivité thermique peut être pris en considération. Par ailleurs, le remblayage homogène des fouilles avec du sol rendu temporairement fluide permet un remplissage optimal du canal pour infrastructures et des échangeurs de chaleur air/terre. De surcroît, les étapes de construction intermédiaires critiques peuvent être évitées et une exécution rapide des travaux ainsi que la stabilisation supplémentaire du système statique peuvent être assurées.

Plusieurs échangeurs de chaleur air/terre peuvent être montés dans l'espace de travail. Ces échangeurs de chaleur air/terre permettent d'une part de réaliser le refroidissement préliminaire de l'air extérieur aspiré dans le canal pour infrastructures de manière convective ou mécanique et d'autre part, si les températures extérieures sont basses, de réaliser l'activation thermique du sol environnant comme réserve de refroidissement supplémentaire pour les états de charge respectifs.

Pour la ventilation mécanique en hiver, on peut décider que l'air extérieur froid, d'une température par exemple inférieure à +5°, soit soufflé directement dans le canal pour infrastructures, que l'échangeur de chaleur air/terre soit aussi utilisé mécaniquement uniquement pour le refroidissement du sol ou enfin, que la ventilation convective pour chauffer l'air de refroidissement du canal de quelques degrés prenne en compte le refroidissement du sol environnant. En été pour la

convection, on peut tout d'abord aspirer de l'air dans l'échangeur de chaleur air/terre et ensuite le souffler dans le canal pour infrastructures. Dans des conditions extrêmes, c'est-à-dire si les températures de l'air sont élevées, l'air extérieur aspiré est tout d'abord conduit à travers les conduites de l'échangeur de chaleur air/terre. Il subit donc un refroidissement préliminaire. Ensuite, il est conduit vers le canal pour infrastructures. On peut également concevoir d'utiliser le canal pour infrastructures comme échangeur de chaleur air/terre en prévoyant, par exemple, des ventilateurs adéquats à l'intérieur dudit canal.

La préparation du sol de fondation est réalisée par la solidification du sol avec un mélange de ciment et de chaux, auquel on peut ajouter par exemple du graphite (naturel ou expansé), des nano-tuyaux-carbone, des matériaux à changement de phases ou de l'anthracite pour l'amélioration de la conductivité thermique. En plus de l'échangeur de

chaleur air/terre dans le sens de la longueur, un échangeur de chaleur air/terre en forme de demi-cercle est relié au canal, au-des-

sus du câble le plus élevé et en dessous du câble inférieur. Avant l'accès au canal pour infrastructures sur la partie inférieure, le rétrécissement du tuyau en fibrociment, par le soi-disant effet de Venturi, permet d'aspirer de l'eau ce qui provoque en plus un refroidissement par évaporation d'eau et renforce en même temps les forces ascensionnelles de la cheminée.

L'air amené dans le canal pour infrastructures par l'échangeur de chaleur air/terre dans le sens de la longueur sera à nouveau dégagé. Il est possible de mettre une turbine à courant ascensionnel en place au pied de la cheminée dont l'énergie permet la mise en marche mécanique ou électrique d'une turbine d'entraînement d'air dans l'échangeur de chaleur air/terre pour renforcer l'effet de refroidissement du système de ventilation.

Par ailleurs, l'effet de la convection naturelle dans le canal pour infrastructures se produit par la cheminée, dans laquelle se trouve une colonne d'air chaud. L'effet devient plus fort en fonction de la hauteur de la cheminée. La convection assure un meilleur refroidissement des câbles, même sans ventilation forcée.

En exploitation normale, mais en particulier en cas de charge très élevée ou de surcharge ainsi que pour les périodes de prix d'électricité bas, une ventilation forcée peut être mise en œuvre par un système de conducteur d'induction mis en place dans le canal pour infrastructures parallèlement aux câbles à haute tension permettant ainsi de retirer de l'énergie électrique aux systèmes de câbles à haute tension. De ce fait, le système de refroidissement ne dépend plus de l'alimentation externe du canal pour infrastructures. Par exemple, la totalité du système du canal peut être activée thermiquement la nuit,



chaleur air/terre dans le sens de la longueur, un échangeur de chaleur air/terre en forme de demi-cercle est relié au canal, au-des-

lorsque la température environnante baisse, en amenant de l'air froid dans les conduites du canal et/ou dans les autres échangeurs de chaleur air/terre et ceci, avec de l'électricité de nuit au prix plus intéressant.

En cas d'utilisation de matériaux à changement de phases, ces derniers sont également activés thermiquement. Ces matériaux transmettent l'énergie calorifique qui y est stockée dans l'environnement et modifient en même temps l'état d'agrégation qui se solidifie. Pendant le jour et quand les températures environnantes ou de l'air sont relativement élevées, une conflagration forcée n'est pas nécessaire, car il fait suffisamment froid dans le système du canal pour compenser

les températures élevées – même suite aux pertes de puissance dans les câbles électriques. Si les températures sont élevées, les matériaux à changement de phases absorbent une partie de la chaleur en modifiant l'état d'agrégation pour devenir fluide.

Les tuyaux de refroidissement, par exemple en béton, en matière plastique, en cuivre ou en acier inoxydable peuvent évidemment aussi être mis en place dans un espace de travail thermo-activé. Si, toutefois, un refroidissement supplémentaire s'avère nécessaire, des sondes ordinaires de détection de la chaleur du sol pourraient être utilisées dans l'espace de travail. Ce qui permet, en outre, de récupérer la chaleur.

The Creative Factory



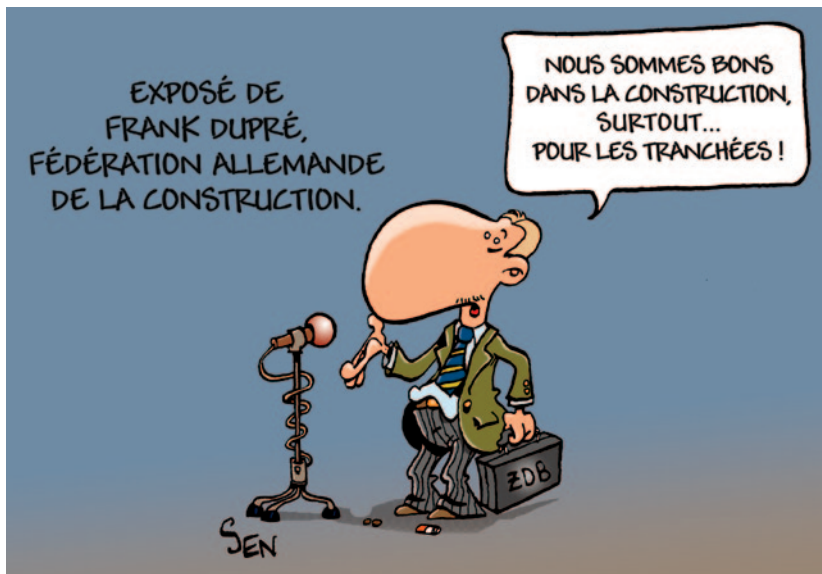
**DÉFENDONS
LES BONNES IDÉES**

**PRODUIRE DES ÉCO-ÉNERGIES,
C'EST VOUS DONNER LE CHOIX
DE CONSOMMER AUTREMENT.**

Chez Romande Energie, nous nous engageons à développer la production d'électricité reposant sur les nouvelles énergies renouvelables. Nos équipes travaillent sur un portefeuille de projets de CHF 570 millions dans l'éolien, la biomasse, le solaire, la petite hydraulique et la géothermie. Pour préserver l'environnement, diminuer les coûts de production et rendre l'énergie produite plus accessible, nous investissons localement et privilégions les grandes installations, comme la centrale biomasse Enerbois à Rueyres et le parc solaire de plus de 15 000 m² en cours d'installation sur les toits de l'EPFL. Ainsi notre large gamme d'éco-énergies vous permet de choisir librement le niveau de votre engagement, dès CHF 1.- / mois HT.

www.romande-energie.ch





L'échangeur de chaleur air/terre d'un diamètre intérieur d'env. 60 cm est enrobé de béton et est installé dans la partie inférieure respectivement en-dessous de l'espace de travail à une distance d'environ 20 cm du canal pour infrastructures. Il est remblayé par du sol rendu temporairement fluide et d'une isolation thermique composée par exemple de gravier, sur lequel est disposé un géotextile. Le cas échéant, une isolation thermique sera appliquée sur les deux échangeurs de chaleur air/terre dans l'espace de travail d'un diamètre d'environ 40 cm. En outre, dans les pays chauds, une isolation thermique peut également être mise en place au-dessus du canal pour infrastructures.

Pour l'emplacement des lignes électriques à l'intérieur du canal pour infrastructures, des consoles, par exemple en béton, respectivement en béton à polymères, peuvent être prévues pour la pose et la fixation des câbles électriques, de sorte qu'en cas de court-circuit tout arrachage de câbles des consoles puisse être évité. Une armature peut également être ajoutée aux consoles, de sorte

que les fibres supplémentaires en matière plastique ou en métal assurent une solidité accrue.

Avantages des lignes souterraines par rapport aux lignes aériennes:

- Pas de coûts d'impact sur la nature et le paysage.
- Coûts supplémentaires minimes pour l'acquisition de terrains et de droits.
- Diminue fortement les frais de procédure (autorisation, procédure d'expropriation et d'action en justice).
- Permet d'éviter des dommages économiques dus aux pertes de temps occasionnées par la longueur des procédures.
- Prévention de toute perturbation de la sécurité d'approvisionnement par une extension du réseau conforme à la planification.
- Pas de pertes par les mises à l'arrêt fréquentes des éoliennes.
- Pas de pertes de valeur des terrains limitrophes.
- Prévention de la fonction de perturbation et de découpage écologique ayant, entre autres, des répercussions négatives sur la biodiversité.
- Protection des oiseaux.

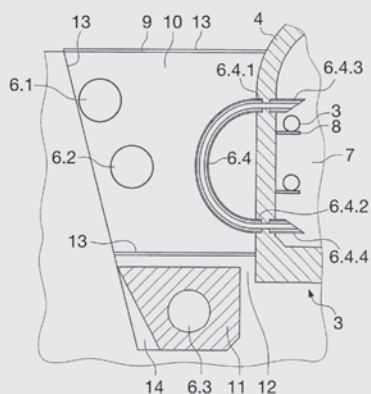
En outre, les atouts suivants existent par rapport aux câbles souterrains:

- Pose simple et sans problème.
- Protection mécanique des câbles idéale et donc disponibilité accrue.
- Mise à niveau possible, par exemple:
 - pose ou remplacement ultérieur (Retrofitting) des systèmes de câbles
 - innovations ultérieures; par exemple supraconducteurs ou câble à courant continu à haute tension.
 - par exemple durcissement des câbles par une mise à niveau avec système de ventilation ou de refroidissement,

respectivement par un renforcement ultérieur de ces systèmes.

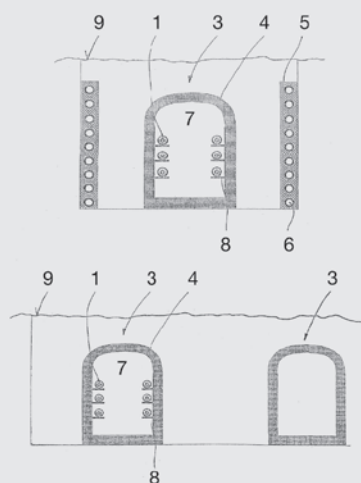
- Utilisation multiple de différents systèmes (tous les moyens pour l'approvisionnement et l'élimination des déchets).
- Recherche rapide des défauts et réparation des câbles et donc une plus grande disponibilité.
- Réparations/entretien simples et rapides sans travaux de terrassement, sans détérioration du sol, etc.
- Les câbles supplémentaires, par exemple pour la compensation du champ magnétique peuvent être facilement posés.
- Contrôle des températures facile à réaliser (système avec avertissement en cas de surcharge et de pronostic de capacité de charge).
- Réserves de puissance plus élevées/capacité de surcharge.
- Pertes de transmission réduites par rapport à la pose directe en terre en raison des faibles températures des câbles dans le canal pour infrastructures.
- Augmentation de la capacité de passage et/ou réduction des pertes de puissance à des périodes de charges importantes par une préactivation thermique du système.
- Pas de charge thermique importante du sol – pas de dessèchement du sol, c'est-à-dire des économies de stabilisation thermique du caniveau des câbles.
- Utilisation complète des voies au-dessus du canal pour infrastructures.
- Blindage, même par sections, facile à réaliser.
- Utilisation de câbles slim (fins) plus pratiques, car: ces câbles sont protégés, plus accessibles et résistants.
- Simple Cross-Bonding (ou mise à la terre unilatérale du blindage), même pour les systèmes à quatre conducteurs (système à courant triphasé à conducteurs redondants) et pour les systèmes bipolaires.
- Disposition intéressante pour les systèmes de câbles bipolaires.
- Pas de perturbations causées par des fouilles sur la chaussée ou sur les trottoirs.
- Minimisation de la longueur du tracé.
- Pose du câble indépendamment des travaux de construction.
- Réparation simple et rapide et, si nécessaire, remplacement des câbles.
- Influences thermiques, respectivement électromagnétiques minimales dans les zones d'habitation.
- Redondance considérable, même si uniquement un faisceau de câbles a été posé (car le câble d'un système de canal pour infrastructures peut être surchargé en raison des réserves thermiques). Nous vous rappelons que les réparations peuvent être effectuées très rapidement.
- L'emploi de câbles à conducteur en aluminium dépendant de l'évolution des prix des matières premières est plus judicieux que par ex. pour les câbles en pose directe en terre.
- Réduction considérable de la largeur du tracé en comparaison avec la pose directe en terre.
- Augmentation de la durée de vie.
- Récupération de la chaleur résiduelle.

Concrètement, on peut atteindre au minimum une réduction de 10 % des pertes de transit et une prolongation de 20 % de la durée de vie d'une installation de câbles. Ainsi les câbles à haute tension sont devenus concurrentiels par rapport aux lignes aériennes, de sorte que des potentiels écologiques et de durabilité peuvent être générés. A l'heure actuelle, des débats portant sur un tronçon-type ont lieu.

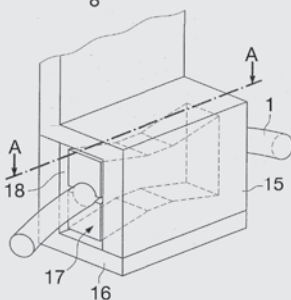


Esquisse du canal pour infrastructures (ISK)

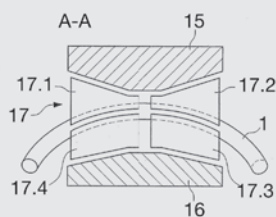
- 1 câble électrique
- 3 canal pour infrastructure (ISK)
- 4 paroi du canal pour infrastructure
- 5 corps
- 6 tuyau
- 7 intérieur du canal
- 8 support
- 9 niveau du terrain



- 1 câble électrique
- 4 paroi du canal pour infrastructure
- 6, 6.1, 6.2 tuyau
- 6.3, 6.4 tuyau
- 6.4.1 extrémité supérieure du coude
- 6.4.2 extrémité inférieure du coude
- 6.4.3 support supérieur du tuyau
- 6.4.4 support inférieur du tuyau
- 7 intérieur du canal
- 8 support
- 9 niveau du terrain
- 10 fouille
- 11 béton d'enrobage du tuyau
- 12 espace de travail
- 13 géotextile
- 14 remplissage avec du gravier



- 15, 16 console
- 17 introduction du câble
- 17.1, 17.2 pièce spéciale
- 17.3, 17.4 pièce spéciale
- 18 cavité



- 15, 16 console
- 17 introduction du câble
- 17.1, 17.2 pièce spéciale
- 17.3, 17.4 pièce spéciale
- 18 cavité