
Méthode d'essai

LR-N/Gr-VHG N° 17
Version 1 dec 1994

Service Hivernal

Les stations automatiques de recueil de données atmosphériques et routières

Essai d'un capteur de profondeur de gel dans une structure de chaussée

Analyse : Cet essai est destinée à déterminer l'erreur de la mesure de la position de l'isotherme 0°C (ou front de gel) donné par un capteur implanté dans une structure de chaussée.

Référence : NF P 98-205-1

-Essai relatif aux chaussées.

-Mesures des effets du gel

-Partie 1 Détermination de la profondeur de gel avec un indicateur coloré.

Modifications

Corrections

Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées
71, rue de la Grande Haie
Boîte Postale 8
54510 TOMBLAINE

Unité Viabilité Hivernale, Gel

1) Principe de la méthode

Déterminer la précision de la position de l'isotherme à °C donnée par un capteur de profondeur de gel implanté dans le corps de la chaussée et soumis à un cycle de gel et de dégel.

2) Moyens d'essai

2.1) Dispositifs d'essai
Annexes A1 et G

2.2) Dispositifs de mesures
Annexes C1, C5 et C7

3) Condition d'installation du matériel

Le capteur de profondeur de gel est testé dans un dispositif d'essai spécifique décrit en annexe G simulant une structure de chaussée.

L'ensemble est disposé dans le volume utile du caisson climatique dont les conditions thermiques sont contrôlées par une sonde de température disposée dans un abri météorologique BMO 1161 A.

Le matériau constituant la chaussée est un sable silico calcaire de granularité 0/5 mm à une teneur en eau de $4\% \pm 1\%$, et porté à une densité de $1700 \text{ kg/m}^3 \pm 300 \text{ kg}$.

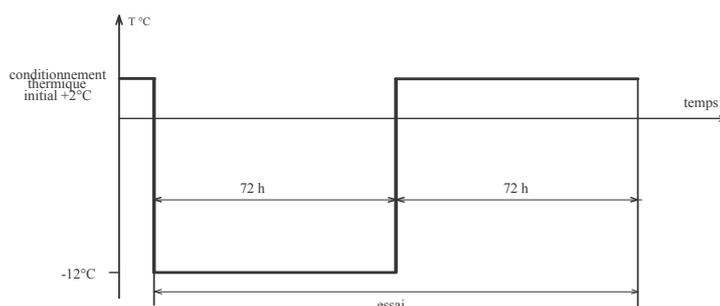
Les chaînes de mesure (horloge et séquençement) du référentiel et du capteur à tester sont mises en concordance.

4) Epreuve

4.1) Conditions thermiques

La température initiale du dispositif d'essai (capteur et appareillage spécifique) est de $+2^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$.

La température appliquée à la surface du massif de la chaussée est la suivante



4.2) Conventions

La profondeur de gel est assimilée à la position de l'isotherme 0°C

La profondeur de gel donnée par le référentiel est déterminée par interpolation linéaire entre les sondes du dispositif.

4.3) Mode opératoire

4.3.1) Conditionnement thermique initial

Disposer le capteur à tester dans l'appareillage spécifique décrit en annexe G en respectant les consignes définies par le constructeur.

L'appareillage spécifique sans son isolation latérale est disposé dans le caisson climatique et porté à + 2°C.

Lorsque l'appareillage et le capteur à tester sont isothermes, isoler latéralement l'appareillage et mettre en place le piston de refroidissement.

4.3.2) Essai

Mettre en concordance les horloges du dispositif d'essai et du dispositif à tester

Porter la température du piston de refroidissement à - 12 °C ± 0,5 °C.

Enregistrer à une cadence de 12 minutes les températures délivrées par le référentiel et la profondeur de gel donnée par le capteur à tester.

Après 72 heures à température négative, porter la température du piston de refroidissement à + 2 °C ± 0,5 °C en moins de 2 heures.

Poursuivre l'enregistrement dans les mêmes conditions.

5) Expression des résultats

On détermine la position du front de gel de référence à partir de l'expression suivante:

$$X_i \text{ de l'isotherme } 0^\circ\text{C} = T_i \left(\frac{\Delta H}{\Delta T} \right) + H_i \text{ (en cm)}$$

ou ΔT est l'écart de température encadrant 0 °C (T_i, T_{i+1})

ΔH la différence de profondeur des deux sondes de température correspondantes

(H_i, H_{i+1})

T_i et H_i la température et la cote de la sonde la plus proche de la surface

La différence entre les valeurs de profondeur de gel données par le référentiel et le dispositif testé constitue la collection des écarts observés.

Nota: La phase de dégel du massif entraîne l'apparition de deux fronts de gel dans la structure.

- Cette collection comporte 1080 valeurs (individus).
 - *360 valeurs pour la phase de gel.
 - *720 valeurs pour la phase de dégel.

6) Procès verbal d'essai

Le Procès-Verbal d'essai doit faire référence à la présente méthode d'essai et comporter :

- la référence du capteur (n°, type, série),
- les tableaux de résultats sur lesquels figurent :
 - * les éléments de contrôle du régime permanent,
 - * l'ensemble des valeurs de température de profondeur de gel de références calculées
- les incidents susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

Exemple de présentation des résultats

Température d'essai	Nombre de valeurs	Erreur absolue moyenne	Maxi	Mini

ANNEXE A

Dispositifs d'essai

A1 CAISSONS CLIMATIQUES ET ASSERVISSEMENT

1) Caractéristiques générales :

Le dispositif d'essai comporte deux caissons climatiques, précédés d'un sas d'entrée, réfrigérés et régulés de façon indépendante.

1.1 Volume

- caisson d'essai 48 m³
- sas 36 m³

1.2 Volume utile

Volume interne défini par une enveloppe fictive écartée des parois de :

- 0,50 m des murs et du sol,
- 0,90 m du plafond.

1.3 Etendue de fonctionnement en température

- 35°C à + 35°C

1.4 Classe de précision

Classe C suivant X 15-016 de mai 1975.

2) Régulation - asservissement

2.1 Régulation des températures en régime permanent

Assurée par les régulateurs "double PID" (Eurotherm "818.S" et sondes Pt 100 ohms).

2.2 Régulation des températures en régime transitoire

Asservie par micro-ordinateur via RS 232 des Eurotherm.

ANNEXE C

Dispositifs de mesure

C1 TEMPERATURE ATMOSPHERIQUE (Ta)

C.1.1 - Sondes thermométriques à résistance de platine :

Pt 100 Ω à 0°C

- * montage 4 fils, chemisée acier inox,
- * classe de tolérance suivant CEI - 751 classe A à ventilation naturelle.

C.1.2 - Abri météo :

- * abri réduit
type : BMO 1161 A
- * abri miniature
type : BMO 1167 A.

C5 CHAINE DE MESURE ET D'ACQUISITION

C.5.1. - La valeur des divers paramètres est acquise séquentiellement par une centrale de mesure permettant un traitement simultané et différé sur calculateur.

Les caractéristiques essentielles sont :

- cadence de mesure : 7, 20, 100 mesures/s
- étendue des mesures : - 220°C à + 250°C
- précision à 7 mesures : $\pm (0,4 \% + 5UR1)$
- coefficient de température : $(0,002 \% + 0,01^\circ\text{C})^\circ\text{C}$
- reproductibilité entre 2 voies : $< (0,05^\circ\text{C} + 1UR)^*$

* 1 UR : unité de représentation selon la publication CEI 485, soit écart minimum entre deux valeurs affichées.

C.5.2. - Cette centrale est jumelée à un calculateur avec 512 KO de RAM et 40 Mo de mémoire disque.

C7 CRYOTHERMOSTAT

La régulation et la circulation du fluide frigorigène à l'intérieur du piston de congélation est assuré par un cryothermostat *HUBER HS55 ref 85426*.

les caractéristiques essentielles sont:

- Compresseur refroidi par air
- règlage de la température entre -55°C et $+100^{\circ}\text{C}$
- bain thermostaté de 22 l
- puissance de chauffage :3000 W
- puissance cryogénique à 0°C : 3300 W
- pompe refoulante 18 l/min
- régulation de la température à $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$

ANNEXE G

Dispositif d'essai

<p style="text-align: center;">APPAREILLAGE SPECIFIQUE POUR LA DETERMINATION DE LA PROFONDEUR DE GEL</p>

Description de l'appareillage (voir fig 1)

L'appareillage spécifique est constitué :

- d'un tube PVC (1) alvéolé \varnothing 315 mm épaisseur 10 mm et d'une longueur de 1,20 m reposant sur une semelle PVC 0,50 m * 0,50 m épaisseur 20 mm (10).
- de sondes Pt 100 ohms (5) de classe A suivant NF C 42-330 disposées à intervalles réguliers. La disposition de ces sondes est indiquée fig 2.
- d'un piston de refroidissement (6) \varnothing 250mm muni d'un circuit d'entrée et de deux circuits de sortie permettant la congélation du sol contenu dans le cylindre à partir d'une de ses bases. Ce piston est isolé latéralement et sur le dessus à l'aide de caoutchouc mousse (9).
- d'une isolation latérale (3) constituée de deux demi coquilles de polystyrène (40kg/m³) de 50 mm d'épaisseur.
- d'un matériau sableux (2) de granularité 0/5 mm humidifié à 4 % constituant la structure de chaussée. La compacité des couches est obtenue par le biais du poids du matériau mis en place et de la mesure de la hauteur de la couche.
- d'un cryothermostat (8) qui assure la régulation du fluide caloporteur et sa circulation (7) à l'intérieur du piston de réfrigération.

NOTA : Le capteur à tester (simulé en 4) est noyé verticalement dans le matériau constituant la structure de chaussée dans l'axe du tube PVC .

**VUE D'ENSEMBLE DE L'APPAREILLAGE POUR LA DETERMINATION
DE LA PROFONDEUR DE GEL.**

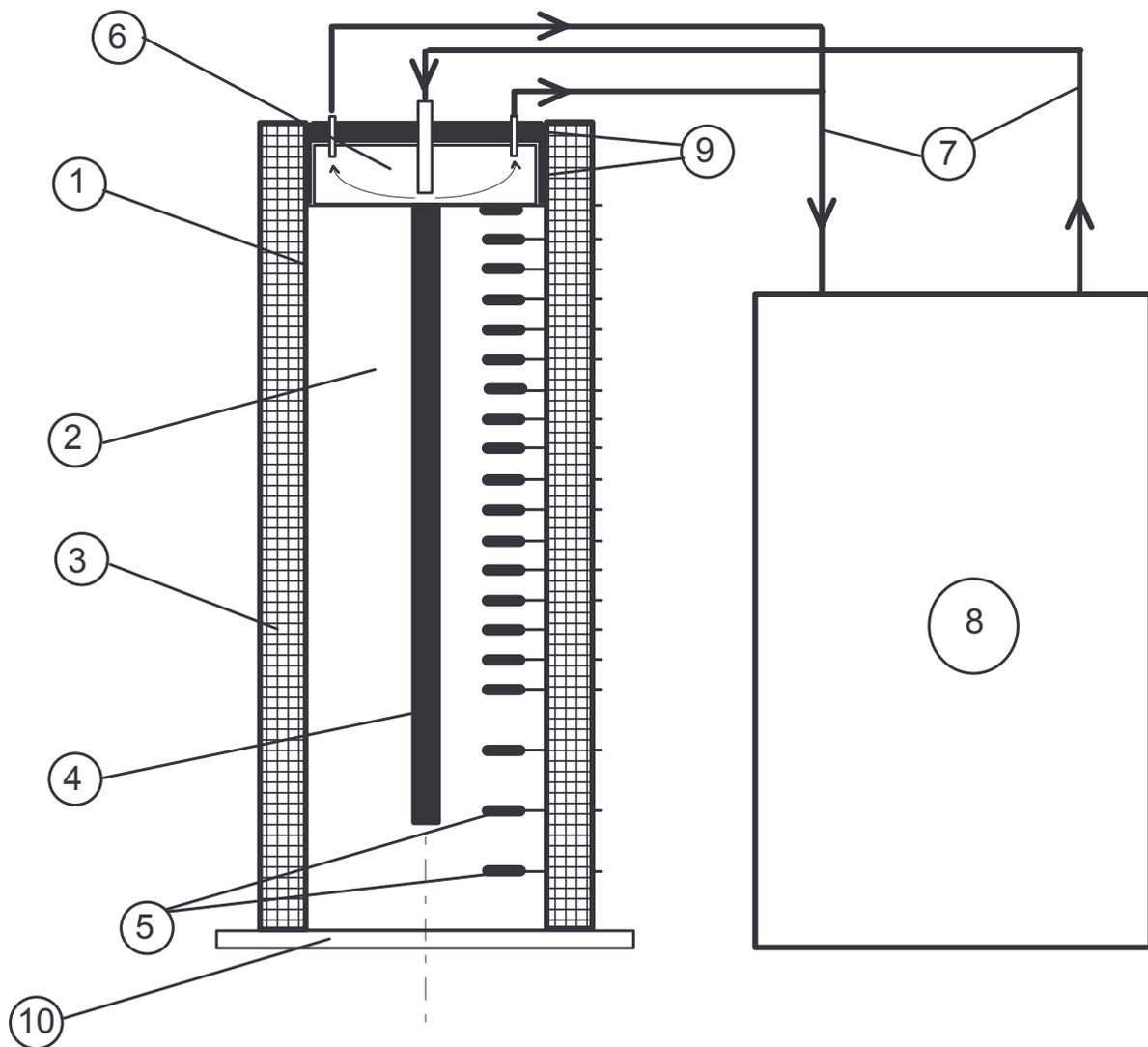
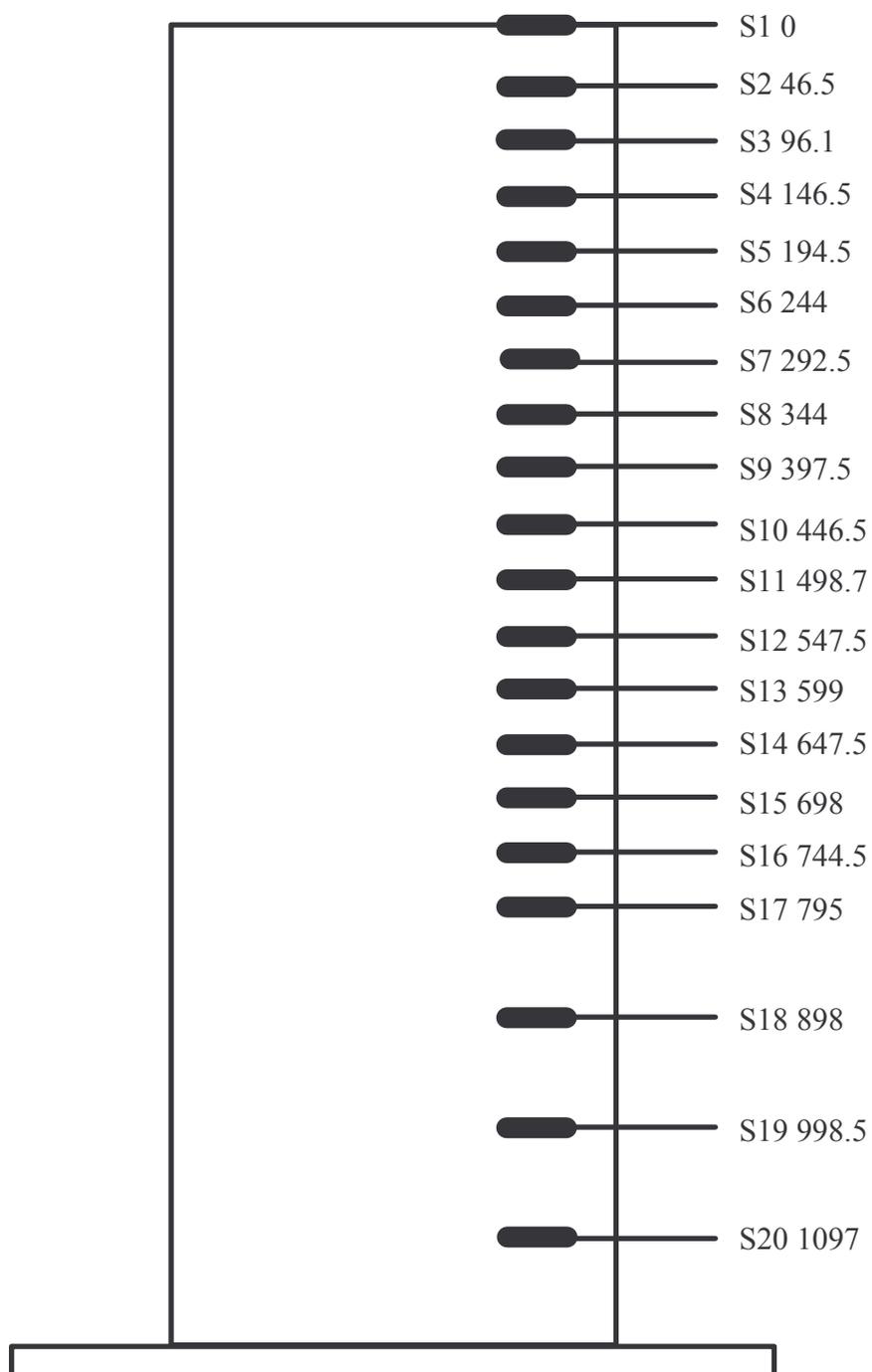


Fig 1

POSITIONNEMENT DES REFERENTIELS**Fig 2**