

---

# Méthode d'essai

**LR-N/Gr-VHG n°10**  
**Version 1 mars 1994**

---

Service Hivernal

**Les stations automatiques de recueil de données atmosphériques et routières**

**Essai d'un capteur de température de congélation (Tc)**

---

**Analyse :** Cet essai est destiné à déterminer la classe d'exactitude d'un capteur de température de congélation implanté dans un revêtement routier.

Cette détermination est réalisée en régime permanent, pour trois fondants routiers en solutions aqueuses à divers titres massiques.

---

**Référence :** Cahier des charges d'homologation des stations routières des systèmes d'aide à la décision pour le service hivernal. Projet de note technique provisoire. Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières SETRA/CSTR.

---

Modifications

Corrections

---

## 1) Principe de la méthode

Déterminer la classe d'exactitude d'un capteur de température de congélation (Tc) de solutions aqueuses présentes sur une surface routière.

## 2) Moyens d'essai :

### 2.1) Dispositifs d'essai

Annexes A1 A3

### 2.2) Dispositifs de mesure

Annexes C2 C4 C5

## 3) Conditions d'installation du matériel

3.1) Montage des capteurs routiers dans les planches de bétons bitumineux à la charge de l'entreprise.

### 3.2) Implantation des sondes de référence

Deux dispositifs de mesure sont mis en oeuvre :

- un ensemble de trois sondes Pt 100 ohms étalonnées, équipe la planche d'essai,

\* noyées et collées à mi-épaisseur, en surface du revêtement,

\* disposées sur la planche de béton bitumineux recevant le capteur de chaussée à tester à une distance comprise entre 40 mm et 120 mm de ce dernier, et à plus de 50 mm des bords de la planche de béton bitumineux.

- une sonde "timbre" Pt 100 ohms à 0°C étalonnée, collée sur la partie active (zone de mesure) du capteur,

- les chaînes de mesure (horloges et séquençement) du référentiel et du capteur à tester sont mises en concordance.

## 4) Epreuve

### 4.1) Régimes thermiques

Les capteurs sont testés en régime permanent aux trois températures suivantes :

- + 2°C    ± 1°C
- 5°C    ± 1°C
- 10°C   ± 1°C

#### 4.2) Convention

- Le régime est dit permanent dès lors que les valeurs avant et après essais ne diffèrent pas de plus de 0,2°C.

#### 4.3) Solutions et titres massiques

Les solutions aqueuses répandues sur le capteur de chaussée sont :

- Le chlorure de sodium (NaCl)
- Le chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>)
- Le chlorure de magnésium (MgCl<sub>2</sub>)

Les titres massiques de ces solutions aqueuses sont fonction des divers niveaux de température :

Températures d'essai	titres massiques testés
+ 2°C	4, 8, 12, 16 et 20 % ±2 points
- 5°C	12, 16 et 20 % ±2 points
- 10°C	16 et 20 % ±2 points

#### 4.4) Mode opératoire :

- Régler les températures du caisson climatique et de la table de conditionnement thermique à la même valeur de consigne.
- Stabiliser les dispositifs d'essai et des solutions étalons à la valeur de consigne durant 24 heures.
- Enregistrer les températures de surface de référence à une cadence de 6 minutes durant 60 minutes.
- Déposer sur la surface du béton bitumineux dans lequel est scellé le capteur à tester, un volume de solution aqueuse correspondant à une pellicule de 0,2 à 0,5 mm d'épaisseur.

- Enregistrer les températures de congélation données par le dispositif testé durant 48 minutes.
- Après essai, laver le capteur avec de l'eau déminéralisée à 20°C et le sécher à l'air comprimé.
- Ce mode opératoire est répété pour les trois types de fondants et les trois niveaux de température.

NOTA :

- \* Quand le système testé, prévoit par construction un recalibrage pour chaque type de fondant, il est procédé à cette opération en cours d'essai.

### 5) Calculs, expression des résultats

- La première valeur de température de congélation est prise en compte 12 minutes après le dépôt de la solution testée.
- Les trois premières valeurs successives, prises dans un délai de 48 minutes maximum après dépôt, sont retenues et comparées à la température de congélation de référence de la solution testée.
- On détermine l'erreur absolue de mesure pour chaque valeur:

$$\begin{array}{l} \Delta T_c \quad = \quad T_c \text{ capteur} \quad - \quad T_c \text{ solution étalon} \\ \text{erreur absolue} \quad = \quad \text{résultat de mesurage} \quad - \quad \begin{array}{l} \text{valeur de comparaison} \\ \text{conventionnellement vraie} \end{array} \end{array}$$

et l'erreur absolue moyenne (sur les trois valeurs calculées précédemment).

- Dans le cas d'une absence de valeur, l'erreur absolue moyenne est dite indéterminée.
- Ce calcul est repris pour chaque température et chaque solution testée.

NOTA :

Cette collection de résultats comporte :

- \* 30 valeurs (individus)

## 6) Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit faire référence à la présente méthode d'essai et comporter :

- la référence du capteur (N°, type, série),
- les tableaux de résultats (exemple de présentation page 11) sur lesquels figurent :
  - \* les éléments de contrôle du régime permanent,
  - \* l'ensemble des valeurs acquises.
- les incidents susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

## Exemple de feuille de mesure .

### LE CAPTEUR DE TEMPERATURE DE CONGELATION (Tc)

#### ESSAI 1 : TEMPERATURE DE CONGELATION NaCl A +2°C

<b>NaCl à 4%</b>			T cong	Ts ref	T cong ref	Err.abs.	Er.abs.moy
Date	Heure	Dépot NaCl					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-1.82	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-1.82	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-1.82	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm						
<b>NaCl à 8%</b>							
jj.mm.aaaa	hh:mm	Dépot NaCl					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-4.28	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-4.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-4.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm						
<b>NaCl à 12%</b>							
jj.mm.aaaa	hh:mm	Dépot NaCl					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-7.69	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm						
<b>NaCl à 16%</b>							
jj.mm.aaaa	hh:mm	Dépot NaCl					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-12.28	valeur	***1
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur		-12.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm		****2		-12.28	****	
jj.mm.aaaa	hh:mm						
jj.mm.aaaa	hh:mm						

<sup>1</sup>Indéterminé

<sup>2</sup>Absence de valeur

**ESSAI 1 : TEMPERATURE DE CONGELATION NaCl A +2°C**

NaCl à 20%		Dépot NaCl	valeur	-20.2	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					

## Exemple de feuille de mesure .

### LE CAPTEUR DE TEMPERATURE DE CONGELATION (Tc)

#### ESSAI 2 : TEMPERATURE DE CONGELATION CaCl2 A +2°C

CaCl2 à 4%		T cong	Ts ref	T cong ref	Err.abs.	Er.abs.moy
Date	Heure	Dépot CaCl2				
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-1.82	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-1.82	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-1.82	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
CaCl2 à 8%		Dépot CaCl2				
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-4.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-4.28	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-4.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
CaCl2 à 12%		Dépot CaCl2				
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-7.69	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
CaCl2 à 16%		Dépot CaCl2				
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-12.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-12.28	valeur	***3
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	****4		-12.28	****	
jj.mm.aaaa	hh:mm					

<sup>3</sup>Indéterminé

<sup>4</sup>Absence de valeur

## ESSAI 2 : TEMPERATURE DE CONGELATION CaCl<sub>2</sub> 2 A +2°C

### CaCl<sub>2</sub> à 20%

jj.mm.aaaa	hh:mm

Dépot CaCl<sub>2</sub>

valeur
valeur
valeur

-20.2

-20.2

-20.2

valeur
valeur
valeur

Er.Ab.Mo.

## Exemple de feuille de mesure .

### LE CAPTEUR DE TEMPERATURE DE CONGELATION (Tc)

#### ESSAI 3 : TEMPERATURE DE CONGELATION MgCl2 A +2°C

<b>MgCl2 à 4%</b>		T cong	Ts ref	T cong ref	Err.abs.	Er.abs.moy
Date	Heure	Dépot CaCl2				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-1.82	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-1.82	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-1.82	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
<b>MgCl2 à 8%</b>		Dépot CaCl2				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-4.28	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-4.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-4.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
<b>MgCl2 à 12%</b>		Dépot CaCl2				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-7.69	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
<b>MgCl2 à 16%</b>		Dépot CaCl2				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-12.28	valeur	***5
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur		-12.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm	****6		-12.28	****	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					

<sup>5</sup>Indéterminé

<sup>6</sup>Absence de valeur

### ESSAI 3 : TEMPERATURE DE CONGELATION MgCl2 A +2°C

MgCl2 à 20%	
-------------	--

jj.mm.aaaa	hh:mm

Dépot CaCl2

valeur
valeur
valeur

-20.2

valeur
valeur
valeur

-20.2

-20.2

Er.Ab.Mo.

## Exemple de feuille de mesure .

### LE CAPTEUR DE TEMPERATURE DE CONGELATION (Tc)

#### ESSAI 4 : TEMPERATURE DE CONGELATION NaCl A -5°C

<b>NaCl à 12%</b>		Dépot NaCl	valeur	-7.69	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					

<b>NaCl à 16%</b>		Dépot NaCl	valeur	-12.28	valeur	***7
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-12.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-12.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		****8	-12.28	****	
jj.mm.aaaa	hh:mm					

<b>NaCl à 20%</b>		Dépot NaCl	valeur	-20.2	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm					

<sup>7</sup>Indéterminé

<sup>8</sup>Absence de valeur

## Exemple de feuille de mesure .

### LE CAPTEUR DE TEMPERATURE DE CONGELATION (Tc)

#### ESSAI 5 : TEMPERATURE DE CONGELATION CaCl2 A -5°C

CaCl2 à 12%		Dépot CaCl2			
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-7.69	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm				
CaCl2 à 16%		Dépot CaCl2			
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-12.28	valeur	***9
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-12.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	****10	-12.28	****	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm				
CaCl2 à 20%		Dépot CaCl2			
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-20.2	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm				

<sup>9</sup>Indéterminé

<sup>10</sup>Absence de valeur

## Exemple de feuille de mesure .

### LE CAPTEUR DE TEMPERATURE DE CONGELATION (Tc)

#### ESSAI 6 : TEMPERATURE DE CONGELATION MgCl2 A -5°C

MgCl2 à 12%		Dépot MgCl2			
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-7.69	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-7.69	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm				
MgCl2 à 16%		Dépot MgCl2			
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-12.28	valeur	***11
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-12.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	****12	-12.28	****	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm				
MgCl2 à 20%		Dépot MgCl2			
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-20.2	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm				

<sup>11</sup>Indéterminé

<sup>12</sup>Absence de valeur

## Exemple de feuille de mesure .

### ESSAI 7 : TEMPERATURE DE CONGELATION NaCl A -10°C

NaCl à 16%					
jj.mm.aaaa	hh:mm	Dépot NaCl			
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-12.28	valeur
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-12.28	valeur
jj.mm.aaaa	hh:mm				***13
jj.mm.aaaa	hh:mm		**** <sup>14</sup>	-12.28	****
jj.mm.aaaa	hh:mm				
NaCl à 20%					
jj.mm.aaaa	hh:mm	Dépot NaCl			
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-20.2	valeur
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-20.2	valeur
jj.mm.aaaa	hh:mm				Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm		valeur	-20.2	valeur
jj.mm.aaaa	hh:mm				

<sup>13</sup>Indéterminé

<sup>14</sup>Absence de valeur

## Exemple de feuille de mesure .

### LE CAPTEUR DE TEMPERATURE DE CONGELATION (Tc)

#### ESSAI 8 : TEMPERATURE DE CONGELATION CaCl2 A -10°C

CaCl2 à 16%		Dépot CaCl2			
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-12.28	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-12.28	valeur	***15
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	****16	-12.28	****	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm				

CaCl2 à 20%		Dépot CaCl2			
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-20.2	valeur	Er.Ab.Mo.
jj.mm.aaaa	hh:mm				
jj.mm.aaaa	hh:mm	valeur	-20.2	valeur	
jj.mm.aaaa	hh:mm				

<sup>15</sup>Indéterminé

<sup>16</sup>Absence de valeur

## Exemple de feuille de mesure .

### LE CAPTEUR DE TEMPERATURE DE CONGELATION (Tc)

#### ESSAI 9 : TEMPERATURE DE CONGELATION MgCl2 A -10°C

##### MgCl2 à 16%

jj.mm.aaaa	hh:mm

Dépot MgCl2

valeur
valeur
****18

-12.28

valeur
valeur
****

\*\*\*17

-12.28

-12.28

##### MgCl2 à 20%

jj.mm.aaaa	hh:mm

Dépot MgCl2

valeur
valeur
valeur

-20.2

valeur
valeur
valeur

Er.Ab.Mo.

-20.2

-20.2

<sup>17</sup>Indéterminé

<sup>18</sup>Absence de valeur

## Exemple de feuille de mesure .

### ESSAI A +2°C

Fondants concentration	NaCl Erreur absolue moyenne	CaCl <sub>2</sub> Erreur absolue moyenne	MgCl <sub>2</sub> Erreur absolue moyenne
4%			
8%			
12%			
16%			
20%			

\*\*\* indéterminé

### ESSAI A -5°C

Fondants concentration	NaCl Erreur absolue moyenne	CaCl <sub>2</sub> Erreur absolue moyenne	MgCl <sub>2</sub> Erreur absolue moyenne
12%			
16%			
20%			

\*\*\* indéterminé

### ESSAI A -10°C

Fondants concentration	NaCl Erreur absolue moyenne	CaCl <sub>2</sub> Erreur absolue moyenne	MgCl <sub>2</sub> Erreur absolue moyenne
16%			
20%			

\*\*\* indéterminé

# ANNEXE A

## Dispositifs d'essai

### A1 CAISSONS CLIMATIQUES ET ASSERVISSEMENT

#### A1-1) Caractéristiques générales :

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

##### A1-1.1 Volume

- caisson d'essai            48 m<sup>3</sup>
- sas                                36 m<sup>3</sup>

##### A1-1.2 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.

##### A1-1.3 Etendue de fonctionnement en température

- 35°C à + 35°C

##### A1-1.4 Classe de précision

Classe C suivant X 15-016 de mai 1975.

#### A1-2) Régulation - asservissement

##### A1-2.1 Régulation des températures en régime permanent

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

##### A1-2.2 Régulation des températures en régime transitoire

Asservie par micro-ordinateur via RS 232 des Eurotherm.

#### A1-3) Stabilité thermique de la température de l'air dans les caissons climatiques : ± 0.3 °C

## A3 TABLE DE CONDITIONNEMENT THERMIQUE DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE TYPE

### 1) Caractéristiques générales : (cf. figure x)

Le dispositif d'essai comporte :

1.1) Une table métallique réglée en température par un fluide caloporteur.

- dimension : 1,5 x 1,5 m
- étendue des températures : - 30 à + 30°C avec  $T_a - T_{table} \leq 10^\circ\text{C}$
- classe de précision : 0,5°C

1.2) Un massif de béton constituant la couche de base de la structure routière, posée sur la table

- dimension 1,3 x 1,3 x 0,30 m,
- caractéristiques du béton :

* Gravier 5/15	89 kg
* Sable 0/5	44 kg
* Ciment CPA 55	29 kg
* Eau	14,1 litres

1.3) Six planches de béton bitumineux, disposées sur le massif de béton avec une pente transversale de 2,5 % (norme ICTARN).

- dimension 0,40 x 0,60 x 0,15 m
- caractéristiques du béton bitumineux:

* 10/14 Trapp	41 %
* 4/6 Trapp	28 %
* 0/2 Trapp	28 %
* fines MEAC	3 %
* bitume 40/60	5,4 ppc

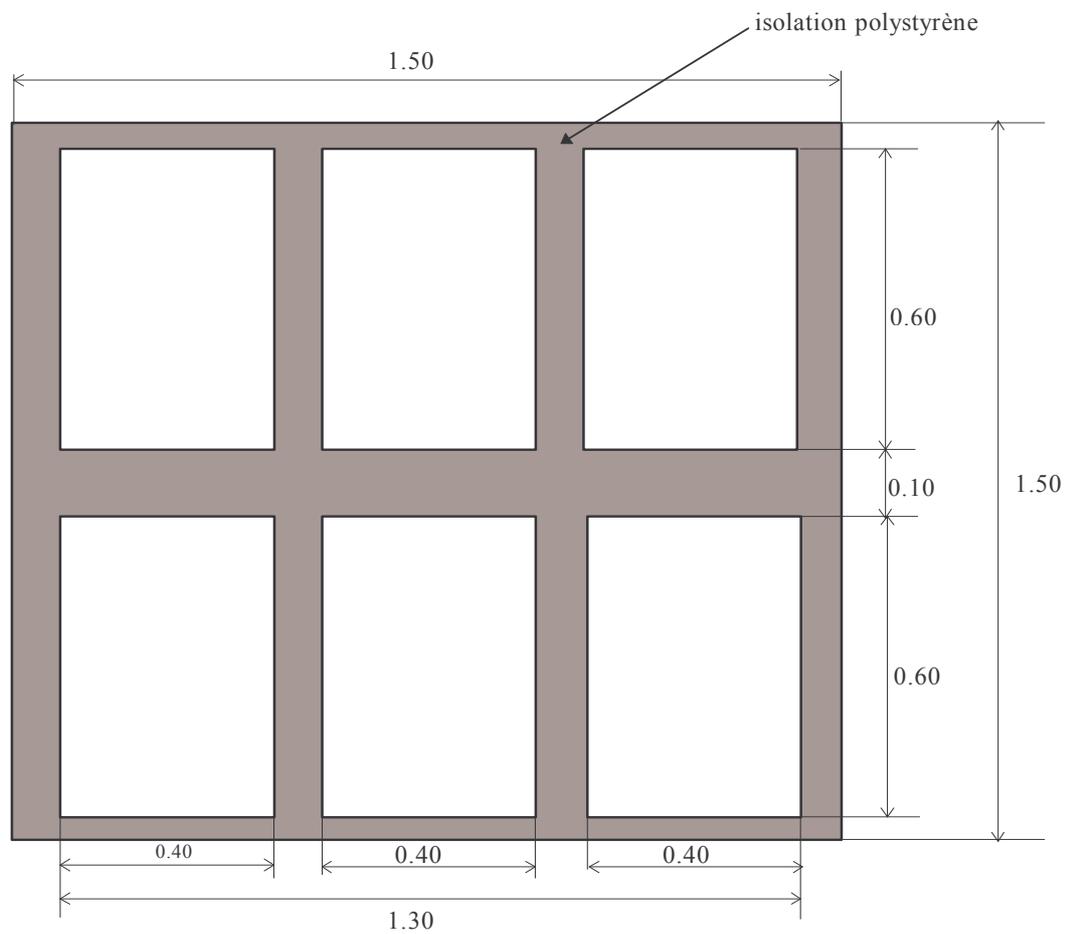
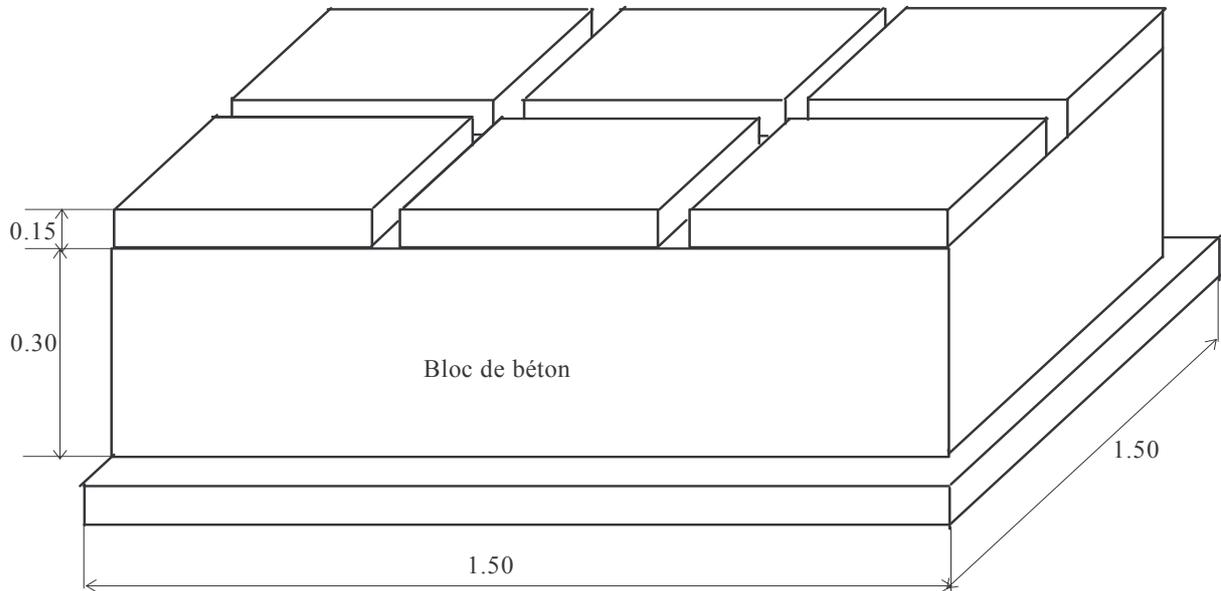
1.4) Une isolation thermique en polystyrène extrudé de :

- 10 cm d'épaisseur sur les parois latérales,
- 5 cm d'épaisseur entre les diverses planches en béton bitumineux.

### 2) Régulation

En régime permanent assuré par un régulateur "double PID" (Eurotherm "818 S" et sonde Pt 100  $\Omega$ ).

## POSITIONNEMENT DES PLANCHES DE BETON BITUMINEUX SUR LA TABLE DU CAISSON CLIMATIQUE



## ANNEXE C

### Dispositifs de mesure

#### C2 TEMPERATURE DE SURFACE DE REVÊTEMENT

##### C.2-1 - Sondes thermométriques à résistance de platine :

Pt 100  $\Omega$  à 0°C

- \* montage 4 fils, chemisée acier inox,
- \* montage 4 fils type "timbre"
- \* classe de précision : étalonnage RNE/LRPC.

##### C.2-2 - Incertitude sur la mesure de la température de surface effectuée par le référentiel décrit : $\pm 0.2^\circ\text{C}$

#### C4 SOLUTIONS AQUEUSES DE REFERENCE

##### C.4.1. - Les solutions aqueuses suivantes constituent le référentiel :

- chlorure de sodium NaCl,
- chlorure de calcium CaCl<sub>2</sub>,
- chlorure de magnésium MgCl<sub>2</sub>.

pour des titres massiques de 4 %, 8 %, 12 %, 16 et 20 % (  $\pm 2$  points )

##### C.4.2. - Les températures de congélation de ces solutions, pour ces divers titres massiques, sont les suivants (réf. Handbook of Chemistry and Physics 47ème édition, à l'exception des valeurs avec astérisque) :

<b>solution</b> <b>titre massique</b>	<b>NaCl</b>	<b>CaCl<sub>2</sub></b>	<b>MgCl<sub>2</sub></b>
4 %	- 2.41°C	- 1.82	- 2.26
8 %	-5 .05	- 4.28	- 5.65
12 %	- 8.16	- 7.69	- 10.62
16 %	- 11.88	- 12.28	- 17.60
20 %	- 16.45	- 20.2	- 27.4

**C.4.3. - La préparation des solutions est assurée par le service chimie (accrédité RNE) à partir de produits chimiques de qualité "ANALYSE"**

**C.4.4. - L'incertitude sur la préparation des solutions aqueuses est de 0.3%**

**C.4.5. - L'épandage des solutions est assuré à l'aide d'un micro pulvérisateur .**

## **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 ordinateur.**

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 ordinateur avec 512 KO de RAM et 40 Mo de mémoire disque.**