
Méthode d'essai

LR-N/Gr-VHG n°7
Version 1 février 1994

Service Hivernal

Les stations automatiques de recueil de données atmosphériques et routières

Essai d'un capteur de température de surface du revêtement (Ts)

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

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 de juin 1993. Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières SETRA/CSTR.

Modifications

Corrections

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

Unité Viabilité Hivernale, Gel

1) Principe de la méthode

Déterminer la classe d'exactitude d'un capteur de température de surface d'un revêtement routier en régime permanent et transitoire.

2) Moyens d'essai

2.1) Dispositifs d'essai :

Annexes :	A1	A4
	A2	A5
	A3	

2.2) Dispositifs de mesure

Annexes:	C2.
	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

Trois 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.
- Une sonde Pt 100 ohms située dans le massif de béton à 20 cm de la surface des planches de béton bitumineux.
- Les chaînes de mesure (horloges et séquençement) du référentiel et du capteur à tester sont mises en concordance.

4) Epreuve

4.1) Régime permanent

Les capteurs sont testés aux cinq niveaux de température suivants :

+ 5°C± 1°C	- 5°C± 1°C	- 15°C± 1°C
0°C± 1°C	- 10°C± 1°C	

4.1.1) Convention

- Le régime est dit permanent dès lors que :
 - la valeur moyenne des mesures de températures de surface T_s prises 30 minutes avant et après la période d'essai ne diffère de plus de 0,2°C,
 - l'écart entre la température moyenne de surface T_s et la température de la sonde située dans le massif à la cote 20 cm est inférieur à 1°C.
- *NOTA* : La température de référence T_s est égale à la valeur moyenne des quatre sondes (§ 3.2). L'écart maximal de température entre ces quatre sondes est de 0.3°C.

4.1.2) Mode opératoire

- Réglage des températures du caisson climatique et de la table de conditionnement thermique à la même valeur de la consigne.
- Stabilisation à la valeur de consigne.
- Enregistrement des températures de surface de référence durant deux heures à une cadence de saisie de 6 minutes :
 - * 2 x 30 minutes pour contrôle du régime permanent,
 - * 1 x 1 heure pour essai comparatif.
- L'enregistrement de la température de surface du capteur testé est effectué durant 1 heure à une cadence de 6 minutes.
- Ce mode opératoire est répété pour les cinq niveaux de température.

4.2) Régime transitoire

4.2.1) *Les cycles thermiques :*

Les cycles thermiques imposés au capteur de température de surface de chaussée sont les suivants :

4.2.1.1) Les trois cycles définis en annexe A2 et imposés à la surface de la structure de chaussée par la température de l'air T_a du caisson climatique.

4.2.1.2) Le cycle défini en annexe A4, imposé à la surface de la structure de la chaussée à l'aide du dispositif d'essai décrit en annexe A5.

4.2.2) *Convention*

- La température de référence T_s est égale à la valeur moyenne des quatre sondes de surface (cf. § 3.2).

4.2.3) *Mode opératoire*

4.2.3.1) Pour les trois cycles annexés en A2

- Les installations (caisson climatique et table de conditionnement thermique de la structure de chaussée) sont thermiquement stabilisée à $+ 5 \pm 1^\circ\text{C}$ durant 12 heures,
- Lancement du cycle thermique étudié, par T_a en maintenant constante la température de la table de conditionnement thermique à $+ 5 \pm 1^\circ\text{C}$,
- Enregistrement de la température de surface de la structure à une cadence de 12 minutes pour le référentiel et le capteur testé,
- Ce mode opératoire est répété pour les trois cycles thermiques définis en 4.2.1.

4.2.3.2) Pour le cycle annexé en A5

- Les installations (caisson climatique et table de conditionnement thermique de la structure de chaussée) sont thermiquement stabilisée à $- 3^\circ\text{C} \pm 1$ durant 12 heures,
- Mise en place du couvercle climatique de surface de chaussée jusqu'à l'obtention d'une température de surface de $+ 9^\circ\text{C} \pm 0,5$,

- Retrait du couvercle climatique,
- Enregistrement de la température de surface de la structure à une cadence de 12 minutes pour le référentiel et le capteur testé.

5) Expression des résultats

- On détermine l'erreur absolue de mesure :

$$\begin{array}{rclcl} \Delta T & = & T_s \text{ capteur} & - & T_s \text{ référence} \\ \text{erreur absolue} = & & \text{résultat de mesurage} & - & \text{valeur de comparaison} \\ & & & & \text{(conventionnellement vraie).} \end{array}$$

- On distingue les cinq procédures en régime permanent et les quatre procédures en régime transitoire.

NOTA : Cette collection comporte :

- * 50 valeurs (individus), pour les essais en régime permanent,
- * 780 valeurs pour les essais en régime transitoire.

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 pages 14 et 15) sur lesquels figurent les éléments de contrôle du régime permanent,
- les incidents susceptibles d'avoir agit sur les résultats.

Exemple de présentation des résultats.

Régime permanent

Température d'essai	Erreur absolue moyenne sur Ts

Régime transitoire

Cycle thermique	Erreur absolue moyenne sur Ts
A1	
A2	
A3	
A4	

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 m³
- sas 36 m³

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)

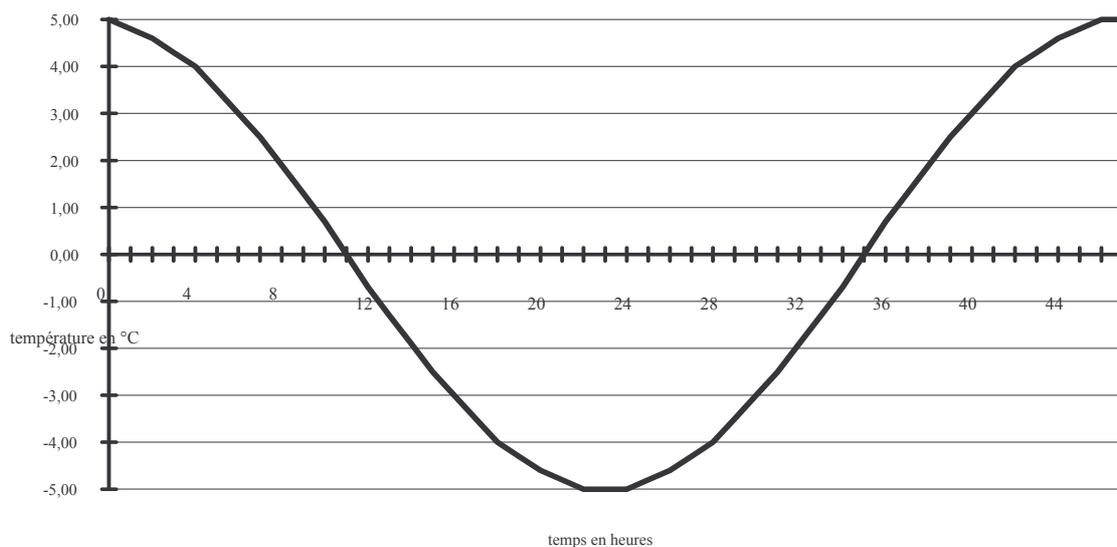
A1-2.2 Régulation des températures en régime transitoire

Asservie par micro-ordinateur via RS 232 des Eurotherm.

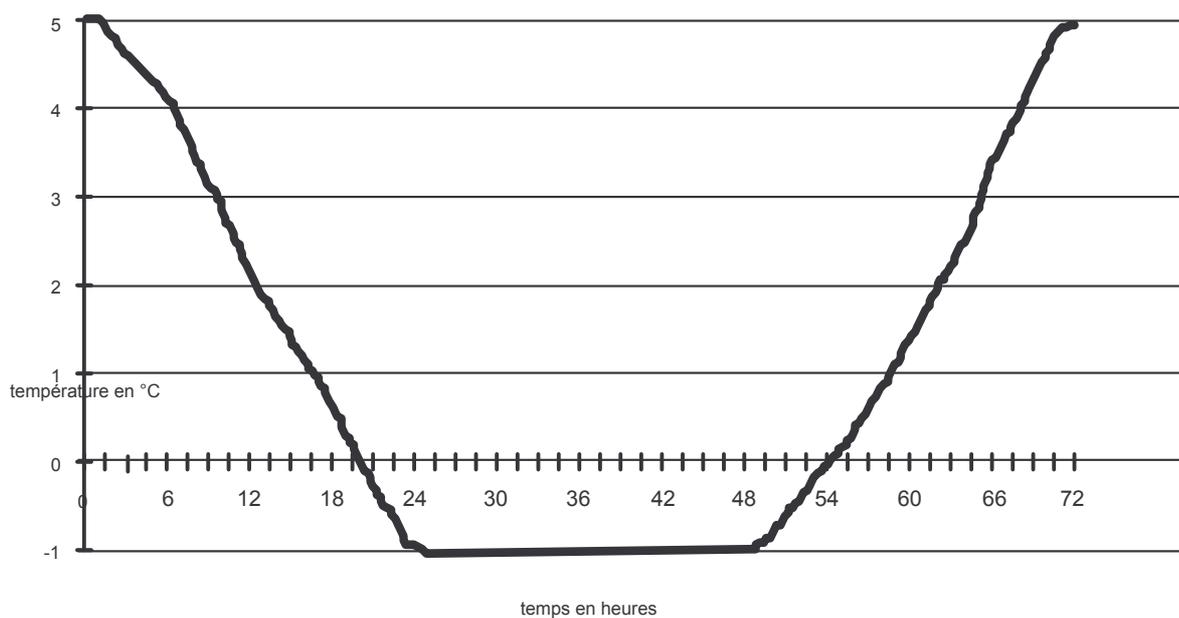
A1-3) Stabilité thermique de la température de l'air dans les caissons climatiques : ± 0.3 °C

A2 CYCLES THERMIQUES ATMOSPHERIQUES

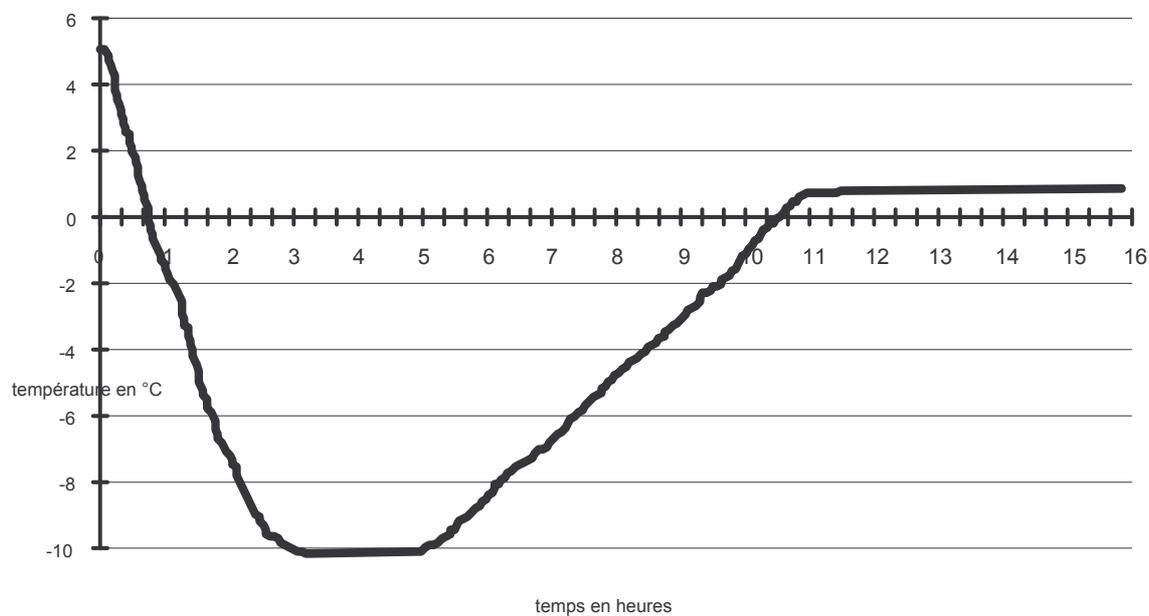
1) Cycles réguliers de forme sinusoïdale de la température ambiante sur 48 heures. La température maximale est fixée à + 5°C, la température minimale est fixée à - 5°C.



2) A partir de + 5°C abaissement régulier de la température ambiante (0,5°C/h) avec stabilisation de cette température à - 1°C. Après 24 heures, remontée de la température à + 5°C.



- 3) La température de départ est ajustée à + 5°C, une descente rapide de la température ambiante à -10°C en 3 heures avec stabilisation pendant 2 heures est suivie d'une remontée à + 1°C en six heures et régulation à + 1°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

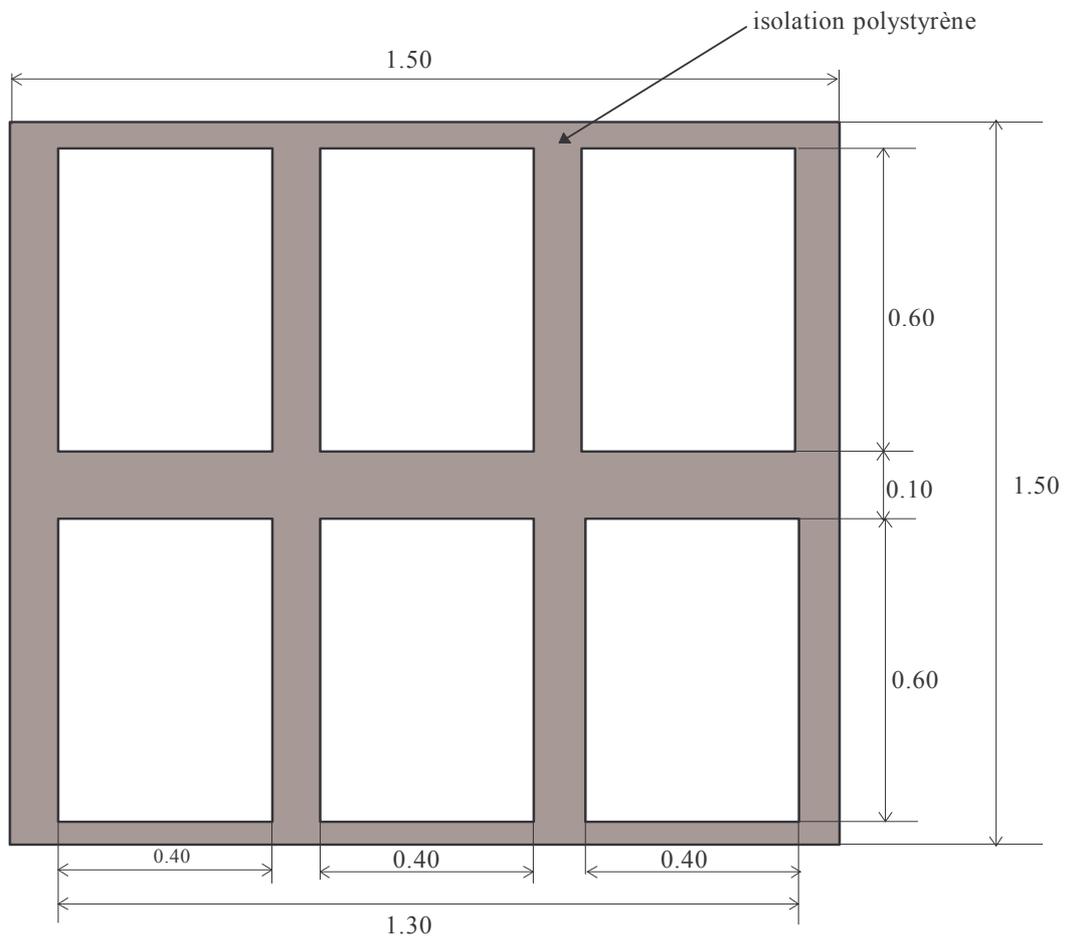
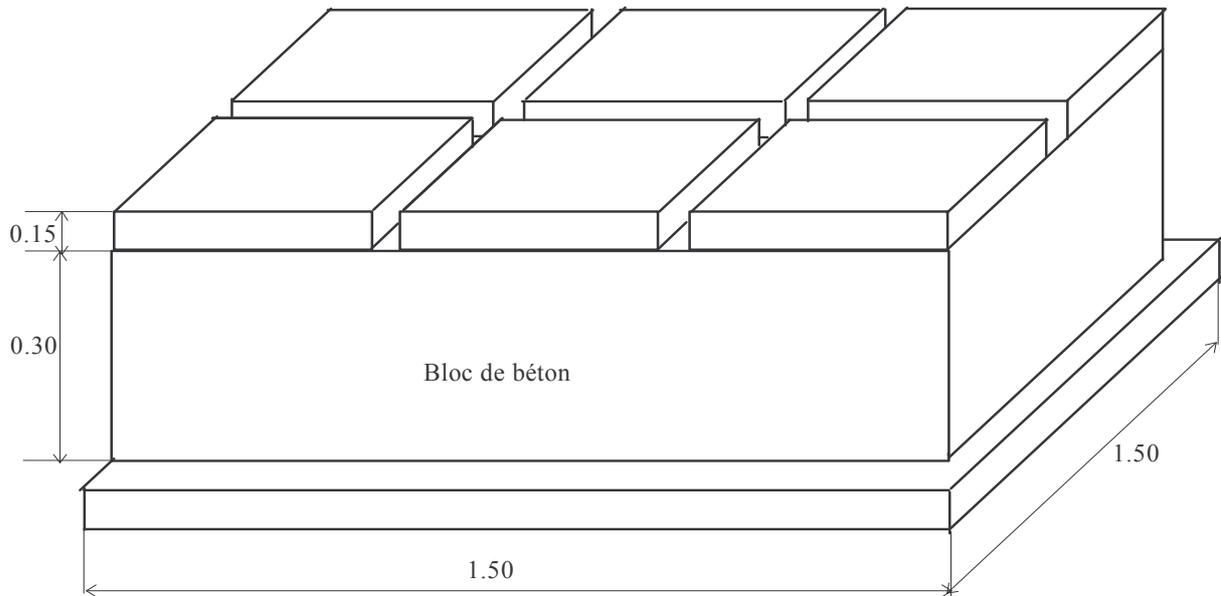
1.4) Une isolation thermique en polystyrène extrudé de :

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

2) Régulation

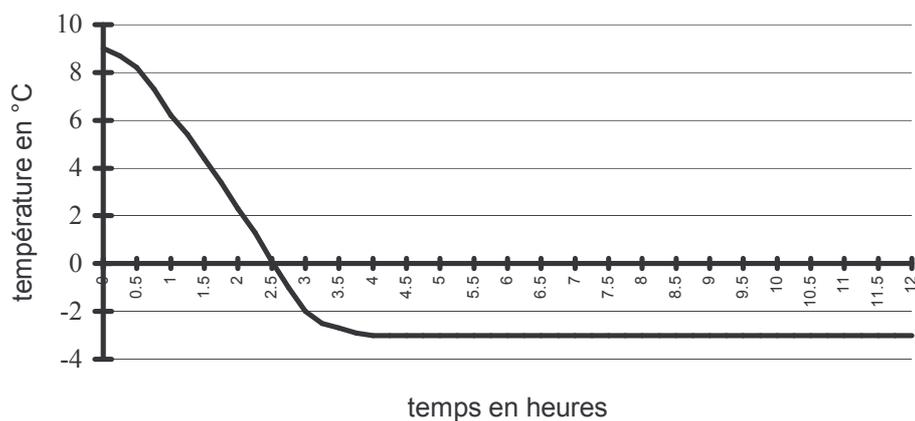
En régime permanent assuré par un régulateur "double PID" (Eurotherm "818 S" et sonde Pt 100 Ω).

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



A4 CYCLES THERMIQUES SURFACE ROUTIERE

- La température initiale de la surface de chaussée est de + 9°C, elle est brutalement abaissée à - 3°C à une vitesse de 3°C/h.
- La température à la base de la structure routière est fixée à - 3°C.



A5 CAISSON CLIMATIQUE DE SURFACE DE CHAUSSEE

1) Caractéristiques générales (cf. figure 1)

Le dispositif comporte :

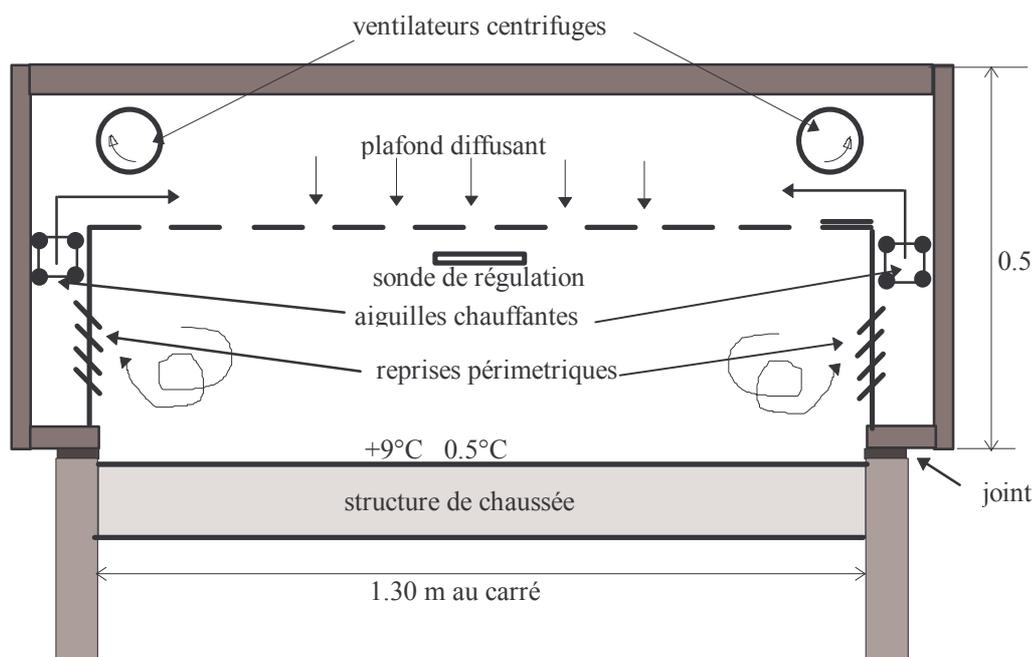
- un caisson isolé avec plafond diffusant,
- un système de ventilation chauffage,

2) Régulation thermique de type PID agissant par triac sur l'alimentation des résistances chauffantes

- température $+9 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$

Figure 1

ambiance à -3°C



ANNEXE C

Dispositifs de mesure

C2 TEMPERATURE DE SURFACE DE REVÊTEMENT

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

Pt 100 Ω 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 : $\pm 0.2^\circ\text{C}$

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 | : $\pm (0,4 \% + 5\text{UR1})$ |
| - coefficient de température | : $(0,002 \% + 0,01^\circ\text{C})^\circ\text{C}$ |
| - reproductibilité entre 2 voies | : $< (0,05^\circ\text{C} + 1\text{UR})^*$ |

* 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.