

## La thermométrie au BIPM en 1990

par J. Bonhoure et R. Pello

---

### Introduction

La mise en application de l'Echelle internationale de température de 1990 (EIT-90) présente un grand intérêt pour le BIPM ; il suffit en effet de disposer d'un thermomètre à résistance de platine et de deux points fixes (point triple de l'eau et point de fusion du gallium) pour effectuer des mesures de température au voisinage de la température ambiante, ce qui représente la totalité des besoins des différentes sections du BIPM. L'équipement de ce dernier, en sommeil depuis 1986, a donc été remis en service et modestement complété.

### Equipement du BIPM

- Point triple de l'eau : depuis très longtemps, le BIPM utilise des cellules de différentes provenances (Etats-Unis d'Amérique, Japon, Allemagne, Italie, Grande-Bretagne).

- Point de fusion du gallium : Le BIPM dispose encore de l'une des trois cellules construites sur place en 1981 et remplies avec du métal de grande pureté (99,9999 %) pour réaliser le point triple du gallium [1]. N'étant pas scellée, cette cellule est utilisable aussi comme point de fusion. Pour ne pas travailler qu'avec un seul étalon de référence, nous avons fait l'acquisition d'une autre cellule\* ; construite sur les mêmes principes, elle contient toutefois une plus grande quantité de gallium (+ 20 %), d'égale pureté ; cette cellule est scellée et le gallium est maintenu sous atmosphère d'argon. De plus, une différence intéressante concerne, non pas directement les cellules, mais les enceintes à température régulée dans lesquelles les cellules sont placées. La cellule fabriquée au BIPM

---

\* Licence INM

est utilisée dans une enceinte à circulation d'eau, alors que la cellule du commerce est introduite dans un four à air pulsé récemment acquis\*.

- Thermomètre à résistance de platine et pont de mesure : le BIPM dispose d'un lot important de thermomètres de diverses origines (en particulier Tinsley et Leeds & Northrup) et d'un pont de mesure qui travaille en comparateur de courant (Guildline).

### Résultats de mesure

- Il était tout d'abord primordial de vérifier si l'une des deux cellules de gallium fournissait un meilleur palier de fusion que l'autre. En fait, l'expérience montre que les paliers sont équivalents, avec des domaines de fusion de l'ordre de 0,6 mK et des durées de palier identiques, toutes choses égales par ailleurs (Fig. 1).

La reproductibilité du point de fusion, repéré pratiquement au point milieu du palier et non pas au point de liquidus ou au point de solidus, n'excède pas 0,10 mK (écart-type). C'est pourquoi l'écart de température observé entre les deux cellules (0,25 mK) pourrait indiquer une très légère contamination du gallium contenu dans la cellule fabriquée au BIPM.

- Les mesures actuelles ont fourni l'occasion de redéterminer la différence de température entre le point de fusion et le point triple du gallium en utilisant la cellule du BIPM, la seule qui permette de réaliser le point triple. La valeur observée en février 1990 (1,87 mK) est en bon accord avec celle obtenue en 1981 (1,98 mK).

- Le but des mesures était en fait de réétalonner dans la nouvelle échelle de température les thermomètres utilisés dans les différentes sections du BIPM. Le tableau I donne les résultats obtenus en 1990, sous la forme du facteur  $\underline{a}$  de la fonction écart valable entre 0 °C et le point de fusion du gallium :

$$\underline{W}(T_{90}) - \underline{W}_r(T_{90}) = \underline{a}[\underline{W}(T_{90}) - 1],$$

---

\* Licence INM

sachant que  $\underline{W}(T_{90}) = \underline{R}(T_{90})/\underline{R}(273,16 \text{ K})$ , que  $\underline{R}(T_{90})$  est la résistance du thermomètre à la température  $T_{90}$  et que  $\underline{W}_r(T_{90})$  est une fonction de référence. Le tableau I rappelle aussi les valeurs d'étalonnage dans l'Echelle internationale pratique de température de 1968 (EIPT-68) obtenues antérieurement, sous la forme des coefficients  $\underline{\alpha}$  et  $\underline{\delta}$  de la relation :

$$\underline{t}' = \underline{\alpha}^{-1}[\underline{W}(t') - 1] - \underline{\delta}[t'/100 \text{ °C}] [(t'/100 \text{ °C}) - 1],$$

sachant que  $\underline{W}(t') = \underline{R}(t')/\underline{R}(0 \text{ °C})$  et que  $\underline{t}'$  est une fonction de  $t_{68}$ . On remarquera que les fonctions  $\underline{W}(T_{90})$  et  $\underline{W}(t')$  diffèrent par la température de référence utilisée : celle du point triple de l'eau dans le premier cas, celle du point de glace dans le second. Le tableau I donne enfin les différences qui en résultent à 20 °C et à 30 °C. On constate que ces valeurs observées ne s'écartent pas de façon significative des valeurs admises (- 5 et - 7 mK respectivement) pour la différence EIT-90 - EIPT-68, ce qui signifie que les thermomètres n'ont pas évolué et qu'il aurait suffi d'appliquer ces corrections pour passer de l'EIPT-68 à l'EIT-90. Cela est tout à fait normal pour des thermomètres installés à demeure dans des installations de mesure fixes sans vibrations importantes et maintenus en permanence à température stable autour de 20 °C, des thermomètres qui ne subissent donc ni chocs mécaniques, ni chocs thermiques.

- D'autres thermomètres, de type capsule, qui ne supportaient pas d'être portés aux températures des points fixes de l'EIPT-68 (Sn, Zn), étaient précédemment étalonnés par comparaison à des thermomètres à tige. Cet inconvénient disparaît avec l'adoption de l'EIT-90 [2].

### Conclusion

La nouvelle échelle de température offre l'énorme avantage de comporter un domaine de température qui correspond probablement à plus de 90 % des besoins des laboratoires de métrologie. De plus, elle permet d'effectuer les étalonnages ou les contrôles de tous les types de thermomètres par des mesures directes, donc dans de très bonnes conditions.

Bibliographie

[1] BONHOURE, J. et PELLO, R. Température du point triple du gallium, *Metrologia*, **19**, 1983, pp. 15-20.

[2] BONNIER, G. et HERMIER, Y. Intérêt de la nouvelle échelle de température - l'EIT-90, *Bull. BNM*, **79**, 1990, pp. 25-29.

1<sup>er</sup> octobre 1990

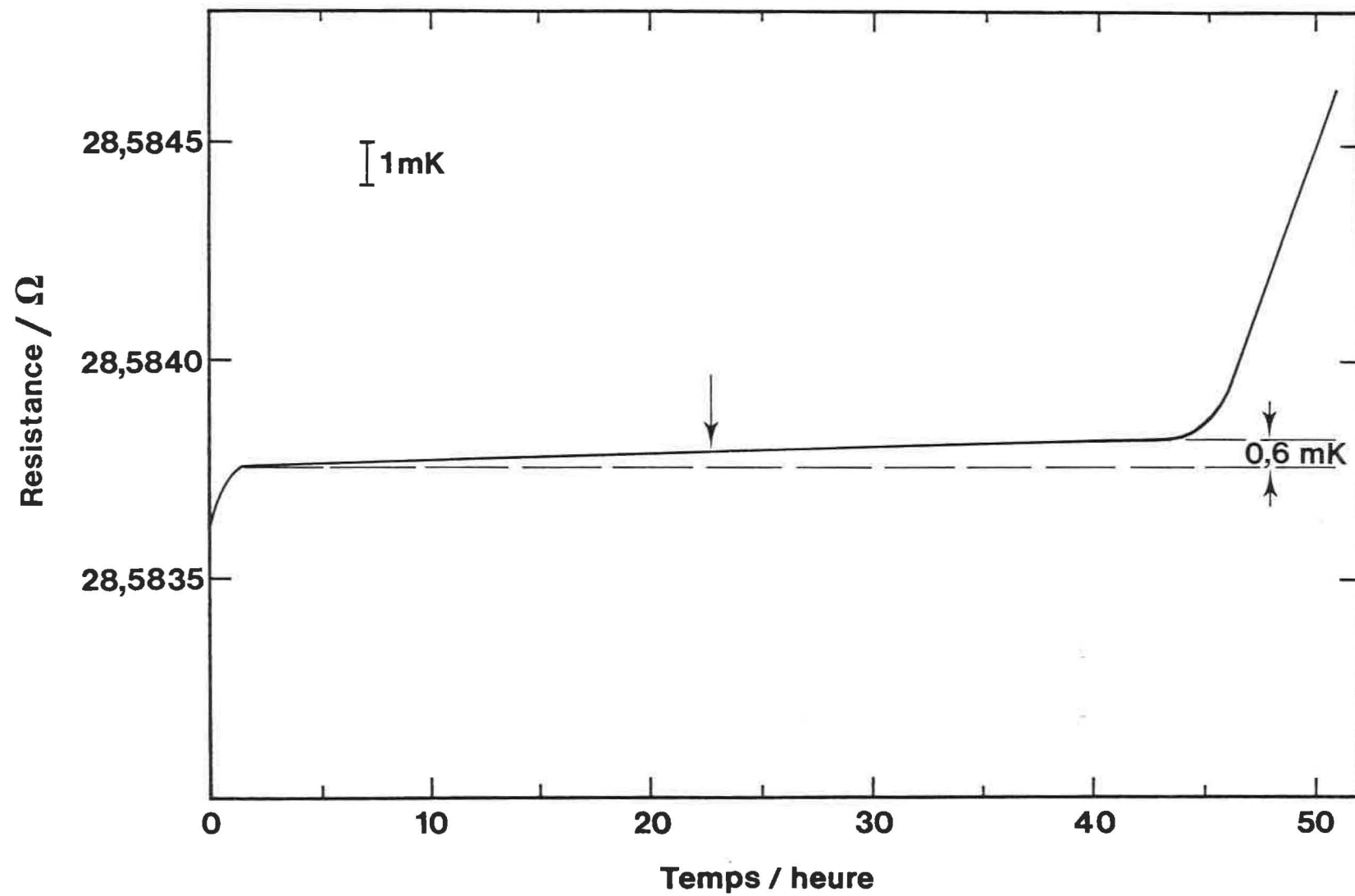


Fig. 1.- Palier de fusion du gallium dans la cellule licence INM.

Tableau I.- Etalonnage des thermomètres à résistances de platine dans l'IPT-68 et l'EIT-90 et différences observées

		<u>EIPT-68</u>		<u>EIT-90</u>		<u>différences observées</u> ( $\Delta t/mK$ )	
		$\alpha/K^{-1}$	$\delta/K$	$a$		à 20 °C	à 30 °C
LN 1857439	nov. 78	0,003 925 375	1,496 97	juin 90	- 0,513 1 x 10 <sup>-3</sup>	- 4,0	- 6,0
LN 1857440	nov. 81	3 925 062	1,496 64	mai 90	- 0,564 0	- 4,6	- 7,1
S 167	oct. 83	3 924 449	1,497 01	juin 90	- 0,724 2	- 4,5	- 6,9
T 223677	juin 88	3 926 462	1,496 26	mai 90	- 0,204 8	- 4,7	- 7,2
T 228861	oct. 76	3 926 504	1,496 45	juin 90	- 0,198 0	- 4,6	- 7,1
T 228875	fév. 82	3 926 711	1,496 17	juin 90	- 0,145 5	- 4,6	- 7,1
T 236008	nov. 81	3 926 541	1,496 41	juil. 90	- 0,188 7	- 4,6	- 7,1
T 238667	nov. 81	3 926 526	1,496 61	mai 90	- 0,226 8	- 3,9	- 6,0
						<u>- 4,4</u>	<u>- 6,8</u>
Valeurs admises pour la différence EIT-90 - EIPT-68 .....						- 5	- 7