

**Comité consultatif
de thermométrie**
20^e session (avril 2000)

**Consultative Committee
for Thermometry**
20th Meeting (April 2000)

Bureau international des poids et mesures

Comité consultatif de thermométrie (CCT)

20^e session (avril 2000)

Note sur l'utilisation du texte anglais (*voir page 47*).

Afin de mieux faire connaître ses travaux, le Comité international des poids et mesures publie une version en anglais de ses rapports.

Le lecteur doit cependant noter que le rapport officiel est toujours celui qui est rédigé en français. C'est le texte français qui fait autorité si une référence est nécessaire ou s'il y a doute sur l'interprétation.

Édité par le BIPM,
Pavillon de Breteuil,
F-92312 Sèvres Cedex
France

Conception graphique :
Monika Jost

Imprimé par : Stedi, Paris

ISSN 0069-6463
ISBN 92-822-2181-4

TABLE DES MATIÈRES

Photographie des participants à la 20^e session du Comité consultatif de thermométrie **2**

États membres de la Convention du Mètre et associés à la Conférence générale **7**

Le BIPM et la Convention du Mètre **9**

Liste des membres du Comité consultatif de thermométrie **13**

Rapport au Comité international des poids et mesures par M. de Groot **15**

Ordre du jour **16**

1 Ouverture de la session ; désignation d'un rapporteur ; approbation de l'ordre du jour **19**

2 Rapports des groupes de travail **20**

2.1 Groupe de travail 1 : points fixes de définition et instruments d'interpolation **20**

2.2 Groupe de travail 2 : points fixes secondaires et techniques permettant une réalisation approchée de l'EIT-90 **20**

2.3 Groupe de travail 3 : équivalence internationale des mesures de température et comparaisons internationales correspondantes **21**

2.4 Groupe de travail 4 : détermination des températures thermodynamiques et extension de l'EIT-90 à de plus basses températures **22**

2.5 Groupe de travail 5 : Groupe de travail commun au CCT et au CCPR sur la détermination des températures thermodynamiques des corps noirs à haute température **22**

2.6 Groupe de travail 6 : mesures d'humidité **22**

3 État d'avancement des comparaisons clés du CCT **23**

3.1 Arrangement de reconnaissance mutuelle **23**

3.2 Comparaison clé CCT-K1 : réalisation de l'EIT-90 de 0,65 K à 24,5561 K au moyen de thermomètres à résistance fer-rhodium **24**

3.3 Comparaison clé CCT-K2 : réalisation de l'EIT-90 de 13,8 K à 273,16 K au moyen de thermomètres à résistance de platine étalons de type capsule **24**

- 3.4 Comparaison clé CCT-K3 : réalisation de l'EIT-90 de 83,8 K à 933,5 K au moyen de thermomètres à résistance de platine étalons à longue tige **25**
- 3.5 Comparaison clé CCT-K4 : comparaison aux points fixes de l'aluminium et de l'argent **26**
- 3.6 Comparaison clé CCT-K5 : réalisation de l'EIT-90 entre le point fixe de l'argent et 1700 °C en utilisant des lampes à ruban sous vide comme étalons de transfert **26**
- 4 Études relatives à l'EIT-90 **28**
- 5 Rôle du CCT dans la classification des instruments et des mesures pour l'annexe C du MRA **28**
- 6 Rapport au CIPM et recommandation **29**
- 7 Établissement et composition des groupes de travail du CCT **29**
- 8 Questions diverses **31**
- 9 Date de la prochaine session **32**

Recommandation présentée au Comité international des poids et mesures

- T 1 (2000). Extension de l'échelle internationale de température au-dessous de 0,65 K **33**

Annexe T 1. Documents de travail présentés à la 20^e session du CCT **36**

Liste des sigles utilisés dans le présent volume 41

**ÉTATS MEMBRES DE LA CONVENTION DU MÈTRE
ET ASSOCIÉS À LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE**

au 12 avril 2000

États membres de la Convention du Mètre

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| Afrique du Sud | Iran (Rép. islamique d') |
| Allemagne | Irlande |
| Argentine | Israël |
| Australie | Italie |
| Autriche | Japon |
| Belgique | Mexique |
| Brésil | Norvège |
| Bulgarie | Nouvelle-Zélande |
| Cameroun | Pakistan |
| Canada | Pays-Bas |
| Chili | Pologne |
| Chine | Portugal |
| Corée (Rép. de) | Roumanie |
| Corée (Rép. pop. dém. de) | Royaume-Uni |
| Danemark | Russie (Féd. de) |
| Dominicaine (Rép.) | Singapour |
| Égypte | Slovaquie |
| Espagne | Suède |
| États-Unis | Suisse |
| Finlande | Tchèque (Rép.) |
| France | Thaïlande |
| Hongrie | Turquie |
| Inde | Uruguay |
| Indonésie | Venezuela |

Associés à la Conférence générale

Hong Kong, Chine

LE BIPM ET LA CONVENTION DU MÈTRE

Le Bureau international des poids et mesures (BIPM) a été créé par la Convention du Mètre signée à Paris le 20 mai 1875 par dix-sept États, lors de la dernière séance de la Conférence diplomatique du Mètre. Cette Convention a été modifiée en 1921.

Le Bureau international a son siège près de Paris, dans le domaine (43 520 m²) du Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) mis à sa disposition par le Gouvernement français ; son entretien est assuré à frais communs par les États membres de la Convention du Mètre.

Le Bureau international a pour mission d'assurer l'unification mondiale des mesures physiques ; il est donc chargé :

- d'établir les étalons fondamentaux et les échelles pour la mesure des principales grandeurs physiques et de conserver les prototypes internationaux ;
- d'effectuer la comparaison des étalons nationaux et internationaux ;
- d'assurer la coordination des techniques de mesure correspondantes ;
- d'effectuer et de coordonner les mesures des constantes physiques fondamentales qui interviennent dans les activités ci-dessus.

Le Bureau international fonctionne sous la surveillance exclusive du Comité international des poids et mesures (CIPM), placé lui-même sous l'autorité de la Conférence générale des poids et mesures (CGPM) à laquelle il présente son rapport sur les travaux accomplis par le Bureau international.

La Conférence générale rassemble des délégués de tous les États membres de la Convention du Mètre et se réunit actuellement tous les quatre ans dans le but :

- de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour assurer la propagation et le perfectionnement du Système international d'unités (SI), forme moderne du Système métrique ;
- de sanctionner les résultats des nouvelles déterminations métrologiques fondamentales et d'adopter les diverses résolutions scientifiques de portée internationale ;
- d'adopter toutes les décisions importantes concernant la dotation, l'organisation et le développement du Bureau international.

Le Comité international comprend dix-huit membres appartenant à des États différents ; il se réunit actuellement tous les ans. Le bureau de ce Comité adresse aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre un rapport annuel sur la situation administrative et financière du Bureau international. La principale mission du Comité international est d'assurer l'unification mondiale des unités de mesure, en agissant directement, ou en soumettant des propositions à la Conférence générale.

Limitées à l'origine aux mesures de longueur et de masse et aux études métrologiques en relation avec ces grandeurs, les activités du Bureau international ont été étendues aux étalons de mesure électriques (1927), photométriques et radiométriques (1937), des rayonnements ionisants (1960) et aux échelles de temps (1988). Dans ce but, un agrandissement des premiers laboratoires construits en 1876-1878 a eu lieu en 1929; de nouveaux bâtiments ont été construits en 1963-1964 pour les laboratoires de la section des rayonnements ionisants, en 1984 pour le travail sur les lasers et en 1988 a été inauguré un bâtiment pour la bibliothèque et des bureaux.

Environ quarante-cinq physiciens et techniciens travaillent dans les laboratoires du Bureau international. Ils y font principalement des recherches métrologiques, des comparaisons internationales des réalisations des unités et des vérifications d'étalons. Ces travaux font l'objet d'un rapport annuel détaillé qui est publié dans le *Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures*.

Devant l'extension des tâches confiées au Bureau international en 1927, le Comité international a institué, sous le nom de Comités consultatifs, des organes destinés à le renseigner sur les questions qu'il soumet, pour avis, à leur examen. Ces Comités consultatifs, qui peuvent créer des groupes de travail temporaires ou permanents pour l'étude de sujets particuliers, sont chargés de coordonner les travaux internationaux effectués dans leurs domaines respectifs et de proposer au Comité international des recommandations concernant les unités.

Les Comités consultatifs ont un règlement commun (*BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1963, **31**, 97). Ils tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers. Le président de chaque Comité consultatif est désigné par le Comité international; il est généralement membre du Comité international. Les Comités consultatifs ont pour membres des laboratoires de métrologie et des instituts spécialisés, dont la liste est établie par le Comité international, qui envoient des délégués de leur choix. Ils comprennent aussi des membres nominativement désignés par le Comité international, et un représentant du Bureau international (Critères pour être membre des Comités

consultatifs, *BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1996, **64**, 6). Ces Comités sont actuellement au nombre de dix :

- 1 Le Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif d'électricité (CCE) créé en 1927 ;
- 2 Le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), nouveau nom donné en 1971 au Comité consultatif de photométrie (CCP) créé en 1933 (de 1930 à 1933 le CCE s'est occupé des questions de photométrie) ;
- 3 Le Comité consultatif de thermométrie (CCT), créé en 1937 ;
- 4 Le Comité consultatif des longueurs (CCL), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour la définition du mètre (CCDM) créé en 1952 ;
- 5 Le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour la définition de la seconde (CCDS) créé en 1956 ;
- 6 Le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants (CCEMRI) créé en 1958 (en 1969, ce Comité consultatif a institué quatre sections : Section I (Rayons x et γ , électrons), Section II (Mesure des radionucléides), Section III (Mesures neutroniques), Section IV (Étalons d'énergie α) ; cette dernière section a été dissoute en 1975, son domaine d'activité étant confié à la Section II) ;
- 7 Le Comité consultatif des unités (CCU), créé en 1964 (ce Comité consultatif a remplacé la « Commission du système d'unités » instituée par le Comité international en 1954) ;
- 8 Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), créé en 1980 ;
- 9 Le Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM), créé en 1993 ;
- 10 Le Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV), créé en 1998.

Les travaux de la Conférence générale, du Comité international et des Comités consultatifs sont publiés par les soins du Bureau international dans les collections suivantes :

- *Comptes rendus des séances de la Conférence générale des poids et mesures ;*
- *Procès-verbaux des séances du Comité international des poids et mesures ;*
- *Rapports des sessions des Comités consultatifs.*

Le Bureau international publie aussi des monographies sur des sujets métrologiques particuliers et, sous le titre *Le Système international d'unités (SI)*, une brochure remise à jour périodiquement qui rassemble toutes les décisions et recommandations concernant les unités.

La collection des *Travaux et mémoires du Bureau international des poids et mesures* (22 tomes publiés de 1881 à 1966) a été arrêtée par décision du Comité international, de même que le *Recueil de travaux du Bureau international des poids et mesures* (11 volumes publiés de 1966 à 1988).

Les travaux du Bureau international font l'objet de publications dans des journaux scientifiques ; une liste en est donnée chaque année dans les *Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures*.

Depuis 1965 la revue internationale *Metrologia*, éditée sous les auspices du Comité international des poids et mesures, publie des articles sur la métrologie scientifique, sur l'amélioration des méthodes de mesure, les travaux sur les étalons et sur les unités, ainsi que des rapports concernant les activités, les décisions et les recommandations des organes de la Convention du Mètre.

**LISTE DES MEMBRES
DU COMITÉ CONSULTATIF
DE THERMOMÉTRIE**

au 12 avril 2000

Président

M. H. Ugur, membre du Comité international des poids et mesures, Ulusal Metroloji Enstitüsü [UME], Gebze-Kocaeli.

Secrétaire exécutif

M. R. Köhler, Bureau international des poids et mesures [BIPM], Sèvres.

Membres

Bureau national de métrologie, Institut national de métrologie [BNM-INM], Paris.

Conseil national de recherches du Canada [NRC], Ottawa.

Institut de métrologie D.I. Mendéléev [VNIIM], Gosstandart de Russie, Saint-Pétersbourg.

Institut des mesures physico-techniques et radiotechniques [VNIIFTRI], Gosstandart de Russie, Moscou.

Institut national de métrologie [NIM], Beijing.

Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Consiglio Nazionale delle Ricerche [IMGC-CNR], Turin.

Korea Research Institute of Standards and Science [KRISS], Taejeon.

Measurement Standards Laboratory of New Zealand [MSL], Lower Hutt.

National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg.

National Measurement Laboratory, CSIRO [CSIRO-NML], Lindfield.

National Physical Laboratory [NPL], Teddington.

National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Tsukuba.

NMi Van Swinden Laboratorium, Nederlands Meetinstituut [NMi-VSL], Delft.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig.

Slovak Metrology Institute/Slovenský Metrologický Ústav [SMU],
Bratislava.

Le directeur du Bureau international des poids et mesures [BIPM], Sèvres.

Observateurs

Centro Español de Metrología [CEM], Madrid.

Centro Nacional de Metrología [CENAM], Querétaro.

Instituto Português da Qualidade [IPQ], Caparica.

Singapore Productivity and Standards Board [PSB], Singapour.

**Comité consultatif
de thermométrie**

Rapport de la 20^e session
(12–14 avril 2000)

au Comité international des poids et mesures

Ordre du jour

- 1 Ouverture de la session ; désignation d'un rapporteur ; approbation de l'ordre du jour.
- 2 Rapports des groupes de travail :
 - 2.1 Groupe de travail 1 : points fixes de définition et instruments d'interpolation ;
 - 2.2 Groupe de travail 2 : points fixes secondaires et techniques permettant une réalisation approchée de l'EIT-90 ;
 - 2.3 Groupe de travail 3 : équivalence internationale des mesures de température et comparaisons internationales correspondantes ;
 - 2.4 Groupe de travail 4 : détermination des températures thermodynamiques et extension de l'EIT-90 à de plus basses températures ;
 - 2.5 Groupe de travail 5 : Groupe de travail commun au CCT et au CCPR sur la détermination des températures thermodynamiques des corps noirs à haute température ;
 - 2.6 Groupe de travail 6 : mesures d'humidité.
- 3 État d'avancement des comparaisons clés du CCT :
 - 3.1 Arrangement de reconnaissance mutuelle ;
 - 3.2 Comparaison clé CCT-K1 : réalisation de l'EIT-90 de 0,65 K à 24,5561 K au moyen de thermomètres à résistance fer-rhodium ;
 - 3.3 Comparaison clé CCT-K2 : réalisation de l'EIT-90 de 13,8 K à 273,16 K au moyen de thermomètres à résistance de platine étalons de type capsule ;
 - 3.4 Comparaison clé CCT-K3 : réalisation de l'EIT-90 de 83,8 K à 933,5 K au moyen de thermomètres à résistance de platine étalons à longue tige ;
 - 3.5 Comparaison clé CCT-K4 : comparaison aux points fixes de l'aluminium et de l'argent ;
 - 3.6 Comparaison clé CCT-K5 : réalisation de l'EIT-90 entre le point fixe de l'argent et 1700 °C en utilisant des lampes à ruban sous vide comme étalons de transfert.

- 4 Études relatives à l'EIT-90.
- 5 Rôle du CCT dans la classification des instruments et des mesures pour l'annexe C du MRA.
- 6 Rapport au CIPM et recommandation.
- 7 Établissement et composition des groupes de travail du CCT.
- 8 Questions diverses.
- 9 Date de la prochaine session.

Note :

La réunion a été brutalement interrompue par suite d'une crise cardiaque de M. John Nicholas. Son décès a choqué toutes les personnes présentes. La réunion a repris en commémoration de ce collègue et ami bien aimé, et les discussions n'ont porté que sur les questions qui demandaient que l'on y consacre une attention immédiate. Par conséquent, certains points à l'ordre du jour n'ont pas été discutés en détail.

1 **OUVERTURE DE LA SESSION ; DÉSIGNATION D'UN RAPPORTEUR ; APPROBATION DE L'ORDRE DU JOUR**

Le Comité consultatif de thermométrie (CCT) a tenu sa vingtième session au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 12, 13 et 14 avril 2000.

Étaient présents : D.N. Astrov (VNIIFTRI), M. Ballico (CSIRO-NML), R.E. Bedford (NRC), G. Bonnier (BNM-INM), Y. Duan (NIM), S. Duris (SMU), M.J. de Groot (NMI-VSL), Y. Hermier (BNM-INM), K.D. Hill (NRC), P. Huang (NIST), K.H. Kang (KRIS), M. Kühne (PTB), P. Marcarino (IMGC-CNR), K. Nara (NRLM), J. Nicholas (MSL), A. Ono (NRLM), F. Pavese (IMGC-CNR), A.I. Pokhodun (VNIIM), T.J. Quinn (directeur du BIPM), T. Ricolfi (IMGC-CNR), D.C. Ripple (NIST), R. Rusby (NPL), J. Seidel (PTB), A. Steele (NRC), H. Ugur (UME, président du CCT).

Invités et observateurs : V. Chimenti (CEM), M. Durieux (KOL), P. Bloembergen (NMI-VSL), M.E. Filipe (IPQ), R.P. Hudson, H. Liedberg (CSIR-NML), E. Mendez (CENAM), Wang Li (PSB).

Assistaient aussi à la session : P. Giacomo (directeur honoraire du BIPM); R. Köhler (secrétaire exécutif du CCT), C. Thomas et M. Stock (BIPM).

M. Quinn présente au CCT les travaux accomplis au BIPM pendant les quatre dernières années et dit que, lors de la session de 1996 du CCT, des comparaisons clés avaient été initiées avant que n'aient été élaborées les Directives pour les comparaisons clés, liées à l'arrangement de reconnaissance mutuelle (MRA). Des exemplaires de ces directives sont distribués aux participants, ainsi que le rapport du Comité international des poids et mesures (CIPM) sur les « Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie » et l'annuaire des Comités consultatifs daté de mars 2000, dont la dernière mise à jour figure aussi sur le site Web du BIPM.

M. Ugur est le nouveau président du CCT.

Le président exprime la gratitude du CCT à M. M. Durieux pour sa longue collaboration : M. Durieux a été le rapporteur du CCT pendant les trente dernières années. M. M. de Groot est nommé rapporteur.

L'ordre du jour est approuvé après quelques modifications mineures. Il est décidé que les documents présentés à la réunion seront discutés au point concerné de l'ordre du jour. Ces documents sont répertoriés à l'annexe T 1.

2 RAPPORTS DES GROUPES DE TRAVAIL

2.1 Groupe de travail 1 : points fixes de définition et instruments d'interpolation

M. Bloembergen représente le groupe de travail et résume les travaux présentés dans les documents CCT/2000-11 et -13. Le groupe de travail progresse dans la révision du document *Supplementary Information for the ITS-90* : le texte est en cours de révision et les références doivent être mises à jour. M. Bloembergen demande aux laboratoires de transmettre au groupe de travail les informations intéressantes ; la révision concernera la réalisation des points fixes par des techniques améliorées et l'utilisation de thermomètres d'interpolation. De nouvelles valeurs sur la non-unicité seront intégrées ; une attention particulière sera accordée à la description détaillée de l'incertitude et à sa propagation dans l'EIT-90. Le groupe de travail envisage d'inclure dans ce document le projet de recommandation sur l'extension de l'EIT-90 aux basses températures soumis à discussion à cette réunion.

Après quelque discussion, il est décidé que le groupe de travail devra étudier la question des impuretés dans les points fixes.

2.2 Groupe de travail 2 : points fixes secondaires et techniques permettant une réalisation approchée de l'EIT-90

M. Bedford, président du Groupe de travail 2, dit que le groupe de travail considère que les tâches qui lui incombent n'ont pas un caractère d'urgence, comme indiqué dans le document CCT/2000-3. Le représentant de la PTB au groupe de travail est M. Tegeler, et non M. Edler, comme cela est indiqué dans le document. La révision du document intitulé *Techniques for Approximating the ITS-90* est maintenant nécessaire et il est donc important que le groupe poursuive ses activités. Un échéancier est proposé pour aboutir à un premier projet de monographie d'ici un an, mais au cours de la discussion qui s'ensuit, il est décidé que le groupe de travail commencera par tracer un plan avant de faire circuler ce premier projet aux membres du CCT pour commentaires. Un point qui mérite plus d'attention dans la future monographie est celui des incertitudes que l'on peut atteindre avec les techniques d'approximation.

2.3 **Groupe de travail 3 : équivalence internationale des mesures de température et comparaisons internationales correspondantes**

M. Bonnier rend compte des activités de ce grand groupe de travail. Le document CCT/2000-15 fournit des détails complémentaires. Un des principaux points de discussion était l'état d'avancement des comparaisons clés. En janvier 2000, une réunion a eu lieu à Washington entre les coordinateurs des comparaisons clés et le Groupe de travail 3. Une deuxième réunion a eu lieu juste avant la présente session du CCT. Pour les besoins de ces réunions, les membres du groupe de travail ont été autorisés à lire le projet A des rapports des comparaisons clés. Chaque comparaison clé est discutée au point concerné de l'ordre du jour. M. Ugur suggère que le CCT organise un atelier sur l'analyse des incertitudes d'un point fixe (le point triple de l'eau). Il est demandé au groupe de travail d'identifier les points fixes pour lesquels on ne parvient pas à un consensus sur les incertitudes.

Quant aux protocoles des comparaisons clés, il est décidé de demander à ce qu'ils s'appliquent à toutes les comparaisons clés, y compris à celles en cours, de façon à pouvoir vérifier que les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie (celles organisées par les organisations régionales de métrologie) soient en accord avec celles du CCT. En ce qui concerne la comparaison clé CCT-K3, le CCT considère qu'il n'est pas nécessaire que le protocole des comparaisons clés régionales soit tout à fait identique à celui de la comparaison clé du CCT. Il faut que les protocoles garantissent que les résultats des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie soient compatibles et puissent être comparés à ceux de la comparaison clé du CCT. Pour les protocoles des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie liées à la comparaison CCT-K3, le CCT conclut de ne pas étendre leur domaine de température au point fixe de l'aluminium. Il est demandé aux coordinateurs des comparaisons en cours de fournir le protocole de leur comparaison clé au secrétaire exécutif du CCT, M. Köhler. [Ultérieurement, au point 7 de l'ordre du jour, il a été décidé que le président du nouveau Groupe de travail 7 sur les comparaisons clés, M. Pavese, collecterait tous les protocoles des comparaisons clés en cours.]

2.4 Groupe de travail 4 : détermination des températures thermodynamiques et extension de l'EIT-90 à de plus basses températures

M. Rusby se réfère aux documents CCT/2000-26 et -26a, la première partie du document CCT/2000-26 constitue la principale conclusion des activités du Groupe de travail 4. Le groupe de travail propose une échelle provisoire pour les basses températures (EPBT-2000) dans le document CCT/2000-26a. Cette échelle est un compromis entre diverses échelles plus que le résultat d'un consensus. Cependant, cette échelle provisoire est soumise à l'approbation du CCT en l'absence de nouvelles mesures. L'annexe 1 du document CCT/2000-26 est un résumé de la réunion du groupe de travail du 21 janvier 2000. Il est possible de se procurer le compte rendu intégral de la réunion auprès du président du groupe de travail.

Il est décidé que le groupe de travail élaborera un projet de recommandation sur l'extension de l'échelle de température qu'il soumettra au CCT avant la fin de la présente session. Le groupe de travail fournira des informations sur l'échelle provisoire pour le document *Supplementary Information*.

2.5 Groupe de travail 5 : Groupe de travail commun au CCT et au CCPR sur la détermination des températures thermodynamiques des corps noirs à haute température

Le CCT propose que le groupe de travail cesse ses activités car il a accompli les missions qui lui avaient été imparties. La Recommandation T 2 (1996) du CCT constitue l'aboutissement des travaux de ce groupe de travail. Les travaux expérimentaux demandés dans cette recommandation n'ont pas suffisamment progressé pour que ce groupe de travail poursuive ses activités. Il est aussi demandé au CCPR de dissoudre ce groupe de travail.

2.6 Groupe de travail 6 : mesures d'humidité

M. Huang présente le rapport de ce nouveau groupe. Le groupe de travail dit qu'il n'a pas été capable de proposer un projet de comparaison clé sur les mesures d'humidité, malgré de longues discussions. Le groupe de travail et le CCT considèrent qu'une comparaison de ce type est indispensable pour les laboratoires qui travaillent sur ce sujet. Une comparaison clé a été décidée. Le groupe de travail est donc chargé de proposer un protocole pour la réalisation de celle-ci ; ce protocole devra être approuvé ultérieurement par le CCT par

correspondance. Quand le CCT aura approuvé le protocole, le président du CCT en informera le coordinateur de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Il est prévu une place dans la base de données pour les comparaisons provisoires, comme la comparaison de mesure du point de rosée de l'APMP.

3 ÉTAT D'AVANCEMENT DES COMPARAISONS CLÉS DU CCT

3.1 Arrangement de reconnaissance mutuelle

M. Quinn présente l'arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie (MRA) qui a été approuvé par la Conférence générale des poids et mesures en 1999 et signé par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en octobre 1999. Les points principaux de cet arrangement sont résumés à la page 6 de ce document. Le MRA ne sera pas modifié d'ici la prochaine session de la Conférence générale en 2003. Ce n'est qu'alors que ce document pourra être modifié pour tenir compte de l'expérience acquise.

La base de données du BIPM sur les comparaisons clés contient les annexes A (liste des signataires du MRA), B (résultats des comparaisons clés et supplémentaires du CIPM et des organisations régionales de métrologie), C (possibilités en matière de mesures et d'étalonnages, CMCs) et D (liste des comparaisons clés), comme indiqué à la page 20 du MRA. Le CCT est chargé de choisir et d'organiser les comparaisons clés et de valider les résultats comme indiqué au point T.8, page 18 du MRA. Le CCT doit donc établir un groupe de travail sur les comparaisons clés pour approuver les résultats de celles-ci.

De plus, le CCT doit participer en permanence à la mise à jour de l'annexe C. Les organisations régionales de métrologie passent au crible les données, et le CCT doit étudier s'il y a des anomalies apparentes. Cette question sera examinée au point 5 de l'ordre du jour.

Le CCT doit prendre une décision sur la méthode de calcul de la valeur de référence d'une comparaison clé. Celle-ci est liée à l'inclusion des résultats

dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (annexe B du MRA).

3.2 Comparaison clé CCT-K1 : réalisation de l'EIT-90 de 0,65 K à 24,5561 K au moyen de thermomètres à résistance fer-rhodium

M. Rusby dit que la comparaison clé CCT-K1 a débuté en 1996 et que le NPL a effectué ses premières mesures au moyen de thermomètres fournis par le NIST, le NMi-VSL, le NPL, le NRC, le NRLM et la PTB en 1998. Le NPL mesure en ce moment les thermomètres du KRISS et du VNIIFTRI. Le NPL ne diffusera aucune information tant que tous les résultats ne seront pas disponibles ; par conséquent, le projet A de rapport n'est pas prêt. Peu de laboratoires participants ont pleinement réalisé l'EIT-90 dans ce domaine. Il a été décidé que peuvent y participer tous les laboratoires qui réalisent l'échelle au mieux de leurs possibilités, soit par réalisation directe de l'EIT-90, soit par des techniques d'approximation de l'échelle. Les incertitudes-types des comparaisons clés doivent être exprimées à un niveau de confiance de 95 %.

Quelques résultats initiaux et non identifiables ont été présentés.

3.3 Comparaison clé CCT-K2 : réalisation de l'EIT-90 de 13,8 K à 273,16 K au moyen de thermomètres à résistance de platine étalons de type capsule

M. Steele dit que des thermomètres à résistance de platine étalons de type capsule ont été mesurés pour le BNM-INM, l'IMGC, le KRISS, le NIST, le NMi-VSL, le NPL, le NRC, la PTB et le VNIIFTRI. Le NMi-VSL et le VNIIFTRI se sont retirés de la comparaison clé pour des raisons techniques. Le NMi-VSL s'est retiré avant que le projet A de rapport n'ait été distribué aux participants. Un nouveau cycle de mesures est en cours. Les thermomètres ont été comparés dans un bloc comparateur à tous les points fixes de l'EIT-90 et à un nombre suffisant de températures entre les points fixes. Ces mesures permettront de tirer des conclusions de cette comparaison sur l'accord entre les réalisations de l'échelle par les laboratoires et sur la non-unicité de l'échelle entre les points fixes. Le projet A de rapport sur le premier cycle de mesures est en discussion entre les laboratoires participants.

Il est reconnu que les comparaisons clés ont débuté avant que le MRA n'existe et avant qu'il n'ait été décidé d'établir et de définir un document de directives pour les comparaisons clés du CIPM (annexe F du MRA). Le

nouveau groupe de travail sur les comparaisons clés établi lors de la présente session au point 7 de l'ordre du jour est chargé d'inventorier les cas où les comparaisons clés en cours s'écartent de ces directives. Par exemple, on ne peut accepter le retrait d'un résultat d'une comparaison clé en cours du CCT non motivé par le comportement d'un étalon voyageur ou par un phénomène clair qu'avec l'accord de tous les laboratoires participants à la comparaison clé ; le retrait en question doit être explicité dans le rapport de la comparaison clé.

3.4 Comparaison clé CCT-K3 : réalisation de l'EIT-90 de 83,8 K à 933,5 K au moyen de thermomètres à résistance de platine étalons à longue tige

Le coordinateur de cette comparaison clé (M. Mangum) n'a pas présenté les résultats à cette réunion parce que le projet B de rapport n'est pas encore disponible. Les discussions sur le projet A de rapport sont en cours. M. Ripple, du laboratoire pilote, commente qu'il faudra résoudre certains désaccords dans les résultats de cette comparaison clé au moyen de comparaisons bilatérales à venir. Le rapport ne contient pas de valeur de référence de la comparaison clé par décision du coordinateur. Il est demandé au CCT de décider s'il est nécessaire que ce rapport comporte des valeurs de référence. En raison d'autres événements survenus lors de la réunion, cette question n'a pas été examinée et sera discutée lors de la prochaine session du CCT ; pour le rapport mentionné ci-dessus, la question devra être résolue par le coordinateur et par le Groupe de travail du CCT sur les comparaisons clés.

Les participants demandent à ce que les changements apportés au projet A de rapport soient explicités dans le rapport. Ils doivent être identifiés en collaboration avec le Groupe de travail sur les comparaisons clés. Il est demandé au coordinateur d'analyser les résultats en collaboration avec les coordinateurs adjoints. Pour que les laboratoires participants aient confiance dans les résultats, le CCT décide que tous les résultats et leurs incertitudes soient fournis aux laboratoires participants afin de leur permettre de vérifier la validité des résultats figurant dans le rapport avant la date limite fixée par le coordinateur. Le rapport résultera d'un consensus entre les laboratoires participants et il sera exposé lors de la prochaine session du CCT.

Malgré le départ à la retraite du coordinateur de la comparaison CCT-K3, le CCT a demandé au NIST de poursuivre ces activités pour cette comparaison.

3.5 Comparaison clé CCT-K4 : comparaison aux points fixes de l'aluminium et de l'argent

M. Seidel dit, au nom du coordinateur, que le projet A de rapport de la comparaison clé aux points fixes de l'aluminium et de l'argent par la méthode de thermométrie par contact n'est pas encore disponible, car les dernières mesures sont en cours. Les résultats sont incomplets et ne peuvent pas encore être analysés. Le coordinateur demande au CCT s'il est pour ou contre l'utilisation d'une valeur de référence de la comparaison clé. Comme les participants à la réunion n'avaient pas d'avis bien établi sur cette question, il est demandé au Groupe de travail sur les comparaisons clés d'y apporter une réponse.

3.6 Comparaison clé CCT-K5 : réalisation de l'EIT-90 entre le point fixe de l'argent et 1700 °C en utilisant des lampes à ruban sous vide comme étalons de transfert

M. de Groot présente le rapport de la comparaison clé de lampes à ruban à tungstène. Le projet A de rapport a été distribué aux laboratoires participants et il est en discussion. Les discussions sont actuellement centrées sur le bilan d'incertitude, comme cela avait été décidé à la réunion du Groupe de travail 3 du CCT en janvier 2000. Une proposition a été faite pour établir une liste pour la classification des incertitudes qui puisse être utilisée par tous les participants pour établir leur bilan d'incertitude. La liste proposée par le coordinateur n'était pas acceptable pour un grand nombre de participants. Le CCT a décidé qu'une liste de ce type est utile et nécessaire pour comparer les résultats, mais que ce n'est pas une raison pour retarder la publication du rapport de cette comparaison clé. Il est demandé au coordinateur de poursuivre séparément ses travaux sur le bilan d'incertitude, et de se consacrer en priorité au projet B de rapport, dans lequel les incertitudes doivent être publiées de la même manière que dans les rapports fournis par les participants à l'entête de leur laboratoire.

Le Groupe de travail 3 du CCT a aussi demandé au CCT de discuter du fait que le NRC souhaite modifier ses résultats pour la comparaison clé pour des raisons techniques, comme indiqué dans le document CCT/2000-12. Le laboratoire explique que le coordinateur n'a pas identifié le caractère anormal des résultats du NRC avant de faire circuler le projet A de rapport et n'a pas permis au NRC de vérifier ses résultats. Il est décidé que le coordinateur

demandera à tous les participants de la comparaison CCT-K5 de donner leur accord pour que le NRC modifie ses résultats comme il le souhaite. Si tous les laboratoires sont d'accord, les résultats seront modifiés et cela sera indiqué et expliqué dans le rapport. Le CCT décide à l'unanimité que le Groupe de travail sur les comparaisons clés doit en être informé, ainsi que sur les autres points qui peuvent être contradictoires avec les directives. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés doit examiner toutes les questions en conflit avec les directives pour les comparaisons clés et résumer ses conclusions dans une recommandation soumise à l'approbation du CCT lors de sa prochaine session. Les questions pour lesquelles le groupe de travail ne peut arriver à une conclusion doivent être soumises à une discussion détaillée au CCT. Ainsi, le groupe de travail peut établir les fondements d'une nouvelle comparaison clé en accord avec les directives, tous les problèmes apparus dans les comparaisons clés en cours du fait de l'état d'imprécision des directives pouvant maintenant être résolus.

Quant au retrait du NMi-VSL et du VNIIFTRI de la comparaison clé CCT-K2, le CCT l'accepte après avoir entendu les arguments du NRC suivant lesquels ces deux cas peuvent être attribués à un étalon voyageur défectueux et compte tenu de l'accord de tous les participants à la comparaison.

Le CCT discute du cas d'un laboratoire pilote d'une comparaison clé qui ne souhaite pas présenter ses conclusions au CCT. Un tel cas pourrait en effet se présenter si des restrictions financières empêchent le laboratoire pilote d'accomplir sa mission de coordination. C'est au CCT ou à son Groupe de travail sur les comparaisons clés de décider de ce qu'il convient alors de faire.

Si un étalon voyageur est défectueux, les participants à la réunion considèrent qu'il est possible de répéter les mesures du seul laboratoire concerné avant de divulguer les résultats de la comparaison. Dans ce cas, tous les participants doivent en être informés. M. Quinn ajoute que les directives ont été rédigées pour éviter la possibilité d'une action unilatérale d'un participant et que l'accord de tous les participants est donc nécessaire. Les décisions des participants à la comparaison clé doivent être confirmées par le CCT lors de l'approbation du rapport de la comparaison clé.

Le Groupe de travail sur les comparaisons clés est-il autorisé à remettre en cause les résultats ou les incertitudes des uns et des autres ? Les comparaisons clés en cours n'ont pas de protocole décrivant en détail l'évaluation des incertitudes. Le laboratoire pilote peut demander à un laboratoire de détailler son bilan d'incertitude, à la demande d'autres laboratoires participants. Il est proposé d'accepter mutuellement les

incertitudes. On ne peut pas inciter un laboratoire à changer ses incertitudes. On ne peut faire pression que lorsque les données incluses dans l'annexe C sont analysées.

Pour les comparaisons clés en cours, la question de la valeur de référence de la comparaison clé est laissée aux laboratoires pilotes en coordination avec les participants. Le CCT discutera de cette question pour les comparaisons clés du CCT lors de sa prochaine session.

4 ÉTUDES RELATIVES À L'EIT-90

Il est décidé que le CCT organisera des ateliers sur les études relatives à l'EIT-90, en s'appuyant sur les documents du CCT. Les documents du CCT ne peuvent pas être discutés suffisamment en détail pendant les réunions du CCT, mais ils pourraient l'être pendant les ateliers dédiés à des sujets spécifiques.

5 RÔLE DU CCT DANS LA CLASSIFICATION DES INSTRUMENTS ET DES MESURES POUR L'ANNEXE C DU MRA

L'inclusion des données sur les CMCs (annexe C du MRA) dans le domaine de la thermométrie figurent à l'ordre du jour de la réunion de mars 2001 du Comité mixte des organisations régionales et du BIPM [Note : la discussion sur ce point a été repoussée à une date ultérieure]. Ces données doivent préalablement circuler au niveau régional, jusqu'au mois d'octobre 2000. Les organisations régionales de métrologie peuvent répondre jusqu'en janvier 2001.

Deux formats sont proposés pour inclure les données. L'un d'entre eux est décrit dans le document CCT/2000-27 et résulte des discussions au sein de l'APMP. L'EUROMET a tenu des discussions analogues pour aboutir au

format décrit dans le document CCT/2000-32. Le format de l'APMP suit une approche utilisateur, celui de l'EUROMET suit une approche métrologique.

La structure des tableaux sur les CMCs a été décidée par le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM. Les changements de structure, proposés par l'APMP dans le document CCT/2000-30, ne pourront être introduits qu'à long terme et avec l'accord du Comité mixte. L'interprétation de la colonne « entêtes » conseillée par le Comité mixte est du ressort des organisations régionales de métrologie.

6 **RAPPORT AU CIPM ET RECOMMANDATION**

L'extension de l'EIT-90 au-dessous de 0,65 K est discutée. Cette extension porte le titre d'Échelle provisoire pour les basses températures 2000, EPBT-2000. Cette échelle est provisoire parce que son incertitude au-dessous de 10 mK est plus élevée que l'on ne le souhaiterait. D'autre part, tous les travaux sur cette échelle n'ont pas été publiés dans des journaux à comité de lecture. L'échelle est cependant fiable et elle est vraiment nécessaire. L'EPBT-2000 recouvre l'EIT-90 entre 0,65 K et 1 K pour corriger les écarts qui existent avec l'EIT-90, comme le montrent les mesures de températures thermodynamiques. Un tel recouvrement existe aussi entre l'EIPT-68 et l'EPT-76 au bas de l'EIPT-68. Dans le domaine de recouvrement, les températures peuvent être distinguées par l'indice : T_{2000} fait référence à l'EPBT-2000, alors que T_{90} fait référence à l'EIT-90. Le CCT approuve à l'unanimité l'EPBT-2000 et le texte de l'EPBT-2000 est annexé à la recommandation soumise au CIPM.

7 **ÉTABLISSEMENT ET COMPOSITION DES GROUPES DE TRAVAIL DU CCT**

En général, les groupes de travail doivent poursuivre leurs activités jusqu'à la prochaine session du CCT avec les attributions et la composition définies lors

de la précédente session. Les changements sont mentionnés ci-dessous. Il faut noter que les membres des groupes de travail sont des laboratoires, et pas des personnes. Dans certains cas, lorsque des membres du groupe de travail participaient déjà activement aux activités de l'ancien groupe de travail, ils peuvent continuer à y participer à titre d'expert.

Le Groupe de travail 1 sur les points fixes de définition et les instruments d'interpolation poursuivra ses activités, avec M. Ripple du NIST comme président. Le CCT décide qu'il faut ajouter aux anciens membres que sont l'IMGC-CNR, le NMi-VSL, la PTB et le VNIIM, deux nouveaux membres, le BNM-INM et le NRC.

Le Groupe de travail 2 sur les points fixes secondaires et les techniques permettant une réalisation approchée de l'EIT-90 poursuivra ses activités avec M. Steele du NRC comme président. Parmi ses membres actuels, c'est-à-dire l'IMGC, le KRISS, le NIM et la PTB, l'IMGC et le KRISS ont décidé de se retirer. Le CCT accepte le NRLM comme nouveau membre et le MSL est invité à en être membre.

Le Groupe de travail 3 (sur l'équivalence internationale des mesures de température et les comparaisons internationales correspondantes) poursuivra ses activités avec M. Bonnier du BNM-INM comme président. Le groupe de travail ne s'occupera plus des comparaisons clés. Il s'appelle maintenant « Groupe de travail sur les incertitudes ». Ses anciens membres sont le CSIRO-NML, l'IMGC, le KRISS, le NIST, le NMi-VSL, la PTB et le SMU. Le KRISS se retire du groupe de travail. Le NRLM est accepté comme nouveau membre.

Le Groupe de travail 4 sur la détermination des températures thermodynamiques et l'extension de l'EIT-90 à de plus basses températures poursuivra ses activités avec M. Rusby du NPL comme président. Les anciens membres du groupe de travail sont MM. M. Durieux du KOL, R.P. Hudson à titre d'expert, l'IMGC, le MSL et la PTB. L'IMGC se retire du groupe de travail. Le NIST est convié à nommer un représentant au groupe de travail et accepte cette invitation.

Le Groupe de travail 5 est un nouveau groupe de travail sur la thermométrie à rayonnement. M. Fischer de la PTB est nommé président à l'unanimité. Ses membres sont le CSIRO, l'IMGC-CNR, le KRISS, le NIM, le NIST, le NMi-VSL, le NPL, le NRLM, le PSB et le VNIIM. Le MSL est invité à en être membre.

Le Groupe de travail 6 sur les mesures d'humidité poursuivra ses activités avec P. Huang du NIST comme président. Ses membres sont l'IMGC, le NPL,

le NRLM et le VNIIM. Le CCT accepte d'ajouter le BNM-INM, le KRISS, le NIM et le PSB comme nouveaux membres.

Le Groupe de travail 7 sur les comparaisons clés est établi comme nouveau groupe de travail. Les membres de ce groupe de travail sont les laboratoires pilotes des comparaisons clés en cours. Quand une nouvelle comparaison clé commence, son laboratoire pilote devient membre du groupe de travail jusqu'à ce que la comparaison clé soit achevée et le rapport approuvé par le CCT. Sur cette base, les membres de ce groupe de travail sont le NIST, le NMi-VSL, le NPL, le NRC et la PTB. Le président du Groupe de travail 3 en est membre à titre personnel. L'IMGC-CNR et le KRISS en sont des membres permanents. Le président du groupe de travail est M. Pavese de l'IMGC-CNR. Le secrétaire exécutif du CCT apporte son soutien au groupe de travail et en est membre, sans droit de vote.

Le Groupe de travail 8 est un nouveau groupe de travail sur les possibilités des laboratoires en matière de mesures et d'étalonnages. Les présidents des organisations régionales de métrologie sont invités à y nommer un représentant. Les autres membres sont l'IMGC-CNR et le NPL. M. Ono du NRLM en est le président. La première mission de ce groupe de travail est de mettre au point une liste des équipements pour le tableau sur les CMCs avant le 15 juin 2000.

Ces groupes de travail sont établis à la date de la présente session du CCT.

8 QUESTIONS DIVERSES

Comparaisons clés. La procédure proposée est la suivante : les comparaisons clés sont d'abord discutées au sein du Groupe de travail sur les comparaisons clés et elles sont ensuite finalisées par le CCT. Les comparaisons bilatérales supplémentaires peuvent débiter après avoir été enregistrées par le secrétaire exécutif du CCT, comme indiqué au paragraphe 10 des directives.

Au cours de sa prochaine session, le CCT discutera de la possibilité de voter et de prendre des décisions par correspondance.

La liaison avec les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie est discutée. La liaison entre la comparaison clé de l'APMP et la

comparaison CCT-K3, et entre le projet de comparaison clé de l'EUROMET et la comparaison clé CCT-K3 n'inclut pas le point de l'aluminium. Le CCT admet que les organisations régionales de métrologie sont responsables de la compatibilité entre leurs comparaisons clés et celles du CIPM. Si l'organisation régionale juge que des différences entre les protocoles peuvent les rendre incompatibles, l'organisation régionale peut contacter le Groupe de travail sur les comparaisons clés.

Le président présente le document CCT/2000-33. La liste contient des sujets de discussion pour les prochaines réunions. L'objet de ce document est d'expliquer le mode opératoire du CCT. La liste concerne son organisation, les questions liées au MRA, les travaux scientifiques et son fonctionnement. Sous la rubrique « Organisation », la liste comporte des entrées relatives aux points à préciser sur les objectifs, les perspectives d'avenir, les membres et le rôle des différents intervenants. Le président distribue la liste et aimerait connaître les réactions des participants au CCT sur les rubriques de la liste ; il leur demande de lui proposer d'autres rubriques avant la fin de l'été 2000. Sur la base de ces commentaires, il rédigera un projet de document sur le mode opératoire du CCT au moins deux mois avant la prochaine session du CCT ; ce document sera finalisé pendant la prochaine session du CCT. Le président informera les membres du CCT directement de l'état d'avancement de ce projet par courrier électronique.

9 DATE DE LA PROCHAINE SESSION

La prochaine session du CCT se tiendra du 12 au 14 septembre 2001, les groupes de travail se réuniront les 10 et 11 septembre.

M. de Groot, rapporteur
novembre 2000,
révisé mars 2001

**RECOMMANDATION DU
COMITÉ CONSULTATIF DE THERMOMÉTRIE
PRÉSENTÉE AU
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES**

**Recommandation T 1 (2000) :
Extension de l'Échelle internationale de température au-dessous de
0,65 K***

Le Comité consultatif de thermométrie,

considérant

- la Résolution 9 de la 21^e Conférence générale des poids et mesures, laquelle invite le Comité international des poids et mesures à étudier une équation exprimant la variation de pression de fusion de ^3He en fonction de la température thermodynamique qui puisse servir de base à une extension de l'Échelle internationale de température de 1990 (EIT-90) au-dessous de sa limite inférieure actuelle de 0,65 K,
- que l'on est maintenant parvenu à un accord sur une échelle provisoire pour les basses températures situées entre 0,9 mK et 1 K, l'EPBT-2000,

recommande d'adopter cette échelle à titre provisoire.

* Lors de sa 89^e session en 2000, le Comité international des poids et mesures a adopté cette recommandation en tant que Recommandation 1 (CI-2000).

Annexe à la Recommandation T 1 (2000)**L'Échelle provisoire pour les basses températures situées entre 0,9 mK et 1 K, EPBT-2000****1 L'échelle**

L'échelle est définie par l'équation suivante reliant la pression de fusion p de l'³He à la température T_{2000} :

$$p/\text{MPa} = \sum_{i=-3}^{+9} a_i (T_{2000}/\text{K})^i$$

$$\begin{aligned} a_{-3} &= -1,385\,544\,2 \cdot 10^{-12} \\ a_{-2} &= 4,555\,702\,6 \cdot 10^{-9} \\ a_{-1} &= -6,443\,086\,9 \cdot 10^{-6} \\ a_0 &= 3,446\,743\,4 \cdot 10^0 \\ a_1 &= -4,417\,643\,8 \cdot 10^0 \\ a_2 &= 1,541\,743\,7 \cdot 10^1 \\ a_3 &= -3,578\,985\,3 \cdot 10^1 \\ a_4 &= 7,149\,912\,5 \cdot 10^1 \\ a_5 &= -1,041\,437\,9 \cdot 10^2 \\ a_6 &= 1,051\,853\,8 \cdot 10^2 \\ a_7 &= -6,944\,376\,7 \cdot 10^1 \\ a_8 &= 2,683\,308\,7 \cdot 10^1 \\ a_9 &= -4,587\,570\,9 \cdot 10^0 \end{aligned}$$

2 Commentaires sur l'EPBT-2000

La pression de fusion de l'³He a été choisie pour servir de base à l'extension de l'EIT-90 en raison de la précision et de la fiabilité avec laquelle elle peut être mesurée dans un grand intervalle de températures (dont les valeurs extrêmes sont dans un rapport supérieur à mille), à l'exception d'une bande étroite avoisinant la pression minimale à 315,24 mK (*voir* figure). Le minimum de pression a lui-même l'avantage, en contrepartie, de fournir un point fixe convenable pour étalonner les capteurs de pression (la pression doit être mesurée à l'aide d'un capteur *in situ* parce que, aux températures situées en-dessous du minimum de pression, les canalisations de liaison seront bouchées par l'³He en phase solide et le capteur sera donc isolé).

Le minimum de pression est un des quatre phénomènes naturels qui peuvent être localisés et utilisés comme points fixes de pression et de température, les autres étant la transition vers la phase « A » superfluide, la transition entre la

phase « A » et la phase « B » superfluides et la transition de Néel en phase solide. Les valeurs de la pression et de la température de ces quatre points dans l'EPBT-2000 sont les suivantes :

| Point | p/MPa | T_{2000}/mK |
|---------|----------------|----------------------|
| minimum | 2,931 13 | 315,24 |
| A | 3,434 07 | 2,444 |
| A-B | 3,436 09 | 1,896 |
| Néel | 3,439 34 | 0,902 |

L'incertitude-type absolue de l'échelle définie par rapport à la température thermodynamique est estimée à 0,5 mK au-dessus de 500 mK, elle décroît ensuite linéairement jusqu'à 0,2 mK à 100 mK. Elle décroît ensuite aux températures plus basses, mais elle augmente en valeur relative pour atteindre 0,3 % de T à 25 mK et 2 % de T à 0,9 mK. L'incertitude-type absolue de la pression est estimée à environ 60 Pa (au voisinage de 3 MPa).

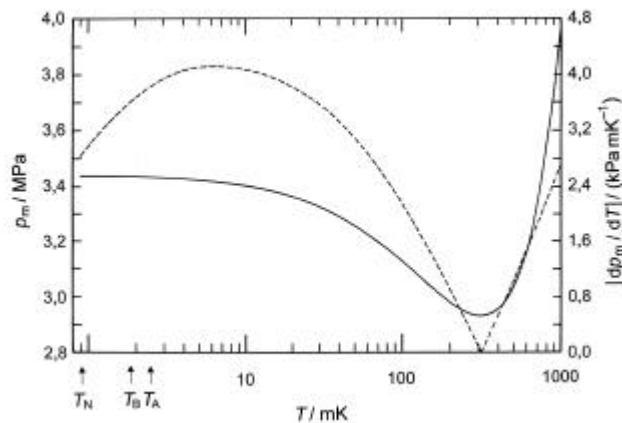


Figure : pression de fusion p de l' ^3He (trait continu) et valeur absolue de la dérivée dp/dT (trait discontinu) en fonction de la température. T_N , T_B et T_A représentent les températures des trois transitions de phase de l' ^3He à l'état solide ou liquide.

ANNEXE T 1.**Documents de travail présentés à la 20^e session du CCT**

Ces documents de travail peuvent être obtenus dans leur langue originale sur demande adressée au BIPM.

Document
CCT/

- 1999-1 Retiré à la demande de la PTB.
- 1999-2 VNIIM (Féd. de Russie). — Interpolation and transfer of a temperature scale with the special measure by a contact and contactless ways in a temperature range 800...1600 °C, M.S. Matveyev, A.I. Pokhodun, Yu. A. Sild, 6p.
- 1999-3 VNIIM (Féd. de Russie). — Effects of the heat treatment conditions at high temperature on the stability of HTPRTs, N.P. Moiseeva, 11p.
- 1999-4 VNIIM (Féd. de Russie), NIST (États-Unis). — Investigation of stability of HTPRTS at high temperature, N.P. Moiseeva, A.I. Pokhodun, B.W. Mangum, G.F. Strouse, 7 p.
- 1999-5 NRLM (Japon). — A series of practical high temperature fixed points above the copper using metal-carbon eutectics, Y. Yamada, H. Sakate, F. Sakuma, A. Ono, 7 p.
- 1999-6 PTB (Allemagne). — Organization of an international star intercomparison of low-temperature fixed points using sealed triple-point cells, B. Fellmuth, 4 p.
- 1999-7 PTB (Allemagne). — Measurement program for the comparison of low-temperature fixed points using sealed triple-point cells, B. Fellmuth, D. Berger, L. Wolber, 8p.
- 1999-8 BNM-INM/CNAM (France), IMGIC (Italie), NPL (Royaume-Uni), PTB (Allemagne). — EUROMET Guidelines for the construction and use of platinum versus palladium thermocouples, E. Renaot, M. Elgourdou, G. Bonnier, M. Battuello, R.L. Rusby, F. Edler, M. Albrecht, E. Tegeler, 12 p.

Document

CCT/

- 1999-9 IMG-CNR (Italie). — Dc and ac measurements of long stem SPRTs in the sub-range Hg–Ga, P. Marcarino, P.P.M. Steur, 3 p.
- 1999-10 BNM-INM (France), CEM (Espagne), CMA (Finlande), IMG-C (Italie), IPQ (Portugal), Justervesenet (Norvège), NMi-VSL (Pays-Bas), NPL (Royaume-Uni), OFMET (Suisse), PTB (Allemagne), SP (Suède). — A European comparison of the mercury fixed point, Y. Hermier, G. Bonnier, V. Chimenti, F. Perezagua, D. del Campo, T. Weckström, P. Marcarino, R. Dematteis, E. Filipe, I. Lobo, C. Rauta, J.F. Dubbeldam, M. De Groot, D.I. Head, R.L. Rusby, A. Wittwer, W. Münch, F. Edler, B. Fellmuth, J. Ivarsson, 5 p.
- 1999-11 Groupe de travail 1 du CCT. — On the influence of impurities on fixed-point temperatures, B.W. Mangum, P. Bloembergen, B. Fellmuth, P. Marcarino, A.I. Pokhodun, 7 p.
- 1999-12 CENAM (Mexique). — Estimation of systematic error due to impurities in thermometric fixed points, C. Méndez, 5 p.
- 1999-13 IMG-CNR, IMG-C-IAC (Italie). — Evaluation of uncertainty of melting-plateau data of cryogenic triple points with errors on both variables by means of bootstrap, F. Pavese, P. Ciarlini, G. Regoliosi, 7 p.
- 1999-14 IMG-CNR (Italie). — Degree of equivalence of the ITS-90 realizations in the range of the SPRTs and the key comparisons, F. Pavese, 4 p.
- 1999-15 Remplacé par le document CCT 2000-11.

Document

CCT/

- 2000-1 IMGC-CNR (Italie), PSB (Singapour). — Comparison of spectral responsivity measurements between IMGC (Italy) and PSB (Singapore), M. Battuello, T. Ricolfi, L. Wang, 6 p.
- 2000-2 MSL-IRL (Nouvelle-Zélande). — On the choice of comparison reference values for the purpose of pair-wise comparison of laboratories, D.R. White, 9 p.
- 2000-3 Groupe de travail 2 du CCT. — Report of the Working Group 2 to the CCT, 2 p.
- 2000-4 BNM-INM/CNAM (France). — Toward a reference function for the Pt/Pd thermocouple between 0 °C and 1500 °C, M. Elgourdou, E. Renaot, G. Bonnier, 7 p.
- 2000-5 NRC (Canada). — Long-term drift in triple point of water cells, K.D. Hill, 3 p.
- 2000-6 NRLM (Japon). — High temperature fixed points above 2500 K using metal-carbon eutectics, Y. Yamada, H. Sakate, F. Sakuma, A. Ono, 3 p.
- 2000-7 IMGC-CNR (Italie). — The 1978-84 results of the international intercomparison of fixed points by means of sealed cells (13.81 K to 90.686 K), in the format of the MRA key comparisons for thermometry, F. Pavese, 6 p.
- 2000-8 IMGC-CNR (Italie). — Musings on the KCRV in the aftermath of the NIST meeting, F. Pavese, P.P.M. Steur, 3 p.
- 2000-9 Remplacé par le document CCT/2000-19.
- 2000-10 KRISS (Rép. de Corée). — Interpolating constant volume gas thermometry in KRISS, D.J. Seong, K.H. Kang, 3 p.
- 2000-11 Groupe de travail 1 du CCT. — Report to the CCT by Working Group 1, 3 p.

Document

CCT/

- 2000-12 NRC-INMS (Canada). — Realization of ITS-90 between 961.78 °C and 1700 °C at NRC for the CCT-K5 comparison: Errors and corrections, C.K. Ma, 12 p.
- 2000-13 Groupe de travail 1 du CCT. — Optimal realization of the defining fixed points of the ITS-90 that are used for contact thermometry, 26 p.
- 2000-14 BIPM. — Comparison of water triple-point cells from different manufacturers, R. Pello, R. Köhler, 3 p.
- 2000-15 Groupe de travail 3 du CCT. — Activity of the Working Group 3, 1 p.
- 2000-16 BNM-INM (France). — Combined standard uncertainty – SPRT calibration at the water triple point, E. Renaot, G. Bonnier, 5 p.
- 2000-17 BNM-INM (France). — Combined standard uncertainty – SPRT calibration according ITS-90, E. Renaot, G. Bonnier, 11 p.
- 2000-18 PTB (Allemagne). — Progress report for the international star intercomparison of low-temperature fixed points using sealed triple-point cells, B. Fellmuth, 1 p.
- 2000-19 IMGC-CNR (Italie), NIST (États-Unis). — On the isotopic composition of commercial hydrogen vs “natural composition” and the problems for the ITS-90 definition, F. Pavese, W. Tew, 2 p.
- 2000-20 IMGC-CNR (Italie). — Improvement of European traceability in temperature measurements below 0 °C using permanently-sealed transportable multicell standards, Project MULTICELLS, 2000-2002, F. Pavese, 3 p.
- 2000-21 IMGC-CNR (Italie). — Superconductive-transition based thermometer: a proposed new type of thermometer for the cryogenic range, F. Pavese, I. Peroni, 3 p.
- 2000-22 Groupe de travail 6 du CCT. — Report to the CCT by Working Group 6 on Humidity Measurements, 1 p.

Document

CCT/

- 2000-23 Slovak University of Technology, SMU (Slovaquie). — Contribution to the evaluation of the uncertainties of the SPRT calibration in the defining fixed points, R. Palencar, S. Duris, R. Brdecka, 12p.
- 2000-24 NRC-INMS (Canada). — Error in the effective wavelength correction stipulated in the protocol to the CCT-K5 comparison, C.K. Ma, 4 p.
- 2000-25 NPL (Royaume-Uni). — ITS-90: It's 10!, R. Rusby, 12p.
- 2000-26 Groupe de travail 4 du CCT. — Working Group 4 report to the CCT: April 2000, 14 p.
- 2000-27 APMP, NRLM (Japon). — APMP comparisons and CMC coordination in thermometry, A. Ono, 18 p.
- 2000-28 VNIIFTRI (Féd. de Russie). — Standard thermometers for low temperatures, D.N. Astrov, S.V. Korostin, V.I. Sviridenko, 5p.
- 2000-29 Preliminary offer of interest in APMP key and supplementary comparisons, 1 p.
- 2000-30 APMP. — Tags on measurement/calibration services from CMC review, A. Ono, 2 p.
- 2000-31 NRLM (Japon). — APMP Key comparison protocol for radiation temperature scale – 1998.10.5, 5 p.
- 2000-32 Thermometry – Classification of instruments and standards for CMCs, 2 p.
- 2000-33 CCT rules of operation (v 1.0, 2000/1), 1 p.

LISTE DES SIGLES UTILISÉS DANS LE PRÉSENT VOLUME

1 Sigles des laboratoires, commissions et conférences

| | |
|-----------|--|
| APMP | Asia/Pacific Metrology Programme |
| BIPM | Bureau international des poids et mesures |
| BNM | Bureau national de métrologie, Paris (France) |
| BNM-CNAM | Bureau national de métrologie, Conservatoire national des arts et métiers, Paris (France) |
| BNM-INM | Bureau national de métrologie, Institut national de métrologie, Paris (France) |
| CCPR | Comité consultatif de photométrie et radiométrie |
| CCT | Comité consultatif de thermométrie |
| CEM | Centro Español de Metrología, Madrid (Espagne) |
| CENAM | Centro Nacional de Metrología, Mexico (Mexique) |
| CIPM | Comité international des poids et mesures |
| CMA/MIKES | Centre for Metrology and Accreditation/Mittatekniikan Keskus, Helsinki (Finlande) |
| CNAM | Conservatoire national des arts et métiers, Paris (France), voir BNM-CNAM |
| CSIR-NML | Council for Scientific and Industrial Research, National Metrology Laboratory, Pretoria (Afrique du Sud) |
| CSIRO-NML | CSIRO, National Measurement Laboratory, Lindfield (Australie) |
| EUROMET | European Collaboration in Measurement Standards |
| IAC | Istituto per le Applicazioni del Calcolo « M. Picone », Rome (Italie) |
| IMGC-CNR | Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Turin (Italie) |
| INM | Institut national de métrologie, Paris (France), voir BNM |
| IPQ | Instituto Português da Qualidade, Lisbonne (Portugal) |
| KOL | Kamerlingh Onnes Laboratorium, Leyde (Pays-Bas) |
| KRISS | Korea Research Institute of Standards and Science, Taejon (Rép. de Corée) |
| Metas | (ex OFMET) Office fédéral de métrologie et d'accréditation, Wabern (Suisse) |

| | |
|----------|--|
| MRA | Arrangement de reconnaissance mutuelle/Mutual Recognition Arrangement |
| MSL | Measurement Standards Laboratory of New Zealand, Lower Hutt (Nouvelle-Zélande) |
| NIM | Institut national de métrologie, Beijing (Chine) |
| NIST | National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg (États-Unis) |
| NMi-VSL | Nederlands Meetinstituut, Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas) |
| NPL | National Physical Laboratory, Teddington (Royaume-Uni) |
| NRC | National Research Council of Canada, Ottawa (Canada) |
| NRC-INMS | Conseil national de recherches du Canada, Institut des étalons nationaux de mesure, Ottawa (Canada) |
| NRLM | National Research Laboratory of Metrology, Tsukuba (Japon) |
| OFMET* | Office fédéral de métrologie, Wabern (Suisse), <i>voir</i> Metas |
| PSB | Singapore Productivity and Standards Board (Singapour) |
| PTB | Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig et Berlin (Allemagne) |
| SMU | Slovenský Metrologický Ústav/Slovak Metrology Institute, Bratislava (Slovaquie) |
| SP | Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut/Swedish National Testing and Research Institute, Borås (Suède) |
| UME | Ulusal Metroloji Enstitüsü/National Metrology Institute, Gebze-Kocaeli (Turquie) |
| VNIIFTRI | Institut des mesures physico-techniques et radiotechniques, Gosstandart de Russie, Moscou (Féd. de Russie) |
| VNIIM | Institut de métrologie D.I. Mendéléev, Gosstandart de Russie, Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie) |
| VSL | Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas), <i>voir</i> NMi |

* Les laboratoires ou organisations marqués d'un astérisque soit n'existent plus soit figurent sous un autre sigle.

2 Sigles des termes scientifiques

| | |
|-----------|--|
| CMC | Possibilités en matière de mesures et d'étalonnages/ Calibration and Measurement Capability |
| EIPT-68 | Échelle internationale pratique de température de 1968 |
| EIT-90 | Échelle internationale de température de 1990 |
| EPBT-2000 | Échelle provisoire pour les basses températures 2000 |
| EPT-76 | Échelle provisoire de température de 1976 |
| HTPRT | Thermomètre à résistance de platine à haute température/High temperature platinum resistance thermometer |
| ITS-90* | International Temperature Scale of 1990, <i>voir</i> EIT-90 |
| KCRV | Valeur de référence d'une comparaison clé/ Key comparison reference value |
| SPRT | Thermomètre à résistance de platine étalon/ Standard platinum resistance thermometer |