

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES



COMITÉ INTERNATIONAL
DES
POIDS ET MESURES

Procès-verbaux de la 85^e session

Report of the 85th Meeting

1996

TOME 64

Organisation intergouvernementale de la Convention du Mètre

TABLE DES MATIÈRES
TABLE OF CONTENTS

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

85^e session (septembre 1996)
85th Meeting (September 1996)

	Pages
Liste des sigles utilisés dans le présent volume	V
List of acronyms used in the present volume	V
Le BIPM et la Convention du Mètre	XIII
Liste des membres du Comité international des poids et mesures	XV
Liste du personnel du Bureau international des poids et mesures	XVII
Ordre du jour	XX
Procès-verbaux des séances, 24, 25, 26 septembre 1996	1
1. Ouverture de la session ; quorum ; ordre du jour	1
2. Rapport du secrétaire et activités du bureau du Comité	2
3. Besoins à long terme de la métrologie	4
4. La Convention du Mètre et l'Organisation internationale de métrologie légale	7
5. Équivalence des étalons nationaux de mesure	8
6. Comités consultatifs	9
6.1 Comité consultatif pour la quantité de matière	9
6.2 Comité consultatif pour la définition de la seconde	11
6.3 Comité consultatif des unités	14
6.4 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées	16
6.5 Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants	19
6.6 Comité consultatif de thermométrie	20
6.7 Réunions futures des comités consultatifs	22
6.8 Présidence des comités consultatifs	22
7. Travaux du BIPM : Rapport du directeur	23
7.1 Travaux du BIPM	23
7.2 Dépôt des prototypes	23

8. Questions administratives et financières	24
8.1 Questions administratives et financières	24
8.2 Allocations familiales	26
8.3 Metrologia	26
9. Composition du CIPM	26
9.1 Composition du CIPM	26
9.2 Élection du bureau du CIPM	26
10. Questions diverses : prochaine session du CIPM	28
Recommandations adoptées par le CIPM à sa 85^e session	29
1 (CI-1996) : Coordination des systèmes satellitaires qui diffusent le temps ..	29
2 (CI-1996) : Multiples de deux pour les unités utilisées dans les techniques informatiques	30
3 (CI-1996) : Échelle de température au-dessous de 1 K	31
Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures (octobre 1995 – septembre 1996)	33
I. Personnel. — Promotions et changements de grade (M. Boutillon, R. Goebel, L. Robertsson, F. Delahaye, R. Davis). Engagements (C. Michotte, D.T. Burns). Chercheur associé (L. Vitouchkine). Étudiante en doctorat (B. Rougeaux). Départs (A. Sakuma, G. Müller, L. Lafaye) ...	33
II. Bâtiments	34
III. Travaux scientifiques	34
1. Remarques générales	34
1.1 Publications, conférences et voyages ne concernant pas directement une section particulière	38
1.1.1 Publications extérieures	38
1.1.2 Voyages (réunions, visites de laboratoires et d'instituts) et conférences	38
1.2 Activités en liaison avec des organismes extérieurs	40
2. Longueurs	40
2.1 Remarques générales	40
2.2 Mesures de longueur : nanométrie	41
2.3 Lasers	41
2.3.1 Lasers à argon asservis sur l'iode à $\lambda = 515$ nm en cuve externe	41
2.3.2 Laser à Nd:YAG doublé à $\lambda = 532$ nm	42
2.3.3 Lasers à He-Ne asservis sur l'iode à $\lambda \approx 543,5$ nm en cuve externe	42
2.3.4 Lasers à He-Ne asservis sur l'iode à $\lambda \approx 612$ nm en cuve interne et externe	43
2.3.5 Lasers à He-Ne asservis sur l'iode à $\lambda = 633$ nm en cuve interne	43
2.3.6 Lasers à diode à cavité externe à $\lambda = 633$ nm	44

2.3.7	Lasers à diode asservis sur le rubidium à $\lambda = 778$ nm en utilisant les composantes hyperfines des transitions 5S-5D à deux photons	46
2.3.8	Lasers à He-Ne asservis sur le méthane à $\lambda \approx 3,39$ μ m en cuve interne et externe	47
2.3.9	Laser à CO ₂ à $\lambda = 10,6$ μ m avec une cuve externe contenant du SF ₆	47
2.3.10	Chaîne de synthèse de fréquences pour mesurer la fréquence absolue des lasers à He-Ne asservis sur l'iode à $\lambda = 633$ nm	47
2.3.11	Cuves à iode	48
2.3.12	Structure hyperfine	48
2.3.13	Systèmes pilotés par ordinateur	48
2.4	Publications, conférences et voyages : section des longueurs	49
2.4.1	Publications extérieures	49
2.4.2	Rapport BIPM	50
2.4.3	Conférences et exposés	50
2.4.4	Voyages (réunions, visites de laboratoires et d'instituts) ...	51
2.5	Visiteurs de la section des longueurs	53
2.5.1	Stagiaires	53
2.5.2	Visiteurs	53
3.	Masse et grandeurs apparentées	54
3.1	Introduction	54
3.2	Étalons en acier inoxydable	54
3.3	Poursuite des travaux sur la balance HK 1000	55
3.4	Nouvelle balance à suspensions flexibles	55
3.5	Anélasticité dans les rubans de torsion	56
3.6	Prototypes en platine iridié	56
3.7	Gravimétrie	57
3.8	Publications, conférences et voyages : section des masses	59
3.8.1	Publications extérieures	59
3.8.2	Rapport BIPM	59
3.8.3	Voyages (réunions, visites de laboratoires et d'instituts) ...	59
3.9	Visiteurs de la section des masses	59
3.9.1	Stagiaire	59
3.9.2	Visiteurs	60
4.	Temps	60
4.1	Temps atomique international (TAI) et Temps universel coordonné (UTC)	60
4.2	Algorithmes pour les échelles de temps	60
4.2.1	Stabilité de l'EAL	60
4.2.2	Exactitude du TAI	61
4.3	Liaisons horaires	62
4.3.1	Global Positioning System (GPS)	62
4.3.2	Global Navigation Satellite System (GLONASS)	64
4.3.3	Comparaisons horaires par aller et retour	65

4.4 Application de la relativité générale à la métrologie du temps	65
4.5 Pulsars	66
4.6 Radio-interférométrie à très longue base	67
4.7 Publications, conférences et voyages : section du temps	67
4.7.1 Publications extérieures	67
4.7.2 Conférences et exposés	68
4.7.3 Voyages (réunions, visites de laboratoires et d'instituts)	69
4.8 Activités en liaison avec des organismes extérieurs	70
4.9 Visiteurs de la section du temps	71
5. Électricité	71
5.1 Résumé des travaux de la section d'électricité	71
5.2 Potentiel électrique	72
5.2.1 Effet Josephson	72
5.2.2 Analyse spectrale des nanovoltmètres et des étalons de tension	73
5.3 Résistance électrique : comparaisons sur place d'étalons de résistance de Hall	74
5.4 Mesures d'impédance	74
5.4.1 Mise au point de ponts en courant alternatif pour l'étalonnage d'étalons de capacité	74
5.4.2 Mesures de la résistance de Hall quantifiée à des fréquences de l'ordre du kilohertz	75
5.5 Comparaisons bilatérales d'étalons électriques au BIPM	75
5.6 Étalonnages de routine	76
5.6.1 Équipement	76
5.6.2 Étalonnages	77
5.7 Publications, conférences et voyages : section d'électricité	77
5.7.1 Publications extérieures	77
5.7.2 Conférences et exposés	77
5.7.3 Voyages (réunions, visites de laboratoires et d'instituts)	78
5.8 Activités en liaison avec des organismes extérieurs	78
5.9 Visiteurs de la section d'électricité	79
5.9.1 Stagiaires	79
5.9.2 Visiteurs	79
6. Radiométrie, photométrie, thermométrie et manométrie	79
6.1 Radiométrie, photométrie	79
6.2 Thermométrie et manométrie	81
6.3 Travaux d'étalonnage	81
6.4 Divers	81
6.5 Publications, conférences et voyages : section de radiométrie, photométrie, thermométrie et manométrie	82
6.5.1 Publications extérieures	82
6.5.2 Rapport BIPM	82
6.5.3 Conférences et exposés	82
6.5.4 Voyages (réunions, visites de laboratoires et d'instituts)	83

6.6 Activités en liaison avec des organismes extérieurs	84
6.7 Visiteurs de la section de radiométrie, photométrie, thermométrie et manométrie	84
6.7.1 Stagiaires	84
6.7.2 Visiteurs	84
7. Rayonnements ionisants	84
7.1 Dosimétrie (rayons x et γ , neutrons)	85
7.1.1 Rayons x et γ	85
7.1.2 Mesures neutroniques	87
7.2 Radionucléides	87
7.2.1 Mesures d'activité	87
7.2.2 Détection des impuretés de sources	90
7.2.3 Statistiques de comptage	91
7.3 Publications, conférences et voyages : section des rayonnements ionisants	92
7.3.1 Publications extérieures	92
7.3.2 Rapports BIPM	92
7.3.3 Voyages (réunions, visites de laboratoires et d'instituts)	93
7.4 Activités en liaison avec des organismes extérieurs	94
7.5 Visiteurs de la section des rayonnements ionisants	95
7.5.1 Stagiaires	95
7.5.2 Visiteurs	95
IV. Publications du BIPM	96
1. Publications générales	96
2. Metrologia	96
V. Réunions et exposés au BIPM	97
1. Réunions	97
2. Exposés	97
VI. Certificats et notes d'étude	98
VII. Comptes	102

English text of the report

The BIPM and the Convention du Mètre	111
Members of the Comité International des Poids et Mesures	113
Staff of the Bureau International des Poids et Mesures	115
Agenda	118
Proceedings of the sessions, 24, 25, 26 September 1996	119
1. Opening of the meeting; quorum; agenda	119
2. Report of the Secretary and activities of the bureau of the Comité	120
3. Long-term needs relating to metrology	121

4. The Convention du Mètre and the Organisation Internationale de Métrologie Légale	125
5. Equivalence of national measurement standards	126
6. Comités Consultatifs	127
6.1 Comité Consultatif pour la Quantité de Matière	127
6.2 Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde	128
6.3 Comité Consultatif des Unités	131
6.4 Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées ...	133
6.5 Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants	135
6.6 Comité Consultatif de Thermométrie	136
6.7 Future meetings of the Comités Consultatifs	138
6.8 Presidency of the Comités Consultatifs	138
7. Work of the BIPM: Report of the Director	139
7.1 Work of the BIPM	139
7.2 Dépôt des prototypes	139
8. Administrative and financial affairs	140
8.1 Administrative and financial affairs	140
8.2 Family allowances	142
8.3 Metrologia	142
9. Membership of the CIPM	142
9.1 Membership of the CIPM	142
9.2 Election of the bureau of the CIPM	142
10. Other business : next CIPM meeting	143
Recommendations adopted by the CIPM at its 85th meeting	145
1 (CI-1996): Coordination of satellite systems providing timing	145
2 (CI-1996): Binary multiples of units used in information technology	146
3 (CI-1996): Temperature scale below 1 K	147
Director's Report on the Activity and Management of the Bureau International des Poids et Mesures (October 1995 – September 1996)	149
I. Staff. — Promotions and changes of grade (M. Boutillon, R. Goebel, L. Robertsson, F. Delahaye, R. Davis). Appointments (C. Michotte, D.T. Burns). Research fellow (L. Vitushkin). Research student (B. Rougeaux). Departures (A. Sakuma, G. Müller, L. Lafaye)	149
II. Buildings	150
III. Scientific work	150
1. General introduction	150
1.1 Publications, lectures, travel not directly related to individual sections	153
1.1.1 External publications	153
1.1.2 Travel (committees, visits to laboratories and institutions) and lectures	154

1.2 Activities related to external organizations	155
2. Length	155
2.1 General remarks	155
2.2 Length measurement: nanometrology	156
2.3 Lasers	157
2.3.1 Iodine-stabilized argon lasers at $\lambda \approx 515$ nm using external cells	157
2.3.2 Doubled Nd:YAG laser at $\lambda \approx 532$ nm	157
2.3.3 Iodine-stabilized He-Ne lasers at $\lambda \approx 543,5$ nm using external cells	157
2.3.4 Iodine-stabilized He-Ne lasers at $\lambda \approx 612$ nm using internal and external cells	158
2.3.5 Iodine-stabilized He-Ne lasers at $\lambda \approx 633$ nm using internal cells	159
2.3.6 External cavity diode lasers at $\lambda \approx 633$ nm	159
2.3.7 Rubidium-stabilized diode lasers at $\lambda \approx 778$ nm using the hyperfine components of 5S-5D two-photon transitions ..	161
2.3.8 Methane-stabilized He-Ne lasers at $\lambda \approx 3,39$ μm using internal and external cells	162
2.3.9 CO ₂ lasers at $\lambda \approx 10,6$ μm using an external cell containing SF ₆	162
2.3.10 Frequency synthesis chain for measuring the absolute frequency of iodine-stabilized He-Ne lasers at $\lambda \approx 633$ nm ..	162
2.3.11 Iodine cells	163
2.3.12 Hyperfine structure	163
2.3.13 Computing systems	163
2.4 Publications, lectures, travel: Length section	164
2.4.1 External publications	164
2.4.2 BIPM report	165
2.4.3 Lectures and presentations	165
2.4.4 Travel (committees, visits to laboratories and institutions) ..	166
2.5 Visitors to the Length section	167
2.5.1 Guest workers	167
2.5.2 Visitors	168
3. Mass and related quantities	169
3.1 Introduction	169
3.2 Stainless-steel standards	169
3.3 Continuing studies of the HK 1000 balance	169
3.4 New flexure-strip balance	170
3.5 Anelasticity in torsion strips	170
3.6 Platinum-iridium prototypes	171
3.7 Gravimetry	171
3.8 Publications, lectures, travel: Mass section	173
3.8.1 External publications	173
3.8.2 BIPM report	173
3.8.3 Travel (committees, visits to laboratories and institutions) ..	173

3.9 Visitors to the Mass section	174
3.9.1 Guest worker	174
3.9.2 Visitors	174
4. Time	174
4.1 International Atomic Time (TAI) and Coordinated Universal Time (UTC)	174
4.2 Algorithms for time scales	174
4.2.1 EAL stability	175
4.2.2 TAI accuracy	175
4.3 Time links	176
4.3.1 Global Positioning System (GPS)	176
4.3.2 Global Navigation Satellite System (GLONASS)	177
4.3.3 Two-way time transfer	178
4.4 Application of general relativity to time metrology	179
4.5 Pulsars	179
4.6 Very Long Baseline Interferometry	180
4.7 Publications, lectures, travel: Time section	180
4.7.1 External publications	180
4.7.2 Lectures and presentations	181
4.7.3 Travel (committees, visits to laboratories and institutions) ..	182
4.8 Activities related to external organizations	183
4.9 Visitors to the Time section	183
5. Electricity	184
5.1 Summary of the work of the Electricity section	184
5.2 Electrical potential	184
5.2.1 Josephson effect	184
5.2.2 Spectral analysis of nanovoltmeters and voltage standards ..	186
5.3 Electrical resistance: on-site comparisons of quantum Hall resistance standards	186
5.4 Impedance measurements	187
5.4.1 Development of AC bridges for the calibration of capacitance standards	187
5.4.2 Measurements of the quantized Hall resistance at kilohertz frequencies	187
5.5 Bilateral comparisons of electrical standards at the BIPM	188
5.6 Routine calibrations	189
5.6.1 Equipment	189
5.6.2 Calibrations	189
5.7 Publications, lectures, travel: Electricity section	189
5.7.1 External publications	189
5.7.2 Lectures and presentations	189
5.7.3 Travel (committees, visits to laboratories and institutions) ..	190
5.8 Activities related to external organizations	190
5.9 Visitors to the Electricity section	191
5.9.1 Guest workers	191

5.9.2 Visitors	191
6. Radiometry, photometry, thermometry and pressure	191
6.1 Radiometry, photometry	191
6.2 Thermometry and pressure	193
6.3 Calibration work	193
6.4 General work	193
6.5 Publications, lectures, travel: Radiometry, photometry, thermometry and pressure section	193
6.5.1 External publications	193
6.5.2 BIPM report	194
6.5.3 Lectures and presentations	194
6.5.4 Travel (committees, visits to laboratories and institutions) ..	194
6.6 Activities related to external organizations	195
6.7 Visitors to the Radiometry, photometry, thermometry and pressure section	195
6.7.1 Guest workers	195
6.7.2 Visitors	196
7. Ionizing radiation	196
7.1 Dosimetry (x and γ rays, neutrons)	196
7.1.1 X and γ rays	196
7.1.2 Neutron measurements	198
7.2 Radionuclides	199
7.2.1 Activity measurements	199
7.2.2 Detection of source impurities	201
7.2.3 Counting statistics	202
7.3 Publications, lectures, travel: Ionizing radiation section	202
7.3.1 External publications	202
7.3.2 BIPM reports	203
7.3.3 Travel (committees, visits to laboratories and institutions) ..	204
7.4 Activities related to external organizations	205
7.5 Visitors to the Ionizing radiation section	205
7.5.1 Guest workers	205
7.5.2 Visitors	206
IV. Publications of the BIPM	206
1. General publications	206
2. Metrologia	207
V. Meetings and lectures at the BIPM	207
1. Meetings	207
2. Lectures	208
VI. Certificates and Notes of Study	208
VII. Accounts	208