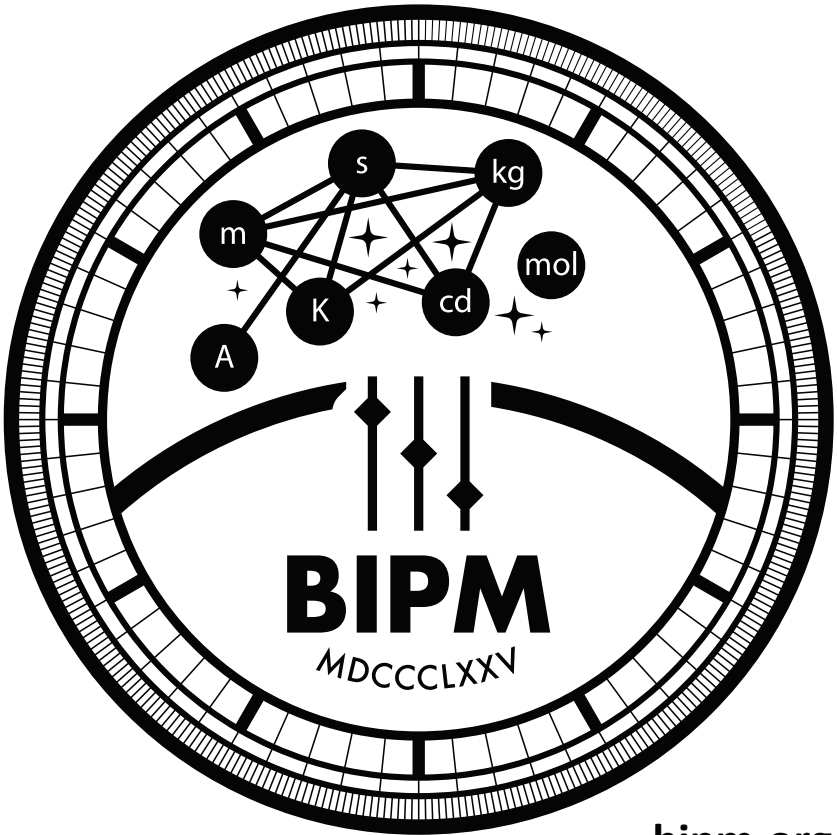
BIPM

Programme de travail du siège du BIPM pour les années 2028 à 2031



Version 1.0
Octobre 2026

bipm.org

Résumé

Contexte stratégique et objectifs

Le *Programme de travail 2028-2031 du BIPM* concrétise l'orientation stratégique définie dans le ***Plan stratégique du BIPM (2026)*** et dans la ***Stratégie du CIPM à compter de 2030*** pour en faire un programme d'activités cohérent. Il assure :

- la continuité des services de métrologie scientifique pour les infrastructures critiques fournis aux États Membres, qui soutiennent l'utilisation du Système international d'unités (SI) et du Temps universel coordonné (UTC) ;
- la réactivité face à l'évolution des besoins afin de relever les défis mondiaux, grâce à des aptitudes de mesure adaptées aux usages.

Le programme de travail réaffirme le rôle fondamental du BIPM en tant que **référence mondiale concernant le SI et l'UTC**, conformément à ses trois objectifs qui sont :

- de représenter la communauté scientifique internationale de la métrologie dans divers forums,
- d'être le centre de collaboration scientifique et technique entre les laboratoires nationaux de métrologie,
- d'être le coordinateur impartial de confiance de la comparabilité des mesures internationales.

Le programme de travail est structuré autour de ces trois principaux objectifs du BIPM, auxquels s'ajoute un quatrième pilier axé sur la gestion des ressources.

Deux thèmes transversaux sont intégrés à l'ensemble des domaines :

- la transformation numérique, afin de rendre la métrologie exploitable par machine,
- le renforcement des capacités et le transfert des connaissances, afin d'assurer l'équilibre mondial et la durabilité.

Opportunités de partenariats

Le *Plan stratégique pour le programme de travail du BIPM (2026)* identifie cinq opportunités de partenariat complémentaires afin d'accroître l'impact, d'améliorer la flexibilité dans la façon de répondre aux besoins des parties prenantes, et d'assurer la soutenabilité financière du BIPM au cours d'une période d'évolution et de transformation.

Le premier mécanisme implique des **projets communs** avec des laboratoires nationaux de métrologie et parties prenantes clés, notamment sous forme de contributions en nature. Ces partenariats sont essentiels pour les activités du programme de travail. Ils incluent, par exemple, des initiatives en matière d'éducation et de communication avec les organisations régionales de métrologie et l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), le développement de matériaux de référence pour les comparaisons, le renforcement des capacités en lien avec l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (CIPM MRA), la transformation numérique de l'infrastructure de la qualité, et la formation de futurs métrologistes.

Le deuxième modèle de partenariat porte sur la coordination sectorielle soutenue par des **contributions financières de parties prenantes**. Cette approche étaye des activités ciblées, telles que la métrologie pour un air pur, la traçabilité de la médecine de laboratoire grâce au Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM), et les groupes spécifiques sectoriels du CIPM.

Un troisième modèle repose sur l'**utilisation d'équipements externes partagés**, permettant ainsi d'offrir certains services spécifiques de manière rentable, notamment dans le domaine de la métrologie des rayonnements ionisants.

Un mécanisme de partenariat particulièrement efficace est **le détachement de personnel des laboratoires nationaux de métrologie** auprès du BIPM. Le personnel détaché, qui représente actuellement environ 120 mois-personnes par an, joue un rôle essentiel pour fournir les services et activités du BIPM, assurer le transfert d'expertise et promouvoir l'harmonisation internationale des bonnes pratiques. Le BIPM prévoit d'étendre ce modèle et d'accroître le partage des coûts avec les laboratoires d'origine.

Enfin, le **don de matériel** représente un autre mécanisme ciblé, permettant notamment au BIPM d'envisager de piloter une nouvelle comparaison clé pour les étalons optiques de fréquence.

Représentation de la communauté métrologique mondiale

Dans le cadre de son premier objectif, le BIPM renforce son rôle de **porte-parole international de la métrologie scientifique**, en améliorant la visibilité, la compréhension et l'adoption de la métrologie par les décideurs, l'industrie et la société. Les activités présentées dans ce programme de travail renforcent l'impact des investissements des États Membres dans la métrologie, en traduisant l'excellence technique en valeur sociétale et en pertinence pour les politiques publiques.

Les principales orientations pour 2028-2031 visent notamment à :

- assurer des activités de représentation et collaborer de manière active avec les organismes internationaux de l'infrastructure de la qualité, les agences de l'Organisation des Nations Unies (ONU), des organisations scientifiques et des partenaires sectoriels ;
- renforcer le partenariat avec l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) afin de répondre aux besoins des États Membres en matière de services liés aux rayonnements ionisants ;
- s'engager davantage auprès des utilisateurs du temps et organismes internationaux afin de promouvoir l'adoption de l'UTC à l'échelle mondiale, ce qui implique de soutenir des besoins émergents tels que la gestion du temps lunaire ;
- continuer à promouvoir la traçabilité métrologique dans les domaines de la chimie, la biologie, la médecine de laboratoire, la sécurité alimentaire et la surveillance environnementale ;
- organiser des campagnes annuelles à l'occasion de la Journée mondiale de la métrologie, en collaboration avec l'UNESCO, l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) et les organisations régionales de métrologie, afin de mieux faire comprendre l'importance de la mesure à la société ;
- assurer une communication moderne et cohérente reposant sur une version améliorée du site internet du BIPM, une bibliothèque de documents intégrée et une harmonisation des messages sur l'ensemble des canaux de communication ;
- augmenter le nombre de campagnes de communication conjointes menées avec les organisations régionales de métrologie, des organisations internationales et des partenaires de l'infrastructure de la qualité.

Collaboration scientifique et technique

Le deuxième objectif demeure au cœur de la mission du BIPM : il s'agit de fournir **une infrastructure et une expertise scientifique partagées de haut niveau**, qu'aucun pays ne pourrait maintenir efficacement seul.

Au cours de la période 2028-2031, le BIPM poursuivra et fera évoluer des programmes techniques majeurs dans les domaines suivants :

- **électricité** (étalons quantiques de tension, de résistance et d'impédance),
- **masse** (réalisation du kilogramme – balance de Kibble, comparaisons et étalonnages internationaux),
- **temps** (UTC, activités étayant une nouvelle définition de la seconde),
- **chimie et biologie** (étalons de mesure de gaz, delta isotopiques, molécules organiques, protéines, acide désoxyribonucléique (ADN) et acide ribonucléique (ARN)),
- **rayonnements ionisants** (dosimétrie et métrologie des radionucléides pour des applications émergentes dans les domaines de la médecine et de l'environnement).

Dans l'ensemble de ces domaines, le programme de travail met l'accent sur :

- la réalisation de comparaisons internationales de haute priorité, qui étayent les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) des laboratoires nationaux de métrologie ;
- le fait de disposer d'étalons et d'équipements de référence présentant une stabilité à long terme et une faible incertitude ;
- l'intégration de nouvelles avancées scientifiques, telles que les étalons optiques de fréquence, les matériaux de référence numériques et les données nucléaires de pointe ;
- l'utilisation d'équipements partagés et d'étalons voyageurs afin d'optimiser les coûts et l'accès à ces ressources ;
- un recours important au détachement de personnel des laboratoires nationaux de métrologie et à des projets communs, renforçant ainsi le développement mutuel des compétences.

Les activités scientifiques intègrent de plus en plus de méthodes numériques, allant de l'acquisition et du traitement automatisés des données aux jumeaux numériques et services de bases de données techniques.

Coordination du système métrologique mondial

En tant que coordinateur du système mondial de mesures, le BIPM fournit **l'infrastructure institutionnelle, technique et numérique** qui permet la reconnaissance mutuelle et la confiance internationale. Cela garantit que les résultats de mesures nationaux sont acceptés à l'échelle internationale, qu'ils sont comparables, et qu'ils s'adaptent aux besoins scientifiques et sociétaux émergents.

Ce rôle requiert principalement :

- d'assurer le fonctionnement et l'évolution du CIPM MRA, incluant le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB) ;
- d'assurer le secrétariat des Comités consultatifs, Comités communs et groupes du CIPM ;

- d'organiser environ 220 journées de réunion par an, regroupant des milliers de participants en présentiel et en ligne ;
- d'assurer la gestion de *Metrologia*, la revue internationale de référence en matière de métrologie et en libre accès ;
- de renforcer l'engagement auprès des États Membres, Associés, Observateurs et de potentiels nouveaux participants, avec pour objectif l'adhésion universelle à la Convention du Mètre.

Transformation numérique

La transformation numérique est l'un des aspects déterminants de la période 2028-2031. Grâce aux efforts fournis dans ce domaine, le BIPM place la Convention du Mètre en **pilier numérique mondial de la confiance** en matière de mesures.

Le BIPM poursuivra la mise en œuvre du Cadre numérique du SI, assurant :

- des représentations numériques du SI faisant autorité et des terminologies associées,
- des identifiants permanents et des ontologies, permettant une traçabilité exploitable par machine,
- des services numériques interopérables reliant la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB), le JCTLM, les échelles de temps et d'autres plateformes.

Les principales étapes incluent :

- le déploiement de services de la KCDB exploitables par machine,
- le développement de services numériques et d'interfaces de programmation d'applications (API) sur une plateforme commune,
- l'introduction d'outils fondés sur l'intelligence artificielle (IA), conformes aux exigences de gouvernance, de sécurité et d'intégrité.

Renforcement des capacités et transfert des connaissances

Le renforcement des capacités demeure au cœur de la mission du BIPM, avec une attention particulière portée sur l'**équité et l'impact à long terme**, afin de renforcer la participation mondiale et de maintenir l'efficacité du système métrologique international.

Les principales évolutions comprennent :

- la mise en œuvre d'un cadre intégré de renforcement des capacités et de transfert des connaissances impliquant tout le BIPM, aligné sur les besoins des laboratoires nationaux de métrologie ;
- le développement de l'apprentissage en ligne, de la formation à distance et des ressources numériques ;
- la poursuite des écoles d'été, webinaires, ateliers et échanges techniques dans tous les domaines de la mesure ;
- un soutien ciblé aux Observateurs et aux systèmes de métrologie en développement, en collaboration avec les agences de l'ONU et les organisations régionales de métrologie.

Gestion des ressources

Afin de soutenir la mise en œuvre de ce programme ambitieux, le BIPM s'engage à assurer une gestion responsable :

- **des ressources humaines**, grâce à l'évolution des compétences, l'agilité organisationnelle et le recours accru au détachement de personnel ;
- **des infrastructures numériques**, incluant la cybersécurité, la gouvernance en matière d'IA, et les systèmes informatiques modernes ;
- **des bâtiments**, afin de garantir la sécurité, la durabilité et l'accessibilité des laboratoires et des salles de réunion.

Conclusion

Le *Programme de travail 2028-2031 du BIPM* propose une réponse tournée vers l'avenir aux avancées scientifiques, numériques et sociétales, et maintient la continuité des services techniques fondamentaux. Il préserve le mandat international unique du BIPM, tout en adaptant les modèles d'exécution des services et activités, en introduisant de nouvelles opportunités de partenariat et en faisant évoluer ses services pour répondre aux attentes mondiales croissantes.

Grâce à l'orientation stratégique donnée à ses activités, une mise en œuvre collaborative et une gestion responsable des ressources, le BIPM continuera de veiller à ce que les **mesures mondiales restent comparables, fiables et utilisées en toute confiance**, ce qui soutient la science, l'innovation, le commerce et le développement durable et bénéficie à tous les États Membres.

Structure du document

Le présent document reprend les objectifs stratégiques présentés dans le *Plan stratégique (2026)* et décrit en détail les projets et services fournis afin d'atteindre ces objectifs au cours de la période 2028-2031. Ces éléments sont présentés comme suit :

X01 Objectif stratégique du *Plan stratégique (2026)*

X01-1 Projet visant à atteindre l'objectif stratégique Description du projet ou de l'activité	
X01-1.1 Description du premier service fourni	
X01-1.2 Description du deuxième service fourni	
X01-1.3 Description du troisième service fourni	

Les services fournis indiqués dans le présent document seront réalisés au cours de la période 2028-2031. Ainsi, sauf indication contraire, le nombre de services fournis (par exemple, réalisation de x comparaisons) couvre la totalité de la période et n'indique pas des objectifs annuels.

Les pictogrammes présents dans le tableau ci-dessus indiquent quels services offrent aux laboratoires nationaux de métrologie et autres parties prenantes des opportunités de partenariat avec le BIPM. Une absence de pictogramme indique que le service reposera entièrement sur les ressources assurées par les contributions des États Membres et les souscriptions des Associés.

- **Lorsque le pictogramme est ouvert (blanc)**, l'efficacité et l'impact du service seront renforcés si un partenariat est conclu.
- **Lorsque le pictogramme est fermé (noir)**, la réalisation du service dépend de manière critique du partenariat.

Il existe cinq modèles différents de partenariat, décrits brièvement dans le tableau ci-dessous :

Modèle de partenariat	**La réalisation du service dépend de manière critique du partenariat**	**L'efficacité et l'impact du service seront renforcés si un partenariat est conclu**
Projets communs entre le BIPM et des laboratoires nationaux de métrologie ou parties prenantes clés		
Activités de coordination spécifiques à un secteur, réalisées grâce aux contributions de parties prenantes		
Utilisation d'équipements partagés		
Implication du personnel de laboratoires nationaux de métrologie dans la réalisation du programme de travail du BIPM, en tant que personnel détaché		
Soutien par des dons d'équipement		

Table des matières

Résumé **2**
Contexte stratégique et objectifs 2
Opportunités de partenariats 2
Représentation de la communauté métrologique mondiale 3
Collaboration scientifique et technique 4
Coordination du système métrologique mondial 4
Transformation numérique 5
Renforcement des capacités et transfert des connaissances 5
Gestion des ressources 6
Conclusion 6
Structure du document **7**
Introduction **13**
Vision, mission et objectifs du BIPM 13
Priorités identifiées dans le *Plan stratégique* 14
Opportunités de partenariats 15
Représentation de la communauté métrologique mondiale **20**
R01-1 Site internet du BIPM 21
R01-2 Stratégie de communication 21
R01-3 Journée mondiale de la métrologie 21
R02-1 Promotion de l'infrastructure de la qualité 22
R02-2 Collaboration avec l'UNESCO 22
R02-3 Collaboration avec des partenaires stratégiques pertinents pour la métrologie des rayonnements ionisants 22
R02-4 Soutien concernant la reconnaissance de l'UTC 23
R02-5 Organisations internationales actives en métrologie de la chimie et de la biologie 23
Collaboration scientifique et technique **25**
Électricité **26**
S01-1 Comparaisons bilatérales sur site d'étalons de tension à effet Josephson 27
S01-2 Comparaisons bilatérales de tension à l'aide d'étalons de transfert à diodes Zener 27
S01-3 Comparaisons bilatérales sur site d'étalons de résistance de Hall quantique 27
S01-4 Comparaisons bilatérales d'étalons de résistance à l'aide d'étalons de transfert de résistance 28
S01-5 Résistance de Hall quantique à base de graphène 28

S01-6 Comparaisons bilatérales de capacité 28
S01-7 Étalon d'impédance fondé sur l'effet Hall quantique en courant alternatif 29
S02-1 Étalonnages d'étalons secondaires électriques pour les laboratoires nationaux de métrologie 29
S03-1 Transfert de connaissances en matière d'étalons quantiques électriques 29
Masses 30
S04-1 Comparaisons clés du CCM des réalisations du kilogramme 31
S04-2 Balances de Kibble du BIPM 31
S05-1 Étalonnage de prototypes nationaux en platine iridié et d'étalons de masse en acier inoxydable de 1 kg 31
S05-2 Transfert de connaissances concernant les balances de Kibble 32
Temps 33
S06-1 Réalisation de l'UTC, de l'UTCr, de TT et de la comparaison clé CCTF-K001.UTC 34
S06-2 Disponibilité, exactitude et fiabilité de l'UTC, de l'UTCr, de TT et de la comparaison clé CCTF-K001.UTC 34
S06-3 GNSS et mise à disposition d'une référence de fréquence 35
S06-4 Automatisation et optimisation des processus de données numériques 35
S06-6 Évolution des produits de temps du BIPM afin de soutenir les laboratoires nationaux de métrologie concernant les projets spatiaux 35
S07-1 Utilisation accrue des étalons optiques de fréquence dans les échelles de temps 36
S08-1 Mise en œuvre du programme CBKT dans les domaines du temps et des fréquences afin de soutenir une gestion (inter)nationale du temps 36
Chimie 37
S09-1 Comparaisons d'étalons de référence pour l'ozone et le dioxyde d'azote 38
S09-2 Comparaisons des delta isotopiques 38
S09-3 Traçabilité des mesures des delta isotopiques 39
S09-4 Comparaisons d'étalons de mesure de gaz fondamentaux et de haute précision 39
S09-5 Renforcement des capacités et transfert des connaissances en matière d'étalons de gaz 39
S10-1 Comparaisons de matériaux de référence primaires organiques de petite taille 40
S10-3 Comparaisons de référence de calibrateurs primaires de molécules organiques de petite taille (solutions d'étalonnage) 40
S10-4 Comparaison d'étalons numériques pour la résonance magnétique nucléaire quantitative 41
S10-5 Comparaisons de calibrateurs primaires pour les peptides et les protéines 41
S10-6 Méthodes de référence pour les comparaisons de calibrateurs de protéines 41
S10-7 Comparaisons de calibrateurs primaires de référence d'ADN et d'ARN 42

S10-8 Renforcement des capacités et transfert des connaissances en matière d'étalons de molécules organiques de petite taille 42

S10-9 Renforcement des capacités et transfert des connaissances en matière d'étalons de molécules organiques de grande taille 42

Rayonnements ionisants 43

S11-1 Système international de référence pour la dosimétrie reposant sur des équipements du BIPM 45

S11-2 Système international de référence pour la dosimétrie reposant sur des installations hors site ou un instrument voyageur 45

S11-3 Soutenabilité à long terme du Système international de référence pour la dosimétrie 46

S12-1 Comparaisons de mesures d'activité de radionucléides 46

S12-2 Résilience et extension des services du SIR 47

S12-3 Nouvelles aptitudes en métrologie des radionucléides 47

S13-1 Électronique numérique en métrologie des rayonnements ionisants 48

S14-1 Coordination mondiale des comparaisons de neutrons 48

S14-2 Accès aux équipements de hautes énergies pour les comparaisons en rayonnements ionisants 49

S14-3 Renforcement des capacités et transfert des connaissances en matière de rayonnements ionisants 49

Coordination du système métrologique mondial 50

C01-1 JCRB 51

C01-2 Base de données sur les comparaisons clés (KCDB) 51

C01-3 CBKT en soutien au CIPM MRA 51

C02-1 Soutien aux organisations régionales de métrologie 52

C03-1 Participation à la Convention du Mètre 52

C03-2 Adhésion universelle à la Convention du Mètre 52

C03-3 Renforcement des capacités des Observateurs 52

C04-1 Publication des rapports 53

C04-2 JCGM 53

C04-3 Efficacité administrative des Comités consultatifs 53

C04-4 JCTLM 54

C04-5 Groupes spécifiques sectoriels et forums du CIPM 54

C05-1 Informations relatives aux réunions 54

C05-2 Organisation des réunions 55

C06-1 Pérennité de *Metrologia* 55

Transformation numérique 56

C07-1 Cadre numérique du SI 57

C07-2 Plateforme pour les services du BIPM 57
C07-3 Transformation numérique de l'infrastructure de la qualité 58
Renforcement des capacités et transfert des connaissances 59
C08-1 Élaboration d'un cadre de renforcement des capacités et de transfert des connaissances impliquant tout le BIPM 60
Gestion des ressources 61
A01-1 Santé et sécurité 61
A01-2 Qualité 61
Personnel 61
A02-1 Clarté et flexibilité pour le personnel 61
Infrastructure numérique 62
A03-1 Utilisation de l'intelligence artificielle au BIPM 62
A04-1 Infrastructure informatique 62
A05-1 Cybersécurité 63
Bâtiments et salles de réunion 63
A06-1 Bâtiments, sécurité et entretien du site 63
A07-1 Réunions hybrides 64
A07-2 Installations de réunion 64
Annexe – Autres domaines de travail prioritaires pour le BIPM 65
***Modernisation et transformation numérique des services du temps* 65**
S06-4 Automatisation et optimisation des processus de données numériques 65
S06-5 Évolution de la *Circulaire T* afin de répondre aux besoins croissants des laboratoires nationaux de métrologie 65
***Comparaison d'horloges optiques à l'aide d'un instrument transportable* 65**
S07-1 Utilisation accrue des étalons optiques de fréquence dans les échelles de temps 65
***Coordination du temps lunaire* 66**
R02-4 Soutien concernant la reconnaissance de l'UTC 66
S06-6 Évolution des produits de temps du BIPM afin de soutenir les laboratoires nationaux de métrologie concernant les projets spatiaux 66
***Élaboration d'une méthode de référence pour la résonance magnétique nucléaire quantitative* 66**
S10-1 Comparaisons de matériaux de référence primaires organiques de petite taille 66
S10-2 Élaboration d'une méthode de référence pour la résonance magnétique nucléaire quantitative 66
S10-3 Comparaisons de référence de calibrateurs primaires de molécules organiques de petite taille (solutions d'étalonnage) 67
S10-4 Comparaison d'étalons numériques pour la résonance magnétique nucléaire quantitative 67

Relations internationales et communication **.....67**

R01-2 Stratégie de communication.....67

R01-3 Journée mondiale de la métrologie.....67

R02-1 Promotion de l'infrastructure de la qualité.....68

S08-1 Mise en œuvre du programme CBKT dans les domaines du temps et des fréquences afin de soutenir une gestion (inter)nationale du temps.....68

C01-3 CBKT en soutien au CIPM MRA.....68

C02-1 Soutien aux organisations régionales de métrologie 68

C08-2 Métrologie multidisciplinaire en matière de renforcement des capacités et de transfert des connaissances.....69

Irradiateur Co-60 **.....69**

S11-3 Soutenabilité à long terme du Système international de référence pour la dosimétrie.69

Liste des sigles 70

Introduction

Vision, mission et objectifs du BIPM

Le *Programme de travail 2028-2031* vise à atteindre les objectifs stratégiques convenus par le Comité international des poids et mesures (CIPM) dans le *Plan stratégique (2026)* du Bureau international des poids et mesures (BIPM), après consultation de l'ensemble des États Membres.

Voici la vision, la mission et les objectifs du BIPM :

> Le BIPM est l'organisation intergouvernementale créée par la Convention du Mètre ; ses États Membres agissent en commun en ce qui concerne les sujets liés à la science des mesures et aux étalons de mesure.
>
> La **vision** du BIPM est d'être universellement reconnu comme l'organisation de référence internationale concernant le système mondial de mesure.
>
> La **mission** du BIPM est de travailler au niveau international avec les laboratoires nationaux de métrologie de ses États Membres, les organisations régionales de métrologie, ainsi que ses partenaires stratégiques, et de tirer parti de son statut d'organisation internationale et impartiale pour promouvoir et faire avancer la comparabilité mondiale des mesures pour :
>
> - la découverte et l'innovation scientifique,
> - la production industrielle et le commerce international,
> - l'amélioration de la qualité de vie et la préservation de l'environnement.

En 2018, la Conférence générale des poids et mesures (CGPM) a approuvé les objectifs du BIPM. Ces derniers sont repris ci-dessous, les points en italique clarifiant les domaines d'intérêt liés à chaque objectif pour 2028-2031.

> Les **objectifs** du BIPM sont les suivants :
>
> Représenter la communauté métrologique internationale afin d'en maximiser la reconnaissance et l'impact.
>
> - *Nous coopérons avec les organisations intergouvernementales pertinentes ainsi qu'avec d'autres organismes internationaux afin de développer les possibilités de tirer parti de la métrologie pour relever les défis mondiaux.*
> - *Nous communiquons et sensibilisons sur l'importance de la métrologie, les avancées de la science de la mesure, et le travail du BIPM.*
>
> Être un centre de collaboration scientifique et technique entre les États Membres, leur permettant de développer des aptitudes pour les comparaisons internationales de mesure, sur le principe des frais partagés.
>
> - *Nous coordonnons des comparaisons internationales des étalons de mesure nationaux considérés comme de la plus haute priorité.*
>
> Coordonner le système mondial de mesure, en garantissant la comparabilité et la reconnaissance au niveau international des résultats de mesures obtenus.
>
> - *Nous coordonnons des activités entre les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres et les organisations régionales de métrologie, en proposant notamment*

des services techniques en soutien au CIPM MRA et en fournissant l'infrastructure nécessaire au développement et à la promotion du Système international d'unités (SI) et du Temps universel coordonné (UTC).
- *Nous fournissons le Cadre numérique nécessaire afin de maintenir le CIPM MRA et rendre le SI et l'UTC applicables, inclusifs et accessibles à l'ère numérique.*

La mission et les objectifs du BIPM sont étayés par son travail dans les domaines suivants :

- *le renforcement des capacités, avec pour objectif de parvenir à un équilibre global des aptitudes métrologiques des États Membres ;*
- *le transfert de connaissances, qui permet de garantir que le BIPM a le plus grand impact possible.*

Priorités identifiées dans le *Plan stratégique*

Le *Plan stratégique (2026)* et le présent programme de travail ont été élaborés en réponse aux priorités identifiées dans la *Stratégie du CIPM à compter de 2030*. Cette dernière avait anticipé l'importance croissante de plusieurs activités du BIPM : pour référence, celles-ci sont répertoriées ci-dessous et sont fortement reflétées dans l'ensemble des points du programme de travail présentés ensuite.

Coordonner les activités du CIPM MRA, y compris la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) et les comparaisons à fort impact.

Coordonner l'UTC afin de consolider la communauté mondiale des laboratoires UTC et promouvoir son adoption par les utilisateurs.

Entretenir les liens avec des organisations internationales de premier plan afin de promouvoir des solutions métrologiques face aux défis majeurs, et de faciliter les contacts des laboratoires nationaux de métrologie avec les parties prenantes internationales.

Développer le renforcement des capacités et le transfert des connaissances (CBKT) ainsi que l'apprentissage en ligne, en partenariat avec certaines organisations internationales.

Coordonner les activités sectorielles initiées par le CIPM, en particulier celles cofinancées par d'autres organisations internationales.

Faciliter la participation en ligne afin d'assurer un accès équitable aux réunions et aux ressources pour l'ensemble des États Membres.

Coordonner et mettre en œuvre de nouveaux services numériques, incluant de nouveaux services de bases de données, afin de faire du SI un « pilier numérique de la confiance ».

Développer l'utilisation de nouveaux outils numériques (par exemple fondés sur l'intelligence artificielle) afin de favoriser un accès équitable pour tous les laboratoires nationaux de métrologie et toutes les régions.

Mettre en place le modèle d'Observateur pour les États et les organisations internationales afin d'accroître la participation mondiale.

Organiser des réunions et des ateliers répondant aux objectifs définis à l'avance par le CIPM.

La *Stratégie du BIPM à compter de 2030* a également identifié de nouvelles orientations visant à améliorer l'efficacité de la mise en œuvre des actions prioritaires. Celles-ci sont également reprises dans le programme de travail et comprennent :

> une évolution de l'équilibre des compétences du personnel afin de mieux répondre aux priorités futures ;
>
> une réaffectation des ressources afin de faire face aux engagements croissants liés à la transformation numérique et aux nouvelles activités de bases de données ;
>
> la mise en œuvre de nouveaux contrats de mobilité afin d'encourager des échanges plus importants de personnel entre les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM ;
>
> un recours accru à des installations externes afin de gagner en efficacité et de réduire le besoin d'employer du personnel technique et de maintenance.

La section suivante décrit en détail diverses opportunités de partenariat avec le BIPM et identifie les activités proposées ci-après qui dépendent de manière critique de ces modèles de partenariat.

Toutes les activités du BIPM contribuent à atteindre l'un des trois principaux objectifs du BIPM énumérés précédemment, ou à garantir une bonne gestion des ressources humaines, infrastructurelles et financières de l'organisation. Ainsi, le reste du document est divisé en quatre sections principales : trois relatives aux objectifs principaux du BIPM, et la dernière à la gestion.

La transformation numérique et le renforcement des capacités et transfert des connaissances sont deux domaines de grande importance qui sont présents dans l'ensemble du programme de travail. Des services spécifiques liés à chacun de ces domaines sont intégrés aux projets relatifs à tous les objectifs du BIPM. Un résumé de ces services et du rôle de coordination que joue le BIPM est présenté dans des sous-sections dédiées au sein de la section « Coordination » ci-dessous.

Opportunités de partenariats

La dernière section du *Plan stratégique pour le programme de travail du BIPM (2026)* a identifié cinq méthodes pour que les partenaires collaborent avec le BIPM par le biais de mécanismes de financement qui complètent les contributions versées par les États Membres et les souscriptions versées par les États Associés. Ces approches visent à offrir aux partenaires des opportunités de tirer des bénéfices d'une implication plus étroite dans les activités du BIPM, à introduire plus de flexibilité pour que l'organisation puisse répondre aux besoins des États Membres, et à améliorer la soutenabilité financière de l'organisation durant une période d'évolution et de changement.

Comme décrit précédemment, les services de ce programme de travail offrant des opportunités de partenariat sont marqués par des pictogrammes ouverts (le partenariat permettra de fournir le service plus rapidement ou avec plus d'impact) ou fermés (le partenariat est critique à l'exécution du service, c'est-à-dire que l'activité ne sera mise en œuvre que si un partenaire est trouvé).

Le premier mécanisme de partenariat consiste en des **projets communs** entre le BIPM et des laboratoires nationaux de métrologie ou parties prenantes clés qui soutiennent des actions convenues d'intérêt commun. En général, le travail est réalisé grâce à des contributions en nature des deux parties pour une activité partagée.

Parmi les nombreux projets communs présentés comme des opportunités dans le présent programme de travail, les suivants dépendent significativement de ce mécanisme pour être réalisés.

Représentation

Réalisation de campagnes de communication avec des organisations régionales de métrologie et des organisations internationales (R01-2.3, R01-2.4).

Célébration de la Journée mondiale de la métrologie avec les organisations régionales de métrologie et l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) (R01-3.2, R01-3.3).

Promotion de l'infrastructure internationale de la qualité (R02-1.2, R02-1.3, R02-1.4).

Développement de matériels éducatifs et promotionnels avec l'UNESCO (R02-2.1, R02-2.2, R02-2.3, R02-2.4).

Réalisation de comparaisons supplémentaires du Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) co-pilotées par le BIPM et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) (R02-3.2).

Collaboration scientifique et technique

Extension au-delà de 1 kHz des comparaisons réalisées à l'aide de l'étalon transportable de tension à effet Josephson (S01-1.3).

Détermination de l'accélération locale due à la gravité dans le laboratoire de la balance de Kibble (S04-2.2).

Exploration du besoin et de la faisabilité, pour le BIPM, d'acquérir un nouveau rôle dans la coordination des réalisations nationales du temps lunaire (S06-6.2).

Développement de méthodes pour les comparaisons étayant les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à fournir et assigner une valeur à des matériaux primaires pour l'acide désoxyribonucléique (ADN) et l'acide ribonucléique (ARN) (S10-7.1, S10-7.2, S10-7.3). Ce projet dépend également du personnel détaché au BIPM.

Traçabilité des instruments de transfert du Système international de référence (SIRTI) des organisations régionales de métrologie (S12-1.3).

Amélioration des données de décroissance pour la métrologie des radionucléides et ses applications. (S12-3.2).

Mise en place d'un cadre pour les comparaisons de neutrons et actions de sensibilisation afin d'accroître la participation (S14-1.1).

Coordination du réseau SIRTI des organisations régionales de métrologie (S14-1.2).

Mise en place de collaborations avec des organismes disposant d'équipements adaptés au développement à long terme et à la pérennité des comparaisons de neutrons de hautes énergies et celles pour la proton- ou hadronthérapie (S14-2.1, S14-2.2).

Organisation de webinaires et d'ateliers en soutien à la communauté du CCRI (S14-3.1, S14-3.2).

Coordination

Activités de renforcement des capacités en lien avec l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (C01.3-2, C01.3-3).

Services et développement de réseau pour soutenir les secrétariats des organisations régionales de métrologie (C02-1.1, C02-1.2, C02-1.3).

Services de renforcement des capacités à destination des États Observateurs (C03-3.1, C03-3.2, C03-3.2).

Mise en œuvre d'ontologies et de terminologies dans le Cadre numérique du SI (C07.1-2). Du personnel détaché sera également nécessaire pour ces travaux.

Collaboration à la transformation numérique de l'infrastructure de la qualité, notamment afin d'assurer l'interopérabilité du Cadre numérique du SI (C07-3.1, C8-3.2).

Développement de nouveaux services web pour la KCDB (C07-2.4). Ce projet dépend également de manière critique de personnel détaché.

Organisation de formations et de stages destinés à développer les compétences de jeunes métrologistes (C08-2.1, C08-2.2).

Le deuxième modèle de partenariat consiste à mener des activités de coordination spécifiques à un secteur grâce aux **contributions financières des parties prenantes** qui soutiennent le BIPM afin qu'il exécute des travaux en leur nom.

Les activités et services qui ne seront possibles qu'avec le soutien financier de parties prenantes clés spécifiques à un secteur sont présentés ci-dessous :

Détachement de scientifiques invités dans le cadre du programme de métrologie pour un air pur (S09-5.3).

Promotion de la traçabilité métrologique en médecine de laboratoire et gestion de la base de données du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) pour les méthodes, matériaux et services de référence (C04-4.1, C04-4.2, C04-4.3, C04-4.4, C04-4.5, C04-4.6). La réalisation complète des travaux proposés pour soutenir le JCTLM repose également sur la mise à disposition de personnel détaché.

Accueil de détachés au BIPM pour des objectifs spécifiques, incluant la collaboration scientifique et le développement de supports de renforcement des capacités, domaine où les opportunités de contribuer pour les parties prenantes ne cessent de croître.

Ce modèle peut également être envisagé pour soutenir les groupes spécifiques sectoriels du CIPM au cours de la période 2028-2031.

Le cas échéant, un autre modèle de partenariat réside dans l'utilisation d'**équipements partagés**. Dans certains cas, il est approprié et rentable d'exécuter certaines parties du programme de travail en ayant recours à des installations gérées par des organismes externes.

Le BIPM continuera d'explorer les options pour ce modèle de partenariat. Actuellement, l'utilisation d'équipements partagés contribue fortement à la mise à disposition de services dans le domaine des rayonnements ionisants :

> Mise à disposition de systèmes de référence internationaux pour la dosimétrie (S11-2.1, S11-2.2).

Un mode de partenariat qui s'avère très efficace pour toutes les activités du BIPM est l'implication du personnel des laboratoires nationaux de métrologie dans la réalisation du programme de travail du BIPM en tant que **personnel détaché**.

Le personnel détaché par les laboratoires nationaux de métrologie contribue actuellement à hauteur d'environ 120 mois-personnes au travail du BIPM chaque année. Le coût de l'indemnité de subsistance que ces détachés reçoivent durant leur séjour au BIPM est davantage pris en charge par les laboratoires d'origine. Les détachés permettent la finalisation et la livraison des travaux du BIPM, transmettent des connaissances et des compétences au personnel du BIPM et acquièrent eux-mêmes de nouvelles compétences qu'ils mettent à profit au sein de leur laboratoire national de métrologie et de leur région d'origine, participant ainsi à l'harmonisation internationale des bonnes pratiques.

Au cours de la période 2028-2031, l'objectif est d'accroître la contribution du personnel détaché et d'augmenter la part des dépenses prises en charge par les laboratoires d'origine.

Le programme présenté ci-dessous propose de nombreuses possibilités de contribuer à la mise en œuvre rapide des services et à l'ampleur de leur impact. Voici les services qui dépendent plus particulièrement de la disponibilité de personnel détaché.

> **Collaboration scientifique et technique**
>
> Publication de lignes directrices pour l'échange de données sur les étalons primaires et secondaires de fréquence en soutien à l'UTC (S07-1.2).
>
> Mise en place de formations en ligne et du code associé pour les laboratoires de l'UTC afin de valider et de comprendre les données qu'ils soumettent pour le calcul de l'UTC (S08-1.1).
>
> Modélisation du réseau mondial des étalons primaires pour l'ozone, développement d'un modèle de comparaison optimisé et mise en place d'un jumeau numérique pour assurer la cohérence du réseau (S09-1.2).
>
> Amélioration de la cohérence des comparaisons de delta d'isotopes légers pour soutenir le développement d'étalons et de services dans les laboratoires nationaux de métrologie (S09-3.2, S09-3.3).
>
> Transfert de connaissances en métrologie des gaz (S09-5.1, S09-5.2, S09-5.3). Ce projet repose également sur les contributions de parties prenantes.
>
> Transfert de connaissances sur l'application de méthodes de résonance magnétique nucléaire quantitative pour le développement de matériaux de référence certifiés au sein des laboratoires nationaux de métrologie. (S10-8.2, S10-8.3).
>
> Transfert de connaissances sur les méthodes de quantification des étalons de protéines pour les laboratoires nationaux de métrologie établissant ou élargissant leur programme de biométrologie (S10-9.1, S10-9.2, S10-9.3).
>
> Mise en place d'un nouveau service de comparaison en curiethérapie (S11-3.3).

Coordination

Mise à disposition de services de secrétariat au Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB) (C01-1.1 to C01-1.6).

Promotion de la collaboration entre les secrétariats des organisations régionales de métrologie (C02-1.3).

Le dernier mécanisme de soutien venant de parties prenantes des États Membres repose sur le **don d'équipements**.
Par le passé, ce mécanisme a apporté des avantages à la fois au donateur et au BIPM et, dans ce programme de travail, un projet en particulier ne peut être mené à bien qu'en utilisant ce modèle.

Coordination de l'exploitation partagée efficace d'un étalon optique de fréquence, qui a été donné au BIPM, afin de piloter une nouvelle comparaison clé d'étalons optiques de fréquence (S07-1.3). Le succès de ce projet repose à la fois sur le don d'équipement et sur un projet technique commun.

Outre les activités explicitement identifiées comme ouvertes aux partenariats, le BIPM reste ouvert à toute discussion concernant d'autres travaux susceptibles de présenter un intérêt et un bénéfice mutuels.

Représentation de la communauté métrologique mondiale

Le premier objectif du BIPM est le suivant :

> Représenter la communauté métrologique internationale afin d'en maximiser la reconnaissance et l'impact.
>
> - *Nous coopérons avec les organisations intergouvernementales pertinentes ainsi qu'avec d'autres organismes internationaux afin de développer les possibilités de tirer parti de la métrologie pour relever les défis mondiaux.*
> - *Nous communiquons et sensibilisons sur l'importance de la métrologie, les avancées de la science de la mesure, et le travail du BIPM.*

Cet objectif reflète l'impact considérable de la métrologie sur un large panel d'activités humaines, pour lesquelles le BIPM peut soutenir ses États Membres afin de maximiser l'effet de leurs investissements, en collaboration avec des partenaires extérieurs à la communauté de la métrologie scientifique.

La métrologie scientifique constitue l'un des quatre piliers de l'infrastructure de la qualité. Ainsi, le BIPM entretient et développe des relations à long terme avec des organisations liées aux trois autres piliers : la métrologie légale, l'accréditation et la normalisation.

Au-delà de l'infrastructure de la qualité, nombre des défis mondiaux identifiés dans la *Stratégie du CIPM à compter de 2030* sont des priorités pour les États Membres et nécessitent la participation de la métrologie scientifique. En réponse, le CIPM a retenu comme prioritaire l'instauration de plateformes horizontales permettant de relever les défis métrologiques multidisciplinaires. Deux plateformes de ce type ont déjà été mises en place : le Groupe spécifique sectoriel du CIPM sur le climat et l'environnement et le Forum sur la métrologie et la transformation numérique. La forte participation d'un large panel d'organisations intergouvernementales et d'autres parties prenantes a favorisé leur réussite.

Dans ce contexte, le rôle du BIPM dans la représentation de la communauté métrologique internationale auprès d'acteurs extérieurs revêt une importance croissante. Le BIPM contribue à cette dynamique en menant des actions de promotion, en proposant des activités éducatives, en favorisant le dialogue et en identifiant des possibilités de coopération avec des organisations et dans des régions prioritaires, conformément aux orientations stratégiques définies par le CIPM et exprimées par les États Membres au travers des résolutions de la CGPM.

Le *Programme de travail 2028-2031*, élaboré afin de soutenir la mise en œuvre de ces actions et de contribuer à atteindre cet objectif, est présenté en détail ci-dessous. Les objectifs stratégiques définis dans le *Plan stratégique du BIPM (2026)* sont indiqués en gras, suivis des activités et des services correspondants.

R01 **Assurer une communication efficace avec les parties prenantes (laboratoires nationaux de métrologie, laboratoires désignés, décideurs, organisations intergouvernementales, communauté scientifique) au sujet du BIPM, de la Convention du Mètre, de la métrologie et de ses avantages.**

Soutenir les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie afin de communiquer efficacement sur l'importance de la métrologie, en fournissant une large gamme de supports promotionnels mettant particulièrement l'accent sur la valorisation de l'impact de la métrologie. Ces supports de communication sont mis à la disposition des États Membres et Associés ainsi que des organisations régionales de métrologie par l'intermédiaire d'une base de données de ressources.

R01-1 Site internet du BIPM Mettre à disposition et maintenir un nouveau site internet du BIPM, qui fournit efficacement les services du BIPM et en donne une image actualisée.	
R01-1.1 Lancement d'une nouvelle version du site internet.	
R01-1.2 Planification d'une nouvelle bibliothèque de documents intégrée afin d'assurer la gestion des publications et rapports du BIPM, ainsi que des documents de travail des comités et des groupes de travail.	
R01-1.3 Maintenance et adaptation constante du site internet aux besoins du BIPM, du CIPM et des Comités consultatifs si nécessaire.	
R01-1.4 Alignement du contenu du site internet sur les objectifs de communication du BIPM.	
R01-1.5 Mise à jour continue de la base de données contenant les informations de contact et de participation des États Membres, Associés, organisations collaborant avec le BIPM et Observateurs, et intégration de celle-ci dans le déploiement du nouveau site internet.	
R01-2 Stratégie de communication Assurer une stratégie de communication et une représentation cohérentes du BIPM par l'intermédiaire des différents canaux de communication, maintenir et développer sa présence sur les réseaux sociaux, publier la newsletter et le rapport annuel.	
R01-2.1 Publication fréquente de contenu (texte, visuels et vidéos) mettant en avant le travail du BIPM, des Comités consultatifs et du CIPM à travers différents canaux ; création d'une banque de ressources.	
R01-2.2 Publication régulière de la newsletter et publication du rapport annuel.	
R01-3 Journée mondiale de la métrologie Collaborer avec l'UNESCO, l'OIML et les organisations régionales de métrologie afin de mener une campagne annuelle incluant des posters, des évènements en présentiel et des webinaires, dans le but de promouvoir le travail du BIPM et l'importance de la métrologie.	
R01-3.1 Mise en œuvre d'une campagne annuelle thématique incluant la conception du poster, des visuels, des messages et un communiqué de presse, ainsi que du contenu pour les sites internet, YouTube et LinkedIn.	🤝
R01-3.2 Organisation d'un événement commun le 20 mai de chaque année dans différents pays, en collaboration avec l'UNESCO.	🤝

R02 **Accroître la visibilité et la compréhension de la métrologie au sein de la communauté internationale de l'infrastructure de la qualité, notamment afin de favoriser le lien entre métrologie et accréditation dans le cadre de l'établissement du nouvel organisme international d'accréditation. Approfondir les liens existants et établir de nouvelles collaborations avec des organisations internationales en dehors de la communauté de l'infrastructure de la qualité, afin de plaider en faveur de l'application de la métrologie dans des domaines spécifiques.**

Promouvoir auprès de toutes les communautés d'utilisateurs l'importance et les avantages d'une échelle de temps de référence internationale continue et unique, l'UTC, qui réponde aux besoins des utilisateurs actuels et futurs.

Promouvoir et accroître l'utilisation d'étalons et mesures traçables au SI auprès d'organisations intergouvernementales et autres parties prenantes, pour des applications en analyse chimique et biochimique.

R02-1 Promotion de l'infrastructure de la qualité

Assurer une coordination étroite avec d'autres organismes internationaux de l'infrastructure de la qualité, afin d'améliorer continuellement le système international et de promouvoir l'infrastructure de la qualité comme l'un des piliers soutenant les objectifs de développement durable. Identifier des intérêts communs avec d'autres organisations internationales telles que l'UNESCO, l'ONUDI, la CEE-ONU, la CCNUCC, l'OCDE et l'OMC, et collaborer afin de mettre en valeur le rôle de la métrologie scientifique.

R02-1.1 Participation active aux réunions des organisations avec lesquelles le BIPM collabore, et diffusion efficace des informations pertinentes à la communauté de la métrologie.	
R02-1.2 Collaboration dans des domaines tels que la communication, le renforcement des capacités et la transformation numérique, afin de mieux faire connaître l'infrastructure de la qualité.	 
R02-1.5 Mise à jour continue d'un registre contenant les organisations avec lesquelles le BIPM collabore, les mémorandums d'entente et les accords de collaboration, et établissement de nouveaux partenariats stratégiques sur la base d'une analyse régulière des parties prenantes.	

R02-2 Collaboration avec l'UNESCO

Élaborer des concepts communs pour la formation et les supports de formation dans le cadre des programmes de l'UNESCO pour l'éducation et l'entrepreneuriat.

R02-2.1 Conception d'un plan de collaboration sur quatre ans.	
R02-2.2 Création de kits éducatifs concrets et d'autres supports de formation afin de favoriser la compréhension des concepts métrologiques.	 
R02-2.3 Développement et organisation d'activités de renforcement des capacités et de transfert des connaissances pour différents groupes cibles, en collaboration avec l'UNESCO.	 
R02-2.4 Contribution à des initiatives conjointes avec l'UNESCO, et/ou organisation de celles-ci, afin de mieux faire connaître la métrologie.	 

R02-3 Collaboration avec des partenaires stratégiques pertinents pour la métrologie des rayonnements ionisants

Assurer le développement de relations solides avec des partenaires stratégiques intéressés par la métrologie des rayonnements ionisants.

R02-3.1 Signature d'un mémorandum d'entente avec l'AIEA afin d'étendre à la métrologie des radionucléides la collaboration existante en dosimétrie et dans les laboratoires secondaires d'étalonnage pour la dosimétrie (LSED), avec pour objectifs de renforcer la coordination entre le CCRI et le BIPM et de développer des évènements conjoints et des activités de formation.	

R02-3.2 Comparaisons supplémentaires du CCRI co-pilotées par le BIPM et l'AIEA, s'appuyant sur des matériaux de référence fournis par l'AIEA.	
R02-3.3 Représentation du BIPM au sein d'instances internationales, notamment l'International Commission on Radiation Units (ICRU), l'International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM), l'Organisation internationale de normalisation (ISO) (réunions du SC2 et des groupes de travail), et le comité scientifique des LSED.	
R02-3.4 Renforcement des relations avec l'Organisation du traité d'interdiction complète des essais nucléaires (OTICE) dans le domaine de la métrologie des rayonnements ionisants, dans le cadre de l'Accord pratique conclu entre les deux organisations.	

R02-4 Soutien concernant la reconnaissance de l'UTC

Renforcer les liens avec les organisations internationales représentant les utilisateurs du temps (UIT-R, UIT-T, IEEE et ICG, par exemple), les organisations liées à la gestion du temps et aux étalons métrologiques de temps et de fréquence (AIG, IGS et IERS, par exemple), les organisations scientifiques (telles que le SKAO) et les agences spatiales, afin de garantir la reconnaissance de l'UTC comme l'échelle de temps de référence cohérente et utile, ou d'identifier les échelles de temps appropriées traçables à l'UTC.

Encourager la mise en œuvre de la résolution de la CGPM (2026) sur l'UTC continu.

R02-4.1 Entretien des relations avec le Secteur des radiocommunications de l'Union internationale des télécommunications (UIT-R) et d'autres organisations internationales représentant les utilisateurs du temps, et contribution à leurs travaux, afin de soutenir la pleine mise en œuvre des décisions de la CGPM et la reconnaissance de l'UTC comme référence internationale dans les normes, recommandations, ou référentiels de bonnes pratiques.	
R02-4.2 Représentation active du BIPM lors de réunions d'organisations internationales, forums d'utilisateurs et autres évènements réunissant des parties prenantes, au moyen de présentations expliquant l'UTC continu et les échelles de temps de référence internationale.	

R02-5 Organisations internationales actives en métrologie de la chimie et de la biologie

Promouvoir la mise en œuvre de systèmes de mesure de référence dans les domaines de la chimie et de la biologie, afin de garantir l'exactitude et la traçabilité des mesures au Système international d'unités (SI) en représentant le BIPM auprès d'autres organismes internationaux.

R02-5.1 Production de données et documentation par l'IFCC, l'ISCH, l'OMS, l'ISO TC 212 WG2 et Global Accreditation Cooperation Incorporated (Global ACI), consacrées à la médecine de laboratoire et faisant référence à la traçabilité métrologique, par une participation collaborative avec le BIPM.	
R02-5.2 Production de données et documentation par l'OMM, le GIEC, la CCNUCC, la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, l'Observatoire international des émissions de méthane du Programme des Nations Unies pour l'environnement, l'ISO TC 207 et l'ISO TC 146, consacrées aux mesures atmosphériques/océanographiques et faisant référence à la traçabilité métrologique, par une participation collaborative avec le BIPM.	

R02-5.3 Production de données et documentation par le Codex, l'OMS et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, consacrées aux mesures des denrées alimentaires et des aliments pour animaux et faisant référence à la traçabilité métrologique, par une participation collaborative avec le BIPM.	
R02-5.4 Établissement de relations avec des organismes élaborant des directives pour la bio-ingénierie et la biotechnologie et faisant référence à la traçabilité métrologique, par une participation collaborative avec le BIPM.	

Collaboration scientifique et technique

Le deuxième objectif du BIPM est le suivant :

> Être un centre de collaboration scientifique et technique entre les États Membres, leur permettant de développer des aptitudes pour les comparaisons internationales de mesure, sur le principe des frais partagés.
>
> - *Nous coordonnons des comparaisons internationales des étalons de mesure nationaux considérés comme de la plus haute priorité.*

Depuis sa création, le BIPM a joué un rôle de premier plan dans le domaine scientifique et mené un travail technique de haut niveau afin de soutenir l'infrastructure internationale de mesure. Au cours de ses 150 ans d'existence, le BIPM n'a cessé d'adapter le niveau de ses activités, quel que soit le domaine, pour répondre à l'évolution des besoins de ses États Membres. Aujourd'hui, le BIPM maintient un ensemble d'activités techniques ciblées, sélectionnées stratégiquement afin de maximiser les bénéfices qu'en retirent les États Membres et de garantir la continuité d'échelles de mesure stables et comparables pour un usage pratique.

Les activités décrites ci-après ont été sélectionnées à la suite de consultations approfondies avec les Comités Consultatifs concernés, en tenant compte de la *Stratégie du CIPM à compter de 2030*, et dans le but d'optimiser les ressources de l'organisation.

Au cours de la période 2028-2031, le travail dans les principaux domaines d'activité technique sur site (électricité, masses, temps, gaz, chimie organique et biologique, radionucléides et dosimétrie) se poursuivra tout en connaissant une évolution majeure afin de répondre aux nouveaux besoins des utilisateurs. Par ailleurs, un nouveau domaine d'activité a vu le jour : il s'agit de la transformation numérique.

Pour chaque domaine scientifique, le programme de travail pour la période 2028-2031 est présenté en détail ci-après et précise le contexte des activités sélectionnées. Les objectifs stratégiques tirés du *Plan stratégique du BIPM (2026)* sont mis en évidence en gras et sont suivis des activités et services associés.

Électricité

La métrologie électrique scientifique repose sur deux types d'étalons primaires quantiques : les étalons de tension électrique à effet Josephson et les étalons de résistance électrique de Hall quantique. Leur statut d'étalon primaire a été établi en 1990 lors de l'adoption des valeurs conventionnelles de la constante de Josephson et de la constante de von Klitzing pour la métrologie appliquée, créant ainsi un système parallèle d'unités électriques pratiques.

Avec la mise en œuvre, en 2019, de la révision du Système international d'unités (SI), ces étalons quantiques permettent désormais de réaliser directement le volt et l'ohm. Par conséquent, les étalons de tension à effet Josephson et les étalons de résistance de Hall quantiques constituent maintenant le fondement mondial de la réalisation des unités électriques.

Bien que les effets quantiques permettent de façon intrinsèque un haut niveau d'exactitude et de reproductibilité, leur mise en œuvre pratique nécessite une validation expérimentale. À l'heure actuelle, il n'existe aucun artefact transportable permettant d'effectuer des comparaisons avec le niveau d'exactitude requis pour ces étalons. Par conséquent, la seule voie pour établir la validité d'une mesure déclarée est d'effectuer des comparaisons bilatérales sur site d'étalons quantiques.

À cette fin, le BIPM a mis au point un étalon de tension à effet Josephson et un étalon de résistance de Hall quantique transportables afin de pouvoir procéder à des comparaisons bilatérales sur site pour le compte des États Membres. Ce service, que seul le BIPM peut offrir, garantit au niveau mondial la confiance vis-à-vis des déclarations d'étalonnage et de mesure pour ces grandeurs primaires, ainsi que pour toutes les grandeurs dérivées à partir de ces étalons primaires. Cette confiance repose sur la poursuite de cette activité au BIPM. Les services de comparaison du BIPM sont une composante essentielle du programme de comparaisons du Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), tel qu'il est défini dans la stratégie du CCEM.

Par ailleurs, le BIPM propose des comparaisons bilatérales de mesures électriques de tension, résistance et capacité, effectuées à l'aide d'étalons de transfert parfaitement caractérisés, destinées aux laboratoires nationaux de métrologie ne possédant pas d'étalons quantiques. Ces comparaisons constituent également une étape préparatoire pour les laboratoires nationaux avant leur première participation à des comparaisons sur site d'étalons quantiques. Lors de ces comparaisons, les étalons de tension du BIPM sont traçables à l'étalon de tension à effet Josephson, et ceux de résistance et capacité à l'étalon de résistance de Hall quantique.

Les laboratoires, l'expertise et les équipements du BIPM permettent de fournir ces services spécialisés à moindre coût pour les États Membres, tandis que les bénéfices pour l'ensemble de la communauté de la métrologie sont considérables. Le BIPM propose en particulier des services d'étalonnage aux États Membres qui ne possèdent pas d'étalon primaire pour ces grandeurs, ce qui est le cas de nombreux nouveaux États Membres.

Le programme de travail présenté ci-dessous pour le domaine de l'électricité continue d'accorder une priorité élevée à la réalisation de comparaisons bilatérales pour les réalisations primaires de tension et de résistance, ainsi qu'aux services d'étalonnage associés.

S01 Soutenir le programme de comparaisons du CCEM en démontrant au plus haut niveau les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie afin d'étayer leurs CMCs et de garantir l'uniformité mondiale des étalons électriques primaires.

S01-1 Comparaisons bilatérales sur site d'étalons de tension à effet Josephson

Comparaison directe d'étalons de tension à effet Josephson en courant continu et/ou alternatif au sein des laboratoires de métrologie nationaux à l'aide des étalons transportables du BIPM afin d'obtenir l'incertitude la plus faible possible.

S01-1.1 Réalisation, pour six laboratoires, de comparaisons bilatérales sur site en courant continu et/ou alternatif jusqu'à 1 kHz dans le cadre de la comparaison clé BIPM.EM-K10.a/b/c/d avec une incertitude relative maximale estimée à 1×10^{-10} en courant continu et à 1×10^{-7} en courant alternatif.	
S01-1.2 Maintenance dans des conditions optimales de fonctionnement de l'étalon transportable de tension à effet Josephson, afin d'obtenir l'incertitude de mesure requise et de soutenir les comparaisons bilatérales d'étalons de tension à diodes Zener (S01-2) et les étalonnages d'étalons de tension à diodes Zener effectués pour les laboratoires nationaux de métrologie (S02-1.1).	
S01-1.3 Étude sur l'intérêt et les options techniques d'une extension de la plage de fréquences des comparaisons sur site au-delà de 1 kHz, en collaboration avec des laboratoires nationaux de métrologie, afin d'évaluer la possibilité de proposer une extension du service au cours du programme de travail suivant.	

S01-2 Comparaisons bilatérales de tension à l'aide d'étalons de transfert à diodes Zener

Soutien apporté aux laboratoires nationaux de métrologie ne possédant pas d'étalon de tension à effet Josephson, et étape préalable à une comparaison sur site d'étalons de tension à effet Josephson (S01-1).

S01-2.1 Réalisation pour six laboratoires de comparaisons bilatérales d'étalons de tensions à diodes Zener dans le cadre de la comparaison clé BIPM.EM-K11.a/b avec une incertitude relative estimée à 5×10^{-8}.	
S01-2.2 Participation aux comparaisons connexes des organisations régionales de métrologie afin de les relier à la comparaison clé BIPM.EM-K11.	
S01-2.3 Maintenance dans des conditions optimales de fonctionnement des étalons secondaires de tension du BIPM (à diodes Zener), utilisés comme étalons voyageurs pour les comparaisons, afin d'obtenir l'incertitude de mesure requise et de soutenir les étalonnages d'étalons de tension à diodes Zener effectués pour les laboratoires nationaux de métrologie (S02-1.1).	

S01-3 Comparaisons bilatérales sur site d'étalons de résistance de Hall quantique

Comparaison directe d'étalons de résistance de Hall quantique au sein des laboratoires de métrologie nationaux, à l'aide de l'étalon transportable de résistance de Hall quantique du BIPM, afin d'obtenir l'incertitude la plus faible possible.

S01-3.1 Réalisation, pour six laboratoires, de comparaisons bilatérales sur site d'étalons de résistance de Hall quantique (y compris à l'aide de nouveaux étalons à base de graphène) dans le cadre de la comparaison clé BIPM.EM-K12 avec une incertitude-type relative de l'ordre de 10^{-9}.	

S01-3.2 Maintenance dans des conditions optimales de fonctionnement de l'étalon transportable de résistance de Hall quantique et de la chaîne de mesure associée, afin d'obtenir l'incertitude de mesure requise et de soutenir les comparaisons bilatérales de résistance à l'aide d'étalons de transfert de résistance (S01-4) ainsi que les étalonnages d'étalons secondaires effectués pour les laboratoires nationaux de métrologie (S02-1.2).

S01-3.3 Réalisation de l'unité de capacité à l'aide de la résistance de Hall quantique afin de soutenir les comparaisons et étalonnages de capacité (S01-6 et S02-1.3).

S01-4 Comparaisons bilatérales d'étalons de résistance à l'aide d'étalons de transfert de résistance

Soutien apporté aux laboratoires nationaux de métrologie ne possédant pas d'étalon de résistance de Hall quantique, et étape préalable à une comparaison sur site d'étalons de résistance de Hall quantique (S01-3).

S01-4.1 Réalisation, pour six laboratoires, de comparaisons bilatérales d'étalons de transfert de résistance dans le cadre de la comparaison clé BIPM.EM-K13.a/b avec une incertitude-type relative estimée à 5×10^{-8}.

S01-4.2 Participation aux comparaisons connexes des organisations régionales de métrologie afin de les relier à la comparaison clé BIPM.EM-K13.

S01-4.3 Maintenance dans des conditions optimales de fonctionnement des étalons secondaires de résistance du BIPM, utilisés comme étalons voyageurs pour les comparaisons, et de la chaîne de mesure associée afin d'obtenir l'incertitude de mesure requise et d'assurer les étalonnages d'étalons secondaires de résistance effectués pour les laboratoires nationaux de métrologie (S02-1).

S01-5 Résistance de Hall quantique à base de graphène

Utilisation d'une résistance de Hall quantique à base de graphène dans un cryoréfrigérateur à plus haute température (4,2 K) et dans un champ magnétique plus faible (< 7 T) afin de faciliter la mise en œuvre de la résistance de Hall quantique lors des comparaisons sur site (S01-3) et de réduire les coûts.

S01-5.1 Mise en œuvre d'un étalon compact de résistance de Hall quantique, fondé sur un échantillon de graphène et fonctionnant dans un cryoréfrigérateur, en remplacement de l'étalon à base d'arséniure de gallium.

S01-6 Comparaisons bilatérales de capacité

Étayer les déclarations de CMCs des laboratoires nationaux de métrologie pour la mesure de la capacité.

S01-6.1 Réalisation, pour quatre laboratoires, de comparaisons bilatérales d'étalons de transfert de capacité dans le cadre de la comparaison clé BIPM.EM-K14.a/b avec une incertitude-type relative estimée à 5×10^{-8}.

S01-6.2 Maintenance dans des conditions optimales de fonctionnement des systèmes de mesure permettant de dériver l'unité de capacité électrique à partir de l'effet Hall quantique et/ou du condensateur calculable afin d'obtenir l'incertitude de mesure requise et de soutenir les étalonnages d'étalons secondaires de capacité (S02-1.3).

S01-6.3 Participation aux comparaisons connexes des organisations régionales de métrologie afin de les relier à la comparaison clé BIPM.EM-K14.

S01-7 Étalon d'impédance fondé sur l'effet Hall quantique en courant alternatif

Développer une méthode primaire pour la réalisation directe d'impédances en courant alternatif conformément au SI révisé.

S01-7.1 Utilisation de l'effet Hall quantique en courant alternatif pour la mise en œuvre d'un étalon primaire d'impédance opérationnel afin de réduire l'incertitude sur la réalisation de l'unité de capacité électrique.	

S02 Soutenir les laboratoires nationaux qui n'ont pas accès à des étalons quantiques en fournissant des services d'étalonnages pour les grandeurs électriques.

S02-1 Étalonnages d'étalons secondaires électriques pour les laboratoires nationaux de métrologie

Fournir des services d'étalonnage aux laboratoires nationaux de métrologie qui ne possèdent pas d'étalon primaire électrique en utilisant les systèmes de mesure déjà en place pour les activités de comparaison.

S02-1.1 Réalisation de 16 étalonnages d'étalons secondaires de tension pour des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires du BIPM (rayonnements ionisants et balance de Kibble).	
S02-1.2 Réalisation de 150 étalonnages d'étalons secondaires de résistance pour des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires du BIPM (masses, rayonnements ionisants, balance de Kibble).	
S02-1.3 Réalisation de 120 étalonnages d'étalons secondaires de capacité électrique pour des laboratoires nationaux de métrologie.	

S03 Assurer le transfert des connaissances des experts du BIPM aux métrologistes des laboratoires nationaux en matière d'étalons quantiques électriques.

S03-1 Transfert de connaissances en matière d'étalons quantiques électriques

S03-1.1 Transfert de connaissances sur les bonnes pratiques en matière d'étalons quantiques électriques, dans le cadre des comparaisons sur site des étalons de tension à effet Josephson (BIPM.EM-K10) et des étalons de résistance de Hall quantique (BIPM.EM-K12).	
S03-1.2 Organisation avec des experts du CCEM d'un atelier sur les aspects pratiques du fonctionnement et de la mise en œuvre des étalons quantiques électriques et des instruments associés, et mise à disposition des présentations sur la plateforme d'apprentissage en ligne du BIPM.	

Masses

Jusqu'en mai 2019, la masse du prototype international du kilogramme, conservé au BIPM, constituait la définition du kilogramme. Par conséquent, le BIPM était l'unique source de traçabilité au kilogramme à l'échelle mondiale. En vue de la mise en œuvre de la redéfinition du kilogramme à partir de la constante de Planck en 2019, le BIPM a conçu une balance de Kibble afin de contribuer à la détermination de la valeur de la constante et d'anticiper le besoin potentiel de poursuivre sa contribution à la réalisation et la dissémination du kilogramme à la suite de la redéfinition. La balance de Kibble du BIPM offrira une voie indépendante de traçabilité pour les pays qui ne disposeront pas d'une réalisation primaire du kilogramme avant de nombreuses années.

La dissémination de l'unité selon la nouvelle définition est mise en œuvre en plusieurs phases visant à instaurer la confiance au niveau mondial dans l'équivalence des réalisations du kilogramme effectuées à partir de balances de Kibble ou de la méthode XRCD (mesures de masse volumique de cristaux par rayons x). Au cours de la phase actuelle (phase 2), la dissémination est coordonnée à l'échelle internationale à l'aide d'une « valeur de consensus » du kilogramme plutôt qu'à partir de réalisations locales indépendantes. Cette valeur de consensus est déterminée à partir des valeurs de référence d'une série de comparaisons biennales ou triennales de ces réalisations, coordonnée par le BIPM. Ces comparaisons s'appuient sur l'unité de masse maintenue par le BIPM, qui présente une stabilité de l'ordre de 1 µg par an. La balance de Kibble du BIPM participe également à ces comparaisons.

Alors que la communauté internationale se prépare à la transition vers la phase 3, au cours de laquelle le kilogramme sera disséminé à partir de réalisations locales indépendantes, il sera critique, selon toute vraisemblance, de continuer à maintenir et améliorer la balance de Kibble du BIPM. Dans le programme de travail présenté ci-dessous, la priorité est de conserver l'expertise nécessaire pour faire fonctionner l'instrument, et d'améliorer son efficacité et ses performances.

Dans le même temps, les échelles nationales des masses et les échelles pour les unités dérivées continuent de dépendre de la dissémination fondée sur la valeur de consensus, déterminée à partir des comparaisons des réalisations primaires en s'appuyant sur l'unité de masse maintenue par le BIPM. Les activités et les services présentés ci-après reflètent la continuité de ce service.

Le BIPM continue également à fournir à ses États Membres des services d'étalonnage des étalons nationaux de masse de 1 kg, la plupart d'entre eux ne disposant pas de réalisation de l'unité de masse (balance de Kibble ou méthode XRCD). Le programme de travail relatif aux masses présenté ci-dessous s'inscrit dans le cadre des activités du BIPM indiquées dans la section 5.4 de la Stratégie 2026-2036 du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM).

S04 Soutenir la mise en pratique du kilogramme en assurant la maintenance de la balance de Kibble du BIPM et la coordination des comparaisons clés du CCM des réalisations primaires maintenues par les laboratoires nationaux de métrologie.

S04-1 Comparaisons clés du CCM des réalisations du kilogramme

Démontrer l'équivalence des réalisations du kilogramme effectuées par les laboratoires nationaux de métrologie disposant d'une balance de Kibble ou mettant en œuvre la méthode XRCD, et soutenir la dissémination uniforme de l'unité de mesure.

S04-1.1 Organisation de comparaisons clés CCM.M-K8 des réalisations du kilogramme à l'aide de balances de Kibble ou du joule et de la méthode XRCD, à la demande du CCM.	
S04-1.2 Participation à la comparaison clé CCM.M-K8 au moyen de la balance de Kibble du BIPM, avec une incertitude-type inférieure à 40 µg.	
S04-1.3 Calcul d'une nouvelle valeur de consensus après chaque comparaison.	

S04-2 Balances de Kibble du BIPM

Assurer le maintien de la balance de Kibble du BIPM comme équipement de référence international à frais partagés, afin de soutenir une réalisation et une dissémination uniformes du kilogramme, et garantir la durabilité de cet équipement par le développement d'un instrument plus simple d'utilisation présentant des performances au moins équivalentes à celles de la balance de Kibble, en s'appuyant sur l'expérience acquise avec l'actuelle balance de Kibble.

S04-2.1 Maintien et perfectionnement de la balance de Kibble existante concernant la réalisation du kilogramme au niveau de 1 kg, avec une incertitude-type relative inférieure à 4×10^{-8}.	
S04-2.2 Détermination de la valeur de l'accélération gravitationnelle dans le laboratoire de la balance de Kibble avec une incertitude de l'ordre de 10 parties par milliard, en collaboration avec des laboratoires nationaux de métrologie.	
S04-2.3 Conception et construction d'une balance de Kibble compacte intégrant un mécanisme de pesée et de déplacement inédit, pour des masses inférieures ou égales à 1 kg.	
S04-2.4 Étude de la possibilité d'obtenir une incertitude inférieure à celle de la balance de Kibble existante.	

S05 Soutenir la dissémination du kilogramme en réalisant des étalonnages d'étalons de masse pour les laboratoires nationaux de métrologie qui n'ont pas accès à une réalisation primaire.

S05-1 Étalonnage de prototypes nationaux en platine iridié et d'étalons de masse en acier inoxydable de 1 kg

Soutenir les laboratoires nationaux de métrologie ne disposant pas de méthode de réalisation du kilogramme.

S05-1.1 Réalisation de 20 étalonnages de prototypes nationaux de 1 kg en platine iridié dans l'air et dans le vide.	
S05-1.2 Étalonnage de 50 étalons nationaux de masse de 1 kg en acier inoxydable et détermination du volume et du centre de gravité, sur demande.	

S05-1.3 Maintien d'une unité de masse de stabilité quantifiable. Établissement d'un lien stable entre les comparaisons clés successives des réalisations du kilogramme (S04-1) afin de calculer la valeur de consensus et déterminer la reproductibilité des expériences de réalisation.	
S05-2 Transfert de connaissances concernant les balances de Kibble Soutenir les projets nouveaux ou existants sur le développement et l'exploitation des balances de Kibble.	
S05-2.1 Organisation d'échanges techniques sur la conception et l'exploitation des balances de Kibble, en coordination avec la communauté des balances de Kibble.	
S05-2.2 Sur demande, conseils en ligne ou lors de visites au BIPM sur les projets de balances de Kibble nouveaux ou existants, notamment par des démonstrations et actions de renforcement des capacités à l'aide de la balance de Kibble compacte.	

Temps

Le Département du temps du BIPM est en charge de la réalisation et de la dissémination du Temps universel coordonné (UTC) depuis 1988. Le service a considérablement gagné en importance en raison de la rapidité du développement technologique et de la demande croissante d'une synchronisation du temps de haute précision dans de nombreux secteurs. En tant qu'organisme de coordination de l'UTC, le BIPM est donc appelé à conserver son rôle central, ce dernier étant explicitement identifié dans la *Stratégie du CIPM à compter de 2030* (section « The headquarters of the future » sur le futur du siège du BIPM). La transition pour faire de l'UTC une échelle de temps continue (qui devrait être adoptée lors de la 28e réunion de la CGPM en 2026) permettra une reconnaissance plus large du rôle de l'UTC et nécessitera des activités de soutien pour veiller à ce que les parties prenantes comprennent et mettent correctement en œuvre l'UTC continu.

La nature immédiate du travail sur le calcul et la dissémination de l'UTC requiert un engagement continu et actif auprès des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires du temps, ainsi qu'avec les organisations internationales dont les activités dépendent d'une gestion précise du temps. Par exemple, ces organisations incluent le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence (IERS) qui est responsable de l'accord entre l'UTC et l'UT1, l'Union internationale des télécommunications (UIT) et des organisations industrielles impliquées dans les techniques de diffusion de l'UTC, ainsi que des organismes de normalisation chargés de garantir des références correctes à l'UTC dans les normes techniques.

La qualité de l'UTC repose de manière critique sur les contributions de haute qualité fournies par les laboratoires participants. Une surveillance continue des mesures effectuées au sein des laboratoires du temps est nécessaire afin d'assurer cette qualité, ainsi que des échanges réguliers entre le Département du temps du BIPM et le personnel des laboratoires afin d'identifier et de résoudre rapidement les anomalies dans les données fournies.

L'amélioration continue du service est essentielle afin de garantir la pertinence et la qualité du travail du BIPM. Elle vise à mettre en œuvre les meilleurs algorithmes de traitement des données et de comparaison des horloges, à intégrer de nouvelles horloges et techniques de comparaison de temps, et à accompagner la transformation numérique pour la diffusion des résultats, en réponse à l'évolution des besoins des utilisateurs.

Outre leurs responsabilités opérationnelles, les membres du personnel du Département du temps, en tant qu'experts indépendants, contribuent à l'analyse scientifique et à la recherche. Cela consiste, par exemple, à évaluer les risques associés à l'introduction d'une seconde intercalaire négative et à examiner les enjeux scientifiques liés à la mise en place d'un temps lunaire de référence.

Le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) travaille actuellement à la redéfinition de la seconde. Le BIPM étudie donc comment soutenir les comparaisons d'horloges optiques, en ayant potentiellement recours à une horloge optique mise à disposition du BIPM sous forme de don. D'autres évolutions, incluant de nouvelles activités du CCTF en soutien à la gestion du temps lunaire, pourraient également ouvrir davantage de perspectives, pour le BIPM, de s'impliquer dans des projets stratégiques nationaux et internationaux consacrés à de nouvelles applications de la métrologie, en cohérence avec la *Stratégie du CIPM à compter de 2030*. Ces évolutions pourraient contribuer à établir des étalons universels pour l'exploration spatiale, notamment par la mise en place de projets communs.

Le programme de travail dans le domaine du temps présenté ci-dessous est étroitement aligné sur les priorités définies dans la section 11.5 de la Stratégie 2025-2035 du CCTF, ainsi qu'avec les projets de résolution B, C et D qui seront soumis à la CGPM en 2026.

S06 Mettre en place et perfectionner un processus de pointe permettant de calculer et disséminer l'échelle de temps de référence internationale, l'UTC, par :

- **l'intégration des données provenant de nouveaux types d'horloges atomiques et d'étalons de fréquence dans les laboratoires nationaux de métrologie,**
- **l'introduction de nouvelles techniques de comparaisons de temps et de fréquence,**
- **la poursuite du processus d'automatisation et une meilleure disponibilité des données numériques.**

S06-1 Réalisation de l'UTC, de l'UTCr, de TT et de la comparaison clé CCTF-K001.UTC

Soutenir la coordination internationale et les laboratoires nationaux participant au calcul de l'UTC, en assurant en permanence la mise à disposition de l'échelle de temps de référence internationale, l'UTC, et des produits associés.

Surveiller, notamment, la mise en œuvre correcte de la résolution de la CGPM (2026) sur l'UTC continu (voir R02-4) afin de soutenir la stratégie du CCTF.

L'objectif global du projet est de maintenir :

l'exactitude de l'UTC (paramètre d) < 2×10^{-16} (1 sigma)

|UTC-UTCr|< 1 ns

le nombre de laboratoires participant au calcul de l'UTCr > 65

S06-1.1 Calcul et publication mensuelle de l'UTC dans la *Circulaire T* (CCTF-K001.UTC).	
S06-1.2 Calcul et publication hebdomadaire de l'UTCr.	
S06-1.3 Calcul et publication annuelle de TT.	

S06-2 Disponibilité, exactitude et fiabilité de l'UTC, de l'UTCr, de TT et de la comparaison clé CCTF-K001.UTC

Fournir des produits de pointe présentant une exactitude optimale, garantissant leur fiabilité, et améliorer leur exactitude par des adaptations continues.

S06-2.1 Mise à jour des algorithmes et logiciels opérationnels associés afin d'intégrer de nouveaux types d'horloges et d'étalons primaires et secondaires de fréquence au calcul de l'UTC, de l'UTCr et de TT. Étude et mise en œuvre, si possible, de la seconde à un niveau de résolution de l'ordre de la picoseconde.	
S06-2.2 Mise à jour des algorithmes et logiciels opérationnels associés afin d'estimer les liaisons de temps et de fréquence entre les laboratoires participant au calcul de l'UTC en ayant recours à de nouvelles techniques plus stables et exactes - GNSS, comparaisons bidirectionnelles par technique de mesure SDR (Software-Defined Radio receiver), fibre optique et liaisons optiques en espace libre améliorés. Évaluation de la nécessité de coordonner les étalonnages de liaisons non-GNSS.	

S06-3 GNSS et mise à disposition d'une référence de fréquence

Assurer une caractérisation appropriée des retards de comparaison de temps des équipements GNSS des laboratoires participant au calcul de l'UTC en maintenant et en testant un ensemble de récepteurs GNSS et d'équipements voyageurs du BIPM, en coordonnant et en organisant l'étalonnage des équipements des laboratoires G1 en leur envoyant régulièrement des étalons voyageurs de référence, et en soutenant l'étalonnage des équipements des laboratoires G2.

Fournir aux utilisateurs internes du BIPM un service continu et surveillé (incluant la maintenance des onduleurs/ASI) du fonctionnement en temps réel d'une référence de fréquence, comprenant l'étalonnage à la demande.

S06-3.1 Publication d'un rapport sur la caractérisation périodique des retards des équipements GNSS des laboratoires G1 effectuée à l'aide de l'étalon voyageur du BIPM.	
S06-3.2 Service continu et surveillé concernant une référence de fréquence fourni aux laboratoires du BIPM.	
S06-3.3 Certificats concernant la référence de fréquence délivrés sur demande aux utilisateurs du BIPM.	

S06-4 Automatisation et optimisation des processus de données numériques

Développer et mettre à niveau les processus et outils afin d'améliorer l'efficacité opérationnelle et d'offrir une plus large gamme de services permettant de soutenir les laboratoires nationaux de métrologie, le CCL et le CCTF.

S06-4.1 Publication des versions évolutives des spécifications de format en matière de comparaison de temps et des documents associés.	
S06-4.2 Développement d'une bibliothèque Python pouvant servir à l'emploi de ce format.	
S06-4.5 Mise à jour du système d'exploitation de machine virtuelle afin de garantir la continuité du système, d'en améliorer la fiabilité et la performance, et de réduire les risques opérationnels et de maintenance.	
S06-4.6 Installation et validation de la mise à jour du logiciel de surveillance afin d'assurer la gestion et le contrôle global de la structure informatique du département.	

S06-6 Évolution des produits de temps du BIPM afin de soutenir les laboratoires nationaux de métrologie concernant les projets spatiaux

Soutenir les contributions des laboratoires nationaux de métrologie aux projets spatiaux d'agences spatiales nationales ou internationales. Mettre en place, éventuellement, un projet commun afin de soutenir cette activité.

S06-6.1 Publication d'un rapport sur les besoins futurs et sur la potentielle mise en place de nouveaux produits dans la *Circulaire T* concernant le décalage entre l'UTC et le temps lunaire.	

S07 **Soutenir le travail des laboratoires nationaux de métrologie dans le développement, la comparaison, et l'utilisation dans les échelles de temps et l'UTC, d'étalons optiques de fréquence en vue d'une future redéfinition de la seconde et de la mesure du temps fondée sur des horloges optiques, conformément à la feuille de route du CCTF.**

S07-1 Utilisation accrue des étalons optiques de fréquence dans les échelles de temps

Soutenir les laboratoires nationaux de métrologie dans l'utilisation d'étalons optiques de fréquence dans les échelles de temps nationales et l'UTC, en définissant un format et des protocoles d'échange de données et en adaptant les algorithmes de traitement des données.

S07-1.1 Participation active au CCTF afin de suivre l'activité, et réactivité afin de faciliter les discussions et d'encourager les progrès.	
S07-1.2 Publication de lignes directrices sur le format et la mise à disposition des données de fréquence pour une utilisation efficace et croisée des comparaisons des étalons primaires et secondaires de fréquence dans le cadre de l'UTC, comme indiqué en S06-2.1.	

S08 **Renforcer davantage l'aptitude des laboratoires participant au calcul de l'UTC à réaliser, surveiller et automatiser la génération et la dissémination des échelles de temps UTC(*k*) à destination de leurs utilisateurs nationaux et internationaux, et améliorer ainsi leur contribution à l'UTC par l'intermédiaire du programme de renforcement des capacités du CCTF.**

S08-1 Mise en œuvre du programme CBKT dans les domaines du temps et des fréquences afin de soutenir une gestion (inter)nationale du temps

Améliorer l'UTC et les échelles de temps nationales UTC(*k*) en permettant aux laboratoires participant au calcul de l'UTC de valider les données contribuant à l'UTC, en fournissant des outils logiciels et en échangeant les bonnes pratiques.

S08-1.4 Organisation d'échanges techniques en ligne en collaboration avec le Groupe de travail du CCTF sur le Temps atomique international (TAI), et publication des enregistrements vidéo sur la plateforme d'apprentissage en ligne.	

Chimie

La fiabilité des mesures en chimie et biologie est essentielle afin de répondre aux défis scientifiques, économiques et industriels auxquels nos sociétés contemporaines sont confrontées. La croissance des activités dans les domaines de la métrologie en chimie et biologie au sein des laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés des États Membres a conduit à la création du Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie et biologie (CCQM) en 1993. Le Département de la chimie du BIPM a été créé en 2000 afin de soutenir le programme de comparaisons clés du CCQM consacré aux étalons en chimie et biologie, requis par les États Membres afin de démontrer l'équivalence de leurs services de mesure dans le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (CIPM MRA) mis en œuvre en 1999.

Le CCQM couvre un large panel de domaines métrologiques. Ceux-ci comprennent des domaines émergents tels que les « omiques », le développement de nouveaux étalons pour les particules, les étalons de mesure des delta isotopiques et des microplastiques, les systèmes de mesure de référence pour les biomarqueurs, les mesures de la composition chimique de surface des semi-conducteurs utilisés en électronique quantique, la quantification de l'acide désoxyribonucléique (ADN) et de l'acide ribonucléique (ARN), l'authentification des aliments, ainsi que le comptage cellulaire.

Afin de prendre en compte cette diversité, le CCQM a adopté une approche axée sur les compétences fondamentales pour définir son programme de comparaisons. Dans ce cadre, un nombre relativement limité de comparaisons permet de démontrer des aptitudes qui peuvent ensuite être considérées valides pour un ensemble beaucoup plus vaste de substances chimiques ou biochimiques.

Le programme du BIPM prévoit l'organisation et la réalisation des comparaisons destinées aux laboratoires nationaux de métrologie qui participent aux travaux du CCQM portant sur les compétences fondamentales relatives aux matériaux et calibrateurs de référence primaire. Ces comparaisons portent notamment sur les molécules organiques de petite taille, les peptides et les protéines, les mélanges gazeux binaires ainsi que les delta isotopiques d'isotopes stables légers. Le programme bénéficie d'un important soutien de la part de scientifiques invités provenant de laboratoires nationaux de métrologie.

Les comparaisons en continu, incluant des comparaisons organisées sur demande dans les domaines des gaz et des isotopes stables, sont répétées sur de nouvelles substances conformément aux fréquences définies par la stratégie du CCQM. L'ensemble de ces activités contribue à assurer la traçabilité métrologique d'un grand nombre d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages en chimie et biologie, lesquelles comptent aujourd'hui plus de 6 500 entrées dans la base de données sur les comparaisons clés (KCDB).

La stratégie du CCQM à compter de 2030 prévoit une expansion des étalons et des aptitudes afin de soutenir les domaines de la biotechnologie et de la bio-ingénierie, ainsi que l'émergence d'étalons numériques, afin de s'adapter aux innovations dans les domaines de la santé, de la sécurité alimentaire et des technologies émergentes identifiées dans la *Stratégie du CIPM à compter de 2030*. Le programme de travail 2028-2031 du BIPM répond à ces évolutions : en élargissant les programmes de comparaisons relatifs aux protéines afin d'y inclure les peptides et protéines *de novo*, en complément des biomarqueurs cliniques ; en appliquant des méthodes de référence lors des comparaisons de calibrateurs d'ADN et d'ARN ; en développant des méthodes et comparaisons pour des étalons numériques destinés à la

résonance magnétique nucléaire quantitative ; en poursuivant les comparaisons en continu de molécules organiques de petite taille qui étayent les domaines de l'alimentation et de la médecine clinique ; et en maintenant des équipements stables et pérennes permettant la réalisation de comparaisons sur demande dans les domaines des gaz et des isotopes légers.

Les connaissances acquises en laboratoire dans le cadre du programme de comparaisons seront transférées aux laboratoires nationaux de métrologie disposant de systèmes métrologiques émergents au moyen de projets de renforcement des capacités et de transfert des connaissances (CBKT). Ces projets porteront sur les procédures de mesure de référence applicables aux molécules organiques de petite taille et à la résonance magnétique nucléaire quantitative, aux protéines et aux peptides, ainsi qu'aux gaz et aux isotopes stables légers. Des modules d'apprentissage en ligne, détachements de scientifiques invités et écoles d'été spécialisées permettront d'assurer la dissémination des connaissances.

S09 Soutenir la stratégie du CCQM en démontrant et en améliorant l'équivalence des mesures, ainsi qu'en facilitant la mise en place d'étalons et de services nationaux de mesure pour la détection de gaz stables et réactifs, à des niveaux de performance répondant aux priorités nationales.

S09-1 Comparaisons d'étalons de référence pour l'ozone et le dioxyde d'azote

Coordonner des comparaisons étayant les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à maintenir et disséminer des étalons de gaz réactifs.

S09-1.1 Réalisation de huit comparaisons bilatérales avec les laboratoires nationaux de métrologie qui possèdent des étalons primaires de mesure de l'ozone dans le cadre de la comparaison clé BIPM.QM-K1.	
S09-1.2 Modélisation du réseau mondial d'étalons primaires de mesure de l'ozone, développement d'un modèle de comparaison optimisé ainsi que d'un jumeau numérique afin d'assurer la cohérence du réseau.	 
S09-1.3 Réalisation de huit comparaisons bilatérales avec les laboratoires nationaux de métrologie responsables de la production et de la dissémination d'étalons de mesure du dioxyde d'azote dans le cadre de la comparaison clé BIPM.QM-K6.	

S09-2 Comparaisons des delta isotopiques

Coordonner des comparaisons et mettre à disposition des étalons étayant les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à produire des étalons et mesures isotopiques du carbone traçables à l'échelle VPDB.

S09-2.1 Publication des projets de rapport A et B, ainsi que du rapport final de l'étude pilote du CCQM visant à démontrer l'incertitude obtenue à l'aide de la méthode de référence carbonate-acide phosphorique utilisée pour réaliser l'échelle VPDB.	
S09-2.2 Réalisation de douze comparaisons bilatérales avec les laboratoires nationaux de métrologie maintenant des matériaux de référence pour la réalisation de l'échelle des delta isotopiques du carbone, dans le cadre des comparaisons clés BIPM.QM-K3 et BIPM.QM-K4.	

S09-2.3 Production de douze étalons isotopiques de dioxyde de carbone gazeux avec les valeurs assignées, permettant aux laboratoires nationaux de métrologie de disséminer le delta isotopique du carbone ($\delta^{13}C$) traçable à l'échelle VPDB avec la meilleure exactitude possible.

S09-3 Traçabilité des mesures des delta isotopiques

Améliorer la cohérence et étendre la gamme des comparaisons de delta isotopiques des isotopes légers afin de soutenir le développement d'étalons et de services par les laboratoires nationaux de métrologie.

S09-3.1 Extension et validation des étalons isotopiques de dioxyde de carbone gazeux du BIPM afin de permettre la dissémination et comparaison de l'échelle VPDB jusqu'à des valeurs de delta isotopique égales à -70 ‰.

S09-3.2 Finalisation et test de la méthode de comparaison des échelles VPDB et VSMOW-SLAP pour le $\delta^{18}O$ afin de réduire les incertitudes des matériaux de référence et des mesures des delta isotopiques de l'oxygène des laboratoires nationaux de métrologie.

S09-3.3 Élaboration d'une base de données pour les définitions et les réalisations des delta isotopiques afin de soutenir les activités du Groupe de travail du CCQM sur les delta isotopiques.

S09-4 Comparaisons d'étalons de mesure de gaz fondamentaux et de haute précision

Coordonner des comparaisons étayant les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à fournir et certifier des mélanges de gaz binaires de référence équivalents, ainsi que des étalons de gaz de la plus haute précision.

S09-4.1 Réalisation de dix comparaisons bilatérales avec les laboratoires nationaux de métrologie maintenant des étalons de mesure mélanges de gaz binaires fondamentaux dans le cadre de la comparaison clé BIPM.QM-K2.a et b.

S09-4.2 Réalisation de dix comparaisons bilatérales avec les laboratoires nationaux de métrologie maintenant des étalons de mesure de haute précision dans le cadre des études pilotes BIPM.QM-P5 et -P7, et des comparaison clés BIPM.QM-K5 et -K7.

S09-5 Renforcement des capacités et transfert des connaissances en matière d'étalons de gaz

Assurer le transfert de connaissances concernant la méthode de référence permettant de produire et certifier des étalons de gaz pour les laboratoires nationaux de métrologie mettant en place ou développant leurs programmes de métrologie des gaz.

S09-5.1 Élaboration d'un module d'apprentissage en ligne consacré à la production et certification des étalons isotopiques de dioxyde de carbone gazeux.

S09-5.2 Extension du module d'apprentissage en ligne et organisation d'un atelier consacré aux mesures des delta isotopiques et aux étalons correspondants.

S09-5.3 Mise en place de deux détachements de scientifiques invités dans le cadre du programme de métrologie pour un air pur.

S10 Soutenir la stratégie du CCQM en démontrant et en améliorant l'équivalence des mesures, ainsi qu'en facilitant l'établissement de matériaux et calibrateurs de référence primaires pour :

- **les molécules organiques de petite taille, aux niveaux de mesure requis pour répondre aux besoins des systèmes de mesure de référence dans les domaines de la médecine de laboratoire, de la sécurité des aliments, du commerce des produits agricoles primaires, de la médecine légale, de l'analyse environnementale et de l'industrie pharmaceutique,**
- **les peptides et les protéines, aux niveaux de mesure requis pour répondre aux besoins des systèmes de mesure de référence dans les secteurs de la médecine de laboratoire, des soins de santé et de la bio-ingénierie,**
- **l'ADN et l'ARN, aux niveaux de mesure requis pour répondre aux besoins des systèmes de mesure de référence pour les analyses d'acides nucléiques effectuées dans le cadre de maladies humaines et animales, de l'analyse des aliments et de l'analyse environnementale.**

S10-1 Comparaisons de matériaux de référence primaires organiques de petite taille

Coordonner des comparaisons étayant les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à fournir et assigner une valeur à des matériaux de référence primaires organiques de petite taille équivalents, afin d'assurer la traçabilité des mesures au SI.

S10-1.1 Réalisation des mesures et publication des projets de rapport A et B, ainsi que du rapport final, pour la comparaison clé CCQM-K148.a sur la quinidine (composé organique non polaire) de masse molaire comprise entre 75 g mol^{-1} et 500 g mol^{-1}, avec 20 participations de laboratoires nationaux de métrologie.	
S10-1.2 Élaboration de la méthode, réalisation des mesures, publication des projets de rapport A et B, ainsi que du rapport final, pour la comparaison clé CCQM-K148.b sur un composé organique polaire, de masse molaire entre 75 g mol^{-1} et 500 g mol^{-1}, avec 20 participations de laboratoires nationaux de métrologie.	

S10-3 Comparaisons de référence de calibrateurs primaires de molécules organiques de petite taille (solutions d'étalonnage)

Coordonner des comparaisons étayant les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à fournir et assigner une valeur à des solutions d'étalonnage primaires équivalentes de composés organiques de petite taille, afin d'assurer la traçabilité des mesures au SI.

S10-3.1 Publication des projets de rapport A et B, ainsi que du rapport final, pour la comparaison clé CCQM-K78.a sur des solutions d'étalonnage à plusieurs composés organiques polaires (glyphosate et métabolites), avec 40 participations de laboratoires nationaux de métrologie.	
S10-3.3 Élaboration de lignes directrices relatives à l'évaluation de la pureté et des calibrateurs afin de soutenir les activités de transfert des connaissances, la mise en place de modules d'apprentissage en ligne et la réalisation des comparaisons, pour les laboratoires nationaux de métrologie disposant de programmes d'analyse organique en développement.	

S10-4 Comparaison d'étalons numériques pour la résonance magnétique nucléaire quantitative

Élaborer et valider la mise en application d'étalons numériques pour la résonance magnétique nucléaire quantitative, afin de faciliter l'assignation de valeurs traçables au SI au sein des laboratoires nationaux de métrologie.

S10-4.1 Réalisation et publication de la comparaison entre l'évaluation de la pureté par résonance magnétique nucléaire quantitative fondée sur des modèles quantiques d'une part, et sur des étalons de référence d'autre part.

S10-4.3 Organisation, avec le CCQM et des parties prenantes externes, d'un atelier consacré aux étalons numérique pour la résonance magnétique nucléaire quantitative et à leurs applications.

S10-5 Comparaisons de calibrateurs primaires pour les peptides et les protéines

Coordonner des comparaisons étayant les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à fournir et assigner une valeur à des matériaux et calibrateurs de référence primaires équivalents de peptides et de protéines, afin d'assurer la traçabilité des mesures au SI.

S10-5.1 Publication des projets de rapport A et B, ainsi que du rapport final, pour la série de comparaisons clés CCQM-K115 et l'étude pilote associée sur la quantification des anticorps monoclonaux des immunoglobines de type G et des protéines de la cellule hôte, avec 12 participations de laboratoires nationaux de métrologie.

S10-5.2 Élaboration de la méthode, réalisation des mesures, publication des projets de rapport A et B, ainsi que du rapport final, pour la série de comparaisons clés CCQM-K115 sur un peptide non réticulé, avec 12 participations de laboratoires nationaux de métrologie.

S10-5.3 Élaboration de la méthode, réalisation des mesures, publication des projets de rapport A et B, ainsi que du rapport final, pour la série de comparaisons clés CCQM-K115 portant sur un calibrateur de peptides de masse molaire entre 5 000 g mol^{-1} et 10 000 g mol^{-1}, avec 12 participations de laboratoires nationaux de métrologie.

S10-6 Méthodes de référence pour les comparaisons de calibrateurs de protéines

Élaborer des méthodes de référence afin de soutenir les comparaisons testant les compétences fondamentales des laboratoires nationaux de métrologie concernant l'assignation de valeur aux étalons de protéines.

S10-6.1 Élaboration et publication de la méthode d'évaluation de la pureté des peptides trypsiques issus de protéines conventionnelles ou *de novo*, en vue de leur utilisation potentielle dans les comparaisons du CCQM.

S10-6.2 Élaboration et publication de la méthode de quantification de protéines conventionnelles ou *de novo* de poids moléculaire supérieur à 10 kDa, en vue de leur utilisation potentielle dans les comparaisons du CCQM.

S10-6.3 Élaboration et publication de la méthode et de modèles de quantification de protéines de cellules hôtes dans un matériau étalon de protéine recombinante, afin de soutenir les comparaisons du CCQM.

S10-7 Comparaisons de calibrateurs primaires de référence d'ADN et d'ARN

Coordonner des comparaisons étayant les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à fournir et assigner une valeur à des matériaux de référence primaires d'ADN et d'ARN, afin d'assurer la traçabilité des mesures au SI.

S10-7.1 Élaboration de la méthode pour la quantification des concentrations d'ADN dans des calibrateurs de haute pureté à l'aide des méthodes de spectrométrie de masse avec dilution isotopique, en vue de leur utilisation potentielle dans les comparaisons du CCQM.		
S10-7.2 Élaboration de la méthode pour la quantification des concentrations d'ARN dans des calibrateurs de haute pureté à l'aide des méthodes de spectrométrie de masse avec dilution isotopique, en vue de leur utilisation potentielle dans les comparaisons du CCQM.		
S10-7.3 Élaboration de la méthode pour la comparaison co-coordonnée CCQM-K199 sur l'assignation de valeur aux calibrateurs primaires d'ADN et d'ARN.		

S10-8 Renforcement des capacités et transfert des connaissances en matière d'étalons de molécules organiques de petite taille

Assurer le transfert de connaissances concernant l'application de méthodes de résonance magnétique nucléaire quantitative pour le développement de matériaux de référence certifiés au sein des laboratoires nationaux de métrologie.

S10-8.1 Organisation d'une école d'été consacrée à la résonance magnétique nucléaire quantitative dans les laboratoires du BIPM, pour les laboratoires nationaux de métrologie développant des compétences et aptitudes dans ce domaine.	
S10-8.2 Extension du module d'apprentissage en ligne consacré à la résonance magnétique nucléaire quantitative afin d'y intégrer la résonance magnétique nucléaire quantitative hétéronucléaire.	
S10-8.3 Élaboration d'un module d'apprentissage en ligne présentant les étalons numériques pour la résonance magnétique nucléaire quantitative.	

S10-9 Renforcement des capacités et transfert des connaissances en matière d'étalons de molécules organiques de grande taille

Assurer le transfert de connaissances concernant les méthodes de quantification des étalons de protéines, pour les laboratoires nationaux de métrologie mettant en place ou élargissant leurs programmes de biométrologie.

S10-9.1 Élaboration d'un module d'apprentissage en ligne consacré au développement de méthodes de référence pour les protéines fondées sur la quantification des peptides de digestion trypsique.	
S10-9.2 Élaboration d'un module d'apprentissage en ligne consacré aux méthodes de quantification des protéines de cellules hôtes afin de soutenir le développement de matériaux de référence certifiés pour les protéines.	
S10-9.3 Élaboration d'un module d'apprentissage en ligne et d'études de cas sur la quantification des protéines *de novo* afin de soutenir la métrologie pour les applications en bio-ingénierie et en biotechnologie au sein des laboratoires nationaux de métrologie.	

Rayonnements ionisants

La stabilité et la continuité des services assurés par le BIPM dans le domaine des rayonnements ionisants sont essentielles afin de maintenir la confiance des États Membres et des utilisateurs dans la validité des résultats de mesures obtenus dans leurs pays, notamment dans les domaines tels que la médecine, la surveillance de l'environnement, l'énergie nucléaire et la radioprotection.

L'essor mondial de l'utilisation des sources radioactives et des faisceaux de rayonnements ionisants dans les domaines de la médecine, de la biologie, de la physique, de la métallurgie et dans l'industrie, a rapidement rendu nécessaire l'adoption de grandeurs, unités et étalons de mesure reconnus à l'échelle internationale. Afin de répondre à ce besoin, le CIPM a créé en 1958 un comité consultatif pour les rayonnements ionisants, dénommé Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants (CCEMRI), puis rebaptisé Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) en 1997. À l'issue de sa première réunion en 1959, le comité a recommandé d'étendre les activités du BIPM à ce domaine par la création de laboratoires spécialisés et le recrutement de personnel dédié, en étroite coordination avec l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Cette décision a posé les fondements du Département des rayonnements ionisants du BIPM.

Aujourd'hui, le BIPM fournit aux États Membres des services dans les domaines de la dosimétrie et de la métrologie des radionucléides. Les travaux consacrés à la métrologie des neutrons menés au siège du BIPM ont été interrompus en 1995, bien qu'il ait été vivement recommandé que le BIPM conserve les compétences nécessaires afin de suivre l'évolution de ce domaine de la métrologie des rayonnements ionisants. Le CCRI continue d'assurer la coordination des activités relatives aux neutrons.

Depuis 1999, conformément à une décision du CCRI, les grandeurs dosimétriques déterminées au BIPM ont été adoptées comme valeurs de référence des comparaisons clés. Cette décision reflète la grande stabilité à long terme des étalons primaires du BIPM, ainsi que la faible incertitude associée à la détermination de ces grandeurs dosimétriques.

En raison de contraintes budgétaires, certains services de dosimétrie de référence sont actuellement assurés au moyen d'installations hors site. Depuis 2017, la valeur de référence des comparaisons clés pour la dosimétrie des faisceaux de photons de hautes énergies est établie à l'aide d'un accélérateur linéaire installé sur la plateforme DOSEO à Saclay (France). Depuis 2023, à la suite au démantèlement de la source de ^{137}Cs du BIPM, la référence dosimétrique pour la radioprotection est assurée par le BIPM dans les laboratoires de l'AIEA à Seiberdorf (Autriche). Les comparaisons en curiethérapie à haut débit de dose au ^{192}Ir sont réalisées depuis 2009 en utilisant un système transportable au sein des laboratoires nationaux de métrologie participants.

Les comparaisons en dosimétrie ne cessent de se multiplier et de gagner en diversité, ce qui reflète l'élargissement des champs d'application, en particulier dans le domaine de la santé.

Dans le domaine de la métrologie des radionucléides, les contraintes associées aux comparaisons internationales à grande échelle ont conduit au développement du Système international de référence (SIR), qui permet de réaliser des comparaisons bilatérales tout en limitant le transport de matière radioactive. L'instrument de transfert du SIR (SIRTI) a ensuite été développé afin de soutenir les comparaisons de radionucléides à courte durée de vie, tandis que l'extension du SIR (ESIR) permet de réaliser des mesures de radionucléides émetteurs beta purs et de radionucléides émetteurs alpha d'intérêt émergent. Le nombre croissant de radionucléides mesurés reflète une demande en hausse émanant des secteurs médical, environnemental et industriel.

Le Département des rayonnements ionisants du BIPM joue un rôle central dans les comparaisons internationales, en réalisant, au moyen de comparaisons bilatérales, environ 80 % des comparaisons dans le domaine des rayonnements ionisants à l'échelle mondiale. La priorité est donnée à ces services qui répondent aux besoins du CCRI et permettent d'obtenir des résultats plus rapides, plus exacts et plus cohérents que les approches décentralisées, tout en garantissant la comparabilité mondiale des mesures et en soutenant un transfert des connaissances efficace.

Les évolutions futures sont définies conjointement avec le CCRI, intégrées aux plans de travail du département, validées par consultation internationale, et soutenues par des détachés.

La métrologie des rayonnements ionisants étaye des technologies critiques dans les domaines de la médecine, de l'industrie, de la surveillance de l'environnement, de l'exploration spatiale et de la radioprotection. Afin de répondre à l'évolution des besoins de la société et des technologies, le CCRI a identifié des domaines de développement prioritaires en dosimétrie, en métrologie des radionucléides, en métrologie des neutrons et dans les technologies numériques. Cela implique notamment de travailler sur les champs de rayonnement de hautes énergies et pulsés, les nouveaux radionucléides destinés à des applications émergentes, l'amélioration des données nucléaires, des techniques de mesure avancées et des méthodes validées de traitement numérique des données.

Afin de relever ces défis, le Département des rayonnements ionisants du BIPM continue d'adapter son programme conformément aux priorités définies par le CCRI. Au travers de ces activités, le BIPM entend maintenir son rôle central lorsqu'il s'agit de soutenir l'équivalence internationale des mesures, l'innovation et le renforcement des capacités en métrologie des rayonnements ionisants.

Dans le domaine de la dosimétrie, l'accès continu à des équipements de haute performance demeure essentiel. Le BIPM prévoit donc de maintenir à son siège les services en matière de rayons x et de ^{60}Co, afin de répondre aux besoins croissants des États Membres. Dans les domaines du diagnostic et de la radiothérapie, le ^{60}Co joue un rôle central en tant que faisceau de référence pour la dosimétrie en radiothérapie. De nouvelles qualités de rayons x de référence seront mises en place, ainsi qu'un service de comparaison pour la curiethérapie à faible débit de dose au ^{125}I. Des études menées en collaboration avec le CCRI permettront également d'examiner les futures comparaisons impliquant des faisceaux de particules de hautes énergies.

Les principaux projets menés dans le domaine de la métrologie des radionucléides comprennent le SIR 2.0, la mise en place d'un SIRTI au sein des organisations régionales de métrologie et l'ESIR. La collaboration avec l'AIEA sera renforcée afin de soutenir les comparaisons de matériaux de référence et de consolider les liens avec la communauté de la Section II du CCRI. Le BIPM élargira également son rôle en matière de production et d'évaluation des données nucléaires en étudiant de nouvelles technologies et aptitudes, ainsi qu'en développant des partenariats afin d'accélérer les progrès dans les domaines de l'électronique numérique, des données nucléaires et des méthodologies numériques de comparaison.

S11 Fournir des services de mesure en dosimétrie de haute précision et de haute exactitude permettant aux laboratoires nationaux de métrologie de comparer et d'étalonner leurs étalons, afin de soutenir la métrologie mondiale dans les domaines de la santé et de la radioprotection. Une attention particulière sera portée au soutien des laboratoires de métrologie émergents et au développement d'aptitudes en dosimétrie consacrées à des techniques thérapeutiques innovantes, ainsi qu'à la mise en œuvre d'une stratégie mondiale visant à adapter et à prioriser, au fil du temps, les services existants afin de répondre aux demandes des États Membres en constante augmentation.

S11-1 Système international de référence pour la dosimétrie reposant sur des équipements du BIPM

Soutenir l'équivalence internationale des étalons nationaux pour la radiothérapie, le diagnostic par rayons x, la mammographie et la radioprotection, par des services de comparaisons et d'étalonnages à l'aide des équipements du BIPM.

S11-1.1 Réalisation de 20 comparaisons bilatérales au BIPM afin de valider les étalons nationaux primaires pour la dosimétrie des rayons x et le faisceau de ^{60}Co.

- kerma dans l'air pour les rayons x de basses énergies (BIPM.RI(I)-K2) et de moyennes énergies (BIPM.RI(I)-K3), les rayons x pour la mammographie (BIPM.RI(I)-K7), et le faisceau de rayonnement de ^{60}Co (BIPM.RI(I)-K1)
- dose absorbée dans l'eau pour les rayons x de moyennes énergies (BIPM.RI(I)-K9) et le faisceau de rayonnement de ^{60}Co (BIPM.RI(I)-K4).

S11-1.2 Remise de 80 certificats d'étalonnage garantissant la traçabilité au SI des étalons nationaux secondaires dans tous les domaines couverts par le point S11-1.1 (C1, C2, C3, C4, C7 et C9).

S11-2 Système international de référence pour la dosimétrie reposant sur des installations hors site ou un instrument voyageur

Soutenir l'équivalence internationale des étalons nationaux pour la radiothérapie, la curiethérapie, la radioprotection et la stérilisation par irradiation, par des services de comparaisons et d'étalonnages, à l'aide d'installations hors site ou d'un instrument voyageur.

S11-2.1 Réalisation de huit comparaisons bilatérales afin de valider les étalons nationaux primaires pour les rayonnements gamma, la curiethérapie et les faisceaux de photons de hautes énergies :

- faisceau de ^{137}Cs hors site (AIEA) : kerma dans l'air (BIPM.RI(I)-K5) aux niveaux de dose rencontrés en radioprotection,
- source de curiethérapie à haut débit de dose au ^{192}Ir hors site : instrument de transfert pour les comparaisons des étalons de débit de kerma dans l'air (BIPM.RI(I)-K8),
- installation DOSEO hors site : dose absorbée dans l'eau pour les faisceaux de photons de hautes énergies (BIPM.RI(I)-K6).

S11-2.2 Remise de 16 certificats d'étalonnage garantissant la traçabilité au SI des étalons nationaux secondaires pour les faisceaux de ^{137}Cs (C5) et de photons de hautes énergies (C6).

S11-3 Soutenabilité à long terme du Système international de référence pour la dosimétrie

Renforcer et garantir l'équivalence internationale des étalons nationaux de dosimétrie afin de répondre aux besoins croissants et émergents des États Membres.

S11-3.1 Mise en place de nouvelles qualités de référence de rayons x de basses énergies (par exemple 80 keV) sur le site du BIPM, incluant leur caractérisation complète et validation pour les comparaisons internationales.	
S11-3.3 Mise en place et réalisation au BIPM d'un nouveau service de comparaison pour les sources de curiethérapie de faible débit de dose au ^{125}I.	 
S11-3.4 Mise à jour et rétablissement d'un système de mesure par calorimétrie dédié aux faisceaux de photons de hautes énergies.	

S12 Fournir des services de comparaison avec une grande stabilité à long terme, permettant de soutenir les mesures de la radioactivité à l'échelle mondiale tout en développant de nouvelles aptitudes visant à démontrer l'équivalence des étalons de radionucléides émergents utilisés dans le cadre de la médecine nucléaire et de la surveillance environnementale, et pour les isotopes difficiles à mesurer.

S12-1 Comparaisons de mesures d'activité de radionucléides

Soutenir l'équivalence internationale des étalons nationaux de radionucléides, pour des applications dans les domaines de la médecine nucléaire, de l'industrie nucléaire, de la physique nucléaire, de la protection de l'environnement, de la radioprotection et de la criminalistique nucléaire, en fournissant des comparaisons clés du BIPM.

S12-1.1 Réalisation des comparaisons clés (BIPM.RI(II)-K1) d'étalons nationaux de radionucléides émetteurs de rayonnement gamma à l'aide des chambres d'ionisation de haute précision et de haute stabilité du SIR, avec la participation de 40 laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés.	
S12-1.2 Réalisation des comparaisons clés (BIPM.RI(II)-K4) d'étalons nationaux de radionucléides émetteurs de rayonnement gamma à courte durée de vie à l'aide du compteur à scintillation de haute précision et de haute stabilité du SIRTI, à distance ou sur site, avec la participation de 10 laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés.	
S12-1.3 Traçabilité des SIRTI des organisations régionales de métrologie au SIRTI du BIPM réalisée dans le cadre d'exercices internationaux.	
S12-1.4 Réalisation des comparaisons clés (BIPM.RI(II)-K5) d'étalons nationaux de radionucléides émetteurs de particules beta de moyennes et hautes énergies à l'aide du système de comptage par scintillation de haute précision et de haute stabilité de l'ESIR, fondé sur la méthode TDCR, avec la participation de 20 laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés.	

S12-2 Résilience et extension des services du SIR

Renforcer et garantir l'équivalence internationale des étalons nationaux de mesure d'activité afin de répondre aux besoins croissants et émergents des États Membres.

S12-2.1 Transfert réussi des services du SIR vers le système modernisé SIR 2.0, mettant en œuvre une nouvelle méthode de mesure fondée sur une instrumentation de pointe pour les très faibles courants et garantissant la continuité à long terme de l'équivalence internationale des étalons nationaux.	
S12-2.2 Extension de la plage de mesure d'activité du SIR en exploitant la sensibilité considérablement accrue du SIR 2.0.	
S12-2.3 Extension des services du SIRTI à quatre nouveaux radionucléides, en se fondant sur des études métrologiques spécifiques et la validation d'étalonnages croisés avec le SIR.	
S12-2.4 Extension du nombre de radionucléides (émetteurs de particules beta et alpha de basses énergies) couverts par l'ESIR à huit nouveaux isotopes, au moyen d'études ciblées visant à améliorer les simulations de l'ensemble du système, les procédures de préparation des sources de scintillation liquide et les méthodes de correction des impuretés.	

S12-3 Nouvelles aptitudes en métrologie des radionucléides

Soutenir la communauté de la métrologie des radionucléides en développant des aptitudes répondant à des besoins critiques à fort impact.

S12-3.1 Mise en place et validation de méthodes primaires de mesure d'activité par coïncidences $4\pi\beta-\gamma$.	
S12-3.2 Réalisation de mesures et d'évaluations de données nucléaires de haute qualité afin d'étayer la base de données du Decay Data Evaluation Project (DDEP), contribuant à l'amélioration des données de décroissance pour la métrologie des radionucléides et ses applications.	 
S12-3.3 Développement et validation de méthodes de mesure d'échantillons gazeux de radionucléides à l'aide du SIR 2.0.	
S12-3.4 Publication, en collaboration avec des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires désignés, d'une étude stratégique sur les technologies de mesure émergentes offrant de nouvelles aptitudes pour la métrologie des radionucléides, avec un premier accent sur la spectrométrie de masse et comprenant une étude de faisabilité de ces technologies ainsi qu'une analyse de leur impact métrologique.	

S13 Poursuivre le développement des systèmes numériques d'acquisition de données et l'automatisation progressive des services dans le domaine des rayonnements ionisants afin de moderniser les étalons de mesure du BIPM, de remplacer les technologies analogiques existantes et d'améliorer l'efficience opérationnelle.

S13-1 Électronique numérique en métrologie des rayonnements ionisants

Développer une électronique numérique pour l'acquisition des données issues des étalons du BIPM, afin de remplacer les systèmes analogiques actuels.

S13-1.1 Mise en service de systèmes électroniques numériques avancés pour le SIRTI et l'ESIR.	
S13-1.2 Mise en œuvre et validation d'un système numérique d'acquisition de données pour le compteur à scintillation liquide par coïncidences 4πβ–γ du BIPM, en appui à la mise en place d'une méthode primaire de mesure pour la détermination des données nucléaires.	
S13-1.3 Mise en place au BIPM d'un service centralisé de comparaison et de validation des méthodes d'analyse des données de mesure numériques.	
S13-2.1 Mise en place de systèmes automatisés pour la production des rapports de comparaison et des certificats d'étalonnage.	
S13-2.2 Mise en place et validation de processus de mesure automatisés pour un service de mesure d'activité de radionucléides.	

S14 Collaborer avec des parties prenantes, notamment des organisations internationales et les organisations régionales de métrologie, afin d'assurer une approche internationale coordonnée en métrologie des rayonnements ionisants, en renforçant la coopération afin d'apporter des réponses mondiales bien coordonnées et à fort impact aux défis actuels et émergents.

S14-1 Coordination mondiale des comparaisons de neutrons

Soutenir la mise en place, en coordination avec la Section III du CCRI et les organisations régionales de métrologie, d'un système mondial de comparaisons de neutrons.

S14-1.1 Mise en place d'un cadre pour l'organisation des comparaisons de neutrons, structuré avec des rôles clairement définis aux niveaux des organisations régionales de métrologie et du CCRI. Mise en place d'une communication coordonnée et d'actions de promotion à destination des pays en développement afin d'accroître leur participation aux comparaisons de neutrons menées par les organisations régionales de métrologie et d'élargir la communauté de la métrologie des neutrons.	
S14-1.2 Coordination du cadre mondial de suivi et de maintien du développement, de l'état et de la traçabilité du réseau SIRTI des organisations régionales de métrologie, par une participation active aux réunions du groupe de travail dédié du CCRI et par la mise à disposition d'un appui opérationnel.	

S14-2 Accès aux équipements de hautes énergies pour les comparaisons en rayonnements ionisants

Soutenir les comparaisons du CCRI impliquant des particules de hautes énergies, dont les neutrons et les hadrons, en s'appuyant sur la collaboration internationale afin de coordonner l'accès des laboratoires nationaux de métrologie à des installations partagées de rayonnements de hautes énergies.

S14-2.1 Mise en place et maintien de mécanismes de collaborations formelles avec deux installations de rayonnements de hautes énergies, RNCP (Japon) et iThemba LABS (Afrique du Sud), afin de soutenir le développement et la pérennité à long terme des comparaisons de neutrons de hautes énergies (> 20 MeV), comprenant des cadres de collaboration convenus et des échanges techniques coordonnés.	
S14-2.2 Mise en place de partenariats structurés avec des centres de référence en protonthérapie et hadronthérapie, afin de soutenir le développement à long terme des comparaisons de dosimétrie dans ce domaine.	

S14-3 Renforcement des capacités et transfert des connaissances en matière de rayonnements ionisants

Soutenir le transfert des connaissances et le renforcement des capacités au moyen de webinaires, d'ateliers et d'écoles d'été, organisés avec le soutien du Groupe de travail du CCRI sur la communication.

S14-3.1 Mise en place d'un programme annuel de cinq à huit webinaires organisés en collaboration avec le Groupe de travail du CCRI sur la communication, couvrant un large éventail de sujets dans l'ensemble des domaines de la métrologie des rayonnements ionisants.	
S14-3.2 Organisation, au moins une fois par an au siège du BIPM, d'ateliers techniques ciblés consacrés aux domaines prioritaires et émergents de la métrologie des rayonnements ionisants.	
S14-3.3 Diffusion, via la chaîne YouTube du CCRI, des enregistrements vidéo de l'ensemble des webinaires et ateliers et mise en place, à partir de ces contenus, de modules d'apprentissage en ligne sur la plateforme du BIPM.	
S14-3.4 Organisation d'une école d'été consacrée à la métrologie des radionucléides, couvrant les étalons primaires et secondaires, afin de renforcer la communauté et de permettre à de nouveaux laboratoires de développer ces activités dans leur pays.	

Coordination du système métrologique mondial

Le troisième objectif du BIPM est le suivant :

> Coordonner le système mondial de mesure, en garantissant la comparabilité et la reconnaissance au niveau international des résultats de mesures obtenus.
>
> - *Nous coordonnons des activités entre les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres et les organisations régionales de métrologie, en proposant notamment des services techniques en soutien au CIPM MRA et en fournissant l'infrastructure nécessaire au développement et à la promotion du Système international d'unités (SI) et du Temps universel coordonné (UTC).*
> - *Nous fournissons le Cadre numérique nécessaire afin de maintenir le CIPM MRA et rendre le SI et l'UTC applicables, inclusifs et accessibles à l'ère numérique.*

La comparabilité et la cohérence à long terme des résultats de mesures obtenus à travers le monde reposent sur le maintien actif d'échelles de mesure équivalentes par les États Membres, ainsi que sur leur capacité à démontrer cette équivalence.

Depuis 1999, l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (CIPM MRA) fournit le cadre international sur lequel repose la confiance dans les aptitudes nationales en métrologie. Le BIPM joue un rôle central pour soutenir la mise en œuvre de ce cadre en fournissant l'infrastructure technique nécessaire, qui inclut des installations de réunion, des services de secrétariat exécutif, des systèmes de gestion documentaire et des services d'archivage.

La maintenance de la base de données sur les comparaisons clés (KCDB), qui fournit aux utilisateurs du monde entier des informations quantitatives sur la comparabilité des services nationaux de métrologie, constitue une contribution particulièrement importante du BIPM.

Les membres des Comités consultatifs du CIPM travaillent de concert afin d'assurer la comparabilité des mesures au plus haut niveau métrologique et de répondre aux nouveaux besoins en matière de mesure. Les organisations régionales de métrologie soutiennent la participation des États Membres et des autres acteurs de leurs régions à ces activités.

Le BIPM organise les réunions des dix Comités consultatifs du CIPM et de leurs groupes de travail, ainsi que les sessions de formation du Programme de renforcement des capacités et de transfert des connaissances (CBKT), des écoles d'été et des ateliers consacrés à des sujets de pointe en métrologie. Il met également à disposition de la communauté scientifique de la métrologie des forums d'échange, tels que les Comités communs, les groupes spécifiques créés par le CIPM pour mener des activités transversales (groupes de travail sectoriels et forums), les réunions annuelles des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et des représentants des États Membres, ainsi que les réunions de la CGPM et du CIPM.

Les réunions organisées par le BIPM font partie des services qu'il fournit à ses parties prenantes et constituent l'un des piliers de ses activités de coordination. Chaque année, les réunions au siège du BIPM et en ligne représentent au total autour de 220 jours de réunion. Environ 2 000 participants du monde entier assistent aux réunions en présentiel, auxquels s'ajoutent plus de 6 000 participants en ligne.

Le BIPM assure également la coordination de *Metrologia*, la revue internationale de référence en métrologie pure et appliquée, publiée par IOP Publishing pour le compte du BIPM. Depuis janvier 2026, il s'agit d'une revue entièrement en libre accès.

Le programme de travail consacré à ce rôle de coordination est présenté ci-après.

C01 Améliorer et promouvoir la reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) déclarées par les laboratoires nationaux de métrologie, notamment en assurant la mise en œuvre de la KCDB et en soutenant le JCRB.

C01-1 JCRB

Assurer la présidence et le secrétariat du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB).

C01-1.1 Mise à disposition du secrétaire exécutif du JCRB (détachement) afin de soutenir les activités indiquées ci-après.	
C01-1.2 Soutien dans l'organisation des réunions annuelles du JCRB (en ligne ou sur site).	
C01-1.3 Surveillance proactive de la procédure du JCRB concernant l'examen des CMCs.	
C01-1.4 Efficience et efficacité assurées de la procédure du JRCB concernant l'examen des CMCs.	
C01-1.5 Maintenance des documents du CIPM MRA, de la base de données du JCRB et du répertoire des laboratoires désignés.	
C01-1.6 Sur demande, soutien aux signataires du CIPM MRA et aux organisations régionales de métrologie dans la mise en œuvre du CIPM MRA.	

C01-2 Base de données sur les comparaisons clés (KCDB)

Fournir l'infrastructure technique de la KCDB, en la faisant évoluer en permanence afin de l'adapter aux exigences du CIPM MRA et aux besoins des utilisateurs, et en apportant une assistance à ces derniers.

C01-2.1 Mise à niveau de la KCDB vers une version intégralement exploitable par machine (KCDB 3.0), comprenant le traitement automatisé des données de comparaison.	
C01-2.2 Maintenance continue et mises à jour mineures de la KCDB.	
C01-2.3 Traitement et publication continus des données de comparaison et des CMCs.	
C01-2.4 Conseils aux utilisateurs de la KCDB.	

C01-3 CBKT en soutien au CIPM MRA

Proposer des activités de renforcement des capacités et de transfert des connaissances aux rédacteurs de CMCs, aux participants ou pilotes de comparaisons, au personnel chargé du système de gestion de la qualité et aux secrétariats des organisations régionales de métrologie au sujet de la mise en œuvre et des procédures du CIPM MRA, notamment l'utilisation de la KCDB.

C01-3.1 Organisation de formations en présentiel sur les procédures du CIPM MRA.	
C01-3.3 Organisation d'échanges techniques afin de soutenir la mise en œuvre des procédures du CIPM MRA.	
C01-3.4 Réalisation de modules d'apprentissage en ligne et d'études de cas sur les procédures du CIPM MRA.	
C01-3.5 Mise à disposition et maintenance d'un outil en ligne KCDB-CBKT.	

C02 Développer un soutien mutuel entre le BIPM et les organisations régionales de métrologie.

C02-1 Soutien aux organisations régionales de métrologie

Sur demande, apporter un soutien stratégique et administratif aux organisations régionales de métrologie.

C02-1.3 Promotion de la collaboration entre les secrétariats, notamment dans les domaines du renforcement des capacités, de la transformation numérique, de la communication et du développement des carrières de jeunes métrologistes, au moyen d'une plateforme web commune, de réunions en ligne et d'un atelier organisé sur site au BIPM.	 
C02-1.4 Extension de la participation au CIPM MRA pour les États Membres qui ne sont pas en mesure de rejoindre une organisation régionale de métrologie.	

C03 Collaborer avec les États Membres, Associés et Observateurs existants et potentiels, et accompagner les États souhaitant obtenir l'un de ces statuts dans leur démarche.

C03-1 Participation à la Convention du Mètre

Collaborer avec les États Membres et Associés existants et potentiels, et les conseiller sur la participation à la Convention du Mètre.

C03-1.1 Coordination et suivi des procédures relevant de la Convention du Mètre.	
C03-1.2 Promotion de la participation à la Convention du Mètre auprès de potentiels États Membres et Associés.	
C03-1.3 Organisations régionales de métrologie régulièrement informées des activités du BIPM et du soutien proposé.	
C03-1.4 Organisation, au BIPM, d'une réunion annuelle des partenaires et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, en collaboration avec les organisations régionales de métrologie.	
C03-1.5 Soutien apporté aux États Membres et Associés concernant le règlement de leurs contributions et souscriptions.	

C03-2 Adhésion universelle à la Convention du Mètre

Mettre en œuvre la Résolution 1 sur l'adhésion universelle adoptée par la CGPM à sa 28^{e} réunion, et soutenir les Observateurs potentiels.

C03-2.1 Promotion de la participation à la Convention du Mètre auprès d'Observateurs potentiels.	
C03-2.2 Soutien et conseils apportés aux Observateurs.	

C03-3 Renforcement des capacités des Observateurs

Élaborer des propositions communes, promouvoir ces propositions auprès de partenaires de financement si besoin, et mettre en œuvre des activités de collaboration afin d'assurer le renforcement des capacités des Observateurs sans charge financière pour les États Membres et Associés.

C03-3.1 Recherche et formalisation de collaborations avec des partenaires potentiels, notamment l'ONUDI.	🤝
C03-3.2 Organisation conjointe d'activités de formation avec les Observateurs et les organisations régionales de métrologie.	🤝
C03-3.3 Élaboration de cours d'apprentissage en ligne consacrés à l'infrastructure de la qualité, en collaboration avec l'OCDE, l'ONUDI et d'autres organisations pertinentes.	🤝

C04 Développer et mettre en place de bonnes pratiques afin de soutenir les Comités consultatifs, les Comités communs et les Groupes de travail en assurant leur secrétariat exécutif.

C04-1 Publication des rapports

Rédiger, réviser, traduire et mettre en page les rapports et les documents, conformément aux bonnes pratiques de publication.

C04-1.1 Publication des rapports de réunion et autres documents officiels du BIPM, du CIPM, de la CGPM, des Comités consultatifs et des Comités communs.	
C04-1.2 Révision des publications scientifiques du BIPM.	
C04-1.3 Publication d'identifiants numériques pour les documents du BIPM, afin d'en faciliter la recherche et l'accessibilité.	

C04-2 JCGM

Veiller à maintenir la pertinence et l'autorité du GUM et du VIM en assurant la présidence et le secrétariat exécutif du Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM).

C04-2.1 Présidence et secrétariat exécutif du JCGM, ainsi que rédaction des rapports.	
C04-2.2 Sur demande, mise à disposition de services de secrétariat et de représentation au sein des groupes de travail du JCGM.	

C04-3 Efficacité administrative des Comités consultatifs

Mettre à disposition un secrétaire exécutif pour le CCAUV, le CCEM, le CCL, le CCM, le CCPR, le CCQM, le CCRI, le CCT, le CCTF et le CCU.

C04-3.1 Organisation des réunions plénières et participation à ces dernières ; soutien aux groupes de travail et aux sous-groupes.	
C04-3.2 Soutien apporté aux Comités consultatifs en matière de procédures et coordination, notamment en ce qui concerne la participation en tant que membre aux groupes de travail et sous-groupes et la sélection des présidents.	
C04-3.3 Gestion de la présence sur le web afin de garantir l'accès à l'ensemble des documents de réunion et des documents de travail des Comités consultatifs et de leurs groupes de travail et sous-groupes, et soutien concernant la mise à jour de ces documents.	
C04-3.4 Soutien apporté aux présidents des Comités consultatifs dans la préparation des rapports pour la CGPM et le CIPM, ainsi que dans l'élaboration et la mise à jour des documents stratégiques.	

C04-4 JCTLM

Assurer la continuité des procédures et de la base de données du JCTLM, afin d'identifier les méthodes, matériaux et services de référence et de promouvoir la traçabilité métrologique en médecine de laboratoire.

C04-4.1 Organisation des réunions annuelles du Comité exécutif et des groupes de travail du JCTLM.		
C04-4.2 Organisation des réunions biennales des parties prenantes du JCTLM.		
C04-4.3 Organisation, avec les parties prenantes, d'ateliers portant sur les systèmes de mesure de référence pour les biomarqueurs spécifiques à une maladie et promouvant la traçabilité métrologique et les bénéfices qu'elle apporte à la prise en charge des patients.		
C04-4.4 Publication annuelle, selon les procédures de sélection et d'examen définies, des données à intégrer à la base du JCTLM.		
C04-4.5 Mise à jour de la base de données du JCTLM, de sa documentation et des supports vidéo, et étude du recours à l'intelligence artificielle afin d'améliorer l'efficacité des procédures du JCTLM.		
C04-4.6 Mise à jour du modèle de participation au JCTLM et des procédures complémentaires.		
C04-4.7 Publication d'une stratégie du JCTLM visant à promouvoir la métrologie au service de l'exactitude des résultats en médecine de laboratoire.		

C04-5 Groupes spécifiques sectoriels et forums du CIPM

Soutenir la gestion et les activités des groupes spécifiques sectoriels et des forums du CIPM visant à promouvoir la traçabilité métrologique dans des domaines spécifiques.

C04-5.1 Organisation des réunions des groupes spécifiques sectoriels et des forums.	
C04-5.2 Mise à disposition de services de secrétariat exécutif pour les réunions des groupes spécifiques sectoriels et des forums, tel que décrit pour les Comités consultatifs (C04-3).	
C04-5.3 Compilation et publication des documents de synthèse, tels que des recommandations.	

C05 Planifier, organiser et réaliser différents types de réunions pour les représentants des États Membres et Associés, et leur donner accès aux documents de travail correspondants.

C05-1 Informations relatives aux réunions

C05-1.1 Mise à jour de la base de données contenant les coordonnées et informations relatives aux participants aux réunions organisées par le BIPM, et intégration de celle-ci dans le déploiement du nouveau site internet.	
C05-1.2 Contrôle de l'accès aux documents de travail pour l'ensemble des réunions.	

C05-2 Organisation des réunions

Planifier, organiser, soutenir, et gérer la logistique et le déroulement des réunions au BIPM et en ligne (comités consultatifs, comités communs, forums, CBKT, réunions des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, CGPM, ateliers, groupes de travail, groupes spécifiques et écoles d'été).

C05-2.1 Gestion des convocations, formulaires de nomination et inscriptions pour les réunions en présentiel, hybrides et en ligne.	
C05-2.2 Soutien apporté aux participants et intervenants pour leur venue aux réunions, notamment au moyen de lettres d'invitation et de notes verbales, et gestion des paiements et remboursements.	
C05-2.3 Mise à disposition de services sur site pour les réunions au siège du BIPM, notamment des services de restauration et des salles de réunion adaptées.	
C05-2.4 Soutien technique pour les réunions en présentiel et en ligne.	

C06 Veiller à ce que *Metrologia* demeure la revue scientifique de référence en métrologie en adoptant un modèle de libre accès en voie dorée.

C06-1 Pérennité de *Metrologia*

Assurer le leadership et le soutien nécessaires afin que *Metrologia* demeure la revue scientifique internationale de référence en métrologie pure et appliquée, en répondant aux évolutions actuelles et futures du paysage de la publication.

C06-1.1 Édition et publication régulière de *Metrologia*.	
C06-1.2 Garantie du succès de *Metrologia* grâce au maintien d'une équipe éditoriale solide et d'un partenaire de publication adéquat.	
C06-1.3 Identification, avec le CIPM et les Comités consultatifs, des sujets et publications d'intérêt à inclure dans la section *Guides, Standards and Conventions* de *Metrologia*.	
C06-1.4 Publication de numéros thématiques consacrés à des sujets d'intérêts majeurs.	
C06-1.5 Publication d'articles de synthèse et d'articles de recherche dans *Metrologia* par des scientifiques confirmés du BIPM encouragée.	
C06-1.6 Soutien éditorial par un rédacteur adjoint externe.	

Transformation numérique

La transformation numérique continue de la société, conjuguée aux progrès des technologies numériques et de l'intelligence artificielle, a modifié de manière significative les attentes du BIPM quant à son rôle de gardien du Système international d'unités (SI) et de coordinateur du système métrologique mondial.

La CGPM à sa 27e réunion (2022) a chargé le CIPM de :

- s'assurer que le rôle de la Convention du Mètre, en tant que fondement de la confiance vis-à-vis de la métrologie accepté au niveau international, s'ouvre à l'ère numérique,
- mettre en place un cadre numérique du SI garantissant que les mesures sont conformes aux principes FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable - données trouvables, accessibles, interopérables et réutilisables), lisibles et exploitables par machine, et compatibles avec la traçabilité métrologique numérique.

Le Forum sur la métrologie et la transformation numérique, constitué de huit groupes de travail et groupes spécifiques, a été créé dans ce contexte. Ce forum coordonne les activités de transformation numérique au sein du système métrologique mondial et les adapte aux besoins des parties prenantes du BIPM.

Le BIPM a commencé à mettre en œuvre le Cadre numérique du SI, articulé autour d'une représentation numérique du SI. Des identifiants numériques sont progressivement introduits pour les termes pertinents, ce qui permet de rendre accessibles par machine des services existants tels que la base de données sur les comparaisons clés (KCDB), la base de données du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM), et la base de données du Département du temps.

Dans le cadre du programme de travail 2028-2031, le BIPM poursuivra le développement du Cadre numérique du SI comme plateforme centrale soutenant l'ensemble des services numériques du SI. Ces travaux incluent l'extension des ontologies des identifiants numériques qui étayent les activités du BIPM et de la communauté métrologique dans son ensemble. Les évolutions futures seront notamment consacrées à l'extension des références numériques à des terminologies allant au-delà du SI, et à la mise en place d'outils de conversion entre le SI et d'autres terminologies (C07-1/2/3).

Le lancement de la KCDB 3.0, une version exploitable par machine de la base de données qui garantira que l'ensemble des données créées dans le cadre du CIPM MRA sont conformes aux principes FAIR, marquera une étape majeure des travaux à venir (C01-02).

Des activités de transformation numérique supplémentaires sont menées au sein des départements scientifiques. Elles comprennent l'automatisation et l'amélioration de processus de données numériques au sein du Département du temps (S06-4), l'élaboration d'un jumeau numérique pour le réseau mondial des étalons primaires d'ozone (S09-1.2), l'élaboration d'une base de données pour les définitions et réalisations des échelles de delta isotopiques (S09-3.3), l'exploration d'applications de l'intelligence artificielle dans les procédures du JCTLM (C04-4.5), la comparaison des étalons numériques pour la résonance magnétique nucléaire quantitative (S10-04), le développement de l'électronique numérique en métrologie des rayonnements ionisants (S13-2) et l'automatisation des services du BIPM en matière de rayonnements ionisants (S13-3).

En parallèle, le BIPM adoptera des outils numériques modernes afin d'améliorer les procédures et services internes de l'organisation. La mise à jour et la refonte du site internet du BIPM (R01-1) représenteront une étape majeure des travaux à venir. Ce projet comprendra la mise en place d'une nouvelle bibliothèque de documents et d'outils améliorés visant à soutenir la collaboration à distance entre les comités et groupes de travail. Le nouveau site internet du BIPM sera intégralement accessible par machine.

Le BIPM surveillera constamment les technologies émergentes, en particulier celles fondées sur l'intelligence artificielle, et évaluera leur potentiel à améliorer tant les services du BIPM que ses procédures internes (A03-1).

Les activités décrites ci-après ont été élaborées en étroite collaboration avec le Forum sur la métrologie et la transformation numérique, tandis que celles présentées dans les autres sections ont été planifiées conformément aux stratégies des Comités consultatifs du CIPM concernés, dont une grande partie a mis en place des groupes de travail dédiés à la transformation numérique.

C07 Étayer le Cadre numérique du SI avec une architecture de données coordonnée et modulaire qui permette un accès exploitable par machine et conforme aux principes FAIR à l'ensemble des données de référence gérées par le BIPM, tout en garantissant l'intégrité des données.

Soutenir les travaux du Forum sur la métrologie et la transformation numérique du CIPM ainsi que des Comités consultatifs, en développant et en promouvant notamment de nouveaux outils.

C07-1 Cadre numérique du SI

Assurer la maintenance et la mise à jour constante des identifiants et des ontologies existants, développer des ontologies supplémentaires et intégrer des terminologies externes au Cadre numérique du SI. Aider le CIPM à faire évoluer le Point de référence du SI, afin qu'il serve de cadre numérique complet et fiable permettant une conversion exploitable par machine entre le SI et d'autres systèmes d'unités, ainsi qu'entre différentes représentations numériques des unités.

C07-1.1 Maintenance et mise à jour des ontologies du Cadre numérique du SI.	
C07-1.2 En collaboration avec le Forum sur la métrologie et la transformation numérique, les Comités consultatifs, les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés, élaboration de nouvelles ontologies et intégration des terminologies existantes au Cadre numérique du SI afin de garantir une compatibilité complète avec d'autres systèmes utilisés pour mettre en œuvre le CIPM MRA et des concepts de traçabilité métrologique.	 
C07-1.3 Contrôle complet des versions et intégrité des données pour le Point de référence du SI, afin que ce dernier puisse être utilisé comme référence faisant autorité dans la définition du SI.	
C07-1.4 Mise en place d'activités de renforcement des capacités et de transfert des connaissances afin de soutenir les utilisateurs du Cadre numérique du SI et des services numériques du BIPM.	

C07-2 Plateforme pour les services du BIPM

Fournir une plateforme commune et une architecture harmonisée pour tous les services du BIPM, notamment les bases de données, les interfaces de programmation d'applications et les outils logiciels, et étendre les services disponibles en fonction des besoins et avec le soutien des laboratoires nationaux de métrologie.

C07-2.1 Évaluation régulière des besoins des laboratoires nationaux de métrologie, des laboratoires désignés et des Comités consultatifs en matière de services numériques du BIPM.	

C07-2.2 Maintenance et extension de l'infrastructure technique afin d'héberger l'ensemble des services, notamment l'accès aux bases de données, interfaces de programmation et autres outils logiciels, à l'aide d'une structure de microservices.	
C07-2.3 Interface web servant d'unique point d'accès à la fois pour les experts et les non-experts, et maintenance d'un dépôt GitHub.	
C07-2.4 Élaboration, pour la KCDB, de nouveaux services web qui soutiennent notamment l'utilisation de certificats numériques et l'application de grands réseaux de capteurs.	 

C07-3 Transformation numérique de l'infrastructure de la qualité

Collaborer avec les parties prenantes du Forum sur la métrologie et la transformation numérique, les signataires de la Déclaration commune d'intention et les organisations régionales de métrologie au sujet de la transformation numérique de l'infrastructure de la qualité.

C07-3.1 Organisation de webinaires et de conférences en collaboration avec le Forum sur la métrologie et la transformation numérique, les Comités consultatifs, les signataires de la Déclaration commune d'intention et les organisations régionales de métrologie.	
C07-3.2 Interopérabilité du Cadre numérique du SI avec d'autres cadres par la collaboration avec des organisations internationales.	
C07-3.3 Suivi continu des initiatives mondiales d'harmonisation dans le domaine des données de mesures numériques, partage des informations avec la communauté de la métrologie, et mise en place de nouvelles collaborations stratégiques.	

Renforcement des capacités et transfert des connaissances

Le renforcement des capacités et transfert des connaissances (CBKT) est un point clé de la mission du BIPM. Il contribue à assurer la comparabilité des mesures aux niveaux les plus élevés, facilite la mise en œuvre d'infrastructures de mesure internationales et promeut la mise en place d'une métrologie solide dans les domaines émergents.

Le programme CBKT du BIPM soutient deux des objectifs principaux de l'organisation : la coopération scientifique et technique, et la coordination du système métrologique mondial. Son objectif est de renforcer la capacité des États Membres et Associés à participer efficacement au système métrologique international.

Le programme CBKT n'a cessé de se développer depuis son lancement en 2016. Les projets qui le constituent sont mis en œuvre au moyen d'ateliers organisés au siège du BIPM et au sein des laboratoires nationaux de métrologie, d'activités d'apprentissage en ligne, de formations de courte durée à distance, d'échanges techniques en ligne, d'une plateforme d'apprentissage en ligne, ainsi que de détachements de scientifiques au sein des laboratoires du BIPM et des laboratoires nationaux de métrologie partenaires.

Afin de garantir une utilisation optimale des ressources et de maximiser son impact, le BIPM va développer et mettre en œuvre un cadre intégré de renforcement des capacités et de transfert des connaissances impliquant tout le BIPM au cours de la période 2028-2031 (C08-1). Ce cadre permettra de s'assurer que les activités sont étroitement alignées avec les besoins des États Membres et Associés, et inclura des mécanismes de suivi visant à favoriser une amélioration continue grâce aux retours d'expérience des participants et à l'évaluation des méthodes de mise en œuvre.

Ce cadre permettra également d'assurer une coordination plus étroite avec d'autres organisations. Des programmes intégrés sont prévus avec l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) et l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) (R02-2, C03-3), ce qui permettra au BIPM de toucher un nombre plus large de participants potentiels tout en réduisant la charge supplémentaire que cela fait peser sur l'organisation.

De nombreuses activités CBKT sont étroitement liées aux projets menés dans les laboratoires du BIPM et au sein des Comités consultatifs. Par exemple, des formations en ligne ou des ateliers sont souvent mis en place à la suite d'études pilotes ou de projets techniques conjoints. L'accueil de scientifiques provenant de laboratoires nationaux de métrologie émergents au sein des laboratoires du BIPM joue également un rôle important dans le transfert des connaissances.

Des activités CBKT axées sur des domaines de mesure spécifiques sont décrites dans les sections correspondantes des départements scientifiques du BIPM. Elles comprennent notamment des activités de transfert des connaissances en matière d'étalons quantiques électriques (S03-1) et de balances de Kibble (S05-2), l'amélioration du Temps universel coordonné (UTC) et des échelles de temps nationales UTC(*k*) (S08-1), des activités CBKT pour les étalons de gaz (S09-5), les étalons de molécules organiques de petite taille (S10-8) et de molécules organiques de grande taille (S10-9), la garantie de la traçabilité des instruments de transfert du SIR des organisations régionales de métrologie (S12-1.3), le soutien apporté au cadre mondial de surveillance et de maintenance du réseau des instruments de transfert du SIR des organisations régionales de métrologie (S14-1.2), la mise en place de webinaires et d'ateliers CBKT organisés avec le soutien du Groupe de travail du Comité consultatif pour les rayonnements ionisants (CCRI) sur la communication (S14-3), et l'organisation d'une école d'été sur la métrologie des radionucléides

(S14-4). Certaines des activités présentées ci-dessus reposeront également sur le développement de formations en ligne s'appuyant sur les supports conçus.

Le BIPM apporte également son soutien aux participants à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (CIPM MRA), notamment aux rédacteurs de CMCs, aux pilotes et participants aux comparaisons, aux Comités techniques des organisations régionales de métrologie, ainsi qu'au personnel chargé de la gestion de la qualité au sein des laboratoires nationaux de métrologie. Ces activités comprennent des formations en ligne et des échanges techniques réguliers en ligne, ainsi que des ateliers en présentiel au siège du BIPM, en collaboration avec les organisations régionales de métrologie. Ces activités sont décrites en C01-3.

Les activités CBKT multidisciplinaires, qui couvrent plusieurs domaines de mesure, sont décrites en C08-2. Ces activités incluent des écoles d'été organisées en collaboration avec des sociétés scientifiques, ou des programmes de détachements en laboratoire au sein de laboratoires nationaux de métrologie partenaires.

Des initiatives de renforcement des capacités et de transfert des connaissances seront mises en place en appui aux activités de transformation numérique du BIPM, afin d'aider les utilisateurs du Cadre numérique du SI et des services numériques du BIPM. La communauté métrologique internationale pourra ainsi tirer pleinement parti de ces outils en constante évolution et les utiliser efficacement (C07.1-4).

C08 Consolider le système métrologique international et contribuer à son bon fonctionnement grâce au renforcement des capacités et transfert des connaissances.

Garantir une participation équilibrée au système et soutenir, en particulier, un véritable engagement de la communauté métrologique internationale vis-à-vis des pays en développement.

C08-1 Élaboration d'un cadre de renforcement des capacités et de transfert des connaissances impliquant tout le BIPM

Impliquer l'ensemble des départements dans un programme commun CBKT afin de renforcer l'efficacité avec laquelle les États Membres et Associés participent au système métrologique coordonné à l'échelle mondiale.

C08-1.1 Planification de l'ensemble des activités du programme CBKT du BIPM sur la base d'une évaluation systématique des besoins des laboratoires nationaux de métrologie, des laboratoires désignés et des organisations régionales de métrologie.	
C08-1.2 Évaluation de l'ensemble des activités CBKT en fonction de ces mêmes critères d'impact.	
C08-1.3 Disponibilité, stabilité et amélioration continue de la plateforme d'apprentissage en ligne.	

Gestion des ressources

Le BIPM s'engage à utiliser de manière transparente et efficace les fonds publics qui lui sont alloués. Il mettra en œuvre un programme de travail qui répond explicitement à ses trois objectifs, tout en continuant à protéger et à développer les ressources qui garantiront son efficacité à long terme.

A01 **Préserver la santé et la sécurité du personnel du BIPM.**

Assurer la qualité des services du BIPM.

A01-1 Santé et sécurité	
A01-1.1 Prévention des incidents et des accidents du travail grâce à une culture organisationnelle solide, ainsi qu'à une évaluation et une atténuation régulière des risques.	
A01-1.2 Mise à jour, en conformité avec les normes internationales, de la politique, des documents et des procédures en matière de santé et de sécurité.	
A01-2 Qualité	
A01-2.1 Adaptation constante des services aux besoins des clients.	
A01-2.2 Amélioration constante des services et procédures.	
A01-2.3 Audit et maintien du système qualité et de sa mise en œuvre, conformément aux normes pertinentes.	

Personnel

La majeure partie du budget annuel du BIPM est consacrée à son personnel, dont l'expertise et l'engagement pour exécuter la mission du BIPM sont essentiels au succès de l'organisation. La *Stratégie du CIPM à compter de 2030* identifie une « transition de l'équilibre des compétences du personnel afin de répondre au mieux aux besoins prioritaires futurs (par exemple, la coordination des activités transversales et des actions de représentation) ». Parvenir à cet équilibre tout en continuant à soutenir la nature scientifique de l'organisation requerra une plus grande clarté quant aux rôles et une plus grande capacité d'adaptation.

A02 **Développer la structure organisationnelle du BIPM afin de renforcer son agilité et d'améliorer son efficacité dans la mise en œuvre de la mission et des objectifs du BIPM.**

Élargir la diversité des compétences et les expériences au sein du personnel du BIPM, tout en améliorant l'efficacité à long terme.

A02-1 Clarté et flexibilité pour le personnel	
A02-1.1 Évolution permanente du cadre de gestion des talents et de la structure organisationnelle afin de soutenir la mission du BIPM grâce à une utilisation optimale des compétences.	
A02-1.2 Renforcement des capacités et des compétences du personnel grâce à l'augmentation du nombre de projets communs et à l'extension des connaissances et de l'expérience du personnel détaché par les laboratoires nationaux de métrologie auprès du BIPM, ainsi qu'à une contribution accrue de la part de leurs laboratoires d'origine.	

Infrastructure numérique

Compte tenu de l'évolution rapide des technologies numériques et des risques croissants en matière de cybersécurité, le BIPM veillera à conserver une infrastructure numérique hautement réactive et adaptée à ses besoins. Le BIPM doit être en mesure de tirer parti des technologies permettant d'améliorer l'efficacité ou de transformer les méthodes de travail (en employant par exemple l'intelligence artificielle ou les services cloud), de mettre en œuvre les bonnes pratiques opérationnelles et d'assurer la protection des actifs de données qui lui sont confiés.

A03 Élaborer et mettre en œuvre au BIPM des règles et des procédures relatives à l'utilisation de l'intelligence artificielle qui respectent la mission et le cadre juridique de l'organisation.

A03-1 Utilisation de l'intelligence artificielle au BIPM

Veiller à ce que les services du BIPM prennent en charge les applications de l'intelligence artificielle, et mettre en œuvre des solutions fondées sur l'intelligence artificielle afin d'améliorer l'efficacité de ces services tout en préservant l'intégrité et la sécurité des données.

A03-1.1 Élaboration d'une politique du BIPM en matière d'intelligence artificielle, et mise à jour de celle-ci en fonction de l'évolution des applications de l'intelligence artificielle.	
A03-1.2 Mise en place d'outils de recherche visant à améliorer l'expérience utilisateur des bases de données du BIPM, de la bibliothèque de documents, du site internet et des services numériques, conformément à la politique du BIPM en matière d'intelligence artificielle.	
A03-1.3 Évaluation et mise en œuvre d'outils d'intelligence artificielle visant à assurer l'efficacité des réunions, conformément à la politique du BIPM en matière d'intelligence artificielle.	

A04 Développer l'infrastructure informatique afin de soutenir la mission du BIPM.

A04-1 Infrastructure informatique

Assurer la maintenance de l'infrastructure informatique afin de garantir un stockage des données sécurisé, des flux de travail efficaces, un soutien à la transformation numérique des processus et des approches collaboratives.

A04-1.1 Mise à niveau de l'infrastructure de stockage réseau et de virtualisation, et amélioration de l'architecture des applications web ainsi que des systèmes d'équilibrage de charge afin d'améliorer la résilience, la performance, l'évolutivité et la sécurité.	
A04-1.2 Réalisation de la feuille de route pour la mise à niveau et la modernisation du réseau local.	
A04-1.3 Modernisation et extension de l'infrastructure serveur et des services cloud afin de garantir un environnement sécurisé, actualisé et centralisé, améliorant ainsi la collaboration et le partage d'informations.	

A05 Mettre en œuvre des mesures de pointe en matière de cybersécurité.

A05-1 Cybersécurité Mettre en place des systèmes de cybersécurité efficaces afin de garantir le fonctionnement continu du BIPM et la protection de ses données.	
A05-1.1 Mise en œuvre d'une infrastructure de sécurité conforme au modèle Zero Trust sur l'ensemble du réseau et adoption de techniques, systèmes et protocoles de cryptographie post-quantique (PQC) pratiques et facilement déployables afin de renforcer la résilience à long terme du BIPM.	
A05-1.2 Mise en place d'audits réguliers de sécurité informatique, de simulations d'hameçonnage et de programmes de sensibilisation à la sécurité.	

Bâtiments et salles de réunion

Le BIPM est établi sur un site chargé d'histoire au sud-ouest de Paris. Au fil des ans, les bâtiments qui le constituent ont été adaptés afin de répondre aux exigences élevées requises dans les laboratoires de métrologie, tout en accueillant également des milliers de visiteurs chaque année. Parmi ces derniers figurent notamment : les participants aux réunions organisées sur place, les délégations officielles des États Membres et Associés ou de nouveaux membres potentiels, les représentants des autorités locales, ainsi que les visiteurs qui viennent découvrir l'histoire du BIPM et la métrologie à l'occasion des Journées européennes du patrimoine (qui représentent environ 300 visiteurs chaque année). À cela s'ajoutent les personnes qui se rendent sur le site pour des visites spécifiques dans le cadre de la contribution du BIPM à la promotion de la métrologie par le biais d'activités éducatives.

L'entretien à long terme des bâtiments, les services techniques, la sécurité et l'accès au site font l'objet d'un suivi et d'une prise en charge appropriés, dans le cadre de la gestion du BIPM.

En tant qu'organisation internationale engagée en faveur d'une participation universelle, le BIPM continuera à mettre en place des infrastructures de réunion de haute qualité permettant l'organisation d'évènements en présentiel, hybrides et en ligne. Les technologies de communication modernes seront utilisées afin de garantir une participation efficace et une grande accessibilité à toutes les parties prenantes du BIPM.

A06 Développer l'environnement bâti afin de soutenir le programme de travail du BIPM au fur et à mesure qu'il évolue.

A06-1 Bâtiments, sécurité et entretien du site Soutenir le programme de travail du BIPM en modernisant et en optimisant l'environnement physique.	
A06-1.1 Préservation de l'intégrité des bâtiments et de l'efficacité opérationnelle.	
A06-1.2 Pérennité et accessibilité continue des installations évaluées et garanties.	
A06-1.3 Renforcement de l'accessibilité et de la sécurité par la rénovation des voies d'accès, le contrôle des entrées et une surveillance accrue.	
A06-1.4 Préservation des paysages, et durabilité et résilience environnementales garanties.	

A07 Veiller à ce que les infrastructures de réunion du BIPM, qui contribuent au fonctionnement des Comités consultatifs et autres groupes, continuent à respecter les bonnes pratiques appliquées au sein des organisations internationales.

A07-1 Réunions hybrides	
A07-1.1 Mise à niveau des systèmes audiovisuels utilisés afin d'assurer une meilleure participation.	
A07-1.2 Amélioration continue des plateformes de réunion et outils de participation afin d'offrir la meilleure expérience possible à tous les participants.	
A07-2 Installations de réunion	
A07-2.1 Mise en place de solutions adaptées aux besoins de l'accueil sur site afin de garantir l'efficacité des réunions.	
A07-2.2 Renouvellement du mobilier des salles de réunion afin de favoriser une plus grande participation et davantage de flexibilité.	

Annexe – Autres domaines de travail prioritaires pour le BIPM

Bien que les activités indiquées ci-dessous ne soient pas financées directement par la dotation approuvée par la CGPM à sa 28e réunion (CGPM 2026), les États Membres les considèrent comme hautement prioritaires. Le BIPM mettra en place divers mécanismes permettant de réintégrer ces activités dans le programme de travail. Ces mécanismes pourront notamment comprendre le financement direct par les États Membres ou d'autres parties prenantes, ainsi que des économies réalisées grâce aux mesures d'amélioration de l'efficacité mises en œuvre par l'Organisation.

Modernisation et transformation numérique des services du temps

S06-4 Automatisation et optimisation des processus de données numériques

Développer et mettre à niveau les processus et outils afin d'améliorer l'efficacité opérationnelle et d'offrir une plus large gamme de services permettant de soutenir les laboratoires nationaux de métrologie, le CCL et le CCTF.

S06-4.3 Mise en ligne d'une API afin d'offrir un accès direct aux caractéristiques des horloges telles que la phase, la fréquence, le décalage et le poids.	
S06-4.4 Mises à jour et modifications de l'API en ligne, en réponse aux demandes du CCL et du CCTF.	

S06-5 Évolution de la *Circulaire T* afin de répondre aux besoins croissants des laboratoires nationaux de métrologie

Soutenir les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie afin d'identifier et de répondre aux besoins de leurs utilisateurs en matière de synchronisation de temps traçable et résiliente de manière équitable et efficace.

S06-5.1 Publication d'un rapport sur les modifications à apporter à la *Circulaire T* répondant aux besoins des utilisateurs et publication du programme de mise en œuvre associé, en consultation avec les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie.	
S06-5.2 Publication de lignes directrices à destination des laboratoires réalisant des échelles de temps UTC(*k*) de secours dans des sites distincts, en étroite collaboration avec les laboratoires nationaux de métrologie et avec leur soutien en matière en matière de vision commune et de réalisation de tests.	

Comparaison d'horloges optiques à l'aide d'un instrument transportable

S07-1 Utilisation accrue des étalons optiques de fréquence dans les échelles de temps

Soutenir les laboratoires nationaux de métrologie dans l'utilisation d'étalons optiques de fréquence dans les échelles de temps nationales et l'UTC, en définissant un format et des protocoles d'échange de données et en adaptant les algorithmes de traitement des données.

S07-1.3 Coordination de l'exploitation partagée efficace d'un étalon optique de fréquence, qui a été donné au BIPM, afin de piloter une nouvelle comparaison clé d'étalons optiques de fréquence.	

Coordination du temps lunaire

R02-4 Soutien concernant la reconnaissance de l'UTC

Renforcer les liens avec les organisations internationales représentant les utilisateurs du temps (UIT-R, UIT-T, IEEE et ICG, par exemple), les organisations liées à la gestion du temps et aux étalons métrologiques de temps et de fréquence (AIG, IGS et IERS, par exemple), les organisations scientifiques (telles que le SKAO) et les agences spatiales, afin de garantir la reconnaissance de l'UTC comme l'échelle de temps de référence cohérente et utile, ou d'identifier les échelles de temps appropriées traçables à l'UTC.

R02-4.3 Soutien actif à l'élaboration d'un accord international sur le temps lunaire, par des conseils scientifiques, l'organisation de sessions spéciales et la participation aux discussions de groupes pertinents (tels que le SKAO, le Groupe de travail D de l'ICG sur les échelles de temps et le Groupe de travail L sur le temps lunaire).

S06-6 Évolution des produits de temps du BIPM afin de soutenir les laboratoires nationaux de métrologie concernant les projets spatiaux

Soutenir les contributions des laboratoires nationaux de métrologie aux projets spatiaux d'agences spatiales nationales ou internationales. Mettre en place, éventuellement, un projet commun afin de soutenir cette activité.

S06-6.2 Publication d'un rapport sur les besoins et la faisabilité, pour le BIPM, d'acquérir un nouveau rôle dans la coordination des réalisations nationales du temps lunaire et sur la mise en place d'un projet commun.



Élaboration d'une méthode de référence pour la résonance magnétique nucléaire quantitative

S10-1 Comparaisons de matériaux de référence primaires organiques de petite taille

Coordonner des comparaisons étayant les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à fournir et assigner une valeur à des matériaux de référence primaires organiques de petite taille équivalents, afin d'assurer la traçabilité des mesures au SI.

S10-1.3 Élaboration de la méthode de la comparaison clé CCQM-K148.c sur un composé organique de masse molaire entre 500 g mol^{-1}et 1000 g mol^{-1}.



S10-2 Élaboration d'une méthode de référence pour la résonance magnétique nucléaire quantitative

Élaborer et valider l'utilisation de matériaux de référence internes (ISRD) pour la résonance magnétique nucléaire quantitative hétéronucléaire, afin de faciliter l'assignation de valeur aux matériaux de référence primaires au sein des laboratoires nationaux de métrologie.

S10-2.1 Amélioration et publication de la méthodologie concernant la méthode de référence par résonance magnétique nucléaire quantitative de l'isotope ^{19}F, avec des études de validation croisée utilisant les résonances magnétiques nucléaires quantitatives des isotopes ^{19}F et ^{1}H dans différents solvants.



S10-2.2 Optimisation et publication de la méthodologie concernant la méthode de référence par résonance magnétique nucléaire quantitative de l'isotope ^{31}P, avec des études de validation croisée utilisant les résonances magnétiques nucléaires quantitatives des isotopes ^{31}P et ^{1}H dans différents solvants.	
S10-2.3 Publication de trois documents de référence pour des étalons internes hétéronucléaires.	

S10-3 Comparaisons de référence de calibrateurs primaires de molécules organiques de petite taille (solutions d'étalonnage)

Coordonner des comparaisons étayant les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à fournir et assigner une valeur à des solutions d'étalonnage primaires équivalentes de composés organiques de petite taille, afin d'assurer la traçabilité des mesures au SI.

S10-3.2 Analyse de la pureté des substances utilisées dans le cadre de la comparaison clé CCQM-K78.b sur des solutions d'étalonnage à plusieurs composés organiques non polaires.	

S10-4 Comparaison d'étalons numériques pour la résonance magnétique nucléaire quantitative

Élaborer et valider la mise en application d'étalons numériques pour la résonance magnétique nucléaire quantitative, afin de faciliter l'assignation de valeurs traçables au SI au sein des laboratoires nationaux de métrologie.

S10-4.2 Réalisation et publication de l'évaluation de la résonance magnétique nucléaire quantitative fondée sur un étalon numérique, ainsi que de l'évaluation de la performance de différents systèmes modèles.	 

Relations internationales et communication

R01-2 Stratégie de communication

Assurer une stratégie de communication et une représentation cohérentes du BIPM par l'intermédiaire des différents canaux de communication, maintenir et développer sa présence sur les réseaux sociaux, publier la newsletter et le rapport annuel.

R01-2.3 Élaboration et mise en œuvre de campagnes de communication incluant du matériel promotionnel, en collaboration avec les organisations régionales de métrologie.	
R01-2.4 Mise en place, avec certaines organisations internationales, de messages conjoints et de campagnes de communication partagées ciblant des communautés d'utilisateurs spécifiques.	

R01-3 Journée mondiale de la métrologie

Collaborer avec l'UNESCO, l'OIML et les organisations régionales de métrologie afin de mener une campagne annuelle incluant des posters, des évènements en présentiel et des webinaires, dans le but de promouvoir le travail du BIPM et l'importance de la métrologie.

R01-3.3 Participation aux évènements des laboratoires nationaux de métrologie et des organisations régionales de métrologie à l'occasion de la Journée mondiale de la métrologie.	

R02-1 Promotion de l'infrastructure de la qualité

Assurer une coordination étroite avec d'autres organismes internationaux de l'infrastructure de la qualité, afin d'améliorer continuellement le système international et de promouvoir l'infrastructure de la qualité comme l'un des piliers soutenant les objectifs de développement durable. Identifier des intérêts communs avec d'autres organisations internationales telles que l'UNESCO, l'ONUDI, la CEE-ONU, la CCNUCC, l'OCDE et l'OMC, et collaborer afin de mettre en valeur le rôle de la métrologie scientifique.

R02-1.3 Publication de documents communs (études ou notes de synthèse, par exemple) sur des sujets clés.	
R02-1.4 Organisation d'évènements conjoints ciblant des parties prenantes telles que les décideurs politiques, les représentants de l'industrie et les scientifiques.	

S08-1 Mise en œuvre du programme CBKT dans les domaines du temps et des fréquences afin de soutenir une gestion (inter)nationale du temps

Améliorer l'UTC et les échelles de temps nationales UTC(*k*) en permettant aux laboratoires participant au calcul de l'UTC de valider les données contribuant à l'UTC, en fournissant des outils logiciels et en échangeant les bonnes pratiques.

S08-1.1 Mise en place de cours d'apprentissage en ligne (logiciel interactif, manuel d'utilisation et code source en accès libre) pour les laboratoires participant au calcul de l'UTC, afin de valider et comprendre les données qu'ils soumettent pour le calcul de l'UTC.	
S08-1.2 Mise à disposition d'un service GIT hébergeant des modules logiciels en libre accès.	
S08-1.3 Organisation d'une école d'été et de séminaires en collaboration avec les organisations régionales de métrologie.	

C01-3 CBKT en soutien au CIPM MRA

Proposer des activités de renforcement des capacités et de transfert des connaissances aux rédacteurs de CMCs, aux participants ou pilotes de comparaisons, au personnel chargé du système de gestion de la qualité et aux secrétariats des organisations régionales de métrologie au sujet de la mise en œuvre et des procédures du CIPM MRA, notamment l'utilisation de la KCDB.

C01-3.2 Organisation de webinaires adaptés aux besoins des organisations régionales de métrologie sur la mise en œuvre du CIPM MRA.	

C02-1 Soutien aux organisations régionales de métrologie

Sur demande, apporter un soutien stratégique et administratif aux organisations régionales de métrologie.

C02-1.1 Mise en place de points de contact désignés pour chaque organisation régionale de métrologie.	
C02-1.2 Appui administratif aux secrétariats si besoin, notamment par la mise à disposition d'un espace web.	

C08-2 Métrologie multidisciplinaire en matière de renforcement des capacités et de transfert des connaissances

Offrir à de jeunes métrologistes la possibilité d'acquérir des connaissances approfondies et de l'expérience grâce à des écoles d'été et des détachements à visée de recherche.

C08-2.1 Organisation d'écoles d'été en collaboration avec les sociétés scientifiques des États Membres afin de soutenir de jeunes métrologistes avec un fort potentiel scientifique.	
C08-2.2 Organisation, avec les laboratoires nationaux de métrologie, de projets techniques conjoints destinés aux jeunes métrologistes afin de leur permettre d'acquérir des connaissances approfondies et de l'expérience grâce à des détachements à visée de recherche au sein de laboratoires nationaux de métrologie partenaires et au BIPM.	

Irradiateur Co-60

S11-3 Soutenabilité à long terme du Système international de référence pour la dosimétrie

Renforcer et garantir l'équivalence internationale des étalons nationaux de dosimétrie afin de répondre aux besoins croissants et émergents des États Membres.

S11-3.2 Mise en place d'une nouvelle installation produisant un faisceau de ^{60}Co au BIPM.	 

Liste des sigles

ADN	Acide désoxyribonucléique
AIEA	Agence internationale de l’énergie atomique
AIG	Association internationale de géodésie
API	Interface de programmation d’applications
ARN	Acide ribonucléique
ASI	Alimentation sans interruption
BIPM	Bureau international des poids et mesures
CBKT	Programme de renforcement des capacités et de transfert des connaissances
CCAUV	Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations
CCEM	Comité consultatif d’électricité et magnétisme
CCEMRI	Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants
CCL	Comité consultatif des longueurs
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées
CCPR	Comité consultatif de photométrie et radiométrie
CCQM	Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie et biologie
CCRI	Comité consultatif des rayonnements ionisants
CCT	Comité consultatif de thermométrie
CCTF	Comité consultatif du temps et des fréquences
CCU	Comité consultatif des unités
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l’Europe
CGPM	Conférence générale des poids et mesures
CIPM	Comité international des poids et mesures
CIPM MRA	Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM
CMC	Aptitude en matière de mesures et d’étalonnages
CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
DDEP	Decay Data Evaluation Project
ESIR	Extension du Système international de référence
FAIR	Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable - données trouvables, accessibles, interopérables et réutilisables
FAO	Organisation des Nations unies pour l’alimentation et l’agriculture
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
Global ACI	Global Accreditation Cooperation Incorporated
GNSS	Global Navigation Satellite System
GUM	Guide pour l’expression de l’incertitude de mesure
IA	Intelligence artificielle
ICG	Comité international sur les systèmes mondiaux de navigation par satellite
ICRM	International Committee for Radionuclide Metrology
ICRU	International Commission on Radiation Units
ICSH	International Council for Standardization in Haematology
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IERS	Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
IGS	International GNSS Service
IMEO	Observatoire international des émissions de méthane
ISO	Organisation internationale de normalisation
JCGM	Comité commun pour les guides en métrologie
JCRB	Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM
JCTLM	Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire

KCDB	Base de données sur les comparaisons clés
LSED	Laboratoire secondaire d'étalonnage pour la dosimétrie
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OIML	Organisation internationale de métrologie légale
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMM	Organisation météorologique mondiale
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONU	Organisation des Nations Unies
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
OTICE	Organisation du traité d'interdiction complète des essais nucléaires
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
RCNP	Research Center for Nuclear Physics
SDR	Software Defined Radio
SI	Système international d'unités
SIR	Système international de référence
SIRTI	Instrument de transfert du Système international de référence
SKAO	Square Kilometre Array
TAI	Temps atomique international
TDCR	Triple-to-double coincidence ratio
TT	Temps terrestre
UIT	Union internationale des télécommunications
UIT-R	Secteur des radiocommunications de l'UIT
UIT-T	Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
UTC	Temps universel coordonné
VIM	Vocabulaire international de métrologie
UTCr	UTC rapide
VPDB	Vienna Pee Dee Belemnite
VSMOW-SLAP	Vienna Standard Mean Ocean Water - Standard Light Antarctic Precipitation
XRCD	Mesure de masse volumique de cristaux par rayons x

Pavillon de Breteuil
F-92312 Sèvres Cedex
FRANCE
bipm.org

© bipm.org, 2026.