

## METAS en 2019

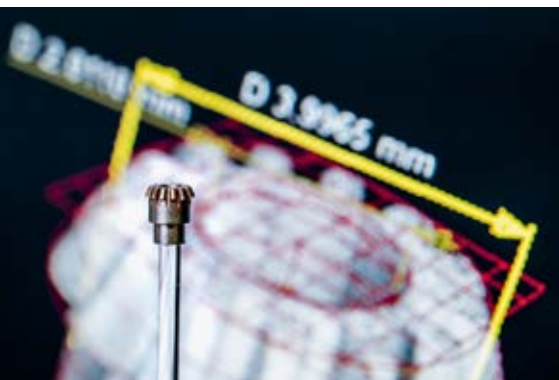


Image de couverture: Mesurer avec grande exactitude les petits composants de précision (cf. p.16).

### Impressum

Le présent rapport a pour but de donner de manière compréhensible un aperçu des activités de METAS en 2019. D'autres informations peuvent être obtenues dans le Rapport de gestion de METAS, dans le Rapport annuel sur l'exécution de la loi sur la métrologie (tous deux publiés sur [www.metas.ch](http://www.metas.ch)), dans le Rapport sur le salaire des cadres (publié sur [www.epa.admin.ch](http://www.epa.admin.ch)) et dans le Rapport succinct du Conseil fédéral sur l'atteinte des objectifs stratégiques en 2019 (publié sur [www.efv.admin.ch](http://www.efv.admin.ch)).

### Éditeur

Institut fédéral de métrologie METAS  
Lindenweg 50, 3003 Berne-Wabern, Suisse  
Téléphone: +41 58 387 01 11, [www.metas.ch](http://www.metas.ch)

### Droit d'auteur

Reproduction autorisée avec indication de la source, exemplaires souhaités.

### Finances

Les pages 26 à 27 de ce rapport ont été portées à la connaissance de l'organe de révision, en application de la Norme d'audit suisse NAS 720 «Autres informations présentées dans des documents contenant des états financiers audités».

### Langues

Le présent rapport est publié en allemand, français, italien et anglais.

### Édition

Mai 2020  
05.20 600 860464195

### Crédit photographique

METAS

### Mise en page

Casalini Werbeagentur AG, 3007 Bern  
[www.casalini.ch](http://www.casalini.ch)



# Sommaire

- 4 Avant-propos
- 6 Ouvrir la voie :  
le Conseil de l'Institut
- 8 Diriger METAS :  
la direction
- 9 Mesurer par-delà les frontières :  
organisations internationales de métrologie
- 10 Mesurer pour l'économie et la société :  
les tâches de METAS
- 12 Projets métrologiques :  
recherche et développement à METAS
- 14 La métrologie au service du développement de produits :  
projets de coopération avec l'industrie
- 16 La métrologie pour le secteur économique :  
mesurer des structures sous-jacentes au moyen de la tomographie à rayons X
- 18 Faire découvrir la métrologie :  
journée portes ouvertes à METAS
- 20 Mesurer pour la mobilité future :  
vérification des stations de remplissage d'hydrogène
- 22 Réglementation en métrologie :  
législation en vigueur
- 24 Permettre les mesures :  
les collaborateurs sont déterminants
- 26 Finances
- 28 Informer sur la métrologie :  
publications et exposés de METAS

# Changements au sein du Conseil de l'Institut



Le Conseil fédéral élit le Conseil de l'Institut de METAS, chaque fois pour une période de quatre ans. La dernière période administrative a duré jusqu'à la fin de l'année 2019. En novembre 2019, le Conseil fédéral a désigné le Conseil de l'Institut pour la nouvelle période administrative allant de 2020 à 2023. Quatre des cinq anciens membres du

Conseil de l'Institut ont été renommés et trois nouveaux membres (cf. p. 6) ont été nommés. Le professeur Ulrich W. Suter ne s'est pas représenté. Il a été membre du Conseil de l'Institut fédéral de métrologie (METAS) depuis 2012, à savoir, depuis le début de l'activité de METAS en tant qu'institut fédéral le 1<sup>er</sup> janvier 2013. Ulrich W. Suter assumait la fonction de vice-président. Il s'est beaucoup investi, en collaboration avec les autres membres du Conseil de l'Institut, pour préparer la création et le début des activités de l'Institut, et il a contribué à la définition de son orientation stratégique ainsi qu'à son programme de recherche et de développement. Je tiens à le remercier de tout mon cœur pour son grand engagement en faveur de METAS.

Les tâches du Conseil de l'Institut dans sa nouvelle composition restent inchangées pour la nouvelle période administrative. Ces tâches sont essentiellement de nature stratégique. Le Conseil de l'Institut se consacre notamment à l'orientation qu'il faut donner à la recherche et au développement à METAS, car la recherche et le développement sont essentiels sur le plan stratégique pour un institut national de métrologie.

Des changements ont également eu lieu au sein de la direction. Depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2019, elle se compose de quatre membres. Le Conseil de l'Institut a nommé, en cette date, le chef de la nouvelle division Chimie, membre de la direction de METAS (cf. p. 8).

Je me réjouis de continuer à œuvrer, avec mes collègues du Conseil de l'Institut et de la direction, à l'orientation stratégique et à la direction entrepreneuriale de METAS pour les quatre prochaines années.

Matthias Kaiserswerth  
Président du Conseil de l'Institut

« Les tâches du Conseil de l'Institut sont essentiellement de nature stratégique. »

## Montrer notre travail

Cohue dans les couloirs devant les laboratoires, foule de visiteurs dans le hall d'entrée, des enfants partout: des images inhabituelles à METAS. Il n'est pas courant qu'un institut national de métrologie accueille de grands groupes de visiteurs et les laisse aller de laboratoire en laboratoire. En effet, c'est le travail effectué au sein des laboratoires qui se trouve au premier plan, en particulier l'offre de prestations métrologiques. C'est pourquoi METAS, comme tout institut national de métrologie, est construit et organisé de sorte que les collaborateurs puissent travailler dans leurs laboratoires, de préférence sans être dérangés et sans difficultés.

Le 25 mai 2019, une foule de visiteurs a toutefois changé la donne. Ce samedi-là, METAS a ouvert ses portes à tous. Passants, membres de la famille, amis et connaissances des collaborateurs, personnes intéressées de près ou de loin, ont saisi l'occasion de jeter un œil à l'intérieur des bâtiments près de la tour à Wabern. Ils ont ainsi pu se faire une idée de ce que l'on fait à METAS. Les visiteurs se sont informés sur le Système international d'unités (SI), ils ont visité les laboratoires et regardé les installations de mesure, ou ils se sont tout simplement fait décrire les instruments ou procédures de mesure par les collaborateurs de METAS (tous

reconnaisables à un T-shirt blanc portant le logo SI). Le temps le permettant, les visiteurs ont pu se délasser entre deux visites devant l'entrée de METAS.

Les visiteurs ont été fascinés par la diversité des domaines qui existent à METAS, ainsi que par l'éventail des connaissances. Ils ont été particulièrement impressionnés par l'investissement des collaborateurs dans leur activité et par la fierté qu'ils éprouvent à l'égard de leurs connaissances et de leurs compétences. L'engagement perceptible des collaborateurs pour leur travail représente la base de la réussite des activités à METAS. Cet engagement se ressent toujours au quotidien. En collaboration avec mes collègues de la direction, renforcée depuis juillet 2019 (cf. p.8), je m'engage à continuer à entretenir et à maintenir cette culture de l'engagement professionnel pour tout changement et toute réorganisation.

Philippe Richard  
Directeur



L'engagement perceptible des collaborateurs pour leur travail représente la base de la réussite des activités à METAS.



# Ouvrir la voie : le Conseil de l'Institut

*Le Conseil de l'Institut est l'organe suprême de METAS.  
Il répond de la direction entrepreneuriale.*

Les tâches du Conseil de l'Institut sont définies par la loi sur l'Institut fédéral de métrologie (LIFM). Le Conseil de l'Institut adresse au Conseil fédéral les demandes d'indemnisation pour les prestations qui doivent être fournies par la Confédération et approuve le programme de recherche et de développement. Il surveille la direction et édicte l'ordonnance sur le personnel. Les membres du Conseil de l'Institut disposent d'une grande expérience en matière de direction, aussi bien sur le plan académique qu'entrepreneurial, ainsi que d'une expérience longue et variée de la recherche et du développement dans les sciences naturelles et la technique.

## Définir l'orientation stratégique

L'une des plus importantes tâches du Conseil de l'Institut est de définir, en accord avec la direction, l'orientation stratégique de METAS. Il se base à cette fin sur les prescriptions du Conseil fédéral, qui figurent dans les objectifs stratégiques à suivre par METAS. Le Conseil fédéral attend de METAS qu'il mette à la disposition du secteur économique, de la science et de l'administration une infrastructure métrologique performante, les bases de mesure requises et des services métrologiques.

## Nouvelle période administrative

Comme le stipulent les prescriptions légales, le Conseil de l'Institut se compose de cinq à sept membres qualifiés. Durant l'année sous revue, dernière année de la période administrative allant de 2016 à 2019, il était composé de cinq membres. Fin novembre 2019, le Conseil fédéral a nommé les membres du Conseil de l'Institut pour la nouvelle période administrative allant de 2020 à 2023, à savoir quatre anciens et trois nouveaux membres. Le cinquième membre, le professeur Ulrich W. Suter, ne s'est pas représenté.

Depuis début 2020, le Conseil de l'Institut de METAS se compose de :

**Matthias Kaiserswerth (président)**, docteur en informatique; directeur de la fondation Hasler depuis 2015; directeur du laboratoire de recherche d'IBM à Rüschlikon (ZH) de 2006 à 2015.

**Thierry J.-L. Courvoisier**, professeur émérite d'astrophysique à l'Université de Genève; président de l'European Academies Science Advisory Council (EASAC).

**Tony Kaiser** (docteur en sciences naturelles), consultant senior auprès de Consenec AG à Baden-Dättwil jusqu'à 2015; auparavant responsable des programmes technologiques à long terme pour les centrales électriques chez ALSTOM Power.

**Ursula Widmer** (docteure en droit), avocate; spécialisée dans le droit de l'informatique; d'Internet et des télécommunications; elle enseigne le droit de la sécurité de l'information à l'EPFZ.

**La professeure Sonia Isabelle Seneviratne** (docteure en climatologie), nouvelle membre; cheffe de l'Institut de l'atmosphère et du climat du Département des sciences de l'environnement de l'EPFZ.

**Alessandra Curioni Fontecedro** (privat-docent en médecine), nouvelle membre; cheffe du groupe «Lungen- und Thoraxtumore» à la Clinique d'oncologie médicale et hématologie de l'hôpital universitaire de Zurich.

**René Lenggenhager** (docteur en sciences naturelles EPFZ/EMBA HSG), nouveau membre; physicien; CEO du COMET GROUP à Flamatt de 2017 à 2019.



Les membres du Conseil de l'Institut dès le 1<sup>er</sup> janvier 2020 (du haut, à gauche, vers le bas, à droite) : Matthias Kaiserswerth (président), le professeur Thierry J.-L. Courvoisier, Tony Kaiser, Ursula Widmer, la professeure Sonia I. Seneviratne, la privat-docent Alessandra Curioni-Fontecedro, René Lenggenhager.

# Diriger METAS : la direction

*Gestion opérationnelle assurée par la direction*

La direction assure la gestion opérationnelle de METAS. Elle représente l'Institut auprès des tiers. Mi-2019, elle est passée de trois à quatre membres. Le 1<sup>er</sup> juillet 2019, le Conseil de l'Institut a nommé Hanspeter Andres, le chef de la nouvelle division *Chimie*, membre de la direction. Les autres membres de la direction sont, Philippe Richard, directeur, Gregor Dudle, directeur suppléant et Bobjoseph Mathew, sous-directeur.

## **Nouvelle division Chimie**

Jusqu'au 1<sup>er</sup> juillet 2019, la Chimie analytique était un domaine de la division *Physique et Chimie*. Depuis lors, il y a une division *Chimie* autonome outre la division *Physique*. Ce développement organisationnel est lié à la taille du domaine, mais surtout au développement de l'importance de la chimie en métrologie. Ainsi, il y a deux ans, METAS a débuté le développement d'activités dans deux nouveaux domaines en chimie et biologie.

Le chef de la nouvelle division *Chimie*, Hanspeter Andres, possède un doctorat en chimie. Après un projet post-doc à l'université Carnegie-Mellon de Pittsburgh (USA) et à l'université de Berne, il a travaillé auprès de Nitrochemie Wimmis AG. Il y a notamment œuvré au développement d'une nouvelle poudre propulsive pour systèmes de sécurité automobiles et d'une procédure destinée à la désacidification et à la solidification du papier. En 2007, il a intégré METAS en tant que chef du domaine Chimie analytique. Il a également effectué une formation continue dans le domaine de l'économie d'entreprise. Il a été président du Comité technique Metrology in Chemistry d'EURAMET, l'Association européenne des instituts nationaux de métrologie, de 2015 à 2019.



La direction de METAS de gauche à droite: Philippe Richard (directeur), Gregor Dudle, Bobjoseph Mathew, Hanspeter Andres.



# Mesurer par-delà les frontières : organisations internationales de métrologie

*METAS (et de ce fait la Suisse) est particulièrement bien représenté dans les organisations internationales de métrologie. L'engagement international des collaborateurs de METAS est important.*

Dans le domaine de la métrologie, la collaboration internationale est indispensable. Elle a permis le remplacement de la multitude d'unités de mesure et de systèmes d'unités valables sur le plan régional, qui coexistaient grâce au Système international d'unités (SI) valable dans le monde entier. Les exigences afférentes aux instruments de mesure harmonisées au niveau international facilitent le commerce des instruments de mesure et leur utilisation.

## Grand engagement au niveau international

La collaboration entre les instituts nationaux de métrologie en Europe s'effectue principalement dans le cadre d'EURAMET, l'Association européenne des instituts nationaux de métrologie. METAS joue un rôle actif et essentiel au sein d'EURAMET. Le chef de la recherche de METAS est membre du Conseil de surveillance d'EURAMET. Un collaborateur de METAS est le président du Comité technique Electricity and Magnetism. Un autre collaborateur de METAS a également été le président du Comité technique Metrology in Chemistry jusqu'à mai 2019.

Le directeur suppléant de METAS est le président de WELMEC, l'organisation qui assure la coopération européenne en métrologie légale. Depuis octobre 2019, le sous-directeur de METAS est l'un des vice-présidents du Comité international de métrologie légale (CIML). Le directeur de METAS est membre du Comité international des poids et mesures (CIPM), l'organe de surveillance de l'organisation internationale de la Convention du Mètre.



Séance d'un comité Technique à METAS.

Depuis juin 2019, le chef du laboratoire Optique est le président de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), l'organisme international de normalisation et de standardisation dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.

L'engagement de METAS au niveau international et dans des organisations spécialisées en métrologie témoignent notamment du fait que METAS et ses collaborateurs sont appréciés comme partenaires compétents et fiables sur le plan international.

# Mesurer pour l'économie et la société : les tâches de METAS

*La Suisse mesure le plus exactement à Wabern. L'Institut fédéral de métrologie (METAS), en d'autres termes le centre de référence métrologique de la Suisse, y a son siège.*

METAS est l'Institut national de métrologie de la Suisse. Ce centre de compétences de la Confédération répond à toute question relative aux mesures ainsi qu'aux instruments et procédures de mesure. Ses activités en matière de recherche et de développement, ainsi que ses prestations lui permettent de créer les conditions nécessaires à des mesures exactes en Suisse, ce qui est indispensable pour répondre aux attentes du secteur économique, de la recherche, de l'administration et de la société.

## Mesures de référence faisant foi

METAS réalise les mesures de référence en Suisse, veille à leur reconnaissance à l'échelon international et les transmet avec l'exactitude requise. L'Institut met ainsi à la disposition du secteur économique et de la société l'infrastructure de base en matière de métrologie. Cette infrastructure est nécessaire lorsqu'il s'agit d'effectuer des mesures.

METAS surveille la mise sur le marché, l'utilisation et le contrôle des instruments de mesure utilisés dans le commerce, le trafic, la sécurité publique, la santé et la protection de l'environnement. L'Institut veille à ce que les mesures requises pour la protection et la sécurité des êtres humains et de l'environnement soient effectuées correctement et selon les dispositions en vigueur.

## Métrologie

*La métrologie est la science et la technique des mesures (du grec *metron* – mesure). Il est fréquent de confondre métrologie et météorologie. Sur le fond, ces deux termes n'ont toutefois rien en commun. La météorologie est la branche se chargeant des questions relatives au temps qu'il a fait, qu'il fait ou qu'il fera (du grec *meteoros* – flotter en l'air).*



## Le progrès requiert de l'exactitude

Il n'est possible de fabriquer et de surveiller avec fiabilité que ce qui peut être mesuré avec exactitude. La science et la technique imposent un développement permanent de bases et de procédures métrologiques. Les procédures de mesure et de réglementation utilisées par des secteurs importants de l'économie suisse, tels que la microtechnique ou la technique médicale ont par exemple besoin de méthodes de mesure dont la précision peut atteindre un millionième de millimètre.



METAS suit les derniers développements scientifiques et techniques pour rester à jour. L'Institut se consacre à la recherche et au développement afin d'améliorer ses installations de mesure et ses prestations dans le domaine de la métrologie. Il examine à intervalle régulier son offre de prestations et s'adapte en fonction des besoins du marché.



L'endroit où la Suisse mesure le plus exactement: METAS à Wabern.

# Projets métrologiques : recherche et développement à METAS

*METAS exécute ses travaux de recherche et de développement en grande partie sous l'égide du programme européen de recherche et développement en métrologie (EMPIR).*

Le programme de recherche EMPIR (*European Metrology Programme for Innovation and Research*) a été développé par EURAMET, l'Association européenne des instituts nationaux de métrologie et par la Commission européenne. Ce programme a pour but d'améliorer la coordination de la recherche entre les instituts nationaux de métrologie et de renforcer la collaboration sur le plan métrologique. En 2019, METAS a participé à 33 projets EMPIR. Le sixième appel a eu lieu parallèlement cette même année. METAS y a participé en formulant des propositions de projets traitant des thèmes *Environment*, *Energy* et *Pre-normative*. Il a atteint un taux de réussite supérieur à la moyenne.

## **Surveillance du rayonnement radioactif naturel**

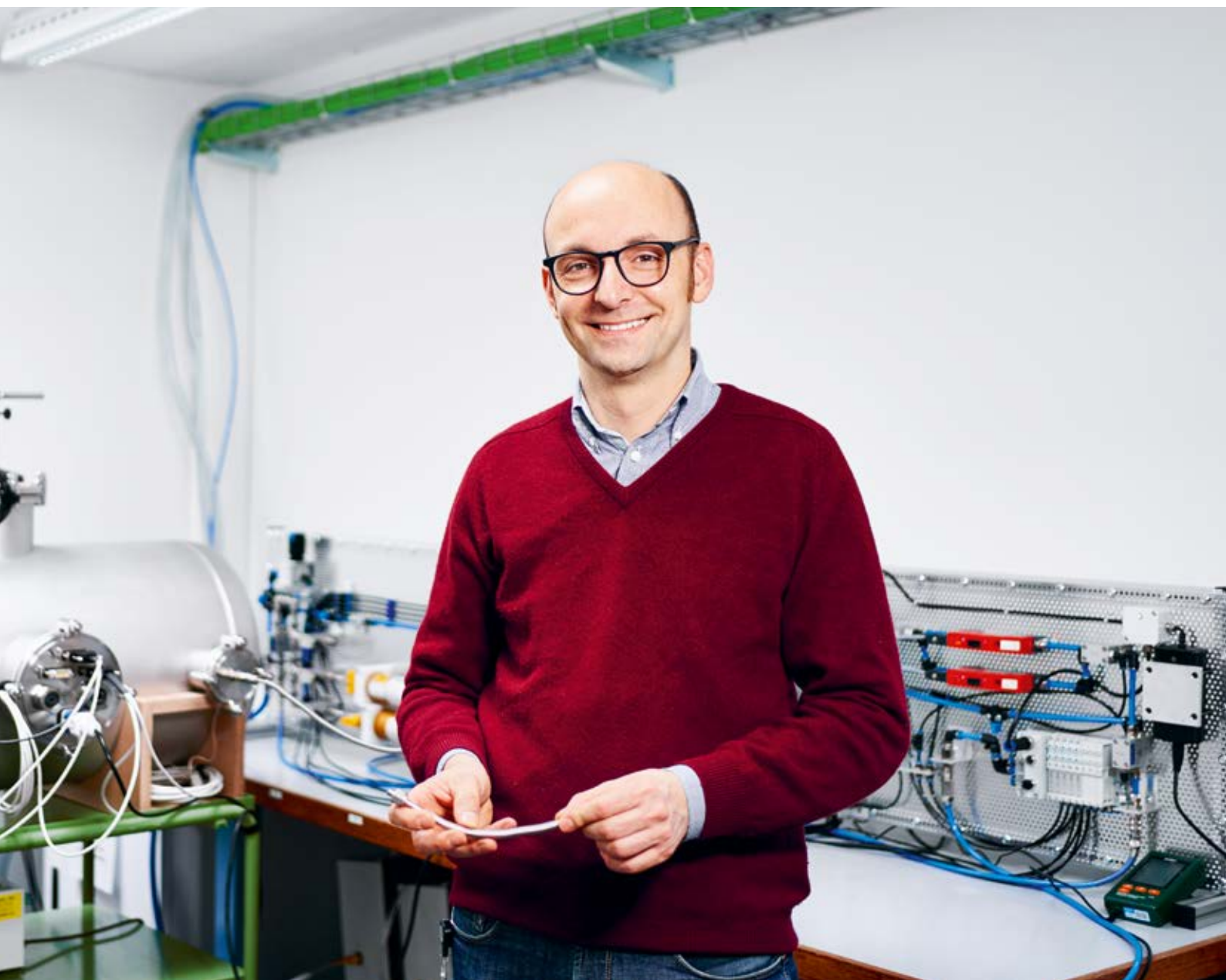
Le radon est un gaz noble radioactif, incolore, inodore et sans goût. Il est engendré par la désintégration des métaux lourds initialement radioactifs, qui se trouvent dans la terre. Le radon peut s'infiltrer dans les bâtiments par le sous-sol sous l'effet de processus géologiques. Malgré sa courte demi-vie de 3,8 jours seulement, il peut s'accumuler dans les bâtiments, en particulier dans les pièces fermées ou mal aérées. On estime que le radon est la cause de 3 % à 14 % de tous les cas de cancer du poumon, en fonction de la concentration moyenne de radon dans un pays. En Europe, ces pourcentages correspondent à quelque 15 000 à 20 000 individus qui décèdent chaque année de cancer du poumon suite à une exposition au radon.

Début 2018, en Suisse, le seuil de concentration en radon de 1000 becquerels par mètre cube ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) a été remplacé par une valeur de référence de 300  $\text{Bq}/\text{m}^3$  pour la concentration de l'activité du radon en moyenne par année dans les pièces où les personnes séjournent régulièrement plusieurs heures par jour. En Suisse, les instruments de mesure utilisés pour les mesures officielles du radon dans les locaux d'habitation et de séjour sont réglés par la loi et doivent être soumis périodiquement à une vérification ultérieure et à une intercomparaison.

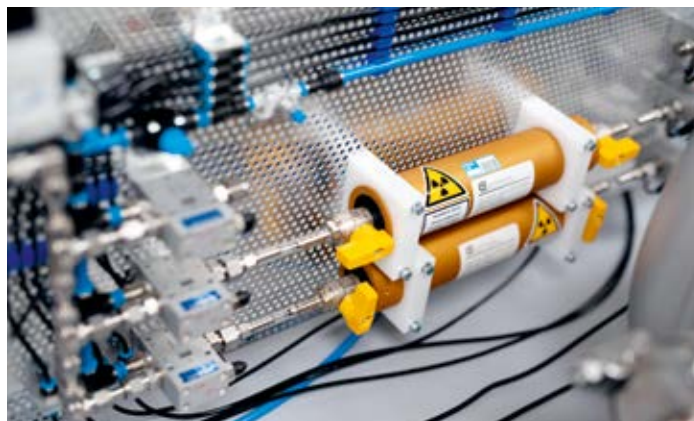
## **Nouvelle méthode d'étalonnage pour les instruments de mesure du radon**

METAS a développé une méthode d'étalonnage améliorée pour les instruments de mesure du radon, dans le cadre du projet MetroRADON d'EMPIR, afin que la concentration en radon puisse également être évaluée de manière fiable pour la nouvelle valeur de référence en vigueur. Cette méthode utilise, comme sources de radon, des références dites étalons d'émanation, qui font émettre de l'air chargé de radon. Cette méthode permet de régler la concentration d'activité du radon traçable sur le plan métrologique dans le gaz porteur par la modification de la quantité d'air, qui traverse la source





par unité de temps et qui est transportée dans le volume de mesure. Ainsi, les instruments de mesure du radon, qui se trouvent en volume de mesure, peuvent être étalonnés pour les diverses valeurs de concentration d'activité du radon. La nouvelle place de mesure du radon est déjà en service pour la vérification et l'étalonnage d'instruments de mesure du radon et pour la mesure comparative des dosimètres à radon passifs.



Étalonnage d'instruments de mesure du radon.

# La métrologie au service du développement de produits : projets de coopération avec l'industrie

*METAS est soutenu par Innosuisse en tant que partenaire de recherche. Ainsi, les entreprises peuvent utiliser ses compétences en recherche et développement pour leurs innovations et développements. De plus, elles peuvent réaliser, en collaboration avec METAS, des projets de recherche et de développement appliqués.*

Le savoir technico-scientifique élaboré à METAS est utilisable pour l'industrie, non seulement sous forme de prestations d'étalonnage et de mesure, mais aussi directement pour le développement de produits et de processus. METAS est un partenaire de coopération intéressant dans différents domaines. Depuis 2013, quatorze projets ont été approuvés par Innosuisse (auparavant CTI).

## **Signaux de référence pour radars météorologiques**

Les radars météorologiques sont en service dans le monde entier afin de prévoir les précipitations et d'alerter la population en cas d'événements climatiques extrêmes. Ces alertes sont fiables dès lors que les mesures par radar sous-jacentes sont exactes. Malheureusement, l'étalonnage des radars est complexe et il n'existe, jusqu'à présent, aucune méthode élaborée à cet effet. En outre, les services météorologiques dépendent souvent du fabricant des instruments pour le contrôle et le réglage de leurs systèmes. Les étalons de qualité pour les radars météorologiques font en grande partie défaut, bien que l'Organisation météorologique mondiale (OMM) s'engage fermement pour qu'ils soient définis. Un simulateur de cibles radar a été développé afin de permettre un meilleur étalonnage des radars météorologiques. Cet instrument génère une cible artificielle et bien définie sur la base d'un signal radar entrant, qui peut être utilisée comme étalon de référence.

En 2017, la Palindrome Remote Sensing SARL a été fondée à Landquart, dans le but de développer davantage la technologie relative au simulateur de cibles radar, la commercialiser et offrir un service d'étalonnage hautement professionnel pour les radars météorologiques. Un projet financé par Innosuisse en collaboration avec l'Interstaatliche Hochschule für Technik de Buchs (NTB) et METAS

devrait contribuer à la concrétisation de l'idée commerciale de cette jeune entreprise. Le projet avait pour but de développer un générateur de cibles radar d'extrême exactitude et de réunir toutes les connaissances nécessaires en matière de logiciels et de hardwares pour pouvoir obtenir, à l'avenir, des services d'étalonnage de radars auprès d'un seul et même fournisseur.

## **Assurer la traçabilité des résultats de mesure**

METAS a eu pour tâche de développer une méthode d'étalonnage pour ce nouveau simulateur de cibles radar et d'assurer la traçabilité des résultats de mesure aux unités du SI. De plus, METAS a effectué





des mesures complètes pour l'ensemble du système, ainsi que pour les composants individuels. La courte durée des signaux d'impulsion, à savoir de quelques microsecondes, a été l'un des plus grands défis à relever. En effet, cette durée laissait peu de temps pour permettre une détermination fiable de l'amplitude du signal et, surtout la phase du signal. Le problème a été résolu grâce à la réalisation d'une infrastructure de mesure permettant la mesure simultanée des impulsions incidentes et réfléchies. Le système possède une propriété importante : sa sensibilité aux facteurs environnementaux. L'influence de la température et de l'humidité des mesurands pertinents a été déterminée dans une chambre climatisée.



Mesures effectuées dans le laboratoire Compatibilité électromagnétique.

# La métrologie pour le secteur économique : mesurer des structures sous-jacentes au moyen de la tomographie à rayons X.

*Les prestations de METAS permettent à des entreprises issues de divers secteurs économiques d'effectuer des mesures correctes et fiables. Ces entreprises peuvent donc proposer des produits qui satisfont aux exigences qualitatives. C'est le cas, par exemple, des mesures des petits composants de précision.*

METAS fournit au secteur économique et à l'administration de nombreuses prestations d'étalonnage, de mesure et d'essai. En 2019, quelque 4500 certificats d'étalonnage ont de nouveau été émis. La clientèle provient en majorité de l'industrie des machines ainsi que de l'industrie électrique et métallurgique, de même que d'entreprises de technique médicale et de communication.

## **Tomographie à rayons X**

La tomographie à rayons X est une procédure non destructive, qui permet de reproduire la structure tridimensionnelle complète des échantillons examinés. Au départ, cette procédure était utilisée pour les essais de matériaux. Ces dernières années, elle a été le plus souvent utilisée pour les mesurages. La méthode peut notamment servir à mesurer les petits composants de précision, dont les caractéristiques sont trop petites ou non accessibles aux mesures tactiles. Il s'agit typiquement des composants des montres, des poinçons de précision, des connecteurs ou des objets de référence destinés à valider les instruments de tomographie.

Il y a cinq ans, METAS a commencé à développer des compétences en tomographie à rayons X dimensionnelle. METAS a notamment développé et mis en service un système de tomographie d'une extrême exactitude: METAS-CT. METAS fait également de la recherche dans le domaine de la tomographie à rayons X dimensionnelle pour améliorer ce système et pour développer des procédures appropriées à l'évaluation de l'incertitude de mesure. METAS effectue cette recherche dans le cadre de la collaboration européenne. Elle sert notamment à déterminer de manière plus exacte

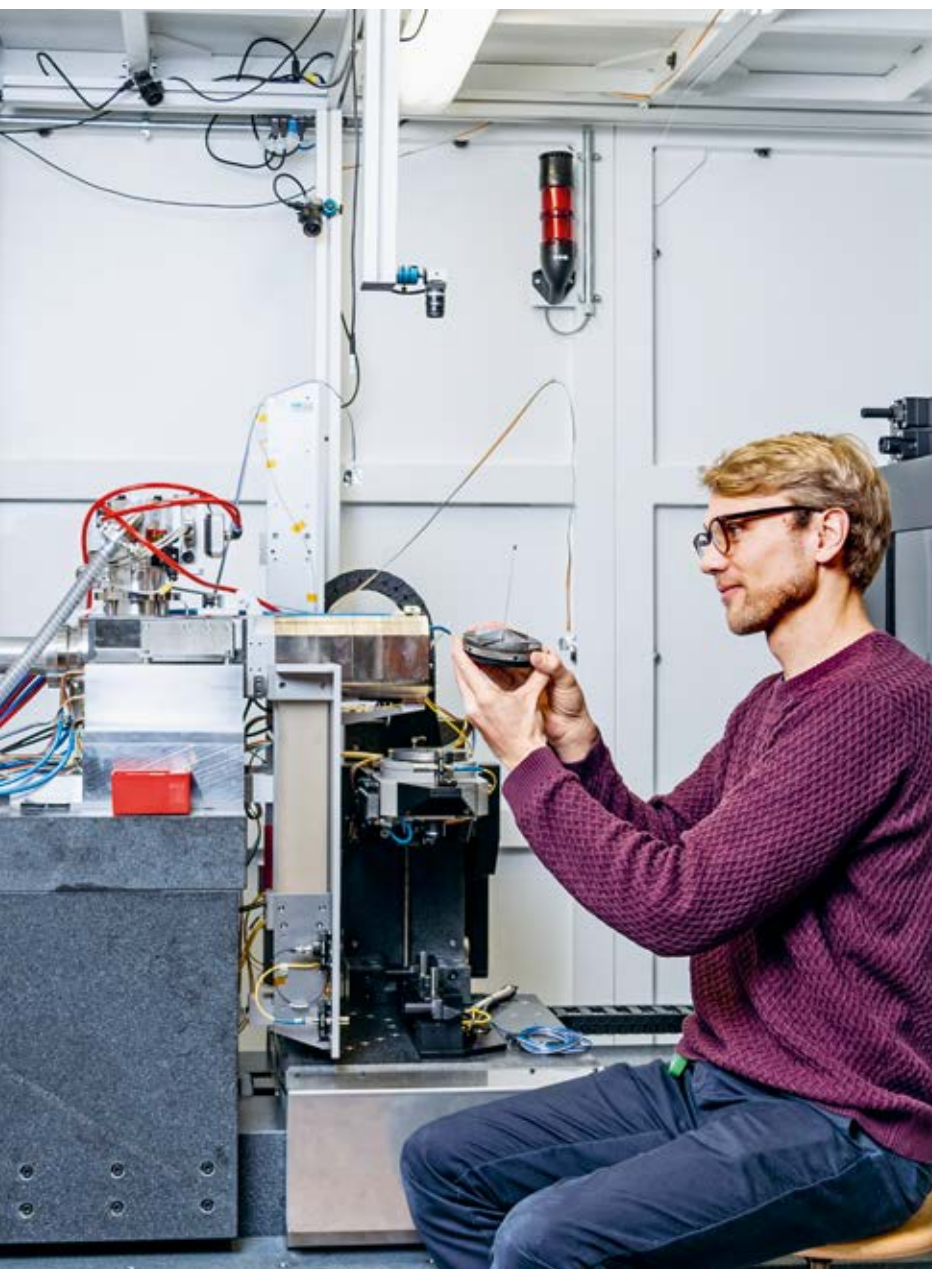
les possibilités et les limites de cette technologie performante, à promouvoir la normalisation et à permettre ainsi de renforcer la confiance en cette technologie performante. On étudie également la manière dont les possibilités de mesure pour les pièces métalliques issues de la fabrication additive (également connue sous le nom d'impression 3D) sont mises en œuvre.

## **Composants en filigrane de l'industrie horlogère**

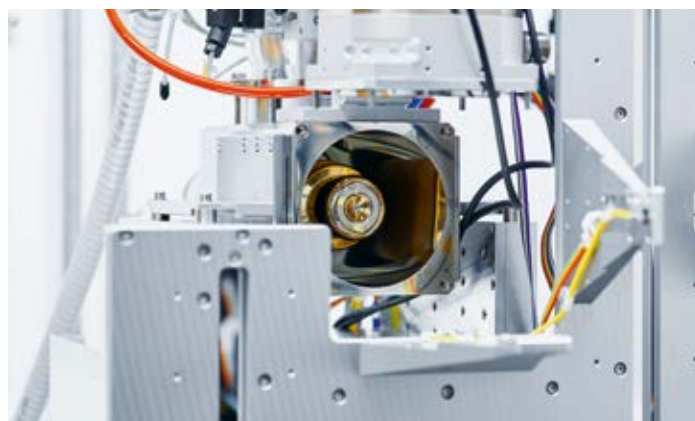
L'introduction de nouveaux procédés de fabrication pour les petits composants de précision en verre dans l'industrie horlogère est un exemple d'application de cette méthode de mesure. L'Association







Suisse pour la Recherche Horlogère (ASRH) a consulté METAS et mis des échantillons d'essai à sa disposition, afin d'évaluer les possibilités de mesure de ces structures fines. Le METAS-CT a permis de mesurer toutes les caractéristiques des pièces de verre en filigrane dans leur entier avec des incertitudes de mesure de près d'un millièmètre, ce qui n'aurait pas été envisageable avec une procédure traditionnelle.



Mesurer des pièces minuscules avec une extrême exactitude.

# Faire découvrir la métrologie : journée portes ouvertes à METAS

*Le dernier samedi du mois de mai, METAS a ouvert ses portes au public. Les visiteurs ont pu avoir un aperçu des tâches et des activités de METAS et se familiariser avec les installations de mesure et les procédures de mesure. Par ailleurs, ils ont pu obtenir des informations sur la révision du Système international d'unités (SI). La journée portes ouvertes a connu une bonne affluence et a été une réussite.*

Près de 1600 personnes ont saisi l'occasion de visiter METAS le samedi 25 mai 2019 et d'avoir un aperçu des tâches, des activités et des installations de METAS. La veille, c'est la clientèle de METAS qui a pu le visiter dans le cadre d'une journée spéciale dédiée à la clientèle.

## **Aperçus des laboratoires, expériences, conférences...**

La journée portes ouvertes a été organisée à l'occasion de la révision du Système international d'unités (SI). Cette révision a consisté en la redéfinition de plusieurs unités de mesure, comme le kilogramme ou l'ampère. Elle est entrée en vigueur le 20 mai 2019. Des conférences et des informations au sujet du SI et des unités de mesure ont été proposées lors de la journée portes ouvertes. Les visiteurs ont notamment eu la possibilité de se familiariser avec les tâches et les activités de METAS et de découvrir des infrastructures spécifiques, comme la chambre anéchoïque ou l'imposante machine de force.

Un parcours le long des bâtiments de METAS conduisait à de nombreux laboratoires et installations. Au fil de diverses stations, les visiteurs ont pu s'informer sur les activités d'un laboratoire, découvrir une installation de mesure spéciale ou obtenir des explications sur une procédure de mesure ou une technologie. Les enfants et les jeunes d'esprit ont pu expérimenter des choses par eux-mêmes. Par exemple, à une station, il fallait parcourir une distance à trottinette si possible à vitesse constante. La mesure de cette vitesse permettait de contrôler si le défi avait été relevé.

METAS n'a pas pu ouvrir tous les laboratoires, ni toutes les installations de mesure au public. Toutefois, certains laboratoires ont pu faire l'objet de

visites guidées en petits groupes. Ces visites ayant rapidement été complètes, des visites supplémentaires ont été organisées dans la mesure du possible. Le matériel d'information était disponible en français et en allemand. Les visites guidées et les conférences ont également été proposées dans ces deux langues.

## **Engagement perceptible des collaborateurs pour leur travail**

La journée portes ouvertes a connu une bonne fréquentation dès le début. Les visiteurs ont pu choisir à leur guise parmi la multitude d'informations et de possibilités de visites. Quelle que soit la durée de leur passage à METAS, les visiteurs se sont montrés





satisfaits et ont souvent été fort enthousiastes. Ils ont été non seulement ravis par les thèmes, activités, laboratoires et installations, mais également par l'engagement des collaborateurs de METAS pour leur activité, qui était perceptible partout. Les compétences technico-scientifiques disponibles à METAS ont également impressionné le public. Une visiteuse a déclaré en toute spontanéité en sortant de METAS: «C'est incroyable la quantité de savoir-faire qu'il y a chez vous.»



Visiteurs à METAS.

# Mesurer pour la mobilité future : vérification des stations de remplissage d'hydrogène

*Outre les véhicules appropriés, des stations d'essence adéquates sont également nécessaires pour l'utilisation de l'hydrogène comme carburant. METAS a développé une installation destinée à contrôler ou à vérifier les stations de remplissage d'hydrogène.*

L'hydrogène pourrait jouer un rôle important dans le fonctionnement des véhicules électriques ne dégageant aucune émission, à l'exception de la vapeur d'eau. Les véhicules fonctionnant à l'hydrogène présentent une grande portée et peuvent être rapidement alimentés. En outre, l'hydrogène offre un autre avantage : une installation d'hydrogène est également adaptée au stockage de l'énergie électrique excédentaire. L'eau peut être divisée en ses composants, l'oxygène et l'hydrogène, au moyen de l'énergie électrique (électrolyse). Une installation d'électrolyse peut faire partie intégrante d'une station de remplissage d'hydrogène, ce qui permet de produire du gaz combustible directement sur place.

## **Nombreux facteurs déterminants**

Des stations d'essence adéquates sont nécessaires afin de pouvoir exploiter davantage l'hydrogène comme carburant pour véhicules. Il faut également assurer qu'elles effectuent des mesures fiables. METAS a développé une installation de mesure de référence mobile pour pouvoir contrôler et vérifier de manière traçable les stations de remplissage d'hydrogène. Elle fonctionne par pesée.

Cette installation dispose de deux réservoirs sous pression en fibres de carbone, qui peuvent être alimentés. Le poids de l'hydrogène prélevé est déterminé au moyen d'une balance d'une extrême exactitude avant et après le ravitaillement. Puis, ce poids est comparé au chiffre affiché sur le compteur. Bien que ce principe soit simple, le développement d'une telle installation n'a rien d'aisé. En effet, il faut soit exclure, soit prendre en compte et définir tout un éventail de facteurs déterminants, dont, par exemple, la formation de glace sur les conduites durant le ravitaillement. L'hydrogène doit être pré-refroidi à  $-40^{\circ}\text{C}$  pour permettre un ravitaillement rapide. La pression et la température changent dans les réservoirs durant le ravitaillement, ce qui peut modifier le volume et, ainsi, la poussée

d'Archimède. D'autres influences comme le vent ou les courants d'air provoqués par les changements de température en surface peuvent avoir un impact sur les parties de l'installation.

## **Prévention des explosions**

L'hydrogène couplé à l'oxygène constitue, dans certaines proportions, un gaz très explosif. Comme il faut à tout prix éviter une explosion, on a effectué une évaluation approfondie des risques et une planification des zones à risque d'explosion avec l'aide de la Suva. De plus, la sécurité de l'installation de mesure a été complètement certifiée par un organisme reconnu (certification ATEX).





Des essais effectués auprès d'une station de remplissage d'hydrogène de l'EMPA ont montré que l'installation fonctionne bien. Toutefois, les mesures effectuées sur place avec cette installation de mesure prennent beaucoup de temps et le transport est exigeant. Le développement d'un «coffret de mesure» pourrait être une solution de procédure simplifiée. Ce «coffret de mesure» contiendrait une mesure de référence de transfert (un débitmètre). Il serait étalonné à METAS sur l'installation de mesure et pourrait être interposé entre la pompe à carburant et le véhicule lors du ravitaillement de ce dernier à une station d'essence.



Installation de mesure destinée à la vérification des stations de remplissage d'hydrogène.

# Réglementation en métrologie : législation en vigueur

*Les dispositions légales relatives au domaine de compétence de METAS concernent non seulement les instruments de mesure, mais également les déclarations de quantité dans la vente en vrac et sur les préemballages (marchandises préemballées). En 2019, le Conseil fédéral et le DFJP ont décidé de réviser des ordonnances préparées par METAS.*

La participation à la préparation de textes législatifs du domaine de la métrologie fait partie des tâches légales de METAS. En 2019, le Conseil fédéral et le Département fédéral de justice et police (DFJP) ont décidé de réviser les dispositions relatives aux mesures des effluents des chauffages au bois ainsi que les ordonnances sur les déclarations de quantité.

## **Effluents des chauffages au bois**

Une des ordonnances qui a été modifiée en 2019 est l'ordonnance du DFJP sur les instruments de mesure des effluents par les installations de chauffage. Elle a été complétée par de nouvelles dispositions relatives aux mesures des effluents de petits chauffages au bois tels que les chaudières, les cheminées et les poêles. Cette révision a été motivée par une modification de l'ordonnance sur la protection de l'air qui vise notamment à réduire les émissions de poussières fines provenant de petits chauffages au bois.

## **Déclarations de quantité**

Selon la loi fédérale sur la métrologie, le Conseil fédéral règle le contenu et la forme de la déclaration de quantité des marchandises mesurables offertes au consommateur. METAS prépare de telles prescriptions. Celles-ci figurent dans les ordonnances sur les déclarations de quantité du Conseil fédéral et du DFJP qui sont entrées en vigueur en 2013. Ces deux ordonnances ont fait leurs preuves depuis lors et ne nécessitent pas de modification fondamentale. Toutefois, après quelques années d'application de ces ordonnances, certaines améliorations et actualisations ponctuelles ont semblé appropriées. La modification la plus importante est la réglementation d'une nouvelle procédure de contrôle du contenu des préemballages. En outre, la révision de ces deux ordonnances comprend des éclaircissements et des actualisations concernant différentes questions de détail.

## **Nouvelle procédure de contrôle statistique**

Une grande partie des marchandises offertes dans les commerces de détail sont préemballées. Ces marchandises sont appelées « préemballages ». L'ordonnance sur les déclarations de quantité du Conseil fédéral réglemente l'écart toléré entre le contenu effectif des préemballages et la quantité nominale déclarée sur ces préemballages (écart toléré en moins). En raison de la quantité de préemballages, ces prescriptions revêtent une importance considérable dans la pratique. Les offices de vérification cantonaux contrôlent par échantillonnage si ces prescriptions sont respectées. À cette fin, il faut une procédure de contrôle qui fixe en





détail la manière dont le contrôle doit être effectué. Auparavant, la procédure utilisée était celle qui avait été reprise d'anciennes prescriptions suisses et qui était fixée dans l'ordonnance sur les déclarations de quantité. Ces dispositions ont été révisées. La procédure de l'Union européenne, largement répandue, a été reprise pour la catégorie la plus importante de préemballages. Les nouvelles dispositions sont entrées en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2020.

Afin de mettre en œuvre ces nouveautés, METAS a adapté ses directives relatives aux ordonnances sur les déclarations de quantité. L'Institut a en outre offert des formations aux offices de vérification cantonaux.



Mesure des effluents des chauffages au bois.

# Permettre les mesures : les collaborateurs sont déterminants

*METAS est un lieu de travail attrayant, comme en témoignent le faible taux de rotation du personnel et les résultats de l'enquête menée auprès de ses collaborateurs. METAS a en outre organisé une enquête de satisfaction auprès de sa clientèle. Celle-ci s'avère globalement très satisfaite de ses prestations.*

METAS dépend de collaborateurs compétents qui s'investissent dans leur travail afin de pouvoir fournir des prestations à la satisfaction de sa clientèle. METAS tient donc à être un employeur et un site de formation attrayant. L'engagement, la satisfaction et la motivation des collaborateurs sont les clés du succès d'une entreprise, comme l'ont aussi montré les résultats de l'enquête de METAS auprès de sa clientèle.

## **Des collaborateurs appréciés**

En été 2019, METAS a organisé une enquête de satisfaction auprès de sa clientèle suisse. Cette enquête était inspirée de celles menées en 2012 et en 2015 afin que la comparabilité des résultats soit garantie. Les questions ont toutefois été remaniées au niveau du contenu pour que l'enquête soit plus concise. Une entreprise externe et indépendante a réalisé l'enquête et évalué ses résultats. Le taux de réponse a atteint 15 %, ce qui est significatif sur le plan statistique. La satisfaction générale des clients relative aux prestations de METAS se situe à un très haut niveau. Elle a même légèrement augmenté par rapport à celle exprimée lors de la dernière enquête. METAS a demandé pour la première fois à sa clientèle si elle pouvait le recommander à d'autres personnes. Cet aspect a été bien noté, ce qui va de pair avec la satisfaction générale. Le niveau de satisfaction des clients par rapport aux collaborateurs est très élevé : ces derniers représentent l'aspect qualitatif le mieux noté de METAS, comme c'était le cas les années précédentes.

## **Grande satisfaction au travail**

L'enquête auprès des collaborateurs a été réalisée au mois de mai 2019 par une entreprise externe et indépendante. Elle était étroitement inspirée de l'enquête menée par l'administration fédérale. Le



taux de réponse était réjouissant car il se situait à 84 %. Les résultats de l'enquête montrent que le personnel de METAS est très satisfait. Certaines valeurs ont légèrement diminué par rapport à celles de l'enquête de 2015, mais elles se situent au-dessus de celles de l'administration fédérale et des valeurs de référence atteintes par des tiers. Des changements positifs ont été observés en ce qui concerne les informations destinées au personnel et l'échange de connaissances et d'expériences, à savoir deux domaines dans lesquels des mesures ont été prises après l'enquête de 2015.





La collaboration au sein des équipes a été bien notée par le personnel.

La marge de manœuvre et les mesures de développement sont les plus grandes forces de METAS. Le niveau de satisfaction des collaborateurs est également très élevé en ce qui concerne la collaboration au sein des équipes et la possibilité de concilier travail et vie privée. Au vu des résultats de l'enquête, aucune mesure urgente ne s'impose. METAS a toutefois examiné certains domaines afin de voir s'il existait un potentiel d'amélioration. Le vrai défi consiste à maintenir ces très bons résultats également à l'avenir.

#### **METAS en tant que site de formation**

METAS s'engage à former de futurs professionnels. L'Institut propose diverses formations professionnelles dans les domaines technico-scientifiques (laborantin/e en physique, laborantin/e en chimie, polymécanicien/ne, électronicien/ne, informaticien/ne, médiamaticien/ne), des stages MP pour employés de commerce ainsi que de nombreux stages destinés aux diplômés de hautes écoles.

# Finances

*METAS boucle son exercice 2019 avec un bénéfice de 1,6 millions de francs. Les charges se sont élevées à 51,1 millions de francs et les revenus (y compris les indemnités) ont atteint 52,7 millions de francs.*

Les comptes de METAS sont établis conformément aux normes comptables internationales pour le secteur public (*International Public Sector Accounting Standards, IPSAS*).

## Bilan

| (en milliers de CHF)                                  | 31.12.2019     | 31.12.2018    |
|---|----------------|---------------|
| <b>Actifs</b>   |                |               |
| Liquidités  | 22 373         | 20 202        |
| Créances résultant de prestations                     | 4 196          | 3 000         |
| Créances résultant de projets de recherche            | 2 702          | 2 778         |
| Autres créances                                       | 268            | 110           |
| Comptes de régularisation d'actifs                    | 1 115          | 811           |
| <b>Actif circulant</b>                                | <b>30 654</b>  | <b>26 901</b> |
| Immobilisations corporelles                           | 19 964         | 20 923        |
| Immobilisations incorporelles                         | 2 002          | 2 336         |
| <b>Actif immobilisé</b>                               | <b>21 966</b>  | <b>23 259</b> |
| <b>Total de l'actif</b>                               | <b>52 620</b>  | <b>50 160</b> |
| <b>Passifs</b>  |                |               |
| Engagements résultant de livraisons et de prestations | 911            | 1 322         |
| Engagements résultant de projets de recherche         | 4 009          | 3 930         |
| Autres engagements                                    | 1 381          | 1 466         |
| Comptes de régularisation de passifs                  | 304            | 155           |
| Provisions à court terme                              | 1 230          | 1 098         |
| <b>Capitaux de tiers à court terme</b>                | <b>7 835</b>   | <b>7 971</b>  |
| Provisions pour engagements de prévoyance             | 57 002         | 49 580        |
| Provisions pour primes de fidélité                    | 1 637          | 1 467         |
| <b>Capitaux de tiers à long terme</b>                 | <b>58 659</b>  | <b>51 047</b> |
| Perte résultant du bilan                              | -12 934        | -17 235       |
| Pertes / bénéfices actuariel(le)s cumulé(e)s          | -5 974         | 663           |
| Réserves pour actif immobilisé                        | 3 413          | 3 413         |
| Bénéfice  | 1 621          | 4 301         |
| <b>Capitaux propres</b>                               | <b>-13 874</b> | <b>-8 858</b> |
| <b>Total du passif</b>                                | <b>52 620</b>  | <b>50 160</b> |

**Compte de résultat**

| (en milliers de CHF)   | 2019<br>1.1.2019–31.12.2019 | 2018<br>1.1.2018–31.12.2018 |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Produits nets</b>   | <b>52 722</b>               | <b>51 295</b>               |
| <b>Bénéfices provenant de la vente de l'actif immobilisé</b>   | <b>14</b>                   | <b>13</b>                   |
| <b>Charges de biens et services et de prestations de tiers</b> | <b>–587</b>                 | <b>–685</b>                 |
| Charges de personnel   | –34 694                     | –31 699                     |
| Autres charges d'exploitation                                  | –11 632                     | –10 993                     |
| Amortissements   | –3 958                      | –3 575                      |
| <b>Charges d'exploitation</b>                                  | <b>–50 284</b>              | <b>–46 267</b>              |
| Revenus financiers   | 6                           | 61                          |
| Charges financières  | –76                         | –106                        |
| <b>Résultat financier</b>                                      | <b>–70</b>                  | <b>–45</b>                  |
| Charges d'impôts différés                                      | –174                        | –10                         |
| <b>Bénéfice</b>  | <b>1 621</b>                | <b>4 301</b>                |

Durant l'année sous revue, METAS a pu autofinancer ses activités à hauteur de 55,7 % (58,1 % l'année précédente). Ce taux d'autofinancement est dû aux émoluments, aux indemnités pour la prise en charge d'autres tâches et aux fonds de tiers.

L'organe de révision a confirmé sans réserve la régularité de la tenue des comptes.

Les comptes annuels détaillés, conformes aux normes IPSAS, peuvent être consultés sur le site Internet de METAS ou commandés auprès de METAS.

# Informer sur la métrologie : publications et exposés de METAS

*L'activité de recherche et développement se reflète à travers des publications et des exposés rédigés ou donnés par les chercheurs de METAS.*

En 2019, les collaborateurs de METAS ont présenté les résultats de leurs travaux de recherche et développement au cours de colloques, de conférences et dans des publications scientifiques. Ils ont œuvré au sein d'organisations ou d'organes spécialisés sur le plan national et international, où ils ont apporté leur savoir-faire et leur expérience. Ils ont contribué à la renommée de la métrologie auprès du grand public, au-delà du cercle restreint des initiés et ont participé à des cours dispensés aux étudiants des hautes écoles.

Un aperçu des principales publications rédigées par des collaborateurs de METAS et des exposés qu'ils ont tenus se trouve à la fin de ce chapitre. En 2019, plusieurs exposés et différents cours spécialisés ont eu lieu à METAS. L'Institut a notamment proposé un cours sur les principes de base en incertitude de mesure ainsi que sur les techniques de mesure de longueur.

## Brochure relative au Système international d'unités (SI)

En 2019, deux numéros de la revue spécialisée en métrologie METinfo sont parus, dont METAS est l'éditeur et dont les articles sont en règle générale rédigés par des collaborateurs de METAS. Plusieurs articles de METinfo ont été repris par des revues spécialisées dans divers domaines.

METAS a publié une brochure à l'occasion de l'entrée en vigueur de la révision du Système international d'unités (SI) : « Nos unités de mesure. Le Système international d'unités SI. » Cette brochure est destinée à un large public de non-initiés, qui souhaite en découvrir davantage sur le Système international d'unités et sur la signification de la métrologie.

## Aperçu des laboratoires

Comme les années précédentes, METAS a participé au programme « Filles et métiers de la technique » durant la journée nationale « Futur en tous genres », qui a eu lieu le 9 novembre 2019. METAS a proposé à un groupe de jeunes filles un aperçu de ses tâches et de ses activités au sein de ses laboratoires.

En raison de la journée portes ouvertes, METAS a pu organiser un peu moins de visites de groupe que d'habitude. Vingt groupes comptant au total plus de 500 participants ont eu l'occasion d'avoir un aperçu concret des laboratoires et du développement des installations de mesure. Ces visites permettent aux visiteurs de voir et d'approcher les tâches et les activités de METAS.

## Publications et exposés

La liste ci-après est un aperçu des principales publications rédigées par des collaborateurs de METAS ainsi que des exposés qu'ils ont tenus. Les noms des collaborateurs de METAS sont écrits en caractères gras dans la liste des auteurs.

### Publications

A. Schavkan, (...), **G. Baur, K. Vasilatou** et al.: *Number Concentration of Gold Nanoparticles in Suspension: SAXS and spICPMS as Traceable Methods Compared to Laboratory Methods*. *Nanomaterials* 2019, 9, 502, 20 pp.

**B. Bircher, F. Meli, A. Küng, R. Thalmann**: *CT geometry determination using individual radiographs of calibrated multi-sphere standards*. 9th Conference on Industrial Computed Tomography, Padova, Italy (iCT 2019) 7 pp.

**B. Bircher, F. Meli, A. Küng, R. Thalmann**: *CT machine geometry changes under thermal load*. 9th Conference on Industrial Computed Tomography, Padova, Italy (iCT 2019) 5 pp.

**A. Bossen, M. Trösch, A. Küng, F. Meli**: *Long range wire based yaw and straightness measuring system for a 50 m bench*. euspen's 19th International Conference & Exhibition, Bilbao, ES, June 2019. p. 300.

D. Amaripadath, (...), **J.-P. Braun** et al.: *Design of versatile waveform platform for supraharmic testing*

*and calibration*. 25th International Conference on Electricity Distribution, Paper n° 647.

D. Amaripadath, (...), **J.-P. Braun** et al.: 2019 54th Int. Universities Power Engineering Conference, UPEC 2019 – Proceedings 8893632.

S.M. Blair, (...), **J.-P. Braun**: *IEEE Access* 7, 8665864, pp. 48689-48698.

G. Frigo, (...), **J.-P. Braun** et al.: *Characterization of uncertainty contributions in a high-accuracy PMU validation system*. *Measurement Journal of International Measurement Confederation* 146, pp. 72-86.

**D. Corminboeuf**: *Calibration of the absolute linearity of lock-in amplifiers*. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 68, 2060-2065.

**J. Hoffmann, P. Huerlimann, M. Wollensack, J. Ruefenacht, M. Zeier**: *S-Parameter Definition for Adapters with a Dielectrically Loaded Connector*. 93<sup>rd</sup> ARFTG Microwave Measurement Symposium, Conference Digest, 2019.

**S. Horender, K. Auderset, K. Vasilatou**: *Facility for calibration of optical and condensation particle counters based on a turbulent aerosol mixing tube and a reference optical particle counter*. *Review of Scientific Instruments*. 90/ 075111 (2019) 11 pp.

**A. Jallageas** (...) **J. Morel** and U. Keller: *Calibration of high-accuracy spectrometers using stabilized 11-GHz femtosecond semiconductor laser*. *Optics Express* 27 (2019) 37552, 7 pp.

**B. Jeckelmann, F. Piquemal**: *The Elementary Charge for the Definition and Realization of the Ampere*. *Annalen der Physik* 531/5 (2019) 10 pp.

C. Kessler, D.T. Burns, P. Roger, **C. Kottler, S. Vörös, P. Peier**: *Comparison of the standards for absorbed dose to water of the METAS, Switzerland and the BIPM in accelerator photon beams*. *Metrologia* 56/1A, 15 pp.

**A. Kazemipour, M. Wollensack, J. Hoffmann, J. Ruefenacht, M. Zeier**: *THz Detector Calibration Based on Microwave Power Standards*, UCMMT 2019, Conference Digest.

**A. Kazemipour, M. Wollensack, J. Hoffmann, J. Ruefenacht, G. Gaeumann, M. Zeier, S.-K. Yee, M. Hudlicka**: *Material Parameter Extraction in THz Domain, Simplifications and Sensitivity Analysis*. 2019 Asia-Pacific Microwave Conference, Conference Digest, 2019.

**T. Le Quang, D. Vasyukov, J. Hoffmann, A. Buchter, M. Zeier**: *Fabrication and Measurements of Inductive Devices for Scanning Microwave Microscopes*. *IEEE-Nano, Conference Digest*, 2019.

O. Aseev, (...), **B. Niederhauser, L. Emmenegger**: *High-precision ethanol measurement by mid-IR laser absorption spectroscopy for metrological applications*. *Optics Express* 27/4 (2019), 12pp.

P. Gournay, (...), **F. Overney** et al.: *Comparison CCEM-K4.2017 of 10 pF and 100 pF capacitance standards*. *Metrologia* 56, 01001-01001.

M. Delaval, D. Egli, **P. Schüpfer** et al.: *Novel instrument to generate representative e-cigarette vapors for physicochemical particle characterization and in-vitro toxicity*. *Journal of Aerosol Science* 129 (2019), pp. 40-52.

**E. Tas, F. Pythoud, D. Zhao:** *The Consequences of Missing Specification for Coupling-Decoupling Networks.* Proc. of the 2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC EUROPE 2019, Barcelona Spain, September 2-6 2019.

**K. Vasilatou et al.:** Chapter 3.1.3 *Electrospray-differential mobility analysis (ES-DMA).* In: *Characterization of Nanoparticles: Measurement Processes for Nanoparticles.* Amsterdam, p. 97–116.

#### Contributions à des conférences et des exposés

**M. Agustoni:** *The METAS IEC 61850-9-2 Test Bench.* (Poster) AMPS Applied Measurements for Power Systems, Aachen, 27.9.2019.

**M.-O. André:** *Electrical standards based on quantum effects.* Summer School of Metrology, BIPM-SIF, Varenna, 4.7.2019.

**M.-O. André:** *Applying electrical standards in real-life applications.* Summer School of Metrology, BIPM-SIF, Varenna, 5.7.2019.

**H. Andres:** *Support for EURAMET DIs – Practical aspects.* 2019 Workshop for incoming TC-chairs. Braunschweig, 29.8.2019.

**H. Andres:** *Messunsicherheit & Konformitätsbewertung Atemalkoholmessmittel.* ZHAW, Wädenswil, 26.11.2019.

**F. Assi/U. Schneider:** *Die Rolle des METAS in der Audiometrierverordnung.* SG-ORL, Herbstversammlung 2019, Interlaken, 15.11.2019.

**B. Bircher:** *CT geometry determination using radiographs of multi-sphere standards.* iCT Conference 2019, Padova, 13.2.2019.

**B. Bircher:** *X-ray computed tomography for dimensional metrology. New frontiers for metrology: from biology and chemistry to quantum and data science.* Varenna, 5.7.2019.

**B. Bircher:** *Industrial high-resolution computed. Micro and Nanotomography Symposium: 3D Imaging for Industry.* PSI, Villigen, 7.11.2019.

**H. Bissig:** *Liquid properties effects on Coriolis and thermal mass flow meters at very low flow rates.* Flomeko 2019, Lissabon, 26.6.2019.

**H. Bissig:** *Traceability of pulsed flow rates consisting of constant delivered volumes at given time interval.* Flomeko 2019, Lissabon, 28.6.2019.

**H. Bissig:** *Traceable response time characterization of flow devices with process-oriented liquids.* Microfluidics & Flow Chemistry 2019, San Diego, USA, 9.10.2019.

**H. Bissig:** *Traceable response time characterization of flow devices with process-oriented liquids.* Workshop on dynamic measurements methods for water metering, Villeurbanne, France, 14.11.2019.

**C. Blaser:** *Die Revision des Internationalen Einheitensystems.* Informationstagung 2019 Eichstellen Elektrizität, METAS, 25.6.2019.

**P. Blattner:** *Measurement Methods, Set-ups and Devices.* CIE Tutorial on S 026 – Use and Application of the New Metrology for ipRGC-Influenced Responses to Light, Eindhoven, 14.3.2019.



**P. Blattner:** *Aktuelle Aktivitäten der Internationalen Beleuchtungskommission CIE.* LTG – Kongress 2019, Spielberg, Österreich, 21.5.2019.

**P. Blattner:** *Measurement uncertainty in the context of CIE TC2-67. (Photometry of Lighting and Light-Signalling Devices for Road Vehicles).* CIE TC2-67 Meeting, Webex 5.8.2019.

**P. Blattner:** *Metrics and quantities for horticulture lighting.* International Scientific and Technical Greenhouses Lighting Conference, Moscow, 9.9.2019.

**P. Blattner:** *Current activities of the International Commission on Illumination (CIE).* XVII. Lux et Color, Vesprimiensis, Veszprém, Ungarn, 10.10.2019.

**P. Blattner:** *Danger de la lumière bleue des LEDs – prise de position de la CIE.* SLG Vorabendseminar, Lausanne, 27.11.2019.

**T. Bühlmann:** *SI-traceable F-Gas Standards.* AGAGE Meeting 59, Weggis, 1.5.2019.

**T. Bühlmann:** *SI-traceable Reference Gas Mixtures.* GAW-CH Landesausschuss, Dübendorf, 6.11.2019.

**D. Corminboeuf:** *Calibration of lock-in amplifiers in  $\mu$ V ranges.* DMS, Dresden, 15.5.2019.

**D. Corminboeuf:** *Calibration and applications using inductive voltage dividers.* Messunsicherheit 2019, VDI-Fachtagung, Erfurt, 13.11.2019.

**G. Couvreur, D. Lussi:** *Datensicherheitsprüfungen.* VSE Fachtagung, Olten, 13.3.2019.

**M. N. Ess (...)** and **K. Vasilatou:** *Optical and morphological properties of soot aerosols generated with the novel „miniCAST 5201 BC“ burner.* EAC 2019, Göteborg, 25.8.2019.

**M. de Huu:** *Design of gravimetric primary standards for field testing of hydrogen refuelling stations.* Flomeko 2019, Lissabon, 26.6.2019.

**M. de Huu:** *Introduction to hydrogen flow metering, laboratory calibrations using liquids.* Workshop on hydrogen quality and flow metering for hydrogen fuel cell vehicles, VSL, The Netherlands, 11.9.2019.

**C. Hof:** *Characterization of new LS2P-microphones.* Dresden metrologists summit, 14.5.2019.

**C. Hof:** *Metrologie im Bereich Vibration am METAS.* SPEKTRA-Kalibrierseminar, Dresden, 9.10.2019.

**C. Hof:** *Implementierung der Druckkalibrierung von Laborstandard-Mikrofonen durch die Reziprozitätsmethode am METAS.* SPEKTRA-Kalibrierseminar, Dresden, 10.10.2019.

**C. Hof:** *METAS and its national standards in AUV.* CCAUV, Paris, 26.9.2019.

**J. Hoffmann:** *S-Parameter Measurements in Coaxial Systems.* CCEM RF&MW Workshop, BIPM, Paris, 27.3.2019.

**J. Hoffmann:** *S-Parameter Definition for Adapters with Dielectrically Loaded Connectors.* 93rd ARFTG Microwave Measurement Symposium, Boston, MA, USA, 7.6.2019.

**J. Hoffmann:** *Tips and Calibration of Tips and Calibration of Nearfield Scanning Microscope.* European Microwave Week, MMAMA Workshop, 30.9.2019.

**J. Hoffmann:** *Measurement Uncertainty Training at METAS.* MathMet International Workshop 2019, LNEC, Lisbon, Portugal, 21.11.2019.

**J. Hoffmann:** *Standards and Coaxial Tips for Scanning Microwave Microscopy.* High Frequency Scanning Probe Microscopy Workshop, NIST, Colorado, 13.12.2019.

**S. Horender, M. N. Ess and K. Vasilatou:** *EMPIR-AEROMET: Towards the generation of synthetic ambient aerosols.* EAC 2019, Göteborg, 25.8.2019.

**S. Horender, M. N. Ess and K. Vasilatou:** *Towards the generation of synthetic ambient aerosols for calibration of PM monitors and low cost sensors.* Air Quality: Responding to new challenges, London, 11.12.2019.

**M. Iturrate-Garcia:** *Characterisation of impurities in NO<sub>2</sub> reference gas mixtures using FTIR spectroscopy.* European Geosciences Union (EGU), Wien, 10.4.2019.

**M. Iturrate-Garcia:** *Improving dynamically prepared nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) reference gas mixtures.* GAS Analysis 2019, Den Haag, 18.6.2019.

**M. Iturrate-Garcia:** *“EMN Climate and Ocean Observation”: a coordinated metrology network supporting ECVs and EOVs measurements.* Swiss Geoscience Meeting 2019, Freiburg, 27.11.2019.

- B. Jeanneret:** *Josephson Voltage Standards: the early days and the DC standard.* Metrological Summer School 2019, Kloster Drübeck, Deutschland, 5.8.2019.
- B. Jeanneret:** *Josephson Voltage Standards: state of the art quantum AC sources.* Metrological Summer School 2019, Kloster Drübeck, Deutschland, 6.8.2019.
- B. Jeckelmann:** *A milestone in the evolution of the International System of Units.* PSI Colloquium, Villigen, 14.3.2019.
- B. Jeckelmann:** *Une étape cruciale dans le développement du système international d'unités (SI).* Conférence publique de la Société Valaisanne de Physique, Sion, 12.4.2019.
- B. Jeckelmann:** *Zeitdefinition und moderne Zeitmessung.* 3. Internationales Jost-Bürgi-Symposium, Lichtensteig, 4.5.2019.
- B. Jeckelmann:** *Das revidierte SI: Hintergründe und wichtigste Änderungen.* Weiterbildungsveranstaltung der Deutschschweizerischen Physikkommision, METAS, Wabern, 3.9.2019.
- A. Kazemipour:** *Feasibility of Accurate Power Measurement in Submillimeter / mm-Wave Domain Based on Free-Space Techniques.* 12th UK/Europe-China Workshop on Millimetre-Waves and Terahertz Technologies (UCMMT), 10.9.2019.
- A. Kazemipour:** *Quasi Free-Space (TEM) Material Measurements.* European Microwave Week, MMAMA Workshop, 30.9.2019.
- A. Kazemipour:** *Material Parameter Extraction in THz Domain, Simplifications and Sensitivity Analysis.* (Poster) 2019 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC), Singapore, 12.12.2019.
- A. Küng:** *Long range wire based yaw and straightness measuring system for a 50 m bench.* euspen's 19th International Conference & Exhibition, Bilbao, 4.6.2019.
- T. Le Quang:** *Impedance Standards for Scanning Microwave Microscope.* CMI/EPFL Annual Meeting, CMI, Lausanne, 7.5.2019.
- T. Le Quang:** *Impedance Standards for Scanning Micro-wave Microscopy.* Nanometrology 2019, Paris, 26.6.2019.
- T. Le Quang:** *Impedance Standards for Scanning Microwave Microscopy.* European Microwave Week, ADVENT Workshop, 29.9.2019.
- K. Marti:** *Dissemination of the kilogram after redefinition: a focus on sorption effects, contamination and cleaning of mass standards.*, RADWAG, Radom, 6.3.2019.
- K. Marti:** *Redefinition of the kilogram,* Berner Fachhochschule, Burgdorf, 8.11.2019
- B. Mathew:** *Datensicherheitsprüfung – erste Erfahrungen.* Swissmig Fachtagung, 8.11.2019.
- F. Meli:** *CT machine geometry changes under thermal load.* iCT Conference 2019, Padova, 14.2.2019.
- F. Meli:** *Polystyrene nanoparticle deformation – range extended.* Nanoscale Conference 2019, Braunschweig, 15.10.2019.
- C. Mester:** *Technologiegerechtes Kalibrierprogramm für moderne Messgeräte.* Messunsicherheit 2019, VDI-Fachtagung, Erfurt, 13.11.2019.
- B. Niederhauser:** *Aktiv bei reaktiven Analyten.* ERFA 2019 des Cercl'air, Freiburg, 10.9.2019.
- F. Overney:** *Progress report: Dual Josephson Impedance Bridge (DJIB).* EURAMET TC-EM DCQM meeting, 20.5.2019.
- C. Pascale:** *Dynamic generation of VOCs reference gas mixtures with a mobile generator and comparison to static preparations.* CCQM-Workshop, Paris, 9.4.2019.
- C. Pascale:** *The European Metrology Network for Climate and Ocean Observation.* Actris Technical meeting for trace gases, Dübendorf, 9.5.2019.
- C. Pascale:** *The European Metrology Network for Climate and Ocean Observation: Stakeholders and plans.* CIM 2019, Paris, 10.9.2019.
- P. Peier:** *Photonics an Beschleunigern.* University of Applied Sciences HTW, Chur, 22.3.2019.
- P. Peier:** *Calibration and verification of dosimeters for high energy electron and photon radiation at METAS 22 MeV accelerator.* SGSMP Annual Meeting, PSI, Villigen, 22.11.2019.
- F. Pythoud:** *Introduction to EMC.* SwissT.net, Fachtagung EMV und Funk, Zürich, 16.1.2019.
- D. Stalder:** *Traceable Noise Temperature Calibration Based on RF-Power.* European Microwave Week, ADVENT Workshop, 29.9.2019.
- E. Tas, F. Pythoud, D. Zhao:** *The Consequences of Missing Specification for Coupling-Decoupling Networks.* Proc. of the 2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC EUROPE 2019, Barcelona, 4.9.2019.
- E. Tas:** *Proficiency Testing in EMC.* EUROLAB-CH Seminar, *Sicherung der Qualität von Laborergebnissen,* Olten, 3.12.2019.
- R. Thalmann:** *Traceability of nano-scale measurements to the international system of units SI.* Swiss Nano Convention, EPFL, Lausanne, 7.6.2019.
- R. Thalmann:** *Überprüfung und Kalibrierung von optischen Mikro-Koordinatenmessgeräten.* Fachtagung Produktionsmesstechnik, NTB, Buchs, 5.9.2019.
- R. Thalmann:** *Auswertung und Bewertung von Vergleichsmessungen.* EUROLAB-CH Seminar, *Sicherung der Qualität von Laborergebnissen,* Olten, 3.12.2019.
- M. Trachsel:** *Chemical radiation dosimetry in magnetic fields: Characterization of a Fricke-type chemical detector in 6 MV photon beams and magnetic fields up to 1.42 T.* SGSMP Annual Meeting, PSI, Villigen, 22.11.2019.
- K. Vasilatou:** *Generation and characterisation of model soot aerosols for instrument calibration and health studies.* Métrologie des suies, Paris, 4.7.2019.
- M. Geiser, Z. Leni, K. Vasilatou, M. Ess, A. Keller:** *A novel facility to generate stable and reproducible aerosol mixtures that simulate the physicochemical properties of ambient air.* EGU 2019, 8.4.2019.
- D. Vasyukov:** *Introduction to Scanning Microwave Microscopy.* SPM Workshop, Lednice, CZ, 27.3.2019.
- D. Vasyukov:** *Impedance Standards for Scanning Microwave Microscopy.* IEEE-Nano, Macau, 22.7.2019.
- C. Wüthrich:** *New definition of the unit system: from man defined system to nature constants, consequences on daily life and vacuum measurement.*, Inficon, Balzers, 20.05.2020
- M. Zeier:** *Introductory talk to workshop.* CCEM RF&MW Workshop, BIPM, Paris, 27.3.2019.
- M. Zeier:** *Scanning Microwave Microscopy: Impedance measurements at nanoscale.* EURAMET TC-EM SC RF&MW meeting, INTA, Madrid, 9.4.2019.
- M. Zeier:** *S-parameter measurement comparison in Type-N.* EURAMET TC-EM SC RF&MW meeting, INTA, Madrid, 10.4.2019.



