

La Référence.

Le magazine suisse de métrologie

N° 01 | 2024

Page 30 →

**Les laboratoires nationaux
de référence pour les organismes
génétiquement modifiés et les virus
dans les denrées alimentaires**

Page 14 →

**La métrologie
au service de
la deuxième
révolution
quantique**

Page 25 →

**Détermination de
vitesses basée
sur des enregistre-
ments vidéo**



Éditorial

Chères lectrices, chers lecteurs,

L'histoire des mesures remonte aux premières civilisations, qui mesuraient déjà pour réguler le commerce. La métrologie moderne, la science des mesures et ses applications, naît quant à elle durant la Révolution française. Elle est aujourd'hui si développée que nos unités de mesure se fondent sur des constantes de l'Univers et ouvrent grand le champ de leurs applications.

Au cours des 40 à 50 dernières années, les principes quantiques ont connu un succès grandissant et ne manqueront pas à l'avenir de révolutionner à leur tour la communication, l'informatique et la techno-

Impressum

Éditeur

Institut fédéral de métrologie METAS
Lindenweg 50, 3003 Berne-Wabern, Suisse
Tel. +41 58 387 01 11
metas.ch

Rédacteur en chef

Xavier Rappo
kommunikation@metas.ch

Membres du comité de rédaction

Sören Fricke
Christian Kottler
Hugo Lehmann
Lena Märki
Jürg Niederhauser

Versions linguistiques

all., fr., ang. (en ligne)

Crédits photographiques

METAS, Shutterstock (p. 14), OIML (p. 23)

Conception

Casalini Werbeagentur AG
casalini.ch

Copyright

© 2024

Institut fédéral de métrologie METAS, Berne
La reproduction d'articles avec mention de la source est autorisée. Veuillez envoyer un exemplaire à l'adresse de la rédaction.

Tirage

2500 exemplaires en allemand
900 exemplaires en français
Anglais en ligne

Impression

Galledia AG, Flawil
galledia.ch

Administration

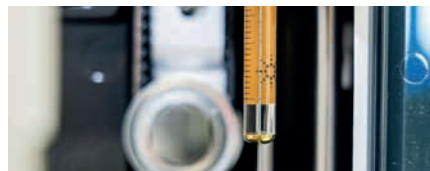
ISSN 2813-8961 (allemand imprimé)
ISSN 2813-897X (allemand en ligne)

Page de titre

Rotors des appareils de PCR en temps réel
dans le laboratoire de biologie de METAS.

Contenu

4 Entrée en vigueur d'un nouveau marqueur fiscal pour l'huile de chauffage

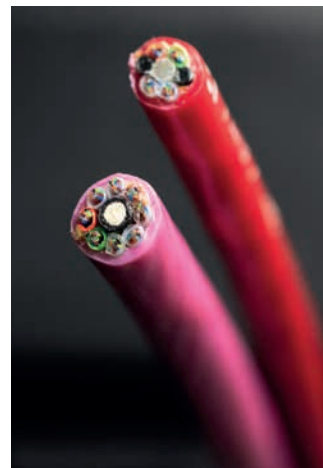


12 En bref

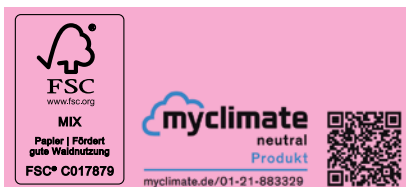
Visite du conseiller fédéral



8 Distribution de fréquences par fibres optiques pour la recherche sismique



14 La métrologie au service de la deuxième révolution quantique



logie des capteurs. Nous voyons déjà les prémices de cette transformation et devons, en tant qu'institut national de métrologie, nous y préparer. C'est pourquoi nous prévoyons de créer un centre de compétences suisse pour la métrologie quantique (page 14).

Or en matière d'évolution, les autres champs de la métrologie ne sont pas en reste. Dans le domaine de la chimie, l'Europe a établi un marqueur fiscal plus fiable, qui s'accompagne d'une nouvelle méthode d'analyse (page 4). Dans le domaine de la biologie,

les laboratoires nationaux de référence pour les organismes génétiquement modifiés dans les denrées alimentaires et pour les virus d'origine alimentaire doivent connaître et employer les dernières méthodes d'analyse et de détection pour pouvoir attester le respect des dispositions légales (page 30).

J'espère que ce numéro saura captiver votre intérêt et je vous en souhaite une lecture enrichissante.

D^r Hanspeter Andres
directeur suppléant et
chef de la division Chimie et biologie
Institut fédéral de métrologie METAS

19 **Objet**



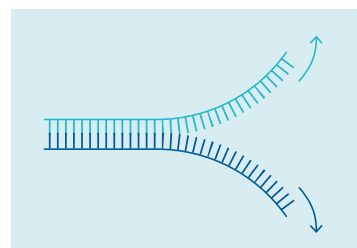
20 Interview avec Bob Joseph Mathew

«Je crois que j'ai une bonne autodiscipline et un grand intérêt.»

25 Détermination de vitesses basée sur des enregistrements vidéo



30 **Les laboratoires nationaux de référence pour les organismes génétiquement modifiés et les virus dans les denrées alimentaires**



Prestation de services

Entrée en vigueur d'un nouveau marqueur fiscal pour l'huile de chauffage

L'huile de chauffage, moins taxée que le diesel, est additionnée d'un marqueur fiscal. Depuis 2022 en Europe et 2024 en Suisse, le marqueur fiscal utilisé jusqu'alors, le Solvent Yellow 124 (SY124), est peu à peu remplacé par un nouveau composé marqueur plus résistant à d'éventuelles fraudes, qui engendrent d'importantes pertes fiscales. L'introduction de ce nouveau marqueur exige également une nouvelle approche analytique afin de procéder efficacement aux contrôles.

D^r Patrick Schüpfer

L'huile de chauffage et le diesel ont les mêmes propriétés, mais ne sont pas taxés de la même manière. L'impôt sur les huiles minérales diffère en effet selon les produits et leur utilisation (carburant, combustible, usages techniques). Ainsi, des allègements fiscaux sont accordés pour l'huile de chauffage (extra-légère) dont le taux de l'impôt s'élève à CHF 3.00 pour 1000 litres, alors que pour le diesel l'impôt se chiffre à CHF 795.70. Il est ainsi très attractif pour les fraudeurs d'utiliser de l'huile de chauffage comme carburant. Une telle fraude peut constituer un important manque à gagner pour la Confédération suisse (en 2022, l'impôt sur les huiles minérales a représenté 7,6% des recettes de la Confédération). C'est pourquoi l'huile de chauffage est additionnée d'un colorant et d'un marqueur. Le colorant laisse des traces persistantes et facilement repérables dans les moteurs et pots d'échappement, ce qui permet de faciliter les contrôles en cas d'utilisation frauduleuse. Le marqueur permet de contrôler si un carburant contient illégalement de l'huile de chauffage.

Introduction d'un nouveau marqueur en Union européenne

Depuis août 2002, le Solvent Yellow 124, abrégé en SY124, est une marque déposée par l'entreprise BASF. Il fut utilisé comme marqueur au sein de l'Union européenne (UE) et appelé aussi euomar-

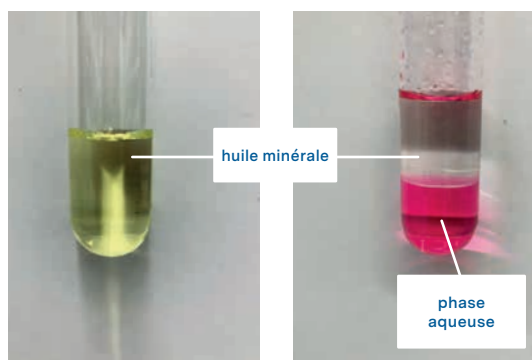


Fig. 1: traitement d'une huile minérale marquée au Solvent Yellow 124 (SY124) avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique.

queur. C'est un colorant azoïque jaune dont le nom chimique est N-éthyl-N-[2-[1-(2-méthylpropoxy)éthoxy]éthyl]-4-phényldiazénylaniline. Lorsqu'il est présent dans une huile minérale, il peut être extrait à l'aide d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique (HCl[aq]): la molécule neutre jaune soluble dans l'huile minérale se transforme alors en un produit rouge vif soluble dans la phase aqueuse (voir fig. 1).¹

D'un côté, cette propriété du SY124 présente l'avantage qu'un test visuel simple et rapide est possible par extraction d'une petite quantité d'huile minérale à l'aide de HCl[aq] (des ajouts aussi faibles que 2 à 3% peuvent être détectés). De l'autre côté, la même procédure permet aux fraudeurs d'extraire le marqueur fiscal SY124 d'une huile de chauffage pour l'utiliser ensuite comme carburant.

La fraude sur les carburants entraîne des pertes fiscales estimées de 7 à 10 milliards d'euros chaque année dans l'UE.² En 2015, l'Union européenne a lancé un appel d'offres public pour remplacer le SY124 par un nouvel euromarqueur plus sûr et plus résistant aux méthodes d'extraction illégales. Après des tests intensifs sur quatre candidats,³ le choix s'est finalement porté sur ACCUTRACE™ Plus Fuel Marker, fabriqué par Dow (États-Unis), qui contient 76 % de butoxybenzène (composé marqueur) dans un solvant (distillats issus d'une fraction pétrolière). Le 14 février 2022, la Commission européenne a défini l'ACCUTRACE™ Plus comme le nouvel euromarqueur, avec une période de transition se terminant le 18 janvier 2024. Pendant cette période de transition de 24 mois, l'ancien et le nouvel euromarqueur étaient autorisés. Depuis le 18 janvier 2024, seul l'ACCUTRACE™ Plus est autorisé pour le marquage de l'huile de chauffage avec des concentrations entre 12,50 et 18,75 g pour 1000 litres (ce qui équivaut à un niveau de marquage compris entre 9,5 et 14,25 g de butoxybenzène pour 1000 litres).⁴

Colorant et marqueur en Suisse

Le colorant et le marqueur sont définis en Suisse dans l'article 90 au chapitre 7 de l'ordonnance sur l'imposition des huiles minérales (Oimpmin).⁵ Jusqu'à la fin 2023, l'huile de chauffage extra-légère devait contenir comme seul marqueur du SY124 à une concentration comprise entre 6.0 et 9.0 g pour 1000 litres à 15 °C.

Suite à l'introduction au sein de l'UE du nouvel euromarqueur ACCUTRACE™ Plus, le Conseil fédéral a décrété, par décision du 25 octobre 2023, d'adopter également le butoxybenzène pour le marquage fiscal de l'huile de chauffage extra-légère dès 2024. Le SY124 restera cependant autorisé en Suisse jusqu'à nouvel avis, afin de permettre l'utilisation de l'huile de chauffage extra-légère stockée dans les réserves obligatoires. Ainsi, selon l'Oimpmin (état au 1^{er} janvier 2024), il est également possible d'utiliser le butoxybenzène à une concentration comprise entre 9,5 et 14,25 g pour 1000 litres à 15 °C.

Analyse

La détection et la quantification du SY124 est réalisée par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC, *high performance liquid chromatography*). Cette technique est parfaitement adaptée pour des substances peu volatiles comme le SY124 avec un point d'ébullition estimée à env. 591 °C. Cette méthode analytique est malheureusement difficilement applicable pour le nouveau composé marqueur (butoxybenzène). La détection et la quantification de ce dernier dans les huiles minérales nécessite en effet une technique plus avancée. Les huiles minérales sont des matrices très complexes, constituées de centaines de molécules.

La méthode développée par l'entreprise Agilent Technologies, en partenariat avec Dow Chemical, utilise la chromatographie en phase gazeuse bidimensionnelle (2D-GC, *two-dimensional gas chromatography*) couplée à un détecteur sélectif de masse (MSD), réglé pour mesurer les ions spécifiques du butoxybenzène (masses 94 et 150). Cette technique possède comme avantages une meilleure résolution des pics chromatographiques et une amélioration de la sensibilité et de la spécificité. De plus, cette méthode a le grand avantage qu'aucune préparation de l'échantillon n'est nécessaire.

L'appareillage est constitué d'un four à température variable dans lequel se trouvent deux colonnes chromatographiques capillaires (colonnes GC), une non polaire et une polaire, permettant une séparation des hydrocarbures du mélange et du composé marqueur. Un module de contrôle électronique des pressions (EPC), nommé dispositif de commutation pneumatique (PSD), permet de changer la configuration du flux à travers les colonnes GC.

Techniquement, l'échantillon (1 microlitre) est directement introduit, sans préparation préalable, dans l'injecteur dont la température élevée (250 °C) permet la vaporisation de l'échantillon. Celui-ci, sous forme gazeuse, est alors poussé par le flux d'un gaz porteur le long d'une 1^{re} colonne GC (non polaire). La température du four est graduellement augmentée, afin de chauffer la colonne et procéder ainsi à une première séparation des composants du mélange. L'analyse instrumentale passe ensuite par quatre étapes:

Étape 1:

Dans un premier temps, le système est réglé selon la configuration C1 (voir fig. 2): le maintien de la pression du PSD à 9 psi permet de diriger le flux via un restricteur vers le détecteur à ionisation de flamme (FID). Le restricteur est constitué d'une colonne inerte avec un faible diamètre interne (0.1 mm), afin de restreindre le débit de gaz.

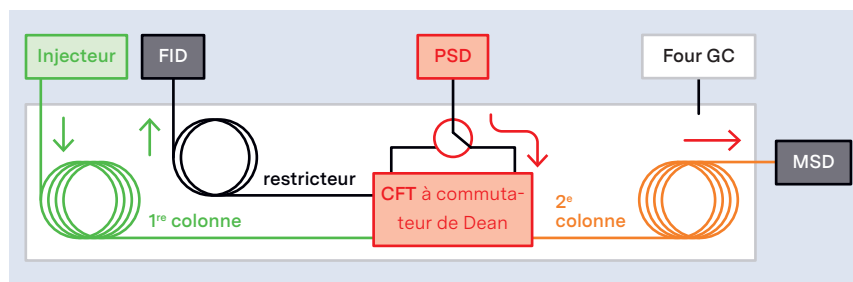


Fig. 2: configuration du flux C1: tout le flux est dirigé vers le détecteur à ionisation de flamme (FID).

Avec la configuration C1, les composants séparés lors du passage dans la première colonne (non polaire) sont détectés par le FID sous forme de pics chromatographiques (voir fig. 3).

Étape 2:

Lorsque le butoxybenzène (composé marqueur) sort de la première colonne, le flux est dévié pendant un court instant (voir fig. 4, configuration C2), vers une seconde colonne (appelée «heart-cut»), afin de procéder à une séparation supplémentaire.

Le butoxybenzène est alors détecté par le MSD et un chromatogramme est obtenu avec un signal du butoxybenzène parfaitement résolu (voir fig. 5). La quantification est ainsi relativement aisée par injection de solutions standards contenant des concentrations connues en butoxybenzène. Aucun flux ne parvient au FID, ce qui se traduit par un signal plat dans le chromatogramme du FID (voir fig. 3).

Étape 3:

Le système est à nouveau réglé selon la configuration C1 (voir fig. 3), ce qui permet de visualiser les composés plus lourds qui sortent de la première colonne après le Heart-Cut.

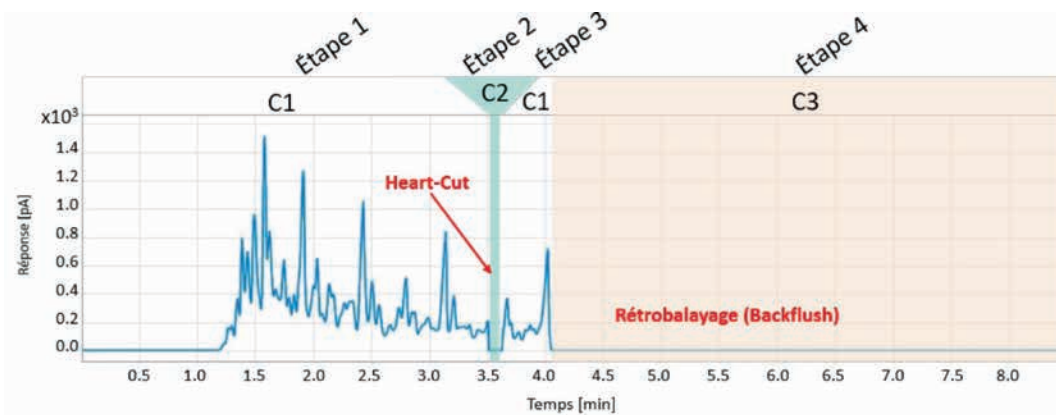


Fig. 3: signal chromatographique obtenu par le FID au cours des quatre étapes. Durant l'étape 2 et 4, le flux sortant de la 1^{re} colonne est envoyé respectivement dans le détecteur MS (C2) et dans la 1^{re} colonne (rétrobalayage, C3), si bien que le chromatogramme ne comporte aucun pic.

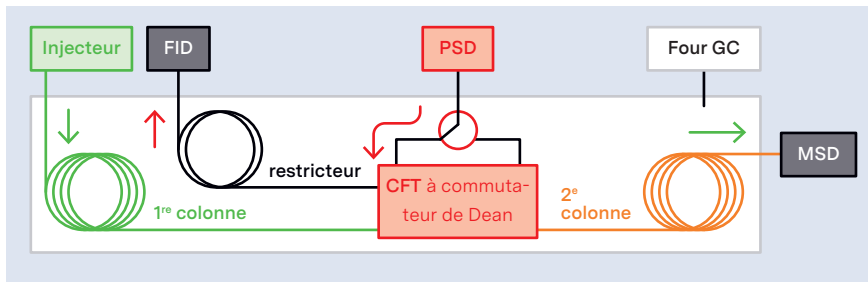


Fig. 4: Configuration du flux C2: le flux est dirigé vers le MSD.

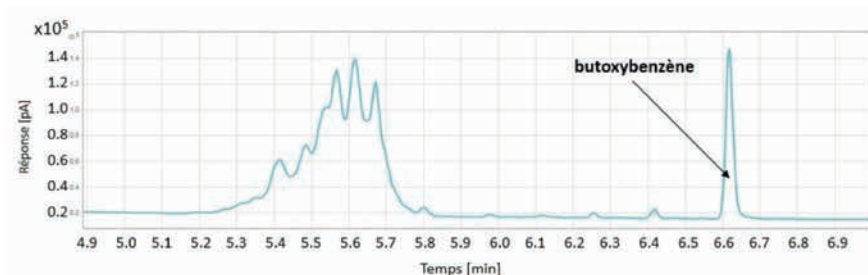


Fig. 5: signal chromatographique obtenu par le MSD (courant ionique mesuré pour les masses 94 et 150). La séparation supplémentaire le long de la seconde colonne permet d'obtenir un pic chromatographique du butoxybenzène parfaitement résolu.

Étape 4:

Avant que les composés de l'échantillon à haut point d'ébullition (composés lourds) ne quittent la première colonne, la pression du gaz porteur dans l'injecteur est réduite de 14 psi à 1 psi, tandis qu'une pression de 9 psi est maintenue dans le PSD (voir fig. 6). Le flux est alors redirigé vers l'injecteur («backflush») évitant ainsi la contamination par les composés lourds de la deuxième colonne et du MSD.

Validation de la méthode d'analyse

Durant l'été 2023, le Réseau européen des laboratoires des douanes (CLEN, *Customs laboratories European Network*) a organisé un test interlaboratoire comprenant 11 échantillons, de 1% à 150% du niveau de marquage avec différentes matrices (diesel B0, diesel B7, diesel B10, gasoil avec HVO, kérosène, designer fuel) et avec la participation de

55 laboratoires de toute l'Europe dont le domaine technique «Essais chimiques et conseils» de METAS. Ce test interlaboratoire a conduit à d'excellents résultats, montrant ainsi la bonne maîtrise de cette technologie et validant également la méthode d'analyse développée pour la quantification du nouvel euromarqueur. La validation ainsi que l'utilisation de cette nouvelle méthode d'analyse par METAS et les autres instituts de métrologie européens permettent de freiner la fraude fiscale dans le domaine des huiles minérales ainsi que leur juste taxation. ●

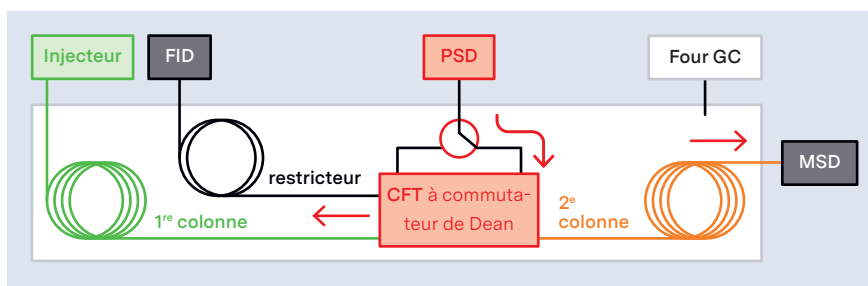
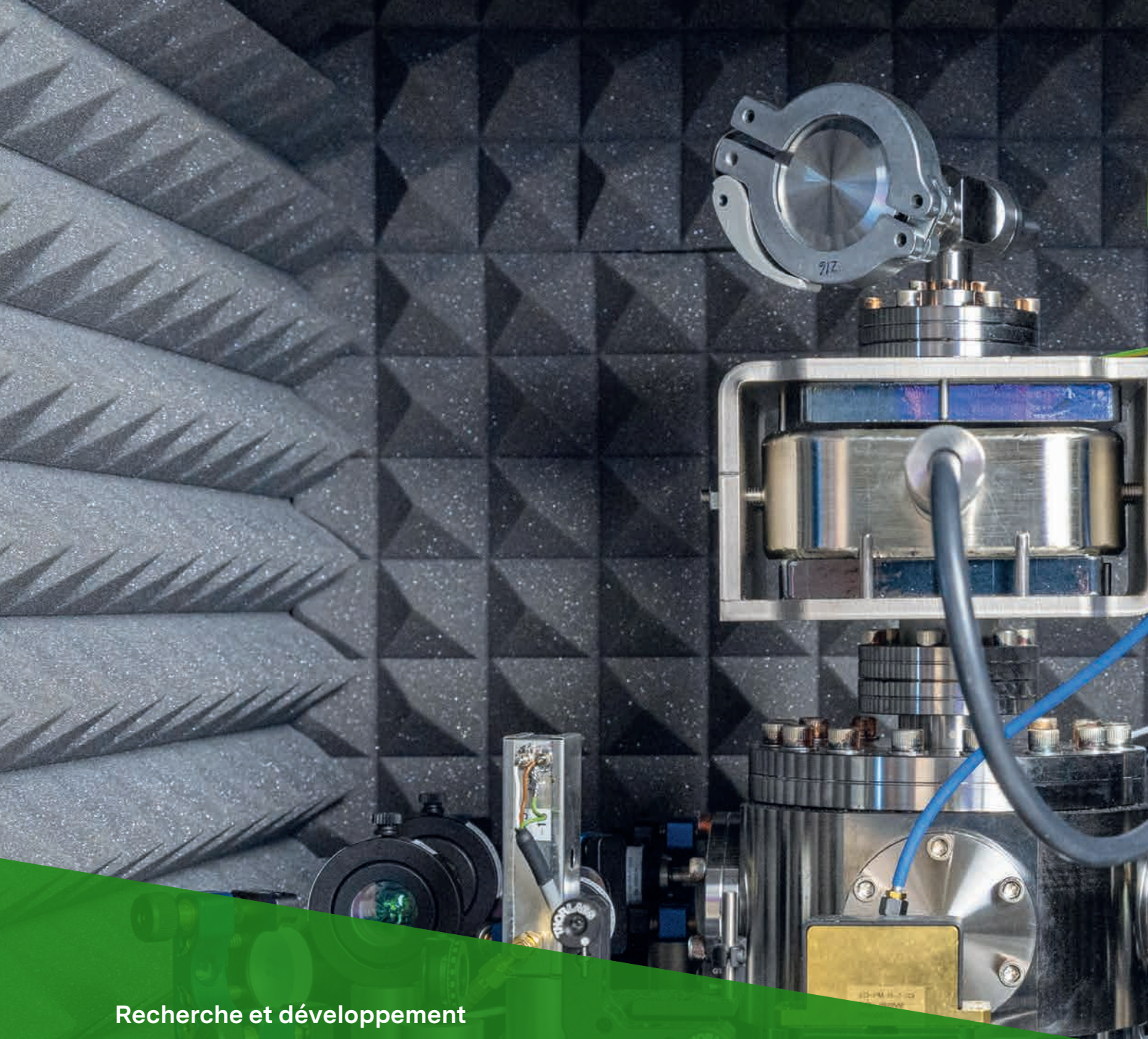


Fig. 6: configuration du flux C3 : le flux est repoussé dans la première colonne vers l'injecteur (rétrobalayage ou «backflush») en baissant la pression de l'injecteur de 14 psi à 1 psi.

METAS au service des douanes

La perception des droits de douane et des redevances est une tâche qui incombe à l'Office fédéral des douanes et de la sécurité frontalière (OFDT). En tant qu'autorité fiscale, l'OFDT peut prélever des échantillons d'huiles minérales à des fins de contrôle. Le domaine technique de METAS «Essais chimiques et conseils» effectue des analyses pour les douanes suisses et procède notamment aux analyses des échantillons prélevés d'huiles minérales pour l'analyse du marqueur fiscal. Le laboratoire possède depuis fin avril 2023 un système GCxGC-MS (Agilent) pour l'analyse du nouveau composé marqueur (butoxybenzène) dans les huiles minérales.

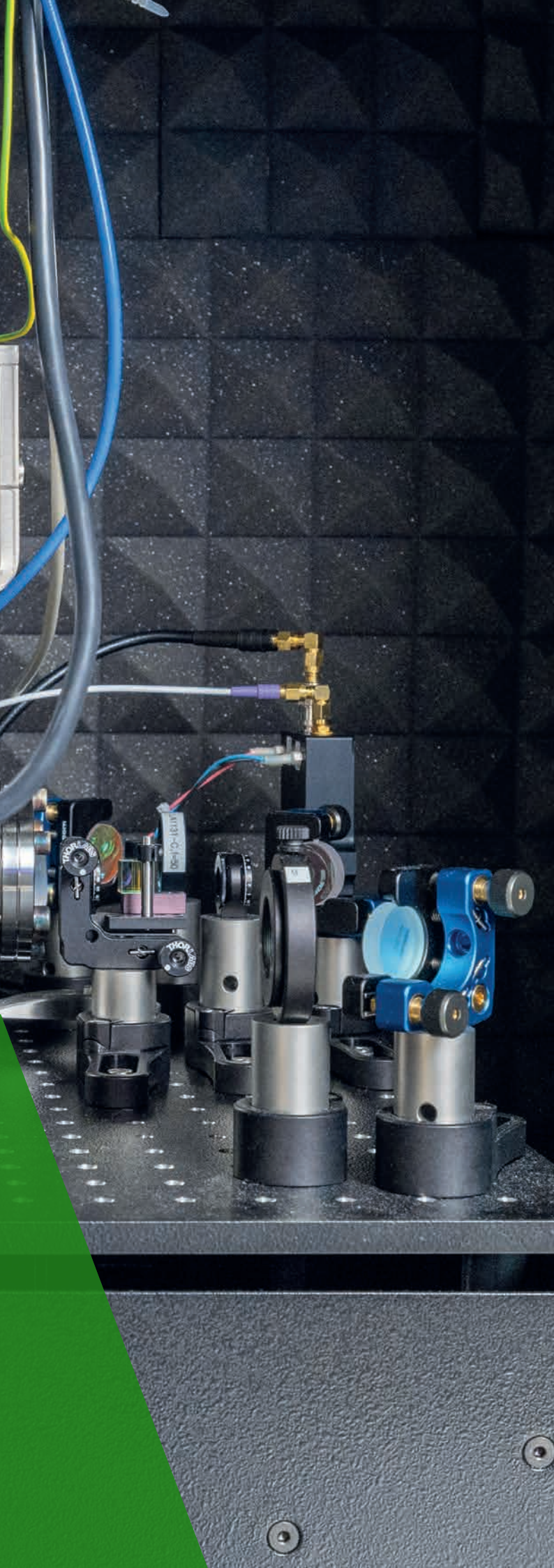
- 1 Grzegorz Zadora, «Laundrying of «Illegal» Fuels – a Forensic Chemistry Perspective», *Acta Chim. Slov.* 2007, 54, 110-113.
- 2 Ecorys (2019): Study on the estimated economic implications of fuel laundering & wider fuel fraud in the EU.
- 3 European Commission «Evaluation of the Performance of the Short-Listed Candidate Markers Regarding the Technical Requirements» JRC Technical Reports, Public Version, 2017.
- 4 Décision d'exécution (UE) 2022/197 de la Commission du 17 janvier 2022, notifiée sous le numéro C (2022) 74, Journal officiel de l'Union européenne.
- 5 641.611 Ordonnance sur l'imposition des huiles minérales (Oimpmn).



Recherche et développement

Distribution de fréquences par fibres optiques pour la recherche sismique

La diffusion de fréquences de référence via les réseaux à fibres optiques peut réserver de bonnes surprises. En effet, la réduction du bruit des signaux optiques permet aux réseaux à fibres optiques de jouer un second rôle: détecter les séismes. Une expérience réalisée par le laboratoire Photonique, temps et fréquence de METAS, en collaboration avec un groupe de recherche de l'EPFZ.



Le laboratoire Photonique, temps et fréquence se charge principalement de réaliser et de diffuser des fréquences de référence et des signaux horaires ultraprécis et stables à l'aide d'un ensemble d'horloges atomiques comparées entre elles en permanence, sur le plan national et international. METAS diffuse l'heure officielle suisse UTC (CH) et contribue à la réalisation du Temps universel coordonné UTC sur la base de ces comparaisons, disposant ainsi de signaux de fréquence et de signaux horaires traçables au SI.

Ceux-ci sont importants pour un grand nombre d'utilisateurs, dont les fabricants d'instruments de mesure de temps et de fréquence, l'industrie horlogère, les opérateurs de systèmes de navigation, la Bourse, ainsi que pour la recherche fondamentale par spectroscopie de précision. Cependant, réussir à transmettre des signaux ultraprécis et stables des laboratoires de METAS aux utilisateurs, en particulier sans compromettre l'exactitude par la diffusion (ou dissémination), représente un défi de taille.

Méthodes de dissémination de fréquence

En ce qui concerne la méthode traditionnelle de dissémination de fréquence, les utilisateurs apportent leurs instruments aux laboratoires de METAS, afin de les référencer localement aux échelles de temps et de fréquence de l'Institut. La variante inverse existe déjà: METAS apporte une horloge atomique mobile chez les utilisateurs et effectue les comparaisons de mesure localement, ce qui est suffisant pour de nombreuses applications, mais permet uniquement des comparaisons ponctuelles (non continues). En revanche, les comparaisons basées sur la technologie des satellites (GNSS) donnent lieu à des comparaisons continues. Toutefois, elles sont sensibles à la dégradation du signal due à des perturbations sur la ligne de transmission, comme les fluctuations naturelles des conditions météorologiques dans l'atmosphère ou encore ce que l'on appelle le *spoofing*, à savoir les interférences malveillantes dues à des signaux parasites.

Ces méthodes sont donc insuffisantes pour les fréquences de référence de pointe, telles qu'on les utilise pour la spectroscopie de précision au sein des laboratoires de recherche. Cependant, ces dernières années, une nouvelle méthode de dissémination de fréquence par réseaux à fibres optiques s'est

établie dans ce domaine. Elle consiste en la conversion des fréquences de référence des horloges atomiques de METAS en fréquences optiques, au moyen d'un peigne de fréquences (une technologie laser spéciale). Puis le laboratoire Photonique, temps et fréquence injecte ces signaux dans un réseau à fibres optiques conventionnel et les envoie aux utilisateurs. Aujourd'hui, un tel réseau relie METAS à l'Université de Bâle et à l'EPFZ. C'est la fondation Switch qui fournit l'infrastructure de fibres optiques utilisée à cet effet.

Les fibres optiques sont des capteurs sensibles

Comme dans le cas des satellites, la ligne de transmission des fibres optiques constitue une source de perturbations. Ces fibres sont en effet d'incroyables capteurs universels, sensibles aux influences extérieures telles que les variations de température et les vibrations. De telles perturbations vont directement influencer les signaux transmis, affectant l'exactitude de la fréquence et nécessitant une réduction complexe du bruit, ce qui représente donc un problème pour la métrologie des fréquences optiques. Dans ce cas, le laboratoire mesure et compense le bruit ambiant dans les fibres optiques au sein d'une structure optique complexe, en générant un «anti-bruit» opposé, comparable, sur le plan conceptuel, à la réduction du bruit dans les écouteurs modernes.

Il s'avère à présent que cet «anti-bruit» contient de précieuses informations sur les impacts environnementaux les plus divers. En effet, les variations de la température ambiante, les vibrations causées par l'homme ainsi que les événements sismiques entraînent des déformations mesurables des fibres optiques. Citons l'exemple du séisme de magnitude 3,9 sur l'échelle de Richter qui s'est produit dans la région de Mulhouse le 10 septembre 2022. Il a été détecté sur une fibre optique de 123 km de long entre METAS et l'Université de Bâle (voir fig. 1). À la figure 2, les ondes sismiques individuelles sont visibles sous forme de déviations nettes de la position de la ligne de base du bruit au repos.

Ce phénomène observé par METAS a donné naissance à une collaboration avec le professeur Andreas Fichtner et son groupe de sismologie et de physique des ondes de l'EPFZ, spécialisés dans le calcul et la modélisation de l'effet des ondes sismiques sur la surface de la Terre.

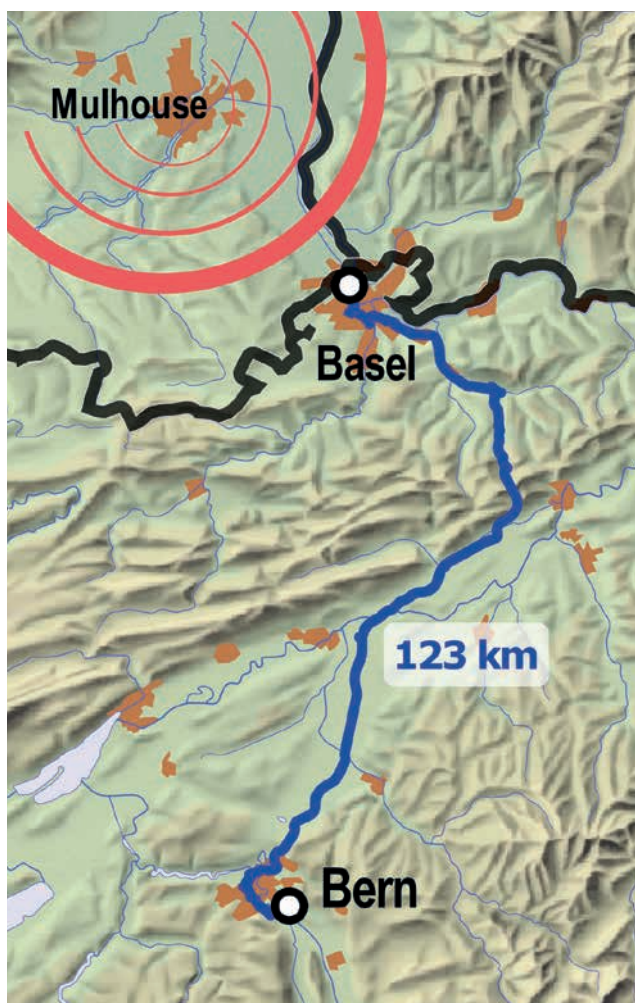


Fig. 1: tracé de la fibre optique entre METAS à Wabern et l'Université de Bâle, et épicerne approximatif du séisme de Mulhouse.

Interprétation et modélisation du signal

L'interprétation et la modélisation du signal enregistré représentent un défi de taille, car la nature de la mesure fait que celui-ci est additionné sur toute la longueur de la fibre optique. Une résolution locale, comme pour d'autres méthodes basées sur les fibres optiques (p. ex. la détection acoustique distribuée, ou DAS), n'est pas possible dans ce cas, où, par exemple, une partie de la fibre optique peut être étirée à un moment donné, tandis qu'une autre partie est simultanément comprimée. Les deux effets peuvent s'annuler mutuellement pour donner une somme totale nulle. Pour pouvoir comprendre l'effet net des ondes sismiques sur le signal transmis dans la fibre optique et le comparer au phénomène observé, il faut donc additionner les déviations sur toute la longueur de la fibre optique.



Les fibres optiques permettent une transmission précise et exacte des fréquences sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres.

Dans le cadre de la collaboration entre METAS et l'EPF, il a été possible de modéliser l'observation du tremblement de terre sur le réseau de fibres optiques avec une concordance étonnante. Pour ce faire, les sismologues ont utilisé des données connues pour modéliser la propagation des ondes sismiques dans la région géographique de la fibre optique entre METAS et l'Université de Bâle et ils ont vérifié ce modèle en prenant, comme références, les données provenant de stations de mesure sismiques conventionnelles. L'étape suivante a consisté à diviser le trajet de la fibre optique en plusieurs segments courts et à calculer, individuellement

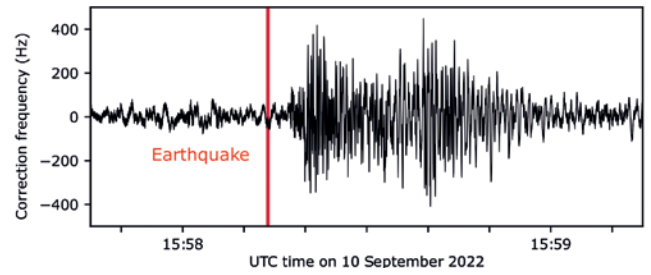


Fig. 2: signal du séisme, détecté sur le trajet de la fibre optique. Selon la distance à l'épicentre, les premières ondes arrivent quelques secondes plus tard sur la fibre optique.

pour chaque segment, la déformation causée par les ondes sismiques, pour finir par additionner tous les résultats obtenus à partir des différents segments, afin d'obtenir le signal net de la fibre optique et de le comparer ensuite à la mesure effectuée sur la fibre optique. Le résultat a montré une concordance élevée à la fois dans le temps d'arrivée des ondes sismiques et dans l'amplitude de la déformation observée. Cette démonstration de la concordance quantitative entre le modèle et le phénomène observé qualifie le système de dissémination de fréquence de sismomètre non conventionnel ayant le potentiel de fournir des connaissances complémentaires aux méthodes sismiques conventionnelles.

Les réseaux à fibres optiques utilisés comme capteurs sismiques

La détection exacte des séismes, ainsi que la caractérisation et l'alerte précoce qui en découlent, nécessitent une couverture géographique étendue fournie par des capteurs sismiques: une condition onéreuse et difficilement réalisable selon la qualité de l'environnement. Le laboratoire Photonique, temps et fréquence de METAS, en collaboration avec le groupe de sismologie et de physique des ondes de l'EPFZ, a démontré que les réseaux à fibres optiques courants, utilisés en métrologie pour la distribution ultraprécise des fréquences, pouvaient également être utilisés comme capteurs sismiques. Il est ainsi possible d'obtenir de nouvelles informations sur les réseaux de capteurs existants, ce qui peut permettre d'affiner les modèles terrestres.

Les résultats de cette collaboration ont été publiés dans la revue spécialisée *Scientific Reports*¹, et offrent de nouvelles perspectives quant à l'utilisation des réseaux à fibres optiques en sismologie. ●

¹ S. Noe, D. Husmann, N. Müller, J. Morel and A. Fichtner, «Long-range fiber-optic earthquake sensing by active phase noise cancellation», *Scientific Reports*, 13, Article Number 13983, (2023).

Un collaborateur de METAS reconnu comme expert international engagé



Volker Zeuner, expert en contrôle de la sécurité des données à METAS, a reçu en 2023 le prix CEI 1906 pour avoir apporté son expérience en cybersécurité à la normalisation d'instruments qui mesurent la puissance et la qualité de l'énergie électrique, à la collecte de données et à leur analyse. La Commission électrotechnique internationale (CEI) décerne ce prix chaque année à seulement 160 de ses 20 000 experts dans le monde.

METAS étend sa participation au réseau métrologique européen

METAS a rejoint le réseau européen de métrologie traitant des gaz et leurs liens avec l'énergie (European Metrology Network for Energy Gases). Ce réseau met à disposition de la société et de l'industrie son expertise en matière de métrologie afin de soutenir la transition énergétique vers les combustibles gazeux renouvelables. METAS est particulièrement actif dans le domaine de la mesure du débit d'hydrogène et pourra ainsi profiter d'une meilleure visibilité au niveau européen.

Rénovation de la sphère d'intégration



METAS possède dans son laboratoire Optique une sphère d'intégration (ou sphère d'Ulbricht) de 4m de diamètre, construite en 1965. Celle-ci permet une réflexion diffuse uniforme de la lumière sur sa surface interne et sert à mesurer le flux lumineux, la distribution spectrale et la teinte. Pour continuer à effectuer des mesures optimales, METAS a dû rénover sa sphère, c'est-à-dire refaire le revêtement avec du sulfate de baryum, qui présente un facteur de réflexion très élevé (>90%), installer des instruments de mesure de pointe et une caméra fish-eye, et mettre en place un système de commande logicielle de la place de mesure, qui permet de générer automatiquement des rapports de mesure.

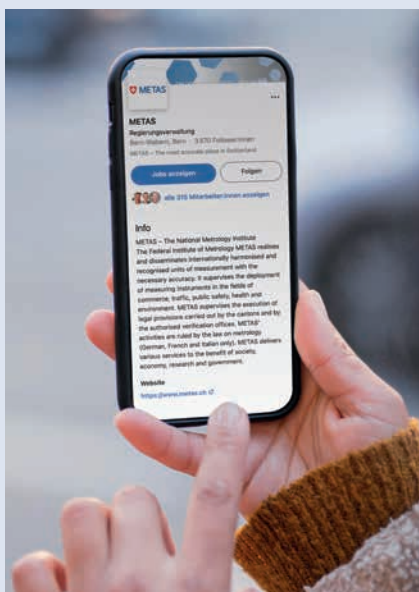


Journée mondiale de la métrologie 2024

La Journée mondiale de la métrologie a été célébrée le 20 mai 2024, pour la première fois reconnue officiellement en tant que telle par l'UNESCO. Le thème de cette année était «mesurer aujourd'hui pour un avenir durable». METAS œuvre activement à la transition vers une société et une économie plus durables, et ce par le biais de divers projets tels que la détection de tourbe dans le terreau, le recyclage du phosphore à partir des boues d'épuration ou encore l'identification de composés organiques volatils dans l'atmosphère (abrégiés COV).

Rendez-vous sur notre site Internet pour en savoir plus!





Suivez METAS sur LinkedIn

Suivez-nous sur LinkedIn pour jeter un œil dans les coulisses de l'Institut, vous tenir au courant de l'actualité et ne manquer aucune de nos activités de recherche. Vous y trouverez également les possibilités de carrière que nous offrons. Cliquez pour découvrir notre univers!



Le conseiller fédéral Beat Jans en visite à METAS

Le nouveau chef du Département fédéral de justice et police, Beat Jans, a visité METAS le 25 mars 2024. Au programme: une introduction aux activités de l'Institut et la présentation de plusieurs laboratoires, dans les domaines de la métrologie légale, des gaz de référence pour les mesures servant à la protection de l'air et du climat, des mesures de particules fines et de la tomographie à rayons X. Finalement, il a eu l'occasion de s'adresser à toutes les collaboratrices et tous les collaborateurs de METAS et d'échanger avec certaines et certains d'entre eux.

Examen réussi pour le laboratoire d'essai STS 0119

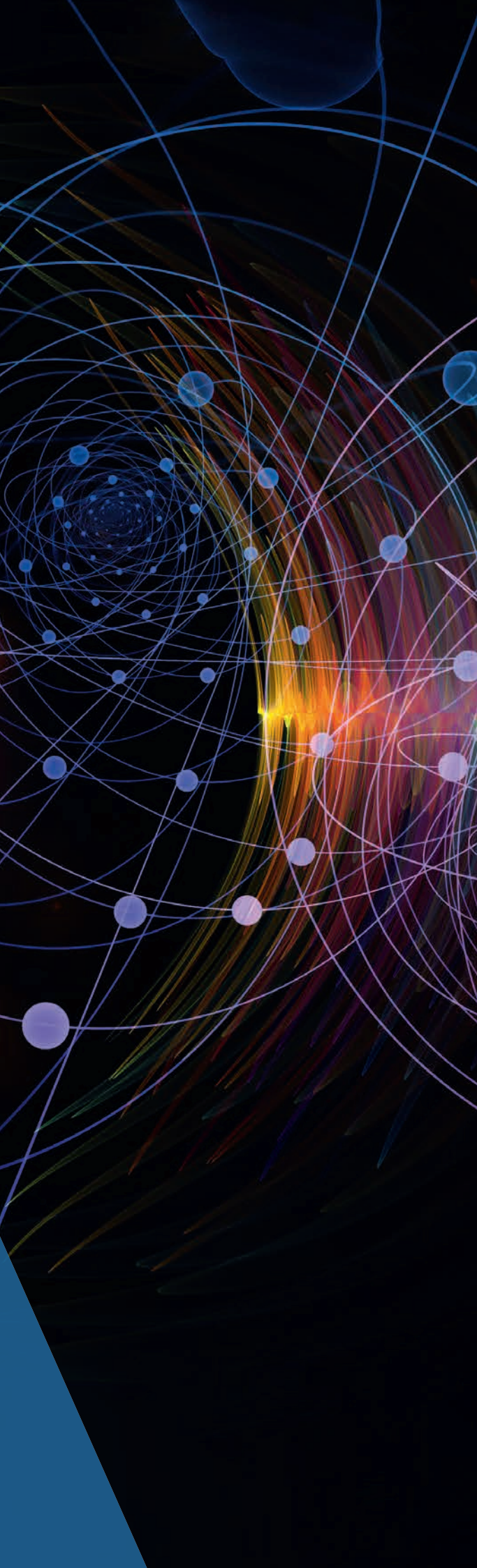
Le Service d'accréditation suisse (SAS) a terminé d'examiner le laboratoire d'essai STS 0119 de METAS. Il confirme que celui-ci possède les compétences nécessaires pour procéder à des vérifications chimiques, physiques, biologiques et sensorielles conformes à la norme ISO 17025. L'examen a en outre permis de démontrer que l'ancien laboratoire d'essai pour les analyses biologiques des denrées alimentaires et aliments pour animaux de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) s'est bien intégré à METAS. Le SAS a validé l'extension de l'accréditation aux processus de détection et d'identification moléculaires d'OGM et de virus et a publié l'information sur son site Internet.

The background features a complex, multi-colored pattern of overlapping circles and lines, resembling atomic orbits or a network. The colors range from deep blues and purples to bright oranges and yellows, with a central bright light source. The overall effect is futuristic and scientific.

À propos de METAS

La métrologie au service de la deuxième révolution quantique

La deuxième révolution quantique bat son plein. Elle va changer notre vie et engendrer des applications inédites, auxquelles la métrologie comme l'industrie doivent se préparer. METAS a donc l'intention de mettre en place un centre de compétences pour la métrologie quantique.



À la fin du XIX^e siècle, la compréhension des lois de la physique était déjà bien établie. Lorsque vers 1870, ce jeune étudiant qu'était Max Planck s'est renseigné sur les perspectives que pouvaient offrir des études de physique, on lui a répondu qu'il s'agissait d'une science quasiment achevée et qu'il ne fallait plus s'attendre à des avancées révolutionnaires dans ce domaine¹. Ironie de l'histoire: la première révolution quantique trouve son origine, vers la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle, dans les travaux de ce même Max Planck sur le rayonnement du corps noir par des niveaux d'énergie quantifiée.

Dans les années 1920, un groupe de physiciens, dont Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Paul Dirac et Wolfgang Pauli, a jeté les bases de la mécanique quantique, théorie qui a permis de mieux comprendre les phénomènes naturels à très petite échelle. Au cours des décennies suivantes, cette nouvelle mécanique s'est développée au point de pouvoir décrire de manière exacte les propriétés des atomes, des molécules, des solides et du rayonnement.

La contre-intuitivité de certains modèles de la physique quantique et le comportement différent que présente la nature de l'infiniment petit par rapport à notre expérience quotidienne ont donné du fil à retordre aux physiciens les plus renommés. Ainsi, Albert Einstein n'a eu de cesse de s'interroger sur les principes de la mécanique quantique jusqu'à la fin de sa vie. Tant le comportement stochastique que l'action «fantôme» à distance (intrication dans le jargon) lui ont en effet posé problème. Seules les expériences menées par Alain Aspect, et pour lesquelles il a reçu le prix Nobel de physique² en 2022, ont pu démontrer clairement la réalité de cette intrication³, bien qu'elle soit difficile à comprendre.

Alors que la première révolution quantique a généré une compréhension de la matière dans ses dimensions les plus infimes, ainsi que des applications techniques indirectes (p. ex. dans la technologie des semi-conducteurs), les physiciens et les ingénieurs ont appris avec le temps à mieux contrôler les propriétés quantiques et à les utiliser à des fins techniques. Vous trouverez, ci-après, deux exemples parmi les nombreuses applications en cours de développement.

Prenons, tout d'abord, la cryptographie quantique, qui permet de créer une procédure de chiffrement. L'utilisation de générateurs de nombres aléatoires basés sur les effets quantiques et de photons détectés par des détecteurs de photons uniques permet de s'assurer, en se fondant sur les propriétés quantiques, que le canal de transmission n'a pas été intercepté. La cryptographie quantique, combinée aux méthodes de

cryptage classique, permet d'atteindre des taux de transfert élevés et de transmettre des données chiffrées de manière quantique, l'objectif à long terme étant l'Internet quantique, qui devrait offrir un réseau ultrasécurisé. Toutefois, la qualité de l'information est encore loin d'être améliorée, ce qui est un tout autre sujet.

La mesure des champs électromagnétiques représente une autre application récente des systèmes quantiques. Elle consiste en l'utilisation d'atomes de Rydberg, à savoir des atomes dans un état excité spécifique, dont les électrons les plus externes sont plus éloignés du noyau qu'ils ne le sont dans l'état fondamental. Ces atomes sont particulièrement sensibles aux champs externes, qui entraînent des changements de leur état énergétique, permettant ensuite de les mesurer⁴. Pour certaines gammes de fréquences, cette méthode donne lieu à des mesures plus exactes et plus sensibles qu'avec les méthodes classiques.

La «deuxième révolution quantique», comme se nomme cette utilisation directe des systèmes quantiques à des fins techniques, offrira des possibilités technologiques sans précédent et créera à la fois des avancées scientifiques significatives et de nouvelles opportunités commerciales. C'est pourquoi les investissements dans la technologie quantique sur le plan mondial sont importants, tant au niveau universitaire que dans l'industrie. De plus, les milieux nationaux de la technologie quantique sont très actifs, notamment en Suisse. En effet, outre les hautes écoles, certaines PME suisses sont également solidement positionnées sur le marché mondial et plusieurs start-up sont prêtes à s'y lancer⁵.

Un centre de compétences suisse pour la métrologie quantique

Il faut cependant caractériser et étalonner les nouvelles technologies et méthodes basées sur les effets quantiques, afin qu'elles puissent être traçables au Système international d'unités (SI), ce qui permet de créer les conditions nécessaires à une standardisation des systèmes quantiques et de renforcer ainsi la confiance dans leurs technologies. En outre, des instruments quantiques bien caractérisés représenteraient un avantage concurrentiel pour les entreprises suisses sur le marché mondial. Les caracté-

ristiques d'exactitude et de haute qualité souvent associées à l'adjectif «suisse» feraient aussi partie intégrante de l'ère quantique.

Il est donc primordial que le milieu suisse de la technologie quantique ait accès à une infrastructure métrologique appropriée. La Commission européenne a également reconnu cette nécessité⁶ et les premières activités ont déjà démarré.

Ainsi, METAS a l'intention de développer ses compétences en matière de technologie quantique. La métrologie utilise les systèmes quantiques comme références depuis près de 30 ans. Ils représentent, pour différentes unités, des échelles immuables basées sur des constantes naturelles et permettent de réaliser, par exemple, l'ohm, l'unité de mesure pour la résistance électrique, par effet Hall quantique⁷, ou le volt par effet Josephson⁸. Les effets quantiques servent également à définir la seconde depuis longtemps. Les horloges atomiques, comme la Fontaine Continue Suisse (FoCS2) de METAS, qui définissent l'échelle de temps internationale, utilisent la transition de l'état fondamental des atomes de césium ralentis au moyen de faisceaux laser, pour déterminer la fréquence avec une exactitude quantique (une sorte de pendule au niveau atomique)⁹. À l'avenir, les horloges optiques devraient devenir 100 fois plus exactes,¹⁰ ce qui permettrait de les utiliser comme référence de la seconde. Cette extrême exactitude pourra engendrer de nombreuses autres avancées technico-scientifiques. METAS est donc paré pour mettre en place et entretenir une infrastructure destinée à la métrologie quantique et pour offrir des capacités de recherche et des prestations pertinentes. En outre, en tant qu'institut suisse de métrologie et grâce à son réseau exhaustif et à son rôle établi au sein de la métrologie européenne, il est solidement positionné pour promouvoir la collaboration entre la Suisse et l'Europe sur ce plan et pour aider l'industrie suisse à s'aligner aux développements du marché européen.

Les besoins en infrastructure prévus pour répondre aux nouvelles exigences de la technologie quantique se répartissent en trois thèmes:

- communication quantique
- informatique quantique
- capteurs quantiques

Concernant les deux premiers thèmes, METAS prévoit de créer des capacités d'étalonnage et de caractérisation pour des composants clés de la technologie de communication quantique, comme les appareils de cryptographie quantique destinés à la distribution quantique de clés, les détecteurs de photons uniques ou les qubits.

Le troisième thème sera consacré à la recherche de possibilités d'utiliser, pour des applications métrologiques, les nouvelles méthodes basées sur les capteurs quantiques et destinées à mesurer les champs électromagnétiques (p. ex. les atomes de Rydberg ou les centres NV¹¹). L'utilisation de ces technologies devrait également permettre à l'Institut de caractériser de tels dispositifs et d'assurer la traçabilité

métrologique des applications basées sur les capteurs quantiques. La figure 1 ci-après représente le centre de compétences pour la métrologie quantique prévu par METAS et complété par les étalons quantiques classiques.

Où en sommes-nous aujourd'hui et où cela nous mènera-t-il?

METAS a développé le concept de métrologie quantique en 2023. Il avait toutefois déjà effectué un premier bilan sur les possibilités offertes par les capteurs quantiques en 2021, qu'il a approfondies l'année d'après en collaboration avec le centre quantique¹² de l'Université de Bâle (Basel Quantum Center). Cette collaboration se poursuivra à l'avenir. Il s'agira tout d'abord d'explorer les compétences et

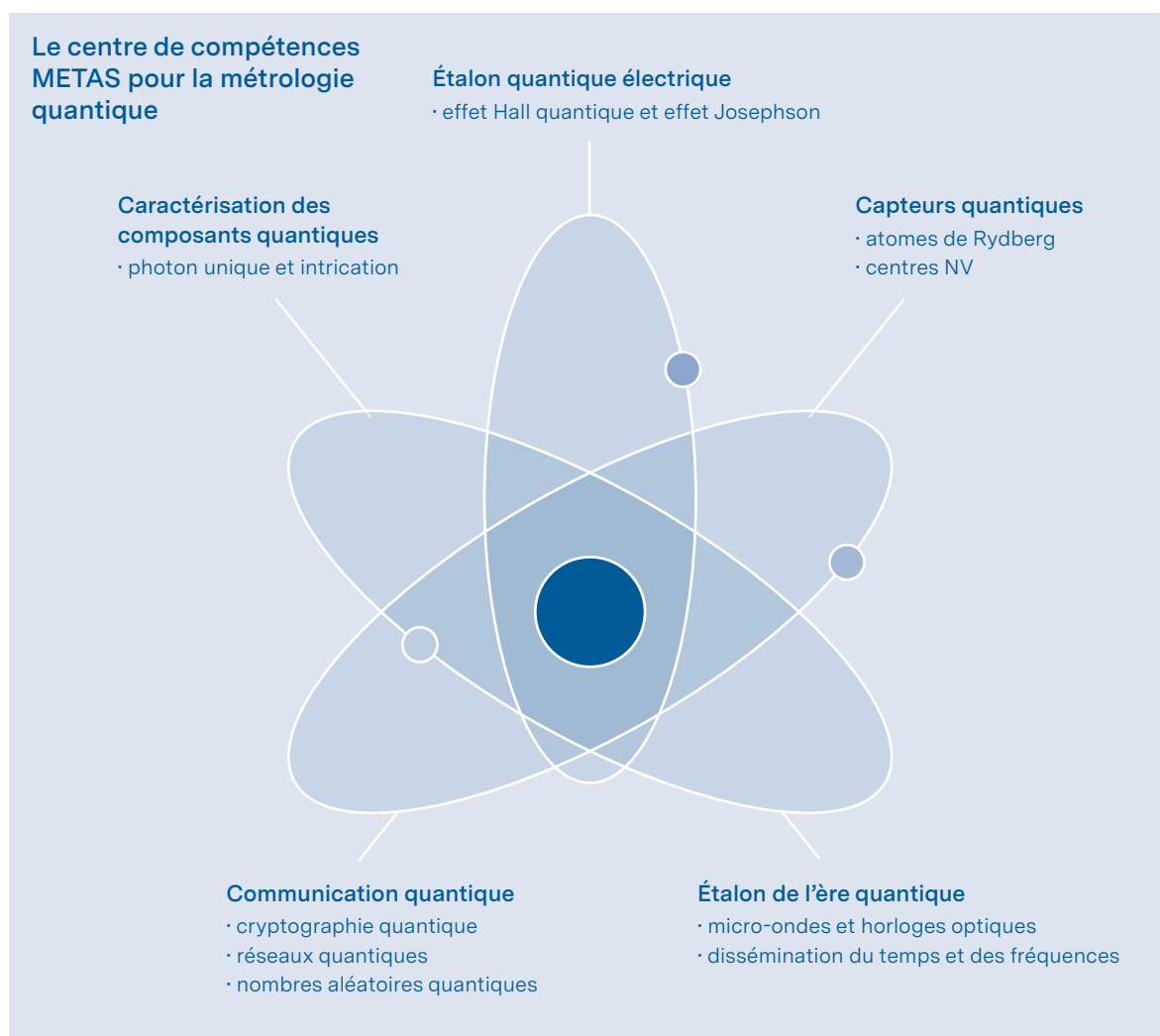
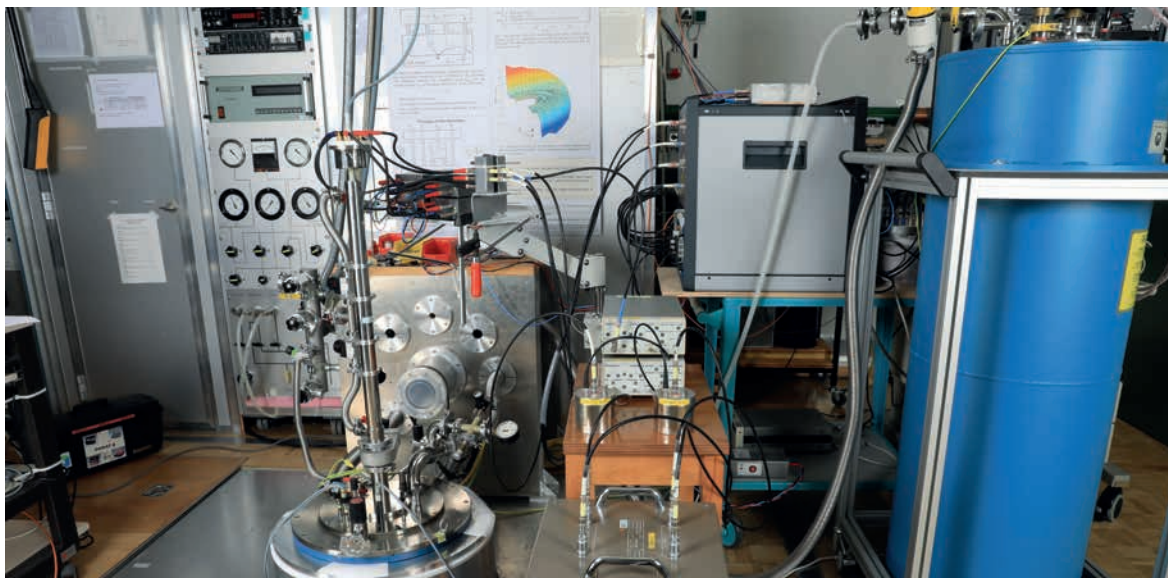


Fig. 1: les thèmes du centre de compétences pour la métrologie quantique de METAS.



Exemple de comparaison d'impédance avec le pont d'impédance Josephson à METAS basé sur la résistance de référence de l'effet Hall quantique.

les technologies pour les mesures des champs électriques, puis de les transférer à METAS. Un projet qui débutera en 2024 dans le cadre du programme de recherche et de développement Partenariat européen pour la recherche en métrologie prévoit d'essayer d'utiliser les atomes de Rydberg comme capteurs de champ électrique. Ils ont pour avantage d'être plus exacts, plus rapides et de présenter des fréquences de mesure plus élevées, ce qui peut être intéressant dans la production industrielle.

METAS cherche, également pour les autres thèmes, des possibilités de collaboration dans le cadre du milieu dynamique de la technologie quantique en Suisse. La métrologie quantique doit se mettre en place progressivement, afin de pouvoir couvrir à l'avenir toutes les technologies quantiques pertinentes pour la Suisse. Cette progression par étapes garantit que l'Institut exploite avec succès les avan-

tages de la deuxième révolution quantique et que les bases métrologiques nécessaires soient à la disposition de l'industrie et de la recherche. ●

Mécanique quantique

La mécanique quantique représente l'ensemble des lois physiques qui décrivent le comportement du monde au niveau des atomes et des molécules. Les lois de la mécanique classique, que nous expérimentons à l'échelle de nos dimensions habituelles, ne peuvent pas décrire tous les phénomènes de manière pertinente à l'échelle atomique. À partir d'un certain ordre de grandeur, la mécanique quantique se fond dans la mécanique classique. Ce principe de correspondance relie les deux théories.

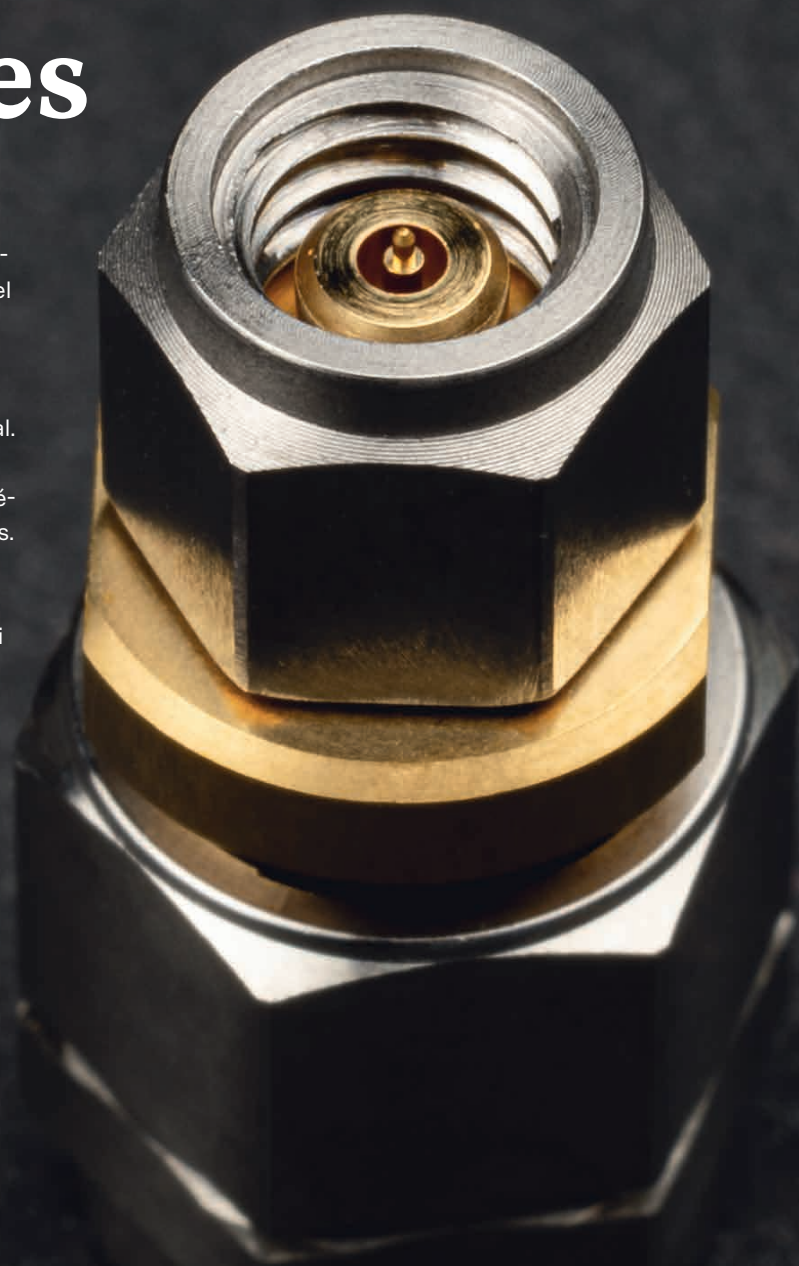
- 1 Max Planck: Vorträge Reden Erinnerungen. Hrsg.: Hans Roos, Armin Herrmann. Springer, Berlin, Heidelberg 2001, Vom Relativen zum Absoluten, doi:10.1007/978-3-642-56594-6_11
- 2 Alain Aspect – Facts – 2022. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2024. Mon. 5 Feb 2024. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/aspect/facts/>
- 3 Il a pu démontrer qu'en mécanique quantique, deux particules ou photons intriqués présentent cette action à distance ou encore cette non-localité, c'est-à-dire que lors d'une mesure effectuée sur l'une des particules, la seconde prend instantanément les mêmes propriétés.
- 4 Cf. p. ex.: A. Osterwalder and F. Merkt. Using high rydberg states as electric field sensors, 1999, Phys. Rev. Lett., 82, 1831.
- 5 Switzerland: A Hub for Quantum, November 2023, Swisnex <https://swisnex.org/app/uploads/sites/8/2023/11/Switzerland-A-Hub-for-Quantum-latest.pdf>

- 6 Testing and Evaluation Infrastructure for European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI), July 2023, European Commission, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-quantum-communication-infrastructure-euroqci>
- 7 B. Jeckelmann and B. Jeanneret, The quantum Hall effect as an electrical resistance standard, 2001, Rep. Prog. Phys. 64, 1603–1655.
- 8 B. Jeanneret and S. Benz, Application of the Josephson effect in electrical metrology, 2009, Eur. Phys. J. Spec. Top. 172, 181–206.
- 9 A. Jallageas, L. Devenoges, M. Petersen, J. Morel, L. G. Bernier, D. Schenker, P. Thomann and T. Südmeyer, First uncertainty evaluation of the FoCS-2 primary frequency standard, 2018, Metrologia 55, 366–385.
- 10 B. Bloom, T. Nicholson, J. Williams, et al. An optical lattice clock with accuracy and stability at the 10⁻¹⁸ level, 2014, Nature 506, 71–75.
- 11 Les centres NV sont des lacunes d'azote dans les diamants (d'où le nom centre azote-lacune), qui offrent une excellente possibilité de contrôler de manière cohérente l'état d'un système quantique et de mesurer ainsi des champs magnétiques ou électriques.
- 12 Voir <https://www.quantum.unibas.ch/>

Objet

Les connecteurs de câbles coaxiaux au centre de la métrologie des hautes fréquences

Les connecteurs de câbles coaxiaux servent à transmettre des signaux entre différents composants. Ils jouent par conséquent un rôle essentiel en métrologie, que ce soit pour l'exactitude des mesures de hautes fréquences ou l'étalonnage des instruments. La minutie de leur fabrication garantit une transmission claire et fiable du signal. Les connecteurs de câbles coaxiaux existent en différentes tailles et présentent diverses caractéristiques en fonction des gammes de fréquences. La nouvelle génération, sur laquelle METAS travaille actuellement, permettra de mesurer des fréquences jusqu'à 220 GHz et contribuera ainsi à développer la prochaine norme de téléphonie mobile, à savoir la 6G.



Interview

«Je souhaite mettre l'accent sur le développement durable.»

Bob Joseph Mathew, sous-directeur de METAS et chef de la division Métrologie légale, a pris ses fonctions de président du Comité International de Métrologie Légale (CIML) à la mi-octobre 2023. Il explique l'importance de l'Organisation Internationale de Métrologie (OIML) et de la métrologie légale au niveau mondial.



Bob Joseph Mathew, sous-directeur et chef de la division Métrologie légale à METAS et président du Comité International de Métrologie Légale.

Avant de rentrer dans les détails, peux-tu définir le terme « métrologie légale » et expliquer les raisons qui rendent le domaine si important pour la population et l'industrie ?

La métrologie légale définit les exigences qui s'appliquent aux instruments de mesure, à leur contrôle, à leur vérification et à leur utilisation. Ces réglementations concernent le commerce, la santé, la protection de l'environnement et la sécurité publique, et visent à empêcher les conséquences négatives que des mesures erronées pourraient avoir sur la société, l'environnement ou les consommateurs finals.

Tu présides le CIML, un comité appartenant à l'OIML. Quel rôle l'OIML joue-t-elle exactement en tant qu'organe suprême en métrologie légale ?

L'OIML a pour mission d'aider chaque pays à entretenir une infrastructure de métrologie légale, afin d'établir des normes et des exigences harmonisées à l'international pour les différents instruments de mesure et obtenir ainsi une reconnaissance mutuelle entre les pays. Ces règles facilitent les transactions commerciales, installent une confiance réciproque et renforcent la protection des consommateurs dans le monde.

Pour créer cette infrastructure, par exemple pour établir les normes et les processus, l'OIML travaille avec plusieurs gouvernements et organisations internationales, ainsi qu'avec l'industrie. Comment cette collaboration se déroule-t-elle ?

L'OIML est une organisation intergouvernementale établie par traité. Elle compte 120 états membres, représentés par des délégations. Celles-ci assument également le rôle inverse, à savoir représenter l'OIML dans leurs pays respectifs.

Les mémorandums d'accord définissent le cadre de la collaboration entre l'OIML et les organisations internationales, telles que l'Organisation internationale de normalisation (ISO), la Commission électrotechnique internationale (CEI) et l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

Cette collaboration peut également prendre la forme de groupes de travail, notamment avec l'Organisation mondiale du commerce (OMC), ou de projets, par exemple avec l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

En tant que représentant de la Suisse auprès de l'OIML, peux-tu décrire le déroulement de cette coopération-là ?

METAS représente la Suisse auprès de l'Organisation et sert d'interlocuteur principal. Quant à moi, je suis le délégué de METAS. Par le biais de ses experts ou de moi-même, l'Institut s'engage à plusieurs niveaux, que ce soit dans divers groupes de travail ou dans des organes de direction. Il organise en outre des séminaires et invite les groupes de travail à se réunir sur son site principal à Wabern.

Comment l'OIML peut-elle influencer la législation des états membres en matière d'instruments de mesure de manière à mieux protéger les consommateurs et à faciliter les transactions commerciales au niveau international ?

Le travail de l'OIML consiste principalement à formuler des recommandations. Certains pays les appliquent à la lettre, tandis que d'autres en reprennent l'essentiel ou certaines définitions. Néanmoins, cela permet d'atteindre une certaine harmonisation de la métrologie légale au niveau mondial.

De plus, l'OIML dispose d'un système de certification (OIML-CS) pour simplifier la mise sur le marché d'instruments de mesure. Ce système permet la reconnaissance mutuelle des rapports d'essai et épargne ainsi aux acteurs concernés la charge administrative liée aux autorisations ou aux évaluations de conformité des instruments de mesure.

Dis-nous-en plus sur ta nouvelle fonction: comment es-tu devenu président du CIML? As-tu dû mener une campagne ou convaincre un corps électoral ?

Je me suis impliqué dans différents thèmes de l'OIML ces dernières années, ce qui m'a amené à m'intéresser à une fonction de direction. L'ancien président m'a encouragé à intégrer le Conseil de la Présidence. Lorsque le siège de vice-président s'est libéré en 2019, je me suis présenté. Quatre autres candidats et moi-même avons en effet mené une campagne électorale, que j'ai remportée.

Quelques années plus tard, le président a annoncé son retrait. Nous étions deux à briguer le poste et à passer au deuxième tour des élections. L'important lors de celles-ci était d'obtenir le soutien de différentes régions. Mais ce n'était pas une campagne électorale proprement dite.

Quelles sont tes tâches principales en tant que président du CIML?

En tant que président, j'exerce des fonctions de stratégie, de surveillance, de représentation et de décision: premièrement, je définis avec le Conseil de la Présidence les lignes directrices en matière de stratégie pour les années suivantes; deuxièmement, je m'assure que le Bureau International de Métrologie Légale (BIML), le secrétariat de l'OIML, s'acquitte de ses tâches de gestion et mène ses activités quotidiennes avec efficacité; troisièmement, je représente l'OIML dans les divers événements nationaux et internationaux auxquels elle est conviée; enfin, je dois prendre certaines décisions en collaboration avec le Conseil de la Présidence, concernant par exemple les priorités à accorder aux futurs projets ou la définition et la mise en œuvre du programme de travail.

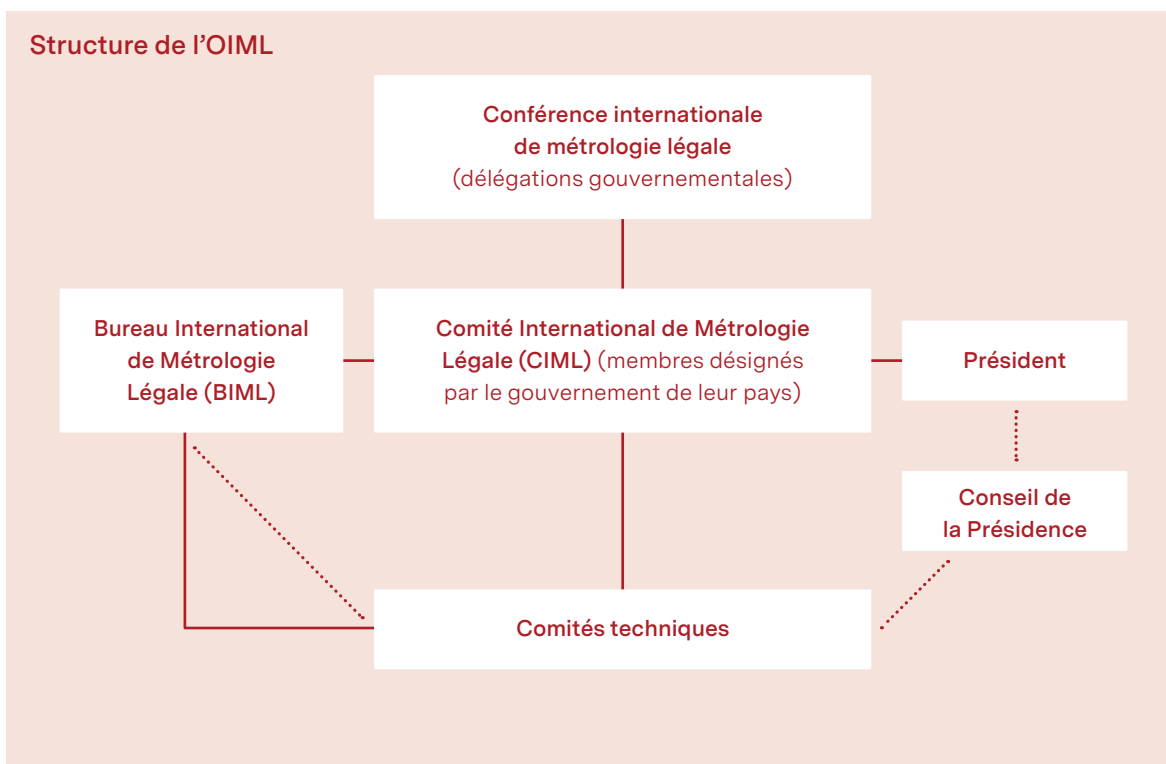
Je m'occupe en outre de diriger la Conférence, qui se réunit tous les quatre ans et que je prépare avec le BIML, ainsi que les réunions, qui ont lieu une fois par an.

Quelles compétences cette fonction requiert-elle?

Il est indispensable d'éprouver un vif intérêt pour le rôle en lui-même et pour la métrologie légale en général. Cela doit presque relever de la passion. Ajoutons ensuite une bonne dose d'habileté diplomatique et de patience, sans oublier une grande ouverture d'esprit: il faut savoir écouter tous les avis. Le rôle requiert aussi une certaine sagacité politique, particulièrement aujourd'hui, alors que la situation mondiale n'est pas simple.

Enfin, le plurilinguisme et de l'aisance dans un contexte multiculturel aident à mieux comprendre chacune des régions géographiques.

«Le sens de la diplomatie est indispensable et la patience est une vertu essentielle.»



L'OIML possède plusieurs organes, dont le Comité International de Métrologie Légale (CIML).



Nous vivons dans un monde de plus en plus numérique. Quelles en sont les conséquences en matière de métrologie légale?

Les caractéristiques des instruments de mesure et l'utilisation que nous en ferons changeront. Il en va de même pour le traitement des certificats et les exigences qui s'y appliqueront. C'est pourquoi les certificats d'étalonnage numériques (*digital calibration certificate*, DCC) gagnent en importance. Le défi pour l'OIML est de tenir la cadence avec ses recommandations.

La métrologie légale se numérise-t-elle de façon homogène dans le monde?

C'est précisément le défi qui se pose! La numérisation revêt une signification différente selon les régions. Certaines sont technologiquement plus avancées que d'autres et font face à des enjeux différents. Ainsi certaines régions établissent des instruments de mesure numériques et numérisent leurs processus, alors que l'Europe, qui a en partie plus d'avance dans ce domaine, parle d'intelligence

artificielle. De plus, chacune d'entre elles a sa propre approche de la protection et de la sécurité des données. La gestion uniforme de ces thèmes reste donc pour l'instant une musique d'avenir.

Qu'est-ce que l'OIML entreprend pour amener tous ses états membres au même niveau?

Nous avons créé un groupe de travail qui a recueilli et analysé les demandes et les revendications communes des états membres. Sur cette base, nous élaborerons un programme de travail qui devra convenir à la majorité et dont nous définirons les points principaux.

Parmi ces derniers, nous comptons l'apprentissage en ligne, aussi surprenant que cela puisse paraître, car l'OIML joue un rôle clé dans le transfert de connaissances. Différents cours devraient être proposés ainsi qu'une plateforme d'échange sur laquelle nous inviterons des experts et aborderons des questions spécifiques. Le terme «apprentissage en ligne» englobe tout le spectre de contenus d'apprentissage.

Quelles nouveautés, récentes ou à venir, dans le domaine de la métrologie légale pourraient avoir une influence sur les entreprises et les consommateurs dans le monde entier?

Je pense qu'en plus de la numérisation croissante, la sécurité alimentaire, l'environnement et la santé auront de plus en plus de répercussions. En tant que régulatrice ou législatrice, la métrologie légale contrôle le respect des conditions et peut jouer ainsi un rôle actif dans ces évolutions. Ce rôle dépend toutefois des décisions politiques de chaque pays.

Quel objectif aimerais-tu atteindre pendant ton mandat de président?

J'aimerais que les tâches principales telles que la formulation de recommandations soient accomplies efficacement et qu'elles répondent aux besoins des états membres. Je souhaite également mettre l'accent sur le développement durable; l'OIML devrait orienter ces objectifs dans cette direction. Nous pouvons commencer par encourager les séances en ligne et ne plus nous retrouver à chaque fois en personne. Ensuite, nous devrions nous pencher davantage sur les recommandations qui influencent le développement durable, par exemple en matière de santé ou de recharge de véhicules électriques. ●

Comité International de Métrologie Légale (CIML)

Le CIML constitue l'organe décisionnel de l'OIML.

Le CIML se réunit chaque année. De manière générale, ses décisions portent sur:

- l'approbation de la stratégie de l'OIML et du programme de travail annuel du BIML,
- l'élection du président et des vice-présidents,
- l'approbation des rapports financiers soumis par le directeur du BIML,
- la désignation du directeur et des adjoints au directeur du BIML,
- l'adoption de divers statuts, règlements, procédures internes, etc.,
- l'approbation des modifications à apporter au programme des travaux techniques de l'OIML et
- l'adoption de recommandations, documents, autres publications de l'OIML, etc.



Profil LinkedIn
de Dr Bob Joseph Mathew



Prestation de services

Détermination de vitesses basée sur des enregistrements vidéo

Des enregistrements vidéo adéquats permettent de repérer les infractions à la loi fédérale sur la circulation routière, à condition de disposer des connaissances spécialisées nécessaires. METAS fournit celles-ci aux autorités de poursuite pénale. Dans ce contexte, l'incertitude des calculs de vitesse constitue un enjeu important des analyses trajet-temps.

D' Daniel Sprecher, D' Christian Mester et D' Sören Fricke

Nous les percevons parfois comme abusives, or nous attendons des autres conducteurs qu'ils les respectent à la virgule près; autrement dit, nous sommes nombreux à éprouver à leur égard une certaine ambivalence. Il s'agit bien entendu des limitations de vitesse, générales ou signalées.

Lorsqu'elles mesurent la vitesse des véhicules, les autorités de contrôle constatent souvent des excès. Si la plupart ne constituent que de petites contraventions et n'entraînent d'autres conséquences que des amendes d'ordre, d'autres relèvent de l'infraction grave et impliquent l'intervention du ministère public (pour la procédure pénale) et du service des automobiles (pour le retrait de permis). En dehors des

localités, où la vitesse est limitée à 80 km/h et où l'on compte le plus d'accidents mortels, toute vitesse nette (c'est-à-dire la vitesse mesurée moins la marge de sécurité prévue par la loi) entre 110 km/h et 139 km/h constitue un délit. Enfin, les dépassements plus élevés, appelés familièrement «délits de chauffard», constituent des crimes et sont sanctionnés par une amende, un retrait de permis de deux ans au minimum et une privation de liberté d'au moins un an (souvent avec sursis).

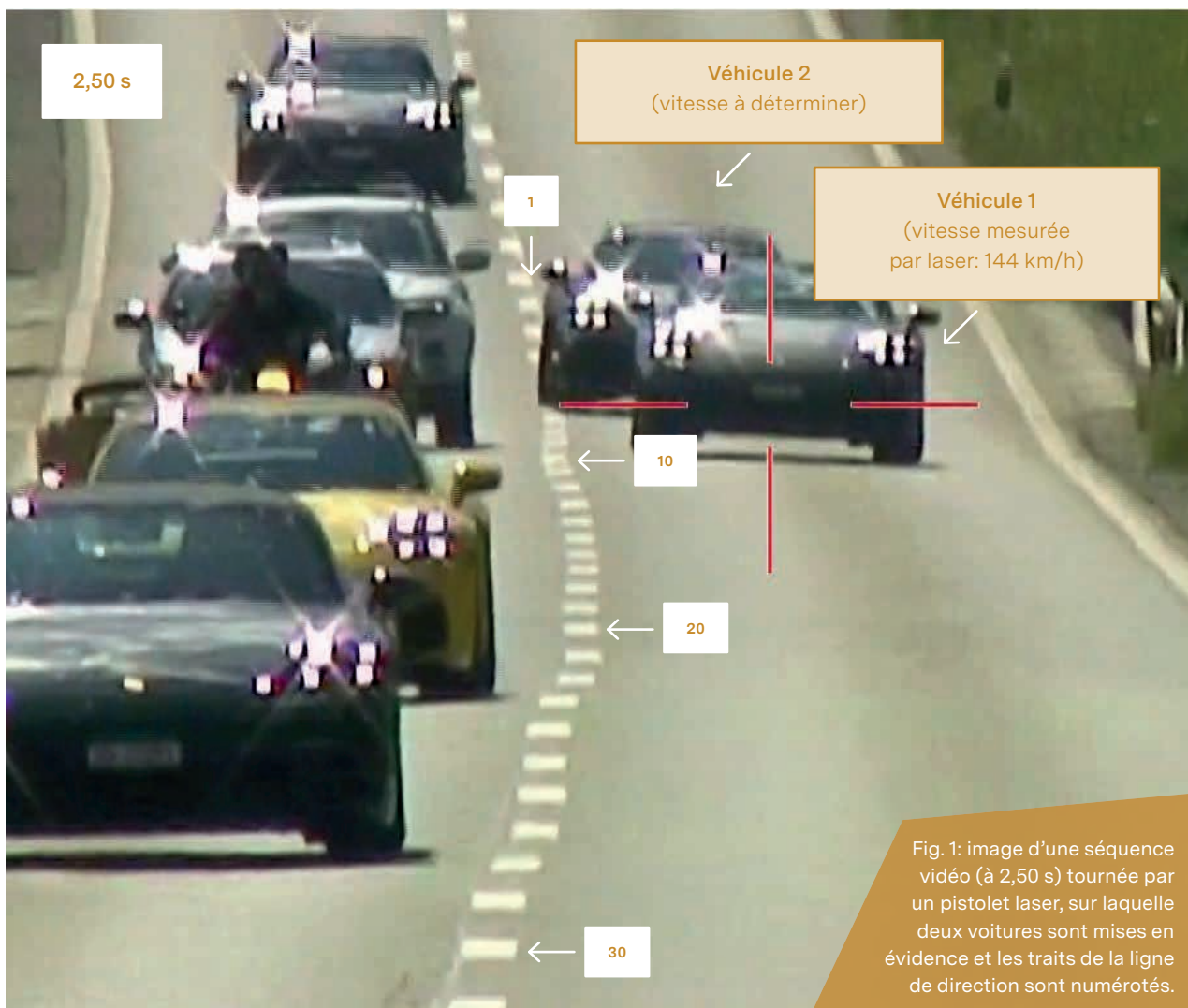


Fig. 1: image d'une séquence vidéo (à 2,50 s) tournée par un pistolet laser, sur laquelle deux voitures sont mises en évidence et les traits de la ligne de direction sont numérotés.

Délit de chauffard détecté par mesurage laser officiel

Pour repérer les excès de vitesse, la police met avant tout en place des instruments de mesure radars et lasers ainsi que des détecteurs de seuil, que METAS a au préalable contrôlés, autorisés et vérifiés chaque année. Prenons par exemple une mesure par laser effectuée hors localité sur une route de col. Le pistolet laser autorisé mesure une vitesse de 144 km/h, celle du véhicule 1, et filme par conséquent la scène (voir fig. 1). La vitesse nette du véhicule s'élève à 140 km/h, compte tenu de la marge de sécurité applicable dans ce cas, à savoir 4 km/h. Cette infraction se situe donc à la limite du délit de chauffard.

Étant donné les lourdes conséquences d'une telle mesure, les instruments employés pour la réaliser doivent faire preuve d'une fiabilité absolue. Cependant, pour les petites contraventions aussi, il faut pouvoir prouver que les limites d'erreurs sont bien respectées. En tant qu'organisme de contrôle et de certification, METAS est, à l'instar du fabricant et de l'utilisateur, responsable de la fiabilité des mesures de vitesse effectuées lors de contrôles officiels.

Délits de chauffard détectés autrement

METAS axe ses activités sur les instruments de mesure autorisés. Il existe cependant d'autres moyens de détecter les excès de vitesse, notamment par les biais d'enquêtes. La séquence vidéo de l'exemple donné plus haut montre un deuxième véhicule juste derrière le premier (fig. 1), ce qui laisse présumer

qu'il commet également un excès de vitesse relevant du délit ou du crime. Toutefois, sa vitesse n'a pas été mesurée officiellement.

Dans certaines situations, en effet, les autorités de poursuite pénale décèlent des indices de délit ou de crime, sans toutefois disposer d'une mesure offi-

cielle sur le véhicule concerné pour attester l'un ou l'autre. Elles sont tenues dans ce cas d'initier une enquête pour confirmer ou infirmer les soupçons. Les indices peuvent prendre la forme de traces visibles d'accident, de traces numériques dans le véhicule ou d'enregistrements vidéo saisis par les autorités.

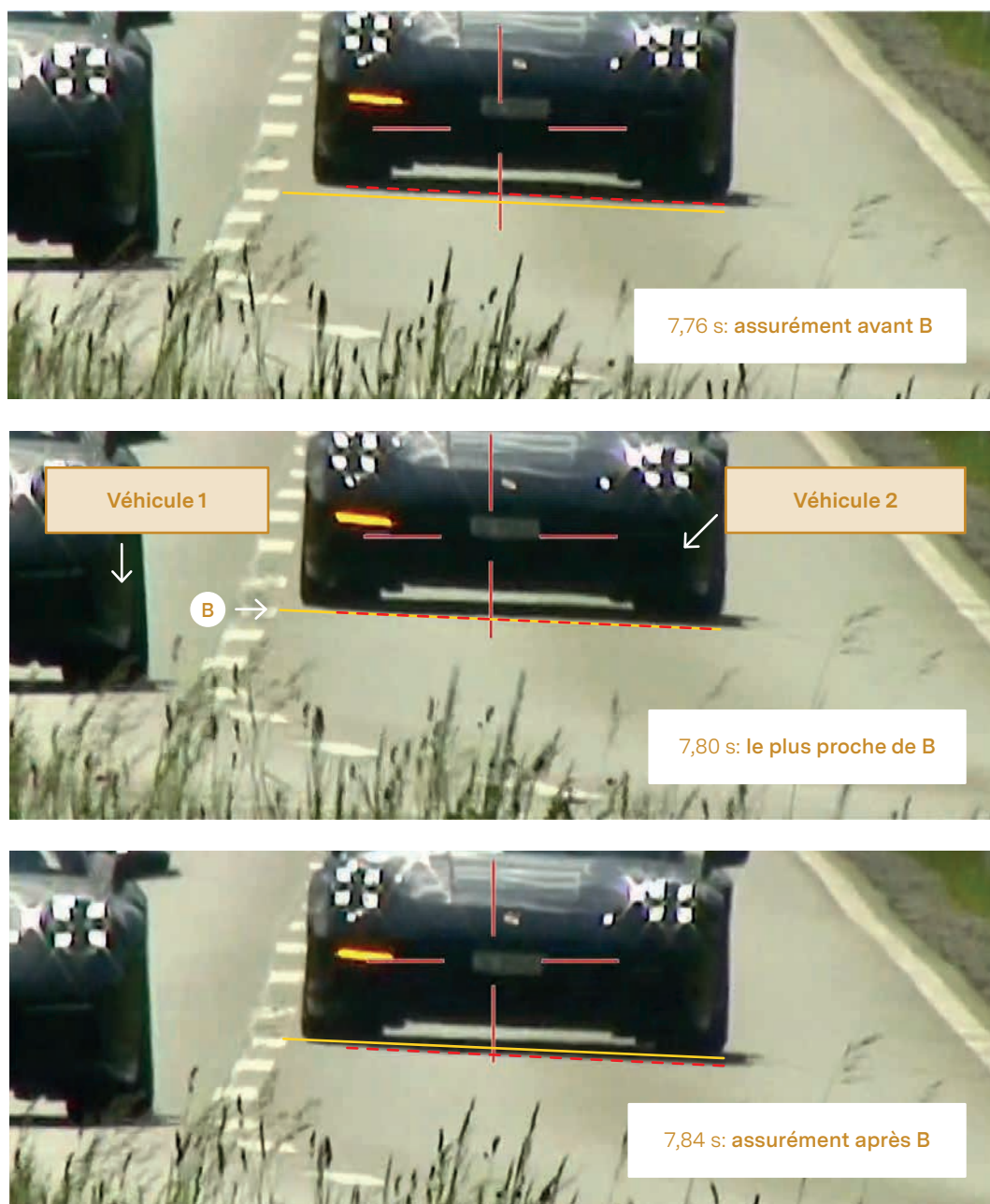


Fig. 2: gros plans de trois autres images de la vidéo tournée par le pistolet laser avec les codes temporels, des lignes indicatives et les légendes des véhicules.

Dans ce contexte, METAS offre des prestations fondées sur des enregistrements vidéo, par exemple dans les situations suivantes:

- une caméra (p. ex. de surveillance routière) a filmé un accident ou une mise en danger grave et délimitée des autres usagers de la route;
- une personne a filmé sa propre conduite (p. ex. avec son téléphone) et publié la vidéo sur les réseaux sociaux ou la police est entrée en possession de celle-ci par d'autres moyens;
- dans le cadre d'un contrôle officiel de vitesse, la caméra de l'instrument de mesure a filmé un véhicule sans qu'une mesure ait pu être effectuée sur ce dernier (comme le véhicule 2 de la fig. 1)

Si les autorités de poursuite pénale considèrent un enregistrement vidéo comme moyen de preuve recevable, elles mandatent des experts, afin de déterminer la vitesse minimale du véhicule en question. La section suivante présente une des méthodes d'analyse possibles relatives au véhicule 2 de la figure 1.

Analyse trajet-temps de l'exemple

L'analyse trajet-temps s'appuie sur deux références spatiales fixes au minimum et consiste à déterminer le temps que met le véhicule à parcourir la distance qui les sépare. Dans le présent exemple, le début du trait no 6 et celui du trait no 30 (voir fig. 1) ont été respectivement choisis comme positions de référence A et B.

La figure 2 montre trois images consécutives. Sur la première image (à 7,76 s), les roues avant du véhicule 2 (ligne rouge) se situent indubitablement avant la position de référence B (ligne jaune). Sur la troisième image (à 7,84 s), les roues avant ont assurément dépassé la position de référence B. Par conséquent, le véhicule a passé la position de référence B à $7,80 \text{ s} \pm 0,04 \text{ s}$. L'incertitude de 0,04 s délimite la plage dans laquelle se situe le temps réel.

Le moment auquel le véhicule a passé la position de référence A est évalué de la même manière à $2,28 \text{ s} \pm 0,08 \text{ s}$. En se fondant sur ces deux informations, on peut calculer que le véhicule a mis $5,52 \text{ s} \pm 0,12 \text{ s}$ à parcourir la distance qui sépare les deux positions de référence A et B.

Or il est impossible de déduire la vitesse d'un véhicule sur la seule base d'enregistrements vidéo, puisque ceux-ci ne contiennent aucune information concernant les distances; une autre source, indépendante, fournissant des indications métriques est indispensable. Des mètres rubans, odomètres, scanners laser, véhicules de mesure ou autres moyens techniques permettent de mesurer sur place, après-coup, la distance parcourue. Dans l'exemple, la distance entre A et B a été évaluée à $231,7 \text{ m} \pm 1,3 \text{ m}$ à partir de l'orthophoto de swisstopo disponible en ligne.

Le calcul de la vitesse à partir de la durée et de la distance est détaillé dans l'encadré en haut à droite. La réponse suivante peut être apportée à la question du ministère public («Quelle est la vitesse minimale du véhicule 2?»): la vitesse du véhicule 2, déterminée par l'analyse décrite ci-dessus, s'élève à $147 \text{ km/h au minimum}$.

Enregistrement vidéo, oui, mais pas n'importe lequel

L'analyse détaillée plus haut montre que l'on peut fonder des affirmations fiables concernant la vitesse des véhicules sur des enregistrements vidéo, plus précisément sur les codes temporels et le contenu des images, combinés à des mesures de distances. L'incertitude propre aux observations faites dans l'exemple a été déduite en faveur du conducteur. Elle dépend de nombreux facteurs, tels que la distance, la qualité de l'image et la perspective, et ne pourrait donc raisonnablement faire l'objet d'une déduction standard, comme pour les mesures officielles.



Un pistolet laser en action (reconstitution).

Pour déterminer la vitesse, deux résultats sont calculés:

vitesse brute = le résultat le plus précis possible
= $231.7 \text{ m} / 5.52 \text{ s} = 42.0 \text{ m/s} = 151.1 \text{ km/h}$;

vitesse nette = le plus petit résultat qui reste cohérent avec les données
= $(231.7 \text{ m} - 1.3 \text{ m}) / (5.52 \text{ s} + 0.12 \text{ s}) = 40.8 \text{ m/s} = 147.0 \text{ km/h}$;

En résumé, la vitesse arrondie équivaut à 151 km/h ± 4 km/h.

Le présent article prend l'exemple de l'enregistrement vidéo par un pistolet laser, car celui-ci peut servir à déterminer la vitesse d'un véhicule au moyen des deux méthodes types. Pour les mesurages comme dans le cas du véhicule 1, l'instrument de mesure est soumis, tout comme la procédure, à l'ordonnance sur les instruments de mesure et doit avoir été contrôlé, autorisé et vérifié au préalable. En revanche, le principe de liberté des moyens de preuve s'applique dans le cadre des enquêtes, ce qui signifie que les preuves disponibles sont analysées a posteriori. Cependant, tout enregistrement vidéo ne se prête pas nécessairement à une enquête: un expert doit juger au cas par cas de la recevabilité de la vidéo sur le plan technique. Les moyens de preuve disponibles déterminent également la méthode d'analyse qui sera choisie.

Il faut préciser qu'une enquête ne peut être initiée que sur soupçon d'infraction grave, contrairement aux mesures, qui ne dépendent pas de l'infraction soupçonnée et que l'on peut effectuer en grand nombre.

L'article «Weg-Zeit-Analysen von Videoaufnahmen» du *Jahrbuch zum Strassenverkehrsrecht* (Zurich 2024, en cours d'édition) traite du sujet plus en détail et présente d'autres méthodes d'analyse. ●

Prestations de METAS

Dans le cadre d'enquêtes impliquant des enregistrements vidéo:

- expertise vidéo pour les délits en lien avec la vitesse et les distances de sécurité (uniquement sur requête du ministère public et des tribunaux)
- cours sur l'analyse trajet-temps d'enregistrements vidéo (voir l'autre encadré ci-dessous)

En lien avec les instruments de mesure de vitesse autorisés:

- examen et approbation d'instruments de mesure
- vérification d'instruments de mesure
- expertise d'un instrument de mesure pour des mesures de vitesse spécifiques (uniquement sur requête du ministère public et des tribunaux)

Cours sur l'analyse trajet-temps

METAS dispense chaque année depuis 2021 un cours en allemand sur l'analyse d'enregistrements vidéo (le cours a aussi été donné une fois en français et une fois en italien). Celui-ci s'adresse en premier lieu aux collaboratrices et collaborateurs des autorités et des instituts de police, mais est ouvert à tout le monde. Il présente les logiciels utiles, que les participantes et participants apprennent à utiliser au moyen de démonstrations et de nombreux exemples pratiques.

Informations complémentaires:



www.metas.ch >
Services > Offres des cours

À propos de METAS

Les laboratoires nationaux de référence pour les organismes génétiquement modifiés et les virus dans les denrées alimentaires



La sécurité alimentaire est assurée par plusieurs acteurs, que ce soit au niveau de la production, de la transformation, de la commercialisation ou du contrôle. Les laboratoires nationaux de référence de METAS pour les organismes génétiquement modifiés et les virus dans les denrées alimentaires jouent un rôle décisif dans le cadre du contrôle. Ils contribuent à l'application de méthodes d'analyse uniformes par les laboratoires d'exécution.

Les aliments consommés crus ou légèrement chauffés peuvent transmettre des virus pathogènes à l'homme. C'est le cas de cette délicieuse tarte glacée, dont les fraises sont contaminées par le virus de l'hépatite A.

Il y a en Suisse un principe selon lequel les denrées alimentaires mises sur le marché ne doivent pas présenter un danger pour la santé des consommatrices et des consommateurs. Pour pouvoir garantir la sécurité sanitaire des produits et éviter les tromperies, il est nécessaire de procéder à des analyses des denrées alimentaires ainsi que des objets usuels. Ainsi les organismes génétiquement modifiés (OGM) dans les denrées alimentaires ne sont pas acceptés par la majorité de la population suisse, raison pour laquelle des contrôles du marché sont régulièrement réalisés afin de vérifier le respect des dispositions légales. Ces tâches sont majoritairement assumées par les laboratoires d'exécution officiels suisses (laboratoires cantonaux, offices de protection des consommateurs). Le rôle des deux laboratoires nationaux de référence (LNR) de METAS pour les organismes génétiquement modifiés et les virus dans les denrées alimentaires consiste notamment à garantir que les laboratoires d'exécution appliquent des méthodes d'analyse uniformes. Le recours systématique à des méthodes d'analyse validées permet par exemple de détecter avec une grande fiabilité des agents pathogènes tels que des virus dans les denrées alimentaires, et de réduire ainsi les risques de maladies graves.

Les bases légales relatives à la désignation et aux tâches des LNR sont définies par la loi sur les denrées alimentaires (art. 43 LDAI) et par l'ordonnance sur l'exécution de la législation sur les denrées alimentaires (art. 59-61 OELDAI). La Confédération, et plus précisément l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV), désigne les laboratoires nationaux de référence. Cette tâche peut être confiée à des laboratoires gérés par la Confédération ou à des laboratoires privés. La Suisse compte au total 15 LNR qui sont tous en charge d'un domaine analytique spécifique. Quatre laboratoires assument cette fonction chez METAS: les deux laboratoires susmentionnés ainsi que le LNR pour les éléments chimiques et les composés azotés dans les denrées alimentaires et le LNR pour les contaminants de procédés dans les denrées alimentaires.

Fonctions et tâches

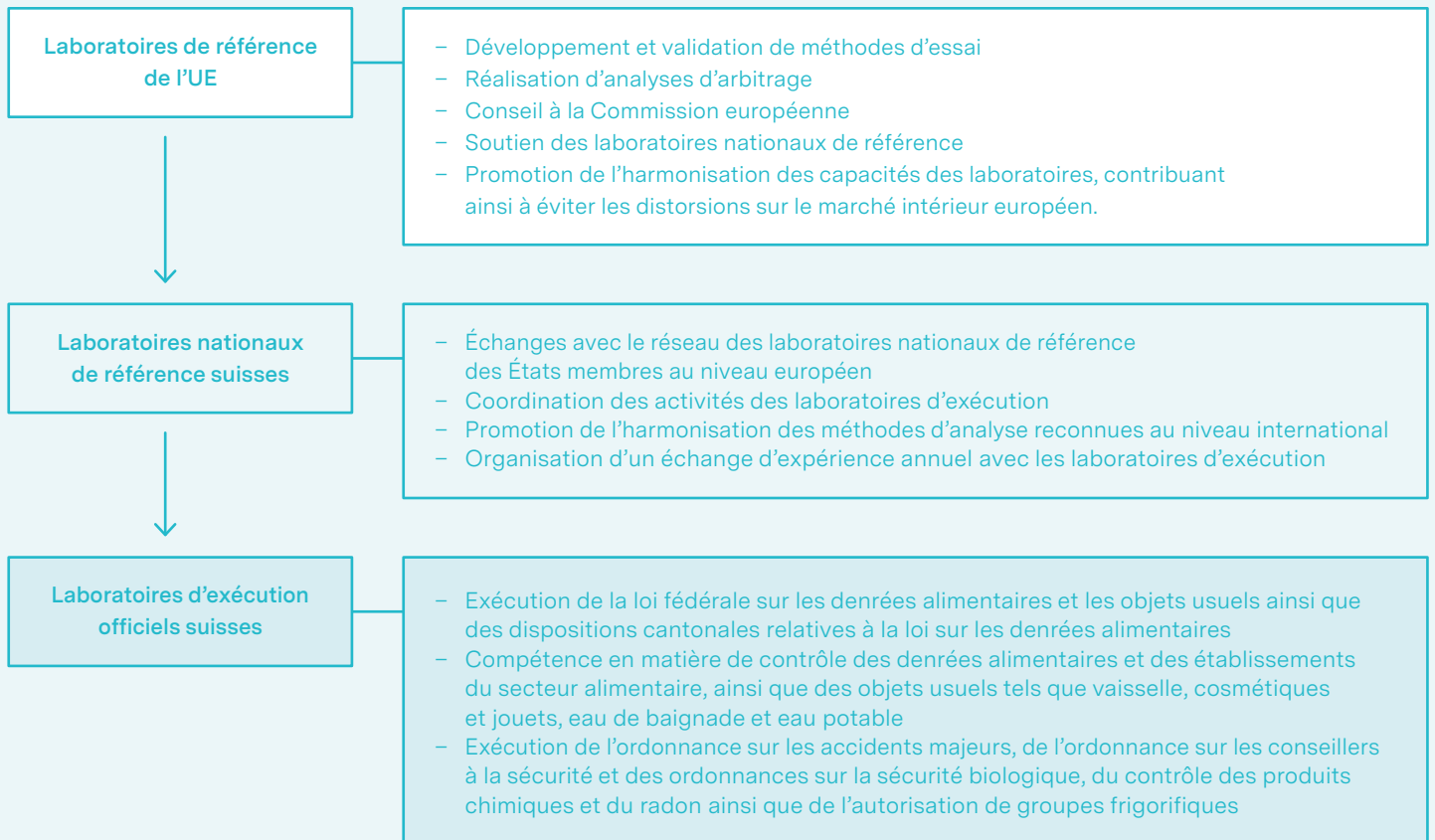
Les LNR assument différentes tâches dans le cadre de leur fonction: ils collaborent avec les laboratoires de référence de l'Union européenne (EURL) et entretiennent des échanges au niveau européen avec le réseau des laboratoires nationaux de référence des États membres. Par ailleurs, ils coordonnent les

activités des laboratoires d'exécution, promeuvent l'harmonisation des méthodes d'analyse reconnues au niveau international et organisent un échange d'expérience annuel avec les laboratoires d'exécution. Avec souvent de nombreuses années d'expérience à leur actif dans leur domaine, les LNR forment un centre de compétence analytique et fournissent un soutien technique et scientifique aux laboratoires d'exécution. Les LNR peuvent par exemple réaliser des analyses de confirmation pour les laboratoires d'exécution, valider de nouvelles méthodes de détection et organiser des essais interlaboratoires ou des essais d'aptitude pour les laboratoires officiels. Les LNR peuvent également procéder à des campagnes d'analyses sur mandat de l'OSAV.

Campagnes de mesures et contrôles du marché sur mandat de l'OSAV

Les deux LNR OGM et virus conseillent l'OSAV sur les risques encourus par les consommatrices et les consommateurs du fait de virus pathogènes pour l'homme dans les denrées alimentaires ou de la présence d'OGM dans les denrées alimentaires sur le marché suisse. En cas de suspicion de virus ou d'OGM dans des denrées alimentaires, ou en cas de présence accrue, p. ex. suite à des notifications du Système d'alerte rapide pour les denrées alimentaires et les aliments pour animaux (RASFF, Rapid Alert System for Food and Feed), il est possible d'effectuer des contrôles de denrées alimentaires importées sur le marché. L'exécution de ces contrôles est confiée par l'OSAV au LNR OGM ou au LNR virus de METAS. Lors de ces campagnes de mesures, les échantillons sont généralement prélevés aux bureaux de douane et dans les aéroports suisses. Un laboratoire d'exécution est à chaque fois mandaté pour les éventuelles tâches d'exécution requises en cas de résultats positifs.

Diverses campagnes de mesures ont déjà été réalisées par le LNR virus dans le passé, par exemple l'analyse de baies surgelées en 2014, celle de légumes et d'herbes aromatiques en provenance d'Asie en 2015 ou encore celle de saucisses crues et de saucisses de foie à tartiner en 2016. Durant la saison des coquillages 2017/2018, des huîtres, des moules, des palourdes, etc. ont fait l'objet d'analyses, et de 2019 à 2021, différentes campagnes de détection des virus de l'hépatite E dans les produits carnés ont été menées.



Au printemps 2021, l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) a enregistré une augmentation des infections au virus de l'hépatite E en Suisse basée sur des déclarations de médecins. 104 personnes ont été touchées, 29 ont dû être hospitalisées et deux patients sont décédés des suites de l'infection. Les personnes touchées ont été interrogées sur leur consommation de denrées alimentaires, mais leurs réponses n'ont pas permis de mettre en évidence une source d'infection précise et univoque. Toutes les personnes ont cependant indiqué avoir consommé des produits à base de viande de porc. L'OSAV a par conséquent décidé de procéder à un monitoring des virus de l'hépatite E dans la viande et les produits carnés. Les autorités cantonales de contrôle de la sécurité alimentaire en Suisse et au Liechtenstein ont prélevé 199 échantillons dans différentes entreprises. Sur les 47 échantillons de viande fraîche, deux foies de porc ont été testés positifs aux virus de l'hépatite E. Cela a été aussi le cas pour trois saucisses sur 152. Ces résultats démontrent que les produits carnés peuvent être contaminés par des virus de l'hépatite E en Suisse et qu'une infection est possible en cas de consommation de tels produits.

Méthodes d'analyse

Les deux laboratoires nationaux de référence appliquent des méthodes de biologie moléculaire pour détecter les OGM et les virus dans les denrées alimentaires et les quantifier. La détection d'OGM et de virus pathogènes pour l'être humain est réalisée à l'aide d'acides nucléiques extraits de la matrice alimentaire, ou à l'aide du matériel génétique. Ce matériel génétique est constitué par des acides désoxyribonucléiques (ADN) dans les échantillons d'OGM et, le plus souvent, par des acides ribonucléiques (ARN) pour les virus concernés. La détection des acides nucléiques est effectuée à l'aide d'une réaction en chaîne par polymérase (en anglais: *polymerase chain reaction*, PCR; cf. encadré).

PCR en temps réel

Lors d'une PCR en temps réel, ou PCR quantitative, une sonde fluorescente est ajoutée au mélange réactionnel (qPCR). L'augmentation du produit de PCR est mesurée à l'aide de cette sonde à la fin de chaque cycle de PCR. L'activité nucléase de l'ADN polymérase sépare le colorant fluorescent de la sonde et cet événement est détecté par le thermocycleur de PCR en temps réel. Le nombre de cycles PCR lors desquels le signal de fluorescence mesuré

dépasse un seuil prédéfini donne la valeur Cq (*quantification cycle*). Plus il y a d'ADN cible dans la réaction PCR, moins il faut de cycles PCR pour atteindre le seuil. Il est ainsi possible de déterminer la teneur en ADN d'échantillons inconnus. Afin de quantifier l'ADN cible dans un échantillon, la valeur Cq de l'échantillon est comparée avec la valeur Cq d'un étalon (ou d'une série étalon). Cela permet de déterminer le pourcentage d'OGM dans une denrée alimentaire, par exemple de soja Roundup Ready dans un échantillon de tofu.

PCR numérique

Une deuxième méthode plus précise est appliquée pour l'analyse quantitative des OGM ainsi que des virus: la PCR numérique. Dans cette procédure, l'ADN cible est réparti dans un grand nombre de tubes de réaction (gouttelettes d'eau dans l'huile ou

cavités d'une nanoplaque) qui présentent un volume défini de l'ordre du nanolitre. L'ADN contenu dans les cavités est ensuite amplifié dans une PCR à l'aide d'une sonde fluorescente (de la même manière que pour la PCR en temps réel). Les gouttelettes sont enfin lues dans un lecteur de PCR numérique et chaque gouttelette affiche un résultat numérique: signal d'amplification oui/non. L'analyse d'un grand nombre de gouttelettes, environ 20000 par réaction, permet d'atteindre une signification statistique. La proportion de gouttelettes avec amplification réussie est proportionnelle à la quantité d'ADN cible utilisée, ce qui permet de quantifier la part d'OGM ou la concentration virale présente dans un échantillon. Contrairement à la PCR en temps réel, le lecteur d'une PCR numérique n'évalue pas le signal après chaque cycle de PCR, mais uniquement une fois que l'amplification de la séquence ADN est terminée



En Suisse, les organismes génétiquement modifiés dans les denrées alimentaires, comme ces grains de maïs et ces fèves de soja, ne peuvent être mis en circulation qu'avec une autorisation de l'OSAV. Dans le LNR OGM à METAS, on vérifie si les exigences légales concernant les OGM dans les denrées alimentaires sont remplies.

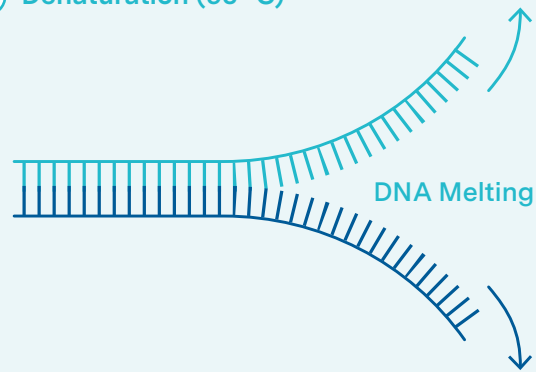
La réaction en chaîne par polymérase (PCR)

La réaction en chaîne par polymérase (PCR) est une méthode de biologie moléculaire utilisée pour procéder à l'amplification exponentielle de l'ADN in vitro. La PCR permet une multiplication rapide et sélective de segments d'ADN spécifiques. Le mélange réactionnel de PCR contient l'ADN cible, des amorces ainsi que des éléments constitutifs d'ADN (nucléotides) et une enzyme d'ADN polymérase résistante à la chaleur. Le cycle de PCR est constitué de trois étapes: dénaturation, hybridation et élongation.

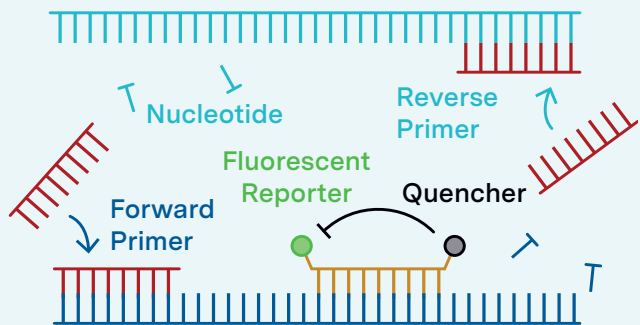
Lors de la dénaturation, la double hélice d'ADN est séparée par chauffage à 95 °C; lors de l'hybridation, les amorces s'hybrident à l'ADN cible à environ 50-65 °C; lors de l'élongation, l'ADN polymérase allonge les amorces à 72 °C en liant des nucléotides pour former un nouveau brin d'ADN, opération au cours de laquelle la suite de nucléotides (séquence) de l'ADN cible sert de modèle et est lue par l'ADN polymérase. Cela permet de synthétiser deux nouveaux brins d'ADN qui serviront à nouveau de modèle lors du cycle de PCR suivant.

Les fragments d'ADN sont multipliés de manière exponentielle en plusieurs cycles (normalement 35-45). Dans le cas de la PCR en temps réel, une sonde fluorescente est ajoutée au mélange réactionnel. Celle-ci est désagrégée par l'activité de l'ADN polymérase, libérant ainsi un signal fluorescent mesuré par le lecteur PCR en temps réel après chaque cycle de PCR.

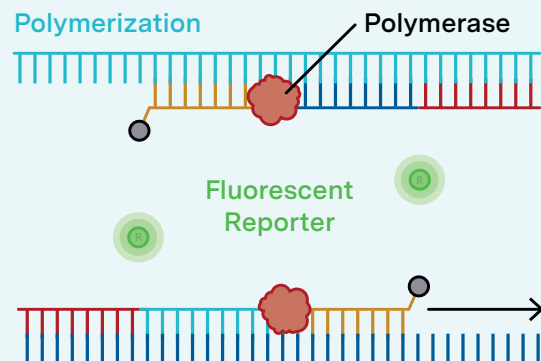
1 Dénaturation (95 °C)



2 Primer Annealing (50-65 °C)



3 Extension (72 °C)



(PCR en point final). L'efficacité de l'amplification ne joue ainsi ici qu'un rôle secondaire, raison pour laquelle la PCR numérique est moins sensible aux inhibiteurs que la PCR en temps réel. Il s'agit là d'un avantage de taille pour l'analyse des échantillons de denrées alimentaires qui contiennent souvent des composants inhibiteurs.

Mode opératoire pour l'analyse des OGM

Pour analyser la présence d'OGM dans des denrées alimentaires, on commence par extraire l'ADN de l'échantillon. Le LNR OGM dispose de six procédures d'extraction différentes qui sont appliquées en fonction de la nature de la matrice alimentaire présente. L'ADN des échantillons est ensuite analysé à l'aide d'une procédure de recherche générale (screening) afin de trouver des éléments génétiques contenus dans l'ADN transgénique de nombreux OGM. Il s'agit généralement d'éléments de contrôle génétiques tels que des séquences promotrices ou terminatrices. En cas de résultat positif, on utilise des méthodes spécifiques d'un construit ou d'un événement afin d'identifier les OGM. Les méthodes PCR multiplexes permettent de mettre en évidence plusieurs éléments génétiques simultanément dans une réaction, ce qui réduit la durée des analyses ainsi que les coûts.

En cas de mandats d'analyses d'un laboratoire d'exécution, le LNR OGM reçoit généralement des échantillons dont le screening des OGM a déjà donné un résultat positif. Le LNR OGM essaie ensuite d'identifier les événements OGM qui s'y trouvent à l'aide de méthodes qPCR multiplexes développées par le laboratoire. Si cette procédure est couronnée de succès, l'événement OGM identifié est quantifié via une PCR numérique en appliquant les méthodes de référence spécifiques à l'événement et validées par l'EURL. Dans les denrées alimentaires fortement transformées telles que le pop-corn, le tofu, le ketchup, l'amidon de maïs, etc., l'ADN est cependant souvent très dégradé ou uniquement présent sous forme de petites traces, rendant ainsi une analyse biologique moléculaire très difficile, voire impossible.

Mode opératoire pour l'analyse des virus

En ce qui concerne l'analyse des virus, l'échantillon est souvent prélevé par les laboratoires d'exécution en cas de suspicion d'épidémie d'origine alimentaire. Les denrées alimentaires consommées par les per-

Autorisation des OGM

En Suisse, la mise sur le marché de denrées alimentaires comportant des organismes génétiquement modifiés (OGM) nécessite une autorisation délivrée par l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV). Quatre lignées de plantes génétiquement modifiées sont autorisées: trois lignées de maïs et une lignée de soja (soja Roundup Ready). Les denrées alimentaires et les additifs issus de ces OGM autorisés sont soumis à des règles d'étiquetage très strictes. Un régime de tolérance s'applique à 55 autres lignées de plantes OGM (maïs, soja, coton, colza).

sonnes touchées et leurs symptômes permettent de formuler un soupçon sur le virus responsable, soupçon qui doit ensuite être confirmé par des analyses des denrées alimentaires menées par le LNR virus.

Développement de techniques de mesure pour mesures biologiques

L'objectif principal des deux LNR est de développer de nouvelles techniques de mesure pour des mesures biologiques, de rendre les mesures comparables et de pouvoir utiliser des méthodes de mesure jusqu'à présent principalement qualitatives dans une perspective quantitative. Le LNR Virus a récemment développé des matériaux de référence pour détecter des vibrions (bactéries présentes dans l'eau de mer et dans les fruits de mer) et espère en développer d'autres bientôt.

Dans le domaine de la recherche et du développement de plantes OGM, on utilise de plus en plus la technologie dite d'édition du génome (système CRISPR/Cas) dans laquelle seuls des morceaux de séquences très petites ou même des paires de base ciblées sont modifiés dans le génome de la plante. Le défi de taille est aujourd'hui de détecter et quantifier de manière fiable ces modifications à l'aide de la technologie établie de la PCR. Le LNR OGM a également pour objectif de développer et de valider de nouvelles techniques de mesure en se basant sur le séquençage du génome afin de mettre à disposition des méthodes de mesure biologiques pour répondre à des défis analytiques futurs. ●

Information, formation et cours



Prêt pour de nouvelles connaissances?



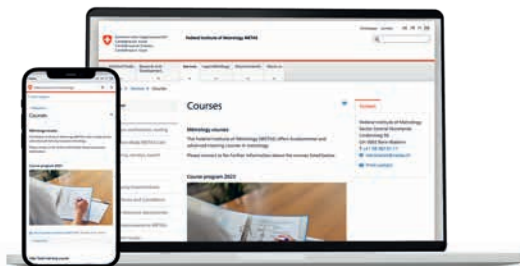
METaspects



www.metas.ch > Documentation > Publications METAS



Rapport d'activités



www.metas.ch > Services > Offres de cours

Retrouvez toutes les publications de METAS sur son site Internet et profitez de connaissances en bloc sur l'Institut et la métrologie ainsi que de nos publi-

cations périodiques, telles que la revue de métrologie suisse *La Référence*, les rapports annuels et les *METaspects*.