

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2019

SOMMAIRE

- Entretien avec Thomas GRENON 4
- LNE 2025 : 5 axes stratégiques pour préparer le futur 6
- L'essentiel de l'année 8
- Rencontre avec des innovateurs**
- Attester le temps, un défi clé de la cybersécurité 10
- La métrologie, au coeur de l'industrialisation du graphène 11
- Un contrôle qualité sûr, pour booster la fabrication additive 12
- Des gages de sécurité pour la voiture du futur 13
- Soutenir l'avant-garde 14
- Bâtir un monde durable 22
- Garantir la sécurité de chacun 28
- Recherche : de nouvelles références, pour de nouveaux progrès 36
- Faire preuve d'agilité 40
- Conseil d'administration 48
- Comité exécutif 49
- Adresses 50

PHOTO DE COUVERTURE :
COUCHES DE GRAPHÈNE EXFOLIÉES OBSERVÉES
PAR MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE.

LABORATOIRE DE RÉFÉRENCE POUR LES TECHNOLOGIES DE DEMAIN

Dans un monde soumis à de multiples défis économiques, environnementaux, sanitaires, sécuritaires... l'innovation est un moteur essentiel de la prospérité. Pour accompagner les ruptures technologiques, le LNE développe des moyens de mesure toujours plus précis. Les industriels maîtrisent ainsi la qualité de leurs procédés, pour asseoir leurs stratégies les plus ambitieuses. Quant à la société, elle bénéficie d'un développement plus durable et plus sûr.

<p>829 collaborateurs dont 649 sur les activités LNE France 180 collaborateurs GMED SAS</p>	<p>8 000 clients</p>
<p>55 000 m² de laboratoires</p>	<p>8 implantations</p>
<p>32 accréditations cofrac (liste des sites et portées disponibles sur cofrac.fr)</p>	

ENTRETIEN

Thomas GRENON,
Directeur général



« NOTRE CROISSANCE ET NOTRE RENTABILITÉ
CONFORTENT NOTRE MODÈLE
DE DÉVELOPPEMENT FONDÉ SUR
DES TECHNOLOGIES D'AVENIR. »

L'un des points d'orgue de l'année 2019, pour la métrologie, a été l'entrée en vigueur de la nouvelle définition du Système international d'unités. Comment l'avez-vous vécu ?

Si, pour la plupart des gens, le 20 mai a été une journée comme les autres, j'ai pour ma part été ému et fier en pensant à l'énorme travail mené par nos équipes. Et plus encore en considérant les perspectives qu'il ouvre. Au LNE, nos chercheurs travaillent déjà sur le développement d'une mini balance du watt de l'ordre du mg, et sur de nombreuses autres innovations... Ce temps fort, nous l'avons aussi célébré en publiant un ouvrage sur la métrologie française, qui rencontre un beau succès puisqu'il fait partie des meilleures ventes de notre éditeur !

Pensez-vous qu'une prise de conscience se fait autour du rôle de la métrologie ?

De tout temps, la métrologie a porté les innovations. La progression de nos activités en évaluation de l'intelligence artificielle, par exemple, montre que les industriels et les pouvoirs publics en sont conscients. Le LNE est de mieux en mieux identifié comme un acteur majeur dans ce domaine. Par exemple, le ministère des Armées nous cite en tant qu'évaluateur de référence dans son rapport *L'intelligence artificielle au service de la Défense*. On peut en dire autant en ce qui concerne la fabrication additive ou les nanotechnologies. En outre, nous intervenons chaque jour davantage dans les instances de normalisation consacrées à ces sujets, en France et à l'international. La pertinence de notre stratégie LNE 2025, à savoir «être le laboratoire de référence pour les technologies de demain», se confirme chaque jour.

Comment ce succès s'est-il traduit, d'un point de vue commercial ?

Nous avons connu une très bonne année, avec des commandes en hausse de 6%. Notre activité dans le numérique et l'intelligence artificielle s'est bien développée. Mais nos prestations dans les secteurs plus traditionnels comme celui de la santé sont aussi en croissance. Je peux citer le contrat que nous avons signé avec Merck/Sigma Aldrich pour la distribution de nos matériaux de référence certifiés. Être ainsi distribués partout dans le monde, c'est le signe de la qualité de nos travaux et de notre reconnaissance internationale.

Cela est-il aussi le fruit de nouvelles organisations internes ?

Notre plan stratégique LNE 2025 nous pousse à explorer de nouvelles façons de faire, pour gagner en agilité. Les départements développent aujourd'hui davantage de synergies pour offrir des

réponses globales pertinentes à nos clients. Sur le véhicule autonome, par exemple, nos équipes de métrologie et d'essais travaillent main dans la main. Ou encore, au sein du GMED, la collaboration se renforce entre les équipes françaises et américaines pour mieux servir les stratégies globales des fabricants de dispositifs médicaux. C'est un point qui a contribué au succès de la filialisation et à la forte progression du chiffre d'affaires.

Nous avons également institué plus de souplesse, à travers la mise en œuvre de notre accord de flexibilité et de suivi du temps de travail. Cela permet de mieux gérer les pics d'activité et de mieux répondre aux attentes de nos clients.

Un autre indicateur de notre agilité, enfin, est le dynamisme de la mobilité interne : 28 changements de poste ont été opérés en 2019, permettant de redéployer les compétences sur les activités en croissance et d'accompagner les évolutions professionnelles.

Quels sont les résultats globaux du LNE en 2019 ?

Notre chiffre d'affaires a crû de 2,5 %, contre + 0,3 % en 2018. On peut dire que notre croissance s'installe dans la durée. Elle conforte notre modèle de développement fondé sur des activités d'avenir, un pilotage par la marge et la maîtrise de nos charges. Nous avons su développer considérablement notre rentabilité, avec un résultat net avant intéressement de 6,7 millions d'euros, soit plus de 15 % de notre chiffre d'affaires marchand. C'est un niveau historique. Ces résultats sont partagés avec les collaborateurs du LNE, à travers un nouvel accord d'intéressement en hausse de 50 %. Ils nous permettent aussi de préparer l'avenir en recrutant (44 nouveaux collaborateurs ont été recrutés en CDI) et en investissant (7,1 M€ en 2019, en progression de 2 M€).

Justement, à propos d'investissements, quelles seront vos priorités en 2020 ?

Nous allons continuer à moderniser nos outils et nos environnements de travail. La rénovation de nos sites va permettre de conjuguer efficacité énergétique et bien-être au travail. Celle de nos bancs et de nos outils de travail offrira des gains de performance. Nous allons aussi poursuivre nos recrutements. Et bien sûr renforcer nos activités de recherche. Il s'agit de soutenir notre développement et notre rayonnement sur les activités à forte valeur ajoutée, dans des domaines porteurs.

Je souhaite que 2020 soit l'année de nos clients ! Nous allons investir afin d'améliorer encore la qualité de nos prestations et de nos délais. ■

LNE 2025 : 5 AXES STRATÉGIQUES

SI 2019 A MARQUÉ UN TOURNANT INITIÉ EN 2018, LE DÉPLOIEMENT DU PLAN STRATÉGIQUE LNE 2025 CONTINUE DE PROGRESSER. ET À TRAVERS LUI L'AMBITION DU LNE D'ÊTRE LE LABORATOIRE DE RÉFÉRENCE POUR LES TECHNOLOGIES DE DEMAIN. ETAT DES LIEUX.

UNE OFFRE À HAUTE VALEUR AJOUTÉE



ACCOMPAGNER LES TECHNOLOGIES DU FUTUR, EN ÉVALUANT LEURS PERFORMANCES ET LEUR SÉCURITÉ

- **Environnement** : développement de références pour la surveillance du climat et de la pollution
 - Copilotage de l'EMN Climate and Ocean Observation
 - Proposition de création d'un EMN Environmental Monitoring
- **Santé** : développement d'une offre de biomarqueurs de référence
 - Signature d'un contrat de distribution avec Merck/Sigma Aldrich
- **Fabrication additive** : développement d'essais de caractérisation des poudres
 - Contribution aux travaux de l'Additive Factory Hub
- **Intelligence artificielle** : consolidation du positionnement LNE, organisation de challenges en robotique
 - Reconnaissance du LNE comme évaluateur des systèmes d'IA au service des armées
 - Gain du projet H2020 Metrics pour des challenges européens
- **Cybersécurité** : définition d'une offre de certification pour les objets connectés
 - Projet de recherche partenariale sur les dispositifs médicaux, avec l'appui du Lab Innov et la participation d'industriels et de l'équipe LNE/ESIA
- **Nanomatériaux** : développement d'une offre de caractérisation de haut niveau
 - Essor de l'institut LNE-Nanotech
 - Participation au Validation Service du Graphene Flagship
- **Technologies quantiques** : établissement de la feuille de route R&D du LNE et du RNMF, structuration de l'action

FAVORISER LE TRANSFERT À L'INDUSTRIE, EN DÉVELOPPANT ET EN MODERNISANT L'OFFRE DE FORMATION

- Développement de parcours proposant diverses approches pédagogiques innovantes
- Rénovation des espaces de formation

UNE CROISSANCE À L'INTERNATIONAL



CONTRIBUER AU PARTAGE DES CONNAISSANCES EN MÉTROLOGIE, EN DÉVELOPPANT NOS RÉSEAUX INTERNATIONAUX

- **Implication dans des réseaux européens en métrologie**
 - Participation à plus d'un tiers des projets européens du programme EMPIR (50 % pour le RNMF)
 - Investissement fort des équipes dans l'ensemble des six EMN (European Metrology Network) créés par EURAMET, dont deux vice-présidences
 - Co-organisation avec le CNAM à horizon 2023 de la conférence TEMPMEKO, événement phare de la métrologie thermique mondiale
- **Présence renforcée dans les instances décisionnelles européennes**
 - LNE, membre dans les principales instances d'EURAMET au nom de la métrologie française : bureau des directeurs, Comité EMPIR (pour le programme de recherche) et sous-comité recherche pour la sélection des sujets
 - Présidence de la plate-forme STAIR-EMPIR (commune EURAMET et CEN/CENELEC), pour les besoins de recherche pour la normalisation
 - Deux présidences françaises de Comités techniques d'EURAMET, en Chimie (LNE) et en débitmétrie (LNE-CETIAT)

POUR PRÉPARER LE FUTUR

UNE RECHERCHE OUVERTE SUR LA SOCIÉTÉ



CONFORTER L'INNOVATION INDUSTRIELLE, EN DÉPLOYANT DES SOLUTIONS PUISSANTES ET EFFICACES

- Développement de la recherche partenariale
- Animation et présence renforcée dans les réseaux de recherche et développement
- **Animation d'un réseau dédié à la simulation et à la modélisation au sein du LNE**
 - Identification des activités concernées (IA, sécurité incendie...)
 - Développement de nouvelles offres
 - Achat d'un cluster de calcul

RÉPONDRE AUX ATTENTES DE SÉCURITÉ DES CITOYENS, EN DÉVELOPPANT DES SIGNES DE CONFIANCE

- **Développement de certifications et labels**
 - Certification ACERMI, nano, sécurité, domotique, isolation
- **Renforcement de la présence du LNE dans les instances de normalisation**
 - Co-présidence de la commission de normalisation AFNOR/X457 - Nanotechnologies
 - Implication dans les commissions de normalisation de la fabrication additive
 - Contribution à la création d'une norme internationale sur la robustesse des IA et l'IA de confiance
- **Organisation d'une veille normative**

DIVERSIFIER ET FIDÉLISER LES TALENTS, EN VALORISANT LE MÉTIER DE CHERCHEUR

- Développement d'une filière Chercheur en lien avec la politique de GPEC du LNE

UN SERVICE ORIENTÉ CLIENT



ACCROÎTRE LA SATISFACTION CLIENT, EN METTANT EN ŒUVRE UN MANAGEMENT TRANSVERSAL DE LA QUALITÉ

- Engagement d'une démarche transversale pour améliorer les délais de traitement
- **Développement d'une culture processus et méthode**
 - Établissement d'un schéma directeur informatique orienté client
 - Dématérialisation et automatisation des processus
- **Enrichissement des outils de la relation client**
 - Réflexions sur la création d'un portail client
 - Mise en place d'un nouvel outil de CRM
- **Consolidation de l'organisation qualité du LNE au niveau Groupe**
 - Versement du référentiel qualité dans l'outil de GED

GAGNER EN RÉACTIVITÉ ET EN AGILITÉ, EN AMÉLIORANT LA COMMUNICATION INTERNE

- Conception d'un nouvel intranet
- Outils pour développer le travail collaboratif

AIDER LES CLIENTS À SE DIFFÉRENCIER SUR LES MARCHÉS, EN VALORISANT LA MARQUE LNE

- **Lancement de partenariats commerciaux, licensing, marquage...**
 - Finalisation d'une offre « Testé par le LNE » pour les produits de consommation

LE DÉVELOPPEMENT DES RESSOURCES HUMAINES ET TECHNOLOGIQUES



FIDÉLISER LES TALENTS, EN AMÉLIORANT L'ACCUEIL ET LA QUALITÉ DE VIE AU TRAVAIL

- **Élaboration d'une nouvelle politique d'accueil et d'intégration**
- **Amélioration du cadre de vie au travail**
 - Rénovation et réaménagement des locaux
- **Modernisation des outils de travail**
 - Performance renforcée des outils de télétravail et de visioconférence

MIEUX TRAVAILLER ENSEMBLE, EN DÉVELOPPANT UNE CULTURE COMMUNE

- **Création de temps d'échanges et d'espaces de convivialité**
 - Espaces de coworking à Paris et à Trappes
 - Réflexions autour de rencontres au sein des laboratoires pour présentation des activités de chacun

INSTALLER UNE DYNAMIQUE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE, EN Y ENGAGEANT CHAQUE COLLABORATEUR

- **Mise en œuvre d'une stratégie environnementale globale**
 - Rénovation thermique des bâtiments
 - Création d'un groupe Environnement associant le personnel
 - Lancement du service de covoiturage Klaxit
 - Étude sur le rechargement des véhicules électriques
 - Cadastre solaire à Trappes pour optimiser l'implantation de capteurs photovoltaïques
- **Déploiement d'une politique zéro papier**
 - Dématérialisation des prestations
 - Gestion électronique documentaire
 - Signature électronique
 - Archivage électronique

L'ESSENTIEL DE L'ANNÉE

L'année 2019 est une année clé pour la métrologie, avec l'entrée en vigueur de la nouvelle définition du Système international d'unités. Portées par la métrologie, de nombreuses innovations dans l'intelligence artificielle, les nanotechnologies, la fabrication additive observées tout au long de l'année, confortent la position du LNE dans son rôle d'acteur dans les technologies d'avenir. Le soutien apporté aux institutionnels et aux industriels s'est encore renforcé pendant l'année écoulée.

01/04

Le LNE remet au Synchrotron SOLEIL le premier étalon de transfert à l'échelle nanométrique. Celui-ci permettra d'étalonner des microscopes électroniques à balayage et des microscopes à force atomique.



02-05/07

Le LNE accueille plus de 140 personnes durant une semaine afin de définir des projets ou des stratégies à long terme dans le cadre du programme européen EMPIR.



14/08

Le LNE lance son offre de certification «Hébergeur de données de santé». OVHcloud est le premier client à lui faire confiance.



24-26/09

Le 19^e Congrès international de métrologie invite les chercheurs et experts du LNE à 22 conférences et une table ronde. Parallèlement le Laboratoire accueille ses clients sur son espace, au salon Measurement World.



24/10

Visite de Thomas Courbe, Directeur Général des Entreprises sur le site de Trappes, pour faire le point sur de nombreuses activités dont l'IA, l'Institut LNE-Nanotech, les problématiques de comportement au feu ou d'environnements complexes.



12/10

La Fête de la science ouvre les portes du siège du LNE à plus de 350 visiteurs. Au programme : des ateliers sur l'environnement et la santé, la mesure au quotidien, l'intelligence artificielle et le SI.



09/12

Le prix LNE de la recherche est décerné à Marie-Christine Lépy du LNE-LNHB et Gaël Obein du LNE-LCM/Cnam, pour leurs travaux sur les rayonnements ionisants et les rayonnements optiques.



13-15/02

40 participants, provenant de 20 pays, assistent à la réunion organisée par le LNE pour la révision de la recommandation internationale OIML R126 sur les éthyloètres.



20/05

Les nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, de la mole et du kelvin entrent en application.



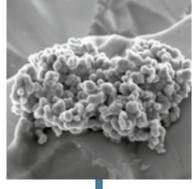
10/07

Le projet CaracPow est lancé. Coordonné par le LNE dans le cadre de la plateforme AFH, il vise à définir un protocole de caractérisation efficace pour les poudres utilisées en fabrication additive.



24/09

La Commission AFNOR X457 « Nanotechnologies » a nommé Georges Favre, directeur de l'institut LNE Nanotech, coprésident avec la société Michelin.



26/09

Lors d'une rencontre recherche-industrie, Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) et le LNE accueillent plus de 150 participants à des démonstrations de robots de désherbage, dont les quatre prototypes du challenge ROSE.



RENCONTRE AVEC DES INNOVATEURS

ATTESTER LE TEMPS, UN DÉFI CLÉ DE LA CYBERSÉCURITÉ

En 2019, grâce aux efforts de son équipe Technologies de l'information, le LNE a créé un référentiel inédit pour certifier la distribution du temps dans les systèmes d'information. Son approche s'est organisée autour du triptyque Exactitude, Traçabilité, Sécurité.

«Le temps est devenu un paramètre critique dans de nombreux secteurs. Aujourd'hui, un chirurgien peut opérer un patient à distance grâce à une console actionnant un bras robotisé. Mais les horloges des deux outils doivent être parfaitement synchronisées et sécurisées. On rencontre la même nécessité dans les réseaux énergétiques et les marchés financiers, où les opérations sont parfois espacées de quelques millisecondes.» De tels exemples, Thomas Lommatzsch pourrait en faire une longue liste. Responsable du pôle Certification Instrumentation et Technologies de l'information du LNE, voilà quelques années qu'il dirige les efforts de son équipe sur la sécurité de la délivrance du temps.

LA CERTIFICATION ATTS, UNE PREMIÈRE MONDIALE

A l'heure où tout devient numérique et connecté, il paraît en effet essentiel de tracer le message horaire depuis la source UTC du temps jusqu'à l'utilisateur final. Certaines professions, comme les notaires et les traders, ont d'ailleurs recours à la seconde ou à la microseconde. Car les risques sont là, comme l'explique Yannick Nouel, chef de projet certification qui a participé à la rédaction du référentiel : «Les industriels vont aujourd'hui chercher leur temps soit via le GPS, mais qui est fraudable, soit sur internet, via les protocoles NTP par exemple, mais avec certains risques de sécurité et sans aucune traçabilité à l'heure légale.» Au sein du consortium SCPTIME*, travaillant sur des démonstrateurs d'architecture de délivrance du temps, le LNE a ainsi créé un référentiel pour la certification d'une Architecture de délivrance d'une référence de Temps exacte, Tracée et Sécurisée (ATTS). Il s'agit d'une première mondiale.

Si ce référentiel, rédigé de manière collaborative, a initialement été conçu pour les démonstrateurs du consortium, il est désormais ouvert à l'ensemble de l'industrie. Le schéma de certification modulaire permet de certifier tout ou partie de l'architecture : l'agent de réception du temps de référence, les systèmes de production, de distribution et de diffusion du temps, le système de supervision. A la clé, on obtient un «temps attesté», c'est-à-dire avec une origine garantie, avec une exactitude donnée, sans avoir été altéré. «Cette modularité offre une certaine souplesse dans la certification, une ouverture à différents partenaires industriels, précise Yannick Nouel. Nous ne souhaitons pas nous enfermer dans une solution, notre rôle était de garantir l'indépendance et l'interopérabilité du référentiel.» Autre impératif : rédiger des exigences sans verrou technologique, pour ne fermer aucune porte et ne pas freiner l'innovation.

DE LA HAUTE TECHNICITÉ

Durant ce projet, qui a démarré en 2015, l'équipe de Thomas Lommatzsch a croisé ses compétences en certification avec celles d'experts en cybersécurité et en infrastructures numériques. Elle a aussi collaboré avec le LNE-Syrte, qui a contribué à l'amélioration des techniques et protocoles de transfert de temps, et partagé ses savoirs en horloges atomiques. Dès 2020, avec des compétences renforcées en sécurité des systèmes d'information, les évaluateurs du LNE vont pouvoir procéder aux premiers audits. L'évaluation des logiciels, serveurs et autres dispositifs va réclamer de leur part une haute technicité et une veille permanente en cybersécurité. Ils devront également faire preuve de rigueur et de pragma-

tisme devant la diversité des solutions technologiques. Se focalisant d'abord sur l'analyse de chaque module, puis sur celle de l'architecture globale, le processus de certification ATTS devrait s'étaler sur 30 à 50 jours.

Les industriels commencent à manifester leur intérêt pour une telle démarche. Les réglementations sur la synchronisation du temps vont se multiplier dans les années à venir, suivant l'exemple de la directive MiFID II pour les marchés financiers. «Alors que la prise de conscience n'est pas encore généralisée sur ces questions-là, le recours à des solutions certifiées va garantir un temps d'avance aux industriels. D'autant plus qu'avec le Cybersecurity Act l'Europe pourrait instituer un cadre européen de certification dans ce domaine», conclut Yannick Nouel. ■

* SCPTIME consortium ayant pour partenaires : GORGY Timing, Femto-st, LNE, LNE-LFTB, Muquans, l'Observatoire de Paris - Syrte, Schneider Electric, SNCF Réseau, Syntics, Tronics Microsystems, Tyleos, Eolas.



650

millisecondes, c'est la limite de prise de décision humaine.

LA MÉTROLOGIE, AU CŒUR DE L'INDUSTRIALISATION DU GRAPHÈNE

Pas plus épais qu'un atome, le graphène n'en est pas moins considéré comme un matériau porteur dans de nombreux secteurs industriels. Pour garantir ses propriétés et exploiter tout son potentiel, l'équipe de LNE-Nanotech repousse les limites de la métrologie.

«Depuis les recherches de Geim et Novoselov, qui ont permis de l'étudier pour la première fois en 2004, le graphène suscite les plus grands espoirs. Pour autant, sa production et son utilisation restent complexes, tout comme la validation de ses fameuses propriétés, seule garante de sa qualité. Cela ralentit considérablement son industrialisation.» Les promesses du graphène, Félicien Schopfer les connaît bien, lui qui utilise ce nouveau matériau, avec succès, pour le développement d'un étalon quantique de résistance électrique au meilleur niveau international. Mais il garde la tête froide, sa mission, c'est aussi de développer les outils et les méthodes permettant de caractériser ce nanomatériau de façon fiable, et propre à assurer la comparabilité des résultats, via une traçabilité au SI, par exemple. Il s'y emploie, avec Georges Favre, qui dirige l'institut LNE-Nanotech, pour permettre d'autres applications du matériau.

VALIDATION SERVICE, UNE ÉTAPE DEVENUE NÉCESSAIRE

Depuis 2014, le LNE est d'ailleurs partie prenante du Graphene Flagship, un impressionnant projet de recherche européen visant à transformer le graphène en succès industriel. L'institut LNE-Nanotech contribue en effet aux travaux de son Validation Service*. Destiné en priorité aux membres du Graphene Flagship, ce service leur propose d'évaluer les propriétés des nanomatériaux sur la base de méthodes de référence harmonisées, fondées sur des normes existantes ou en cours de développement. «Notre valeur ajoutée est de fournir des données fiables et comparables sur les caractéristiques des matériaux et produits contenant du graphène, afin de les évaluer en toute confiance, explique Félicien Schopfer, pilote du projet au LNE. Le développement de méthodes harmonisées favorise aussi la comparaison des solutions

industrielles, et constitue la base d'une saine émulation pour l'innovation.» LNE-Nanotech s'efforce de caractériser les propriétés structurales, mécaniques, électriques, thermiques et physico-chimiques des matériaux à base de graphène... tout ce qui est à l'origine des performances attendues de la monocouche atomique. Il évalue aussi l'impact du vieillissement sur ces propriétés. À terme, il pourra étudier des systèmes plus complexes, au-delà du seul nanomatériau, ainsi que l'émission de particules au cours de la vie du produit, en lien avec l'évaluation du risque. Il a été sollicité à de multiples reprises depuis la création du Validation Service. En 2019, Graphene-XT, une start-up italienne, lui a par exemple confié des mesures thermiques sur des couches minces à base de graphène. Ce qui lui a permis de comprendre de nombreux jeux de données passés et ainsi d'optimiser son procédé de production. «Nous avons eu recours à de nombreuses techniques pour mesurer la conductivité thermique de notre revêtement à base de graphène. Sans succès. Les premiers résultats significatifs, nous les avons obtenus du Validation Service», s'est félicité Simone Ligi, PDG de Graphene-XT. Même satisfecit du côté d'Avanzare, un industriel espagnol qui souhaitait caractériser les propriétés mécaniques de nano-composites chargés en graphène.

VERS UNE MÉTROLOGIE HYBRIDE

La caractérisation du graphène est cependant très délicate : elle recouvre un vaste champ multidisciplinaire et s'appuie sur une instrumentation très souvent poussée à ses limites. «Le développement de méthodes de mesure à l'échelle nano est intrinsèquement complexe, confirme Georges Favre. Et cela l'est encore plus dans le cas du graphène, compte tenu du caractère record de ses propriétés !» Aussi l'équipe de LNE-Nanotech souhaite-t-elle recourir

à une métrologie hybride, combinant des méthodes de mesure complémentaires, pour obtenir des données fiables. Dans ce cadre, elle participe au projet de recherche GRAAL, lancé en 2019 et soutenu par le Réseau national de la métrologie française (RNMF). Un projet qui fait appel aux compétences du LNE en métrologie dimensionnelle, électrique, thermique, chimique...

L'institut participe aussi à des comparaisons inter-laboratoires avec le NPL (laboratoire national de métrologie britannique) et le VAMAS, réseau international de recherche prénormative sur les matériaux avancés. Trois projets notamment visent à comparer les résultats obtenus avec les techniques AFM, BET, ICPMS**. Il s'agit de faire progresser et valider les méthodes de mesure pour nourrir les travaux de normalisation internationale.

De quoi poursuivre une contribution active au Validation Service, puisque LNE-Nanotech a été sélectionné pour sa phase 3, qui s'étendra jusqu'à la clôture du Graphene Flagship, en 2023. ■

* Cette offre réunit les services de trois instituts : Ina/Unizar (Espagne), LNE-Nanotech, NPL (Grande-Bretagne).

** AFM : Microscopie à Force Atomique pour propriétés structurales - BET : pour surface spécifique - ICP-MS : Spectrométrie de masse pour impureté métalliques.



13

techniques ont été mises en œuvre par l'institut LNE-Nanotech, jusqu'à présent, dans le cadre du Validation Service, pour caractériser 8 formes de graphène : graphène exfolié, graphène CVD, graphène sur SiC, oxyde de graphène sur mica, films à base de couches de graphène, composites chargés graphène, dispersion liquide de graphène, poudre de graphène.

UN CONTRÔLE QUALITÉ SÛR, POUR BOOSTER LA FABRICATION ADDITIVE

La fabrication additive aura franchi un cap lorsqu'elle produira des pièces destinées aux applications les plus critiques. Qualifier les méthodes habituellement utilisées pour les opérations de contrôle non destructif (CND), tel est le challenge de l'équipe LNE chargée de la métrologie pour la fabrication additive.

Plus de 70 000 pièces imprimées en 3D sont embarquées dans les aéronefs d'Airbus. Quant au nouveau lanceur Ariane 6, son moteur devrait en embarquer jusqu'à 30 %. Dévoilés fin 2019 lors de la deuxième édition de l'*Aerospace Additive Manufacturing Summit*, ces chiffres révèlent à quel point la fabrication additive a pénétré l'aérospatiale, ce qui est tout autant vrai dans la défense et la santé.

«Les industriels ont bien compris l'intérêt de la fabrication additive pour concevoir des structures optimisées en termes de géométrie et de matière, et ainsi fabriquer des pièces plus légères. À la clé, ce sont des économies en matériau, carburant et rejet de CO₂», confirme Anne-Françoise Obaton, ingénieure du LNE spécialisée en métrologie pour la fabrication additive. Néanmoins, les pièces embarquées pour le moment ne sont pas critiques.» Pour aller plus loin, la fabrication additive doit encore lever les freins liés au contrôle qualité et à la certification.

TRANSFORMER LES XCT EN OUTILS DE MESURE

Comment garantir que la poudre, le procédé d'impression 3D et la pièce finie répondent aux mêmes standards que les procédés conventionnels de fabrication ? Face à ces questions, toute l'équipe s'implique dans les travaux de l'Additive Factory Hub : Anne-Françoise Obaton, Charles Cayron, ingénieur, Lucas Fournet-Fayard, étudiant en thèse co-encadrée par l'ENSAM et le LNE, Arthur de Soete, technicien en alternance. Elle mène aussi des recherches sur les méthodes appliquées au CND, notamment pour les pièces d'une grande complexité géométrique.

La méthode de contrôle en volume la plus adaptée aujourd'hui est la tomographie à rayons X (XCT). Mais longue et coûteuse, elle convient davantage à la *first article inspection* qu'au contrôle de routine. Aussi le LNE s'attache-t-il non

seulement à caractériser les XCT, mais aussi à évaluer d'autres possibilités, plus accessibles.

«En ce qui concerne les XCT, notre objectif est de les rendre mesurants, explique Jean-Marc Moschetta, responsable du pôle. A l'heure actuelle, aucune technologie utilisée pour du CND ne l'est. Or, en fabrication additive, on ne sait pas encore quelle est la taille des défauts critiques. Une anomalie qui était préoccupante avec les procédés conventionnels ne le sera pas forcément en fabrication additive. Et vice versa. L'enjeu est de pouvoir mesurer les défauts, et de les localiser, pour évaluer leur criticité.» À cette fin, l'équipe du LNE participe au projet national *I AM SURE*, et au projet européen *AdvanCT* : en collaboration avec l'université technique du Danemark (DTU), elle a réalisé en 2019 des étalons en métal et en polymère, qui vont permettre de développer des méthodes de mesure dimensionnelle puis des méthodes d'étalonnage des XCT. Une intercomparaison des résultats obtenus par l'ensemble des laboratoires européens (PTB, BAM, NPL, Metas...) parachèvera ces travaux à l'horizon 2021.

LES PROMESSES DE LA RÉSONANCE ACOUSTIQUE

Les méthodes alternatives ont quant à elles été évaluées par le LNE dans le cadre du projet européen *MetAMMI* (implants médicaux), ou encore à l'occasion d'un échange avec le NIST (son homologue américain). Tomographie térahertz, tomographie micro-onde, ultrasons, méthode par résonance acoustique... la plus prometteuse est la dernière de la liste. Simple à mettre en œuvre, elle permet de détecter des défauts jusqu'à 10 µm, sans pour autant les localiser. «C'est une méthode globale, qui permet de faire un tri rapide. Cela peut être intéressant pour les séries, précise Anne-Françoise Obaton. Avec l'université de Californie du Sud, nous sommes d'ailleurs en train de développer un algorithme d'intelli-

gence artificielle afin de trier les pièces en fonction du nombre de défauts.»

L'enjeu désormais est de creuser l'ensemble de ces pistes. Avec les experts en mathématiques-statistiques du LNE, l'équipe va bientôt entamer des travaux pour estimer la probabilité de détection des défauts sur chaque méthode. Elle anticipe aussi les questions de certification, notamment à travers *FA-Canal-Safe*®. Porté par l'Institut de soudure, en partenariat avec ArianeGroup, Safran et Thales, ce projet concerne l'inspection des pièces dotées de canaux internes. Le temps venu, l'équipe Certification posera de premières bases pour les méthodes confirmées. ■



de 10 µm à 1 mm

c'est l'ordre de grandeur des défauts que l'on souhaite détecter avec les méthodes appliquées au contrôle non destructif.

DES GAGES DE SÉCURITÉ POUR LA VOITURE DU FUTUR

Le véhicule autonome, qui se rapproche chaque jour du marché, pose encore d'importantes questions concernant sa sécurité. Pour accompagner les essais en simulation, les départements Évaluation de l'intelligence artificielle et Sciences des données et incertitudes du LNE ont développé la méthode d'évaluation Oracle.

«Quatre milliards de kilomètres en roulage, c'est ce que devrait parcourir un véhicule autonome pour être évalué, si on ne procédait pas à des essais en simulation. Notre rôle est de ramener cela à quelques centaines de milliers de kilomètres, ou à quelques millions.» Ces chiffres vertigineux, Rémi Régner les a en permanence à l'esprit pour mesurer les enjeux de sa mission. Ingénieur de recherche au LNE, il collabore avec l'IRT SystemX*, dans le cadre de 3SA (Simulation pour la Sécurité des Systèmes du véhicule Autonome), un projet qui prolonge SVA (Simulation pour la sécurité du Véhicule Autonome), achevé en mars 2019.

UN ORACLE DE CONFIANCE

Depuis 2015 en effet, l'équipe Evaluation de l'intelligence artificielle du LNE met en place une méthode d'évaluation de la prise de décision d'un véhicule autonome. Des efforts couronnés de succès en 2019 : la méthodologie Oracle a permis de créer un démonstrateur, qui vient se greffer à un simulateur de conduite pour tester les performances des technologies ADAS (*Advanced Driver Assistance Systems*). Cette innovation a été présentée - et bien accueillie - à l'*Autonomous Vehicle Technology Expo*, en mai 2019 à Stuttgart. «Une méthodologie telle qu'Oracle est assez inédite pour le secteur automobile, précise Loïc Coquelin, ingénieur en science des données et incertitudes. Elle consiste à comparer les sorties de l'ADAS avec des données de référence que nous avons préalablement créées grâce à notre algorithme d'optimisation sous contraintes. Cet algorithme mathématique permet de calculer, pour un scénario donné, la trajectoire optimale en termes de sécurité.» Dans le cadre de SVA, l'équipe du LNE s'était concentrée sur les fonctions gérant l'interdistance et la conduite en embouteillage, en prenant en compte des contraintes telles que la distance de sécurité, l'accélération et la décélération maximales, l'écart de cap maximal... Dans le cadre de 3SA, elle ira plus loin.

VERS UNE SOLUTION UNIVERSELLE

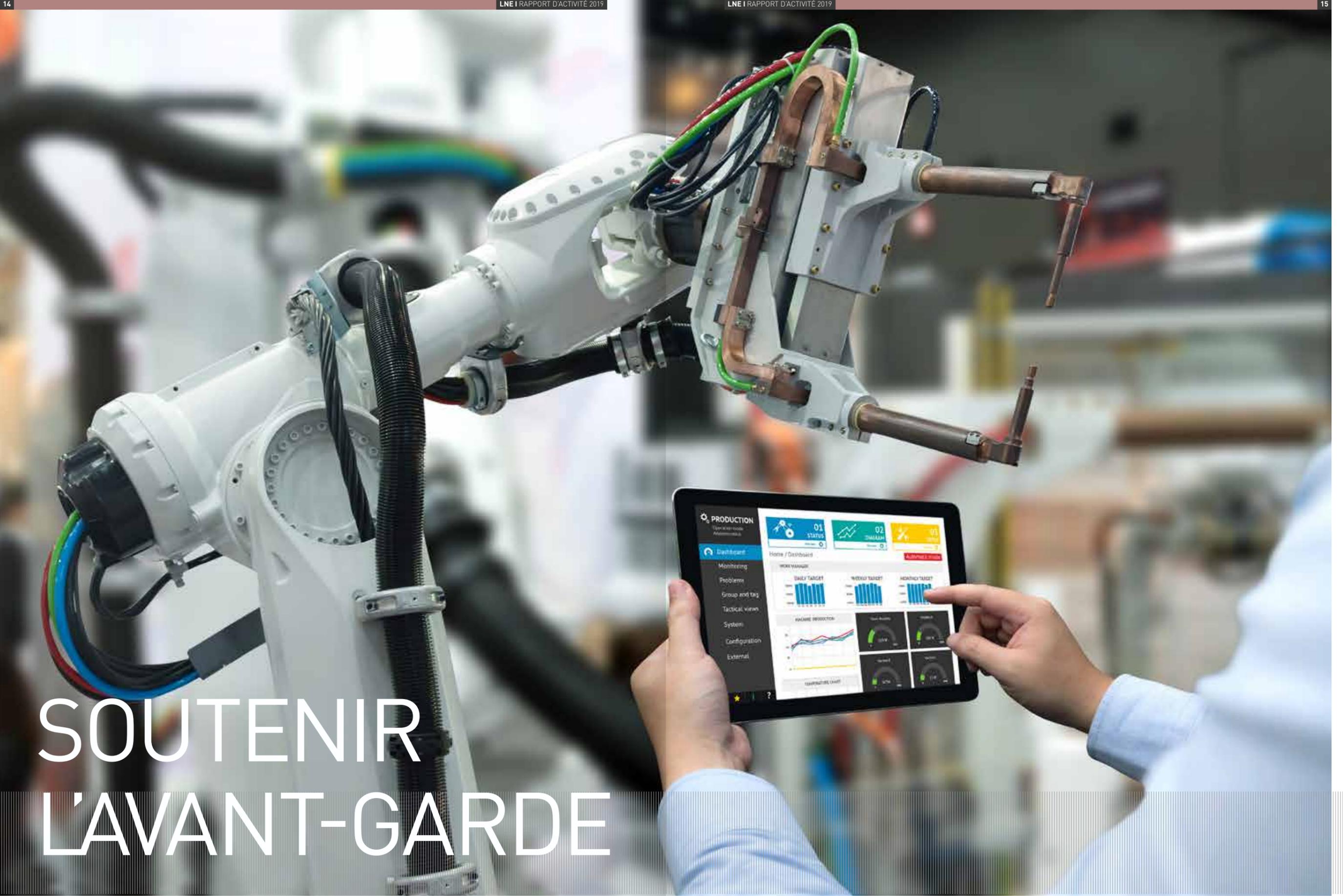
Jusqu'à présent, construire une référence pour une situation ou une fonction analysée, et la modifier en cas d'évolution du scénario, nécessitait pour l'équipe de formuler des équations à la main. Pour démultiplier les références, il s'agit désormais de créer une méthode fondée sur la commande prédictive (MPC - *Model Predictive Control*), et d'en explorer d'autres dans le cadre d'une thèse. L'équipe souhaite aussi implémenter et tester de nouveaux types de métriques afin de classer les différentes trajectoires selon leur niveau de sécurité. Enfin, le dernier progrès portera sur l'ergonomie de l'outil d'évaluation, avec le calcul en temps réel des écarts entre la trajectoire de référence et celle de l'ADAS. En somme, le LNE doit transformer l'essai. «Avec le projet SVA, nous sommes parvenus à une preuve de concept. Notre ambition est maintenant de créer une méthode très générique, à appliquer sur des milliers et des milliers de scénarios différents, confirme Rémi Régner. Elle doit également être universelle, adaptée à n'importe quel "cerveau" de véhicule.» Parallèlement, un vaste chantier normatif doit être initié. Les normes actuelles ne peuvent évidemment être appliquées au véhicule autonome, et, contrairement aux trains et aux avions, l'environnement dans lequel il évolue est excessivement complexe. Ainsi, dès 2020, le LNE va piloter divers *Work Packages* du projet Prissma, coordonné par Vedecom. Les résultats sont attendus pour 2024. On l'a bien compris, la tâche de l'équipe est à la fois de protéger les citoyens, en donnant des preuves de la sécurité des véhicules autonomes, et d'aider les constructeurs français à consolider leur position sur le marché. «Plus largement, le véhicule autonome est une porte ouverte sur tout autre domaine de la robotique, tient à préciser Rémi Régner. À terme, des pans entiers de notre société dépendront de la robotique autonome. C'est un vrai défi.» ■



2024

c'est la date à laquelle devraient émerger les premières certifications pour le véhicule autonome.

* L'Institut de Recherche Technologique (IRT) SystemX se positionne comme un accélérateur de la transformation numérique de l'industrie, des services et des territoires. Le projet 3SA qu'il coordonne a pour partenaires : ALL4Tec, Apsys, AVsimulation, CEA, Expleo, Oktal-SE, PSA, Renault, SECTOR Group, Valeo, et bien sûr le LNE.



SOUTENIR L'AVANT-GARDE



DES RENCONTRES ANNUELLES POUR ÉVALUER LES ROBOTS DÉSHERBEURS SUR LE TERRAIN.

LA CONFIANCE, LEVIER DE LA REVOLUTION IA

Pour être largement déployée, l'intelligence artificielle doit passer le cap de l'acceptabilité sociale. À savoir : démontrer sa performance, sa robustesse, sa sécurité, son explicabilité, voire son éthique. C'était l'une des missions du LNE, pour asseoir la compétitivité des industriels français utilisant ou développant des systèmes intelligents.

Accueillant 3,1 % des start-ups spécialisées dans l'intelligence artificielle, la France se classe au 7^e rang mondial. Pour autant, dans la course menée par les Américains et les Chinois, l'Hexagone se distingue par la prise en compte d'un prérequis essentiel : la confiance. C'est sur cette ambition que se mobilise le LNE, en tant qu'organisme central et fédérateur de travaux sur l'évaluation de l'IA.

DES CHALLENGES EN ROBOTIQUE

En 2019, le LNE a par exemple poursuivi l'organisation du challenge ROSE, en partenariat avec Irstea (à présent Inrae). Afin de contribuer aux objectifs du plan Ecophyto II, ROSE met en compétition des robots de désherbage intra-rang développés dans le cadre de quatre projets de recherche financés par l'Agence nationale de la recherche. La première évaluation officielle a débuté durant l'été, sur un terrain de 4 ha. Après avoir défini les méthodes d'évaluation (protocoles, métriques, etc.), le LNE a évalué les performances des systèmes de vision (détection des plantes ou des adventices) et d'action (désherbage). Il a également finalisé le logiciel d'annotation d'image Dianne, permettant d'associer une vérité terrain aux images de test utilisées pour l'évaluation des systèmes de vision. Les résultats ont été dévoilés en janvier 2020.

Fort de cette expérience, le LNE coordonnera le projet H2020 Metrics (*Metrological Evaluation and Testing of Robots International CompetitionS*), qui a été sélectionné par la Commission européenne en 2019. Le projet regroupe 17 partenaires de huit pays européens afin d'organiser de 2020 à 2022 des campagnes d'évaluation de robots dans quatre secteurs prioritaires : santé, inspection et maintenance, agroalimentaire, production agile.

DES ÉVALUATIONS POUR L'AÉRONAUTIQUE

Le LNE s'est par ailleurs associé à Numalis dans le cadre de *Man-Machine Teaming*. Animé par Thales et Dassault Aviation, ce projet explore la possibilité d'un système aérien cognitif. Leur mission consistera à mettre au point une méthode de validation de réseaux de neurones pour l'analyse sémantique optronique. Cette méthode devra produire des informations objectives sur le comportement du réseau et notamment sur la relation entre sa stabilité et sa performance.

Pour le compte de Thales, le LNE réalise parallèlement des évaluations de systèmes d'intelligence artificielle pour la reconnaissance automatique de manœuvres d'aéronefs.

DES ENJEUX DE SÉCURITÉ ANTICIPÉS

Enfin, trois nouveaux projets ont été initiés afin d'évaluer la sécurité des systèmes intelligents et développer les référentiels associés, jusqu'à présent inexistantes.

- *BlaxtairSafe* : création d'un protocole d'essai de caméra intelligente, qui soit compatible avec la certification SIL (*Safety Integrity Level*), en l'absence de certification de sécurité pour les systèmes dirigés par l'IA.
- ECAI : développement d'un banc d'essai «Preuve de concept» pour un bras robotique collaboratif. Objectif : vérifier le temps et la distance d'arrêt lorsqu'une commande d'arrêt est donnée.
- Solrob-a : création d'une méthode d'analyse de risques pour la robotique agricole, à partir d'une étude approfondie des caractéristiques techniques de quatre machines autonomes. Les enjeux recouvrent autant la phase de R&D que le marquage CE. ■

BIENTÔT DES NORMES POUR PRÉPARER LE MONDE DE DEMAIN

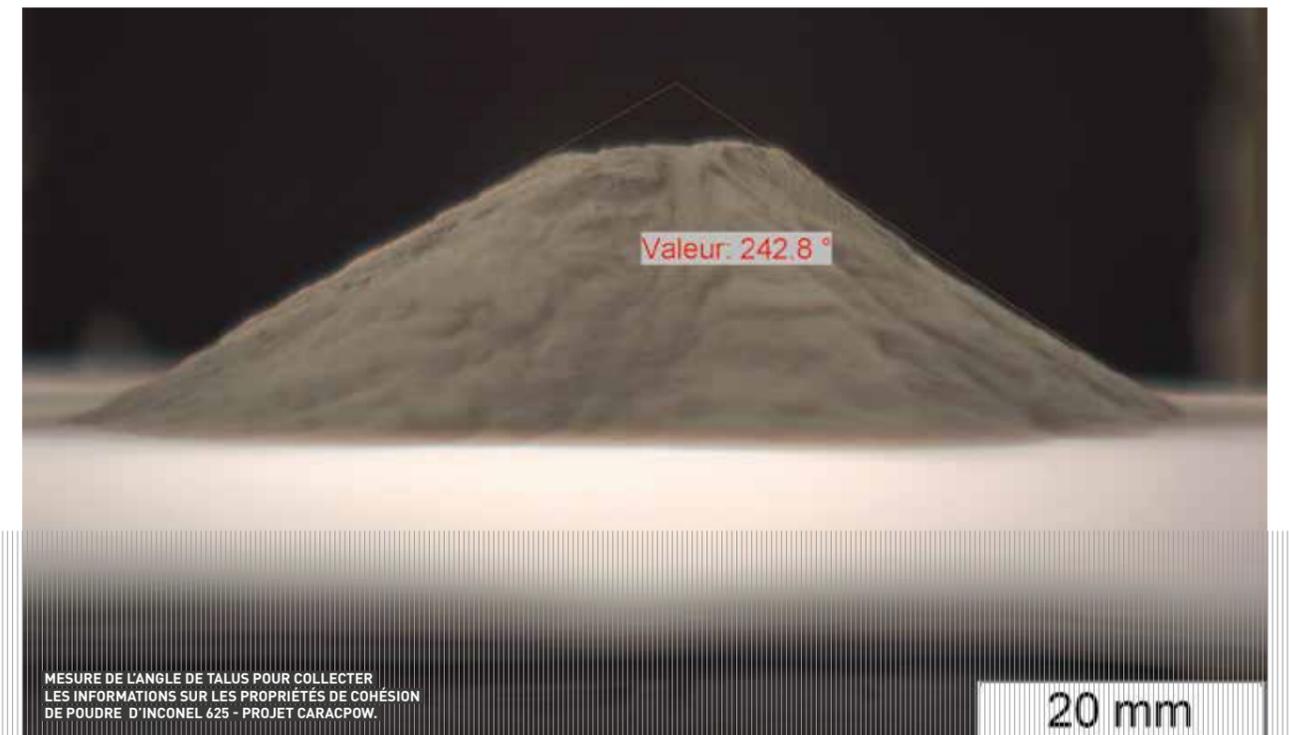
L'année 2019 a marqué une nouvelle étape dans la normalisation de la fabrication additive et de l'intelligence artificielle, à laquelle le LNE s'est largement associé, en soutien de l'industrie.

Le Laboratoire a en effet participé à la réunion internationale des comités de l'ISO et de l'ASTM sur la fabrication additive, qui s'est tenue en France du 16 au 20 septembre. Les travaux des groupes de normalisation ont permis d'identifier les problématiques des PME et des majors de l'aéronautique, du spatial, du naval ou encore du médical dans le domaine de la mesure et du contrôle. Fortement impliqué dans les commissions de normalisation au niveau français (JNM 920), européen (CEN/TC 438) et international (ISO/TC 261), le LNE a pu y faire valoir ses propres avancées dans la définition de méthodes de contrôle non destructif des pièces fabriquées. Il a ainsi contribué à l'élaboration du rapport technique international ISO/ASTM DTR 52905 qui sera bientôt publié («Fabrication additive - Principes généraux - Contrôle non destructif des produits obtenus par fabrication additive»). Le LNE a parallèlement poursuivi sa mission au sein de la commission française de normalisation sur l'intelligence artificielle (Afnor/CN JTC1/SC42) et au sein du groupe international ISO/IEC (JTC1/SC42). Pour mémoire, il avait contribué en 2018 aux rapports sur la robustesse des IA et sur l'IA de confiance, qui devraient mener à la création d'une norme internationale. Il avait également participé à la rédaction de la première version du rapport ISO, présentée en janvier 2019, sur la qualification des bases de données pour l'IA. ■

FABRICATION ADDITIVE : LES POUDRES MÉTALLIQUES À LA LOUPE

Calqué sur la tendance mondiale, le marché français de la fabrication additive métallique devrait doubler entre 2018 et 2025, pour atteindre 122 millions d'euros de chiffre d'affaires annuel. Accompagner cet essor est la vocation même de la plateforme *Additive Factory Hub* (AFH). Sur le site Digiteo du CEA, à Saclay, tout un écosystème de chercheurs et d'industriels se mobilise afin d'améliorer la compréhension des phénomènes physiques, d'optimiser les procédés et d'augmenter la qualité des pièces fabriquées.

Membre fondateur de l'AFH, le LNE y mène des recherches sur les machines de fusion sur lit de poudre. En 2019, il a notamment initié un projet sur la caractérisation des poudres à base d'acier (316L) ou de nickel (In625), CaracPow, dans une perspective de contrôle qualité. Ses objectifs sont multiples : définir les protocoles de caractérisation les plus adaptées à la fabrication additive, développer des méthodes d'intelligence artificielle et de simulation du comportement des poudres lors de leur étalement, et créer des algorithmes de traitement d'image pour reconnaître automatiquement la forme des poudres. À moyen terme, ces travaux devraient permettre au LNE de proposer une prestation d'essai aux industriels du secteur. Ses recherches concernent également l'instrumentation des machines, l'analyse statistique des données, et s'ouvriront en 2020 sur le comportement et le contrôle non destructif des pièces fabriquées. ■



MESURE DE L'ANGLE DE TALUS POUR COLLECTER LES INFORMATIONS SUR LES PROPRIÉTÉS DE COHÉSION DE POUDRE D'INCONEL 625 - PROJET CARACPOW.

20 mm

UN PREMIER ÉTALON DE TRANSFERT NANOMÉTRIQUE

Les équipes de l'Institut LNE-Nanotech ont finalisé en 2019 leur premier étalon de transfert à l'échelle nanométrique : le P900H60. Voilà une dizaine d'années qu'elles s'y consacraient à travers le développement d'un microscope à force atomique métrologique (mAFM), servant aujourd'hui d'instrument de référence primaire pour les mesures dimensionnelles à cette échelle.

Mis au point avec le Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (CNRS/Université Paris Sud), le P900H60 prend la forme d'un réseau périodique 2D de 900 nm de pas et 60 nm de hauteur de marche, gravé sur une surface de 250 x 250 µm², au centre d'un substrat de silicium de 10 x 5 mm². Il permet d'étalonner les AFM et MEB (microscopes électroniques à balayage) qu'utilisent l'industrie et les laboratoires pour caractériser les dimensions de nanostructures, des états de surface, des épaisseurs de couche mince, la hauteur ou encore la profondeur de motifs nanométriques...

L'acquéreur de ce premier étalon de transfert est le Synchrotron SOLEIL, qui a d'ailleurs noué un accord de partenariat avec le LNE afin de définir de nouvelles méthodes d'étalonnage pour les AFM. Cependant, P900H60 suscite déjà l'intérêt de divers acteurs du monde industriel et académique.

Pour étoffer son offre d'étalonnage dans la gamme du nanomètre, LNE-Nanotech réfléchit à de nouvelles structures de référence : des réseaux étalons avec des paramètres modifiés (P140H20), ou encore des marches étalons. ■



INSTITUT LNE-NANOTECH, PLATEFORME CARMEN POUR LA CARACTÉRISATION DES NANOMATÉRIAUX.



32

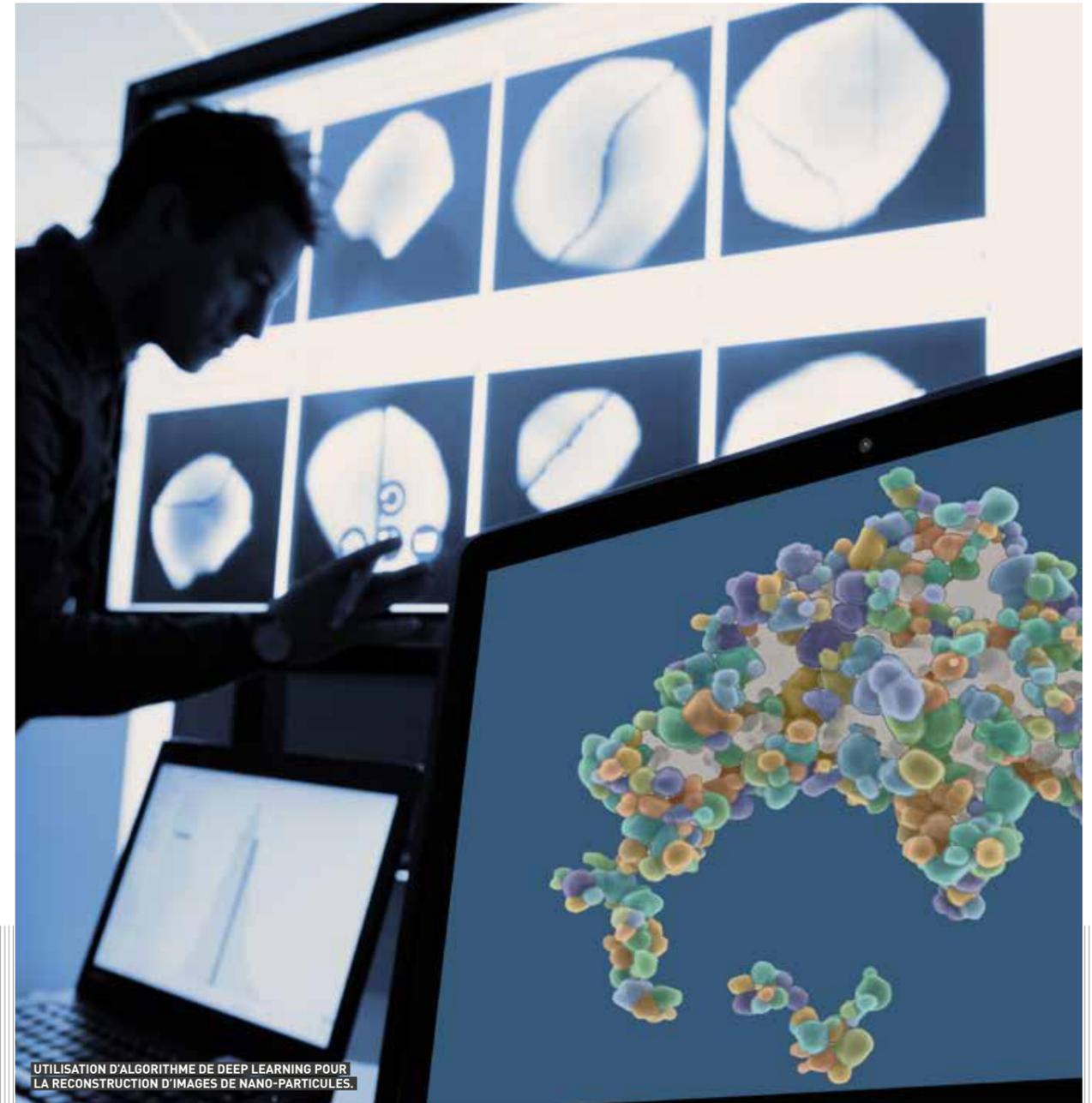
nouveaux adhérents ont rejoint le Club nanoMétrologie en 2019, dont 8 industriels. Parmi les temps forts de l'année : le lancement de nouvelles thématiques de recherche (nanoparticules en milieux complexes, métrologie pour les aérosols), et bien sûr la 8^e édition des Rencontres annuelles, qui a permis d'aborder les nouvelles exigences de REACH, l'exposition professionnelle aux nano-objets ou encore la caractérisation du graphène à des fins de contrôle qualité.

NANOFABNET, POUR UNE INDUSTRIE DE CONFIANCE

Le LNE a été retenu pour participer à *NanoFabNet*, un projet européen éminemment stratégique pour le développement de nanomatériaux fiables et sûrs. L'ambition est en effet de regrouper les expertises, infrastructures et initiatives clés dans ce domaine, afin de créer un hub international capable de soutenir une nanofabrication industrielle responsable et durable.

Le Laboratoire pilotera le *Work Package* chargé des volets Validation, Harmonisation et Normalisation. Il s'agira de recenser les acteurs concernés ainsi que les besoins, d'établir les feuilles de route, puis les services à mettre en place...

Le projet a démarré officiellement en mars 2020 - avec une première session visant à recueillir les positions et besoins des parties prenantes -, pour aboutir, à l'horizon 2022, à la construction d'une structure sur mesure. La création d'une marque *NanoFabNet*, la mise en place d'un Centre de validation ou encore l'organisation d'essais d'aptitude figurent parmi les pistes envisagées pour améliorer la confiance dans les produits et technologies issus de la nanofabrication. ■



UTILISATION D'ALGORITHME DE DEEP LEARNING POUR LA RECONSTRUCTION D'IMAGES DE NANO-PARTICULES.

LE DEEP LEARNING, POUR MIEUX SCRUTER LES NANOPARTICULES

Indispensables à la caractérisation des nanomatériaux, les microscopes électroniques à balayage (MEB) sont sur le point de démultiplier leur potentiel grâce à l'intelligence artificielle. Les équipes du LNE y travaillent en tout cas. Elles développent depuis 2017 un logiciel de deep learning capable de reconnaître les nanoparticules sur les images MEB, y compris celles qui sont agrégées entre elles et partiellement masquées. Après la fonction de complétion d'image, qui permet de calculer le diamètre des nanoparticules masquées, leurs travaux ont porté en 2019 sur la segmentation automatique d'image, qui permet de détourner

chacune des nanoparticules en présence afin de les classer (complète, incomplète...). Les résultats encourageants de ces recherches vont contribuer à créer l'ensemble de la chaîne de traitement automatique des images. Une thèse sera d'ailleurs initiée en 2020 afin d'élaborer une méthodologie d'évaluation des incertitudes dans les réponses des réseaux de neurones.

Si l'algorithme est pour le moment concentré sur les nanoparticules de dioxyde de titane, il pourrait à terme transférer ses compétences sur d'autres particules, telles que l'argent et la silice (voir également p. 38). ■

LES HÉBERGEURS DE SANTÉ ACCOMPAGNÉS FACE AUX ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES

En août 2019, le LNE a été l'un des premiers organismes accrédités par le Cofrac pour la délivrance de la certification Hébergeur de données de santé (HDS). Cette démarche implique pour les hébergeurs physiques ou infogéreurs un audit de conformité au référentiel HDS, qui repose sur des exigences liées à la sécurité de l'information : l'intégralité de la norme ISO 27001 ; quelques exigences des normes ISO 20000-1 et ISO 27018 ; et enfin des obligations spécifiques à l'hébergement de données de santé. Diverses entreprises font déjà confiance au LNE pour ce type de service, notamment des prestataires de cloud reconnus, comme OVHcloud (voir le témoignage ci-contre). ■



VISA SECNUMCLOUD : UN ATOUT CONCURRENTIEL

Fin 2019, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (Anssi) a délivré son premier visa SecNumCloud à 3DS Outscale, la filiale cloud de Dassault Systèmes, en tant que IaaS (Infrastructure as a Service). Et le LNE n'y est pas étranger : ses experts en cybersécurité, architecture des réseaux, virtualisation... ont mené une évaluation très longue et pointue de la conformité de l'entreprise au référentiel bâti par l'Anssi.

C'est en 2018 que le LNE a obtenu son visa pour évaluer les entreprises selon les référentiels Sec-NumCloud, PDIS et PRIS. Offrant la garantie de recourir à des services recommandés par l'État, ceux-ci permettent d'accéder à des marchés réglementés ou de se démarquer de la concurrence. Alors que le *Cybersecurity Act* a été adopté en mars 2019, ils constituent aussi une base solide pour la construction du futur cadre européen de certification de la cybersécurité. ■



DE NOUVELLES PRESTATIONS EN MÉTROLOGIE DIMENSIONNELLE

Spécialisé en métrologie dimensionnelle, le LNE Nîmes a obtenu en 2019 une accréditation FLEX 3 pour l'étalonnage des capteurs de déplacement. Cette portée flexible offre à ses laboratoires la possibilité d'utiliser de nouvelles méthodes entre deux évaluations du Cofrac. Le LNE pourra ainsi étalonner tous types de capteurs (avec et sans contact), quelle que soit la nature de leur signal de sortie. Pour les industriels et les laboratoires d'essais disposant de chaînes de mesure intégrées, non démontables, l'intérêt est indéniable puisque cette nouvelle accréditation couvre les capteurs à sortie tension et courant : ils peuvent adresser au LNE leurs capteurs avec leurs électroniques, afin de les étalonner et de linéariser la sortie du signal via la fourniture d'un polynôme de linéarisation. Le Laboratoire est le seul en France à proposer un tel service.

Parallèlement, le LNE Nîmes a fait l'acquisition d'un nouvel équipement afin de réaliser des mesures de circularité et de rectitude, avec un niveau d'incertitude optimal et un niveau d'automatisation important. Il propose ainsi des prestations d'étalonnage sous accréditation Cofrac pour des étalons matérialisés tels que les bagues et cylindres. Mais il peut également répondre à tout autre besoin de mesure sur des pièces de révolution.

Cette machine, les industriels ont pu la découvrir dans le cadre d'un afterwork «Métrologie et Essais» organisé par le pôle Optitec. À cette occasion, les laboratoires ont en effet ouvert leurs portes et dévoilé l'ensemble de leurs équipements et prestations : banc Olise, mesures tridimensionnelles, mesures dimensionnelles pour les grandes longueurs, dispositifs d'étalonnage pour les angles et distances... Une initiative qui devrait être renouvelée en 2020. ■



BANC DE MESURE UNIDIRECTIONNEL SIGP DE 4 MÈTRES AVEC INTERFÉROMÈTRE EN LIGNE.

OVHcloud : LA CERTIFICATION POUR UNE ALTERNATIVE DE CONFIANCE

Se positionnant comme une alternative aux géants du cloud américains ou chinois, OVHcloud participe à l'émergence d'un écosystème de solutions de confiance en Europe. La certification HDS qu'il a obtenue avec l'aide du LNE, tout comme l'évaluation Sec-NumCloud qu'il a engagée, contribuent à cette démarche.

CONTEXTE

OVHcloud propose des solutions d'infrastructure cloud dédiées ou mutualisées, des serveurs dédiés, de l'hébergement web, de l'enregistrement de noms de domaine, ainsi que des services de télécommunication. Implanté dans 19 pays, il compte 2 200 employés et 30 datacenters, pour 1,5 million de clients. Son internationalisation croissante, le champion français du cloud la doit en partie à ses plus hautes exigences en matière de sécurité. À travers son département Conformité et Sécurité notamment, il déploie des systèmes de management de la sécurité et les certifications associées dès la conception des produits.

PROBLÉMATIQUE

En avril 2018, le législateur fait évoluer l'agrément Hébergeur de Données de Santé (HDS) vers un modèle de certification. Il s'agit de répondre à l'intégralité des exigences de l'ISO 27001, à celles d'autres normes, ainsi qu'à une quinzaine d'obligations spécifiques à l'hébergement de données de santé en France. Alors qu'OVHcloud est agréé pour son offre Private Cloud depuis 2016, il doit être certifié avant le terme de son agrément, fin 2019, afin d'assurer la continuité de son activité.

SOLUTION LNE

Au cours de son audit, le LNE déploie une approche par les risques afin de vérifier l'adéquation des mesures en place. Grâce à son expertise technique et à sa maîtrise des référentiels, il effectue une analyse globale, qui permet d'aller au-delà des obligations normatives pour aborder les sujets de fond en matière de sécurité de l'information. Il prend également en compte l'organisation d'OVHcloud et ses impératifs de planning, afin d'y adapter l'organisation de l'audit.

RÉSULTATS

En mai 2019, OVHcloud obtient la certification HDS pour son offre Private Cloud, et peut ainsi garantir une continuité de service auprès de ses clients. À l'automne 2019, il poursuit la démarche sur une partie de ses solutions Serveurs dédiés. De quoi étoffer son offre à destination du marché de la santé. ■



« LA COLLABORATION AVEC LE LNE FAIT LA DIFFÉRENCE »

« Nous avons choisi le LNE non seulement parce qu'il répondait au cahier des charges, mais aussi parce qu'il était en mesure de fournir la prestation d'évaluation SecNumCloud. Nous souhaitons nous en assurer, en amont de ce projet de qualification. Résultat : le cadrage de notre évaluation SecNumCloud a débuté, et nous sommes très confiants sur la façon dont la prestation va se dérouler. Les équipes seront capables d'optimiser les audits et de construire une démarche mutualisée complète, en capitalisant sur leurs analyses précédentes. C'est un levier d'efficacité important, un accélérateur pour les démarches de conformité. Autre point notable : en France, en raison de son statut d'EPIC, le LNE représente pour les ministères, les administrations ou encore les collectivités la confiance de l'État. Lorsque nous souhaitons travailler avec ces autorités, la collaboration avec le LNE fait la différence. Elle apporte une garantie de qualité et une valeur ajoutée supplémentaire, des avantages auxquels nos clients sont sensibles. »

Julien Levrard, responsable Conformité et Sécurité, OVHcloud.



BÂTIR UN MONDE DURABLE



FILMS RÉFLÉCHISSANTS DONT LES PROPRIÉTÉS RADIATIVES ONT ÉTÉ CARACTÉRISÉES DANS LE CADRE DU PROJET EMIRIM.

ALLER VERS LA NEUTRALITÉ CARBONE

Le bâtiment entame une profonde mutation pour accompagner la transition écologique, et, plus concrètement, anticiper la RE 2020. Parmi ses nombreux défis, la performance énergétique est essentielle. Un chantier soutenu par le LNE.

Alors que l'Europe, à travers le paquet Énergie Climat 2030, souhaite accroître de 32,5 % l'efficacité énergétique dans ses pays membres, les professionnels du bâtiment redoublent d'efforts. Afin de tester la performance de leurs solutions, le LNE mène divers projets de recherche.

UNE MEILLEURE CARACTÉRISATION DES ISOLANTS RÉFLECTEURS

Il pilote par exemple le projet européen EMIRIM. Enjeu : améliorer les mesures d'émissivité totale hémisphérique réalisées par les industriels sur les films des « isolants réflecteurs » - mesures ayant parfois donné des résultats très dispersés (pouvant s'étaler de 0,02 à 0,08 pour un même film). Dans ce contexte, le LNE contribue à perfectionner les techniques de référence et à développer de nouveaux matériaux de référence pour étalonner l'instrumentation industrielle.

En 2019, il a ainsi mis en œuvre une nouvelle configuration de la technique de référence pour la mesure d'émissivité par méthode calorimétrique. Ce qui lui a permis d'obtenir une incertitude de l'ordre de 0,015, au lieu de 0,03. Ces résultats sont similaires à ceux d'un autre institut, obtenus par une technique de référence

de type spectroradiométrique multidirectionnelle, pour des surfaces diffusantes ou spéculaires de faible émissivité, des surfaces de forte émissivité et des films lisses de faible émissivité.

Côté mesures industrielles, une première comparaison des deux principales techniques utilisées a démontré qu'il reste à définir des procédures de mesure et d'étalonnage améliorées pour certaines surfaces.

À l'issue du projet, courant 2020, un guide de bonnes pratiques sera diffusé auprès de la communauté métrologique, et des propositions seront faites pour faire évoluer les normes EN 16012/EN ISO 22097 et EN 15976.

LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE MESURÉE IN SITU

Le LNE a parallèlement poursuivi ses recherches sur la performance énergétique du bâtiment, en s'appuyant notamment sur ses compétences en science des données. Au sein du projet RESBATI, il contribue à la création d'un instrument capable de vérifier, in situ, l'isolation thermique des parois opaques et d'estimer par approche bayésienne la résistance thermique d'une paroi. Le prototype a fait l'objet en 2019 de premiers essais concluants, sur une paroi ITI (isolation thermique par l'intérieur) et une paroi MOB (maison ossature bois). En 2020, il sera testé sur une paroi ITE (isolation thermique par l'extérieur). Un second prototype, amélioré, sera également testé en 2020 sur une utilisation en chantier.

Afin d'accompagner les maîtres d'ouvrage, le LNE participe enfin à l'élaboration d'un livre blanc sur la mesure de la performance énergétique des bâtiments (MPEB) - une initiative de la Fondation Bâtiment Énergie. Les groupes de travail se réuniront jusqu'à octobre 2020, autour de 5 thèmes : concepts et définition de la MPEB, recensement et qualification des méthodes de MPEB, choix et mise en œuvre opérationnelle des solutions, analyse des coûts et bénéfices, études de cas. ■

UNE OFFRE ORIENTÉE SYSTÈMES

Le LNE étoffe régulièrement son parc d'équipements d'essai à destination des fabricants de systèmes d'isolation et d'étanchéité. En 2019, il a par exemple fait l'acquisition d'un banc mécanique permettant d'évaluer le comportement, sous charge statique répartie en température, de systèmes pouvant aller jusqu'à 400 mm d'épaisseur pour les applications sous toiture lourde. Il s'est aussi doté d'un banc de fatigue permettant de déterminer le classement FIT (fatigue, indentation, température) des membranes d'étanchéité.



LABORATOIRE DE MÉTROLOGIE ÉLECTRIQUE HAUTE TENSION.

SMART GRIDS : DE NOUVEAUX DÉFIS MÉTROLOGIQUES

Dans notre quête de neutralité carbone, les smart grids sont incontournables. Et les défis qu'ils soulèvent sont multiples, notamment pour assurer l'intégration des énergies renouvelables intermittentes.

Dans ce contexte, le LNE participe à trois nouveaux projets de recherche, sélectionnés en 2019 par la Commission européenne et cofinancés par le programme H2020. Les objectifs sont d'améliorer :

- les moyens et méthodes de mesure en très hautes tensions (jusqu'à 4 MV en onde impulsionnelle, 2 MV en tension continue et 800 kV en tension alternative),
- la caractérisation métrologique des transformateurs de tension et de courant,
- les méthodes et procédures de mesure pour la qualification des transformateurs en présence de signaux distordus et de plusieurs autres facteurs influents, et pour la vérification des systèmes de mesure utilisés pour les essais en ondes combinées et composées (travaux menés aux côtés des comités de normalisation TC38 et TC42).

Parallèlement, pour accompagner l'industrie, le LNE développe des prestations de mesure toujours plus adaptées : puissance sur les réseaux alternatifs et continus, harmonies jusqu'à 150 kHz, puissance sur des signaux fortement perturbés et déformés, impédance sur les batteries en vue d'une seconde vie, comptage ferroviaire sur signaux bruités jusqu'à 5 kHz... Il contribue aussi à l'élaboration de méthodes normatives pour l'émission d'harmoniques sur les réseaux de distribution.

En outre, au sein du réseau européen de métrologie Smart Electricity Grids, le Laboratoire a poursuivi en 2019 la création d'un comité des parties prenantes et d'un groupe de travail réunissant des opérateurs de réseaux de distribution et de transport, des fabricants d'équipements électriques, des comités techniques de normalisation, des universités et des sociétés de service. ■

DES GARANTIES POUR LE DÉPLOIEMENT DU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Dans le cadre des Plans Climat-Air-Energie Territoriaux (PCAET), le LNE a poursuivi son appui aux territoires dans le déploiement du solaire photovoltaïque.

La Région Grand Est lui a confié une mission concernant le potentiel solaire de son patrimoine immobilier, soit 317 sites représentant plus de 3 000 bâtiments sur 10 départements. En partenariat avec Enamo, le Laboratoire a ainsi établi un cadastre solaire cartographiant l'ensoleillement annuel de chaque établissement, puis évalué le productible photovoltaïque ainsi que l'opportunité d'installer une solution en toiture ou au sol (ombrières).

Des opérations similaires ont été menées, dès l'été 2019, sur l'ensemble des territoires de Maremne Adour Côte Sud (23 communes, 600 km²), et de Quimper Bretagne Occidentale (14 communes, 480 km²). La Communauté d'agglomération Amiens Métropole a également passé commande, en fin d'année, pour un territoire de 350 km², composé d'un tissu à la fois urbain et rural. Elle avait déjà sollicité le LNE pour des prestations de thermographie aérienne et de cartographie aérienne des éclairages. ■



GISEMENT SOLAIRE ANNUEL EXTRAIT SUR LES TOITURES AU FORMAT RASTER (IMAGE).

FAIRE RECULER LA POLLUTION LUMINEUSE

Après Paris en 2018, ce sont Grenoble, Amiens et Saint-Tropez qui ont sollicité le LNE pour une cartographie aérienne de leurs éclairages. Enjeu : mieux évaluer les nuisances lumineuses et leur impact sur la biodiversité, tout en sensibilisant l'ensemble des acteurs d'un territoire. Le Laboratoire a ainsi survolé chaque circonscription puis réalisé le traitement des images, afin de constituer une cartographie complète, nocturne et visible. Le résultat image, appelé « ortholuminoplan », permet notamment de géolocaliser des points d'éclairage et d'avoir une vision globale du parc public et privé. Les opérations se sont déroulées au premier semestre 2019, sur des territoires de nature et de dimension variées : respectivement, 545 km², 350 km² et 50 km². Le LNE a eu l'occasion de présenter ce savoir-faire à Washington, au cours de la session quadriennale de la Commission internationale de l'éclairage (14-22 juin 2019). Reconnue par l'ISO comme organisme international de normalisation, cette dernière favorise le partage de connaissances sur toutes les questions relatives à la science de la lumière et de l'éclairage, à la couleur et à la vision, à la photobiologie et aux techniques d'imagerie. ■



MIEUX SURVEILLER LES RISQUES NATURELS ET NUCLÉAIRES

Les capteurs infrasonores revêtent une importance croissante pour surveiller les phénomènes naturels (séismes, tsunamis, éruptions volcaniques...), ainsi que les activités industrielles ou militaires (par exemple, dans le cadre du traité d'interdiction complète des essais nucléaires). Pour autant, leur traçabilité métrologique au SI n'est pas assurée entre 0 et 2 Hz.

Dans ce contexte, le LNE développe un banc d'étalonnage primaire, reposant sur le principe du pistonphone laser - un projet mené en collaboration avec le CEA, qui dispose de l'un des réseaux de capteurs infrasonores les plus denses au monde. En 2019, après livraison et instrumentation du banc, les premières phases de validation ont permis de démontrer sa pertinence dans les plus hautes fréquences (2-20 Hz). Ces travaux seront poursuivis en 2020 afin de couvrir l'ensemble de la gamme de fréquences, et donneront lieu à une comparaison inter-laboratoire avec le CEA, Sandia National Laboratories, l'Université du Mississippi et l'Université de Penn State. ■



CLIMAT ET OCÉANS : LA MÉTROLOGIE EUROPÉENNE S'ORGANISE

Après l'aval d'Euramet sur sa création en 2018, le réseau européen de métrologie pour l'observation du climat et des océans a commencé à se construire dès 2019. Pilotant le groupe de travail Observation océanographique, le LNE a mis en place l'organisation interne, et sondé les besoins des communautés scientifiques afin d'établir l'agenda stratégique. Une trentaine de paramètres physiques, chimiques et biologiques sont en effet utiles à l'océanographie ; il s'agit de hiérarchiser les besoins métrologiques pour les mesurer de façon fiable. Parallèlement, les équipes du LNE ont poursuivi leurs recherches sur la mesure du pH, un indicateur de l'acidification des océans : une comparaison inter-laboratoire organisée par le LNE dans le cadre du JPI Océans a permis d'évaluer les performances et les incertitudes de mesure des instruments régulièrement utilisés par des laboratoires sur le terrain. ■

ELICHENS : DES CAPTEURS LOW COST ET PERFORMANTS POUR LA QUALITÉ DE L'AIR

La start-up eLichens développe des micro-capteurs connectés, apprenants et auto-calibrés via des algorithmes d'intelligence artificielle, pour accélérer la lutte contre la pollution de l'air. En l'absence de certification, elle a demandé au LNE d'évaluer leurs performances métrologiques.

CONTEXTE

Créée fin 2014, eLichens a pour vocation de délivrer une information complète et pertinente sur la qualité de l'air extérieur et intérieur. Elle développe pour cela une solution intégrée associant, d'une part, des stations connectées constituées de capteurs développés ou recalibrés par eLichens, et d'autre part, des logiciels d'intelligence artificielle calculant et prévoyant la qualité de l'air à partir des données relevées. Utilisable à toute échelle, cette offre est implémentée chez des acteurs publics ou privés, allant des collectivités aux secteurs de l'industrie.

PROBLÉMATIQUE

Reposant sur des capteurs low-cost et des techniques de recalibration, la solution d'eLichens permet de déployer une multitude de stations en plusieurs points, et ainsi de démultiplier l'information spatio-temporelle sur la qualité de l'air. Pour valider la qualité des données ainsi acquises, eLichens a souhaité obtenir la confirmation des hautes performances et niveaux de précision de ses solutions, quels que soient les paramètres environnementaux (température, humidité...).

SOLUTION LNE

Dans le cadre d'un contrat de recherche partenariale, le LNE a évalué les performances métrologiques des capteurs, en ce qui concerne les particules fines, le dioxyde d'azote, le dioxyde de carbone et l'ozone. À cette fin, il a développé un banc d'essai reposant sur la mise en œuvre d'une chambre d'exposition, dans laquelle les capteurs sont exposés à des atmosphères contenant différents gaz ou aérosols. Les méthodes de référence sont celles préconisées par les directives européennes en matière de surveillance de la qualité de l'air (2008/50/CE et 2004/107/CE).

RÉSULTATS

Les résultats de cette évaluation, riches d'enseignements sur le comportement des stations, ont permis à eLichens de faire un état des performances de sa solution. Alors que le marché des petites stations de qualité de l'air est en pleine croissance, ces résultats obtenus par le LNE constituent un atout concurrentiel indéniable. En outre, ils seront mis à profit dans le cadre de futures améliorations de la solution eLichens. ■



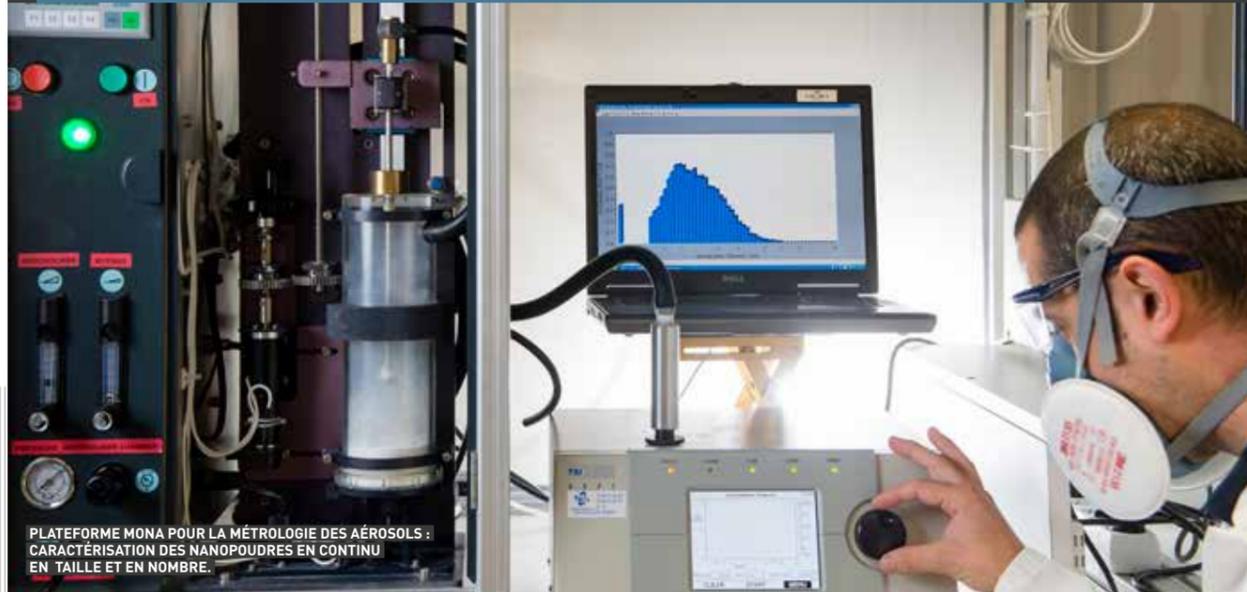
« À MES YEUX, C'EST UN PARTENARIAT TRÈS ENRICHISSANT POUR TOUS »

« Notre objectif était d'avoir des informations indépendantes confirmant la qualité de nos capteurs. Le LNE est un EPIC, son expertise dans les mesures et les essais n'est plus à démontrer, ni la qualité de ses équipements. Cela donne forcément du poids aux résultats obtenus. Dans le cadre de ce contrat de recherche partenariale, nous avons beaucoup échangé en amont sur le protocole, mais ensuite les équipes du LNE ont mené seules leurs travaux. À mes yeux, c'est un partenariat très enrichissant pour tous. Il nous aide à décrire objectivement la qualité de notre solution, à l'améliorer, et à anticiper une future certification des capteurs – que nos clients et partenaires industriels appellent tous de leurs vœux. De plus, il permet au LNE de développer des moyens et des protocoles pour accompagner les travaux de normalisation européens : des spécifications techniques pour l'évaluation des capteurs devraient voir le jour à court ou moyen terme. »

Benjamin Lebugue, ingénieur Qualité des données, eLichens.



GARANTIR
LA SÉCURITÉ
DE CHACUN



PLATEFORME MONA POUR LA MÉTROLOGIE DES AÉROSOLS : CARACTÉRISATION DES NANOPOUDRÉS EN CONTINU EN TAILLE ET EN NOMBRE.

DES DIAGNOSTICS PLUS FIABLES, POUR UNE MEILLEURE PRÉVENTION

Les maladies chroniques progressent partout dans le monde. Pour accompagner leur prévention, la médecine doit se doter d'outils d'analyse toujours plus fiables. Le LNE s'y consacre.

Du dépistage de la maladie au suivi du traitement, les analyses et autres outils de diagnostic constituent une aide importante à la décision médicale. Ils permettent même d'identifier de manière personnalisée le traitement le plus adapté à chaque patient. Pour asseoir cette position clé, ils doivent néanmoins garantir leur fiabilité.

DES RÉSULTATS D'ANALYSES TRAÇABLES AU SI

Le LNE se mobilise sur le sujet en développant des méthodes de référence pour le dosage de divers biomarqueurs. À commencer par ceux des maladies cardiovasculaires et du diabète. C'est dans ce cadre, qu'il a signé, en octobre 2019 un accord de collaboration de recherche avec le CDC (Centers for Disease Control and prevention), la principale agence fédérale américaine en matière de santé publique. Si le Laboratoire et le CDC travaillaient déjà ensemble depuis une dizaine d'années, cela permettra de faciliter leurs échanges d'échantillons et de protocoles.

En outre, en tant que membre du CRMLN (*Cholesterol Reference Method Laboratory Network*), un réseau de 9 laboratoires de référence coordonné par le CDC, le LNE participe régulièrement à des intercomparaisons internationales. Démontrant l'équivalence des résultats obtenus par les méthodes de chaque laboratoire, celles-ci permettent ensuite de développer des prestations d'étalonnage pour les fabricants de produits de diagnostic in vitro. Afin de mieux prédire le risque cardiovasculaire, le Laboratoire a également publié divers articles et études sur la commutabilité des échantillons de contrôle (leur capacité à mimer le comportement d'échantillons réels), les analyses avancées de lipoprotéines, ou encore les méthodes de référence alternatives pour le dosage du cholestérol.

Sur le front d'autres pathologies, trois institutions ont accueilli des chercheurs du LNE durant l'été, leur permettant ainsi d'approfondir leurs travaux :

- BIPM (France) : les recherches d'Hélène Vaneckhoutte concernaient l'apport de la mobilité ionique couplée à la spectrométrie de masse pour l'évaluation de la pureté de l'ocytocine (hormone impliquée dans la survenue des contractions lors du travail et de l'accouchement) et de la PTH (suivi de personnes atteintes d'insuffisance rénale en dialyse).
- Health Sciences Authority (Singapour) : Huu Hien HUYNH y a approfondi ses recherches sur une méthode de référence pour le dosage de la procalcitonine (sepsis) et sur un étalon primaire de pureté certifié.
- LGC (Royaume-Uni) : Amandine Bœuf souhaitait déterminer la pureté d'étalons primaires de la protéine de Tau (maladie d'Alzheimer) et de la procalcitonine.

Enfin, en tant que pilote du tout jeune réseau européen de métrologie TraceLabMed, le LNE a commencé à en consulter les parties prenantes afin de recenser les biomarqueurs pour lesquels la traçabilité des mesures est prioritaire. Il pourra ainsi organiser dès 2020 des workshops pour développer des méthodes de référence et des étalons internationaux utiles au diagnostic in vitro. ■

DES MRC AU CATALOGUE DE MERCK

En octobre 2019, le LNE a signé avec Merck / Sigma Aldrich un contrat de distribution de ses matériaux de référence certifiés (MRC) biologiques. En 2020, cet accord sera étendu à d'autres étalons, notamment dans le domaine des nanotechnologies.

BIENTÔT DES DM CONNECTÉS, SÉCURISÉS ET CERTIFIÉS

Alors que le *Cybersecurity Act* a été voté en 2019, le LNE développe des protocoles de mesure afin d'évaluer la cybersécurité des dispositifs médicaux connectés et la performance des IA qui y sont embarquées. L'enjeu est de proposer une méthode harmonisée au niveau européen, à des fins de certification. Menées avec des fabricants de DM et de DM-DIV, ces recherches couvrent l'ensemble des problématiques rencontrées, qu'il s'agisse de dispositifs portés par le patient ou connectés au réseau de l'hôpital, développés par un grand groupe ou par une start-up... En 2019, le Laboratoire a réalisé la bibliographie qui lui permettra d'établir les protocoles dès 2020. Ces derniers seront ensuite soumis aux différentes autorités en France (ANSM, ANSSI...) et en Europe (ENISA) en vue de leur reconnaissance. ■



FIABILISER LE TRAITEMENT D'IMAGE FACE AU RISQUE D'INFARCTUS

Afin de contribuer à une meilleure détection de l'ischémie, le LNE a finalisé les travaux qu'il menait dans le cadre du projet *Metrology for Multi-Modality Imaging of Impaired Tissue Perfusion Perfusion Imaging*. Mené par un consortium européen (PTB, NPL, King's College, Université de Delft...), ce projet avait pour enjeu d'évaluer la performance des techniques d'imagerie dans l'estimation de la perfusion myocardique, c'est-à-dire l'apport du débit sanguin au myocarde. À partir des images issues d'un fantôme physique mimant le comportement du cœur, le LNE a développé un protocole d'évaluation des incertitudes de mesure sur les IRM. Il a notamment mis en œuvre des méthodes de déconvolution, afin d'estimer le débit sanguin à partir des pixels des images et de modèles pharmacocinétiques. Les résultats de ces travaux ont été comparés à ceux de la PTB (homologue allemand du LNE). Ils ont également donné lieu à la création d'une application permettant de récupérer les images et d'estimer la perfusion myocardique. ■



UNE JUSTE DOSE POUR LE PATIENT

Réduire les doses d'exposition aux rayons X des patients, tout en assurant la meilleure qualité diagnostique possible, constitue un défi quotidien pour les acteurs de la radiothérapie. Pour y répondre, les ingénieurs et chercheurs en métrologie électrique haute tension du LNE ont conçu un nouveau système in situ, capable de mesurer des tensions impulsionnelles délivrées par les générateurs à rayons X pulsés. Ces travaux finalisés en 2019 étaient menés dans le cadre d'un projet de recherche européen, aux côtés de partenaires tels que le CEA Saclay et General Electric Medical Systems.

Le LNE est par ailleurs impliqué dans la conception d'un système mesurant les hautes puissances pulsées, dont le temps de montée est égal à une nanoseconde pour des tensions allant jusqu'à 500 kV. Cette étude trouvera des applications dans le traitement des cellules cancéreuses et dans le domaine de la stérilisation. Le système complet sera opérationnel en 2022. ■



LABORATOIRE DE MÉTROLOGIE ÉLECTRIQUE HAUTE TENSION.



EMBALLAGE ALIMENTAIRE : ALLIER CRÉATIVITÉ ET SÉCURITÉ

Pour éviter toute crise sanitaire, les matériaux au contact des aliments et autres produits similaires font l'objet de nombreuses recherches de la part du LNE. Au sein de l'UMT (Unité Mixte Technologique) Actia SafeMat, il travaille avec l'INRA et AgroParisTech sur des outils de calcul, notamment FMECAengine, pour l'évaluation du risque de migration des substances issues de matériaux et objets en contact. Cette approche permet d'analyser la causalité entre design, pratiques industrielles ou domestiques et risque de contamination. FMECAengine est en évolution continue pour intégrer la modélisation tridimensionnelle des transferts, modélisation en présence d'écoulement, modélisation bayésienne ou entièrement probabiliste. Dans ce contexte, en 2019, l'UMT a appuyé les industriels sur les questions d'ingénierie responsable pour des matériaux et objets qui doivent être écoconçus. Parallèlement, le RMT (Réseau Mixte Technologique) Actia ProPack Food, qui pilote le LNE en co-animation désormais avec le CTCPA, a vu ses missions renouvelées jusqu'en 2024. Sa feuille de route : aider à concevoir des emballages recyclables, réutilisables et compostables, qui limitent aussi le gaspillage alimentaire. Le LNE contribuera à évaluer la sécurité sanitaire et environnementale des matériaux écoconçus, biosourcés et biodégradables. Il aborde déjà ces questions au sein du projet H2020 MyPack, qui vise à soutenir l'accès au marché de solutions innovantes et durables pour promouvoir le développement de matériaux plastiques issus de ressources renouvelables. Sept technologies y sont testées sous l'angle de la plus-value environnementale, de la qualité, de l'acceptabilité sociale, de la viabilité économique et réglementaire. En 2019, les propriétés fonctionnelles des bioplastiques souples développés ont prouvé leur intérêt pour la préservation des produits de 4^e gamme. Enfin, dans une logique de partage des connaissances, le LNE poursuit sa collaboration au projet européen Erasmus+ FitNess : la 1^{ère} plateforme européenne <https://fitness.agroparistech.fr>, qui rassemble des contenus pédagogiques sur l'emballage et le conditionnement des aliments, a fait l'objet de premières sessions de formation en Europe. Elle sera totalement aboutie mi-2020. Quant au site internet www.contactalimentaire.fr, il a fait l'objet d'une refonte, pour une meilleure expérience utilisateur. Il sera accessible à la fin du mois de mars 2020. ■

ALEXA, SIRI ET LES AUTRES SONT-ILS PERFORMANTS ?

En tant que tiers de confiance pour l'évaluation des systèmes d'intelligence artificielle, le LNE a réalisé pour le compte de l'Institut national de la consommation (INC) une analyse comparative des performances des assistants vocaux des principaux géants du numérique : Alexa (Amazon), Siri (Apple), Bixby (Samsung), Cortana (Microsoft) et Google assistant (Google). Plus de 900 questions en langue française ont été posées aux assistants embarqués sur des smartphones, tablettes et enceintes connectées. Les difficultés des questions (longueur, présence de périphrases, quantité d'informations à fournir, etc.), leurs tonalités et inflexions (adultes, enfants, femmes, hommes, accents régionaux...) et leurs thématiques - notamment des questions de culture générale, vie pratique (recettes de cuisine, etc.), vie locale (localisation d'un cinéma, d'un restaurant, etc.) ainsi que des questions répréhensibles (discriminantes, sexistes, etc.) -, ont permis de caractériser leurs comportements et performances. Ces essais ont fait l'objet d'une publication dans *60 Millions de consommateurs*, en novembre 2019. ■

POUR EN SAVOIR PLUS

« Assistants vocaux : une intelligence trop artificielle » - *60 Millions de consommateurs* - n°553

<https://www.60millions-mag.com/2019/10/28/le-betisier-des-assistants-vocaux-16926>

<https://www.60millions-mag.com/2019/10/21/faut-il-laisser-ses-enfants-utiliser-les-assistants-vocaux-16917>



ISO 17025:2017, LA FORMATION EN AMONT DES AUDITS DE TRANSITION

Les laboratoires d'étalonnage et d'essais ont jusqu'à novembre 2020 pour se mettre en conformité avec la nouvelle version de la norme ISO 17025, qui introduit l'approche processus ainsi que la gestion des risques et des opportunités. En 2019, le LNE les a accompagnés à travers un cycle complet de formation. Témoignages.



« NOUS AVONS PRIS CONSCIENCE QUE NOUS ÉTIONS EN RETARD »

« Nous connaissons le LNE depuis longtemps, c'est un partenaire privilégié pour les formations. Personnellement, j'en suis une tous les deux ans environ. Ce que j'attendais de la formation «ISO 17025, risques et opportunités pour les laboratoires», c'était bien plus que pouvoir appliquer des règles, c'était développer une nouvelle façon de travailler et savoir appréhender les choix à faire. Cela ne s'apprend pas en cinq minutes. Trois grands outils ont été présentés : le SWOT, l'AMDEC et l'ISO 31000^{*}. Nous les avons pris un par un et avons fait des exercices, qui nous ont permis de comprendre ce qu'étaient les risques et opportunités, et de manier des outils concrets. La formation nous a boostés, nous avons pris conscience que nous étions en retard. Ce qui n'a cependant jamais affecté la qualité de nos prestations ni le respect des délais, notre objectif principal. »

Anne Audouard, responsable qualité, responsable du matériel et de la métrologie, technicienne - iodolab.

« DES OUTILS PÉRENNES, UTILES À NOTRE DÉMARCHE D'AMÉLIORATION CONTINUE »

« Désignée pour mettre en place la méthode risques et opportunités liée à l'ISO 17025 : 2017, j'ai suivi la formation dédiée du LNE. Les enjeux étaient de définir une méthodologie partagée par l'ensemble de l'équipe ainsi qu'un langage commun, et pour cela il fallait approfondir nos connaissances, être en mesure de nous poser les bonnes questions et acquérir les bons outils d'analyse des risques. À l'issue de ma formation, un brainstorming a été organisé avec l'ensemble du laboratoire. Tous les risques identifiés ont été répertoriés, puis décrits, analysés, cotés suivant une échelle que j'ai moi-même déterminée, et associés à un plan d'action. Un plan de surveillance a été mis en place. C'est un véritable outil d'aide à la décision. Je trouve cette formation très intéressante, notamment parce qu'elle fournit des outils pérennes, utiles à notre démarche d'amélioration continue. »

Sabrina Roger, correspondante qualité du Laboratoire Essais et Expertise - Département Structures et Adhérence, Service technique de l'aviation civile (DGAC).

« NE PAS APPLIQUER DES RECETTES À L'AVEUGLE »

« Si Gustave Roussy est accrédité selon le référentiel ISO 15189 : 2012 propre aux laboratoires de biologie médicale, il doit néanmoins se conformer à l'ISO 17025. Je possédais déjà une certaine expérience dans ce domaine, mais il m'a semblé utile de suivre au LNE la formation «ISO 17025 : 2017 - mettre en œuvre le référentiel des laboratoires d'essais et d'étalonnage». J'en ai tiré une maîtrise des concepts les plus théoriques, une plus grande rigueur, la capacité de réfléchir aux processus afin de ne pas appliquer des recettes à l'aveugle. Nos laboratoires doivent périodiquement étalonner leurs 400 équipements de mesure. La formation me permet aujourd'hui de rationaliser nos besoins et de gagner en efficacité, mais sans prendre aucun risque. Car, en bout de chaîne, il y a les patients. »

Guillaume Laurant, co-responsable de l'Assurance qualité et de la Métrologie - département de Biopathologie médicale, Institut Gustave Roussy.

* SWOT : Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
Méthode AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité
ISO 31000 : 2018, Management du risque - Lignes directrices.

LISIBILITÉ GARANTIE POUR LES PANNEAUX À MESSAGES VARIABLES

3 ou 4 lignes de 15 caractères... c'est peu, mais essentiel pour informer les usagers de la route. Afin de valider la lisibilité et la robustesse des panneaux à messages variables, le LNE associe régulièrement les compétences de ses départements Optique/Photonique et Essais. Tout est alors passé en revue avant la certification et la commercialisation de tels dispositifs : essais mécaniques, essais climatiques, caractérisation des propriétés photométriques et colorimétriques... En 2019, trois fabricants ont ainsi sollicité le Laboratoire, et d'autres ont déjà passé commande pour 2020. ■



PHOTOVOLTAÏQUE : PRÉVENIR LES RISQUES D'ÉBLOUISSEMENT

Alors que les réserves foncières à proximité des aéroports suscitent l'intérêt des fournisseurs d'énergie solaire, la DGAC se soucie des risques occasionnés par leurs installations, notamment l'éblouissement des pilotes et des contrôleurs aériens. En 2019, le LNE a accompagné un fournisseur dans l'évaluation de ses panneaux photovoltaïques. Le banc d'essai qu'il a développé permet de mesurer les angles et les niveaux de luminance réfléchiés des modules photovoltaïques, des informations qui orientent ensuite leur mise en œuvre pour répondre aux exigences de la DGAC. ■

LA NORMALISATION, ÉTAPE INDISPENSABLE AU DÉVELOPPEMENT DE NANOMATÉRIAUX FIABLES ET SÛRS

L'Institut LNE-Nanotech a été sélectionné en 2019 pour deux projets normatifs sur le risque nano au poste de travail. Le premier vise à définir des protocoles harmonisés pour le prélèvement de Nano-objets, leurs Agrégats et Agglomérats (NOAAs) présents dans l'air, et à établir des règles de comptage par microscopie électronique. Le second aura pour objectif d'encadrer les performances des capteurs à bas coût servant à mesurer l'exposition à ces mêmes NOAAs. Lancés en novembre 2019, ces projets dureront 4 à 5 ans.

Il est à noter que l'Institut LNE-Nanotech contribue parallèlement à des travaux pré-normatifs, via des projets européens tels que nPsize (<https://www.bam.de/Content/EN/Projects/nPsize/nPsize.html>) et ISO-G-SCoPe (centré sur le graphène et qui démarrera en juin 2020), mais aussi via des comparaisons inter-laboratoires internationales au sein du VAMAS

(Programme de Versailles sur les matériaux de pointe et les normes, dans lequel le LNE représente la France). Enfin, depuis septembre 2019, l'Institut co-préside avec Michelin la commission française de normalisation AFNOR/X457 – Nanotechnologies, dans laquelle sont élaborés des guides pour évaluer le risque nano à différentes étapes du cycle de vie des produits, ainsi que des recommandations pour améliorer la traçabilité physique de l'utilisation de nanomatériaux. Pour les années à venir, LNE-Nanotech souhaiterait initier des travaux normatifs dans le domaine du graphène, à partir de son expérience dans le *Graphene Flagship* (voir p. 9) et contribuer à renforcer la présence française au sein des entités européennes et internationales correspondantes, notamment par le biais du projet européen *NanoFabNet*. ■

ACTIS : UN ISOLANT À L'ÉPREUVE DU FEU

Leader européen des isolants réflecteurs alvéolaires, Actis a disposé de cinq mois à peine pour améliorer et démontrer les performances au feu de son produit Tetris SUPER 8 NF. Avec l'appui du LNE.

CONTEXTE

Implantée en Occitanie, Actis développe depuis 40 ans une expertise dans les isolants réflecteurs destinés aux bâtiments neufs ou en rénovation (toitures, combles, murs et planchers). Poursuivant une démarche continue de R&D, elle est le leader européen des isolants réflecteurs. Hybris, le produit phare qu'elle a créé en 2013, a été le premier d'une nouvelle gamme d'isolants alvéolaires certifiés, qui s'étoffe régulièrement depuis, notamment avec Tetris.

PROBLÉMATIQUE

Dans le cadre du dispositif Isolation à un euro, Actis positionne Tetris SUPER 8 NF sur l'isolation des planchers bas, et confie au LNE des essais de comportement au feu dès début 2019. Mais un arrêté du 7 août 2019 exclut les isolants combustibles de ce marché, s'ils ne sont pas protégés par une plaque de plâtre – des travaux de finition qui ne sont pas couverts par l'aide gouvernementale, et défavorisent donc Tetris. Le polystyrène expansé (PSE) est le seul isolant ignifugé autorisé par la réglementation pour une simple pose.

SOLUTION LNE

Afin de maintenir Tetris SUPER 8 NF sur ce segment de marché, la seule possibilité est de démontrer qu'il offre des performances au feu équivalentes à celles du PSE – et qu'il ne nécessite donc pas la pose d'écran thermique. L'arrêté prenant effet au 1^{er} janvier 2020, le temps est compté, d'autant que le comportement très aérien du produit ne permet pas au LNE de réaliser de simulation numérique. Après une analyse de risques, le Laboratoire établit un plan de tests, et procède donc à des essais petite échelle sur l'ensemble des paramètres critiques (débit calorifique, masse combustible mobilisable, toxicité, température d'inflammation, etc.), ainsi qu'à des essais grandeur réelle. Les performances sont ensuite comparées à celles du PSE.

RÉSULTATS

Dans le droit fil des ordonnances Essoc, permettant de déroger à certaines règles sous réserve d'apporter des solutions d'effet équivalent, le rapport d'essais du LNE sert d'argumentaire technique : envoyé au CSTB en janvier, il a permis à Actis de recevoir l'appréciation de laboratoire en février 2020. De quoi initier de nouveaux chantiers, avec le Tetris SUPER 8 NF. ■



«UNE MÉTHODE EXPÉRIMENTALE QUI VALIDE UN PRODUIT INNOVANT»

« La vraie problématique d'Actis fut de trouver un partenaire réactif, capable de déployer une méthode de comparaison sûre. De fait, avec les essais grandeur réelle, il n'y a aucune critique possible. Avec le LNE, nous avons su développer une vraie relation de partenariat. Ses équipes sont allées au-delà de ce qu'elles font habituellement. Elles ont développé une méthode expérimentale et ont validé un produit innovant. De notre côté, nous avons trouvé de nouvelles perspectives en termes de R&D. Dès 2020, nous allons développer de nouveaux produits, pour d'autres applications, où les contraintes de performance au feu sont également encadrées par la réglementation. »

Maxime Duran, directeur de l'innovation, Actis.

RECHERCHE : DE NOUVELLES RÉFÉRENCES, POUR DE NOUVEAUX PROGRÈS

Pour innover, le monde académique et industriel doit disposer d'étalons et de méthodes de mesure toujours plus précis. Les chercheurs du LNE et du Réseau national de la métrologie française y consacrent tout leur temps. Voici quelques morceaux choisis de leurs travaux en 2019.

LE NOUVEAU KELVIN EN VOIE D'ADOPTION

De par la refonte du Système international d'unités (SI) en 2018, le kelvin est maintenant fondé sur la définition microscopique de la température, à savoir la mesure de l'agitation thermique des atomes d'un corps, qui est reliée à la température via la constante de Boltzmann k . Mais en pratique, la transition vers cette nouvelle définition doit s'effectuer en douceur : pour assurer la pérennité des anciennes mesures, une correspondance doit être établie entre les échelles en vigueur et la nouvelle définition thermodynamique de la température. Dans le cadre du projet européen Ink2, les chercheurs du LNE-Cnam ont ainsi développé ou affiné plusieurs méthodes absolues de mesure de température. Par exemple, dans la gamme comprise en 5 K et 200 K, ils s'appuient sur un dispositif de thermométrie acoustique permettant de relier la vitesse du son dans un gaz à la température thermodynamique de ce dernier. Le résultat est comparable à celui donné par un thermomètre relié à l'EIT-90 (échelle des températures). Comme le précise Fernando Sparasci, «cette expérience est parvenue à un tel niveau de maturité que nous avons exporté notre dispositif dans sept laboratoires de métrologie à travers le monde, un cas unique.» ■



FERNANDO SPARASCI

Chercheur, responsable des activités de recherche du département Moyennes Températures



ENRICA ALASONATI

Chercheur en biomédical et chimie inorganique

LES NANOPARTICULES SURVEILLÉES JUSQUE DANS LE SYSTÈME DIGESTIF

Les nanoparticules de dioxyde de titane sont souvent utilisées comme colorant dans les produits alimentaires. Mais que deviennent-elles dans l'appareil digestif ? Pour en savoir plus, le LNE a mené l'enquête. Plus précisément, ses chercheurs ont développé une approche analytique par fractionnement, pour mesurer la distribution de taille de nanoparticules dans les fluides gastro-intestinaux.

Selon Enrica Alasonati, «cette technique est surtout utilisée pour des particules d'une

taille comprise entre quelques nanomètres et plusieurs centaines de nanomètres. Pour les besoins de notre projet, nous avons exploré son pouvoir de séparation pour des particules comprises entre 1 et 20 micromètres.»

Résultat : dans la salive les nanoparticules ont tendance à s'agglomérer tout en restant à l'échelle nanométrique, alors que dans le fluide duodénal elles forment des particules d'un diamètre moyen supérieur à 5 micromètres. ■



WILFRID POIRIER ET FÉLICIEN SCHOPFER

Chercheurs en métrologie électrique fondamentale



LE GRAPHÈNE, POUR UN ÉTALON QUANTIQUE À PORTÉE DE MAIN

Les chercheurs du LNE progressent dans le développement d'un nouvel étalon quantique de résistance. Jusqu'à présent, ce dernier était réalisé par la mise en œuvre de l'effet Hall quantique dans des hétérostructures semiconductrices à base d'arséniure de gallium. Mais cela au prix de très fortes contraintes opérationnelles. En 2015, les chercheurs ont démontré l'exactitude d'un étalon quantique de résistance en graphène avec une incertitude de 1.10^{-9} dans des conditions expérimentales plus accessibles. Depuis, ils poursuivent

leurs analyses afin de fiabiliser la technologie. «Il était très important de comprendre la physique sous-tendant les performances remarquables observées, pour améliorer la maîtrise expérimentale et les procédés de fabrication des échantillons», expliquent Wilfrid Poirier et Félicien Schopfer. Ils se sont également équipés d'un système cryogénique plus compact et ne consommant plus d'hélium liquide. Très bientôt, ils devraient obtenir un étalon quantique de résistance en graphène plus pratique à mettre en œuvre en routine. ■



FRÉDÉRIC BOURSON

Chargé d'études et de recherche au département Pyrométrie-Hautes températures

TRÈS HAUTES TEMPÉRATURES : TOUJOURS PLUS EXACTES ET ACCESSIBLES

En 2016, le LNE-Cnam, avec huit autres laboratoires nationaux de métrologie, est parvenu à déterminer la température thermodynamique de quatre points fixes : cuivre à 1 085 °C, Cobalt-carbone à 1 324 °C, platine-carbone à 1 738 °C et rhénium-carbone à 2 474 °C. Depuis, ses chercheurs n'ont eu de cesse de développer des cellules réalisant ces points fixes afin qu'ils soient directement utilisables par les industriels, pour l'étalonnage de leurs instruments de mesure. Un souhait réalisé en 2019. «Jusqu'alors, nos points fixes de référence permettaient d'étalonner un pyromètre de transfert à partir duquel les industriels pouvaient étalonner leurs propres

références, explique Frédéric Bourson. Désormais, nos nouvelles cellules, dont l'ouverture par laquelle est mesurée la température de fusion des alliages a été adaptée aux dimensions des pyromètres de l'industrie, permettent un lien plus direct avec nos références.»

Ces efforts sont poursuivis dans le cadre du projet européen Real-K, où le LNE-Cnam s'attache à mesurer la température thermodynamique de quatre nouveaux points fixes, notamment le carbure de tungstène-carbone, autour de 2 750 °C. ■

UNE STATION MULTI-GNSS AU LNE-SYRTE

Une nouvelle station multi-GNSS (Global Navigation Satellite System) est opérationnelle au LNE-SYRTE. Installée à l'Observatoire de Paris, elle permet de réaliser des comparaisons d'horloges en utilisant les quatre constellations GNSS : GPS (États-Unis), Galileo (Europe), GLONASS (Russie) et Beidou (Chine), et non plus seulement avec la première comme depuis plus de trente ans.

La station constitue ainsi un nouveau point de référence pour l'International GNSS Service (IGS), qui produit des correctifs pour la propagation des signaux des satellites. Au-delà, elle permettra aux métrologues français de suivre précisément l'évolution

du temps commun à tous les satellites de la constellation Galileo, le Galileo system time (GST).

Il est à noter que le LNE-SYRTE contribue en amont à l'établissement des paramètres de pilotage du GST, ce qui permet aux utilisateurs de Galileo de se raccorder au temps universel. Comme l'indique Pierre Uhrich, «jusqu'à maintenant, ces données étaient produites par comparaisons d'horloges via des satellites de télécommunication ou bien le GPS. Nous pourrions désormais utiliser la constellation Galileo. Nos observations montrent que les signaux Galileo sont plus stables et moins bruités que les signaux du GPS.» ■



DR PIERRE UHRICH

Ingénieur-chercheur, responsable des activités GNSS

PRIX LNE DE LA RECHERCHE : LES RAYONNEMENTS À L'HONNEUR

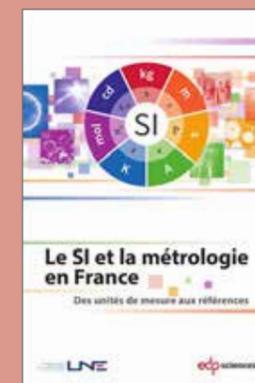
En décembre 2019, la onzième édition du Prix LNE de la Recherche a récompensé Marie-Christine Lépy et Gaël Obein, pour leurs travaux respectifs sur les rayonnements ionisants et les rayonnements optiques.

Couvrant au sein du LNE-LNHB, Marie-Christine Lépy est spécialiste en métrologie des radionucléides couvrant la mesure par spectrométrie gamma et X, le développement de la spectrométrie X et de l'utilisation de sources monochromatiques accordables, ainsi que l'utilisation du rayonnement sur ligne du synchrotron SOLEIL.

Quant à Gaël Obein, responsable amont du département photonique du LNE-Cnam, il a notamment développé un goniospectrophotomètre, l'instrument de référence pour mesurer la BRDF (ou «fonction de répartition bidirectionnelle du facteur de réflexion»), qui encode la façon dont une surface réfléchit une lumière incidente.

UNE BIBLE SUR LE SI

A l'occasion de l'entrée en vigueur des nouvelles définitions du SI, le LNE et le Réseau national de la métrologie française ont publié *Le SI et la métrologie en France – des unités de mesure aux références*. Destiné aux utilisateurs d'appareils de mesure, scientifiques, ingénieurs, étudiants ou enseignants, cet ouvrage de plus de 150 pages revient sur les fondements et la structure du SI. Il présente aussi les recommandations internationales et les nouvelles mises en pratique réalisées par les instituts nationaux de métrologie française.





**DR CARINE
CHIVAS-JOLY**

Ingénieur de recherche (HDR)
Responsable des études R&D de nanoparticules
en milieux complexes sur la plateforme CARMEN

LES PARTICULES FINES BIENTÔT MIEUX TRAQUÉES

Dans le cadre du projet européen AEROMET, achevé en 2019, les chercheurs du LNE ont développé des protocoles améliorés pour la caractérisation des particules atmosphériques. En effet, la réglementation actuelle concerne la mesure de concentration en masse, malheureusement insuffisante pour les aérosols les plus fins.

Les chercheurs ont par exemple mis au point des protocoles validés et traçables pour le développement de matériaux de référence certifiés (MRC) servant à caractériser la composition chimique des particules, tels les métaux. Ou bien encore, ils ont défini des procédures pour étalonner des spectromètres de mobilité électrique (SMPS) et des compteurs de particules à condensation (CPC). Des outils respectivement utilisés pour mesurer les distributions granulométriques en nombre, et la concentration totale particulaire en nombre. Une comparaison inter-laboratoire a été menée pour mettre en cohérence les mesures au niveau européen. *«Ces mesures devront être intégrées à la réglementation dans un futur proche afin de surveiller les particules ultrafines dans l'air ambiant», précise François Gaie-Levrel.* ■



FRANÇOIS GAIE-LEVREL

Ingénieur-Chercheur
en métrologie des aérosols

INCINÉRATION DES DÉCHETS : QUELLE TOXICITÉ ?

Le cycle de vie de nombreux nanocomposites s'achève par une incinération. Afin d'évaluer la toxicité des sous-produits issus cette étape, le LNE participe au projet NanoDeTox. Pour documenter les transformations subies par les nanoparticules, il caractérise huit paramètres définis par l'ISO TR/13014. En parallèle, des biologistes évaluent la toxicité in vitro de ces nano-résidus sur une lignée de macrophages. Objectif : corréler leurs propriétés physico-

chimiques et dimensionnelles avec leur impact sanitaire. *«Démarré début 2019, NanoDeTox vise à établir des recommandations pour limiter les risques associés aux résidus solides d'incinération de nanocomposites, notamment dans la perspective d'une démarche environnementale de type safer-by-design»,* précise Carine Chivas-Joly. Les résultats sont attendus pour 2020. ■



**LOÏC
COQUELIN**

Ingénieur de recherche
en mathématiques appliquées

NANO-MÉTROLOGIE : LE RENFORT DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Pour déterminer la taille de nanoparticules, les métrologues se fondent sur des clichés obtenus par microscopie électronique à balayage. Néanmoins, la plupart des nanoparticules s'y présentent sous la forme d'agrégats où elles sont partiellement masquées. Pour tirer parti de l'information «manquante», le département Science des données et incertitudes du LNE a développé un algorithme capable de prédire le contour d'une particule partiellement masquée, après une phase d'apprentissage à partir d'une base de données dédiée. *«Nous avons utilisé une méthode*

fondée sur la mise en compétition de réseaux de neurones où, en parallèle, un réseau apprend à générer la partie manquante du contour d'une particule, tandis que l'autre s'entraîne à distinguer une image reconstruite d'une image réelle», précise Loïc Coquelin. Par la suite, les mathématiciens se sont attaqués à la tâche de segmentation, consistant à identifier plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de particules sur un cliché. Ils ont opté pour la méthode du transfert d'apprentissage, entre les premières et les dernières couches des réseaux de neurones. ■



**CHRISTOPHE
SUTOUR**

Chercheur en métrologie
des gaz et des aérosols

MESURES D'AMMONIAC : UN ÉTALONNAGE AUX FRACTIONS MOLAIRES LES PLUS BASSES

L'ammoniac atmosphérique d'origine agricole a des effets nuisibles sur la santé humaine et les écosystèmes. Afin d'assurer une meilleure surveillance, le LNE développe un banc d'étalonnage dynamique des instruments de mesure, dans la gamme de fractions molaires les plus basses - soit entre quelques nanomoles et quelques centaines de nanomoles par mole. Ce dispositif repose sur le procédé de perméation. Il prend la forme d'un tube régulé en température, d'où s'échappe de l'ammoniac

au travers d'une membrane perméable, avant d'être dilué dans un flux d'air balayant l'enceinte où est placé le tube. Outre le développement de l'étalon de référence, les scientifiques ont accompli un important travail de développement du logiciel. *«Ce dernier assure la régulation de l'ensemble et permet de réaliser un étalonnage de façon automatique tout en évaluant les incertitudes sur la base de mesures de débits et de températures»,* explique Christophe Sutour. ■

UNE MÉTROLOGIE POUR LA COMPARAISON D'ENREGISTREMENTS VOCAUX

Pour savoir si une personne enregistrée dans le cadre d'écoutes téléphoniques est bien celle présente en interrogatoire, on procède à des comparaisons de voix. Mais comment en garantir la fiabilité ? C'est l'enjeu du programme Voxcrim, auquel participe le LNE. Il s'agit tout d'abord de définir les caractéristiques permettant de reconnaître une voix, en analysant plusieurs milliers d'échantillons par des méthodes d'intelligence artificielle. Ensuite, les chercheurs du LNE développeront des algorithmes permettant d'affirmer si oui ou non ces caractéristiques se trouvent sur un

échantillon particulier, et ainsi de vérifier la fiabilité de la comparaison. Comme l'explique Olivier Galibert, *«au terme du projet, il sera possible de tester toute méthode de comparaison d'enregistrements sur les données Voxcrim afin d'en garantir la fiabilité, et ce faisant de l'accréditer. Et par ailleurs d'indiquer que la probabilité d'une comparaison de deux enregistrements particuliers fournisse un résultat exploitable.»* De quoi estimer in fine si ce résultat peut être recevable par un tribunal. ■



**OLIVIER
GALIBERT**

Ingénieur de recherche
en intelligence artificielle

CIM 2019 : LA MÉTROLOGIE SANS FRONTIÈRES

Lors du 19^e Congrès international de la métrologie (CIM), en septembre 2019, le LNE a participé à 22 conférences, 6 posters et 4 tables rondes. De quoi partager les avancées de ses chercheurs sur la métrologie pour la santé, le climat, l'énergie, les nanos ou encore la thermique industrielle. En outre, son directeur général, Thomas Grenon, a présidé la plénière *Share Measurement Intelligence*, consacrée à l'apport de l'intelligence artificielle à la métrologie, l'utilisation des données et le machine learning. Lors de ces journées, 41 pays étaient représentés et 38% des congressistes venaient de l'étranger.



RAPPORT RECHERCHE
2019

**DÉCOUVREZ
LES TRAVAUX
DE RECHERCHE DU LNE DANS
SON RAPPORT ANNUEL DEDIE.**



LNE - NIMES



LNE - POITIERS



LCM LNE/CNAM - SAINT-DENIS



LNE - PARIS



LNE - TRAPPES



GMED - SAINT-ÉTIENNE



GMED - NORTH AMERICA



LNE-ASIA - HONG KONG

FAIRE PREUVE D'AGILITÉ



UNE POLITIQUE RH AU DIAPASON DE LNE 2025

Faire évoluer les organisations, renforcer les expertises métiers, mobiliser durablement les efforts des collaborateurs... tels ont été les principaux challenges RH en 2019.

Pour accompagner les transformations engagées dans le cadre de LNE 2025, le Laboratoire instaure plus de souplesse dans sa gestion des ressources humaines.

LA QUALITÉ DE VIE AU TRAVAIL AMÉLIORÉE

Ainsi, après sa signature en 2018, l'accord sur l'aménagement et la gestion du temps de travail a été mis en œuvre au 1er janvier 2019, avec notamment un nouveau dispositif de déclaration et de suivi du temps de travail. Pour les salariés du LNE, c'est l'opportunité de gérer leurs horaires de façon individualisée, selon les impératifs de leurs missions et leurs contingences personnelles. Quant à leurs managers, ils peuvent planifier des semaines «hautes» ou «basses» en cas de forte variation d'activité. Ce dispositif permet aussi aux collaborateurs du LNE d'améliorer leur qualité de vie, avec un meilleur équilibre entre vie professionnelle et vie personnelle.

DES TALENTS FIDÉLISÉS ET APTES AU CHANGEMENT

Du côté des effectifs, la croissance engagée en 2018 s'est poursuivie en 2019 (+ 1,2 %) : 77 personnes ont été recrutées en CDI (44), en CDD (16) et alternance (17). On peut aussi souligner une fidélisation effective des talents, fruit des efforts engagés depuis plusieurs années. Le nombre de départs a reculé de 27 %, avec notamment moins de démissions (- 15 %) et moins de départs contraints.

Le LNE reste cependant confronté à un marché du travail sous forte tension et à une situation de plein emploi sur ses métiers stratégiques (ingénierie, expertise, gestion de projet, informatique, commerce). Face à cela, il a amplifié sa politique de mobilité interne, avec 28 changements de postes en 2019, dont 75 % pour une évolution professionnelle.

De quoi satisfaire les ambitions des salariés, tout en redéployant les ressources sur les activités en croissance. Une politique salariale volontariste complète cette démarche. Ses bons résultats permettent en effet au LNE de récompenser les efforts de ses collaborateurs, au travers de trois axes :

- des revalorisations salariales permettant de reconnaître les compétences et performances ;
- un intéressement représentant en moyenne un ¼ de mois de salaire ;
- le versement d'une prime de pouvoir d'achat en faveur des plus bas salaires.

Cette politique sera poursuivie en 2020, avec la volonté de renforcer la redistribution vers les salariés en fonction des résultats de l'entreprise. ■

UN CSE EN PLACE

Le LNE a mis en place son Comité social et économique (CSE), instance unique qui assure désormais les missions des anciens comité d'entreprise, délégués du personnel et CHSCT. Elu pour 2 ans, celui-ci est composé de 28 élus (14 titulaires et 14 suppléants) et se réunira au moins onze fois par an. Quatre de ces réunions seront exclusivement consacrées à la santé, à la sécurité et aux conditions de travail des salariés. Chaque titulaire dispose d'un crédit de 24 heures de délégation par mois pour mener à bien ses missions.



TROIS QUESTIONS À SOPHIE VASLIN-REIMANN

La responsable du pôle Métrologie Chimie et Biologie du LNE pilote un chantier RH dans le cadre de LNE 2025.

Vous dirigez un groupe de travail visant à développer une filière Recherche. De quoi s'agit-il ?

Dans le cadre de la démarche de GPEC, la direction générale a souhaité mettre en place cette filière dédiée pour valoriser le métier de chercheur, lui donner des perspectives d'évolution et lui permettre une meilleure visibilité au sein de la communauté scientifique. Jusqu'à présent, seule la filière managériale permettait de faire évoluer les collaborateurs.

Quelles sont les ambitions ?

Il s'agit de doter le LNE d'un outil offrant aux collaborateurs les moyens de réaliser leur carrière en se consacrant à la recherche soit totalement, soit partiellement, qu'il s'agisse de recherche fondamentale ou appliquée. Cela permettra de reconnaître les talents en interne, de les valoriser au sein de la communauté scientifique, et d'en attirer de nouveaux.

Concrètement, quelles sont les actions menées ?

Nous sommes en train de réaliser un descriptif des différents emplois, et de définir un processus d'évolution via des outils tels que les comités de carrière. Cela permettra en 2020 d'inscrire la filière Recherche dans la GPEC, avec notamment des possibilités de passerelles.

LA MOBILITÉ PROFESSIONNELLE EN 4 TÉMOIGNAGES

« Quand on m'a proposé d'évoluer vers un poste de manager, j'étais ravie car cela coïncidait avec mon projet professionnel. »

Après quelques années à la Certification en tant qu'ingénieure commerciale, j'ai développé une vision concrète de ce qui peut être fait globalement pour améliorer les process, le chiffre d'affaires, la visibilité du LNE sur certains secteurs de la certification... Ce poste de responsable commerciale me permet désormais de fédérer les ingénieurs technico-commerciaux autour de ce projet, tout en créant de l'interaction avec les équipes Certification. C'est vers quoi je veux continuer d'évoluer, et j'espère avoir dans le futur de nouvelles perspectives dans le management. »

Gabrielle Cathala, responsable commerciale au département Certification, LNE.

« Après quatre ans au sein du Marketing opérationnel du LNE, j'ai rejoint l'aventure GMED. »

Pour moi, c'est l'opportunité de contribuer plus largement à la notoriété de la marque GMED et de valoriser davantage son expertise. Pour opérer la transition, j'ai pu bénéficier d'une formation en brand content digital et surtout concourir à la définition des orientations stratégiques en lien avec mon futur manager. Cette nouvelle mission revêt de nombreuses facettes sur un périmètre plus large, et requiert le développement de synergies aussi bien avec la maison mère (LNE) qu'avec sa filiale américaine (GMED NA). C'est particulièrement stimulant car l'avenir de GMED se construit sous nos yeux ! »

Stéphanie Oudjane-Plan, responsable Marketing et communication, GMED.

« Dès mon entretien d'embauche au LNE, j'avais évoqué la possibilité de bouger, car je venais d'une TPE où la mobilité était inexistante. »

C'est toujours bien d'élargir ses horizons. De responsable technique à la direction de la Métrologie scientifique et industrielle, je suis ainsi devenue chef de projet certification au pôle Certification instrumentation et technologies de l'information. J'ai été très bien accueillie, et tout de suite envoyée en formation. Un tutorat a également été mis en place pour accélérer ma montée en compétence. Mais aussi, j'ai pu préserver mon temps partiel à 90 %, pour l'équilibre entre vie professionnelle et familiale, et mon activité de formatrice, pour me nourrir des problématiques des clients. »

Claire Bartoli, chef de projet certification au pôle CITI, LNE.

« Lorsque j'ai choisi de quitter mes fonctions en France, au LNE, »

pour en occuper de nouvelles à Washington, au GMED NA, ma première ambition était d'élargir mes compétences techniques dans le domaine des dispositifs médicaux. Elle s'est associée à une démarche volontaire de découvrir un nouveau pays via une expatriation. Le LNE m'a accompagné dans les démarches administratives et fiscales, ainsi que face aux obligations légales aux États-Unis avant et après mon départ. J'ai également suivi un plan de formation personnalisé. Ce qui a été vécu avant n'étant pas perdu, une mobilité permet d'enrichir ses compétences. L'épanouissement est donc réel. »

Sébastien Rosset, chef de projet Certification, Responsable audits dispositifs médicaux actifs, GMED North America.

DES LIEUX DE VIE ET D'ÉPANOUISSEMENT

Dans le cadre de LNE 2025, des investissements importants ont été décidés pour améliorer les conditions de travail des collaborateurs : gestion des espaces, mobilier ergonomique, équipement technique et informatique... rien ne sera laissé au hasard. En 2019, une première tranche de travaux sur près de 2 000 m² a permis d'expérimenter de nouveaux concepts, à Paris et à Trappes.

Des bureaux motorisés ont ainsi fait leur entrée dans le quotidien de certains, leur permettant de travailler soit assis soit debout à différentes hauteurs. De quoi trouver son confort en fonction des situations. Validés par la médecine du travail, ces équipements seront progressivement généralisés. Un premier espace de coworking a également été aménagé à Trappes, pour favoriser les réunions de travail et les échanges informels dans un cadre convivial.

Le schéma directeur pour l'aménagement des sites prévoit également de plus amples travaux, dès 2020, pour améliorer la performance énergétique des sites et les végétaliser. ■



« À la fin des travaux, j'ai emménagé dans un espace refait à neuf. Tous nos bureaux peuvent se mettre en position debout très aisément. Cela évite de rester sédentaire durant toute la journée, et l'on peut prendre une posture plus dynamique, notamment lors des échanges téléphoniques ou lors de meetings informels autour de l'écran d'ordinateur. Par ailleurs, l'un des murs a été recouvert de peinture magnétique : nous l'utilisons comme un outil de créativité et de management visuel, c'est important dans le domaine de l'innovation. En arrivant le matin, je me sens particulièrement bien dans mon environnement, et plus efficace au travail. »

Virginie Desbordes, responsable du département Innovation, Direction des Essais et de la Certification, LNE.



UNE APPLI POUR LE COVOITURAGE

À peine lancée à Trappes, en janvier 2019, KLAXIT a remporté un franc succès. Le déploiement de cette application favorisant le covoiturage domicile-travail s'inscrit dans le cadre du plan de déplacement d'entreprise du LNE. Elle sera bientôt étendue au site de Paris. ■

LA CROISSANCE, SUR LA DURÉE

Une année après la filialisation de GMED, le groupe LNE a franchi un nouveau cap de rentabilité, confirmant ainsi la pertinence de sa stratégie de développement.

L'exercice 2019 se solde par un résultat tout à fait remarquable (+ 3 813 k€) confirmant que la stratégie du groupe LNE est la bonne : pilotage par la marge, rigueur de gestion, réorientation des activités sur les prestations d'avenir et les priorités sociétales.

Engagée dès 2016, celle-ci a permis de bâtir une croissance durable, à la fois en termes de chiffres d'affaires et de marge. Le chiffre d'affaires marchand a en effet enregistré une hausse de 2,5 % (hors GMED), alors qu'il avait crû de 0,3 % en 2018 (avec le GMED). Cela est en partie lié au développement des essais sur les dispositifs médicaux (+ 500 k€ vs 2018), sur le numérique et l'intelligence artificielle (+150 k€), ainsi qu'à d'importants contrats de long terme, notamment dans le domaine de la sécurité routière (+ 340 k€).

Quant à l'EBE avant intéressement, il atteint 6,5 M€, soit une progression de plus de 2 M€ par rapport à 2018. En outre, on peut souligner un effet très vertueux de la stratégie déployée : la contribution de l'excédent du secteur marchand (4 985 k€) au financement du secteur public, à hauteur de 1 172 k€.

À noter que le résultat du premier intègre les royalties provenant du GMED (1 105 k€).

Cette belle dynamique a permis au groupe LNE de poursuivre sa politique d'investissements d'avenir, dans les équipements et infrastructures (7,1 M€), mais aussi dans les ressources humaines. Alors que le marché du travail est particulièrement tendu, les recrutements en CDI ont été plus nombreux qu'en 2018, avec 44 nouveaux collaborateurs concernés.

La performance réalisée en 2019 permet au nouvel accord d'intéressement de produire tous ses effets, avec un déclenchement au niveau maximum, soit 6 % de la masse salariale, vs 4 % les deux dernières années. ■

+ 50 % POUR LA CERTIFICATION DE CERTISOLIS

Certisolis reste le seul laboratoire français accrédité dans le domaine du photovoltaïque*. En 2019, il a enregistré une croissance de 50 % de ses activités de certification (bilans carbone et AQPV – Alliance Qualité Photovoltaïque), croissance liée étroitement aux notes émises sur le bilan carbone par la CRE. Certisolis a également porté un effort particulier sur le développement de ses activités d'essais : en particulier la qualification de modules et les essais à la demande des développeurs de centrales photovoltaïques. Afin de poursuivre une croissance rentable, de nouvelles offres viendront compléter son catalogue en 2020.

* Certisolis est accrédité NF EN 17025:2017 et NF EN 17065:2012. Afin de répondre aux nouvelles normes applicables, il a reçu ses accréditations Cofrac début 2020, notamment pour la norme NF EN 61215.

DES BASES SOLIDES POUR LNE ASIA

Bénéficiant d'une solide confiance de la part de ses clients, LNE Asia a réalisé une très bonne année 2019, avec une légère croissance de son chiffre d'affaires, et un résultat net très positif. Cela en dépit des événements politiques locaux. La mise à jour de la norme NF EN 71-3, pour les jouets, y a notamment contribué, et laisse augurer une belle dynamique pour 2020.

En M€	2016	2017	2018	2019
Chiffre d'affaires marchand	54,7	55,2	50,0	43,8
Résultat d'exploitation (hors intéressement)	2,3	5,2	4,0	6,9
Résultat net	0,3	2,6	2,1	3,8
Résultat d'exploitation/CA	4,2 %	9,5 %	8,1 %	15,8 %



UN NOUVEAU CADRE DE CROISSANCE POUR GMED

GMED se met en ordre de marche pour accompagner le marché du dispositif médical, dynamique et en pleine mutation.

En un an à peine après sa filialisation, GMED est monté en puissance. Cet ancien pôle du LNE, dédié à la certification des dispositifs médicaux (DM), est devenu filiale à 100% en août 2018, afin de renforcer sa capacité de développement. Enjeu : répondre aux besoins d'un marché en plein essor, confronté à la mise en œuvre des nouveaux règlements qui instaurent un cadre réglementaire solide, transparent et durable, reconnu à l'international.

DES CAPACITÉS RENFORCÉES

À partir de 2020 en effet, les industriels devront satisfaire aux exigences du règlement (UE) 2017/745, qui remplace les deux directives applicables aux DM et DM implantables actifs ; et en 2022, à celles du règlement (UE) 2017/746, pour les DM de diagnostic in vitro.

Pour accompagner la transition, GMED a fait un effort de recrutement sans précédent : ses effectifs ont crû de 20 %, pour atteindre 180 collaborateurs fin 2019, répartis entre Paris, Saint-Étienne et Washington. Une démarche soutenue par une ambitieuse politique de qualification du personnel, avec plus de 1 200 jours de formation dispensés. La filiale du LNE a également revu son organisation pour l'adapter aux enjeux de time to market des industriels : la direction des opérations planifie désormais l'ensemble des activités afin de mieux maîtriser les délais de certification ; et la direction technique garantit le respect des réglementations en vigueur ainsi que l'amélioration de leurs process.

Résultat, la capacité d'audit et d'évaluation de documentations techniques a fait un bond de plus de 10 % en 2019. Quant au chiffre d'affaires, il affiche + 20 %.

DIGITALISATION ET PÉDAGOGIE

Pour aller plus loin, GMED a engagé sa transformation numérique à travers un investissement pluriannuel de plus de 2 M€. Dématérialisation des processus de certification, digitalisation des échanges... tout sera fait pour améliorer l'expérience client et maîtriser les délais. Le schéma directeur du

système d'information établi en 2019 permettra de lancer les premières évolutions dès 2020.

GMED étoffe aussi ses outils pédagogiques pour aider les industriels à anticiper les évolutions réglementaires. Son centre de formation, créé fin 2019 en étroite collaboration avec les équipes du centre de formation du LNE, proposera 24 formations au catalogue 2020 (43 sessions inter-entreprises), dispensées à Paris, Saint-Étienne ou directement sur le site de l'industriel. Quant aux sites internet français et américain, ils seront refondus en un seul site multilingue, diffusant les guides techniques, webinars et newsletters du GMED. La mise en ligne est prévue pour le premier trimestre 2020.

GMED continuera, également, à être en veille permanente sur la réglementation pour alerter ses clients sur les évolutions à venir, en participant activement aux groupes de travail européens (Medical Device Coordination Group, NB-MED, Team NB). Tous les investissements initiés s'inscrivent dans la stratégie de développement de GMED selon un déploiement progressif sur les années à venir. Les clients et futurs clients de GMED pourront dès 2020 commencer à en tirer les bénéfices. ■

DES POSITIONS RENFORCÉES À L'INTERNATIONAL

Organisme de certification pour le marquage CE, pour les normes ISO 9001 et ISO 13485, et dans le cadre du programme MDSAP (couvrant l'Australie, le Brésil, le Canada, les Etats-Unis et le Japon), GMED accompagne ses clients dans le monde entier. La croissance de GMED NA, filiale implantée à Washington, est durablement installée : son chiffre d'affaires a progressé de 34 % en 2019, alors qu'il affichait déjà + 30% en 2018. Ses effectifs aussi (+ 24 %). Dès 2020, afin d'accompagner les stratégies toujours plus globales de leurs clients, GMED NA et GMED SAS vont renforcer leurs synergies, et continuer à ouvrir leurs services sur MDSAP.



+ 20 %

C'est l'évolution des effectifs de GMED en 2019. 130 collaborateurs sont dénombrés en France, et 50 à Washington.

NOUVELLE ÉDITION POUR LES FORUMS DM ET DM DIV

En décembre 2019, GMED a organisé les forums DM et DM DIV, des rendez-vous annuels très attendus par la profession. Près de 200 inscrits ont pu y approfondir leurs connaissances sur des sujets liés aux futurs règlements européens (Post-Market Surveillance, Eudamed, évaluation clinique, échantillonnage des documentations techniques...). Des experts impliqués dans les travaux réglementaires ont notamment répondu à leurs questions. De quoi mesurer le degré de préparation de leur entreprise, et affiner leur plan de transition 2020-2024.



1 200

c'est le nombre de jours de formation consacrés à la qualification du personnel de GMED en 2019.



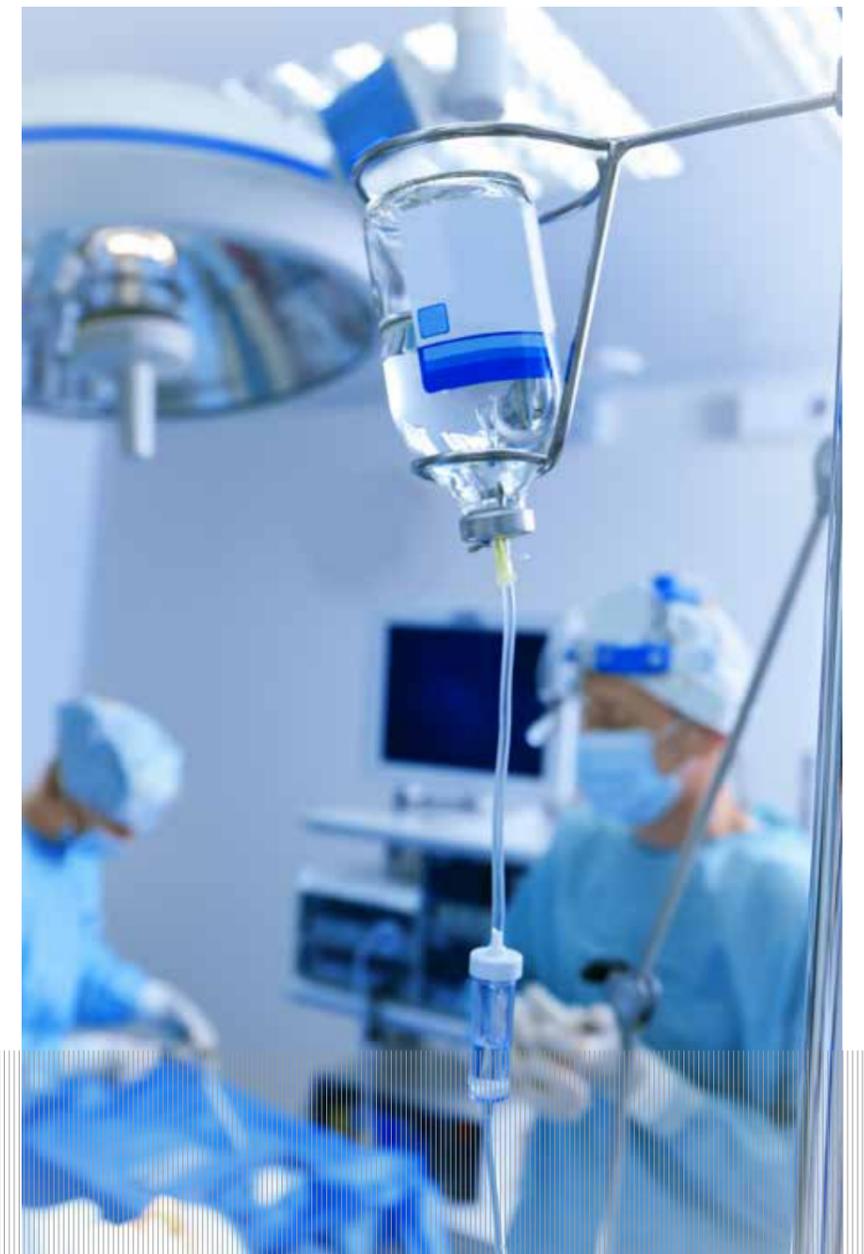
+ 20 %

telle est la progression du chiffre d'affaires de GMED SAS en 2019.



+ 30 %

c'est la progression du chiffre d'affaires de GMED North America.



CONSEIL D'ADMINISTRATION

COMPOSITION AU 1^{ER} MARS 2020

EN QUALITÉ DE PERSONNALITÉS QUALIFIÉES DANS LES DOMAINES D'ACTIVITÉ DU LNE

Président
Jean-Philippe OLIER

Vice-Présidente
Anne-Marie LE NIGER
Représentante Consommateurs

Agnès MIGNOT
Directeur Qualité/Affaires réglementaires
Groupe VYGON

Pierre SELVA
Directeur de la Certification Produits
SCHNEIDER Electric

Terry QUINN
Directeur émérite du Bureau international des poids et mesures
Membre du comité de la métrologie

Au titre des représentants des consommateurs
Bahie MESROUA
Représentant Consommateurs

Au titre de représentante de l'Association française de normalisation
Isabelle RIMBERT
Directrice Adjointe
AFNOR Normalisation

EN QUALITÉ DE REPRÉSENTANTS DE L'ÉTAT

Représentant le ministre chargé de l'Industrie
Corinne LAGAUTERIE
SQUALPI (DGE)
Ministère de l'Économie et des Finances

Représentant le ministre chargé du Budget
Ahmed J'MILA
Direction du Budget - BEPII
Ministère de l'Économie et des Finances

Représentant le ministre chargé de la Consommation
Thierry PICART
Chef du service commun des laboratoires
Ministère de l'Économie et des Finances

Représentant le ministre chargé du Travail
Catherine MOSMANN
Adjointe au Chef du bureau de la politique et des actions de prévention - Direction Générale du Travail

Représentant le ministre chargé de la Santé
Hélène MONASSE
Sous-directrice de la politique des produits de santé - Direction Générale de la Santé

Représentant le ministre chargé de l'Environnement
Delphine RUEL
Sous-Directrice des risques accidentels - Direction Générale de la Prévention des Risques

Représentant le ministre chargé de la Recherche
Marc LETHIECQ
Chargé de mission - DGRI

EN QUALITÉ DE REPRÉSENTANTS DU PERSONNEL

Michèle DÉSENFANT
Expert sénior Statistiques, Métrologie et Qualité

Laurent DEVOILLE
Ingénieur chercheur, département Matériaux

Véronique FERRÉ
Technicienne chimiste

Paola FISICARO
Responsable du département biomédical et chimie organique

Stéphane LEFRANÇOIS
Référént technique, Laboratoire résilience

Sylvain PIERRARD
Ingénieur, département télédétection

Yvric SAUNDERS
Ingénieur technico-commercial métrologie

ASSISTENT ÉGALEMENT :

Le Commissaire du Gouvernement
Rémi STEFANINI
Sous-Directeur de la Normalisation, de la Qualité et de Propriété industrielle (SQUALPI)
Direction Générale des Entreprises

Le Contrôleur économique et financier
Pascal CHEVREMONT

La Secrétaire du Conseil d'Administration
Béatrice DEBUISSCHERT
Responsable Juridique
Direction Financière

Le représentant du comité d'entreprise
Jean GAUDEMER
Secrétaire du comité social et économique

La Direction du LNE
Thomas GRENON
Directeur général

Thomas JEANNERET
Directeur général adjoint

Patrick JANVIER
Directeur financier

Stéphane ROCHARD
Agent comptable

COMITÉ EXÉCUTIF

Maguelonne CHAMBON
Directrice de la recherche scientifique et technologique

Lionel DREUX
Président de GMED SAS

Jean-Rémy FILTZ
Directeur de la métrologie scientifique et industrielle

Thomas GRENON
Directeur général

Patrick JANVIER
Directeur financier

Thomas JEANNERET
Directeur général adjoint
Directeur infrastructure et informatique

Erick JOURDAIN
Directeur commercial et marketing

Ronan LE BIHAN
Directeur essais et certification

Gabriel de MENTHON
Directeur des ressources humaines

Stéphane ROCHARD
Agent comptable

ADRESSES

LABORATOIRE NATIONAL DE MÉTROLOGIE ET D'ESSAIS

Siège social

1, rue Gaston Boissier
75724 Paris Cedex 15
Tél. : +33 (0)1 40 43 37 00
Fax : +33 (0)1 40 43 37 37
Sites Internet : lne.fr
metrologie-francaise.lne.fr
E-mail : info@lne.fr

LABORATOIRE NATIONAL DE MÉTROLOGIE ET D'ESSAIS

ZA de Trappes-Élancourt
29, avenue Roger Hennequin
78197 Trappes Cedex
Tél. : +33 (0)1 30 69 10 00
Fax : +33 (0)1 30 69 12 34

LABORATOIRE COMMUN DE MÉTROLOGIE LNE-Cnam

(Pôle métrologie thermique)
61, rue du Landy
93210 La Plaine Saint-Denis
Tél. : +33 (0)1 58 80 88 87

IMPLANTATIONS EN FRANCE

LNE Nîmes

Parc Georges Besse
190, rue Georges Besse
30035 Nîmes Cedex 1
Tél. : +33 (0)4 66 38 14 66

LNE Poitiers

Pôle des Eco-Industries
3, rue Raoul Follereau
86000 Poitiers
Tél. : +33 (0)5 49 44 76 42

GMED Saint-Étienne

19 D, rue de la Télématique
42000 Saint-Étienne
Tél. : +33 (0)4 77 10 11 02

PARTENARIATS

ACERMI

(Association pour la CERTification
des Matériaux Isolants)

84, avenue Jean Jaurès
Champs-sur-Marne
77447 Marne-La-Vallée Cedex 2
Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82

ECC (Eurovent Certita Certification) (certification du génie climatique)

39-41, rue Louis Blanc
92400 Courbevoie
Tél. : +33 (0)1 47 17 60 41

FILIALES LNE

GMED SAS

1, rue Gaston Boissier
75724 Paris Cedex 15
Tél. : +33 (0)1 40 43 37 00
Site internet : gmed.fr

GMED North America

6550 Rock Spring Drive, Suite 280
Bethesda, MD 20817
Tél. : +1-301-495-0477
E-mail : gmedna@lne-gmed.com

LNE ASIA

Unit E & F, 11th floor, Block B
Universal Industrial Center
19-21 Shan Mei Street
Fo Tan, Shatin
NT Hong Kong
China
Tél. : +852 2699 8329
E-mail : info@lne-asia.com

LNE DÉVELOPPEMENT

1, rue Gaston Boissier
75724 Paris Cedex 15
Tél. : +33 (0)1 40 43 38 44

CERTISOLIS TC

(laboratoire d'essais et de certification
des performances énergétiques des modules
solaires photovoltaïques)

Savoie Technolac
BP 364
39, allée du Lac de Côme
73372 Le Bourget-du-Lac Cedex
Tél. : +33 (0)4 79 68 56 00

Siège : 1, rue Gaston Boissier - 75724 Paris Cedex 15 - Tél. : 01 40 43 37 00
lne.fr - info@lne.fr

Rédaction : OLO / LNE - Réalisation : LNE / MOKA DESIGN
Crédits photos : Philippe STROPPA : p. 4, 12, 13, 18, 19, 20, 28, 30 - Guillaume GRANDIN : p. 25, 31 - LNE : p. 1, 13, 17, 25, 26, 44 -
Adobe Stock : p. 6, 14, 22, 24, 26, 32, 34, 42, 44, 47 - Istock : p. 20, 31, 46 - OVHcloud : p. 12, 21 - eLichens : p. 27 - Actis : p. 35 -
Challenge Rose/Adobe Stock : p. 13, 16 - DR

Imprimé par Handiprint, entreprise adaptée, sur du papier issu de forêts gérées durablement

lne.fr



CRÉER
LA
CONFIANCE