

# LA MÉTROLOGIE DANS L'ENTREPRISE



Détecteur cryogénique du Laboratoire primaire des rayonnements ionisants au Commissariat à l'énergie atomique.

**E**talonner ses instruments de mesure : un des enjeux essentiels de la qualité dans l'entreprise. Interne ou sous-traitée, la maintenance d'un parc d'appareils rattachés aux étalons nationaux fait intervenir des prestataires agréés (laboratoires et centres d'étalonnage). Aujourd'hui, l'évolution des technologies exige des mesures de plus en plus complexes.

Dossier réalisé par Laurence Alary-Grall, Guy Le Goff et Nathalie Rambaud.

## Adapter la métrologie aux besoins de l'industrie

Raccorder leurs instruments de mesure aux étalons nationaux est devenu une priorité pour les entreprises. Mais la métrologie doit être réorganisée. Propositions.

La métrologie est au cœur de la politique qualité des entreprises. Science et technique de la mesure, elle permet de s'adapter aux exigences changeantes des marchés tout en respectant des règles de plus en plus précises sur les caractéristiques du produit et de sa fabrication, sur sa sécurité et son impact sur l'environnement. » En inaugurant le dernier Congrès international de métrologie, en octobre dernier à Besançon, Christian Pierret a clairement posé les enjeux de la métrologie. Le secrétaire d'Etat à l'Industrie en a profité pour tracer les grandes lignes de son action visant à renforcer l'organisation de la métrologie française. A l'origine de cette volonté de réforme, un rapport de l'Académie des sciences rendu public en avril 1996. Ce rapport mettait en lumière les retards de la métrologie fondamentale française, confiée au Bureau national de la métrologie (BNM), dans certains domaines et une relative dispersion géographique des efforts dans l'organisation de la métrologie. « La France est sur ce point notablement en retard par rapport à de nombreux pays étrangers », souligne le rapport. Une faiblesse qui, selon l'Académie, « pourrait coûter cher à l'économie nationale. »

Le rapport relève ainsi « l'insuffisance des exactitudes de mesure actuellement atteintes », alors même que les évolutions techniques impliquent des exigences d'exactitude accrues au fil des années. Ainsi, l'échelle officielle de température, dont l'unité est le kelvin (K), s'arrête à 0,6 K. Or, les technologies modernes, qu'il s'agisse de supraconductivité ou de réduction des mouvements des atomes, nécessitent d'aller beaucoup plus bas dans cette échelle. Il existe bien des appareils pouvant mesurer des températures jusqu'à 0,001 K mais, n'ayant pas de référence universelle, ils ne sont pas nécessairement comparables. Plus grave sans doute, le rapport estime que « le système international d'unités, avec ses sept unités

fondamentales et toutes leurs unités dérivées, ne répond pas à tous les besoins de mesure qui s'expriment dans l'industrie ». C'est le cas en particulier dans le domaine des composants, où la miniaturisation implique la mise en oeuvre de méthodes nouvelles pour mesurer des dimensions de l'ordre de quelques nanomètres (millièmes de micron).

### Distorsions de l'exactitude

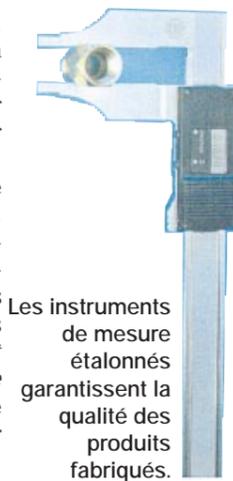
Autre constat : « les précisions métrologiques actuelles et les possibilités d'analyse sont insuffisantes », notamment dans le domaine de l'analyse chimique. Récemment, une comparaison d'analyses de « composants dissous » entre les laboratoires primaires de plusieurs pays a donné des écarts de l'ordre de 1 % à 2 % alors qu'ils devraient se situer nettement en dessous de 1 %.

Le rapport met enfin en évidence « la dégradation des chaînes d'étalonnage » qui conduit à des distorsions successives de l'exactitude et de la précision « pouvant parfois atteindre des facteurs 100 ou 1 000 ». Outre la métrologie fondamentale, gardienne des étalons qui servent de référence aux utilisateurs situés en aval - laboratoires, entreprises et particuliers - la science de la mesure recouvre deux autres approches distinctes. La métrologie légale, sous la tutelle du secrétariat d'Etat à l'industrie, propose un dispositif de contrôle pour certains instruments de mesure, dans un souci d'équité des transactions commerciales. Enfin, la métrologie industrielle est, comme son nom l'indique, la science de la mesure en rapport avec les process industriels. Demeurée longtemps empirique, elle fait aujourd'hui l'objet de prescriptions de plus en plus sévères. Elle répond notamment aux exigences de la politique qualité qui incitent les PMI, sous la

pression de leurs donneurs d'ordres, à se conformer aux exigences de la norme ISO 9002 en matière d'instruments de mesure et d'essai (voir entretien page 15).

Pour les entreprises, la métrologie suscite bien des interrogations. Comment gérer le parc d'instruments de mesure et la fonction métrologique ? En interne ou en sous-traitance ? Comment choisir les instruments et les utiliser au mieux ? Quelles sont les contraintes réglementaires ou normatives pesant sur les instruments ? Comment étalonner et raccorder les instruments aux étalons nationaux ?

En effet, le raccordement des moyens de mesure à



Les instruments de mesure étalonnés garantissent la qualité des produits fabriqués.



PHOTOS : ECOLE DES MINES DE DOUAI



ÉCOLE DES MINES DE DOUAI

Comparateur d'angles au département métrologie de l'école des Mines de Douai.

des références nationales est devenu pour les entreprises une préoccupation de premier ordre. Ce raccordement, ou étalonnage, est réalisé par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue, dite chaîne nationale d'étalonnage BNM-Cofrac, mise en place dans quinze domaines de la physique. Tandis que le Cofrac (Comité français d'accréditation) délivre aux laboratoires d'étalonnage les accréditations reconnaissant leur aptitude à effectuer des raccordements pour une grandeur donnée, le BNM coordonne les raccordements des laboratoires accrédités aux étalons nationaux.

## LES NOUVELLES ORIENTATIONS DE LA MÉTROLOGIE

Deux grands axes de réflexion se dessinent au secrétariat d'Etat à l'Industrie pour réformer la métrologie. Il s'agit d'abord de développer la recherche fondamentale et appliquée, notamment dans des domaines clés comme l'environnement et le biomédical, où la science de la mesure demeure très insuffisamment développée. La métrologie fondamentale française garde en effet des positions fortes dans la mesure du temps, des fréquences, de l'électricité et de la pression, mais elle montre quelques lacunes dans l'acoustique, le magnétisme, ou dans les applications à la médecine et à la biologie.

Deuxième axe : la création d'une structure administrative unique et centralisée chargée de coordonner les différents aspects de la métrologie : aspects scientifiques, techniques, industriels et légaux. En regroupant dans un institut français de la métrologie les activités du BNM et de la sous-direction de la métrologie du secrétariat d'Etat à l'Industrie, l'objectif est double : améliorer les transferts de technologie de la métrologie fondamentale vers l'industrie et mieux représenter les intérêts de la métrologie française dans les instances européennes et internationales.

Chaque opération d'étalonnage menée dans les entreprises auprès d'un laboratoire accrédité est concrétisée par un document appelé « *certificat d'étalonnage* ». Celui-ci fournit à l'utilisateur l'ensemble des renseignements utiles (administratifs et techniques). Ce vademecum du métrologue, s'il ne garantit pas que l'entreprise gère au mieux son parc d'instruments, certifie cependant qu'elle souscrit aux exigences de l'assurance qualité. Le rôle de la métrologie en France doit aujourd'hui être renforcé. Au

### TRAÇABILITÉ

La traçabilité ou le raccordement détermine l'aptitude d'un résultat de mesure à être relié à des étalons appropriés par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue de comparaisons. S'il n'existe pas de chaîne d'étalons, le raccordement peut s'effectuer par l'intermédiaire de constantes fondamentales, par des méthodes de mesure de référence ou par l'utilisation de matériaux de référence.

printemps 1996, le rapport de l'Académie des sciences proposait déjà des axes de progrès et une vision prospective de la métrologie industrielle.

L'Académie propose ainsi de développer une « *éthique de diffusion des résultats de mesure à deux niveaux* ». A un premier niveau, il faut combattre l'utilisation de chiffres non significatifs et revaloriser d'autres modes d'information (ordres de grandeur, positionnements relatifs, etc). A un deuxième niveau, lorsqu'il s'agit de vrais résultats de mesure, il faut veiller à la correction de leur formulation et à l'amélioration de l'usage qui en est fait.

Par ailleurs, pour faire face au besoin grandissant de références des industriels, l'Académie des sciences demande au BNM « *la création, le développement et l'utilisation des bases de données de référence dans les domaines où les industriels en ont particulièrement besoin* ». Les professionnels ont en effet tendance à développer leurs propres références mais cette

pratique, n'assurant qu'une reproductibilité locale des résultats et non pas leur cohérence, les pénalise à l'export. Ces bases de données existent déjà en chimie (base de données Comar) mais elles font défaut en physique des matériaux déformables ou visqueux. Autre recommandation : « *la généralisation de la traçabilité* » pour les systèmes parallèles d'étalonnage ou d'intercomparaison, mis en place, à l'initiative des industriels de certains secteurs d'activité, pour valider des procédés ou des équipements de mesure. L'exercice français d'intercomparaison des laboratoires d'analyse de biologie médicale l'illustre bien : il permet à chaque laboratoire de se situer par rapport à la moyenne nationale des résultats mais n'aboutit pas à l'étalonnage des appareils. Les valeurs ainsi délivrées peuvent être fausses et non comparables à celles délivrées dans d'autres pays.

Le rapport recommande, enfin, de développer « *l'esprit métrologique* » chez tout citoyen, notamment à travers l'enseignement scolaire. « *Les programmes de l'enseignement primaire puis de l'enseignement secondaire doivent intégrer une formation à la mesure, particulièrement en ce qui concerne l'évaluation de l'incertitude et l'exploitation des résultats.* »

L. A.-G. et G. Le G.

A CONSULTER

Quelle place pour la métrologie en France à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle ?  
Rapport commun n°5-avril 1996-Académie des sciences - Cadas

### LE BNM, GARDIEN DES GRANDEURS FONDAMENTALES

Le Bureau national de métrologie est un groupement d'intérêt public tourné vers la recherche, le soutien à l'industrie et la coopération internationale. Son action de recherche repose principalement sur les compétences des cinq laboratoires nationaux de métrologie (voir page 21) qui détiennent les étalons des grandeurs fondamentales, de leurs multiples et sous-multiples et la plupart des unités dérivées. Le soutien du BNM à l'industrie intervient sur le raccordement aux étalons nationaux de tout étalon de transfert ou instrument de mesure et de tout matériau de référence, pour lesquels le Bureau développe des moyens de transfert, (essais, études de systèmes, etc.) en collaboration avec le Cofrac. Au niveau international, il représente la France auprès des instances métrologiques internationales (Conférence générale des poids et mesures, Euromet et les comités consultatifs du Comité international des poids et mesures) qui assurent la cohérence des mesures entre pays.



Thermomètre à résistance de platine de l'Institut national de métrologie au Conservatoire national des arts & métiers.

## Mieux connaître la métrologie légale

### Qu'est-ce que la métrologie légale ?

Pour des raisons de sécurité ou de transparence des transactions commerciales, l'utilisation de certains instruments de mesure est régie par des exigences techniques et juridiques nationales et européennes. Cette garantie publique, dite métrologie légale, suppose que tout détenteur d'un appareil de mesure réglementé réponde de l'exactitude de son instrument. Il doit le faire vérifier périodiquement par un organisme privé agréé par la Dire.

### Quel sont les appareils réglementés ?

Il existe 39 catégories d'instruments de mesure réglementés. Ils relèvent de la sécurité des personnes (éthylomètres, cinémomètres, etc.), de la protection de l'environnement et de la santé (sonomètres, thermomètres pour denrées périssables, etc.), de la loyauté des transactions (compteurs d'eau, taximètres, etc.).

### Quelle est la périodicité du contrôle ?

Les balances, bascules, ponts-bascules, pompes à essence, pompes à gaz de pétrole liquéfié et analyseurs de gaz sont à vérifier tous les ans. Les balances d'une portée inférieure à 30 kg, utilisées exclusivement pour la vente directe au public, doivent être contrôlées tous les deux ans.

### Quels sont les risques d'une vérification hors délais ?

Que son appareil de mesure soit juste ou faux, le détenteur se met alors en infraction avec la loi. Un agent de l'Etat (Dire, police, DGCCRF, etc.) peut dresser un procès-verbal et saisir l'instrument de mesure.

### Comment choisir l'organisme vérificateur ?

Le critère de garantie est l'attestation d'agrément délivrée par la Dire. Elle comporte le nom de l'organisme, les instruments de mesure qu'elle autorise à vérifier et le département où l'organisme peut exercer. Elle témoigne que l'organisme satisfait aux exigences de la norme EN 45 001 et qu'il a mis en place un système d'assurance qualité.

### Quelles sont les marques de contrôle ?

Après avoir procédé à la vérification périodique, l'organisme agréé appose sur l'instrument une vignette verte s'il est accepté, rouge s'il est refusé. Cette intervention est également consignée dans un carnet métrologique que le détenteur doit présenter à chaque contrôle.

### Comment faire réparer un instrument défectueux ?

Si l'appareil n'est pas conforme, il ne sera réutilisable qu'après réparation et nouvelle vérification. Attention, un organisme vérificateur n'est pas forcément réparateur. Il faut donc s'assurer que le prestataire choisi est bien agréé pour l'opération demandée.

A CONSULTER

Listes des organismes agréés : 3614 Métrolog

## La mesure, une affaire de qualité

Pour Pierre Barbier, président du collège métrologie au Mouvement français pour la qualité (MFQ), l'évolution des technologies nécessite des mesures de plus en plus fines.

### Industries : Quels sont aujourd'hui les enjeux de la métrologie pour l'industrie ?

**Pierre Barbier :** L'évolution de la métrologie est très liée à l'importance de la qualité dans l'industrie, qualité de fabrication des produits et qualité des essais. Tout produit fabriqué, même le plus anodin, passe par des mesures. Pour un stylo à billes par exemple, il faut mesurer la température des moules qui contiennent la matière première en fusion ainsi que la pression de ce qui va entrer dans la presse à injection. On quitte alors le dimensionnel pour entrer dans des mesures plus spécifiques, plus physiques. En pharmacie et en chimie, où l'on fait beaucoup de mesures simples, comme le pesage et les mesures de volume, on réalise aussi, et de plus en plus souvent, des mesures de caractérisation des matériaux, dites physico-chimiques : chromatographie, spectrométrie, spectrographie, etc.

Dès lors que des mesures sont liées à une fabrication ou un essai, on se doit de garantir leur qualité. En outre, l'évolution des technologies impose des spécifications de plus en plus sévères, ce qui entraîne des mesures de plus en plus complexes. Ainsi des mesures autour du millionième de millimètre, les nanotechnologies, concernent d'ores et déjà des secteurs comme le polissage de surface, l'optique et les semi-conducteurs.

De la connaissance de la mesure dépend la qualité du produit, mais aussi son coût. Plus l'entreprise pourra afficher une dimension ou une température avec une incertitude connue, plus la fabrication sera régulière. Ainsi, si la température d'un bain ou d'un moule est imprécise, on aboutit à une dispersion dans la qualité des produits. Et donc à un problème de non-qualité.



Outre ses fonctions au MFQ, Pierre Barbier est responsable du centre métrologie d'Aérospatiale à Bordeaux.

### Industries : Quelles sont les exigences de la métrologie dans l'entreprise ?

**P. B. :** Pour garantir la qualité de ses mesures, chaque entreprise doit pouvoir mettre en place une organisation adaptée plus ou moins complexe. Mais il y a un paramètre à la base de toute son organisation, c'est celui de la traçabilité. Car toute mesure qui n'est pas raccordable aux étalons nationaux peut entraîner un doute.

C'est d'ailleurs un problème mondial. Une pesée faite en Malaisie, à New York et en France doit avoir la même valeur aux incertitudes près, car les balances utilisées sont vérifiées avec des masses étalonnées par un laboratoire national, qui lui-même fait étalonner ses propres masses auprès du Bureau international des poids et mesures. Même schéma pour une mesure de tension électrique nécessaire pour faire fonctionner, par exemple, un élément dans un micro-ordinateur fabriqué en Malaisie pour le compte d'une société américaine et vendu en France. La mesure de tension doit être la même dans les trois pays. Ce concept de raccordement aux étalons de référence est la définition même de la traçabilité en métrologie.

La vérification des instruments – périodique ou continue – a aussi son importance, car il n'y a pas d'exemple d'appareils de mesure qui ne dériveraient pas dans le temps, pour différentes raisons : dérive naturelle, chocs, oxydations...

### Industries : Comment organiser la fonction métrologique dans l'entreprise ? Gestion interne ou sous-traitance ?

**P. B. :** Trop d'entreprises industrielles françaises sont aujourd'hui confrontées brutalement aux exigences de la métrologie sous la contrainte des normes ISO 9000. Elles ont alors tendance à faire appel à des sous-traitants sans s'assurer au préalable de la qualité de la prestation.

La bonne démarche serait d'y consacrer plus de temps et de bien analyser ses besoins. Même si ceux-ci ne sont pas toujours aussi considérables qu'on le croit à l'origine. Sur un parc de 200 instruments de mesure, seuls 50 seront peut-être à surveiller de très près. Le seul impératif en la matière est de contrôler les appareils qui contribuent directement à la qualité des produits.

Les grandes entreprises ont actuellement tendance à sous-traiter la maintenance métrologique. Dans les PMI, tous les cas de figures sont envisageables. La vérification périodique des instruments ne prend pas énormément de temps et le développement d'une fonction métrologique ne s'impose pas forcément pour la plupart d'entre elles. D'autres préfèrent sous-traiter toute leur métrologie et s'en trouvent satisfaites.

G. Le G.

## Sept conseils pour maîtriser la métrologie dans l'entreprise

### 1 Analyser ses besoins métrologiques

Les besoins métrologiques sont de deux sortes : les besoins organisationnels relatifs à la gestion de la métrologie (sont-ils suffisamment importants pour nécessiter l'implantation d'une métrologie à part entière ? Faut-il des locaux, du personnel qualifié en permanence ? Quels sont les sous-traitants les plus proches ? Faut-il tout sous-traiter ?) et les besoins matériels relatifs à la réalisation des mesures (que mesurer et avec quelle précision ? Quelles sont les méthodes de mesure possibles ? Quel instrument utiliser ? Comment garantir la qualité des mesures ?).

### 2 Recenser son parc d'instruments

La première action à mener est de dresser la liste des équipements de mesure disponibles dans l'entreprise, sans oublier ceux qui ne servent jamais (se demander pour quelles raisons) ou ceux qui ne sont plus en état. Cet inventaire est très utile : l'importance et l'étendue du parc permet de définir la politique métrologique à mettre en œuvre ; il sert de base de données lorsqu'il faut choisir un nouvel appareil ; il peut éviter l'achat de nouveaux instruments ; il est obligatoire pour les appareils permettant d'assurer la qualité et la conformité des produits.

### 3 Choisir le matériel à suivre rigoureusement

Faut-il appliquer la même rigueur de suivi à tous les instruments de mesure ? Non. Pour des raisons de coût. Quel critère de sélection retenir ? Lorsque l'exactitude de la mesure s'avère déterminante pour la qualité, la sécurité et la sûreté du produit, les moyens de mesure devront être suivis avec rigueur. Les autres appareils pourront n'être que répertoriés dans un inventaire. Il faudra néanmoins, dans ce cas, s'interroger sur les conséquences éventuelles d'une dérive non détectée, évaluer ce risque en termes de probabilité et le comparer au coût total.

### 4 Déterminer la périodicité du suivi

Il est impossible de déterminer un intervalle de temps suffisamment court pour qu'il n'y ait pas de risque de dérive d'un appareil de mesure. De plus, une fréquence d'étalonnage trop élevée est coûteuse, essentiellement parce que l'opération elle-même est chère et qu'il faut prendre en compte le manque à gagner résultant de l'immobilisation ou du remplacement de l'appareil. De même, des intervalles trop longs risquent d'empêcher de détecter suffisamment tôt une dérive. Un compromis s'avère donc souvent nécessaire. La périodicité d'étalonnage n'est d'ailleurs pas forcément constante. Les intervalles de temps entre deux vérifications pourront être raccourcis lorsque les résultats des comparaisons précédentes ne

permettent pas d'assurer l'exactitude du moyen de mesure en permanence. Ils seront rallongés si ces mêmes comparaisons indiquent que l'exactitude ne se dégrade pas.

### 5 Métrologie interne ou externe ?

Pour effectuer ses raccordements aux étalons nationaux, l'industriel est conduit à faire étalonner au moins une partie de ses moyens de mesure auprès de laboratoires externes. Cependant, il peut, à partir de ses propres étalons, assurer le raccordement de ses instruments en interne, en réalisant lui-même ses étalonnages. En fait, le bon équilibre entre raccordement externe et interne dépend de la nature du parc, de l'offre de services locale, des moyens d'étalonnage disponibles, des coûts comparés des deux solutions, de la disponibilité du personnel et du niveau d'incertitude de la mesure autorisée. En pratique, mieux vaut maîtriser soi-même la métrologie la plus proche de son métier et confier à un prestataire les appareils difficiles à étalonner en interne.

### 6 Sous-traiter : jusqu'où ?

Lorsque l'entreprise décide de sous-traiter sa métrologie, elle doit s'assurer que le sous-traitant choisi répond bien aux critères de l'assurance qualité. La meilleure garantie est offerte par les sociétés disposant d'un laboratoire accrédité par le Cofrac. Pour les laboratoires non agréés, mieux vaut s'assurer par un audit que le sous-traitant possède bien les aptitudes requises. Toutefois, la sous-traitance, même quasi totale, n'exclut pas de garder des compétences internes. Bien au contraire. Ne serait-ce que pour suivre son sous-traitant, voire être capable de remettre en cause certaines de ses décisions.

### 7 Mettre en place une gestion rigoureuse

Une gestion de parc d'instruments de mesure ne peut être performante durablement si elle n'est pas formalisée. Mais avant de créer les documents, il faut lister ceux dont on a besoin et structurer leur relation avec le système documentaire de l'entreprise. Parmi ceux-ci, le plus important est la fiche de vie de l'équipement qui assure une traçabilité complète des actions effectuées ou des événements survenus. La mise à jour des fiches de vie peut être assurée par un logiciel de gestion de parc. Attention toutefois avant de se décider, car tous ne répondent pas aux besoins des métrologues et leur coût (plusieurs dizaines de milliers de francs) ne s'amortit pas facilement.

L. A.-G.

**A CONSULTER**

L'ouvrage « Métrologie dans l'entreprise », outil de qualité, réalisé par le Mouvement français pour la qualité et édité par l'Afnor

## Douai : le banc d'essai grandes mesures

MOYENS

L'équipement de l'école des Mines de Douai offre des garanties d'étalonnage appréciées des entreprises.

Une caméra embarquée sur coussin d'air glisse le long d'un rail au-dessus de la poutre où se trouve posé l'instrument à mesurer et vient se caler sur la graduation à effectuer. Grâce à un interféromètre laser, la longueur de l'objet est calculée avec une précision de l'ordre de quelques microns. Le banc d'essai grandes mesures de Douai, un bloc de granit de 25 mètres de long, réalise ainsi les mesures de cales, règles, réglés, rubans, etc. de 10 cm à 200 m ! Tous les instruments à traits que les entreprises utilisent pour régler leurs machines peuvent être étalonnés sur cet équipement unique en France. C'est ainsi que l'unité alsacienne du fabricant d'emballage Rentsch, à Ungersheim dans le Haut-Rhin, a reçu début janvier un certificat d'étalonnage pour deux cales en verre de 5 et 10 cm. « *Nous avons choisi le laboratoire de Douai pour son coût, sa rapidité et parce que ses mesures sont irréprochables au plan international* », explique Stéphane Gloz, responsable qualité chez Rentsch.

Le département métrologie-qualité de l'école des Mines de Douai dispose, depuis un an, de ce banc d'essai exceptionnel. Destiné à l'origine à un public de spécialistes, aux géomètres et à leurs fils géodésiques ou aux chercheurs de l'Institut géographique national, il offre désormais ses services aux PMI. Lui-même est raccordé à l'Institut national de métrologie de Paris. Une centaine d'entreprises ont déjà eu recours à ce banc dont les tarifs varient entre 340 francs (pour un petit instrument) à 1 500 francs (pour un instrument de grande longueur).

La précision offerte est très appréciée chez Rentsch, où les cales en verre servent à étalonner les projecteurs de profil (des appareils électroniques) qui eux-mêmes calibrent les couteaux de découpe des cartons. « *Depuis que nous sommes certifiés ISO 9000 nous ne pouvons plus nous permettre d'être empiriques dans*



Le banc d'essai de Douai mesure aussi bien une cale de 10 cm qu'un ruban de 200 m.

*notre approche métrologique, souligne Stéphane Gloz, il nous faut une référence extérieure incontestable pour effectuer en interne nos propres étalonnages.* » Même souci d'exactitude chez IMS, distributeur d'instruments de mesure, qui utilise le banc d'essai de Douai pour étalonner les rubans gradués qu'il vend aux sociétés pétrolières. Ces rubans de 25 mètres de long, appelés sondes à main ou piges manuelles, mesurent la profondeur des cuves de pétrole. « *Dans ce domaine les enjeux de la mesure sont considérables*, indique Jean Marie Joyeux, patron d'IMS, *une erreur d'un millimètre dans la mesure de profondeur d'une cuve de 100 000 m<sup>3</sup> représente un volume équivalent à un gros camion citerne.* » Coût d'étalonnage d'un ruban gradué ? Environ 700 francs, le tiers du prix de vente d'un ruban. « *Mais c'est l'effort à consentir pour vendre un appareil irréprochable*, concède Jean-Marie Joyeux, *car pour certaines opérations de mesure, un appareil non étalonné... ça ne sert à rien.* »

**G. Le G.**

**CONTACT**

Ecole des Mines de Douai, département de métrologie-qualité.  
Tél. 03 27 71 23 35.

### LES MAILLONS DE LA CHAÎNE D'ÉTALONNAGE

Une chaîne nationale d'étalonnage s'appuie sur :

- un ou plusieurs laboratoires nationaux de métrologie dont les missions principales sont de réaliser, d'améliorer et de conserver les étalons nationaux. Ces laboratoires raccordent directement les références des centres d'étalonnage agréés (Ceta) ;
- un ou plusieurs centres d'étalonnage agréés qui prolongent l'activité des laboratoires nationaux en assurant le raccordement des références des services de métrologie habilités (SMH) et/ou directement de celles des sociétés ou organismes qui le désirent ;
- des services de métrologie habilités, laboratoires d'étalonnage directement intégrés dans un organisme ou une société,

accrédités par le Cofrac. Ils réalisent des étalonnages pour leur propre compte ou pour des tiers. Leurs références sont raccordées aux étalons nationaux généralement par l'intermédiaire des centres d'étalonnage agréés.

Deux définitions à titre de rappel :

- l'étalon est la mesure matérialisée, appareil de mesure, matériau de référence ou système de mesure destiné à définir, réaliser, conserver ou reproduire une unité ou une ou plusieurs valeurs d'une grandeur pour servir de référence.
- l'étalonnage est l'ensemble des valeurs issues de la comparaison des résultats de mesure de l'équipement par rapport à l'étalon.

## TRT Lucent Technologie : la rigueur au service de la qualité totale

Après la réussite de la fonction métrologique pilotée en interne, l'entreprise rouennaise ambitionne l'accréditation BNM-Cofrac.

**L**e bon outil, à la bonne place, au bon moment. TRT Lucent Technologie, groupe international dans le domaine des télécommunications, a fait de ce slogan un vrai cheval de bataille. Installée près de Rouen, cette entreprise spécialisée dans l'électronique professionnelle a construit sa politique métrologie sur la base des exigences du « juste à temps » et de la qualité totale. « *Y-a-t-il une si grande différence entre le test d'un chassis de télécommunication et la vérification d'un appareil de mesure ?*, interroge Gilles Malefan, responsable maintenance et métrologie de la société. *Pas vraiment. La fabrication en flux tendus implique que nos outils soient en permanence opérationnels et disponibles. Il faut donc que les opérations de vérification ou d'étalonnage deviennent partie intégrante des contraintes de fabrication.* »

Disposant de près de 5 000 équipements, dont 3 000 vérifiés périodiquement, TRT a choisi de gérer 81 % de son parc en interne.

L'entreprise a d'abord procédé à un assainissement de ses instruments de mesure, en supprimant ou en remplaçant les équipements inutilisés par des équipements neufs ou d'occasion. « *En métrologie, le fait d'avoir des appareils qui ne sont pas en fonction est une forme de gaspillage, à plus forte raison si leur coût d'entretien est*

*élevé, indique Gilles Malefan. Quel intérêt de maintenir un oscilloscope de 20 Mhz de bande passante (matériel ancien, ndlr) qui n'est utilisé que quelques semaines et dont la vérification et la maintenance coûtent*

*plusieurs milliers de francs par an ?* » Un rapide calcul permet d'affirmer que l'investissement dans un appareil neuf, de technologie récente, sera amorti en deux ou trois ans et que son taux d'utilisation passera de quelques semaines par an à plusieurs mois.

En parallèle, le centre technique et industriel de Rouen a mis en place une organisation rigoureuse des vérifications en regroupant les appareils par famille. Sept familles ont ainsi été identifiées dont la multimétrie (qui concerne tous les équipements de mesure de tension), les oscilloscopes, la transmission numérique, les générateurs et les compteurs. Les vérifications périodiques s'effectuent par famille, d'où une économie de temps et de moyens. Bien évidemment, cette méthode nécessite des équipements de remplacement pour ne pas paralyser la bonne marche de la production. « *Cette année, nous envisageons de porter notre effort sur la gestion de la documentation, souligne Gilles Malefan. Nous souhaitons que chaque technicien puisse accéder facilement aux vérifications ou aux étalonnages sans recourir à un spécialiste, ce qui passe par un meilleur archivage des données et par la transcription des méthodes.* »

Toutefois, TRT fait appel à la sous-traitance de façon conjoncturelle, lorsqu'elle est soumise à des surcharges de travail importantes (augmentation de production ou arrivée d'un nouveau type de production utilisant des appareils spécifiques) ou de façon structurelle pour des raisons techniques. Le recours à la sous-traitance répond également à un besoin économique. « *La vérification d'un testeur de télécommunications DECT coûte environ 12 000 francs, commente Gilles Malefan. L'investissement pour le faire en interne serait de l'ordre de 200 000 francs. Tant que l'effectif est de un ou deux exemplaires, la sous-traitance nous paraît une bonne solution. Si nous passons le cap de la dizaine, comme nous le prévoyons en 1998, nous investirons dans le matériel de mesure nécessaire.* »

Certifiée ISO 9002 depuis 1992, TRT vise aujourd'hui l'accréditation BNM-Cofrac. Une procédure qui permet aux entreprises d'obtenir une reconnaissance officielle du potentiel d'étalonnage constitué par les hommes et les moyens techniques mis en place, véritable système d'assurance qualité de la fonction d'étalonnage. L'objectif de TRT n'est pas d'intervenir en tant que prestataire de services auprès de clients comme c'est souvent le cas pour les entreprises accréditées. « *Nous souhaitons être reconnus par nos clients pour la qualité de nos mesures, notre exigence de précision. Or, quelle meilleure référence aux yeux des tiers que l'accréditation BNM-Cofrac ?* », tient à souligner Gilles Malefan.



G. DONNET

TRT Lucent Technologie gère l'essentiel de son parc de 5 000 instruments de mesure en interne.

- Electronique professionnelle
- Déville-Les-Rouen (76)
- CA : 1,35 MKF en 1997 (pour l'ensemble du groupe)
- 900 salariés (site de Rouen)

L. A.-G

## Tekelec Temex intègre l'autocontrôle à la fabrication

Vérification en interne et gestion du parc d'instruments sous-traitée : formule choisie par cette PMI de Gironde.

Chez Tekelec Temex, la métrologie fait partie intégrante de l'activité. « Il y a une dizaine d'années, nous recourions au contrôle de qualité, c'est-à-dire que chaque produit que nous fabriquions était soumis à un contrôle électrique et électronique en fin de chaîne, explique Daniel Bucherie, directeur qualité de Tekelec Temex. Aujourd'hui, nous préférons pratiquer l'autocontrôle. Chaque produit est donc testé et vérifié à toutes les étapes clés de sa fabrication. » Cette politique permet à l'entreprise de détecter les dysfonctionnements dès le début de la production et d'interrompre la fabrication d'un produit défectueux au départ.

Cette PMI de Gironde, du groupe Tekelec Temex, fabrique des condensateurs ajustables, des matériaux hyper-fréquences, des condensateurs céramiques, des filtres et des duplexeurs hyperfréquences. Principaux clients : les secteurs des télécoms, de l'armement, de l'avionique et de l'espace. Ses produits sont soumis à des tests mécaniques et électriques pratiqués par



Condensateurs ajustables fabriqués sur le site de Pessac.

les salariés tout au long de la chaîne de fabrication. « Le fait de confier les opérations de vérification et de mesure aux employés de production a été très positif, souligne le directeur qualité de l'entreprise, car cela a responsabilisé les opérateurs ». L'autocontrôle pratiqué par Tekelec Temex a également été bénéfique sur le plan financier puisque l'entreprise a pu alléger ses charges de contrôle en fin de chaîne.

Pour effectuer les tests, les salariés utilisent de nombreux appareils de mesure qui vont du simple pied à coulisse au capacimètre et à l'analyseur de réseaux. En tout, Tekelec Temex possède près de 3 000 instruments qui permettent à l'entreprise de mesurer toutes les caractéristiques électriques, électroniques et physiques (fréquence, poids, capacité, température, résistance, courants de fuite...) de ses produits. Les contrôles sont effectués soit par prélèvements, soit sur 100 % de la fabrication lorsque les clients de l'entreprise l'imposent dans le contrat initial. La vérification exhaustive de la production est également pratiquée lorsque les produits sont destinés au secteur de l'espace.

### Proximité géographique du laboratoire

Chaque année, la gestion de ce parc coûte environ 100 000 francs à l'entreprise qui est propriétaire de ces appareils de mesure. Tekelec Temex effectue elle-même l'étalonnage de certains instruments de mesure simples, tels que les pieds à coulisse, à partir d'étalons rattachés au BNM. Les appareils plus compliqués sont, quant à eux, étalonnés dans des laboratoires extérieurs accrédités par le Cofrac. « Nous choisissons les laboratoires en fonction essentiellement de la qualité de leurs services et de leur proximité géographique, explique Daniel Bucherie. Nos instruments de mesure font partie intégrante de la

### STRYKER IMPLANTS SOUS-TRAITE LA VÉRIFICATION

Chaque mois, près de 50 000 pièces en titane implantables sortent de l'atelier Dimso SA Stryker Implants. L'entreprise de Cestas, près de Bordeaux, conçoit, fabrique et distribue des implants médicaux (vis, tiges, broches...) et des instruments chirurgicaux. « Nous disposons de près d'un millier d'appareils de mesure (pieds à coulisse, micromètres, jauges de profondeur, marbres, rugosimètres, projecteurs de profil, cales, etc.) soumis à rude épreuve : ils s'usent ou dérivent rapidement. Nous sommes donc obligés de les faire vérifier tous les 3 à 6 mois. C'est pourquoi nous avons préféré sous-traiter notre fonction métrologie », indique Jean-Marie Ducourtieux superviseur contrôle-qualité. Dimso SA Stryker Implants a confié la vérification et l'étalonnage de son parc à un laboratoire bordelais, BEA Métrologie.

La PME y trouve d'ailleurs son compte. Une évaluation récente lui a permis de chiffrer à 106 000 francs le coût de l'étalonnage en interne, contre 92 000 francs en externe. Stryker Implants a toutefois souhaité conserver en interne une partie de la gestion de ses activités métrologiques. Elle a acquis un logiciel de gestion de parc qui lui permet d'assurer le suivi des vérifications effectuées.



chaîne de production, nous ne pouvons donc pas nous permettre de travailler avec des laboratoires qui ne tiennent pas leurs délais ou qui nécessitent un temps de transport trop important. Ce qui paralyserait notre production »,

poursuit-il. Tekelec Temex organise des audits de ces laboratoires pour s'assurer de la qualité de leurs prestations. Mais elle ne peut les effectuer tous les ans par manque de temps. Toutefois des visites dans les laboratoires sont organisées par le service qualité de l'entreprise dès qu'une anomalie est détectée dans le contrôle réalisé par son prestataire.

- Electronique professionnelle
- Pessac (33)
- CA : 500 MF en 1997 (pour l'ensemble du groupe)
- 200 salariés (site de Pessac)

L'entreprise sous-traite ainsi environ 75 % de la gestion de son parc d'instruments, « plus pour des questions de facilité que par manque de compétence ». Mais l'externalisation de cette gestion implique certaines contraintes en interne. Tous les référencements et les envois sont gérés par informatique. Les instruments sont identifiés par un code et estampillés d'une étiquette mentionnant le code et la date du dernier étalonnage effectué. Ceci permet d'obtenir une excellente traçabilité des appareils. « Chaque année, un salarié du service qualité passe environ 400 heures à l'enregistrement des instruments de mesure, ainsi qu'à l'envoi et au suivi des retours des appareils soumis à vérification dans des laboratoires extérieurs », précise Daniel Bucherie.

N. R.

## AOIP : étalonneur accrédité

Le fabricant d'instruments de mesure agréé par le Cofrac assure aussi les prestations de raccordement.

L'obtention de l'accréditation pour l'étalonnage des instruments nous a demandé deux ans de préparation. Une démarche encore plus exigeante que la certification. » Radomir Soucek, responsable qualité chez AOIP Instrumentations, parle en métrologue averti. Ancien chercheur au Laboratoire central des industries électriques, il a été recruté par le fabricant d'instruments de mesure, installé à Evry dans l'Essonne, pour l'aider à franchir le cap de l'accréditation du Comité français d'accréditation (Cofrac). AOIP, association des ouvriers en instruments de précision, fabrique des appareils de mesure depuis plus d'un siècle. Aujourd'hui, elle commercialise différentes familles d'instruments de mesures électrique et de température : de la très sophistiquée centrale d'acquisition de mesures, capable de traiter différentes grandeurs – courant, tension, pression –, au thermomètre-calibreur offrant une précision allant jusqu'à 100<sup>e</sup> de degré.

Le Cofrac a délivré deux types d'habilitation : la première, en 1992, qui accrédite son laboratoire d'électricité-magnétisme pour l'étalonnage de plusieurs grandeurs électriques : courant, tension, résistance... La seconde, en 1993, qui autorise son laboratoire des températures à éta-

- Fabricant d'instruments de mesures électrique et de température
- Evry (91)
- CA : 98 millions en 1996
- 184 salariés

lonner des sondes, capteurs et autres thermomètres. « Il a fallu prouver au Cofrac notre réelle capacité d'expertise sur les grandeurs physiques pour lesquelles nous voulions être raccordés aux étalons nationaux, explique Radomir Soucek. Il ne s'agissait pas simple-

ment de répondre aux exigences d'une norme mais de prouver notre excellence scientifique. »

Pour l'heure, AOIP étalonne régulièrement le tiers de son parc qui compte près de 700 appareils. Cette activité d'étalonnage s'effectue pourtant principalement pour le compte des clients qui lui achètent des instruments de mesure. Elle ne représente que 2 % du chiffre d'affaires de l'entreprise. Aussi l'objectif est-il de rentabiliser cette activité et de la hisser jusqu'à 7 %. Quelque 250 acheteurs ont déjà fait confiance à ses laboratoires depuis leur accréditation. Près d'un tiers des entreprises qui demandent d'étalonner leurs



G. DONATI

AOIP assure l'étalonnage d'instruments d'entreprises certifiées ou en voie de l'être.

instruments sont certifiées ou en voie de certification. Celles qui ont utilisé les services d'AOIP une première fois reviennent ensuite régulièrement. Mais certaines – 30 % environ – considèrent que l'étalonnage coûte cher : entre 1 500 francs pour un thermomètre de base et 15 000 francs pour une caractérisation complète d'un calibreur complexe en électricité-magnétisme. « Les entreprises ne se rendent pas toujours compte des investissements – salles de climatisation, équipements, etc. – que nous avons dû réaliser pour être nous-mêmes accrédités », constate Radomir Soucek.

Bien que spécialisée dans la mesure, AOIP est confrontée comme n'importe quelle entreprise à la gestion de son parc d'instruments. Le suivi des fiches de vie des appareils est assuré, en interne, grâce au logiciel Cal'Expert qu'elle a elle-même mis au point et qu'elle commercialise auprès de ses clients. AOIP est certifiée ISO 9002 depuis 1993. « Comme dans la plupart des entreprises, la certification nous a obligés à apporter plus de rigueur à la gestion de notre parc », conclut Radomir Soucek.

G. Le G.

## Contacts

**Secrétariat d'Etat à l'Industrie**  
**Sous-direction de la métrologie :**  
**Jean-François Magana**  
 22, rue Monge, 75005 Paris  
 Tél. : 01 43 19 51 40

**Mouvement français pour la qualité (MFQ)**  
**Collège métrologie**  
**Président : Pierre Barbier**  
 Tél. : 05 56 57 34 87  
 MFQ  
 5, esplanade Charles-de-Gaulle,  
 92733 Nanterre Cedex  
 Tél. : 01 47 29 09 29. Fax : 01 47 25 32 21

**Bureau national de métrologie (BNM)**  
 22, rue Monge, 75005 Paris  
 Tél. : 01 43 19 50 51 et 01 43 19 50 41  
 Fax : 01 43 19 50 80

**BNM-INM**  
 L'Institut national de métrologie, au Conservatoire national des arts et métiers, est le gardien des unités de longueur ( mètre ), de masse ( kilogramme ), de température ( kelvin ) et d'intensité lumineuse ( candela ).  
 292, rue Saint-Martin, 75141 Paris Cedex 03  
 Tél. : 01 40 27 21 55. Fax : 01 42 71 37 36

**BNM-LCIE**  
 Le Laboratoire central des industries électriques définit les grandeurs électriques et magnétiques dont l'unité de base est l'ampère. Il a développé des bancs d'étalonnage pour les diverses grandeurs électriques dérivées ( volt,ohm ), leurs multiples et sous-multiples.  
 33, avenue du Général Leclerc - BP 8  
 92266 Fontenay-aux-Roses Cedex  
 Tél. : 01 40 95 60 60. Fax : 01 40 95 60 50

**BNM-LPTF**  
 Le Laboratoire primaire du temps et des fréquences,

à l'Observatoire de Paris, établit et diffuse les références nationales de temps et de fréquences. Le temps légal français est matérialisé par une série d'horloges fondées sur les caractéristiques de l'atome de césium.  
 61, avenue de l'Observatoire, 75014 Paris  
 Tél. : 01 40 51 22 13. Fax : 01 43 25 55 42

**BNM-LPRI**  
 Le Laboratoire primaire des rayonnements ionisants, au Commissariat à l'énergie atomique, est chargé des grandeurs de référence de l'activité des sources ionisantes exprimées en becquerel, et de la dose absorbée et du kerma, toutes deux exprimées en gray. Il réalise aussi les références de rayons X.  
 BP 52 - 91193 Gif-sur-Yvette Cedex  
 Tél. : 01 69 08 52 88.  
 Fax : 01 69 08 47 74



L'inverseur de force du Laboratoire national d'essais.

**BNM-LNE**  
 Le Laboratoire national d'essais conserve et améliore les étalons des grandeurs mécaniques, thermiques et chimiques. La mole (quantité de matière) est ainsi l'unité de base de la métrologie chimique.

1, rue Gaston-Boissier, 75072 Paris Cedex 15  
 Tél. : 01 40 43 37 00. Fax : 01 40 43 37 37

**Comité français d'accréditation (Cofrac)**  
 37, rue de Lyon, 75012 Paris  
 Tél. : 01 44 68 82 39

**Bureau international des poids et mesures (BIPM)**  
 Pavillon de Breteuil, 92310 Sèvres  
 Tél. : 01 45 34 00 51

**Organisation internationale de la métrologie légale (OIML)**  
 11, rue Turgot, 75009 Paris  
 Tél. : 01 48 78 12 82

## Aides

**Pour réaliser un audit métrologique**  
 Le fonds régional d'aide au conseil (Frac) répond à un objectif simple : encourager les PMI à recourir à des consultants extérieurs. En pratique, il consiste en des aides financières couvrant 50 % des prestations de conseil, dans la limite de 200 000 F par an et par entreprise. Pour les conseils ne dépassant pas cinq jours, il existe, dans certaines régions, des Fracs "courts" : utilisables une seule fois, ils peuvent financer jusqu'à 80 % d'une prestation de conseil pour un montant plafond de 25 000 F.

**Pour recruter un métrologue**  
 L'aide au recrutement des cadres (Arc) vise à inciter les PMI à l'embauche de personnel de haut niveau lors d'une étape importante de leur développement. L'embauche doit s'effectuer

sur la base d'un contrat à durée déterminée (CDD). L'aide est versée sous la forme d'une subvention pouvant représenter jusqu'à 50 % d'une année de salaire et de charges sociales du cadre recruté, dans la limite de 200 000 F.

**Participer à une action collective**  
 Financées par l'Etat, les fonds européens, les fonds régionaux et les partenaires locaux, des actions collectives soutiennent les projets de développement. Elles sont de deux types : les premières concernent tout un secteur industriel ou un bassin d'emploi et visent à améliorer l'environnement des entreprises ; les secondes intéressent les entreprises qui ont un projet commun.  
 Contact : Drire