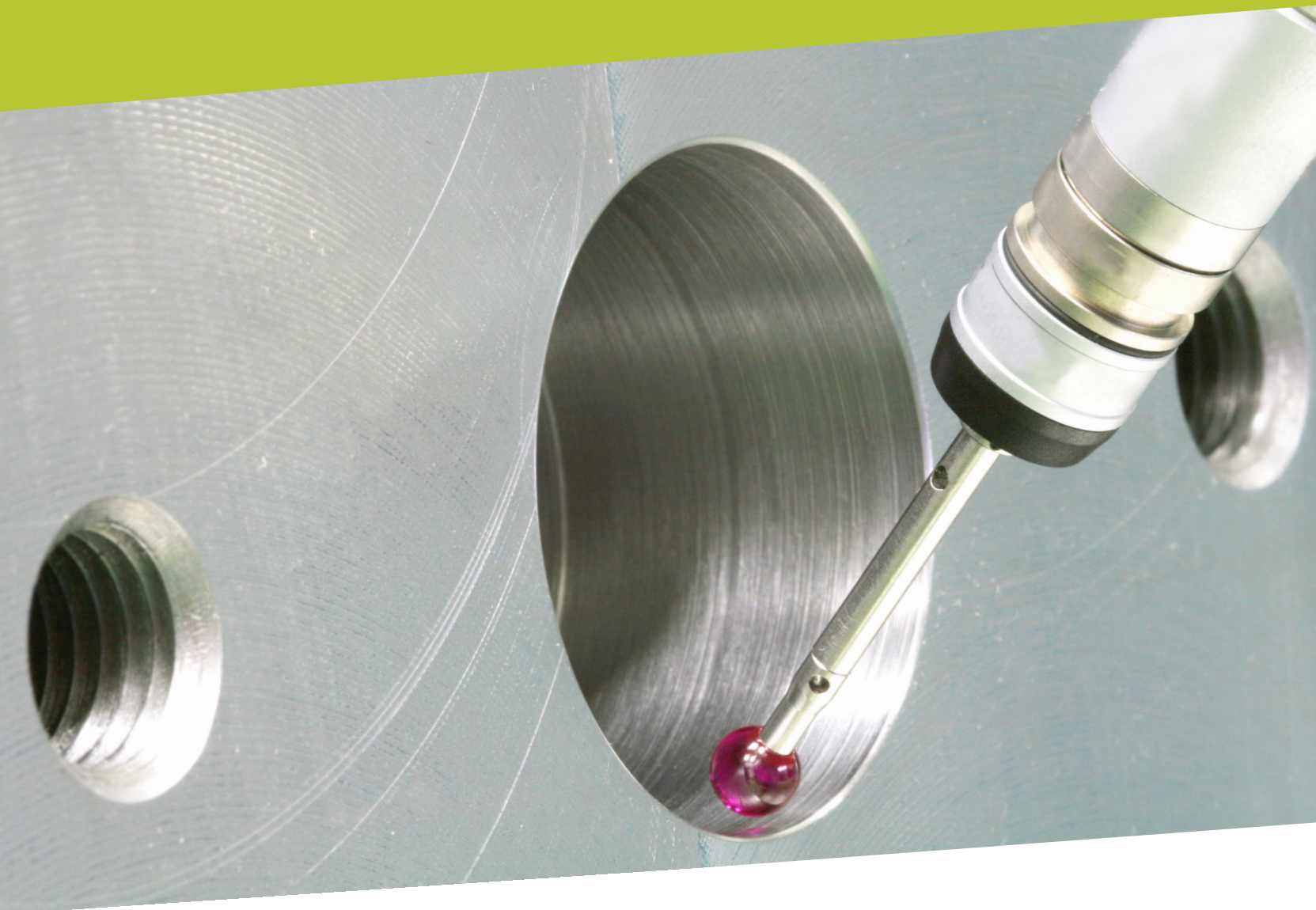


LES GUIDES TECHNIQUES
DU COLLÈGE FRANÇAIS DE MÉTROLOGIE

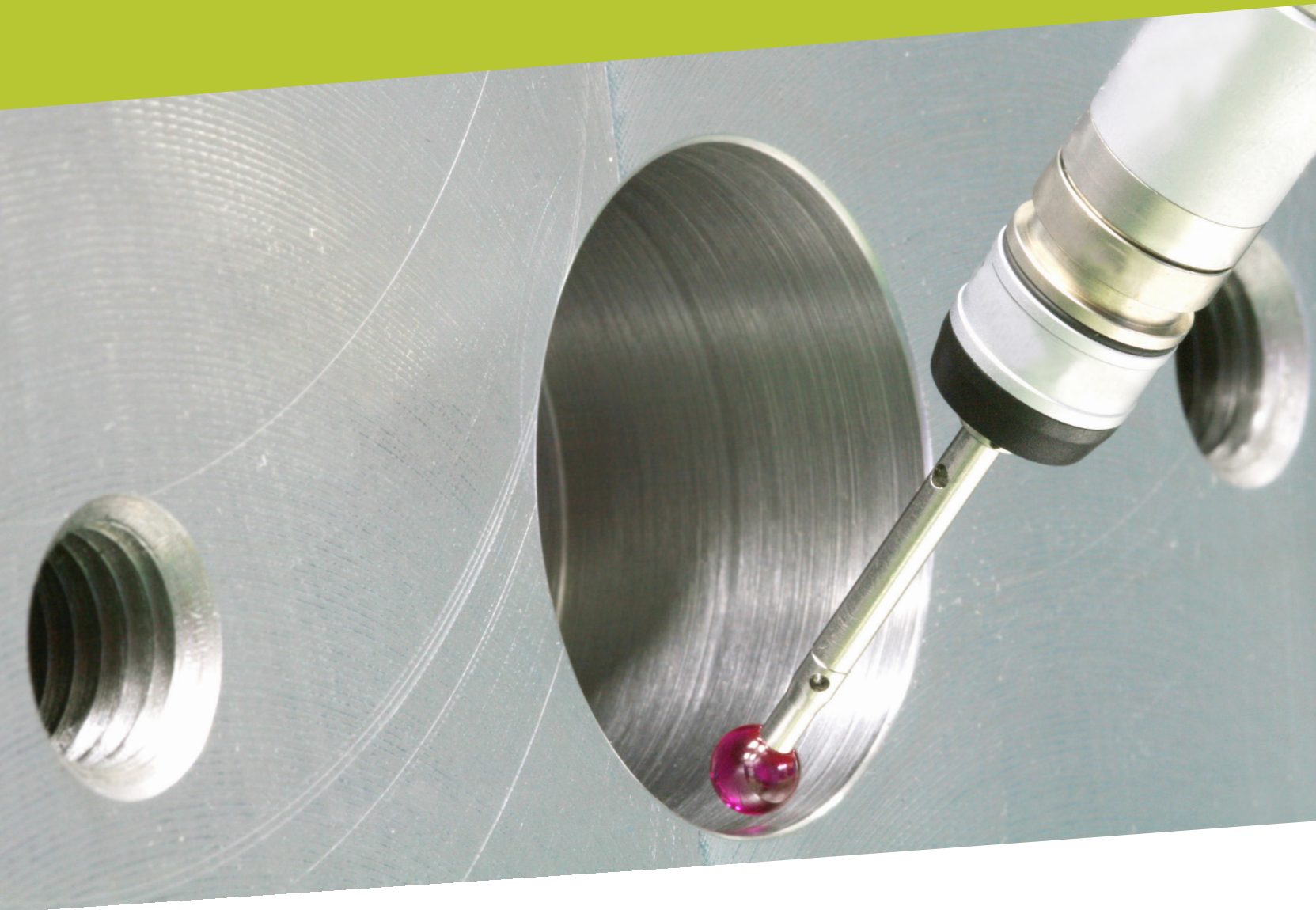


L'ACCREDITATION DES MESURES TRIDIMENSIONNELLES

LES GUIDES TECHNIQUES
DU COLLÈGE FRANÇAIS DE MÉTROLOGIE

L'ACCRÉDITATION DES MESURES TRIDIMENSIONNELLES

LES GUIDES TECHNIQUES
DU COLLÈGE FRANÇAIS DE MÉTROLOGIE



L'ACCREDITATION DES MESURES TRIDIMENSIONNELLES

© CFM et AFNOR Éditions 2017

Couverture : création AFNOR Éditions – Exécution : Atelier du Livre (Caroline Joubert)

Crédit photo © 2017 Adobe Stock

ISBN 978-2-12-465608-0



Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1^{er} juillet 1992, art. L 122-4 et L 122-5, et Code pénal, art. 425).

Collège Français de Métrologie
1, rue Gaston Boissier
75724 Paris Cedex 15
Tél. : + 33 (0) 4 67 06 20 36
www.cfmetrologie.com/fr/bibliotheque

AFNOR
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél. : + 33 (0) 1 41 62 80 00
www.afnor.org/editions



COLLÈGE FRANÇAIS DE
MÉTROLOGIE

Le Collège Français de Métrologie (CFM) est une association à vocation industrielle qui rassemble tous les acteurs du monde de la mesure : utilisateurs de moyens de mesure dans l'industrie et les laboratoires, responsables de laboratoires et de centres techniques, fabricants et prestataires, universitaires et autres.

Fondé avec le soutien du Ministère chargé de l'Industrie, du Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE), du Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques (CETIAT) et de Peugeot Citroën Automobiles (PSA), le CFM rassemble aujourd'hui près de 500 adhérents.

Apporteur d'informations et de contenu technique, notre mission est de vous permettre d'améliorer et d'optimiser vos processus de mesure. Les professionnels de tous niveaux et de tous les secteurs d'activités sont concernés.

Le but est de vous faire gagner du temps et de vous permettre de répondre au plus vite à vos interrogations.

Grâce à sa bibliothèque technique et notamment à ses Guides, le CFM est devenu la référence de la documentation dans le monde de la mesure.

Le rapprochement avec AFNOR Éditions, qui est lui aussi est un autre référent mais de la Norme, permettra aux deux entités de se compléter l'un et l'autre tout en gardant leurs niveaux d'exigence et tout en continuant d'améliorer les connaissances.

Véritable pôle d'échange qui facilite les rencontres et le partage d'expériences, intégrez vous aussi notre réseau en devenant l'un de nos membres privilégiés !

Visitez notre site Internet et analysez toute notre offre sur www.cfmometrologie.com.

**Prenez la mesure de votre avenir !
Le CFM**

afnor
ÉDITIONS

Vous ne connaissiez pas encore AFNOR en tant qu'éditeur ? Pourtant, depuis plusieurs années nous nous affirmons en tant qu'acteur de premier plan dans le paysage de la littérature professionnelle !

Face aux grandes tendances qui impactent votre environnement économique, nous vous offrons les meilleures solutions.

Dans un monde où les risques externes sont nombreux, AFNOR Éditions apporte de véritables solutions et méthodes pour aider les dirigeants dans leurs prises de décision.

Quels que soient votre secteur d'activité et votre fonction dans l'entreprise, nous vous proposons un ouvrage capable de satisfaire vos attentes. Pour répondre à vos problématiques, nous avons spécialement développé des collections pratiques. Celle coéditée avec le CFM est la dernière-née !

Cette collection vous assure les compétences des meilleurs experts et traite de l'ensemble des besoins auxquels vous êtes confrontés au quotidien.

Cette volonté d'accompagner votre développement et d'assurer votre pérennité est la marque de fabrique d'AFNOR Éditions. C'est notre mission.

Pour l'accomplir et la mener à bien, nous sélectionnons des auteurs experts et reconnus, ayant une véritable expérience de terrain.

Capables de transmettre simplement les outils, les méthodologies et les connaissances nécessaires, ils vous permettront d'aller de l'avant et d'améliorer vos performances.

Consultez sans tarder l'ensemble de notre catalogue de plus de 570 titres sur www.boutique.afnor.org/livres.

**Accédez au savoir en illimité !
AFNOR Éditions**

AVANT PROPOS

CONTEXTE

Les normes de certifications actuelles du type ISO 9000, normes de management, ne sont pas spécifiquement adaptées à l'utilisation des Nouvelles Technologies de Mesure sur les aspects techniques (méthodes de mesure, raccordement des moyens, exploitation des résultats, évaluation des incertitudes...)

La norme internationale NF EN ISO/CEI 17025 est un bon modèle, tant pour parfaire l'organisation du laboratoire que pour asseoir la confiance de ses clients. Mais les laboratoires exploitant des moyens de mesure par coordonnées (MMT, systèmes optiques ou radioélectriques...) constatent que l'exploitation de ce modèle présente certaines difficultés.

Actuellement, la description, la justification (raccordement, estimation d'incertitudes), la validation des modes opératoires utilisables dans ces domaines de la mesure multidimensionnelle, provoquent beaucoup de questionnements, par exemple dans le cadre d'une accréditation.

OBJECTIF DU GROUPE

L'Institut Méditerranéen de la Qualité, expérimentateur et promoteur de ces nouvelles technologies de mesure, a proposé de lancer une réflexion sur cette problématique, au moyen d'un groupe de travail placé sous l'égide du Collège Français de Métrologie.

L'objectif de ce groupe de travail est d'explicitier comment la NF EN ISO/CEI 17025 peut être appliquée par des organismes assurant des prestations de mesures tridimensionnelles.

LES OPPORTUNITÉS

Au moment de la rédaction du présent guide, aucun laboratoire ou prestataire de service de mesure tridimensionnelle n'est accrédité par le COFRAC en France.

Ils sont pourtant très demandeurs de cette reconnaissance du COFRAC. Cela permettrait de distinguer les laboratoires qui montrent un réel sérieux vis à vis des méthodes, du choix des moyens, mais aussi des résultats de mesure par rapport aux clients.

Cette forte demande est de toute évidence liée aux volontés des donneurs d'ordre qui exigent de plus en plus que leurs sous-traitants soient certifiés ou accrédités.

Les membres du groupe de travail 17025 du Collège Français de Métrologie qui ont participé à la rédaction de ce Guide sont les suivant :

Philippe AMELOT	BEA Métrologie
Jean-Jacques BALAGUER	METRIS
Xavier BARA	IMQ
Didier BERNARD	RENAULT
Benoit BOUDIER	LDAR
Bernard BOURGEAY	INSACAST
Yvon BOYER	BOYER
Jean-Pierre CHAMBARD	HOLO3
François CORDUANT	RENAULT
François DAUBENFELD	PSA
Eric FARGIER	LNE
Monsieur JALID	ENSET de Rabat
Philippe LANNEAU	Management Services
Bernard LARQUIER	BEA Métrologie
Stéphane LAUDREL	METRIQUE CONSULTING
Philippe LEBON	École des Mines de Douai
Stéphane LESUEUR	COFRAC
Guillaume LETOCART	RENAULT
Jean-Marc LINARES	EA(MS) ²
Jean-François MANLAY	CEA
Alain MARTIN-RABAUD	Métride
Antonio MAZZEI	IMQ
André MICHEL	COFRAC
Olivier MORETTI	ADES
Gilles PECCHIOLI	COFRAC
Jean-Michel POU	Delta Mu
Marc PRIEL	LNE
Stéphane RAYNAUD	INSA-LYON
Nicolas ROUSSET	CETIM SENLIS
Serge TURLAN	INSA-LYON
Georges-Pierre VAILLEAU	LNE
Christian VERNEY	CETIM Saint-Etienne
Charles WADEL	HOLO3

SOMMAIRE

1. OBJET DU DOCUMENT	1
2. RÉFÉRENCES	3
3. DÉFINITION DE LA PORTÉE D'ACCRÉDITATION	5
3.1 LES PORTEES D'ACCREDITATION	5
3.2 DEFINITIONS	5
3.3 LES TYPES DE PORTEES DANS LE CADRE DE L'ACCREDITATION	5
4. PRÉSENTATION DES DOMAINES D'ACCRÉDITATION POTENTIELS	7
4.1 DÉFINITION GÉOMÉTRIQUE	7
4.1.1 Besoin fonctionnel et définition géométrique	7
4.1.2 Univocité de la définition - de la fonction à la géométrie	9
4.1.3 Référentiel géométriquement univoque	11
4.2 TOLÉRANCEMENT NORMALISÉ	12
4.2.1 Principe de tolérancement	12
4.2.2 Tolérance géométrique	12
5. GUIDE POUR L'ACCRÉDITATION	27
5.1 PERSONNEL	27
5.2 LOCAUX ET ENVIRONNEMENT	32
5.3 MÉTHODES	33
5.3.1 Validation des méthodes	33
5.3.2 Evaluation de l'incertitude de mesure	37
5.3.3 Particularité	45
6. CONCLUSION	53

1. OBJET DU DOCUMENT

L'objectif de cet ouvrage est d'apporter, aux entreprises désireuses de s'engager dans une démarche d'accréditation, des solutions pour répondre aux exigences techniques de la norme NF EN ISO / CEI 17025.

L'accréditation est envisagée dans le cadre de mesures tridimensionnelles réalisées sur MMT (Machine à Mesurer Tridimensionnelle) dans un environnement maîtrisé.

Il convient de rappeler le contexte général lié aux mesures tridimensionnelles et par là même de définir le domaine d'application de la démarche d'accréditation.

La conception « mécanique » d'une pièce s'exprime par un dessin dit de définition coté et tolérancé, ou son équivalent informatique. Le dessin définit les surfaces qui délimitent le volume de la pièce à réaliser. Chaque surface est définie par sa forme et sa position. Le rôle de la métrologie dimensionnelle est d'évaluer la concordance entre le dessin et la pièce effectivement réalisée.

Dans le cas le plus général, la pièce est un solide tridimensionnel et les techniques de mesure peuvent être classées en deux familles :

1. Repérage de la surface de la pièce par contact direct avec une surface matérielle : Le contrôle

Il s'agira, par exemple, de l'introduction d'une broche dans un alésage (contrôle à l'aide de calibres à limites « entre – n'entre pas » ou « go – no go »). Cette technique de contrôle fournit systématiquement la position de la surface donnée par les points « les plus hauts » et ne fournit pas d'estimation du défaut de forme de l'alésage par rapport à un cylindre parfait.

2. Repérage de la surface de la pièce par l'acquisition de points de mesure sur cette surface : La mesure

La surface réelle est échantillonnée en un nuage de points qui permet le calcul d'une surface mathématique parfaite comparée à sa position théorique. Le calcul fournit une estimation du défaut de forme de la surface, de position et orientation.

Les machines à mesurer tridimensionnelles « modernes » relèvent de la seconde famille. Les surfaces sont mesurées en un certain nombre de points et modélisées par calcul, les relations géométriques (angles, distances...) sont exprimées à partir desdites surfaces.

Les structures de machine à mesurer sont très diverses ; l'accréditation concernera plus particulièrement la machine dite « à portique » qui est très représentative mais pourra aussi être engagée sur d'autres technologies.

Il est jugé plus opportun dans un premier temps de restreindre le domaine d'accréditation aux MMT à contact en environnement maîtrisé (ou laboratoire). Cela permet de limiter au maximum l'influence de divers paramètres qui peuvent affecter les résultats de mesure. Cet axe est privilégié pour des raisons de simplification technique évidentes et pour faciliter l'ouverture d'une portée d'accréditation tridimensionnelle au sein du COFRAC.

En effet, l'utilisation de technologies différentes comme les bras de mesure poly articulés, les lasers de poursuite, appareils de photogrammétrie ou autres, auront une incidence différente sur les résultats de mesure.

Il en est de même pour les conditions environnementales comme la température, les vibrations, l'hygrométrie ou autres.

Les MMT recommandées dans le cadre d'une accréditation sont celles à commande numérique car elles présentent un certain nombre d'avantages :

- elles améliorent considérablement la qualité des mesures en assurant une phase de mesure reproductible et indépendante de l'opérateur ;
- elles autorisent la mesure de surfaces complexes (exemples : hélice, profil d'aile, surface complexe de fonderie ou de forge, matrice d'emboutissage...) qui ne sont mesurables que sur ce type de machine ;
- elles permettent l'automatisation des mesures (déroulement automatique avec éventuellement plusieurs pièces sur la même machine, changement automatique de palpeurs etc.)

Rappelons que l'ouverture d'une portée d'accréditation au sein du COFRAC ne peut se faire que par demande d'un laboratoire, via le dépôt d'un dossier au COFRAC.

L'objectif du guide est donc d'apporter des réponses aux différentes problématiques liées à l'activité de mesure tridimensionnelle comme :

- le mode de portée qu'il convient d'adopter,
- la maîtrise du niveau de compétence du personnel,
- l'évaluation des incertitudes de mesure.

Il est important de préciser que le présent guide donne un certain nombre de recommandations pour la démarche d'accréditation mais les entreprises restent évidemment libres du choix des méthodes employées.

Concernant les portées, l'accréditation pourra porter sur 2 domaines :

- 1- En portée fixe (A1) sur les tolérances géométriques de base : planéité, circularité, cylindricité, rectitude
- 2- En portée flexible sur les dimensions et le reste du tolérancement géométrique

La portée fixe, même si elle apparaît plus « mono dimensionnelle » que tridimensionnelle, est certainement plus accessible dans un premier temps, que l'accréditation totale de la mesure 3D. Elle doit permettre d'ouvrir la voie.

2. RÉFÉRENCES

NORMES GÉNÉRALES

- NF EN ISO/CEI 17025 : Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais – Septembre 2005
- NF ENV 13005 (Le GUM) : Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure – Août 1999
- LAB REF 02 – Révision 03 – Novembre 2006
- Série de normes NF ISO 5725 : Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure
 - Partie 1 : Principes généraux et définitions
 - Partie 2 : Méthode de base pour la détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode de mesure normalisée
 - Partie 3 : Mesures intermédiaires de la fidélité d'une méthode de mesure normalisée
 - Partie 4 : Méthodes de base pour la détermination de la justesse d'une méthode de mesure normalisée
 - Partie 5 : Méthodes alternative pour la détermination de la fidélité d'une méthode de mesure normalisée
 - Partie 6 : Utilisation dans la pratique des valeurs d'exactitude

NORMES « COTATION »

- ISO 8015 : Dessins techniques – Principe de tolérancement de base – Février 2006
- NF-E04-554 : Dessins techniques – Cotation et tolérancement – Références et systèmes de référence pour tolérances géométriques – Décembre 1988 (concordance technique avec ISO5459)
- ISO 5459 : Dessins techniques – Tolérancement géométrique – Références spécifiées et systèmes de références spécifiées pour tolérances géométriques – Novembre 1981
- NF-E-10-105 : Méthodes de mesurage dimensionnel – Sixième partie : Etablissement des références spécifiées – Décembre 1990
- NF E 04 552 (voir ISO 1101)
- NF-EN-ISO-1101 : Spécification géométrique des produits (GPS) – Tolérancement géométrique – Tolérancement de forme, orientation, position et battement – Janvier 2006
- NF EN ISO 5458 : Spécification géométrique des produits (GPS) – Tolérancement géométrique – Tolérancement de localisation – Juin 1999

NORMES « MACHINES »

- Série des normes ISO 10-360 : Essai de réception et de vérification périodique des machines à mesurer tridimensionnelles (MMT)
 - Partie 1 : Vocabulaire
 - Partie 2 : MMT utilisées pour les mesures de tailles
 - Partie 3 : MMT ayant l'axe d'un plateau tournant comme 4ème axe
 - Partie 4 : MMT utilisées en mode de mesure par scanning
 - Partie 5 : MMT utilisant des systèmes de palpation à stylets multiples
 - Partie 6 : Estimation des erreurs dans le calcul des éléments associés Gaussiens
- NF E11-151 : GPS – Machines à mesurer tridimensionnelles à portique – Représentation des corrections géométriques
- XP ISO/TS 23165 : GPS – Lignes directrices pour l'estimation de l'incertitude d'essai des machines à mesurer tridimensionnelles (MMT)

LITTÉRATURE

- « Langage des normes ISO de cotation » et « Cotation de fabrication et métrologie » – Bernard Anselmetti – Editions Lavoisier
- Tolérancement et métrologie dimensionnelle – Pierre Bourdet et Luc Mathieu – Edité par le CETIM
- Techniques de mesure sur MMT – Edité par le Collège Français de Métrologie
- Sur le site du Collège Français de Métrologie, les actes des congrès depuis 1999, sessions « Dimensionnel » et « Incertitudes »
- Le Contrôle Tridimensionnel sur machine à mesurer et machine-outil – Renishaw / Techno – Nathan

3. DÉFINITION DE LA PORTÉE D'ACCREDITATION

3.1 LES PORTÉES D'ACCREDITATION

Suivant les prestations que le laboratoire souhaite réaliser, il est nécessaire de définir la portée de l'accréditation.

Les informations concernant les portées d'accréditation sont issues du document du COFRAC LAB REF 08 « Expression et évaluation des portées d'accréditation » Révision 01 de novembre 2006. Il peut être téléchargé sur le site du COFRAC, www.cofrac.fr dans la rubrique « documents en ligne ».

3.2 DEFINITIONS

Portée (de la demande) d'accréditation : énoncé formel et précis des activités pour lesquelles le laboratoire est accrédité.

Portée fixe (standard) : portée correspondant à une demande d'accréditation désignée par A1.

Portée flexible standard : portée correspondant à une demande d'accréditation désignée par A2 ou A3.

Portée flexible étendue : portée correspondant à une demande d'accréditation désignée par B.

3.3 LES TYPES DE PORTÉES DANS LE CADRE DE L'ACCREDITATION

L'expression de la portée d'accréditation demandée par un laboratoire dépend des compétences que ce dernier est capable de démontrer et de l'utilisation qu'il compte en faire.

Portée de type standard (A)

Le laboratoire ne souhaite pas avoir la possibilité de mettre en œuvre sous accréditation, sans évaluation spécifique et préalable, de nouvelles méthodes d'essai ou d'étalonnage qu'il a développées ou modifiées.

Type A1 : Le laboratoire souhaite faire reconnaître sa compétence à pratiquer des essais ou étalonnages suivant des protocoles de mesure figés.

Type A2 : Le laboratoire souhaite avoir en plus la possibilité, entre deux visites d'évaluation du COFRAC, d'utiliser son accréditation sur les révisions successives des méthodes normalisées, dès lors que les révisions n'impliquent pas la mise en œuvre de compétences nouvelles liées par exemple à un nouveau principe de mesure.

Type A3 : Le laboratoire souhaite avoir en plus la possibilité, entre deux visites d'évaluation du COFRAC, d'utiliser sous accréditation des méthodes normalisées ou consensuellement reconnues reposant sur des compétences techniques qu'il a précédemment démontrées.

Portée de type étendu (B)

Le laboratoire souhaite avoir la possibilité de mettre en œuvre sous accréditation, sans évaluation spécifique et préalable, des méthodes d'essai ou d'étalonnage qu'il a développées ou modifiées.

Dans certains domaines, bien que les laboratoires aient des méthodes techniques qu'ils utilisent en routine et pour lesquelles une demande d'accréditation suffit, ils ne peuvent pas toujours savoir à l'avance à quoi ils auront à les appliquer.

Par exemple, un client peut demander qu'une méthode soit utilisée sur un nouveau matériau/produit ou pour un nouveau mesurande qui n'a pas été prévu/étudié lors de la validation initiale de la méthode. Autre exemple, un laboratoire d'essais physiques accrédité pour des essais en température et pression sur des canalisations peut être sollicité pour réaliser des essais similaires sur les joints reliant les portions de canalisations.

Dans tous les cas, une demande d'accréditation de type étendu (B) peut être intéressante pour le laboratoire, car la flexibilité de la portée correspondante lui permet d'être plus réactif par rapport à ses clients.

Selon toute vraisemblance, le contrôle tridimensionnel correspond à une demande d'accréditation de type étendu, étant données les différences géométriques qui peuvent exister entre deux pièces.

En cas de demande d'accréditation en portée étendue, le laboratoire doit fournir au COFRAC une documentation comportant :

- a) la documentation définissant les responsabilités et processus (dispositions et application) contrôlant l'introduction d'une méthode nouvelle ou modifiée dans la portée du laboratoire ;
- b) les critères retenus pour établir la compétence du personnel du laboratoire à revoir/développer et autoriser l'emploi de méthodes modifiées/nouvelles incluses dans la portée d'accréditation flexible ;
- c) les enregistrements associés à un récent développement de méthode du laboratoire dans le champ de la portée revendiquée, de l'identification du besoin jusqu'à l'autorisation d'emploi de la méthode développée ou modifiée.