

Comment choisir le moyen de mesure adapté dans le domaine dimensionnel? How to choose the appropriate means of measuring in dimensional domain

BOUDAOUINE Fahd¹, LECORDIER Pascal², VASTY David^{3,a}

¹IMQ, 57, chemin Gaëtan Gastaldo, 83200 TOULON, France

^{2,3}A+ METROLOGIE, 191 rue de Vaugirard, 75015 Paris, France

Résumé. Le marché offre une multitude d'appareils différents pour mesurer et contrôler des pièces et les produits. L'application spécifique est souvent déterminante car chaque équipement présente ses propres avantages et inconvénients. Le choix de l'outil n'est pas dû au hasard mais comment ne pas se tromper ? Au fil des années, ces outils ont évolué pour se maintenir au niveau des standards accrus de qualité : les outils de mesure manuels subsistent toujours pour des applications simples de contrôle mais grâce à l'évolution de l'électronique et de l'informatique, les méthodes de type sans contact par procédés optiques ont su se faire une place prépondérante dans l'industrie et les laboratoires de métrologie. Après une présentation des différents moyens de mesure par contact ou sans contact non exhaustive, nous tâcherons de donner les principaux critères à définir afin de choisir le moyen de mesure dimensionnel le plus adapté.

Abstract. The market offers a lot of different devices for measuring and monitoring parts and products. The specific application is often crucial because every device has its own advantages and disadvantages. The choice of tool is not due to random but how not to make mistakes? Over the years, these tools have evolved to keep level with increased quality standards : manual measurement tools still exist for simple control applications but thanks to the development of electronics and information technology, methods of non-contact type by optical methods were able to get a prominent place in the industry and metrology. After a presentation of the different measuring means contact or no-contact (non-exhaustive), we will try to give the main criteria to be defined in order to choose the most suitable dimensional tool..

1 Introduction

Les évolutions de la science ont permis aux outils de mesure dimensionnelle de se diversifier et d'optimiser leur potentiel technique. Moyens conventionnels (pied à coulisse, micromètres, etc.), machines fixes, portatives, avec ou sans contact....ces outils réalisent aujourd'hui des mesures avec une exactitude accrue. L'émergence des marchés implique une expansion des contrôles et même si les applications changent, la même question se pose : comment choisir un moyen de mesure adapté ?

2 Les moyens existants

2.1 Moyens conventionnels

Les instruments dimensionnels classiques sont partout présents dans la plupart des ateliers de production ou de métrologie. Ils font partis du quotidien et plus personne n'y attache de réelle importance. Il existe une variété d'instruments dont les caractéristiques et les applications sont différents. Il faut donc prendre en compte des critères spécifiques, adaptés à la mesure. Ils se répartissent en deux grandes familles : les instruments à cote fixe (calibres) et les instruments à cote variable (mesure directe ou indirecte)

2.1.1 Cote fixe

Les appareils à cote fixe sont des instruments de mesure qui reproduisent ou fournissent, d'une manière permanente pendant son emploi, des grandeurs d'une ou plusieurs natures, chacune avec une valeur assignée [1].

^a Corresponding author : david.vasty@aplus-metrologie.fr

Ces instruments sont principalement utilisés dans les besoins de contrôles rapides, sur des productions en série. Ils en existent une multitude et il n'est pas question de les dépeindre tous. Les plus connues sont : les règles à filament, les boîtes de cales et les bagues lisses (voir illustrations ci-dessous) :

Figure 1. Règle à filament [2]

	<table border="1"> <tr><td>NOM GÉNÉRIQUE</td><td>Règle à filament</td></tr> <tr><td>MARQUE ou FABRICANT</td><td>TESA</td></tr> <tr><td>DESCRIPTION</td><td>Longueur 300 mm</td></tr> <tr><td>ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES</td><td>/</td></tr> <tr><td>NORME :</td><td>(Breveté DIN 874) NF E 11-104 : 1982</td></tr> <tr><td>CAHIER DES CHARGES :</td><td>Étalon interne : vérification des rectitudes.</td></tr> <tr><td>CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :</td><td>1 µm par 100 mm</td></tr> <tr><td>INSTRUCTIONS INTERNES :</td><td>Instructions d'étalonnage et respect des bonnes pratiques.</td></tr> </table>	NOM GÉNÉRIQUE	Règle à filament	MARQUE ou FABRICANT	TESA	DESCRIPTION	Longueur 300 mm	ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	/	NORME :	(Breveté DIN 874) NF E 11-104 : 1982	CAHIER DES CHARGES :	Étalon interne : vérification des rectitudes.	CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	1 µm par 100 mm	INSTRUCTIONS INTERNES :	Instructions d'étalonnage et respect des bonnes pratiques.
NOM GÉNÉRIQUE	Règle à filament																
MARQUE ou FABRICANT	TESA																
DESCRIPTION	Longueur 300 mm																
ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	/																
NORME :	(Breveté DIN 874) NF E 11-104 : 1982																
CAHIER DES CHARGES :	Étalon interne : vérification des rectitudes.																
CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	1 µm par 100 mm																
INSTRUCTIONS INTERNES :	Instructions d'étalonnage et respect des bonnes pratiques.																

Figure 2. Boîte de cales [2]



	<table border="1"> <tr><td>NOM GÉNÉRIQUE</td><td>Boîte de cales étalons</td></tr> <tr><td>MARQUE ou FABRICANT</td><td>CARY</td></tr> <tr><td>DESCRIPTION</td><td>124 cales, de 0,5 à 100 mm</td></tr> <tr><td>ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES</td><td>1 cale 1.0005 mm Pas de 1µm de 1.001 à 1.009 Pas de 10µm de 1.01 à 1.09 Pas de 100µm de 1.1 à 1.9</td></tr> <tr><td>NORME :</td><td>NF EN ISO 3650:1999</td></tr> <tr><td>CAHIER DES CHARGES :</td><td>Étalon de référence du laboratoire</td></tr> <tr><td>CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :</td><td>Valeurs gravées</td></tr> <tr><td>INSTRUCTIONS INTERNES :</td><td>Procédures d'étalonnages internes.</td></tr> </table>	NOM GÉNÉRIQUE	Boîte de cales étalons	MARQUE ou FABRICANT	CARY	DESCRIPTION	124 cales, de 0,5 à 100 mm	ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	1 cale 1.0005 mm Pas de 1µm de 1.001 à 1.009 Pas de 10µm de 1.01 à 1.09 Pas de 100µm de 1.1 à 1.9	NORME :	NF EN ISO 3650:1999	CAHIER DES CHARGES :	Étalon de référence du laboratoire	CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	Valeurs gravées	INSTRUCTIONS INTERNES :	Procédures d'étalonnages internes.
NOM GÉNÉRIQUE	Boîte de cales étalons																
MARQUE ou FABRICANT	CARY																
DESCRIPTION	124 cales, de 0,5 à 100 mm																
ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	1 cale 1.0005 mm Pas de 1µm de 1.001 à 1.009 Pas de 10µm de 1.01 à 1.09 Pas de 100µm de 1.1 à 1.9																
NORME :	NF EN ISO 3650:1999																
CAHIER DES CHARGES :	Étalon de référence du laboratoire																
CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	Valeurs gravées																
INSTRUCTIONS INTERNES :	Procédures d'étalonnages internes.																

Figure 3. Bague lisse [2]

	<table border="1"> <tr><td>NOM GÉNÉRIQUE</td><td>Bague lisse cylindrique</td></tr> <tr><td>MARQUE ou FABRICANT</td><td>BOWERS</td></tr> <tr><td>DESCRIPTION</td><td>Ø 8</td></tr> <tr><td>ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES</td><td>/</td></tr> <tr><td>NORME :</td><td>NF E 11-030 : 1994</td></tr> <tr><td>CAHIER DES CHARGES :</td><td>Surveillance du micromètre 3 touches</td></tr> <tr><td>CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :</td><td>Étalonnage du diamètre / 990 mm</td></tr> <tr><td>INSTRUCTIONS INTERNES :</td><td>Surveiller les marques d'usure.</td></tr> </table>	NOM GÉNÉRIQUE	Bague lisse cylindrique	MARQUE ou FABRICANT	BOWERS	DESCRIPTION	Ø 8	ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	/	NORME :	NF E 11-030 : 1994	CAHIER DES CHARGES :	Surveillance du micromètre 3 touches	CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	Étalonnage du diamètre / 990 mm	INSTRUCTIONS INTERNES :	Surveiller les marques d'usure.
NOM GÉNÉRIQUE	Bague lisse cylindrique																
MARQUE ou FABRICANT	BOWERS																
DESCRIPTION	Ø 8																
ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	/																
NORME :	NF E 11-030 : 1994																
CAHIER DES CHARGES :	Surveillance du micromètre 3 touches																
CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	Étalonnage du diamètre / 990 mm																
INSTRUCTIONS INTERNES :	Surveiller les marques d'usure.																

2.1.2 Cote variable

Ces appareils sont basés sur un principe simple : un palpeur mobile se déplace le long d'un axe de mesure jusqu'à entrer au contact de la pièce.

Ils sont généralement utilisés dans des mesures rapides sur place (au moment de la réception des pièces, dans l'atelier, ou dans la salle de métrologie) pour vérifier certaines cotes et s'assurer que la pièce reçue ou produite soit dans ses spécifications. Les plus usités sont le pied à coulisse et les micromètres (voir illustrations suivantes) :

Figure 4. Pied à coulisse [2]

	<table border="1"> <tr><td>NOM GÉNÉRIQUE</td><td>Pied à coulisse</td></tr> <tr><td>MARQUE ou FABRICANT</td><td>TESA</td></tr> <tr><td>DESCRIPTION</td><td>Standard 0-150 mm</td></tr> <tr><td>ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES</td><td>/</td></tr> <tr><td>NORME :</td><td>NF E 11-091 : 1998 Projet : PR NF EN ISO 13385-1</td></tr> <tr><td>CAHIER DES CHARGES :</td><td>Mesure avec intervalles de tolérance supérieurs à 0,15 mm</td></tr> <tr><td>CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :</td><td>Lecture à vernier, résolution 0,02 mm Frais de mesure dilatométriques par étalonnage (LMI) (erreurs maximales tolérées) selon la norme</td></tr> <tr><td>INSTRUCTIONS INTERNES :</td><td>Respect des bonnes pratiques.</td></tr> </table>	NOM GÉNÉRIQUE	Pied à coulisse	MARQUE ou FABRICANT	TESA	DESCRIPTION	Standard 0-150 mm	ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	/	NORME :	NF E 11-091 : 1998 Projet : PR NF EN ISO 13385-1	CAHIER DES CHARGES :	Mesure avec intervalles de tolérance supérieurs à 0,15 mm	CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	Lecture à vernier, résolution 0,02 mm Frais de mesure dilatométriques par étalonnage (LMI) (erreurs maximales tolérées) selon la norme	INSTRUCTIONS INTERNES :	Respect des bonnes pratiques.
NOM GÉNÉRIQUE	Pied à coulisse																
MARQUE ou FABRICANT	TESA																
DESCRIPTION	Standard 0-150 mm																
ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	/																
NORME :	NF E 11-091 : 1998 Projet : PR NF EN ISO 13385-1																
CAHIER DES CHARGES :	Mesure avec intervalles de tolérance supérieurs à 0,15 mm																
CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	Lecture à vernier, résolution 0,02 mm Frais de mesure dilatométriques par étalonnage (LMI) (erreurs maximales tolérées) selon la norme																
INSTRUCTIONS INTERNES :	Respect des bonnes pratiques.																

Figure 5. Micromètre d'extérieur [2]


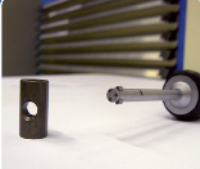
	<table border="1"> <tr><td>NOM GÉNÉRIQUE</td><td>Micromètre d'extérieur</td></tr> <tr><td>MARQUE ou FABRICANT</td><td>ROCH</td></tr> <tr><td>DESCRIPTION</td><td>0-25 mm à touches mobiles</td></tr> <tr><td>ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES</td><td>4 jeux de touches pour mesure de filetages</td></tr> <tr><td>NORME :</td><td>NF E 11-095 : 1993 NF E 11-090 : 1993 exécutions spéciales</td></tr> <tr><td>CAHIER DES CHARGES :</td><td>Conformité des profils de vis normalisés (de M6 à M20)</td></tr> <tr><td>CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :</td><td>Lecture à vernier, résolution 0,01 mm</td></tr> <tr><td>INSTRUCTIONS INTERNES :</td><td>Utiliser les tampons étalons pour la calibration sur chaque profil de filetage. Conformité aux limites de spécifications des filetages selon les tableaux normalisés.</td></tr> </table>	NOM GÉNÉRIQUE	Micromètre d'extérieur	MARQUE ou FABRICANT	ROCH	DESCRIPTION	0-25 mm à touches mobiles	ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	4 jeux de touches pour mesure de filetages	NORME :	NF E 11-095 : 1993 NF E 11-090 : 1993 exécutions spéciales	CAHIER DES CHARGES :	Conformité des profils de vis normalisés (de M6 à M20)	CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	Lecture à vernier, résolution 0,01 mm	INSTRUCTIONS INTERNES :	Utiliser les tampons étalons pour la calibration sur chaque profil de filetage. Conformité aux limites de spécifications des filetages selon les tableaux normalisés.
NOM GÉNÉRIQUE	Micromètre d'extérieur																
MARQUE ou FABRICANT	ROCH																
DESCRIPTION	0-25 mm à touches mobiles																
ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	4 jeux de touches pour mesure de filetages																
NORME :	NF E 11-095 : 1993 NF E 11-090 : 1993 exécutions spéciales																
CAHIER DES CHARGES :	Conformité des profils de vis normalisés (de M6 à M20)																
CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	Lecture à vernier, résolution 0,01 mm																
INSTRUCTIONS INTERNES :	Utiliser les tampons étalons pour la calibration sur chaque profil de filetage. Conformité aux limites de spécifications des filetages selon les tableaux normalisés.																

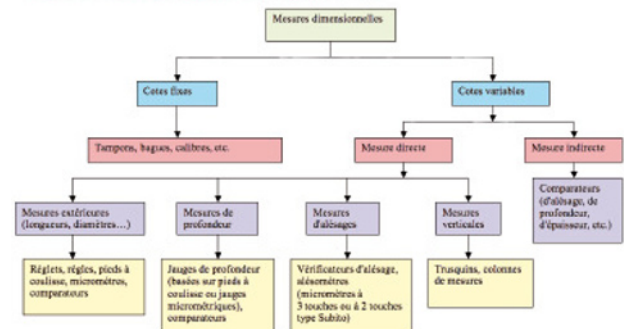
Figure 6. Micromètre 3 touches dit « alésomètre » [2]

	<table border="1"> <tr><td>NOM GÉNÉRIQUE</td><td>Micromètre 3 touches « alésomètre »</td></tr> <tr><td>MARQUE ou FABRICANT</td><td>BOWERS</td></tr> <tr><td>DESCRIPTION</td><td>Diamètres 6-8 mm</td></tr> <tr><td>ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES</td><td>Bague lisse pour surveillance de l'axeur de justesse</td></tr> <tr><td>NORME :</td><td>NF E 11-099 : 1993</td></tr> <tr><td>CAHIER DES CHARGES :</td><td>Mesure des diamètres d'alésages dans la plage 6-8 mm</td></tr> <tr><td>CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :</td><td>Lecture à vernier, résolution 0,02 mm</td></tr> <tr><td>INSTRUCTIONS INTERNES :</td><td>Respect des bonnes pratiques.</td></tr> </table>	NOM GÉNÉRIQUE	Micromètre 3 touches « alésomètre »	MARQUE ou FABRICANT	BOWERS	DESCRIPTION	Diamètres 6-8 mm	ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	Bague lisse pour surveillance de l'axeur de justesse	NORME :	NF E 11-099 : 1993	CAHIER DES CHARGES :	Mesure des diamètres d'alésages dans la plage 6-8 mm	CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	Lecture à vernier, résolution 0,02 mm	INSTRUCTIONS INTERNES :	Respect des bonnes pratiques.
NOM GÉNÉRIQUE	Micromètre 3 touches « alésomètre »																
MARQUE ou FABRICANT	BOWERS																
DESCRIPTION	Diamètres 6-8 mm																
ACCESSOIRES ou ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES	Bague lisse pour surveillance de l'axeur de justesse																
NORME :	NF E 11-099 : 1993																
CAHIER DES CHARGES :	Mesure des diamètres d'alésages dans la plage 6-8 mm																
CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES :	Lecture à vernier, résolution 0,02 mm																
INSTRUCTIONS INTERNES :	Respect des bonnes pratiques.																

L'illustration ci-dessous, issue de la revue MESURES 813 de mars 2009, par Marie-Line Zani-Demange, montre parfaitement les questions à se poser sur le choix de l'appareil dimensionnel (cote fixe ou variable) [3] :

Figure 7. Comment choisir son appareil ? [3]

Comment choisir son appareil ?



2.2 Moyens de mesure 3D

Les moyens de mesure classiques sont aujourd'hui complétés par les techniques de mesure tridimensionnelles qui permettent d'accéder à la géométrie des pièces complexes avec une grande précision et une grande rapidité.

Elles se distinguent en 2 catégories selon le type de capteur : à contact ou sans contact.

2.2.1 Métrologie tridimensionnelle à contact

Ces appareils sont basés sur un système de palpation vis-à-vis d'une pièce à mesurer :

- la machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) est constituée en général de trois axes de mesure montés en série, un palpeur est fixé à l'extrémité du dernier axe. Il est alors possible de relever les trois déplacements du palpeur et par suite de déduire après calcul les trois coordonnées x,y,z du point de contact entre le palpeur et la surface à mesurer (géométrie de pièce). Il a 4 composants principaux : le corps de la machine incluant le lit de mesure, le capteur de mesure, le système de commande ou de calcul et le logiciel de mesure. Cependant, leur caractère fixe implique que la pièce à mesurer soit d'une part transportée jusqu'à la MMT (généralement dans une pièce à température régulée) et d'autre part, que la pièce ne soit pas trop volumineuse.

Figure 8. Système de mesure 3D de pièces sans contact – MITUTOYO [4]



- la technologie des MMT a considérablement évolué. Il existe des MMT portables présentant les mêmes avantages que les MMT traditionnelles tout en apportant de la souplesse : elles sont légères donc transportables sur site avec des résultats très précis, supportent des environnements variés comme dans le milieu nucléaire. IL existe 2 types de MMT portables : les bras de mesure poly-articulés (appelés ainsi car ils ont généralement 6 ou 7 axes de rotation, assurant ainsi des orientations très variées) et les laser tracker (ces derniers étant une technologie sans contact que nous allons décrire plus loin).

Figure 9. Bras de mesure – FARO [5]



2.2.2 Métrologie tridimensionnelle sans contact [6]

Elle regroupe toutes les méthodes de mesure 3D utilisant l'optique. On y trouve essentiellement toutes les méthodes issues de la photogrammétrie (technique qui permet d'exécuter des mesures spatiales à partir de photos ou d'autres images numériques) et la géodésie (science qui étudie les dimensions et la forme de la Terre, ainsi que son champ de pesanteur) : les théodolites, les tachéomètres, les lasers de poursuite, les scanners laser et toutes les méthodes qui en sont dérivées.

Pendant de nombreuses années, l'utilisation des théodolites, des tachéomètres et de la photogrammétrie

conventionnelle (support argentique) était réservée uniquement à la géodésie et la cartographie. La raison principale est que les résultats de mesure n'étaient pas immédiats et nécessitaient donc des calculs géométriques lourds.

Grâce à la révolution de l'électronique et de l'informatique dans les années 1970 et surtout dans les années 1980, on a vu arriver sur le marché du premier système de mesures 3D théodolites par intersection spatiale (RMS 2000 de WILD/LEITZ), suivie de quelques années après, des systèmes théodolites par intersection spatiale «calcul par compensation de faisceau» (ECDS). En parallèle, la photogrammétrie a évolué : partie de la photogrammétrie stéréoscopique équipée de film argentique (dédiée à la cartographie), elle a progressé pour arriver à des systèmes d'acquisition dits multi positions (avec calcul par compensation de faisceau) et, ensuite pour un superbe passage au numérique (système fort utilisé dans l'aéronautique dans les années 1990/2000) (système de mesures GSI capteur CRC2 argentiques capteurs DCS et INCA).

Dans les années 1990, arrive sur le marché des théodolites informatisés, équipés de distancemètre dédié à l'industrie (système dit STATION TOTAL de type TC2002 de LEICA, méthode de calcul des coordonnées par rayonnement (angle/distance). Aujourd'hui, nous en sommes même à des stations totales motorisées (avec suivi du prisme).

De plus, la fin des années 1990 / début année 2000 a vu apparaître :

-l'arrivée des lasers tracker (pour l'industrie aéronautique...) système LEICA, FARO...

-l'arrivée des bras de mesure 6 axes (FARO, ROMER, CIMCORE...) pour le contrôle 3D de pièces de taille moyenne (contrôle in situ).

Ces différents systèmes ont détrôné les systèmes de mesures par théodolite (beaucoup plus lourd de mise en œuvre...).

-le développement des scanners manuels (type HANDY SCAN) ou de scanner embarqué en bout de bras de mesure 6 axes ou repositionnable avec un laser tracker.

Certains scanners permettent même la modélisation de cellule (ou salle) complète.

➤ **Théodolite :**

Il intègre 2 codeurs angulaires placés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre. Il est utilisé pour mesurer des angles dans les plans horizontal et vertical et par le principe de triangulation, obtenir les coordonnées d'un point (nécessité d'avoir au moins 2 stations différentes : plusieurs positions pour un même instrument ou plusieurs instruments placés de part et d'autre du point).

Figure 10. théodolite – LEICA [7]



➤ **Tachéomètre :**

Les tachéomètres (ou station totale) sont des théodolites qui intègrent un distancemètre dans la lunette de visée. L'avantage par rapport au théodolite, c'est qu'il est capable de fournir seul les coordonnées 3D d'un point

Figure 11. Tachéomètre– LEICA [7]



➤ **Laser tracker (Laser de poursuite):**

Ce sont des tachéomètres intégrant un interféromètre, en plus du distancemètre. L'appareil envoie un faisceau laser vers une cible rétro réfléchissante maintenue contre l'objet à mesurer. La lumière est réfléchiée par la cible et le retour du signal lumineux permet d'obtenir la distance parcourue par le laser.

L'avantage par rapport au tachéomètre est sa rapidité de mesure avec une meilleure précision.

Figure 12. Laser Tracker – LEICA [7]



➤ **Laser scanner :**

Il repose soit sur le principe de la triangulation soit sur la mesure polaire. Il permet de faire l'acquisition de

points très importants dans un temps très court (de 100 points par seconde à 1000 points/seconde !).

Ils sont souvent associés au bras poly-articulés ou au laser tracker.

Ils sont très souvent utilisés pour des pièces souples, déformables et complexes (exemple de pièces imbriquées les unes sur les autres et non démontables) sans jamais entrer en contact avec la pièce.

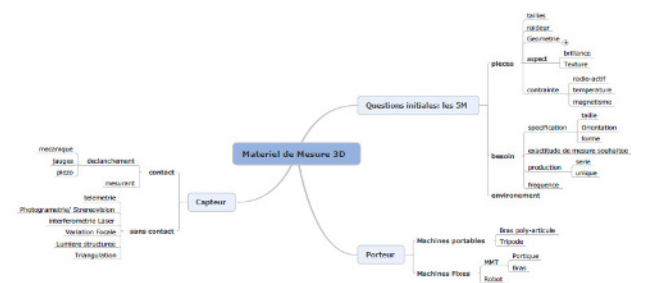
Figure 13. Laser scanner – RIEGL [8]



L'ensemble de ces systèmes (voir récapitulatif sur la figure 14, issue du groupe de travail « Technologie 3D » IMQ/CFM) a été développé pour répondre au besoin de contrôle 3D in situ. Leur souplesse leur a même permis d'être intégrés en bout de chaîne de production.

Le choix entre ses différents systèmes est directement lié à des différents paramètres que nous allons voir dans le chapitre suivant.

Figure 14. Laser scanner – RIEGL [9]



3 Critères de choix de l'outil de mesure tridimensionnelle

Aussi simple qu'il parait, le choix d'un outil de mesure tridimensionnelle est en réalité une étape très complexe. Beaucoup de critères sont à considérer et le piège de la polyvalence est à éviter. En effet, à première vue, tout équipement 3D peut convenir au besoin mais il n'en est rien. Selon l'utilisation, il sera préférable de s'orienter vers une technologie ou une autre.

3.1 La taille des pièces à mesurer

La première question à se poser est « Quel est le volume que je souhaite couvrir ? » Il est aussi important d'estimer le volume de mesure utile. En effet, l'encombrement ne

doit pas être simplement celui de la taille de la pièce. Il doit être jugé de sorte à ce que des mesures à l'intérieur et autour de la pièce soient possibles.

3.2 La taille des pièces à mesurer

Le type de pièce à contrôler permettra avant tout de faire un choix entre les méthodes à contact et les méthodes sans contact (pièces fragiles, déformables, brillantes, mates...)

Concernant les spécifications, certains outils seront plus appropriés que d'autres pour la mesure de tolérances de forme, d'orientation ou de position.

De manière générale, lorsque la position ou la taille d'un élément importe plus que sa forme, on privilégie le contact.

Une pré-étude sur la géométrie des pièces (simple/complexe) est à réaliser pour choisir au mieux la machine adaptée aux éléments que l'on mesure.

3.3 Le type d'application ou d'inspection

Idealement, l'outil choisi doit pouvoir s'adapter à un nombre maximal d'applications (lieu, conditions d'utilisation, contrôle unique, en série...).

Il est nécessaire de clairement cibler son besoin et les conditions d'utilisation qui influera l'utilisation de la machine

3.4 La justesse

Ramené à la même échelle de temps de mesure, le palpé à contact est de loin la méthode la plus juste.

Ainsi, même si les nouvelles technologies sans contact gagnent du terrain de jour en jour, les machines à mesurer tridimensionnelle fixes traditionnelles sont théoriquement en tête d'affiche.

3.5 La vitesse

Ce paramètre est parfois prépondérant. Si l'objectif est de mesurer vite en accordant moins d'importance à l'erreur de mesure alors un outil sans contact est souvent privilégié. Outre les zones d'ombres ou les réflexions parasites, les méthodes sans contact permettent de contrôler à grande vitesse tous types de surfaces et de matériaux. A l'opposé, avec des palpeurs mesurant il faudra s'armer davantage de patience pour couvrir des grandes surfaces mais le résultat sera bien meilleur.

En résumé, la durée de la mesure étant proportionnelle à la taille des pièces, il y a toujours un compromis entre la vitesse de mesure et la justesse.

3.6 Le budget

Enfin, élément incontournable, le budget dont on dispose peut être une bride à l'acquisition du matériel souhaité. En faisant quelques compromis, il y a toujours moyen de trouver une solution qui réponde aux attentes. Mais cet investissement peut être très lourd en terme d'achat

(machine, palpeurs, logiciel), en terme de fonctionnement (formation du personnel), en terme d'entretien (étalonnage, vérification, maintenance, etc...), en terme d'infrastructure (les locaux doivent supporter l'arrivée d'un moyen). Il convient alors d'avoir mesuré la nécessité d'acquérir du matériel ainsi que le retour sur investissement prévu.

Le budget doit aussi tenir compte des investissements en outillages divers et systèmes de maintien de pièces, palettisation de la machine, programmes ou gammes de mesure fournies.

4 Conclusion

Malgré le grand choix d'équipements de mesure de qualité, les MMT portables gagnent en popularité car elles permettent aux entreprises d'obtenir des résultats avec la précision requise, de gagner en flexibilité et de les utiliser dans des configurations spécifiques (milieu hostile type nucléaire, pièce en mouvement...).

Par ailleurs, l'utilisation de robots industriels standards intégrant un scanner laser permet une automatisation des tâches de prise de mesures et le développement de l'application de la tomographie en industrie (comparable à la radiographie et utilisant les rayons X) qui permet une inspection en 3 dimensions de l'intérieur d'une pièce (fissure, défauts de jointure, Visualisation de l'intérieur d'un montage de pièces assemblées...).

Le choix ne fait donc que s'agrandir !

References

- [1] X07-001 : 2011, Vocabulaire international de métrologie - Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)
- [2] IMQ, Guide pratique de la métrologie à l'atelier (Lexitis Editions, Paris, 2011)
- [3] Marie-Line Zani-Demange, Guide d'achat : Les petits instruments de mesure dimensionnels (Mesures n°813, mars 2009)
- [4] image prise sur le site Internet <http://www.directindustry.fr/prod/mitutoyo/systemes-de-mesure-3d-de-pieces-sans-contact-4906-1101397.html>
- [5] image prise sur le site Internet de FARO www.faro.com/fr
- [6] MARTIN-RABAUD Alain, Mesures tridimensionnelles par procédés optiques (AFNOR, juin 2004)
- [7] image prise sur le site Internet de LEICA www.leica-geosystems.fr
- [8] image prise sur le site Internet de RIEGL www.riegl.com
- [9] IMQ/CFM, Matériel de Mesure 3D Map (Groupe de travail « Technologie 3D », mai 2013)