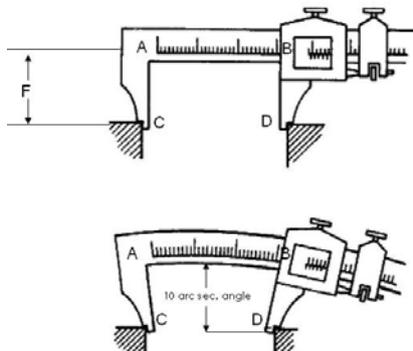


# Outils manuels comparés aux machines de mesure tridimensionnelles (MMT) portatives

Les instruments de mesure tenus à la main ont toujours été très appréciés des opérateurs, des inspecteurs du contrôle de la qualité et des ingénieurs. Ces instruments sont utilisés depuis plusieurs décennies, sont bien connus de leurs utilisateurs et ont donné des résultats éprouvés pendant de nombreuses années. Il existe cependant des problèmes propres à ces produits.



Angle de 10 secondes d'arc

Par exemple, le pied à coulisse, l'un des instruments portatifs les plus utilisés, n'est pas exempt d'erreurs de mesure dues au phénomène appelé le « principe Abbé ».<sup>1</sup> Ce principe affirme qu'à moins que l'objet de la mesure soit aligné parfaitement le long de l'axe des pieds à coulisse, il se forme un angle dû à cet instrument qui est source d'erreurs. Il est cependant possible d'évaluer cette erreur. Examiner le cas exposé à la figure 1, à droite.

Les pieds à coulisse indiquent une valeur mesurée sur la base de la distance AB. La mesure est, en réalité, CD en longueur. La différence entre AB et CD est l'erreur Abbé ou « E ». Il est possible de la calculer comme suit :  $AB - CD = E = F \tan(\beta)$  où F est la distance de compensation entre les segments AB et CD et  $\beta$  l'angle qui en résulte. ( $\beta = 10$  secondes d'arc dans la figure 1 ci-dessus). Pour simplifier le calcul,  $\tan(\beta)$  peut être approximé par  $\beta$ , étant donné que la valeur  $\tan(\beta) \approx \beta$  pour de petits angles. En mesurant en unités de radians, il est possible de profiter du fait que  $4,8 \mu\text{M}/\text{M}$  est presque égal à une valeur d'1 arc par seconde.

L'exemple ci-dessus montre qu'il y aura approximativement  $48 \mu\text{M}$  d'erreur due uniquement à l'erreur Abbé. L'erreur Abbé est due à la déviation des pieds à coulisse et résulte dans une mesure qui est plus grande que la valeur de la longueur de la pièce en question.

Une autre considération concernant les pieds à coulisse est en rapport avec l'accumulation des erreurs qui se produisent dans leurs spécifications. Pour passer avec succès le calibrage, un pied à coulisse à cadran d'une résolution de 0,001 pouce doit être précis dans l'espace de 0,001 pouce pour des mesures de la longueur et n'autorise pas plus de 0,001 pouce d'erreur de parallélisme. Mais la mesure d'une pièce de grande dimension peut être affectée par ces deux erreurs. Dans un tel cas, l'erreur possible est égale à  $\pm 0,002$  pouce.<sup>2</sup>

Vu les problèmes inhérents aux pieds à coulisse, les micromètres continuent d'être une solution très prisée. En particulier, les micro-

mètres permettent d'éviter l'erreur Abbé en alignant la vis et le tambour gradué du micromètre sur la longueur en cours de mesure. En termes mathématiques, étant donné que le décalage, F, est zéro, on a  $F(\beta) = 0(\beta) = 0$ . Des micromètres sont cependant toujours sujets à des erreurs au niveau du filet du tambour. Ces erreurs s'accroissent sur la distance parcourue.

En particulier, deux sources d'erreur dues aux filets d'un micromètre sont des vacillements du filet dus à la rotation, souvent qualifiés de « filets à pas irrégulier », et une pente dans les filets entraînant un accouplement imparfait des filets mâle et femelle intégrés, des « jeux de filetage ».<sup>3</sup> De telles erreurs sont dues à la nature du design de ces micromètres impliquant la nécessité de disposer de plusieurs kits de micromètres de différentes tailles et dont le calibrage est onéreux afin de pouvoir les utiliser dans différentes conditions. Cela n'empêche pas qu'ils ne peuvent pas bien mesurer certaines valeurs telles que les diamètres intérieurs.

Les micromètres font également l'objet d'erreurs de mesure commises par leurs utilisateurs, eux-mêmes. Lorsque l'instrument est trop serré, le micromètre ou l'objet de la mesure peut être déformé, parfois de façon permanente<sup>4</sup>. La touche fixe et la tige peuvent s'user perdant leur parallélisme l'une par rapport à l'autre. Ces deux problèmes peuvent avoir un effet défavorable sur les mesures.

Pour finir, les facteurs environnementaux peuvent également affecter la précision des micromètres. Les changements de température ne provoquent pas uniquement une dilatation et une contraction de l'instrument (et de l'objet de la mesure), mais des cycles de température qui varient en permanence vers le haut ou vers le bas modifient la longueur de la tige et de la touche fixe du micromètre et même la nature des filets. Cela est dû à une relaxation des contraintes dans le métal au moment de la fabrication.

## LES MMT PORTATIVES

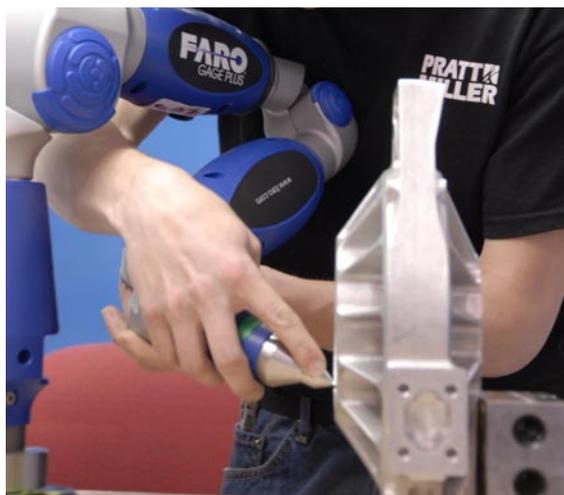
Vu les progrès techniques apportés aux matériels et aux logiciels, les MMT portatives ont été mises au point pour résoudre certains de ces problèmes de précision. Certains instruments présentent une précision à partir de seulement 5 microns, une répétitivité de six microns. Ils ne pèsent pas plus de dix kilogrammes voire moins et peuvent être utilisés à volonté dans tout l'atelier. En utilisant un palpeur dur ou à déclencheur d'un diamètre connu, les points sont enregistrés dès que le palpeur touche la surface de la caractéristique en question. Étant donné que le diamètre du palpeur est connu avec grande précision, le logiciel permet de compenser le diamètre du palpeur et enregistre la position du centre du palpeur. Il est possible de cette manière de relever des points jusqu'à ce que le logiciel ait réuni suffisamment de données pour calculer les longueurs, les diamètres, les angles et d'autres propriétés géométriques.

Le logiciel permet également de calculer des dimensions à partir des valeurs mesurées et calculées. Certains packs de logiciels disposent même d'une fonctionnalité GD&T (contrôle des tolérances géométriques et dimensionnelles) permettant à l'utilisateur de réduire de 80 à 90 % le temps passé à inspecter une pièce. Il est toujours possible d'importer des modèles de CAO et de les comparer aux données de mesure.

En ce qui concerne les pièces fabriquées en grand nombre ou

qui nécessitent une inspection par plusieurs utilisateurs, comme c'est souvent le cas dans un environnement à plusieurs équipes, il est possible de documenter et de mémoriser les routines. Cela permet de réduire les variations dues au changement d'utilisateur et de gagner

du temps étant donné qu'il est possible d'utiliser aussi souvent que nécessaire les routines. Il est possible de mémoriser et de consigner électroniquement les résultats ou de les imprimer dans un format qui répond aux exigences des clients et des normes ISO.



## CONCLUSION

Les outils portatifs garantissent depuis plus d'un siècle des résultats de mesure fiables et rapides aussi bien pour les opérateurs que pour les fabricants. Toutefois, étant donné que les pièces et les produits sont de plus en plus perfectionnés, les erreurs inhérentes associées à ces outils portatifs deviennent de moins en moins acceptables. L'apparition des MMT portatives qui garantissent une plus grande précision, une documentation plus facile et la reproductibilité des résultats, répondent aux besoins du marché tout en réduisant les coûts récurrents d'un calibrage périodique des outils utilisés à la main.



## RÉFÉRENCES :

1. [HTTP://WWW.ENGR.SJSU.EDU/BJFURMAN/COURSES/ME250/ME250PDF/ERRORS.PDF](http://www.engr.sjsu.edu/bjfurman/courses/me250/me250pdf/errors.pdf)
2. [HTTP://WWW.MMSONLINE.COM/ARTICLES/030302.HTML](http://www.mmsonline.com/articles/030302.html)
3. [HTTP://WWW.MMSONLINE.COM/ARTICLES/030302.HTML](http://www.mmsonline.com/articles/030302.html)
4. [HTTP://WWW.MMSONLINE.COM/ARTICLES/030302.HTML](http://www.mmsonline.com/articles/030302.html)

FARO et le logo FARO sont des marques déposées de FARO Technologies, Inc. © 2008 FARO Technologies, Inc.  
Tous droits réservés. 04REF707-017.pdf Créé : 26/01/09



FARO FRANCE  
Paris Nord 2, 9, rue des trois soeurs  
BP 65110 Villepinte  
95975 Roissy CDG Cedex

+33 (0) 148 63 89 00  
+33 (0) 148 63 89 09  
france@farourope.com