



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT

Monsieur Nabil HABIBI

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Sciences de l'ingénieur

Spécialité : Génie Mécanique

Le Samedi 12 Octobre 2024 à 10h au Grand Amphi de l'ENSAM de Rabat

Intitulé de la thèse

CONTRIBUTION À L'ESTIMATION DES INCERTITUDES DES GAMMES DE MESURE SUR UNE MACHINE À MESURER TRIDIMENSIONNELLE

Président :

Pr. Khalid El BIKRI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Abdelilah JALID, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Co- Directeur de thèse :

Pr. Abdelouahhab SALIH, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Mohammed RADOUANI, PES, ENSAM, Université Moulay Ismail, Meknès

Pr. Abdelhak NAFI, MCH, ENSAM, Université Moulay Ismail, Meknès

Pr. Lhoucine BOUTAHAR, MCH, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Examineurs :

Pr. Mohamed Zeriab ES-SADEK, MCH, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Mohammed OUBREK, MCH, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat



Résumé: Les machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) sont des équipements de contrôle omniprésents dans le secteur industriel, offrant une précision remarquable pour le contrôle des spécifications géométriques et dimensionnelles des pièces mécaniques. Ces dispositifs permettent une évaluation rigoureuse, essentielle pour garantir la conformité des produits manufacturés aux normes en vigueur. Pour être en conformité avec les standards établis, il est impératif de suivre une gamme de mesure spécifique, constituée de plusieurs étapes successives. Chacune de ces étapes est soumise à une propagation des incertitudes, dont l'estimation précise est cruciale pour éviter des déclarations de conformité erronées. C'est dans ce contexte que notre étude s'inscrit.

Nous avons élaboré un modèle conforme à la norme GPS, permettant de calculer les divers défauts géométriques et d'estimer les incertitudes associées. Ce modèle intègre ces incertitudes dans le processus de déclaration de conformité. Notre contribution repose sur une modélisation matricielle détaillant la propagation des incertitudes à travers les différentes phases de la gamme de mesure, conformément aux principes du GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement). Cette approche nous permet d'assurer une déclaration de conformité en tenant compte de l'incertitude, tel que le préconise la norme ISO 98-4. Le modèle d'estimation de l'incertitude associée a été validé par des simulations de Monte Carlo, une méthode robuste permettant de vérifier la fiabilité des estimations incertaines. Par la suite, nous avons procédé à des comparaisons inter-laboratoires conformément à la norme ISO 13528, afin de garantir la cohérence et la fiabilité des résultats obtenus.

Ce modèle d'estimation de l'incertitude peut être largement utilisé par les industriels et les laboratoires accrédités ISO 17025, ou de manière plus générale pour le contrôle des spécifications géométriques des pièces mécaniques sur MMT. Il offre un cadre méthodologique rigoureux et normatif pour assurer la qualité et la conformité des mesures, contribuant ainsi à l'amélioration continue des processus de contrôle dimensionnel dans l'industrie. Notre étude apporte une contribution significative en fournissant une solution fiable pour la gestion des incertitudes de mesure, essentielle pour le maintien de standards de qualité élevés dans la production industrielle.

Mots-clés: Etalonnage des MMT, Gamme de mesure sur MMT, Incertitudes GUM, ISO 17025, ISO 13528, Machine à Mesurer Tridimensionnelle (MMT), Simulation de Monte Carlo, Spécification géométrique des produits (GPS).



Abstract: Three-dimensional measuring machines (CMMs) are ubiquitous control equipment in the industrial sector, offering remarkable precision for the verification of geometric and dimensional specifications of mechanical parts. These devices enable rigorous and detailed assessments, essential for ensuring the compliance of manufactured products with prevailing standards. To comply with established standards, it is imperative to follow a specific measurement procedure, consisting of several successive steps. Each of these steps is subject to uncertainty propagation, the precise estimation of which is crucial to avoid erroneous conformity declarations. This is the context of our study.

We have developed a model compliant with the GPS standard, allowing the calculation of various geometric defects and the estimation of associated uncertainties, integrating these uncertainties into the conformity declaration process. Our contribution relies on a matrix modeling approach detailing the propagation of uncertainties through the different phases of the measurement procedure, following the principles of the GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement). This approach enables us to ensure a conformity declaration that accounts for uncertainty, as recommended by ISO 98-4. The uncertainty estimation model has been validated through Monte Carlo simulations, a robust method for verifying the reliability of uncertain estimates. Subsequently, we conducted inter-laboratory comparisons following ISO 13528 to ensure the consistency and reliability of the obtained results.

This uncertainty estimation model can be widely used by industries and ISO 17025 accredited laboratories, or more generally, for the control of geometric specifications of mechanical parts on CMMs. It offers a rigorous and normative methodological framework to ensure the quality and compliance of measurements, thereby contributing to the continuous improvement of dimensional control processes in the industry. Our study makes a significant contribution by providing a reliable solution for managing measurement uncertainties, essential for maintaining high-quality standards in industrial production.

Keywords: Calibration of CMM, Measurement Strategy on CMM, Uncertainties GUM, ISO 17025, ISO 13528, Coordinate Measuring Machine (CMM), Monte Carlo simulation, Geometrical Product Specifications (GPS).