

Année universitaire 2023-2024
Sujet de Stage de Master 2 de 5 à 6 mois

ConcEption et mise au point d'une sTRucture d'ALignement de précision pour la meSure sur Machine-outils 5 axes (CENTRALISM)

Mots clés :

Conception ; Mesure *in situ* ; MOCN 5 axes ; instrumentation ; alignement ; précision

I. Contexte :

Les Machines-Outils (MOs) sont des moyens de production couramment utilisés dans l'industrie manufacturière. Leur marché international (production et exploitation) est en nette augmentation depuis les deux dernières décennies. Le contexte de forte concurrence a fait émerger de nouvelles structures dites multi-fonctionnelles qui assurent à l'utilisateur une grande diversité d'opérations possibles sur le même moyen de production en alliant productivité et qualité des entités géométriques fabriquées. Par conséquent, la complexité des pièces produites sur ce genre de moyens a fortement augmenté avec des gains en coûts, qualité et temps de production.

Malgré un besoin industriel international clairement exprimé, ce nuancier de MOs disponibles sur le marché n'a pas encore, à ce jour, la capacité de tenir des niveaux d'exactitude souhaitée ($<10 \mu\text{m}$) sur l'ensemble de son volume de travail. En fonction de la cinématique machine et de la configuration d'usinage, l'écart maximal dans le volume appelé exactitude volumétrique est actuellement de plusieurs dixièmes de millimètre, voire du millimètre dans les cas extrêmes.

Une condition préalable pour améliorer de manière significative les processus de fabrication est l'incorporation de la métrologie dimensionnelle traçable directement sur les MOs (i.e. raccordée à la définition du mètre SI). Le projet a pour finalité l'amélioration de la qualité des pièces usinées directement dans l'atelier par contrôle métrologique intermédiaire de la pièce *in situ* (i.e. directement sur le moyen de fabrication).

II. Problématique scientifique et objectifs et méthodologie inhérents :

Dans le cadre du projet [ANR JCJC INTEGRATION](#), un système mesurant a été développé pour caractériser des erreurs géométriques d'axes de rotation d'une machines-outils 5-axes. L'axe étudié en premier lieu est une table rotative d'une machine. Le système consiste en :

- Un système de mise en position d'un cylindre de haute précision sur la table, respectivement Datum Cylinder et Rotary Table illustré en Figure 1.
- Un système permettant l'alignement de l'axe du cylindre avec l'axe de la table rotative (Linear alignement device sur la Figure 1)
- Un support de capteurs capacitifs (Radial ou axial sensors, Figure 1) monté en broche permettant une mesure *in situ*, du dit cylindre par rotation de ce dernier ou rotation de la table rotative de la machine, respectivement rotation stage et rotary table sur la Figure 1.

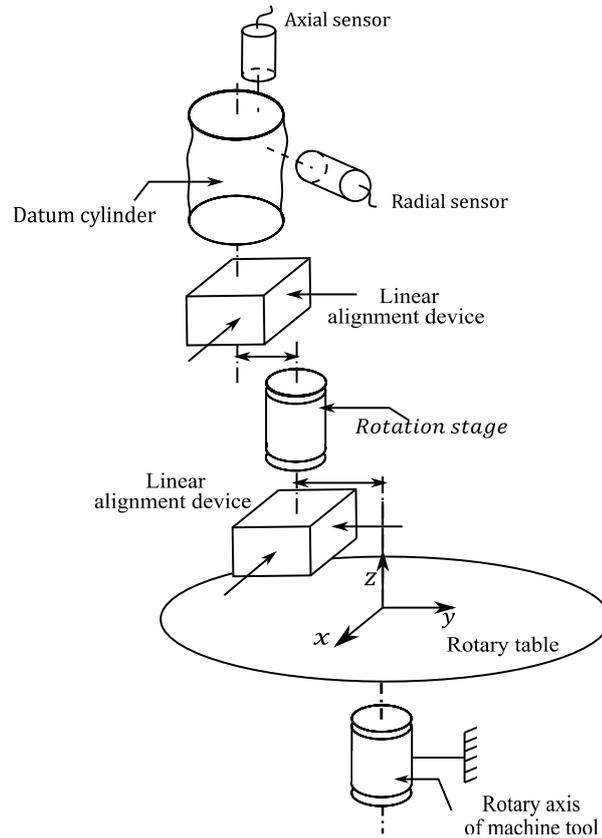


Figure 1 : Cinématique du système de mesure.

III. Objectifs scientifiques et opérationnels inhérents de la problématique :

Le système a actuellement fait ses preuves sur des axes de rotation verticaux. La volonté actuelle est d'adapter l'architecture mesurante à une configuration de mesure horizontale permettant une caractérisation des berceaux de machines ou broches horizontales.

Les contraintes supplémentaires à prendre en compte dans cette nouvelle configuration sont :

- Architecture utilisée dans une orientation horizontale soumise à la flexion et au poids propre des éléments
- Alignement micrométrique du cylindre étalon avec l'axe étudié de la machine, incluant la position et l'orientation. Actuellement faite à la main à l'aide de vis micrométrique, l'objectif désormais est d'envisager un déplacement automatique via des actionneurs.

Le stagiaire aura donc pour objectif :

- Se familiariser avec la démarche de mesure actuellement faite et la procédure d'alignement actuelle
- De concevoir une architecture nouvelle permettant le basculement en orientation horizontale des éléments montés :
 - o Sur la table
 - o En broche (i.e. le support des capteurs)
- D'investiguer sur des solutions technologiques de déplacements micrométriques automatiques
- La mise en position et maintien en position des éléments une fois le réglage réalisé
- De prendre en compte les contraintes associées à :
 - o L'environnement de machines-outils
 - o La pesanteur
 - o La cinématique de la structure
 - o L'encombrement à minimiser

IV. Connaissances et compétences attendues ou développées durant le stage par le stagiaire :

- Définition d'un cahier des charges fonctionnel
- Analyse fonctionnelle technique
- Etat de l'art de solution de réglage micrométrique automatique
- Conception mécanique
- Dimensionnement de système mécanique
- Mise au point d'une interface homme machine (IHM) permettant le pilotage des systèmes automatiques d'alignement.
- Utilisation autonome du modeleur 3D Catia V5

V. Détails pratiques

- Tuteur universitaire :

Fabien VIPREY

Maître de Conférences

Dr. Agrégé de Génie Mécanique

☎ +33 (0)3 85 595 358

📞 +33 (0)6 86 075 807

📧 fabien.viprey@ensam.eu

📍 École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

13, rue Porte de Paris, CS 80002, F-71250 CLUNY Cedex

Gérard POULACHON

Professeur des Universités

Dr. Agrégé de Génie Mécanique

📧 gerard.poulachon@ensam.eu

📍 École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

13, rue Porte de Paris, CS 80002, F-71250 CLUNY Cedex

- Informations pratiques :

- Lieu d'exercice du stage de Master : [ENSAM campus de Cluny \(71250\)](#) situé en région Bourgogne à 400 km de Paris
- Indemnisation : une indemnisation mensuelle du stage de master est prévue à hauteur de 4,05 €/heures de stage.
- Hébergement : un logement en résidence universitaire est envisageable sur place.
- Restauration : un restaurant universitaire permet la restauration midi et soir pour un montant de 3,25 €
- Venue depuis Paris :
 - En train : Paris Gare de Lyon -> Mâcon Loché (1h45 de TGV via la [SNCF](#)) + 20 minutes de bus (2 € via la compagnie [Mobigo](#), ligne LR701)
 - [En voiture](#) : Le campus de Cluny est situé à 4h de Paris (289 km) via l'autoroute A6