

Sujet de stage Master Recherche

Analyse ergonomique et cognitive de l'usage de la réalité augmentée pour une solution de parachèvement innovant développé par PolyFlyx

Contexte :

Le parachèvement de pièces industrielles lourdes (supérieures à 30 kg), issues de procédés tels que le forgeage, la fonderie ou la chaudronnerie, repose historiquement sur des opérations manuelles de meulage. Ces postes de travail sont particulièrement pénibles : bruit, poussières, vibrations, postures contraignantes et longues durées d'exposition. Ils sont à l'origine de nombreux troubles musculosquelettiques et accidents du travail, rendant leur attractivité faible et leur recrutement difficile. Pourtant, ces opérations sont indispensables à la livraison des pièces aux clients, et deviennent souvent des goulets d'étranglement dans la chaîne de production.

Innovation :

La société PolyFlyx propose une solution innovante de parachèvement assisté par réalité augmentée. L'opérateur scanne la pièce à l'aide d'une tablette, identifie les zones à traiter, et annote l'image avec des informations métier (type de défaut, amplitude, etc.). Ces données permettent de programmer automatiquement un robot qui réalise le meulage dans une zone dédiée, sans intervention humaine.

Ce système introduit une séparation entre :

- Zone blanche : collecte d'informations par l'opérateur dans un environnement sécurisé.
- Zone grise : exécution du parachèvement par le robot, sans présence humaine.

L'opérateur conserve un rôle central : il mobilise son expertise métier pour identifier les défauts, il contrôle les résultats obtenus, et il peut demander des reprises si nécessaire.

Ce concept est actuellement évalué, et le cas échéant amélioré, dans le cadre du projet PARABOT, soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), porté par le LCFC, en partenariat avec PolyFlyx, le LAMPA, Saint Brieuc Fonderie, PAM Saint Gobain, Setforge et Equans INEO.

Problématique du sujet de master :

La solution PolyFlyx semble réduire la pénibilité physique des opérateurs en les éloignant des environnements hostiles. Toutefois, elle introduit de nouveaux outils numériques dont l'impact ergonomique et cognitif reste à évaluer. La problématique centrale est la suivante : **La réduction de la pénibilité physique par l'introduction d'outils numériques comme la réalité augmentée ne déplace-t-elle pas les contraintes vers une pénibilité cognitive ou ergonomique nouvelle ?**

Questions de recherche :

1. Ergonomie physique de l'outil
 - ✓ Quelle est la charge physique induite par l'usage prolongé de la tablette (poids, posture, fatigue musculaire) ?
 - ✓ L'usage de la tablette est-il compatible avec un poste de travail de 8 heures ?
 - ✓ Existe-t-il des recommandations ergonomiques pour le port et la manipulation de tablettes en milieu industriel ?
 - ✓ Comment évaluer l'ergonomie physique de l'outil ?
2. Ergonomie de l'interface utilisateur
 - ✓ L'interface est-elle intuitive et adaptée aux gestes de l'opérateur ?
 - ✓ Comment agencer les boutons pour éviter les erreurs de manipulation ?
 - ✓ L'interface est-elle inclusive (droitier/gaucher, daltonisme, accessibilité) ?
 - ✓ Peut-on adapter l'interface à différents profils d'utilisateurs (âge, expérience, handicap) ?
 - ✓ Comment évaluer l'ergonomie de l'interface ?
3. Charge cognitive et perception
 - ✓ La transition entre la vision 3D de la pièce et sa représentation 2D sur écran génère-t-elle une surcharge cognitive ?
 - ✓ La gestion simultanée de la tablette, du déplacement autour de la pièce et de la vigilance aux obstacles potentiels est-elle source de stress ou de fatigue mentale ?
 - ✓ Quels sont les effets visuels liés à l'usage prolongé de la réalité augmentée (fatigue oculaire, troubles de la vision) ?
 - ✓ Comment évaluer cette charge cognitive ?
4. Santé, sécurité et réglementation
 - ✓ Quelles sont les recommandations officielles (INRS, ANACT, etc.) sur l'usage de la réalité augmentée en milieu professionnel ?
 - ✓ Quels risques nouveaux (accidents, troubles cognitifs, fatigue visuelle) peuvent émerger avec cette technologie ?
 - ✓ Comment évaluer et prévenir ces risques dans une démarche de santé et sécurité au travail ?
5. Acceptabilité et appropriation de la technologie
 - ✓ Les opérateurs perçoivent-ils cette technologie comme une aide ou une contrainte ?
 - ✓ Quels freins à l'appropriation peuvent exister (formation, confiance, résistance au changement) ?
 - ✓ Comment accompagner le changement pour favoriser l'adoption de la solution ?

Axes de travail proposés :

1. **Revue de littérature** sur la pénibilité industrielle, l'ergonomie des interfaces numériques et la réalité augmentée.
2. **Analyse ergonomique** de l'usage de la tablette en situation réelle (ou simulée).
3. **Évaluation de la charge cognitive** par des tests standardisés (NASA-TLX, etc.).
4. **Étude de l'acceptabilité** de la solution auprès des opérateurs (entretiens, questionnaires).
5. **Propositions de préconisations** pour améliorer l'ergonomie et limiter les risques liés à l'usage de la solution.

Profil recherché :

Étudiant(e) en master recherche en ergonomie, psychologie cognitive, ingénierie industrielle, interaction homme-machine ou disciplines connexes. Intérêt pour les environnements industriels et les technologies immersives.

Lieu :

Campus des Arts et Métiers de Metz – LCFC
4 rue Augustin Fresnel – 57070 Metz

Déplacements ponctuels au campus de Laval

Période :

6 mois entre février 2026 et septembre 2026

Contacts :

Arts et Métiers Laval, LAMPA (*expertise ergonomie et RA*) : sylvain.fleury@ensam.eu

Arts et Métiers Metz, LCFC (*expertise mise en forme et parachèvement*) : cyrille.baudouin@ensam.eu

PolyFlyx (*expertise parachèvement innovant*) : ludovic.freund@polyflyx.com