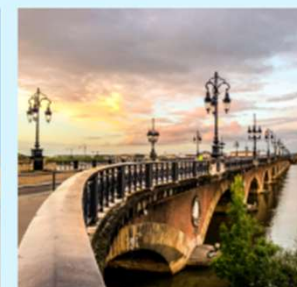




Société d'Automatique,
de Génie Industriel & de Productique

4^{ème} Congrès Annuel de la SAGIP

10-12 Juin 2026, Bordeaux



*Charge mentale, activation émotionnelle et
adaptation progressive lors de l'intégration
d'un cobot en contrôle qualité : étude pilote de
l'interaction Homme-Cobot*

JOBLOT LAURENT, MAGNANI FLORIAN, CARBONNEL ARNAUD, PONGUENEWENDE JESSICA GRACE, BRACHET TITOUAN, PASSALACQUA MARIO



UQÀM | Département de psychologie

SCHOOL OF MANAGEMENT
iaelyon



Arts et Métiers Sciences et Technologies



1.CONTEXTE

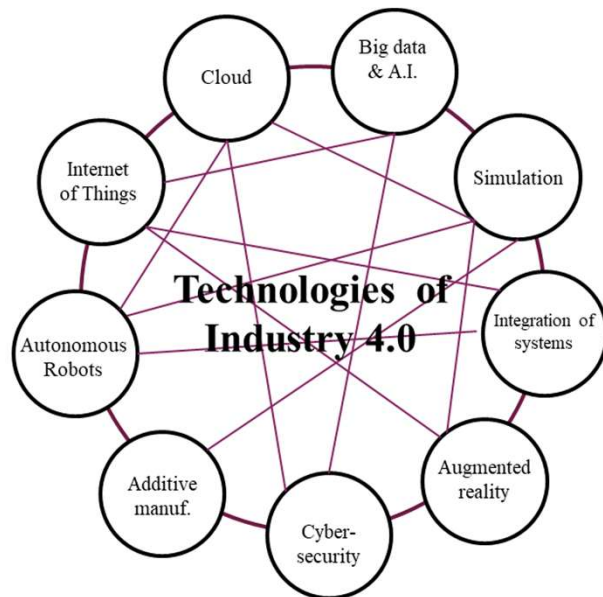
2.QUESTIONS ET PROTOCOLE DE RECHERCHE

3.EXPÉRIENCE ET MESURES

4.RÉSULTATS, CONCLUSIONS ET OUVERTURES

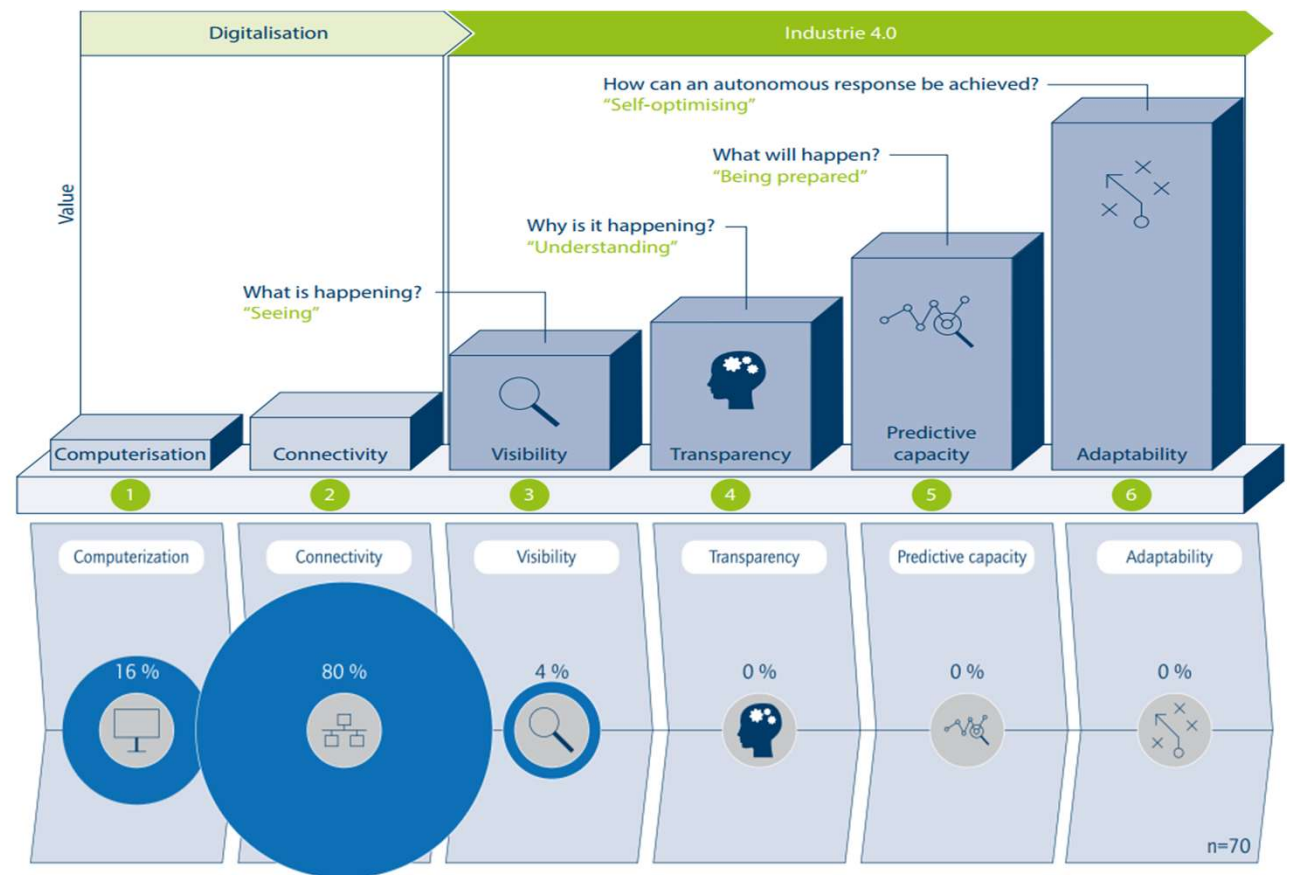
Contexte - Deploiement de l'Industrie 4.0/5.0

3



Ruessmann et al. (2015), CEFRIO (2018)

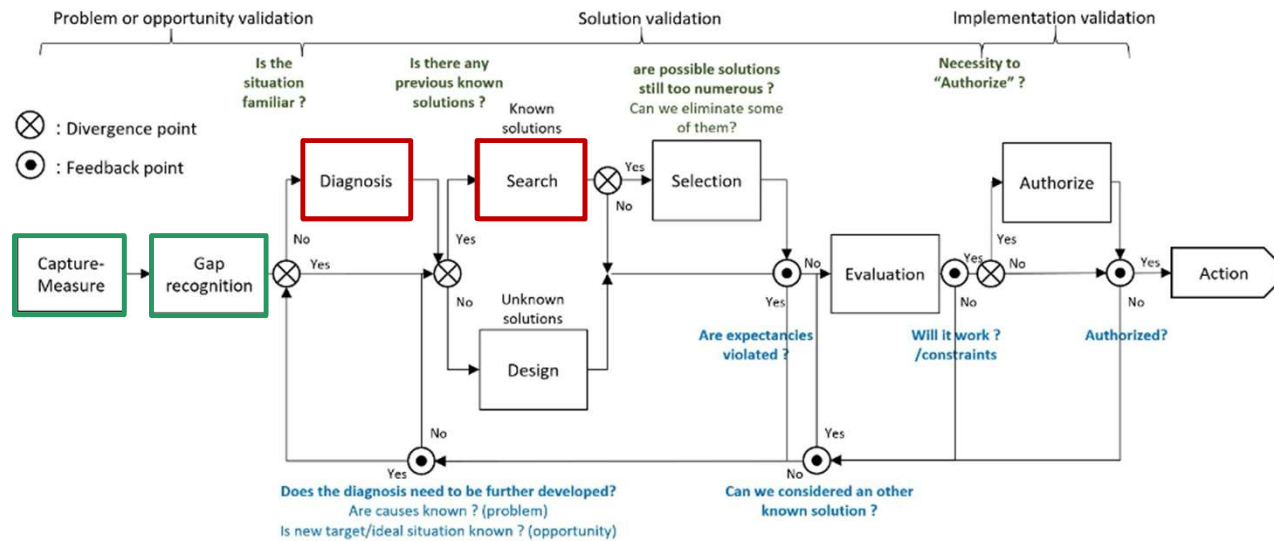
Niveau de maturité des entreprises



Schuh et al. (2020). Using the industrie 4.0 maturity index in industry. Current Challenges, Case Studies and Trends. Acatech COOPERATION.

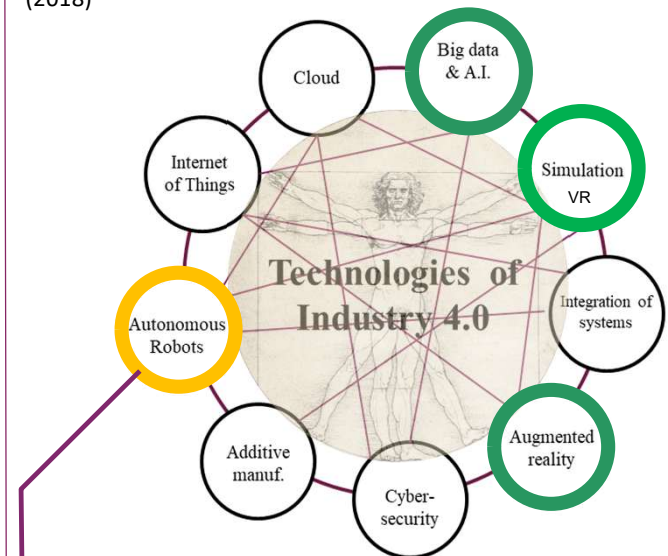
Réflexion Globale de nos travaux

Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2022)



Progression dans le processus de prise de décision

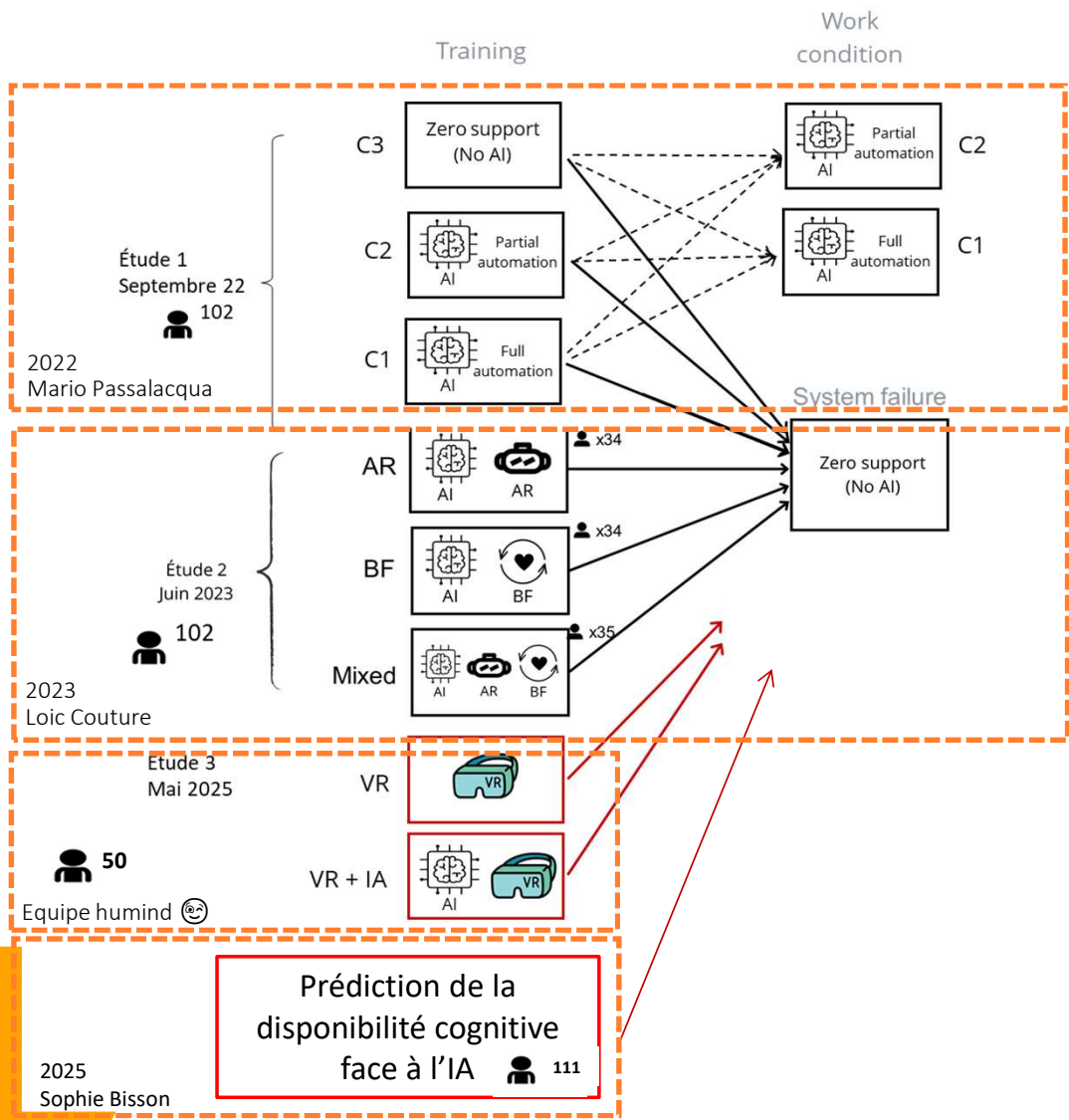
Ruessmann et al. (2015), CEFRIO (2018)



Effet des technologies 4.0

Étude lancée

Projets I5.0 rendus possibles grâce aux Usines école



Mesures effectuées sur les opérateurs :

Variable	Operationalisation	Measurement
Performance	Time	Video recording
Perception of autonomy	Error detection	Excel output
Intrinsic motivation	Autonomy score	Questionnaire
Cognitive engagement	Intrinsic motivation score	Questionnaire
Emotional engagement	Absorption score	Questionnaire
Behavioural engagement	LF/HF ratio	Hexoskin vest
	Valence and arousal score	Questionnaire
	Respiration rate	Hexoskin vest
	Vigor score	Questionnaire
	Intensity of physical effort	Hexoskin vest

Impact des rotations de postes (Dominic Vadeboncoeur / juin 26) (106 participants)

Projet Actuel (Objectif : 9 + 52 participants)



Industrie 5.0 et collaboration homme-cobot,

Questionnements et réflexions à moyen terme : Etude des effets des cobots (+IA) sur la charge mentale, le stress, la confiance et l'engagement des opérateurs en milieu industriel réel.

- Quelle viabilité cognitive et émotionnelle de la collaboration homme-cobot pour un environnement de production durable ?
- Comment le comportement du cobot peut influencer la charge mentale et le stress de l'opérateur "Humain" lors des tâches de contrôle qualité ?
- Une automatisation excessive provoque-t-elle un désengagement ou une dépendance accrue à la machine, réduisant la vigilance humaine essentielle ? (constat de l'IA : Passalacqua et al. (2024))
- Comment la vitesse du cobot peut influencer la pression temporelle et la perte de contrôle perçue → effets négatifs ?
- Existe-t-il un compromis entre performance et soutenabilité cognitive pour une collaboration efficace et durable entre l'opérateur et le cobot ?

- 
- 1.CONTEXTE
 - 2.QUESTIONS ET PROTOCOLE DE RECHERCHE
 - 3.EXPÉRIENCE ET MESURES
 - 4.RÉSULTATS, CONCLUSIONS ET OUVERTURES

Etat de l'art

Impact de la coordination fluide

Une interaction fluide entre l'opérateur et le cobot améliore la performance et l'engagement au travail. (Paliga, 2025)

Charge mentale

Une charge mentale trop élevée réduit les bénéfices de la collaboration, augmente le stress de l'opérateur et reste encore peu documentée (Wolffgramm et al., 2025).

Confiance

Un robot trop rapide diminue la confiance et accroît la perception d'imprévisibilité chez l'opérateur. (Van Dijk et al., 2023)

Sentiment de contrôle

Un robot plus lent diminue la pression temporelle et augmente le sentiment de contrôle de l'opérateur. (Hopko et al., 2023)

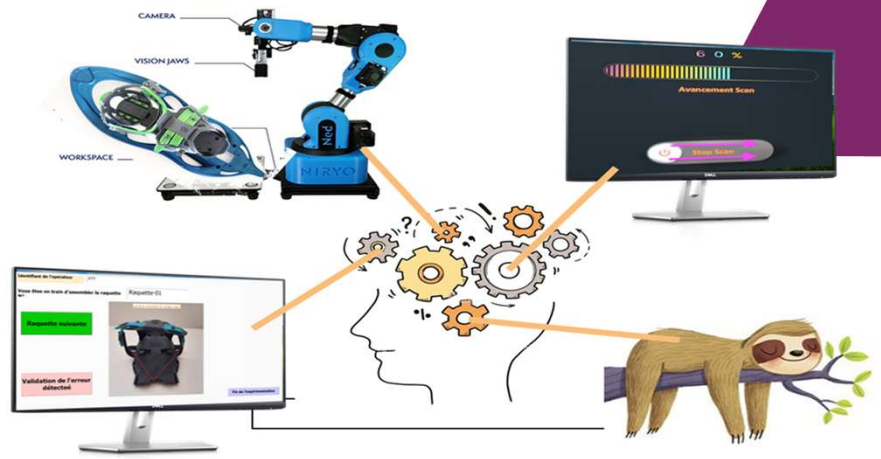


Idées premières inspirée des précédents protocoles :

Coupler un robot collaboratif + Système d'IA (Scanner des produits) pour identifier des défauts qualité.

L'opérateur pourra décider de mettre de côté le produit ou de terminer le montage

XP3 : Combinaison IA / Cobot



Vers plus d'implication...ou de démotivation ?

- Tester différents scénarios d'assistance par cobot (vitesses $V1$ et $V2 \approx 2 * V1$).
- Évaluer le niveau d'engagement, d'apprentissage ou de stress des opérateurs selon les scénarios (présence et vitesse des cobots) (➔ questionnaires ou mesure EDA)
- Identifier les conditions favorisant l'adoption et l'intérêt pour le travail collaboratif homme-cobot.
- Condition pour une Collaboration VS Compétition ?

Questions de recherche simplifiées :

- Les différentes trajectoires d'intégration (Manuel vs V1 vs V2) entre une première **tâche T1** puis une **tâche T2** ont-elles des conséquences sur la charge mentale et les variables d'expérience (effort, fatigue, prise de décision, perception, engagement...) ?
 - Ces différences subjectives s'accompagnent-elles de variations détectables au niveau du temps de complétion des tâches ou et de détection des erreurs par l'opérateur ?
- ➔ Comment atténuer les éventuels effets négatifs d'une automatisation rapide ?



- Scénario 1 : Cobot V1 -> Cobot V2 $\approx 2 \times V1$)
- Scénario 2 : Manuel -> Cobot V1
- Scénario 3 : Manuel -> Cobot V2

Results

- 1.CONTEXTE
- 2.QUESTIONS ET PROTOCOLE DE RECHERCHE
- 3.EXPÉRIENCE ET MESURES
- 4.RÉSULTATS, CONCLUSIONS ET OUVERTURES

Erreurs à détecter

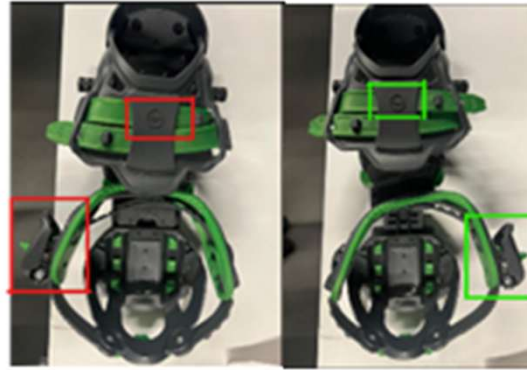


Fig 1. mismatched right snowshoe

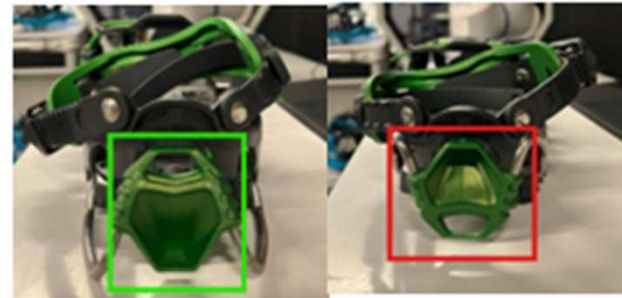


Fig 2. reversed heel lift orientation

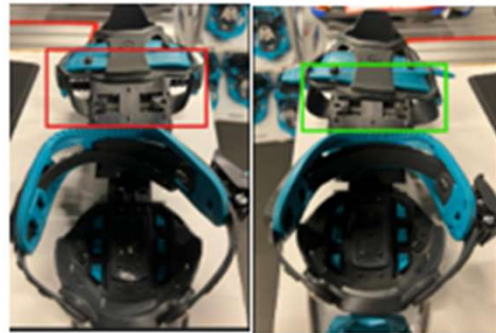


Fig 3. incorrect positioning of the straps



Fig 4. missing screws



Poste de travail

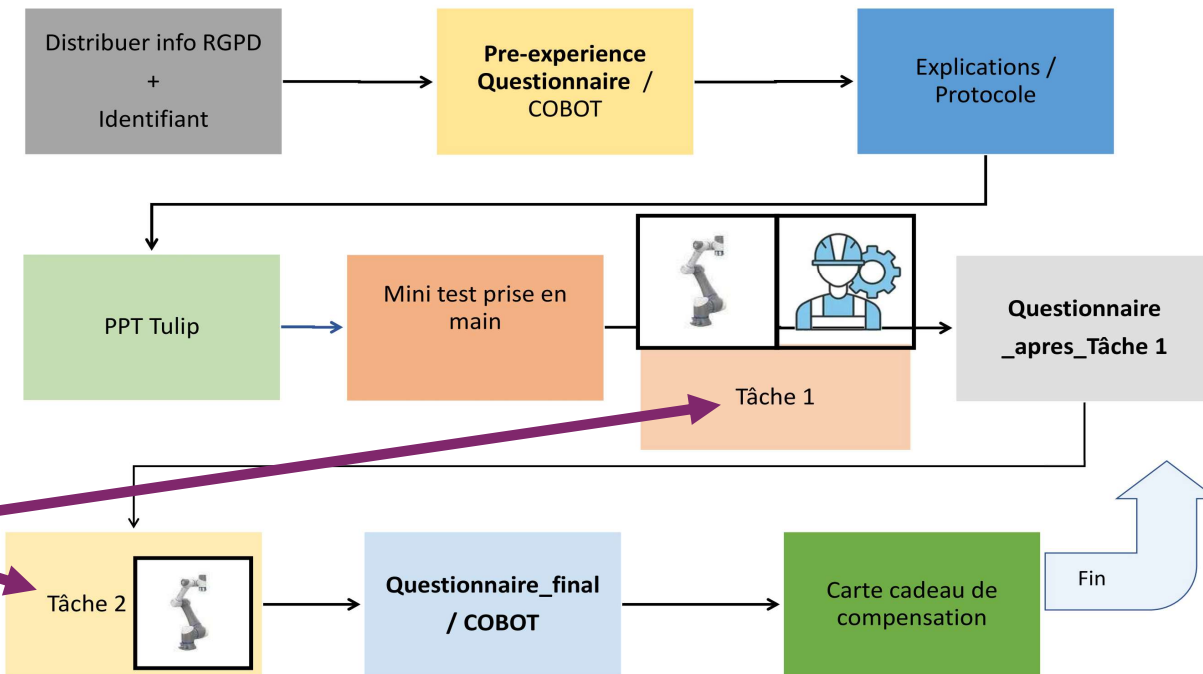


Participants et répartitions

Cette **étude pilote** (dans le cadre d'un projet étudiants M2) implique neuf participants répartis en trois scénarios d'intégration du cobot pour expérimenter différentes conditions : introduction progressive ou directe du cobot à différentes vitesses

Phases d'inspection (Tâche 1 et 2)

Deux phases d'inspection avec 15 pièces chacune permettent une formation initiale (T1) suivie d'une mise en situation plus réaliste (T2).



- Scénario 1 : Cobot V1 -> Cobot V2
- Scénario 2 : Manual -> Cobot V1
- Scénario 3 : Manual -> Cobot V2

Tâches expérimentales



Manual



Cobot V1



Cobot V2

Mesures mise en place

- Le temps de complétion des tâches et le nombre d'erreurs sont utilisés comme indicateurs objectifs d'évaluation des performances (Mesures objectives)
- Les questionnaires mesurent la charge mentale, l'engagement et le stress via plusieurs échelles spécifiques et éprouvées. (Évaluation subjective) :
 - ☐ La charge mentale perçue et la performance (NASA-TLX :Effort, Performance, Demande mentale et Frustration)
 - ☐ L'engagement et la vitalité au travail (Questionnaire Utrecht Work Engagement Scale– UWES-9)
 - ☐ Deux dimensions fondamentales de l'émotion humaine, la valence (plaisir ↔ déplaisir) et l'activation émotionnelle (arousal : calme ↔ excitation), via un Affective Slider

Les tests non paramétriques sont utilisés pour analyser les données d'un échantillon de petite taille.

Results

- 1.CONTEXTE
- 2.QUESTIONS ET PROTOCOLE DE RECHERCHE
- 3.EXPÉRIENCE ET MESURES
- 4.RÉSULTATS, CONCLUSIONS ET OUVERTURES

Effets inter-scénarios en T2

- **Variation de la charge mentale** : La charge mentale perçue diffère selon la trajectoire d'intégration, étant la plus faible dans V1→V2 et la plus élevée dans Manuel→V2.
- **Activation émotionnelle accrue** : L'activation émotionnelle est plus élevée lorsque le cobot rapide est introduit brutalement, montrant un impact subjectif important.
- **Performance objective stable** : Aucune différence significative n'est observée dans les indicateurs objectifs tels que temps, erreurs ou décisions...entre les scénarios en T2.

Effets de transition entre T1 et T2

- **Augmentation de l'effort mental** : Le scénario Manuel→V2 montre une hausse nette de l'effort mental, de la fatigue et de la charge mentale entre T1 et T2, indiquant un coût d'adaptation élevé.
- **Intégration progressive bénéfique** : Les scénarios avec intégration progressive ou vitesse lente montrent une diminution ou stabilité de la fatigue et de la charge mentale entre T1 et T2, favorisant une meilleure adaptation.
- **Impact sur l'expérience opérateur** : Une introduction brutale d'un cobot rapide dégrade l'expérience opérateur sans bénéfice clair en performance, affectant potentiellement les états de flow.

- Scénario 1 :
Cobot V1 -> Cobot V2
- Scénario 2 :
Manual -> Cobot V1
- Scénario 3 :
Manual -> Cobot V2

Conclusions

- **Résultats exploratoires cohérents**

L' étude pilote confirme les données existantes sur la collaboration homme-robot et suggère une intégration progressive bénéfique.

- **Importance de l'intégration graduelle**

Une intégration progressive réduit le coût cognitif et l'activation émotionnelle liés à l'automatisation rapide.

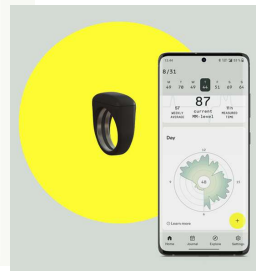
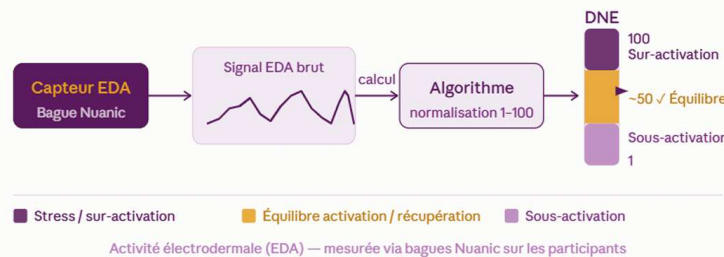
- **Trop peu de participants ont cherché à prendre le lead sur le Cobot pour statuer.**

- **Limites et perspectives futures**

La petite taille de l'échantillon et la simulation imposent de la prudence

➔ **Compléments / études à suivre**

Effet de la fiabilité, de la vitesse et du mode de collaboration :



JUIN 2026
Période de l'étude



ENVIRON 1H15
Durée de participation



ENSAM LISPEN
44 quai Saint Cosme
71100 Chalon-sur-Saône



PERSPECTIVES V2

H1 : En situation d'automatisation partielle ,une faible fiabilité du cobot diminuera significativement le niveau de confiance de l'opérateur par rapport à une situation où la fiabilité du cobot est élevée.

H2 : En situation d'automatisation partielle, une vitesse de fonctionnement élevée du cobot entraînera une augmentation de la charge mentale de l'opérateur et une diminution de sa confiance envers le système, comparativement à un scénario à faible vitesse.

H3 : Le niveau d'agentivité* perçu sera significativement plus élevé en situation d'automatisation partielle du cobot qu'en situation d'automatisation totale.

H4 : L'automatisation partielle de la tâche suscitera une motivation plus élevée chez l'opérateur que l'automatisation totale.

*impression que l'on est l'auteur de ses propres actions et que l'on en contrôle les effets.

REMERCIEMENTS

Ce travail bénéficie du soutien du projet NCU RITM-BFC portant la référence ANR-17- NCUN-0003

MERCI ÉGALEMENT À CARBONNEL ARNAUD, PONGUENEWENDE JESSICA GRACE, BRACHET TITOUAN, ÉTUDIANTS AU MASTER MTI3D AU LISPEN DE CHALON SUR SAONE POUR LA COLLECTE DE DONNÉES DE CETTE ÉTUDE PILOTE



REGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTE



Département de psychologie

