

# Transparency Analysis of a Passive Heavy Load Comanipulation Arm

Muller, T., Subrin, K., Joncheray, D., Billon, A., & Garnier, S. (2022). Transparency Analysis of a Passive Heavy Load Comanipulation Arm. IEEE Transactions on Human-Machine Systems.

Contact :  
[Kevin.subrin@ls2n.fr](mailto:Kevin.subrin@ls2n.fr)  
06 59 06 91 61

Le 30 septembre 2022

# Contexte de ces recherches

- Entreprise Neoditech
- Thèse CIFRE (2019-2022)
- Entreprise de la région Nantaise de 20 personnes créée en 2007
- Spécialisée dans la réalisation de solutions ergonomiques dans l'aide à la manutention pour les charges jusqu'à 200 kg

 **SCARA**



 **PM**



 **MAP**



 **ERGO360°**

Gammes  
100, 150 & 200 kg



# Présentation du produit

- <https://www.youtube.com/watch?v=zwYja1Xa0XQ>
- Temps entre 0:30 et 0:50



*Témoignages clients :*

*" Cela a incontestablement amélioré le confort au travail et nous pouvons désormais intégrer tout type de personnel sur la zone "*

*" On efface la contrainte de mobiliser 2 collaborateurs pour traiter ce genre de produit "*

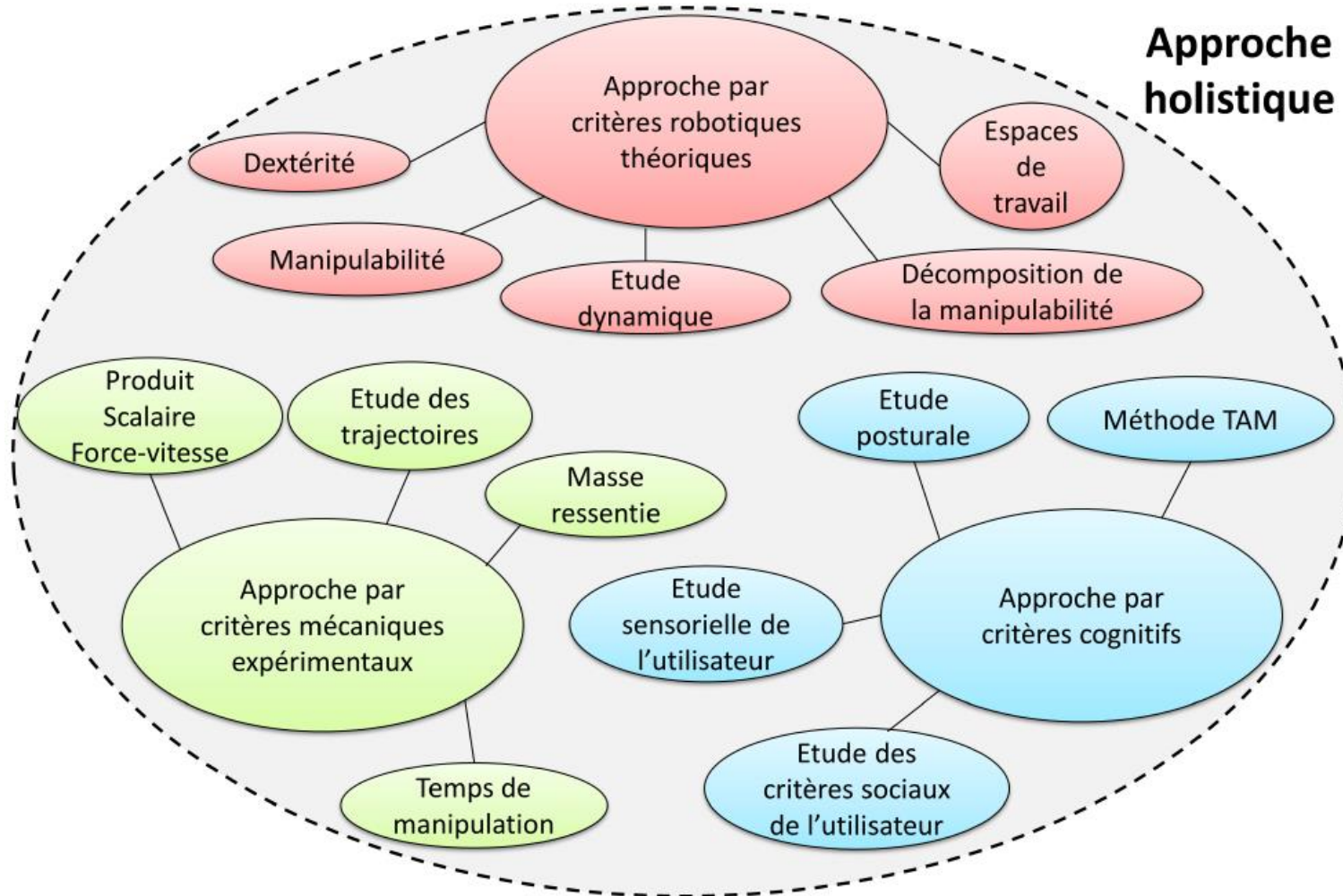
*" La priorité était de soulager le port de charges même si c'était au détriment de la cadence. "*

# Problématique

- Bras de Manipulation Neoditech : Système de co-manipulation en interaction permanente entre l'humain et le dispositif
- Transparence de manipulation : Qualité de l'interaction Homme/Manipulateur au cours d'une manipulation de manière mécanique ou cognitive
- Verrous scientifiques : Comment expliquer la transparence de manière holistique ?

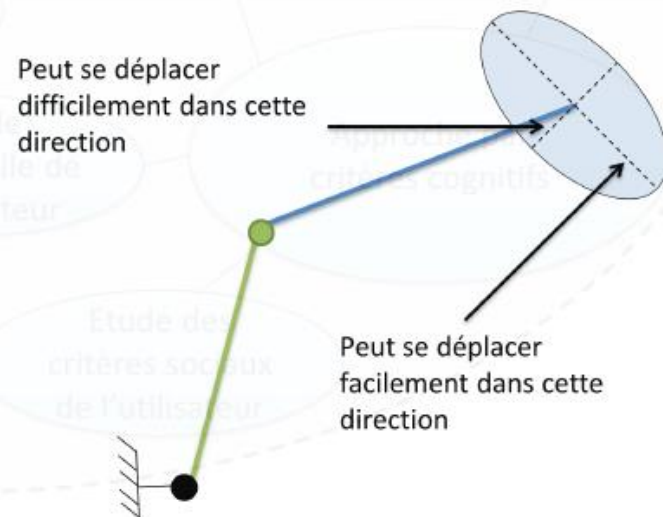
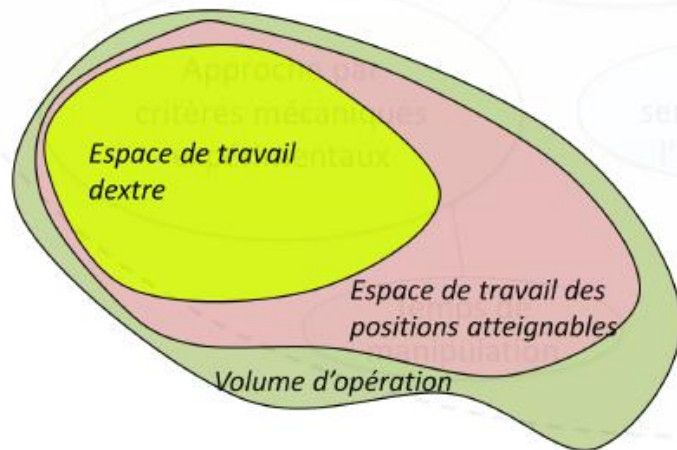
# Différentes approches

**Approche  
holistique**



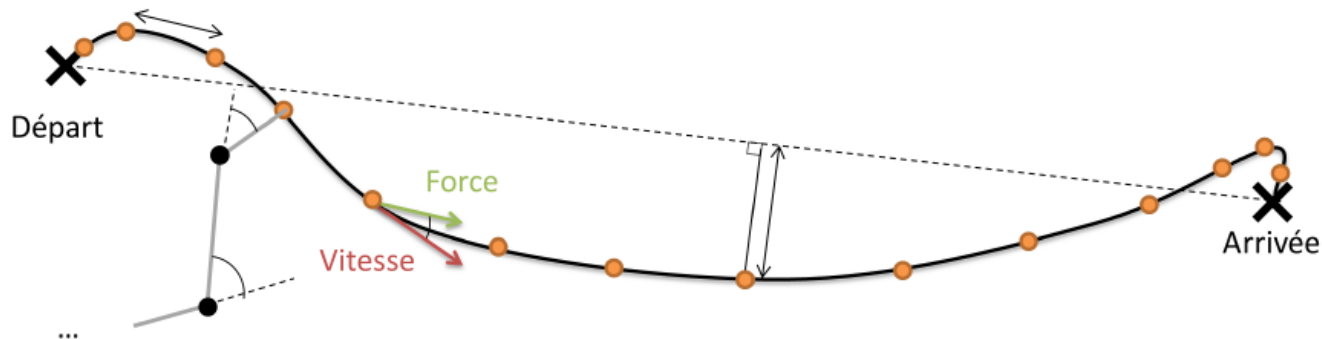
# Indicateurs de performance basés sur l'espace de travail et la Jacobienne

- **Espace de travail** : Évaluation du volume d'opération, de l'espace de travail des positions atteignables et de l'espace de travail dextre <sup>1 2</sup>
- **Jacobienne** : Évaluation de la manipulabilité, de la vitesse minimale et de la dextérité <sup>3 4</sup>
- **Étude dynamique** : Vérification du comportement du bras en fonction de la masse manipulée

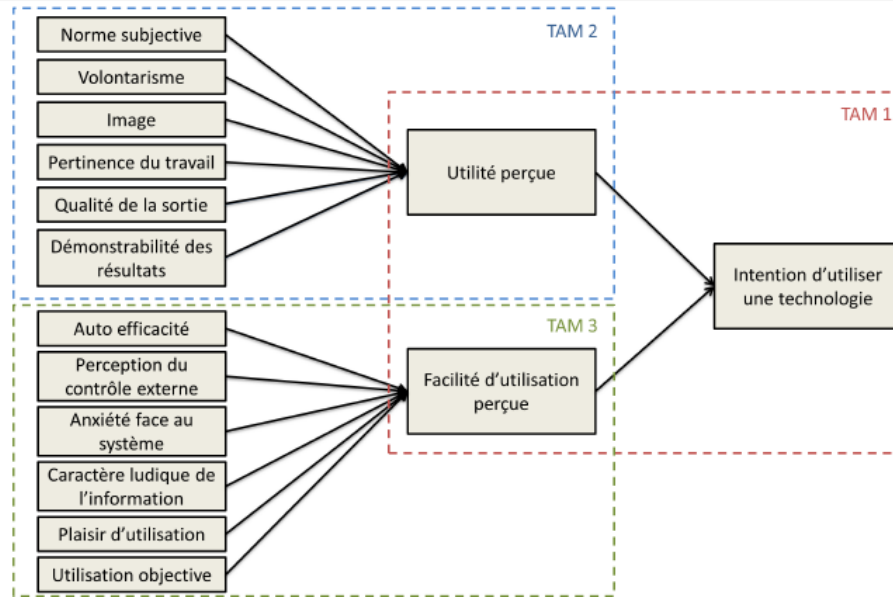


# Indicateurs basés sur l'étude d'une tâche

- Temps de placement, de mouvement<sup>5</sup>
- Vitesse moyenne, maximale
- Effort appliqué
- Forme de la trajectoire<sup>6</sup>
- Fluidité de la trajectoire<sup>7</sup>
- Variations angulaires du manipulateur
- Angle et Produit Scalaire force-vitesse<sup>8</sup>
- Identification de la masse ressentie<sup>9</sup>
- Manipulabilité au cours d'une tâche



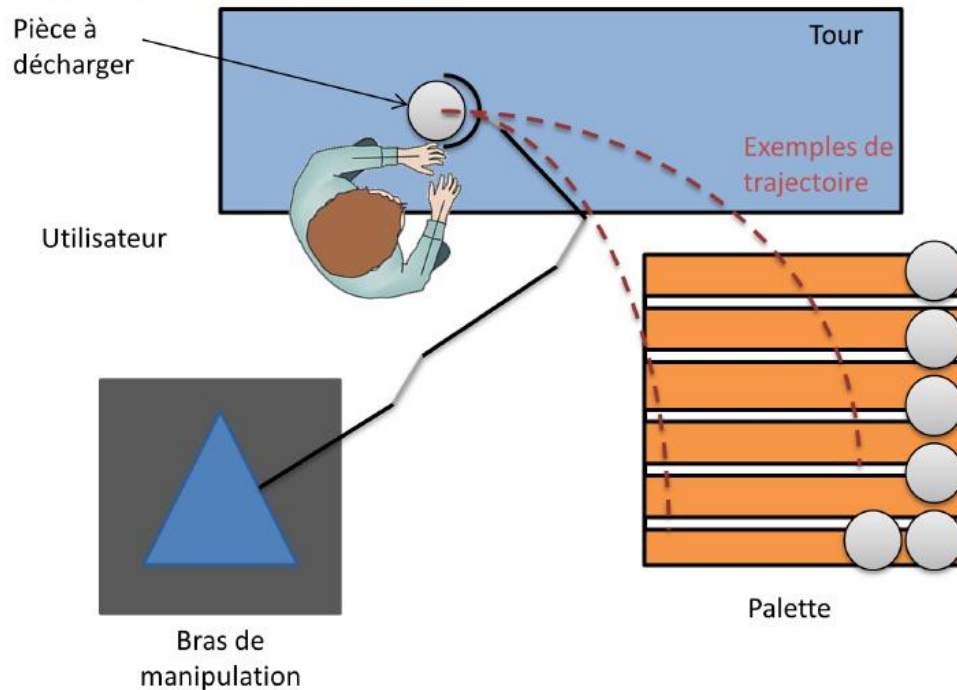
# Indicateurs de performance cognitifs



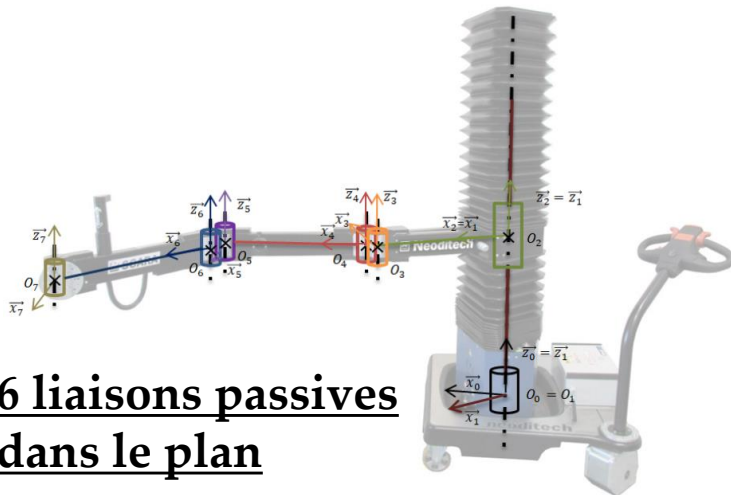
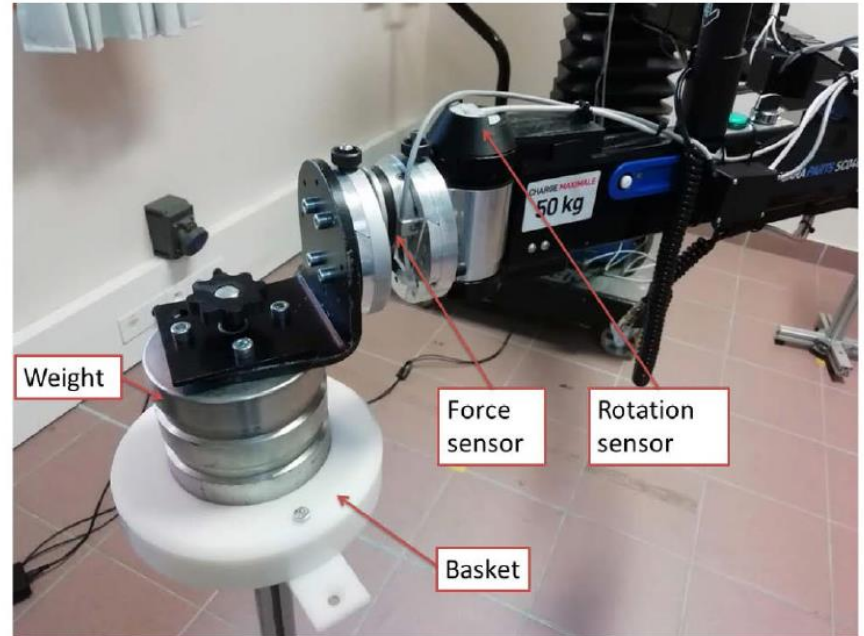
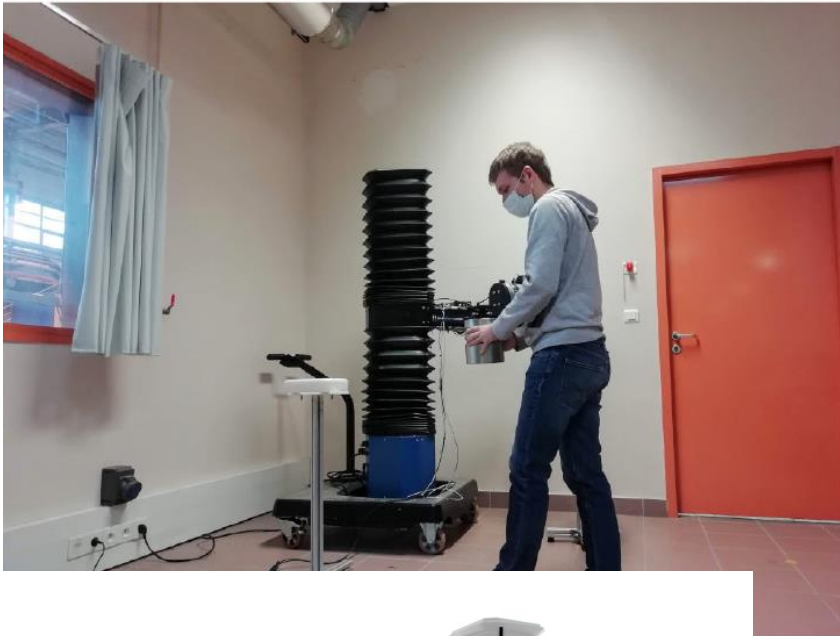
Le choix a été d'utiliser le modèle TAM (Technology Acceptance Modeling)<sup>10</sup>  
Nous pouvons étudier ces liens avec **la culture, la personnalité, le niveau de technologie** de l'utilisateur<sup>11 12</sup>

# Construction du protocole

- **Situation "classique"** : Manipulation d'un lopin à partir d'une palette pour le mettre dans une machine outil
- Manipulation à des **charges** différentes
- Manipulation à des **rayons** différents



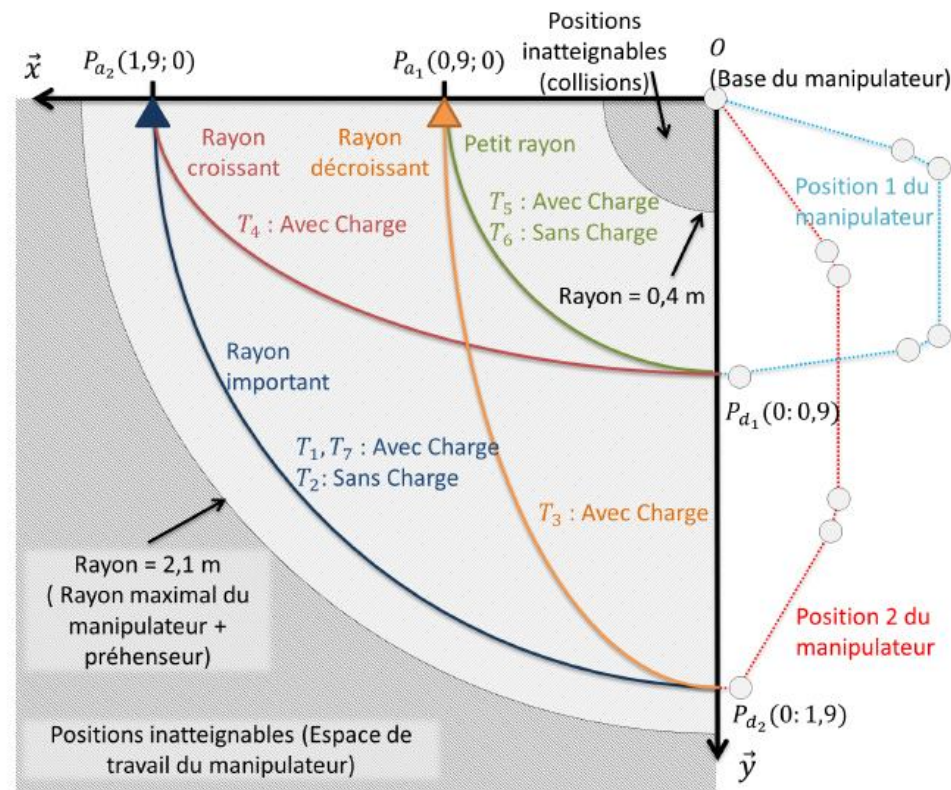
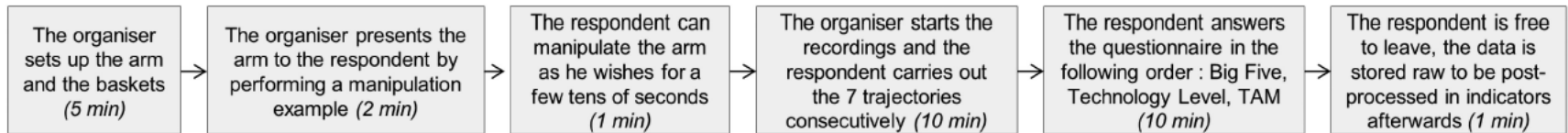
# Explication de la tâche à réaliser



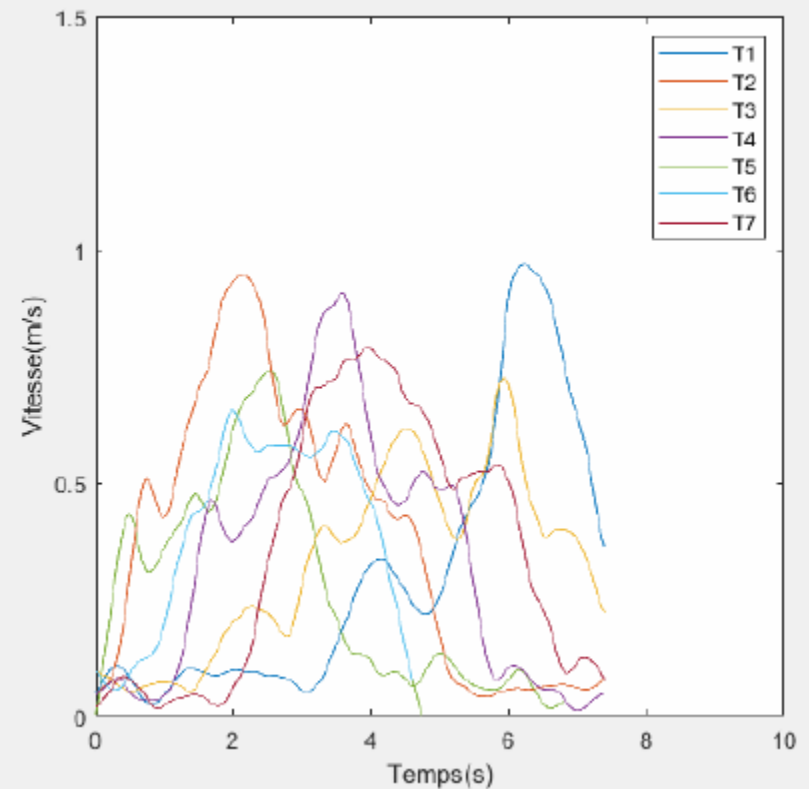
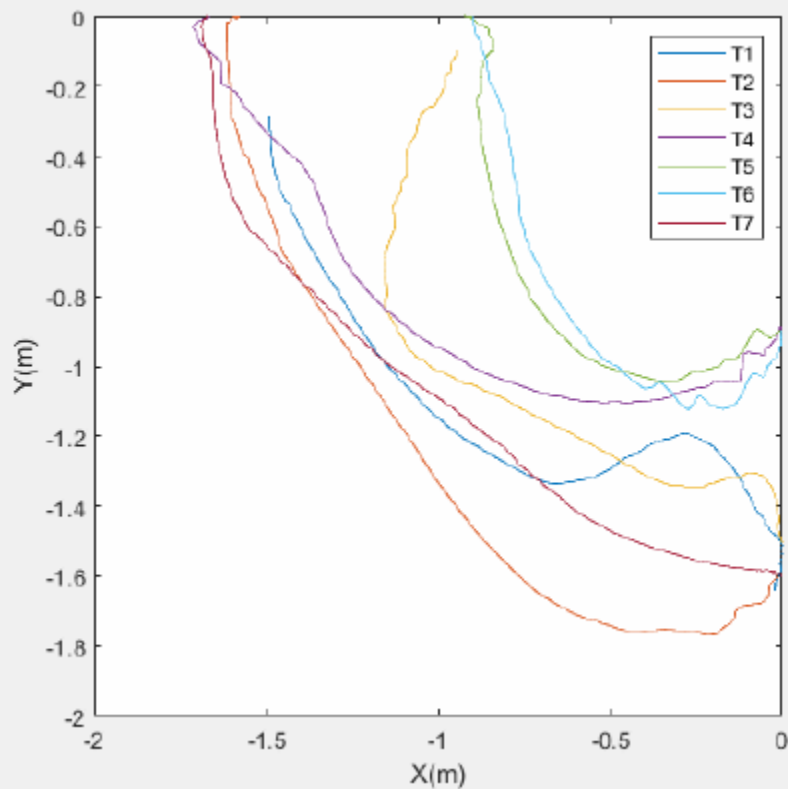
**6 liaisons passives dans le plan**

Pour aller plus loin, pour bien comprendre le comportement du bras : <https://www.youtube.com/watch?v=IMy8FbsYafA>

# Construction du protocole

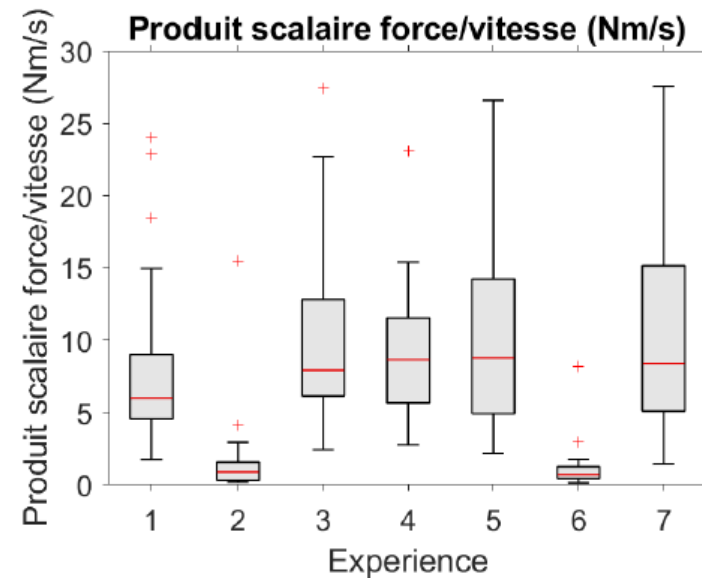
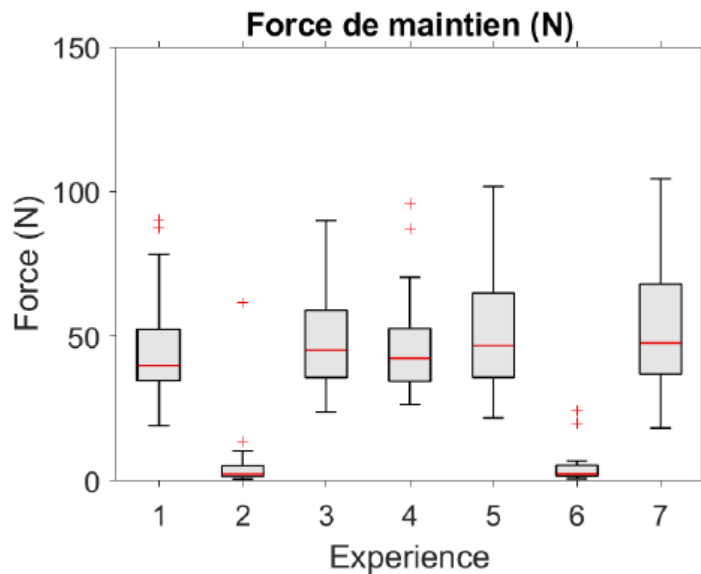


# Mesure des temps/vitesse/trajectoires



# Mesure des efforts/produits scalaires force-vitesse/masses ressenties

- **Mesure des efforts** : Efforts plus importants à rayon court et au fur et à mesure du temps
- **Mesure des interactions force-vitesse** : Augmentation avec l'expérience, plus grand sur les trajectoires à rayon important
- **Mesure de la manipulabilité** : Manipulabilité directionnelle se corrèle avec la notion de produit scalaire force vitesse



# Questionnaire d'évaluation du bras de manipulation

**E1.** Dans le cadre d'une utilisation du bras pour la manipulation de lopin que vous venez de faire , montrez votre accord ou votre désaccord aux questions suivantes

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord ni en désaccord	Plutôt d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
J'ai l'impression d'avoir réalisé la trajectoire la plus rapide pour mes tâches	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
J'ai l'impression d'avoir réalisé la trajectoire la plus directe pour mes tâches	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'architecture du bras ne m'a pas dérangé au cours des tâches	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Évaluation des dimensions de la personnalité <sup>13</sup> et de l'utilisation du bras à l'aide de l'échelle de **Likert en 7 points** <sup>14</sup>
- Validation du protocole n°08032021 par le CERNI (Comité d'éthique de la recherche non interventionnelle)
- Participation de **31 étudiants** de l'IUT de Nantes en mécanique

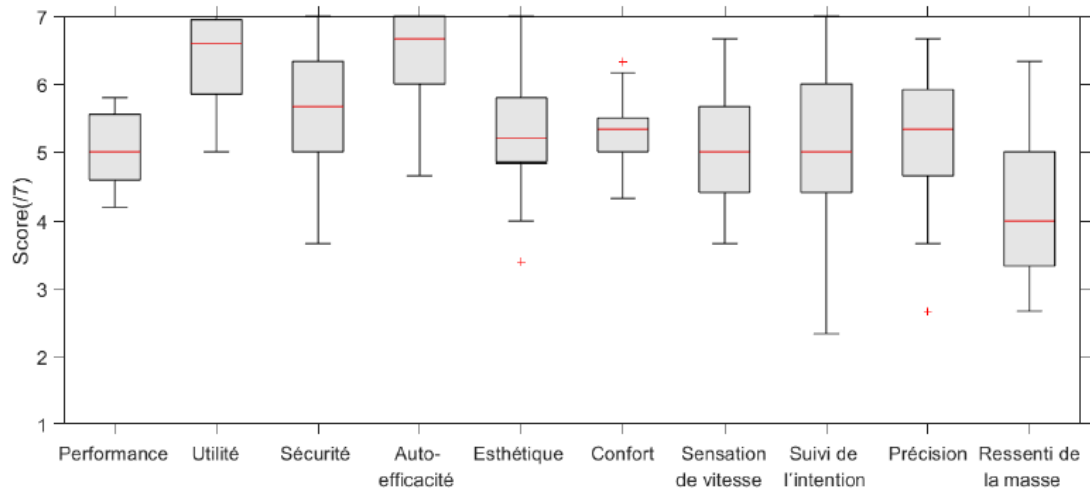
# Résultats expérimentaux cognitifs

## Personnalité et niveau de technologie des utilisateurs

- Niveau de technologie moyennement élevé (4.8/7)
- Personnalité plutôt extravertie (6.3/7) et ouverte (5.7/7)
- Névrotisme des utilisateurs très variable (4.7/7)

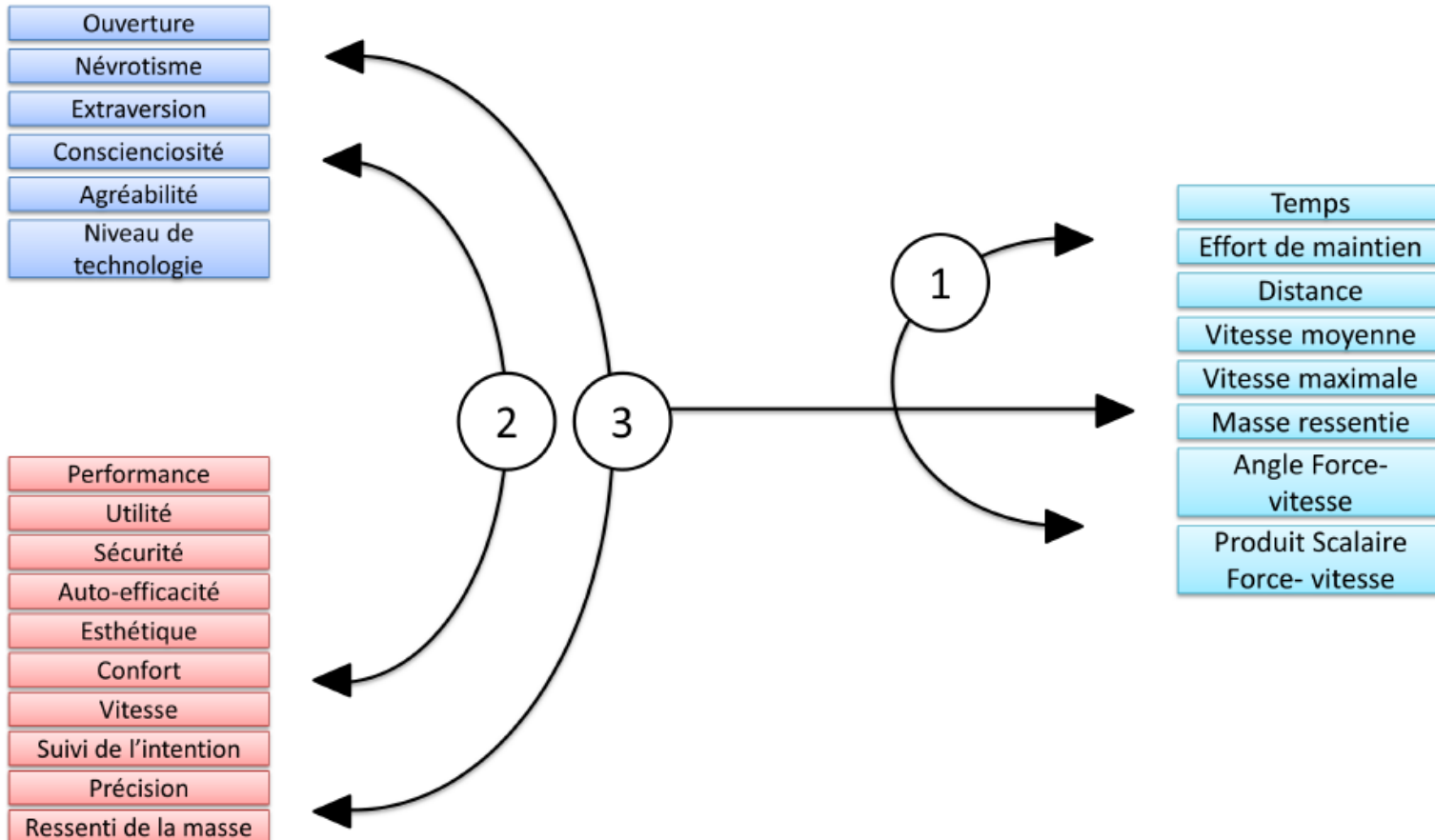
## Utilisation du bras

- Utilité, Sécurité et Auto-efficacité fortes (>6/7)
- Suivi de l'intention (4.8/7) et ressenti de la masse (4/7) très variables



# Analyse par coefficient de corrélation

**Méthodologie de mise en évidence des liens** : Utilisation d'une analyse par coefficient de corrélation pour chiffrer les liens 2 à 2 entre les facteurs



# Analyse par coefficient de corrélation entre les indicateurs mécaniques et cognitifs entre eux

## ① **Corrélation entre indicateurs mécaniques**

- Corrélation forte entre distance et temps
- Corrélation entre masse ressentie et effort
- Corrélation du produit scalaire force vitesse avec Temps, Effort, Vitesse et angle force vitesse

## ② **Corrélation entre indicateurs cognitifs**

Dimension 1	Dimension 2
Conscienciosité	<b>Extraversion, Non-névrotisme, Sécurité, Précision</b>
Agréabilité	<b>Performance, Sécurité, Auto-efficacité, Suivi de l'intention, Confort, Ressenti de la vitesse, Précision, Sensation de poids</b>
Performance	<b>Auto-efficacité, Confort, Non-névrotisme, Sécurité, Précision</b>
Utilité	<b>Extraversion</b>
Sécurité	<b>Auto-efficacité, Suivi de l'intention, Confort, Suivi de l'intention, Précision</b>
Auto-efficacité	<b>Ouverture, Confort</b>
Confort	<b>Sensation de poids, Suivi de l'intention, Précision</b>
Précision	<b>Suivi de l'intention, Non-névrotisme</b>

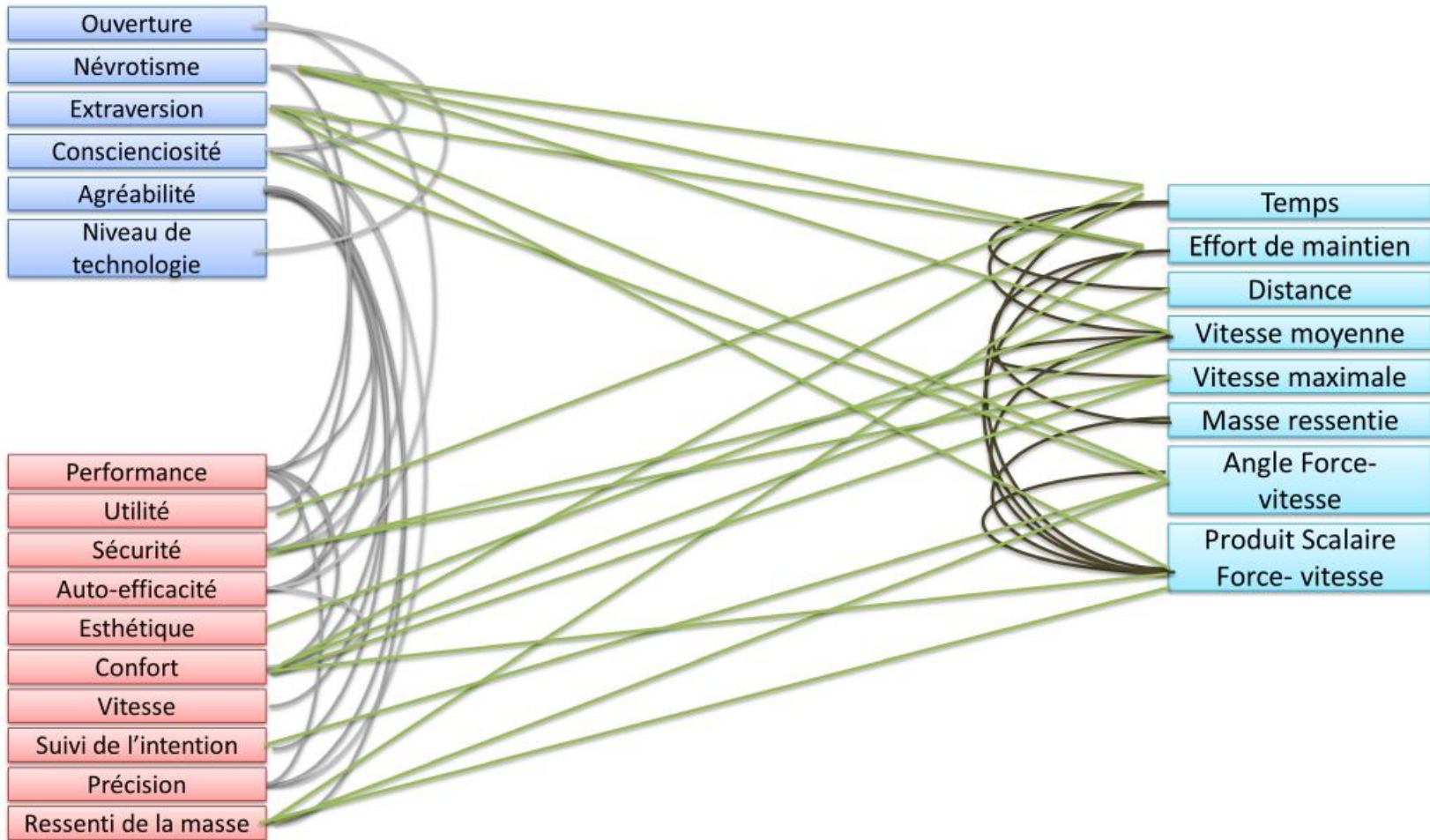
# Analyse par coefficient de corrélation entre les indicateurs mécaniques et cognitifs

3

- Forte présence du **névrotisme** et de **l'extraversion** pour la personnalité
- Forte présence de **l'utilité** et du **confort** pour la méthode TAM

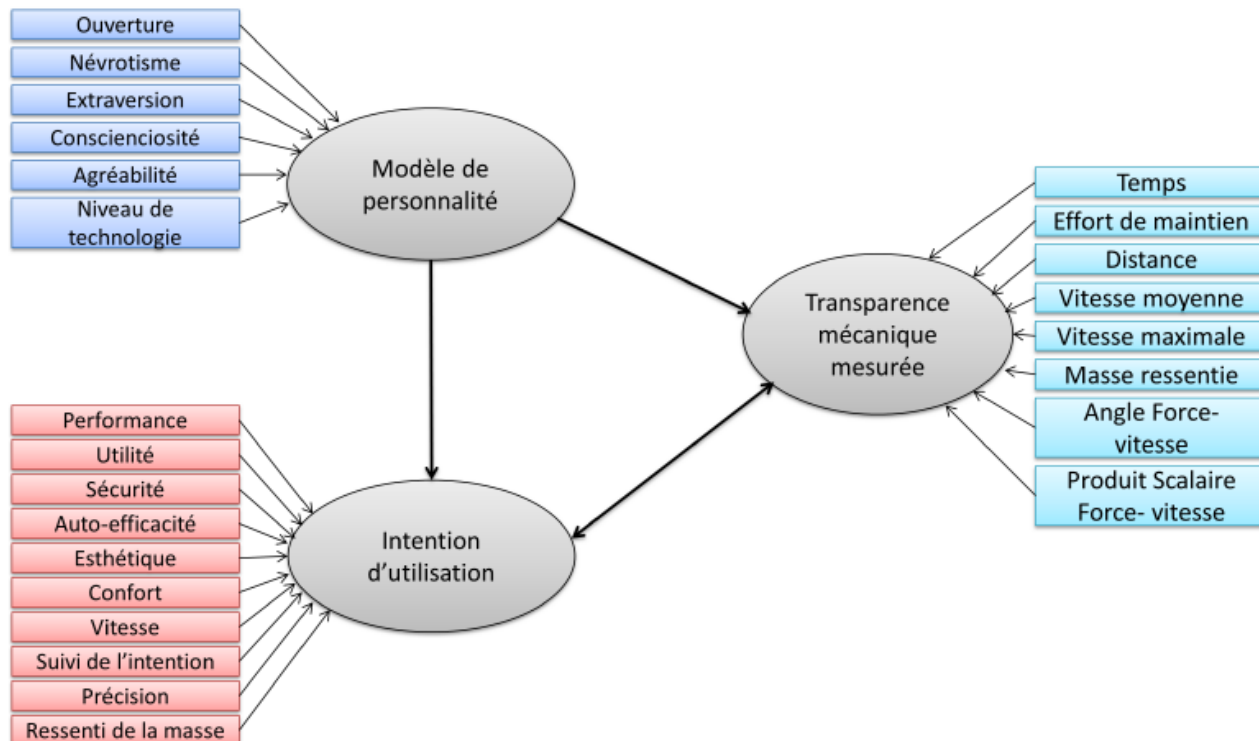
Indicateur Mécanique	Indicateur Big Five	Indicateur TAM
Temps	Non-névrotisme	<b>Utilité, Confort,</b> Ressenti de la vitesse
Force moyenne	<b>Extraversion, Non-névrotisme</b>	<b>Sensation de poids</b>
Distance Moyenne	/	<b>Esthétisme</b>
Vitesse moyenne	Non-névrotisme	<b>Sécurité, Confort</b>
Vitesse maximale	/	<b>Sécurité, Confort</b>
Angle force-vitesse moyen	Extraversion, Conscienciosité	Sensation de poids, Suivi de l'intention
Produit scalaire force-vitesse moyen	<b>Extraversion</b>	<b>Confort, Sensation de poids</b>

# Graphe des corrélations



# Conclusion

- Présentation d'une méthodologie pour liée le modèle de personnalité, la transparence mécanique mesurée et l'intention d'utilisation



# Suite des recherches

- Mise en œuvre d'une Analyse en composante principale pour cerner les dimensions les plus importantes
- Simplification du modèle par la réduction du nombre de questions
- Réduction du questionnaire **de moitié** pour une variabilité expliquée de 71.5 % (Personnalité) et 62.5 % (Intention d'utilisation) et suppression de 3 trajectoires

# Conclusions principales

- Amélioration des dimensions de la personnalité
  - Influencer l'**ouverture** aux nouvelles technologies
  - Influencer la **connaissance** technologique
  - Influencer sur le névrotisme et le **bien-être** du salarié
  - Influencer la **responsabilisation** du salarié dans la tâche menée
- Amélioration des dimensions de ressenti
  - Améliorer l'intérêt d'utilisation du système → Port de charge assuré, vitesse du bras, intégration dans son environnement
  - Améliorer l'agrément d'utilisation du bras → Amélioration de la position de l'utilisateur, Influence sur la commande, Minimisation des inerties passives du Scara Parts
- Personnalisation en fonction de l'utilisateur
  - Limitation des vitesses de déplacement pour les personnes en cours d'apprentissage du bras
  - Prévoir des éléments de conception en fonction de l'utilisateur

# MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Muller, T., Subrin, K., Joncheray, D.,  
Billon, A., & Garnier, S. (2022).  
Transparency Analysis of a Passive Heavy  
Load Comanipulation Arm. IEEE  
Transactions on Human-Machine Systems.

Contact :  
[Kevin.subrin@ls2n.fr](mailto:Kevin.subrin@ls2n.fr)  
06 59 06 91 61