



HAL
open science

Acceptation d'un gant d'assistance aux gestes de la main

Kévin Subrin, Emeline Jacques-Jean, Sébastien Le Loch

► **To cite this version:**

Kévin Subrin, Emeline Jacques-Jean, Sébastien Le Loch. Acceptation d'un gant d'assistance aux gestes de la main. S-MART 2023 : 18ème Colloque national S.mart, Arts et Métiers Paristech ENSAM Aix-en-Provence, Université de Toulon [UTLN], Apr 2023, Carry-le-Rouet, France. hal-04397898

HAL Id: hal-04397898

<https://hal.science/hal-04397898v1>

Submitted on 16 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Acceptation d'un gant d'assistance aux gestes de la main

K. Subrin ^{a,*}, E. Jacques-Jean ^a, S. Le Loch ^a

^a Nantes Université, Ecole Centrale Nantes, CNRS, LS2N, UMR 6004, F-44000 Nantes, France

* e-mail : kevin.subrin@ls2n.fr

1. INTRODUCTION

L'amélioration des conditions de travail et la prévention des Troubles-Musculo-Squelettiques (TMS) a permis aux exosquelettes de prendre peu à peu leur place en industrie. Ils sont généralement passifs (Figure 1b et 1c) voire actifs (Figure 1a) et permettent d'assurer une assistance aux gestes professionnels [1].



Figure 1 : quelques exosquelettes d'assistance aux gestes : Ironhand (objet de l'étude), SuitX, Ergosquelette de Gobio Robot

Cependant, l'utilisation de tels dispositifs interroge sur leur acceptation. En effet, des essais permettent généralement de l'évaluer positivement mais sur le long terme certains détails peuvent freiner leur acceptation

définitive. Dès lors, ces travaux se focalisent sur une démarche méthodologique appliquée à un gant d'assistance à la préhension d'objets. Nous utilisons les travaux présentés dans Muller et al. 2022 [2] qui ont étudié l'acceptation d'un système passif d'assistance aux gestes pour la manipulation d'objets lourds (quelques dizaines de kilogrammes). L'article se structure de la manière suivante : la section 2 aborde la notion d'acceptation de dispositif et met en avant les principales méthodes. La section 3 présente la méthodologie et les principaux résultats appliqués sur l'IronHand de la société Bioservo. La section 4 se focalise sur les perspectives de recherche à mener.

2. ACCEPTATION DE DISPOSITIFS D'ASSISTANCE AUX GESTES

L'évaluation de l'acceptation de dispositifs fait appel à une connaissance approfondie de l'utilisateur dans son environnement. Elle mobilise généralement une analyse de la personnalité mais également de son comportement [3]. Ces études sont statistiques et réalisées à travers un questionnaire faisant appel à des échelles de mesure de la littérature évaluées dans le cadre d'études qualitatives (entretien semi-directif). Ces questionnaires permettent d'établir des dimensions en effectuant des opérations algébriques sur les résultats des différentes questions, ce qui permet d'attribuer un score à chacune des caractéristiques de l'interaction. Chaque question est évaluée au moyen d'une échelle de Likert à cinq ou sept points où le répondant doit se positionner sur l'affirmation en cochant un degré d'accord pouvant aller de « Fortement en désaccord » à « tout à fait d'accord ». L'usage est d'avoir une échelle impaire pour permettre des réponses neutres et ainsi rester dans une approche « scientifique ». Parmi les échelles de mesure les plus reconnues pour les systèmes cobotiques (contraction des mots 'collaboration' et 'robotique') sont le questionnaire Godspeed pour les interactions homme-robot, RULA pour l'évaluation rapide du positionnement des membres supérieurs de l'humain, TAM pour l'acceptation de la

technologie ou encore SART pour la mesure de l'impact de la technologie sur l'homme visant l'évaluation de la conscience de la situation.

La méthode RULA a été conçue pour permettre l'analyse des contraintes subies par les membres supérieurs d'un travailleur à des fins de dépistage des risques de TMS. La méthode TAM quant à elle évalue trois variables essentielles : la facilité d'utilisation, l'utilité perçue (PU) et l'intention comportementale d'utilisation. Elle est utilisée notamment pour valider l'acceptation d'une technologie par la validation d'hypothèses [4]. Des travaux ont été réalisés sur le bouclage de cette méthode avec des entretiens semi-directifs pour améliorer l'approche [5-6]. Cette méthode peut inclure le niveau technologique de la personne [7-8]. Une corrélation peut également être faite avec la culture/nationalité de l'utilisateur [9]. Un questionnaire de personnalité bien connu, le Big Five, peut également être relié à ce type d'étude [10]. La méthode SART est un questionnaire avec une échelle de Likert en sept points et dix (ou trois) dimensions permettant de mesurer la conscience de la situation (perception des éléments et événements de l'environnement par rapport aux événements dans le temps ou dans l'espace), qui peut également être utilisé dans ce type d'étude [11].

De ces principales méthodes, nous en déduisons qu'il est complexe d'en tirer une acceptation si le profil de la personne n'a pas été évalué dans le détail. Dans les travaux de [2], même si l'analyse a été réalisée principalement en environnement universitaire, le niveau technologique comme le profil psychologique de la personne sont des éléments d'importance à étudier et à associer avec la méthode TAM pour évaluer cette acceptation. Cet article n'abordera pas l'utilisation de la méthode SART ou RULA afin de ne pas surcharger cognitivement le participant lors du remplissage du questionnaire.

3. METHODOLOGIE

3.1. Organisation du questionnaire

Le questionnaire mis en œuvre est la concaténation des travaux précédemment cités. Le questionnaire de niveau technologique définit le niveau global de maîtrise des technologies courantes. L'utilisateur répond sur une échelle de Likert en sept points (n'en a jamais entendu parler, n'est pas sûr de ce que c'est, ne l'a jamais utilisé, l'a utilisé une fois dans sa vie, l'a utilisé une fois par an, plusieurs fois par an, une fois par semaine) sur sa maîtrise de l'outil proposé. Les outils proposés concernent une perceuse, une meuleuse, un tournevis, un smartphone...des composants ayant des fonctionnalités similaires à l'objet étudié.

Le questionnaire Big Five existe dans différentes versions avec divers degrés de détail. Nous avons choisi d'utiliser une version avec seulement 15 questions, trois par dimension comme dans [10], mais nous avons choisi d'étendre l'échelle à sept points afin d'harmoniser les échelles au regard de l'ensemble du questionnaire

(fortement en désaccord, en désaccord, plutôt en désaccord, ni en accord, ni en désaccord, plutôt d'accord, d'accord, tout à fait d'accord). Chaque sous-groupe de questions est calculé en moyenne pour obtenir un score pour chaque participant sur les cinq caractéristiques suivantes : ouverture d'esprit à l'expérience, conscienciosité, extraversion, agréabilité et névrotisme.

Le questionnaire TAM, quant à lui, évalue plusieurs facteurs à l'aide de questions simples posées à la suite de l'expérience. Les facteurs comprennent la performance de l'exosquelette qui décrit le sentiment d'amélioration des conditions de travail du participant. Aussi, l'utilité de l'exosquelette décrit sa pertinence pour la tâche effectuée. La sécurité décrit la confiance du participant et son sentiment de sécurité face au danger représenté. L'esthétique décrit la perception visuelle apportée par le dispositif. Le confort indique le sentiment ressenti par le participant. Enfin, la sensation de poids indique si le participant a été gêné par le poids de l'exosquelette. Finalement, la facilité d'utilisation indique si la prise en main et l'utilisation a été rapide à comprendre et à assimiler.

La troisième partie du questionnaire concerne les informations des participants, en effet ils doivent renseigner leur âge, genre et taille de leur main. Pour finir, ils doivent renseigner quel type d'exosquelette ils ont déjà utilisé. Ce questionnaire a fait l'objet d'un examen du comité d'éthique de la recherche non interventionnelle (CERNI) de Nantes Université et sa validation est enregistré sous le numéro de référence n°28062022.

3.2. Organisation de l'expérience

La personne dirigeant l'expérience réalise un briefing sur l'expérience et précise quelles données sont collectées. Le participant remplit ensuite un formulaire de consentement éclairé. La personne dirigeant l'expérience se met alors à une table depuis laquelle il gère les enregistrements. Ensuite, elle présente l'exosquelette (capteurs, télécommande) puis des exercices à réaliser.





Figure 2 : Activité de vissage/dévisage à différentes hauteurs (a) ; Activité de transports de charge (b)

Les exercices à réaliser ont été définis avec les applications préconisées par Bioservo. Les applications de l'IronHand concernent l'utilisation d'outils à guidage manuel, l'entreposage, la manipulation de charges lourdes. Le premier exercice consiste, avec une perceuse, à visser 10 vis à différents niveaux sur une planche en bois puis de les dévisser. Cet exercice permet d'avoir une tâche répétitive avec un besoin de force de préhension pour maintenir la perceuse (Figure 2a). Le deuxième exercice consiste à déplacer 10 cartons d'une masse d'environ 10kg d'une table à une autre environ espacé de 2 mètres. Cet exercice permet d'avoir une tâche d'entreposage répétitive (Figure 2b).

Un QR code est mis à disposition pour leur donner accès au questionnaire (cela permet de ne pas leur demander leur adresse mail). Le participant a une première partie du questionnaire à remplir sur son niveau technologique. Ensuite, le participant réalise les exercices sans l'exosquelette.

La personne dirigeant l'expérience mesure la main du participant pour choisir correctement le gant en se référant au tableau de mesures préconisé par Bioservo. Le participant met en place l'exosquelette et prend en main l'IronHand avec la manipulation d'une gourde, le serrage de la main du participant précédent et la manipulation des niveaux de puissances sur la télécommande. Ensuite, le participant réalise les exercices avec l'exosquelette. Lorsque les exercices ont tous été réalisés, le participant enlève l'IronHand et poursuit le questionnaire.

En toute fin du questionnaire, il remplit son âge, sa taille, son genre et sa manualité. Quand l'étude est terminée, le participant peut librement discuter avec l'expérimentateur. L'expérience dure environ une vingtaine de minutes. Le temps de l'expérience dépend de la phase de familiarisation avec le gant.

4. RESULTATS

Vingt et une personnes ont réalisé les manipulations avec l'IronHand sur les deux exercices proposés ainsi que sur le questionnaire fourni. Les données recueillies ont

permis de calculer les différents indicateurs. L'âge moyen des participants est de 24 ans, leur taille moyenne de 179 cm, 4.76 % des répondants étaient des femmes et 95.24% des hommes. Tous les participants étaient des étudiants. 14% d'entre eux avaient déjà utilisé un exosquelette auparavant.

Pour réaliser l'étude des réponses du questionnaire, les valeurs : « Fortement en désaccord », « En désaccord », « Plutôt en désaccord », « Ni d'accord ni en désaccord », « Plutôt d'accord », « D'accord », « Tout à fait d'accord », ont été modifiées par des valeurs numériques de 1 à 7. 1 est égale à « Fortement en désaccord » et 7 à « Tout à fait d'accord ».

4.1. Validation des échelles de mesure

Pour valider les échelles de mesure utilisées, nous avons choisi d'effectuer une étude de l'alpha de Cronbach [12] sur l'ensemble du questionnaire. L'alpha de Cronbach est une mesure de fiabilité interne qui est couramment utilisée pour évaluer la cohérence d'un ensemble de questions ou d'items dans un questionnaire ou une échelle de mesure. En d'autres termes, il permet de savoir si les questions posées mesurent effectivement la même chose et si elles sont cohérentes entre elles. Un alpha de Cronbach élevé (généralement supérieur à 0,7) indique une forte cohérence entre les items et une fiabilité élevée de l'échelle de mesure. En revanche, un alpha de Cronbach faible (inférieur à 0,5) indique une faible cohérence entre les items et une fiabilité insuffisante de l'échelle de mesure. Nous avons considéré qu'une valeur supérieure à 0,6 est acceptable compte tenu du faible nombre d'échantillons mesurés [13]. Si cette valeur est trop faible, nous nous permettons de supprimer une question pour améliorer la cohérence interne de la dimension. Le questionnaire complet a un alpha de Cronbach d'environ 0,72, ce qui nous permet de montrer sa pertinence. De même, le questionnaire technologique a un score pertinent de 0,76. Enfin, la deuxième section du questionnaire offre des résultats plus contrastés sur ces dimensions, les questions étant issues de questionnaires moins répandus et éprouvés. Nous avons donc dû en supprimer certaines sur différentes dimensions pour obtenir des scores nous permettant de valider ces échelles de mesure.

Par conséquent, le critère « Confort » a été raccourci de deux questions. De plus, aucun résultat n'a été supprimé pour une mauvaise réponse à une question d'attention placée au hasard dans le questionnaire. L'ensemble des alphas de Cronbach se trouve dans le tableau 1

Tableau 1 - Alpha de Cronbach

	Cronbach
Tous	0,72
Niveau technologique	0,76
Sécurité	0,92
Confort	0,55

Performance	0,73
Utilité	0,74
Esthétique	0,65
Suivi des intentions	0,68

4.2. Analyse directe

Les résultats du questionnaire sont présentés dans la figure 3. Le niveau technologique des participants est assez hétérogène avec une moyenne de 4.5 et une variabilité très étendue. Cela s'explique par le fait que la population d'âge a des parcours scolaires différents.

Les résultats du questionnaire de l'expérience montrent que les sujets se sentent en sécurité avec l'exosquelette (Moyenne de 5.3). De plus, les participants pensent que leurs performances sont améliorées (Moyenne de 4.5) et que l'exosquelette suit correctement leur intention lors des tâches (Moyenne de 5), cependant l'utilité de l'exosquelette est mitigée entre les participants mais l'IronHand semble utile (moyenne de 4.5) pour les deux exercices réalisés.

Ensuite, les sujets sont convaincus par l'esthétique de l'IronHand (Moyenne de 5.3) à condition de ne pas considérer la question portant sur la taille du sac à dos faisant chuter l'alpha de Cronbach (Alpha de Cronbach de 0.45). On notera qu'ils sont divisés pour le confort du gant et du sac à dos avec des avis entre 3 et 6.

Ces résultats montrent des éléments intéressants sur l'exosquelette. Nous pensions préalablement que l'expérience serait positive mais les résultats obtenus montrent que l'adaptation est à relativiser. On voit très clairement que le confort est un élément sur lequel il est important de travailler. L'utilité est éventuellement à revoir car sur une période d'utilisation de quelques heures, le score pourrait être revu à la hausse. Nous nous sommes interrogés sur le niveau technologique et avons supprimé 5 participants ayant un niveau technologique bas. Les résultats n'ont pas permis de cerner d'autres aspects.

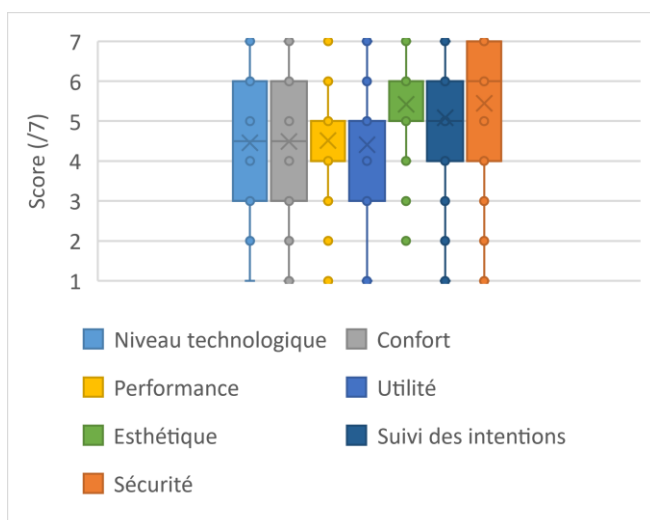


Figure 3 : Résultats obtenus

4.3. Analyse du coefficient de corrélation

Nous avons donc choisi de procéder à une analyse en utilisant le coefficient de corrélation de Pearson entre chaque dimension du questionnaire. Cette analyse permet de savoir si les deux variables sont corrélées positivement (c'est-à-dire qu'elles augmentent ou diminuent ensemble), négativement (c'est-à-dire qu'elles varient en sens opposé) ou pas du tout corrélées. Le coefficient de Pearson varie entre -1 et 1. Un coefficient de 1 indique une corrélation positive parfaite, c'est-à-dire que les deux variables augmentent ou diminuent ensemble de manière parfaite. Un coefficient de -1 indique une corrélation négative parfaite, c'est-à-dire que les deux variables varient en sens opposé de manière parfaite. Un coefficient de 0 indique qu'il n'y a aucune corrélation entre les deux variables.

Celui-ci est présenté ci-dessous. Le but de cette analyse est de montrer que certaines dimensions du questionnaire sont corrélées entre elles, ce qui représente la même expérience utilisateur. On peut observer sur la figure 4, le corrélogramme des données. Il y a deux principales corrélations : Performance/Utilité et Utilité/Confort. Cette dernière représentation faisant le lien entre ces 3 grandeurs permet clairement de mettre en avant l'amélioration du produit à mettre en place : le confort !

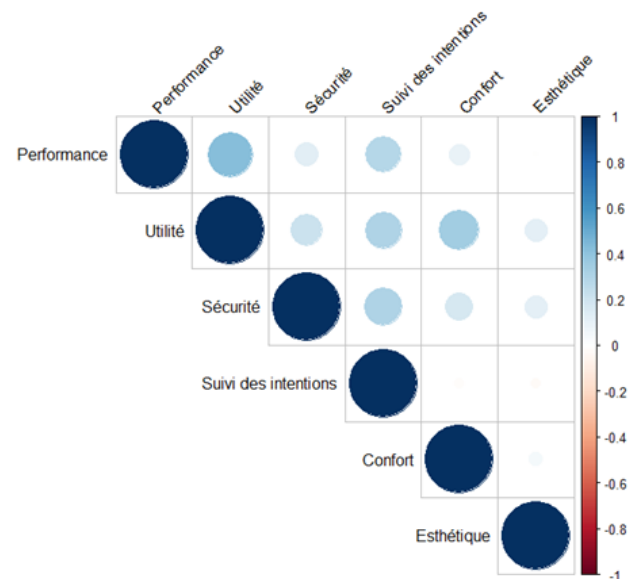


Figure 4 : Corrélogramme des données

4.4. Conclusion de cette étude

Les résultats obtenus à travers la démarche méthodologique mise en avant par [2] ont permis de cerner le point faible de cet équipement pour améliorer son acceptation. Dès lors, il serait pertinent de mener des entretiens semi-directifs avec les participants pour comprendre les attributs sur lesquels travailler pour améliorer le confort et plus globalement l'expérience utilisateur de cet équipement qui est disponible à la location.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ces travaux mettent en avant l'utilisation d'une démarche méthodologique pour étudier les éléments menant à une acceptation d'un dispositif à partir de questionnaires. Les principaux résultats concernent le manque de confort du dispositif et l'importance de mener une analyse plus poussée de l'expérience utilisateur du produit.

Ces travaux ont permis également de réfléchir à un préhenseur multi-pièce basé sur le gant IronHand. L'acquisition d'une main en silicone fixée en bout de robot a permis de faire des essais de préhension d'objets (Figure 5). La difficulté de positionnement de la main au regard de l'objet nous pousse à développer des algorithmes d'estimation de poses de main à partir de la bibliothèque OpenCV [14]. Ces travaux s'inscrivent dans un ensemble de recherche traitant de l'apprentissage par imitation (Figure 6) et plus globalement du projet ANR AIBY4 visant deux axes applicatifs – Industrie du futur et Santé du futur – et deux axes plus théoriques – IA par les humains et IA pour les humains.



Figure 5 : test de préhension d'objets : balle, tissus



Figure 6 : Installation de la main sur un robot collaboratif

RÉFÉRENCES

- [1] Gull, M. A., Bai, S., & Bak, T. (2020). A review on design of upper limb exoskeletons. *Robotics*, 9(1), 16.
- [2] 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*.
- [3] Sim, D. Y. Y., & Loo, C. K. (2015). Extensive assessment and evaluation methodologies on assistive social robots for modelling human-robot interaction—A review. *Information Sciences*, 301, 305-344.
- [4] Penner, D., Abrams, A. M. H., Overath, P., Vogt, J., & Beckerle, P. (2019). Robotic leg illusion: System design and human-in-the-loop evaluation. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 49(4), 372-380.
- [5] Moyon, A., Poirson, E., & Petiot, J.-F. (2019). Development of an acceptance model for occupational exoskeletons and application for a passive upper limb device. *IIEE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 7(3-4), 291-301.
- [6] Subrin, K., Muller, T., Gonzalez Ojeda, I. d. J., Garnier, S., Meriau, B., & Furet, B. (2019). Cobotization of polishing operations for large composite parts. In *16th National Smart Conference* (pp. 1-6).
- [7] Henderson, M. M. (2015). Industrial robot acceptance: Effects of workforce demographics and establishing a culture of acceptance within manufacturing industry (Doctoral dissertation, Department of Engineering Management, University of South Carolina).
- [8] Hsieh, Y.-H., Huang, Y.-C., Young, K.-Y., Ko, C.-H., & Agrawal, S. K. (2016). Motion guidance for a passive robot walking helper via user's applied hand forces. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 46(6), 869-881.
- [9] Chien, S.-Y., Lewis, M., Sycara, K., Kumru, A., & Liu, J.-S. (2020). Influence of culture, transparency, trust, and degree of automation on automation use. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 50(3), 205-214.
- [10] Hu, Y., Benallegue, M., Venture, G., & Yoshida, E. (2020). Interact with me: An exploratory study on interaction factors for active physical human-robot interaction. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5(4), 6764-6771.
- [11] Roth, G., Schulte, A., Schmitt, F., & Brand, Y. (2020). Transparency for a workload-adaptive cognitive agent in a manned-unmanned teaming application. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 50(3), 225-233.
- [12] Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- [13] Bujang, M. A., Omar, E. D., & Baharum, N. A. (2018). A review on sample size determination for Cronbach's alpha test: A simple guide for researchers. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 25(6), 85-99.
- [14] Zhang, F., Bazarevsky, V., Vakunov, A., Tkachenka, A., Sung, G., Chang, C. L., & Grundmann, M. (2020). Mediapipe hands: On-device real-time hand tracking. *arXiv preprint arXiv:2006.10214*.