



Apport de la médecine du travail dans le processus d'intégration d'un exosquelette au sein d'une activité logistique.

ALSAT

17 novembre 2023



1. Introduction

- Présentation de CFL Logistics,
- Présentation du poste de magasinier « Tarkett »,
- Déroulement de l'intégration de l'exosquelette au sein de l'entreprise.

2. Matériel et méthode

- Présentation de l'exosquelette de la marque German Bionic©,
- Le protocole d'évaluation.

3. Résultats

4. Conclusion

- CFL logistics, filiale de CFL multimodal, est un opérateur de logistique multimodale.
 - Services d'entreposage (nourriture, médicaments, gomme pour pneus, parquets stratifiés,...),
 - Transports routiers,
 - Affrètement et agence en douane.
- Les entrepôts de CFL logistics se situent à Bettembourg et sur le parc logistique Eurohub Sud de Dudelange.
- 180 employés au sein de CFL Logistics.
- Département Tarkett©: 23 salariés dont **13 magasiniers.**



Poste à forte contrainte physique:

- Rotation dans les activités en cours de poste: entreposage sur rack (conduite d'engins de levage: chariots élévateurs ou high racker), packing (cerclage et filmage des palettes), **picking**.
- Poids moyen d'un colis à déplacer: de 15 à 18 kg
- Tonnage maximal déplacé par poste et par opérateur : jusqu'à **10 t**
- Colis de tailles et dimensions variables, organisation spatiale -> difficilement automatisable.
- Ambiance thermique +/- stable, charge mentale et psychique modérée.

Problématique RH et médecine du travail:

- Vieillesse des salariés (moyenne d'âge 43 ans, [32-54]).
- TMS (lombalgies, scapulalgies..).
- Recours à l'interim par l'employeur (limité),
- Turn-over du personnel,
- Réputation du poste d'être le plus physiquement pénible de l'entrepôt -> frein à la mobilité interne.



Printemps 2022

Décision de CFL Logistics et du département innovation de **louer un exosquelette** de la marque German Bionic pour 2 ans pour soulager les magasiniers Tarkett

Octobre – Novembre 2022

Elaboration du protocole d'évaluation par **le service de santé au travail** et présentation aux parties prenantes: magasiniers participants à l'étude, délégation du personnel et membres du groupe de travail.

Septembre 2022

Proposition du service de santé au travail **d'évaluer l'impact de l'exosquelette** sur les collaborateurs. Réponse **favorable** de l'entreprise et création d'un **groupe de travail pluridisciplinaire**: RH, Juristes, QSE, terrain,...

Février - Avril 2023

Réalisation du protocole, analyse des mesures et **présentation des résultats.**

Matériel & Méthode

- Passifs



- Actifs



- Exosquelette **actif** de la marque German Bionic© (disposant d'une assistance motorisée par 2 servomoteurs et d'une batterie amovible et rechargeable de 40V type «Makita»).
- Assistance pour les efforts s'exerçant au niveau de la colonne lombaire et des hanches.
- Poids total du dispositif avec batterie et harnais : 7 kg
- Durée de fonctionnement de l'exosquelette avec une batterie chargée : environ 4h.



4 magasiniers concernés par l'étude

2 évaluations: une objective et une subjective

Evaluation objective : Cardiofréquencemètrie

- Objectif: confirmer (ou pas) la diminution des astreintes physiques des collaborateurs de CFL Logistics Tarkett© dans l'accomplissement de leur tâche grâce à l'exosquelette
- Les composantes de la charge de travail:
 - La charge physique,
 - ~~La charge thermique,~~
 - ~~La charge mentale,~~
 - ~~La charge psycho-sensorielle.~~
- l'intérêt de la cardiofréquencemètrie: **relation linéaire** entre la puissance musculaire développée par un sujet à l'effort et sa fréquence cardiaque au cours de cet effort (<90% VO2max)
- Tâches standardisées à effectuer à J1 sans exosquelette et à J2 avec exosquelette.
- Période préalable de plusieurs semaines d'apprentissage et de maîtrise de l'exosquelette.

Evaluation subjective: Questionnaire

- Objectif: détecter d'éventuels points négatifs à l'utilisation de l'exosquelette tels que:
 - L'inconfort,
 - La gêne à l'exécution de certains mouvements,
 - L'apparition de nouvelles contraintes biomécaniques,
 - Le stress ou accroissement du risque pour la sécurité des collaborateurs,...
- Pas de questionnaire préexistant -> **création d'un questionnaire** (basé sur une publication de l'INRS ED6315 « Acquisition et intégration d'un exosquelette en entreprise »).
- 23 points d'attention + 3 questions subsidiaires et 1 recueil des remarques libres des participants.

- Comment comparer des salariés avec des capacités cardiaques et des âges différents ? -> En utilisant la méthode des coûts cardiaques (Evaluation de la pénibilité selon la **méthode de Meunier, Smolik et Knoché**).
- 3 critères pris en compte : la fréquence cardiaque moyenne, le 99ème percentile (valeurs de crête) et le coût cardiaque moyen.
- Fréquence cardiaque de repos (FC0) = 1^{er}. percentile des mesures (Coût cardiaque = 0%)
- FCMT = 220 – âge (Coût cardiaque = 100%)
- Durée des enregistrements à J1 et J2 : 2 heures
- Cardiofréquencemètre «grand public»: ceinture thoracique avec capteur polar H10 + application Polar flow© sur smartphone (export des données en format XLS).



Fig. 17 : Représentation graphique des coûts cardiaques moyens et crête © Ph. Meunier.

	Lundi 6 mars 2023	Mardi 7 mars 2023
Matériel(s)	Ceinture cardiofréquencemètre	Ceinture cardiofréquencemètre + exosquelette
Durée	2h par personne et par journée	
Nombre de colis à manutentionner	Environ 290 colis	
Nombre de palettes à réaliser	15 palettes (8min par palette : Transport/manutention/BL)	

Grille de pénibilité de MEUNIER

(à utiliser à partir de la référence du 1^{er} Percentile de travail)

in « Astreinte cardiaque de travail : quelle grille d'évaluation choisir ? » Meunier Ph., Smolik H.J., Knoché C. Cahiers de Médecine Interprofessionnelle CAMIP, 1994-2, pp153-158

Indice de cotation	FC moy (Bat/min)	99ème percentile (Bat/min)	CCR moy (%)	Score total	Niveau de pénibilité
5 points	120 et +	150 et +	40 et +	13 à 15 points	Très lourd
4 points	110 à 119	140 à 149	30 à 39	10 à 12 points	Lourd
3 points	100 à 109	130 à 139	20 à 29	7 à 9 points	Plutôt lourd
2 points	90 à 99	120 à 129	10 à 19	4 à 6 points	Modéré
1 point	80 à 89	110 à 119	0 à 9	1 à 3 points	Léger

Dr Ph. MEUNIER

- 23 points d'attention qui se répartissent en 5 catégories :
 - **L'appropriation du matériel par les utilisateurs.**
 - **L'utilité du matériel.**
 - **L'utilisabilité du matériel.**
 - **L'impact de l'exosquelette.**
 - **La sécurité.**
 - Cotation de 1 à 5 selon l'échelle de Likert (1 = Pas du tout d'accord; 5= Tout à fait d'accord).
 - Les 4 salariés participants n'ont pas eu accès au questionnaire avant leurs interviews et n'ont pas pu se concerter avant sur leurs réponses
 - Pour chaque item : calcul de la **moyenne et de l'écart-type** (la moyenne permet de dégager une tendance, l'écart-type est un indicateur de cohérence au sein des réponses : plus l'écart-type est petit, plus les salariés ont répondu de façon homogène à une question).
 - Représentation des résultats sous forme de **diagrammes en radar**
-
- Parmi les questions subsidiaires, deux portent sur **l'amélioration** éventuelle de **douleurs** préexistantes grâce à l'exosquelette ou, a contrario, **l'aggravation ou l'apparition** de douleurs depuis son déploiement. Les douleurs éventuelles ont été décrites par leur localisation et leur intensité selon un modèle de type « **questionnaire nordique** » (Kuorinka – Roquelaure).
 - La dernière question subsidiaire a trait au souhait de continuer à travailler avec ce modèle d'exosquelette (nécessitant une réponse binaire « oui-non »).

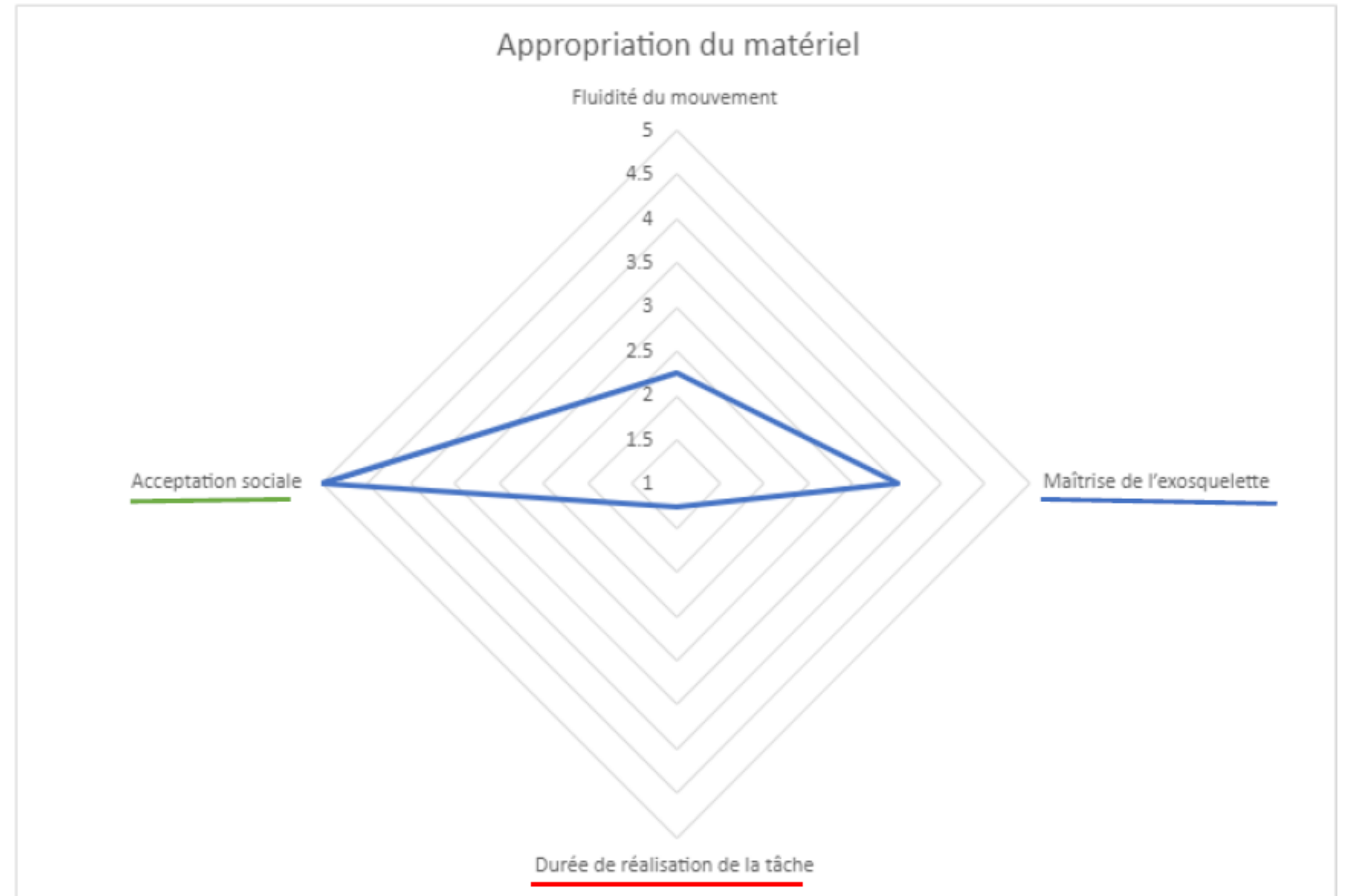
Résultats

- Pour 3 salariés sur 4, l'exosquelette a diminué de le coût cardiaque moyen durant le test et a donc permis une diminution de l'effort physique fourni pour accomplir la tâche demandée.
- Pour un collaborateur l'ensemble des paramètres de pénibilité se sont dégradés en portant l'exosquelette.
- Causes possibles :
 - Stress ?
 - Problèmes de réglages -> Lutte contre l'exosquelette ?
 - Poids de l'exosquelette venant se surajouter à une surcharge pondérale ?

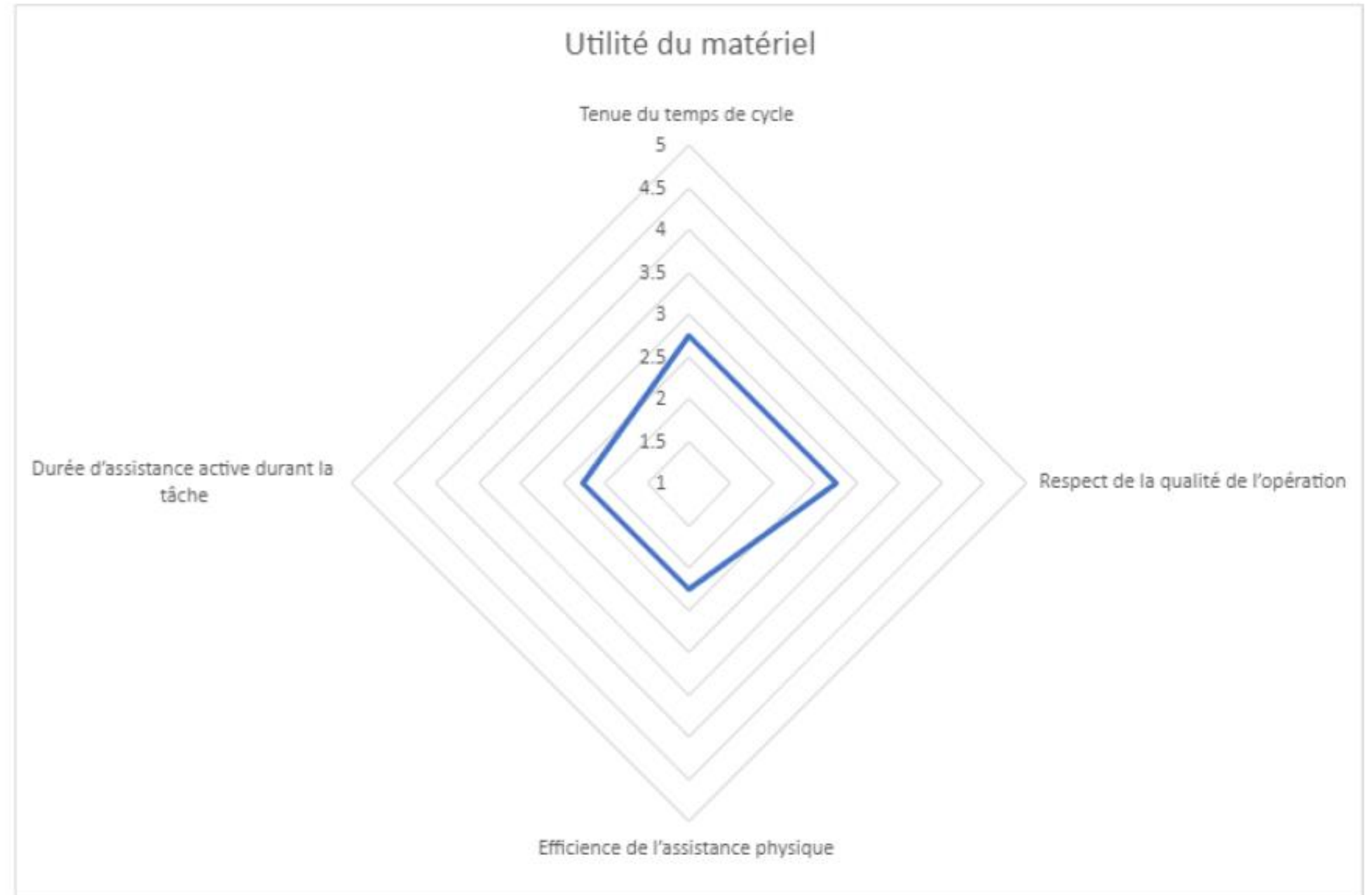
	Salarié 1	Salarié 2	Salarié 3	Salarié 4
Âge (années)	42	35	30	42
Fréquence maximale théorique (bpm*)	178	185	190	178
Evolution valeur de crête avec Exosquelette (%) entre J1 et J2	11%	-11%	-1%	-4%
Evolution coût cardiaque avec Exosquelette (%) entre J1 et J2	20%	-19%	-6%	-28%
Evolution grille de Meunier avec Exosquelette entre J1 et J2	2	-2	-1	-1
Pénibilité du travail J1 selon grille de Meunier	Modéré	Plutôt lourd	Léger	Modéré
Pénibilité du travail J2 selon grille de Meunier	Plutôt lourd	Plutôt lourd	Léger	Modéré
Evolution fréquence cardiaque moyenne (%)	6%	-6%	1%	-2%

* bpm = battements par minute

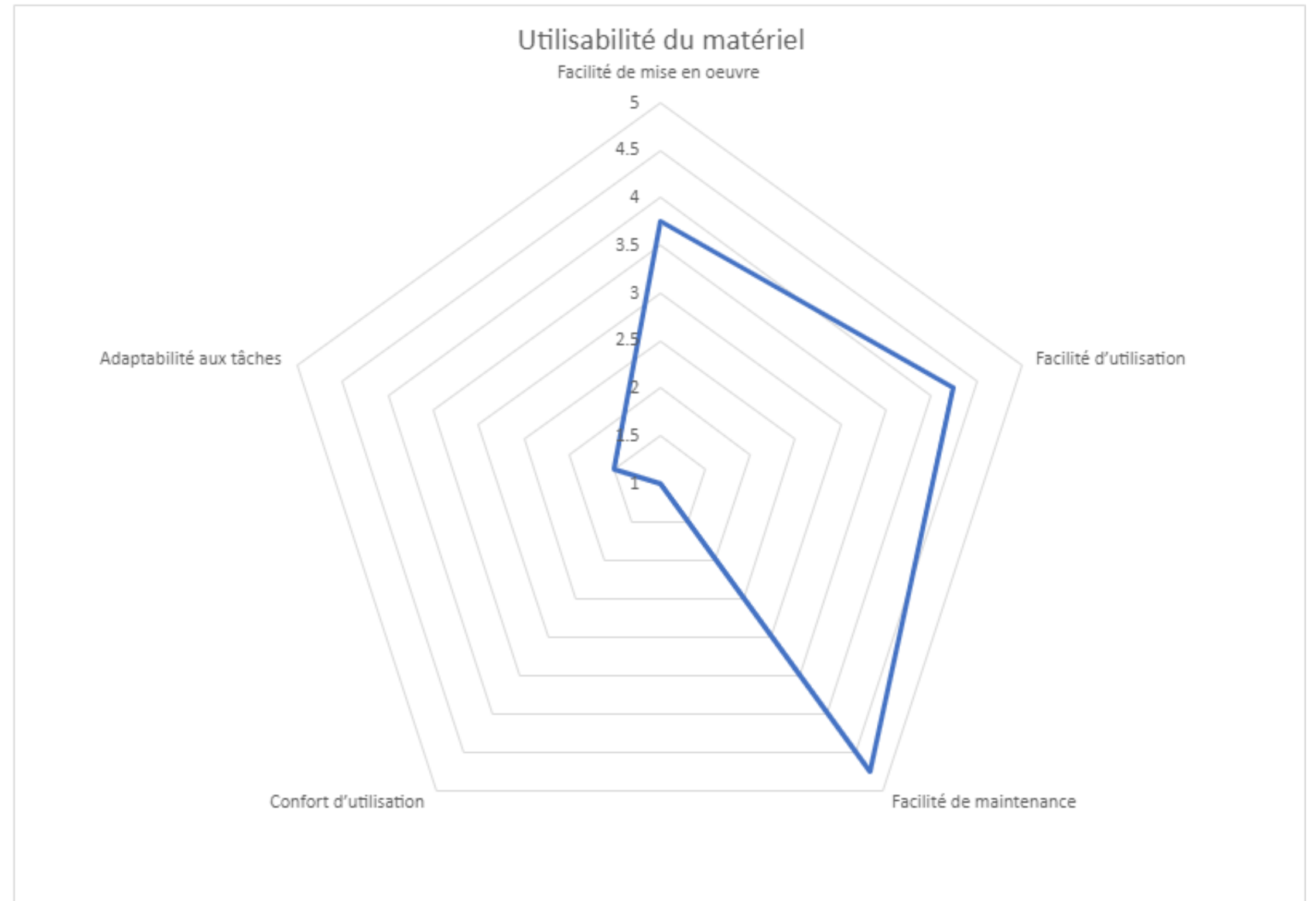
- **L'acceptation sociale de l'exosquelette est excellente.** Cela signifie que les participants acceptent de porter l'exosquelette sans honte et sans craindre le regard ou les réflexions de leurs collègues ou de leur hiérarchie.
- En revanche, tous les participants ont souligné le ressenti **d'un grand ralentissement dans la réalisation** de leurs tâches du fait de l'exosquelette.
- Les mouvements avec l'exosquelette sont jugés comme peu fluides mais ce sujet ne fait pas consensus au sein des participants.



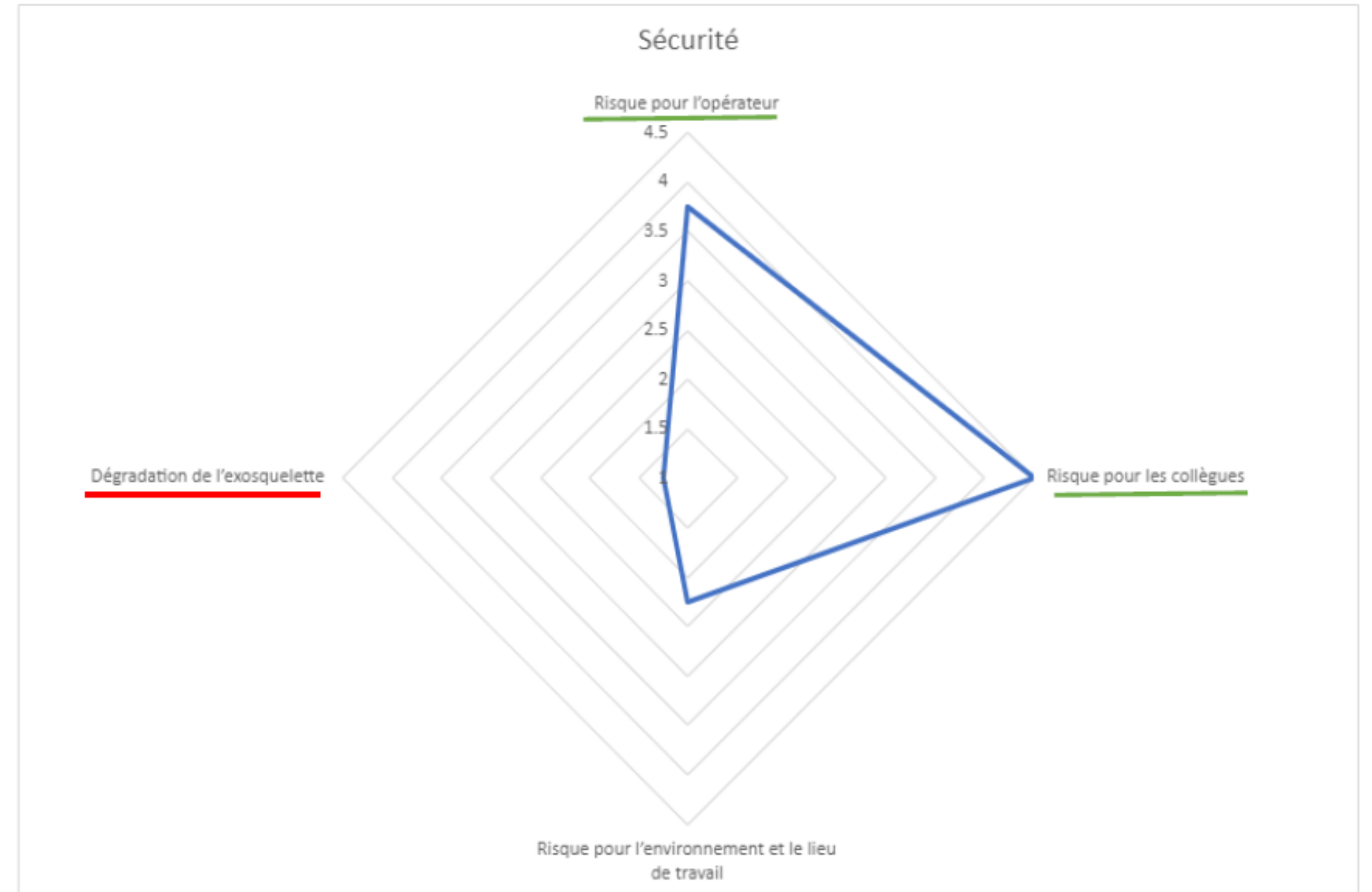
- Les réponses données manquent d'homogénéité, il est donc difficile d'accorder une valeur importante aux tendances observées.
- On note toutefois que **l'exosquelette a peu d'influence sur la qualité du travail accompli.**
- L'aide apportée par l'exosquelette **est plutôt jugée insuffisante** par les participants, tant en termes d'efficacité physique que de durée d'assistance ou de fréquence.



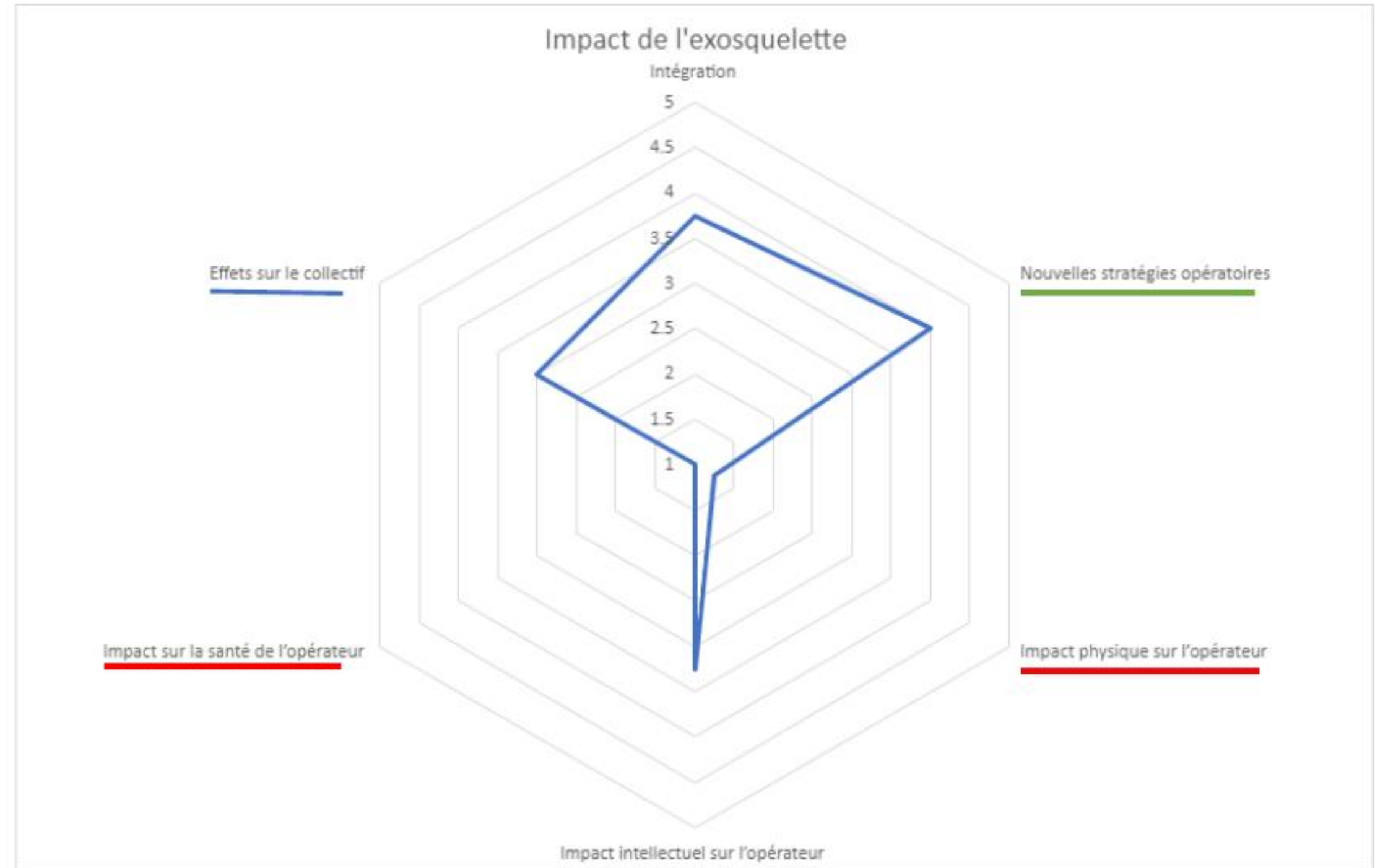
- L'exosquelette utilisé dans cette étude est **facile à mettre et à enlever**, il est également **facile d'utilisation et d'entretien** (nettoyage et changement des batteries).
- Il est en revanche jugé **inconfortable et inadapté aux tâches requises sur le poste**.

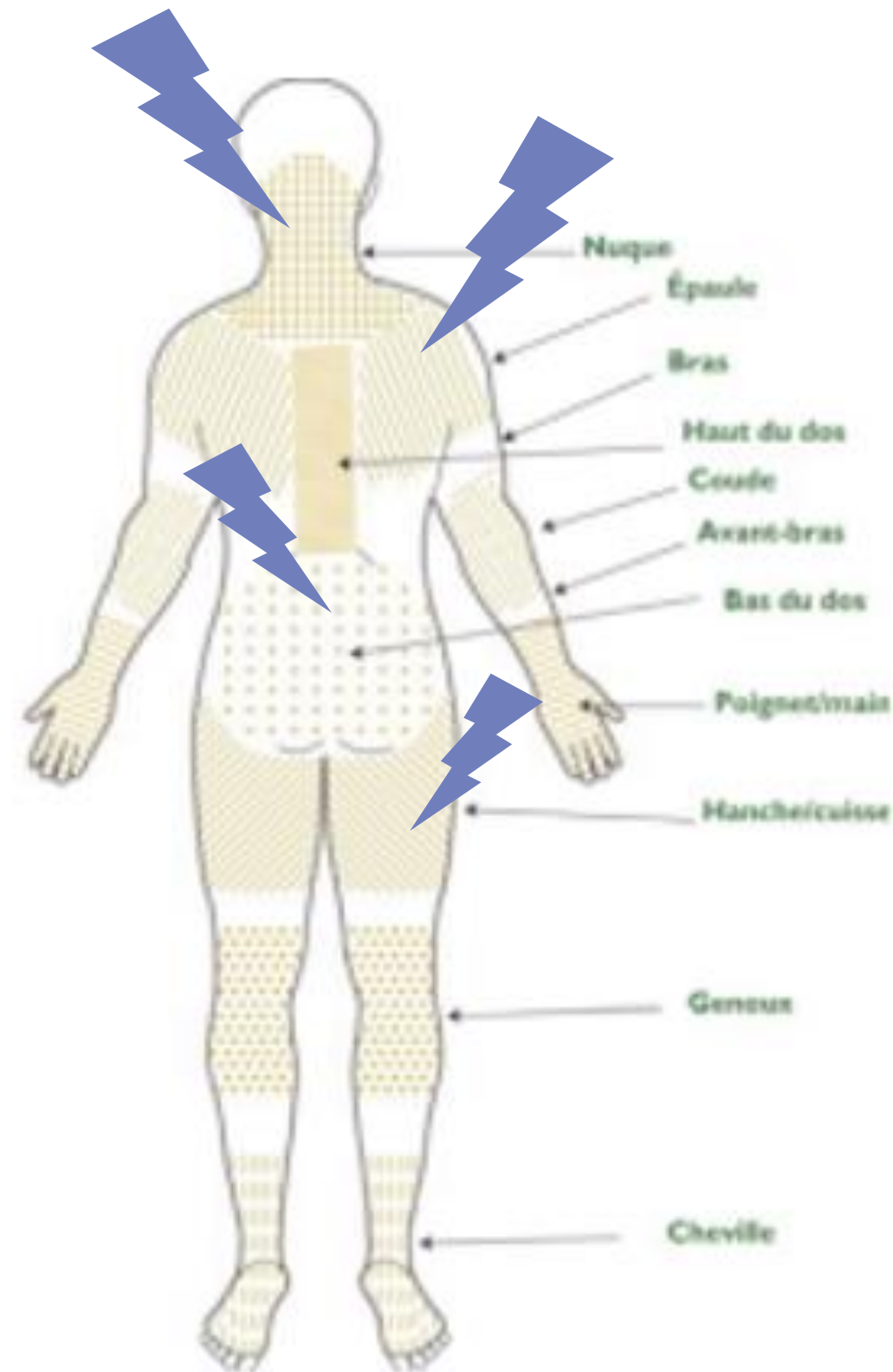


- L'exosquelette est jugé comme un dispositif **sûr** par les participants qui considèrent que leur sécurité ainsi que celle de leurs collègues n'est pas mise en danger par cette technologie.
- Ils sont en revanche unanimes sur le fait que l'appareil **subit des chocs et des dégradations importantes** dans le cadre de leur activité professionnelle.
- Dans une moindre mesure l'appareil occasionne également des **dégradations sur le lieu du travail**.



- l'entreprise a été **capable d'adapter son organisation de travail** à l'arrivée de l'exosquelette
- L'exosquelette a été plutôt bien intégré dans le processus de travail.
- Cette technologie a été jugée **neutre** en ce qui concerne la **collaboration** entre collègues ou la répartition des tâches **ainsi qu'en terme d'effort intellectuel** à fournir dans la réalisation du travail.
- **En revanche, tous ont noté un impact négatif de ce dispositif sur leur santé ainsi que sur l'apparition de nouvelles contraintes physiques.**





- À la question « Depuis que vous utilisez l'exosquelette avez-vous constaté une amélioration de douleurs préexistantes ? » **tous les salariés interrogés ont répondu qu'ils n'avaient pas constatés d'amélioration.**
- À la question « Depuis que vous utilisez l'exosquelette avez-vous constaté **l'apparition de nouvelles douleurs ou une aggravation de douleurs préexistantes**, si oui pourriez-vous quantifier cette douleur ? » les réponses données ont été reportées dans le tableau suivant :

Localisation de la douleur	Nombre de salariés concernés	Cotation de la douleur (échelle de 0 à 10)
Nuque/cou	3	4,67
Epaule/ bras	4	4,25
Bas du dos	2	3,5
Hanche/ cuisse	2	5

- Tous les participants ont exprimé le souhait de ne pas continuer à utiliser ce modèle d'exosquelette à l'avenir.

Conclusion

Conclusion

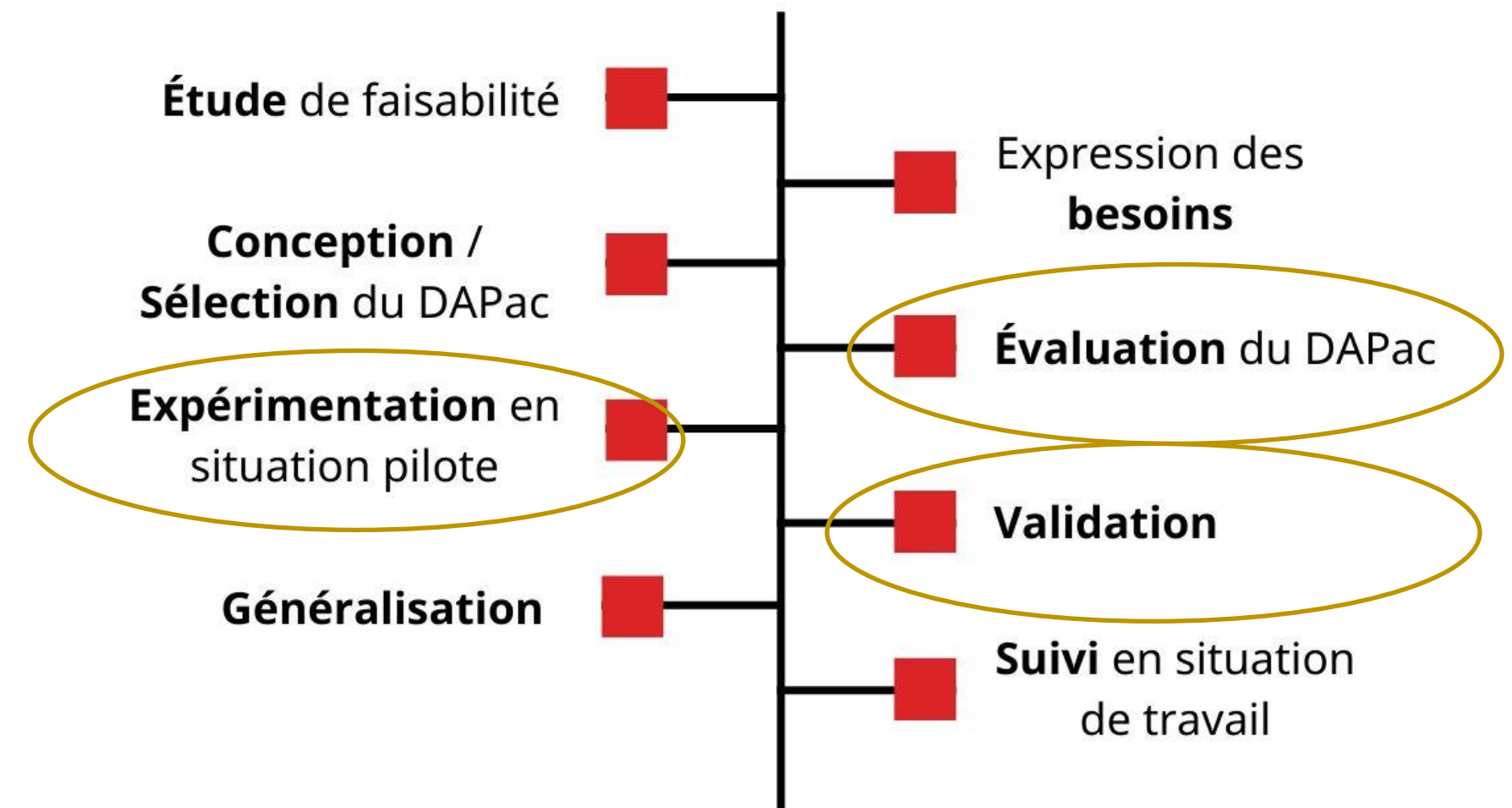
- L'évaluation cardiofréquencemétrique semble avoir montré une **diminution de l'astreinte physique** chez 3 salariés sur 4 (coûts cardiaques, valeurs de crête) mais,...
- L'évaluation subjective a révélé :
 - **Un ralentissement dans l'exécution des tâches,**
 - Tous les participants ont noté **un impact négatif de ce dispositif sur leur santé (douleurs)** ainsi que sur l'apparition de nouvelles contraintes physiques.
- **Suite à cette évaluation l'entreprise a décidé de renoncer à étendre le dispositif d'exosquelette pour les salariés de CFL Logistics et de mettre en pause l'expérimentation de l'exosquelette au sein du département Tarkett.**
- **Limite de l'étude: Le nombre d'opérateurs ayant participé à l'étude (4 magasiniers)**
- **Projet qui a permis un travail pluridisciplinaire impliquant de nombreux services : service de santé au travail , service QSE, service RH , service innovation, service juridique et les services opérationnels (CFL Logistics).**

Conclusion

- **Depuis le 26/07/2023:** Parution de la norme NF X35-800 de l'AFNOR qui offre aux entreprises une méthodologie claire pour leur projet d'intégration d'exosquelette.



Norme AFNOR Intégration d'exosquelette



- DAPac = dispositifs d'assistance physique à contention.

CFL

**Merci pour votre
attention!**

