



HAL
open science

L'humain au cœur des systèmes de production circulaires : comment améliorer la montée en compétences et les conditions de travail des opérateurs de la circularité ?

Adrien Teinturier, Nancy Nadiman, Aurélie Landry, Maxence Denu

► To cite this version:

Adrien Teinturier, Nancy Nadiman, Aurélie Landry, Maxence Denu. L'humain au cœur des systèmes de production circulaires : comment améliorer la montée en compétences et les conditions de travail des opérateurs de la circularité ?. 1er Congrès Interdisciplinaire sur l'Economie Circulaire (CIEC 2024), AIFREC (Association Interdisciplinaire Française pour la Recherche en Economie Circulaire), Jun 2024, Montpellier, France. hal-04661669

HAL Id: hal-04661669

<https://hal.science/hal-04661669>

Submitted on 25 Jul 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.



L'humain au cœur des systèmes de production circulaires : comment améliorer la montée en compétences et les conditions de travail des opérateurs de la circularité ?

A. TEINTURIER^a, N. NADIMAN^a, A. LANDRY^a, M. DENU^b

^a *Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP*, LIG, 38000 Grenoble, France*

^b *Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP*, G-SCOP, 38000 Grenoble, France*

**Institute of Engineering Univ. Grenoble Alpes*

Auteur correspondant : maxence.denu@grenoble-inp.fr

Mots clés : économie circulaire, systèmes de production circulaires, montée en compétences, amélioration des conditions de travail, industrie 4.0

Abstract

Alors que les appels à transitionner vers des stratégies d'économie circulaire en industrie s'accroissent, de nouveaux systèmes de production doivent émerger pour permettre de remettre en service des produits ayant déjà eu une première vie. Les problématiques liées au développement de ces systèmes de production circulaires sont très nombreuses, que ce soit sur les aspects techniques, économiques, environnementaux et sociaux. Bien que de nombreuses publications scientifiques se soient intéressées à ces différents aspects, peu de chercheurs se sont concentrés sur la place des opérateurs au sein de ces processus. Cela est d'autant plus étonnant que le rôle de l'humain est déterminant dans le contexte des processus industriels circulaires, qui sont d'une complexité particulièrement élevée, de par leur objectif de remettre en service des produits usagés, dans des états très variables. Pour mener à bien ces missions, les opérateurs de ces systèmes de production doivent développer des compétences uniques pour recréer des produits à partir de pièces usagées. Les opérations à réaliser dans ce cadre ont également un impact important sur la santé de ces acteurs clés de la circularité. Cette communication a ainsi pour but d'étudier le processus de montée en compétences et les impacts sur la santé d'un processus circulaire au sein d'une entreprise de remanufacturing de produits électroniques. Des pistes de solutions sont également mises en avant, dans le cadre d'un projet de recherche pluridisciplinaire incluant des chercheurs en sciences humaines et sociales, et en ingénierie.

1. Introduction

L'économie circulaire a suscité l'attention d'un grand nombre de scientifiques pour faire état de toutes les possibilités liées à ce paradigme, qui se veut plus soutenable, notamment concernant les aspects environnementaux. Nombreuses stratégies circulaires consistent à prolonger, voire même redonner une nouvelle vie, à des produits de seconde main à travers des stratégies tels que la réparation, le reconditionnement ou la remanufacture [1]. Ces stratégies nécessitent l'avènement de nouveaux systèmes de production industriels qui se voient confrontés à de très nombreuses problématiques d'ordre économiques, environnementales et sociales [2]. La littérature sur les systèmes de production circulaires (SPC), notamment concernant la stratégie de remanufacturing qui consiste à recréer un produit comme neuf à partir d'un produit usagé, est en pleine croissance et propose de nombreuses solutions, tels que l'usage des technologies digitales de l'industrie 4.0 [3]. Plusieurs limites sont néanmoins à noter, telles que le manque de preuves concrètes sur les solutions proposées par les chercheurs et la faible attention donnée à l'aspect humain dans les SPC [2]. En effet, le rôle des opérateurs au sein de ces SPC est déterminant dans la mise en œuvre de ces méthodes de production, de même que pour les performances de ces systèmes. Les stratégies de réparation, reconditionnement ou remise à neuf consistent à prendre des produits dans des états très variables d'usure et de qualité, pour leur donner une nouvelle vie à travers des processus d'inspection, de nettoyage, de désassemblage, de réparation, de réassemblage [4]. Cela implique que chaque produit nécessite des processus personnalisés selon ses caractéristiques et son état, et donc des flux de production différents au sein d'un atelier circulaire [5]. Le traitement de chaque produit étant unique, ce dernier se repose principalement sur des compétences et des savoirs faire difficilement automatisables [6], et donc se reposant principalement sur des opérateurs qualifiés et expérimentés avec des compétences uniques [7]. Le besoin en main d'œuvre est donc très important, de même que le temps de formation pour acquérir une pluralité de compétences qui est très long [8,9]. Les compétences à acquérir sont plurielles et se construisent notamment autour de plusieurs sens, notamment tactiles, visuels et auditifs, et sont co-construits au sein d'un collectif de travail qui partage ces expériences et compétences en vue de recréer un produit [7]. La formation représente ainsi un enjeu clé dans le parcours d'un opérateur, que ce soit en termes de processus industriels ou de santé de l'opérateur. En effet, la montée en compétence permet à l'opérateur d'acquérir des réactions en cas d'expériences imprévus sur la ligne de production, et donc de renforcer sa capacité de résilience du point de vue de sa santé et de sa sécurité dans des situations imprévisibles [10].

Cet enjeu de préservation de la santé est en effet particulièrement déterminant dans les systèmes de production circulaires. Certains processus – tels que le désassemblage

ou le nettoyage – peuvent amener l’opérateur à adopter des postures contraignantes, à appliquer des efforts physiques importants ou à manipuler des produits potentiellement dangereux. La grande variabilité des opérations implique également qu’il est difficile de concevoir des outils standards adaptés pour les opérations, et des détournements d’usage d’outils sont régulièrement réalisés [2]. Enfin, la nécessité constante de trouver des solutions pour remettre une pièce en service, parfois sans disposer des informations techniques associées, peut demander une forte créativité et générer une charge mentale importante. Les risques associés aux processus circulaires peuvent ainsi être importants, que ce soit en termes de risques de troubles musculo-squelettiques ou de risques psychosociaux.

En surcroît des potentiels risques pour la santé et de la complexité des processus circulaires, certaines opérations peuvent donner un sentiment de déclassement aux opérateurs, qui doivent travailler avec des produits pouvant être sales, dégradés et qui nécessitent de constantes adaptations pour être remis en service.

Alors que les appels à transitionner vers des modèles circulaires se multiplient, il est plus qu’indispensable d’accroître les recherches sur la place de l’humain dans les SPC, qui est un facteur clé dans la performance industrielle et le déploiement de ces stratégies circulaires. Il est également urgent d’explorer les pistes de solutions suggérées dans la littérature en adoptant une approche systématique et pluridisciplinaire, en apportant des preuves concrètes sur leur pertinence et leur applicabilité dans des situations industrielles réelles.

Ainsi, cette communication propose un focus sur la montée en compétences et la préservation de la santé des opérateurs au cœur des opérations circulaires à partir d’une étude de cas industrielle en adoptant une approche centrée sur l’humain, proposé dans la Section 2. La méthodologie et les objectifs d’intervention concluront ce papier en Section 3.

2. Présentation et déroulé de l’étude de cas industriel

A la suite de la problématique de temps de formation très long rencontrés dans une entreprise réalisant du remanufacturing de produits électroniques, une équipe pluridisciplinaire de chercheurs en ergonomie, psychologie du travail et génie industriel a été mise en œuvre pour réaliser un diagnostic de la situation rencontrée par l’entreprise.

L’intervention s’est déroulée en plusieurs étapes. La première a été de réaliser des observations pendant plusieurs jours sur le site industriel, accompagnés d’entretiens

avec les acteurs clés du processus circulaire étudié. Ces observations ont permis de déployer un diagnostic ergonomique des postes de travail, et d'étudier le processus de montée en compétences des opérateurs. Un focus particulier a été adopté sur le processus de désassemblage, de nettoyage et de réassemblage des composants. Plusieurs challenges issus de la littérature mentionnée dans la Section 1 ont ainsi pu être relevés dans ce processus.

A la suite de ce diagnostic, une phase de recherche de solutions avec l'entreprise a été menée. Face à la difficulté de tester ces solutions sur le terrain dans des conditions expérimentales contrôlées, des expériences ont été menées sur une plateforme scientifique avec des participants pour reproduire certains des phénomènes observés dans le processus étudié et tester différentes suggestions d'amélioration à petite échelle. Ces simulations physiques ont également été complétées de l'usage d'un modèle de simulation digitale pour simuler l'impact de ces améliorations dans les conditions du systèmes industriels réels. Les améliorations testées sont d'ordres organisationnelles ou technologiques.

Cette étude a ainsi abouti à une série de recommandations pour l'entreprise en vue d'améliorer les conditions de travail et les performances du système de production.

3. Objectifs de la communication

L'objectif de cette communication est de présenter les différentes problématiques spécifiques aux SPC liées aux aspects de montée en compétences et de préservation de santé des opérateurs. Basé sur une étude de cas industriel, les différentes étapes et méthodologies de l'intervention vont être présentées.

Dans un premier temps, les résultats du diagnostic de la situation vont être proposés, en mettant notamment en avant une cartographie des compétences déployées dans le contexte de remanufacturing de l'entreprise industrielle. Cette première étape permet ainsi de saisir les compétences utilisées par les opérateurs de remanufacturing au sein de leur activité professionnelle et de pouvoir réaliser à partir de celles-ci, un diagnostic du dispositif de formation existant au sein de l'organisation industrielle. En effet, le diagnostic du dispositif de formation est essentiel afin de comprendre les problématiques qui se posent dans le cadre de l'organisation du travail d'une industrie circulaire. Cette étape permet ainsi d'amener un regard critique sur le dispositif en question afin d'accompagner l'entreprise dans une démarche d'amélioration de santé, d'efficacité et de montée en compétence de ces opérateurs. Par la suite, des scénarios de dispositif de formation seront proposés pour faciliter la montée en compétences d'opérateurs de remanufacturing, qui soient adaptés à la demande de l'entreprise et aux besoins des opérateurs. Certaines des améliorations proposées intègrent notamment des technologies digitales de l'industrie 4.0, afin d'étudier leur potentiel dans un contexte

d'économie circulaire. Cette communication se conclura par une présentation des limites et des opportunités liées aux propositions suggérées pour améliorer les conditions de travail et de formations des opérateurs au sein des systèmes de production circulaire.

Cette communication a été réalisée dans le cadre du projet de recherche pluridisciplinaire CIRCULAR de l'Université Grenoble Alpes, qui a pour objectif d'accompagner la transition des systèmes de production industriels vers une approche plus circulaire. Ce projet, impliquant 12 équipes de recherche et 3 plateformes technologiques, vise également à étudier l'apport de l'adoption de technologies digitales émergentes dans ces systèmes de production circulaire, avec pour objectif de répondre aux besoins des consommateurs tout en réduisant l'utilisation de ressources naturelles dans les systèmes de production industriels.

Références :

- [1] Potting J, Hekkert M, Worrell E, Hanemaaijer A, others. Circular economy: measuring innovation in the product chain. Planbur Voor Leefomgeving 2017.
- [2] Denu M, David P, Landry A, Mangione F. Exploring opportunities and barriers of digital technologies in circular manufacturing systems: An overview and a research roadmap. *Sustain Prod Consum* 2023;S2352550923002671. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.11.015>.
- [3] Jabbour A, Jabbour C, Godinho M, Roubaud D. Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. *Ann Oper Res* 2018;270:273–86. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2772-8>.
- [4] Sundin E. *Product and Process Design for Successful Remanufacturing*, 2004.
- [5] Klein J-F, Wurster M, Stricker N, Lanza G, Furmans K. Towards Ontology-based Autonomous Intralogistics for Agile Remanufacturing Production Systems. 2021 26th IEEE Int. Conf. Emerg. Technol. Fact. Autom. ETFA, 2021, p. 01–7. <https://doi.org/10.1109/ETFA45728.2021.9613486>.
- [6] Guelle K, Caroly S, Landry A. *The Remanufacturing Activity: Skills to Develop and Productive Organizations to Rethink*, 2022, p. 636–42. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74614-8_79.
- [7] Guelle K, Caroly S, Landry A. *L'activité de remanufacturing : de la construction des repères sur les potentiels au développement des compétences pour anticiper le travail futur*. Doctoral Thesis. Université Grenoble Alpes, 2023.
- [8] Kurilova-Palisaitiene J, Sundin E, Poksinska B. Remanufacturing challenges and possible lean improvements. *J Clean Prod* 2018;172:3225–36. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.023>.
- [9] Giutini R, Gaudette K. Remanufacturing: The next great opportunity for boosting US productivity. *Bus Horiz* 2003;46:41–8. [https://doi.org/10.1016/S0007-6813\(03\)00087-9](https://doi.org/10.1016/S0007-6813(03)00087-9).
- [10] Delgoulet C, Vidal-Gomel C. *Le développement des compétences : une condition pour la construction de la santé et de la performance au travail*. Ergon. Constr., Paris cedex 14: Presses Universitaires de France; 2013, p. 17–32. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0017>.