

Mémoire de fin d'étude :

*L'impact des choix technico-organisationnels sur les conditions
de travail et l'employabilité sur des populations fragilisées*

Maëline GREMILLET



Master Ingénierie de la santé

Parcours : Ergonomie Santé Développement

Tuteur de l'entreprise : Vincent LELORNE

Tuteur académique : Tommy DUBOIS

Année Universitaire 2024-2025

I. REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier Vincent LELORNE, mon tuteur, de m'avoir permis de réaliser mon contrat de professionnalisation au sein de son équipe et de m'avoir fait confiance suite à mon stage de M1 pour poursuivre l'acquisition de mes compétences apprises lors de ma formation.

Mes remerciements vont également à toute l'équipe de la prévention, Sandrine VOISIN, Damien DARRAS, Laurent VILLAIN, Livio MENEI, de m'avoir accompagnée sur différentes interventions et conseillée durant celles-ci. Un remerciement plus particulier à Yasmine ABDOUNE, collègue et camarade, d'avoir été une aide et une épaule au sein de l'entreprise.

Merci également à l'ensemble du personnel STELLANTIS qui ont participé à la réalisation de mon projet de fin d'études, qui ont fait en sorte de contribuer à la bonne réalisation de celui-ci dans mes démarches d'intervention dans l'entreprise.

Je tiens à remercier ma famille pour m'avoir soutenue tout au long de mon parcours scolaire, de m'avoir encouragée dans mes choix et rendu mon parcours possible. Mais également à mes camarades de classe, plus particulièrement Ashley HAUEUR et Julien HY qui ont permis de rendre le Master enrichissant, d'apporter leur conseil et leur soutien lors des examens, des travaux de groupe. Et surtout merci à eux d'avoir été là lors des moments de doutes.

Pour finir, mes remerciements vont à l'équipe pédagogique, Sylvia PELAYO, Stéphanie WATTRELOT, Xénophon VAXEVANOGLU et Tommy DUBOIS pour m'avoir transmis leur savoir durant la formation. Notamment Merci à monsieur DUBOIS de m'avoir aidée, conseillée et aiguillée sur mon intervention en entreprise.

II. SOMMAIRE

I.	REMERCIEMENTS	2
II.	SOMMAIRE	3
III.	LISTE DES ABREVIATIONS	4
IV.	TABLE DES FIGURES	5
V.	INTRODUCTION	6
VI.	PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	8
1.	Le groupe STELLANTIS	8
2.	STELLANTIS Hordain	9
3.	Le service prévention de STELLANTIS Hordain	11
VII.	CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE	14
1.	Transformations technico-organisationnelles et travail	14
2.	Conditions de travail et population fragilisée	15
3.	Employabilité et transformations du travail	17
4.	Place de l'ergonomie dans la conduite de projet industriel	19
5.	Démarche méthodologique	20
VIII.	ANALYSE ERGONOMIQUE DES SITUATIONS DE TRAVAIL	22
1.	Analyse de la demande	22
2.	Description de la transformation technico-organisationnelle	25
3.	Analyse des traces	28
4.	Premières observations de terrain	31
5.	Hypothèses de second rang	47
6.	Analyse du travail réel	47
7.	Mise en évidence des enjeux pour les populations fragilisées	68
IX.	REFLEXION ET PISTES D'AMELIORATION	73
1.	Enjeux pour la conception des transformations	73
2.	Pistes d'action ergonomique	74
3.	Perspectives pour une employabilité durable	76
X.	DISCUSSION	78
XI.	CONCLUSION	80
XII.	BIBLIOGRAPHIE	81
XIII.	ANNEXES	84

III. LISTE DES ABREVIATIONS

CoDir : comité de direction

FCA : Fiat Chrysler Automobile

ISCDT : Ingénieur Sécurité des Conditions de Travail

MEF : Zone de retouche et finition dans le secteur ferrage

MP : Maladie professionnelle

PSA : Peugeot société anonyme

RH : Ressources humaines

TE : Tour Eiffel

TMS : Troubles musculosquelettiques

IV. TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Plan du site STELLANTIS Hordain.....	10
Figure 2 - Processus de fabrication	11
Figure 3 - Organigramme service prévention.....	12
Figure 4 - Effectif "côtés de caisse"	28
Figure 5 - Restrictions "côtés de caisse"	30
Figure 6 - Restrictions par équipe	31
Figure 7 - Visite kiné par équipe des "côtés de caisse"	31
Figure 8 - Matrice employabilité 2021	33
Figure 9 - Matrice employabilité 2025	33
Figure 10 - Résultat 2021 cotation des côtés de caisse.....	37
Figure 11 - Résultat 2025 cotation des côtés de caisse	38
Figure 12 - Résultats cotation 44veh/heure.....	39
Figure 13 - Compatibilité restrictions postes 1/3.....	41
Figure 15 - Compatibilité restrictions postes 2/3.....	42
Figure 14 - Compatibilité restrictions postes 3/3.....	42
Figure 16 - Opération paluchage	49
Figure 17 - Mise en place TE.....	50
Figure 18 - Vissage TE	50
Figure 19 - Processus tâches avant robotisation	51
Figure 20 - Processus tâches après robotisation	51
Figure 21 - Récapitulatif temps/opération poste contrôle partie basse	52
Figure 22 - Fiabilité robot.....	53
Figure 23 - Simulation fiabilité robot 1	54
Figure 24 - Simulation fiabilité robot 2.....	54
Figure 25 - Angulation poignet sertissage	57
Figure 26 - Prise pièce dans conteneurs	60
Figure 27 - Manipulation mobylette.....	62
Figure 28 - Pièce encombrante	64
Figure 29 - Approvisionnement chariot.....	65
Figure 30 - Prise pièce dans conteneur	66

V. INTRODUCTION

Les transformations technico-organisationnelles occupent une place centrale dans l'évolution des systèmes de production, en particulier dans l'industrie automobile. L'introduction de nouvelles technologies, telles que les robots, poursuit généralement des objectifs de performance, de qualité ou de réduction de la pénibilité. Cependant, ces changements ne sont pas neutres du point de vue du travail : ils modifient les logiques d'organisation, redéfinissent les tâches, déplacent les charges et reconfigurent les conditions d'activité pour les opérateurs. Dès lors, ces transformations posent la question de leur soutenabilité et de leur impact sur l'employabilité, notamment pour les populations dites "fragilisées".

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche d'intervention ergonomique menée au sein d'un site de production automobile, dans le secteur "côtés de caisse", récemment concerné par l'installation de robots. Cette modernisation technique, bien que pensée pour améliorer certaines opérations, a entraîné une réorganisation des flux de travail et un déplacement de tâches vers d'autres postes, contribuant à une détérioration notable de certaines conditions de travail. Ces postes deviennent plus exigeants physiquement, plus contraignants dans le temps, et parfois moins accessibles pour des opérateurs ayant des limitations fonctionnelles, des parcours discontinus ou une ancienneté élevée. Ce contexte soulève des inquiétudes quant au maintien dans l'emploi de ces salariés, et interroge directement les dimensions d'employabilité.

Dans ce cadre, l'ergonomie offre des outils d'analyse permettant de comprendre les effets concrets de ces choix technico-organisationnels sur le travail réel. En mobilisant notamment l'analyse de la matrice d'employabilité du secteur et la cotation des postes selon les outils internes à l'entreprise, cette intervention vise à objectiver les transformations en cours, à identifier les tensions générées sur le terrain, et à proposer des pistes d'amélioration pour une meilleure prise en compte de la diversité des opérateurs.

Ce travail cherche ainsi à répondre à la problématique suivante : **comment les choix technico-organisationnels impactent-ils les conditions de travail et l'employabilité sur une population fragilisée?** Pour y répondre, une démarche ergonomique centrée sur l'analyse du travail sera mise en œuvre, afin de faire émerger

des leviers d'action en faveur d'un travail soutenable et d'un maintien durable dans l'emploi.

VI. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

1. Le groupe STELLANTIS

STELLANTIS dirigé par Antonio Filosa depuis le 28 mai 2025 succédant à Carlos Tavares résulta de la fusion du groupe Peugeot Société Anonyme (PSA) et Fiat Chrysler Automobile (FCA). Cette fusion, annoncée en octobre 2019 est officiellement finalisée le 16 janvier 2021, la fusion des deux géants de l'industrie automobile marque un tournant décisif dans l'histoire de l'industrie automobile.

Le groupe PSA provient de la création de Peugeot en 1810. Au fil des années, Peugeot a su innover et se diversifier, devenant l'un des principaux constructeurs automobiles européens. En 1976, Peugeot SA acquiert Citroën, fondée en 1919 par André Citroën. Cette acquisition donne naissance au groupe PSA, un acteur majeur du marché automobile européen. Dans les années 2000, PSA continue de se développer en lançant de nouveaux modèles et en investissant dans des technologies innovantes avec des véhicules électriques et hybrides. En 2017, PSA renforce sa position internationale en rachetant Opel et Vauxhall, filiales européennes de General Motors, consolidant ainsi sa présence sur le marché européen.

FCA a été constitué en 2014 par la fusion de Fiat S.p.A. et Chrysler Group LLC. Fiat, fondé en 1899 à Turin, est l'un des plus anciens constructeurs automobiles du monde. Fiat a joué un rôle crucial dans l'industrialisation de l'Italie. Après des décennies de succès et d'expansion, Fiat rencontre des difficultés financières dans les années 1980 et 1990. Pour surmonter ces défis, l'entreprise entame une série de restructurations et de partenariats. En 2009, Fiat acquiert une participation majoritaire de Chrysler, un constructeur automobile américain fondé en 1925. Cette acquisition est motivée par la volonté de Fiat de renforcer sa présence sur le marché nord-américain.

La fusion entre Fiat et Chrysler en 2014 donne naissance à FCA, un groupe mondial avec une forte présence en Europe et en Amérique du Nord. FCA se concentre sur la restructuration et la revitalisation de ses marques, comme Jeep, RAM, Alfa Romeo et Maserati.

La fusion entre PSA et FCA est motivée par une vision commune de transformation de l'industrie automobile. Les deux groupes partagent l'objectif de créer un leader mondial de la mobilité durable et innovante. En combinant leur forces, PSA et FCA visent à

exploiter les synergies et maximiser les économies d'échelle, tout en offrant une gamme diversifiée de produits répondant aux besoins variés des consommateurs mondiaux. Le 16 janvier 2021, la fusion est officiellement finalisée, et STELLANTIS commence à opérer comme une entité unique. Avec 14 marques emblématiques et une présence mondiale, STELLANTIS se positionne comme un leader de l'industrie automobile, prêt à relever les défis de la transition énergétique et de la transformation numérique.

Cette fusion historique permet à STELLANTIS de combiner les atouts et les expertises de PSA et FCA, créant ainsi un groupe robuste, innovant et orienté vers l'avenir. Le groupe bénéficie d'une solide base financière, d'une large gamme de produits et d'une capacité d'innovation renforcée, ce qui lui permet de répondre aux évolutions rapides du marché automobile et aux attentes croissantes des consommateurs en matière de mobilité durable.

STELLANTIS se positionne comme un acteur clé dans le développement de solutions de mobilité durable et innovante. La vision du groupe est d'être à la pointe de la transformation de l'industrie automobile, en se concentrant sur les véhicules électriques, les technologies de conduite autonome et les services de mobilité connectée. Sa mission est de fournir une liberté de mouvement sûre, écologique et abordable à tous, tout en respectant les plus hauts standards de qualité et de performance.

Le siège social du groupe est situé à Amsterdam, aux Pays-Bas, mais STELLANTIS dispose de centres de recherche et de développement, d'usines de production et de réseaux de distribution dans le monde entier. Cette présence globale est renforcée par une stratégie d'alliances et de partenariats technologiques avec d'autres acteurs majeurs de l'industrie.

2. STELLANTIS Hordain

Le site STELLANTIS Hordain, anciennement connu sous le nom de SEVEL NORD, inauguré en 1994, produit des véhicules utilitaires légers et des véhicules personnels. On retrouve six marques différentes de véhicules (Peugeot, Citroën, Fiat, Opel et Toyota). Depuis 2022, l'usine est la première au monde à assembler sur une même

ligne des véhicules utilitaires légers à motorisation thermique, électrique et hydrogène. Le site se compose de plusieurs unités telles que la logistique, le ferrage, la peinture, le montage et la qualité. C'est une usine terminale.

Le site emploie environ 2440 personnes réparties en trois équipes avec une production quotidienne de 628 véhicules.



Figure 1 - Plan du site STELLANTIS Hordain

La fabrication des véhicules est assurée par :

- Le ferrage : assemble les pièces afin de constituer les caisses en blanc des futurs véhicules
- La peinture : assure le traitement anti-corrosion de la caisse en blanc, puis son étanchéité et enfin sa peinture en 10 teintes et 12 teintes flottes récurrentes.
- Le montage : comprend des lignes d'assemblages permettant d'équiper une caisse progressivement, de façon à obtenir la voiture commandée par le client.
- La qualité : assure les contrôles des véhicules après la phase montage. 100% des véhicules sont ainsi contrôlés sur environ 1000 caractéristiques pour un utilitaire.

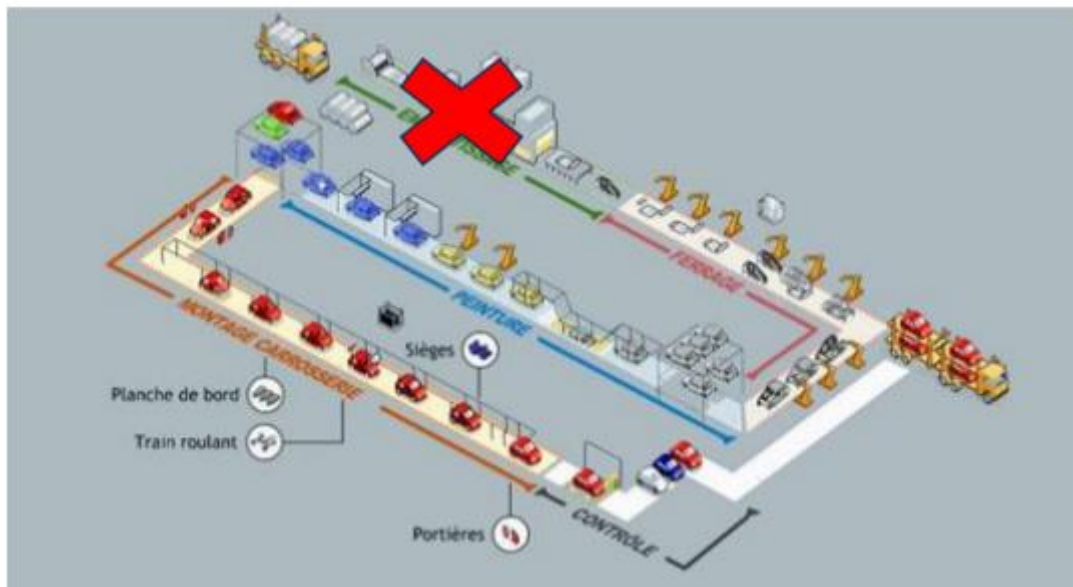


Figure 2 - Processus de fabrication

3. Le service prévention de STELLANTIS Hordain

Le service Prévention et Sécurité de Stellantis Hordain a pour principale but d'assurer la sécurité des employés à tous les niveaux de l'entreprise.

Pour ce faire, le service est composé initialement de quatre personnes à temps plein et de deux alternant, un apprenti préventeur et un apprenti ergonomiste :

- Monsieur LELORNE Vincent, Ingénieur Sécurité des Conditions de Travail (ISCDT), responsable du service ainsi que mon tuteur ;
- Madame VOISIN Sandrine, Préventrice des risques sécurité pour les bâtiments FERRAGE, PEINTURE et EGP ;
- Monsieur DARRAS Damien, Préventeur des risques sécurité pour le bâtiment MONTAGE, les services QUALITÉ et BTU ;
- Monsieur VILAIN Laurent, Animateur sécurité.
- Monsieur MENEI Livio, apprenti Préventeur.



Figure 3 - Organigramme service prévention

L'ISCDT a pour mission principale de faire le relais entre la direction, le service prévention et les employés. C'est lui qui présente les résultats du service à la direction, participe au comité de direction (CoDir). Il met en œuvre l'organisation nécessaire à la prévention des risques professionnels, assure la gestion administrative et financière des accidents de travail, des maladies professionnelles (MP), etc. Ainsi, il dirige et guide le service dans la bonne direction.

Les préventeurs sécurité ont pour tâches d'analyser des risques, notamment par une « ronde » quotidienne de leurs secteurs respectifs. Ils sont également les premiers acteurs sociaux de l'entreprise. Bien souvent, c'est vers les préventeurs que vont se tourner les employés pour communiquer d'un mal être ou d'un souci au travail, qu'il soit physique (douleur, problème au poste...) ou psychologique (pression hiérarchique). Ainsi, le préventeur est le garant de la sécurité du salarié sur son lieu de travail. De plus, Madame VOISIN ayant la partie peinture, c'est elle qui s'occupe de toute la partie risque chimique dans l'entreprise. Monsieur DARRAS, lui, est spécialisé dans les travaux en hauteur.

Enfin, l'animateur prévention gère les accueils sécurité de toutes nouvelles personnes entrant sur le site, par une formation orale d'une heure environ appuyée par un PowerPoint sur les règles de sécurité et de conduite à avoir au sein de l'entreprise. Il gère également les plans de prévention du site. Il est agréé « donneur d'ordre » et s'occupe de toute la partie mise en place et validation des plans de préventions du site d'Hordain.

Nous sommes sous la direction du Responsable des Ressources Humaines du site, Monsieur DE GASQUET Philippe.

L'objectif principal du service est d'atteindre le zéro arrêt de travail et zéro maladie professionnelle. En raccord avec la réalité, sur une usine de 2500 employés environ, ces chiffres sont quasiment inatteignables et irréalistes. L'objectif est donc en réalité de réduire au maximum les risques pouvant impliquer un arrêt de travail ou sur le long terme, une maladie professionnelle afin que les employés se sentent en sécurité dans l'usine.

VII. CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE

1. Transformations technico-organisationnelles et travail

Les transformations technico-organisationnelles désignent l'ensemble des changements concernant à la fois des nouvelles technologies mise en place dans les processus de production et les modes d'organisations du travail. Ces transformations, de plus en plus présentes dans les entreprises avec l'essor des nouvelles technologies numériques, l'automatisation et la robotisation, ont un impact direct sur le travail, les collectifs ainsi que sur les trajectoires professionnelles des salariés.

La mise en place de ces nouvelles technologies, oblige les entreprises à revoir leur organisation au sein de leur processus de fabrication afin de répondre à leurs objectifs de productivité.

Evolutions dans l'industrie automobile : automatisation et robotisation

Le secteur automobile constitue un terrain privilégié pour observer ces transformations. Historiquement marqué par des organisations tayloriennes puis Lean, le secteur automobile connaît une introduction croissante de robots collaboratifs. Cette transition, parfois qualifiée de « quatrième révolution industrielle » (Industrie 4.0), vise à accroître la flexibilité, la qualité et la compétitivité des processus de production (Kagermann et al., 2013).

Ces changements, bien qu'orientés vers des gains de productivité, de qualité ou de réduction de la pénibilité, ne sont pas neutres du point de vue du travail. Comme le souligne Durand (2004), ils tendent à intensifier les rythmes, complexifier les tâches, et réduire les marges de manœuvre. De nouvelles compétences sont requises, tandis que certaines activités se voient fragmentées ou appauvries. Par ailleurs, le rôle des opérateurs évolue : ils deviennent des superviseurs d'automates, tout en conservant la responsabilité d'intervenir en cas d'anomalie, ce qui peut générer du stress ou une surcharge cognitive (Bellal, 2015).

Impact sur la structuration du travail et les collectifs

Les transformations technico-organisationnelles modifient également la structuration du travail collectif. L'organisation en îlots autonomes, les systèmes de production « just-in-time », ou encore la gestion par indicateurs de performance peuvent fragiliser les formes traditionnelles de coopération, de solidarité et d'entraide (Dejours, 2009). La perte de repères collectifs, l'isolement croissant ou la mise en concurrence des salariés peuvent avoir des effets délétères sur la santé mentale et la cohésion des équipes (Clot, 2010).

Par ailleurs, l'introduction de technologies peut entraîner une redistribution des compétences entre opérateurs et techniciens, voire une obsolescence de certains savoir-faire. Cette reconfiguration du travail a un impact différencié selon les catégories de travailleurs, en particulier les plus vulnérables ou peu qualifiés, qui peuvent se retrouver en difficulté d'adaptation face à ces nouveaux outils (Lhuillier, 2006).

Ainsi, les transformations technico-organisationnelles engagent des choix socio-techniques qui ne sont pas uniquement techniques, mais aussi politique et sociaux, et dont les effets sur les conditions de travail et les trajectoires professionnelles méritent une attention particulière dans une perspective ergonomique.

2. Conditions de travail et population fragilisée

Définition et identification des populations fragilisées

Les populations dites fragilisées désignent des groupes de travailleurs exposés à des risques accrus de dégradation de leur santé ou de leur situation professionnelle en raison de facteurs individuels, sociaux ou organisationnels. Ces facteurs peuvent inclure l'âge, le niveau de qualification, le statut d'emploi précaire ou encore des conditions de travail pénibles. Ces salariés présentent une vulnérabilité particulière face aux contraintes du travail. Cela peut concerner des personnes en restriction d'aptitude, en situation de handicap, en fin de carrière, peu qualifiées, ou ayant connu des interruptions de parcours. Ces travailleurs sont souvent surreprésentés sur des postes à forte pénibilité, et disposent de moindres marges de manœuvre pour s'adapter aux changements organisationnels ou techniques.

Définition des conditions de travail

Les conditions de travail désignent l'ensemble des éléments qui influencent la façon dont le travail est réalisé au quotidien, incluant les contraintes physiques, temporelles, organisationnelles, mais aussi les facteurs psychosociaux. Elles constituent un déterminant majeur de la santé au travail, et leur détérioration est souvent liée à une exposition prolongée à des situations de pénibilité.

Notions de pénibilité et d'usure professionnelle

La pénibilité au travail se réfère à l'exposition à des facteurs de risques professionnels susceptibles de laisser des traces durables sur la santé des travailleurs. Ces facteurs incluent des contraintes physiques marquées, des environnements agressifs, ou des rythmes de travail intenses. L'usure professionnelle, quant à elle, décrit la dégradation progressive de la santé physique et mentale des travailleurs due à des conditions de travail défavorables. Cette usure peut se manifester par des troubles musculosquelettiques, une fatigue chronique, ou des troubles psychosociaux.

Données épidémiologiques

Les études épidémiologiques soulignent l'exposition accrue de ces populations aux troubles musculosquelettiques (TMS), notamment les salariés âgés. Roquelaure et al. (2008) montrent que près de 27 % des femmes et 19 % des hommes âgés de 50 à 59 ans présentent au moins un TMS des membres supérieurs. Or, ces salariés continuent d'être exposés à des facteurs de risque importants tels que les gestes répétitifs, les efforts physiques ou les postures contraignantes, souvent aggravés par la standardisation du travail imposée par les systèmes automatisés.

Lien entre conditions de travail et populations fragilisées

Les conditions de travail jouent un rôle central dans la fragilisation ou, à l'inverse, la protection des travailleurs les plus vulnérables. En effet, certaines catégories de population (les travailleurs âgés, les personnes en situation de handicap ou encore les salariés peu qualifiées) sont plus exposées aux effets négatifs des environnements de

travail contraignants. L'intensité physique du travail, les postures pénibles, les cadences élevées, les gestes répétitifs ou encore le manque d'autonomie contribuent à accélérer les phénomènes d'usure professionnelle, rendant difficile leur maintien en emploi (Moliné, 2006 ; Volkoff, 2005). La fragilisation peut aussi être sociale ou organisationnelle : absence de reconnaissance, évolutions professionnelles limitées, exposition à une pression temporelle constante. Ces dimensions viennent accentuer le risque de désinsertion professionnelle, voire d'inaptitude. Dans ce contexte, les transformations technico-organisationnelles mal accompagnées peuvent renforcer les inégalités déjà existantes (INRS, 2021).

L'approche ergonomique propose de repérer ces vulnérabilités à travers l'analyse fine des situations de travail. Elle permet d'identifier les incompatibilités entre les exigences du poste et les ressources des opérateurs, et d'adapter les organisations pour favoriser un maintien durable dans l'emploi, notamment par des actions de prévention, de reconfiguration de poste, ou de revalorisation des parcours. L'analyse des conditions de travail, notamment sous l'angle de la variabilité interindividuelle et de l'activité réelle, permet de l'équité en santé au travail (Lhuillier, 2006 ; Coutarel, 2011). Ainsi, les conditions de travail ne sont pas uniquement un cadre neutre, mais bien un levier pour réduire ou accentuer les inégalités sociales face au travail.

3. Employabilité et transformations du travail

Définition employabilité

L'employabilité se définit comme la capacité d'un individu à obtenir et à conserver un emploi, à s'adapter aux changements et à évoluer professionnellement. Elle dépend de facteurs tels que les compétences, la santé, la motivation, et les conditions de travail. Dans un contexte de transformations technico-organisationnelles, l'employabilité est influencée par la capacité des travailleurs à s'adapter aux nouvelles technologies et aux nouvelles formes d'organisation du travail.

Lien entre conditions de travail et employabilité

Les conditions de travail jouent un rôle crucial dans le maintien en emploi des travailleurs, notamment ceux appartenant à des populations fragilisées. Des conditions de travail défavorables peuvent entraîner une usure professionnelle, des troubles de santé, et finalement une sortie prématurée du marché du travail. À l'inverse, des aménagements ergonomiques et une organisation adaptée du travail peuvent favoriser le maintien en emploi. L'ergonomie intervient ici pour adapter les postes de travail aux capacités des individus, en tenant compte de leurs limitations physiques ou mentales.

Transformation et employabilité

Les mutations technico-organisationnelles redéfinissent profondément les conditions d'emploi, les compétences attendues et les trajectoires professionnelles. Dans ce contexte, l'employabilité ne peut plus être envisagée comme une simple responsabilité individuelle ; elle devient un enjeu collectif et organisationnel (Benchekroun, 2016). Elle repose sur un équilibre entre les caractéristiques individuelles (formation, expérience, santé, etc.), les exigences des postes et les possibilités offertes par l'environnement de travail (Anact, 2022).

Or, les projets de modernisation technologique, comme l'automatisation ou la robotisation, tendent à reconfigurer cet équilibre. Ils peuvent entraîner une polarisation des compétences : d'un côté, une élévation des exigences (maîtrise de l'interface homme-machine, adaptation rapide aux changements) ; de l'autre, une marginalisation de certaines fonctions peu qualifiées ou physiquement exigeantes, souvent occupées par des salariés fragilisés (Langhendries, 2019).

Les populations les plus exposées aux restrictions d'aptitude (liées à l'âge, à l'usure professionnelle ou à des limitations fonctionnelles) peuvent ainsi se retrouver en inadéquation avec les nouvelles organisations du travail, voire exclues des chaînes de production. Roquelaure et al. (2008) rappellent que ces salariés sont déjà surexposés aux TMS et au cumul de facteurs de pénibilité, ce qui rend leur maintien dans l'emploi d'autant plus complexe.

Dans cette perspective, l'analyse de l'employabilité ne peut se limiter à une logique de formation ou de reconversion. Elle nécessite une adaptation des postes et une anticipation des effets organisationnels des innovations technologiques (INRS, 2021). La matrice d'employabilité, mobilisée dans cette étude, constitue un outil précieux pour repérer les écarts entre les profils de travailleurs et les caractéristiques des situations de travail. En croisant les contraintes physiques, les rythmes de travail et les exigences de compétences, elle permet de prévenir les risques d'inaptitude ou d'exclusion du collectif.

4. Place de l'ergonomie dans la conduite de projets industriels

Dans les contextes de transformation technico-organisationnelle, notamment dans l'industrie automobile, l'ergonomie joue un rôle fondamental pour accompagner les changements tout en préservant la santé, la sécurité et l'activité des travailleurs. Loin de se limiter à une logique d'ajustement ou de correction a posteriori, l'intervention ergonomique s'inscrit dans une démarche de conception et d'anticipation, visant à intégrer les dimensions humaines dans les choix industriels dès les premières phases du projet.

L'introduction de nouvelles technologies, comme la robotisation ou l'automatisation, est généralement portée par des objectifs de productivité, de qualité ou de réduction de la pénibilité. Cependant, sans une prise en compte fine du travail réel, ces transformations peuvent engendrer des effets non anticipés sur les conditions de travail : surcharge cognitive, intensification des rythmes, augmentation des exigences posturales ou réduction des marges de manœuvre (Durand, 2004 ; Benchekroun, 2016). Ces effets sont particulièrement problématiques pour les opérateurs dits "fragilisés", qui disposent de ressources physiques, psychologiques ou organisationnelles plus limitées pour faire face à ces évolutions.

L'ergonomie, en s'appuyant sur une analyse systémique du travail, permet de repérer ces tensions. L'intervention s'articule autour de plusieurs étapes-clés : l'analyse de la demande et du contexte, l'observation des situations de travail, la conduite d'entretiens, la mise en place de groupes de travail, et la formulation de propositions d'amélioration. Cette démarche, centrée sur le travail réel, permet de faire émerger les écarts entre le prescrit et l'activité effective, et de construire des compromis

soutenables entre les exigences techniques et les réalités humaines (INRS, 2021 ; Revue Activités, 2022).

Dans les projets industriels, l'ergonome ne travaille pas seul. Son intervention s'inscrit dans un processus pluridisciplinaire, impliquant les services méthodes, maintenance, prévention, médecine du travail, RH, et bien sûr les opérateurs eux-mêmes. Cette approche participative est essentielle pour favoriser l'appropriation des transformations par les salariés, et pour construire des solutions ajustées aux besoins des différents acteurs (Anact, 2022).

L'un des apports majeurs de l'ergonomie est sa capacité à intégrer la diversité des profils de travailleurs dans les projets de conception. Là où une approche technique standardise souvent les situations de travail, l'ergonomie cherche à rendre les postes accessibles au plus grand nombre, en tenant compte des différences d'âge, de genre, de parcours professionnels ou de limitations fonctionnelles. Cette perspective inclusive est essentielle pour répondre aux défis actuels du monde du travail : allongement des carrières, maintien dans l'emploi, usure professionnelle, évolutions rapides des compétences (CFE-CGC, 2020).

Enfin, l'intervention ergonomique constitue un levier de pilotage stratégique pour l'entreprise. Elle permet de sécuriser les projets industriels, de prévenir les risques professionnels en amont, d'optimiser les conditions de production et de renforcer l'adhésion des collectifs. Par sa capacité à faire dialoguer la technique et le social, l'ergonomie contribue à une performance durable, conjuguant efficacité productive et soutenabilité du travail.

5. Démarche méthodologique

La démarche ergonomique vise à analyser les situations de travail pour proposer des améliorations adaptées aux besoins des travailleurs et aux performances des entreprises. Elle repose sur une approche participative, impliquant différents acteurs de l'entreprise afin d'identifier les contraintes et mettre en place des solutions durables. Cette démarche se compose de plusieurs étapes : l'analyse de la demande, des

observations des situations de travail, des groupes de travail, des propositions d'amélioration et l'accompagnement dans la mise en place des solutions.

L'étude a été réalisée dans une entreprise du secteur automobile, confrontée à des transformations technico-organisationnelles à la suite de la mise en place de robots sur des postes de travail. Le terrain d'intervention dispose de travailleurs avec des profils variés, donc certains présentent des facteurs de vulnérabilité (âge, sexe, qualification...).

L'intervention a été menée avec différentes méthodes :

- Analyse de la demande
- Observations : analyse des postes de travail, analyse de l'écart entre le prescrit/réel, interactions hommes/machines
- Entretiens semi-directifs : recueil des perceptions et ressenti des travailleurs sur les transformations en cours, leurs impacts sur le travail et la santé
- Analyse des traces : étude des documents, données, indicateurs de l'entreprise et du projet de robotisation.
- Mise à jour de la matrice employabilité : dernière version datant de 2021, réalisée en équipe pluridisciplinaire avec le médical
- Cotation de poste : avec l'outil propre à STELLANTIS

Cette approche a permis de comprendre les effets des transformations technico-organisationnelles sur les conditions de travail et l'employabilité des populations fragilisées, en identifiant des contraintes et des leviers d'action pour améliorer la situation.

VIII. ANALYSE ERGONOMIQUE DES SITUATIONS DE TRAVAIL

1. Analyse de la demande

Demande initiale

La demande d'intervention ergonomique a été formulée conjointement par le service prévention et les managers du secteur « côtés de caisse », dans le contexte de l'installation récente de robots sur les ilots capots se trouvant dans une zone de production juxtaposée à celle des côtés de caisse. Cette transformation technico-organisationnelle a entraîné une reconfiguration des postes : certaines tâches ont été transférées aux robots tandis que d'autres ont été déplacées sur des postes manuels au secteur côtés de caisse. Ce déplacement a généré une augmentation des contraintes physiques sur certains postes, jugés « durcis » par les acteurs de terrain.

Dans ce cadre, il m'a été demandé de :

- Remettre à jour la matrice employabilité, dont la dernière version date de 2021
- Actualiser les cotations ergonomiques, où les dernières datent également de 2021
- Identifier les postes posant des difficultés et proposer des axes d'améliorations

Ces mises à jour ont été demandées pour permettre aux managers de mettre en place une nouvelle ergo-rotation sur les postes.

Analyse de la demande

Cette demande s'inscrit dans une démarche proactive de maintien dans l'emploi, visant à prévenir les situations d'inaptitude, réduire les risques liés à la pénibilité, et optimiser la rotation sur les postes en fonction des charges physiques et cognitives de ceux-ci.

Le périmètre d'intervention a été clairement défini et portait exclusivement sur le secteur « côtés de caisse », ciblé en raison de l'implantation récentes des robots, celle-ci a créé un déplacement de tâches sur le secteur. De plus, ce secteur est connu pour des contraintes physiques.

Cette analyse de la demande a permis de mettre en lumière plusieurs enjeux implicites qui ne se limitent pas à la simple mise à jour des outils techniques. Cette transformation s'inscrit dans une dynamique de modernisation industrielle afin de promouvoir la production et la qualité mais les effets constatés sur les postes montrent que les modifications n'ont été que partiellement anticipées en termes d'impacts sur le travail réel.

L'installation des robots a modifié l'équilibre de charge entre les postes, entraînant :

- Une augmentation de la pénibilité sur certains postes
- Une perte de cohérence dans les rotations existantes
- Des difficultés pour positionner certains opérateurs en restrictions d'aptitude

L'analyse de la demande a également permis de faire émerger des attentes diverses selon les acteurs impliqués.

Le service prévention souhaite disposer d'une vision actualisée des contraintes de travail afin d'objectiver les risques et d'avoir un appui pour défendre des demandes d'aménagements ou de rotation plus équilibrée. Il voit dans l'intervention une opportunité de renforcer la prévention primaire en amont des déclarations d'accident ou de maladie professionnelle. Son enjeu principal est d'anticiper les risques liés à la transformation des postes et éviter les situations d'inaptitude.

Le management de proximité vise à maintenir la production malgré les nouvelles contraintes, tout en répondant aux problématiques de ressources humaines (RH) (restrictions, absentéisme, etc.). Ils perçoivent les effets concrets du projet d'automatisation, notamment les tensions créées par le déplacement des tâches, et recherchent des solutions pour organiser la rotation de manière plus fluide.

Les opérateurs qui sont au cœur des changements veulent préserver leur santé dans un contexte de travail modifié, souvent plus exigeant. Certains expriment un sentiment de surcharge ou de déséquilibre depuis l'arrivée des robots, avec des efforts physiques accrus ou des marges de manœuvre réduites. De plus, ils expriment une rotation de postes non homogène.

Le service santé au travail souligne son enjeu principal de maintenir les salariés en emploi. Il s'appuie sur la matrice employabilité et les restrictions médicales que

disposent certains opérateurs afin de promouvoir un maintien dans l'emploi des salariés de l'usine.

La direction/RH accompagne la modernisation du site sans créer de rupture sociale ou de déséquilibre RH. Le projet de robotisation répond à une stratégie industrielle de performance mais la direction est également attentive aux indicateurs sociaux (arrêts de travail, turnover, climat social, absentéismes, etc.). Elle espère dans l'intervention ergonomique un levier de régulation et une manière de garantir une mise en œuvre acceptable du changement.

Cette pluralité d'enjeux selon les acteurs montre que la demande initiale cache des besoins plus profonds liés à la gestion du changement, à la soutenabilité du travail et à la prévention des tensions sociales.

Reformulation de la demande

A la suite des différentes discussions avec les divers acteurs de l'entreprise, un certain nombre d'enjeux ont pu être déterminés et la demande initiale a pu s'enrichir.

En prenant appui sur les enjeux des divers acteurs, du contexte de transformation, l'intervention ergonomique menée centrée sur le secteur « côtés de caisse permettra :

- D'analyser les effets concrets de la transformation technico-organisationnelle sur le travail réel
- D'objectiver les changements dans les contraintes des postes à travers des outils comme la matrice employabilité et les cotations ergonomiques internes
- De repérer les tensions générées par le déplacement des tâches
- De proposer des postes d'actions pour une meilleure organisation de la rotation, en lien avec la diversité des opérateurs (âge, santé, ancienneté, restrictions, etc.)
- Proposer des pistes d'amélioration pour les postes jugés « durcis »

Cette reformulation de la demande positionne l'intervention non pas uniquement comme une réponse technique à un problème de rotations sur les postes lourds, mais comme une opportunité de compréhension des impacts du changement, en articulant enjeux organisationnels, santé au travail et performance durable.

Hypothèse de premier rang

La demande initiale porte sur la mise à jour de la matrice d'employabilité ainsi que la cotation des postes sur un secteur de production récemment impacté par l'introduction de deux robots.

Cette robotisation, bien qu'ayant permis l'automatisation de certaines tâches, a entraîné un déplacement de charges de travail vers d'autres postes, sans modification du temps de cycle. Dans ce contexte, la direction souhaite évaluer les effets de cette réorganisation sur les conditions de travail, la soutenabilité des postes et la capacité des opérateurs à les tenir durablement.

Cette démarche est d'autant plus justifiée que :

- La population est vieillissante, ce qui renforce la vulnérabilité face à une intensification du travail,
- Les postes concernés semblent présenter des risques de surcharge physique ou cognitive potentielle.

Ainsi, l'objectif est de fournir des éléments objectivés permettant d'actualiser la cotation des postes, d'alimenter la matrice d'employabilité, et de proposer des pistes d'aménagement ou de prévention si nécessaire.

2. Description de la transformation technico-organisationnelle

Contexte de l'introduction des robots

L'introduction de robots s'inscrit dans une démarche globale de modernisation industrielle menée sur l'ensemble des sites STELLANTIS en Europe. Cette stratégie vise à automatiser certaines étapes clés de la production, et notamment, dans le cas présent, le montage des ouvrants de caisse.

Au sein du site de STELLANTIS Hordain, un budget a été alloué à l'automatisation des îlots de fabrication du capot de la caisse. Des robots ont été installés pour prendre en charge les opérations d'approvisionnement de la doublure et la peau du capot dans l'îlot de soudure et la mise en place du capot sur la caisse, opérations auparavant réalisées manuellement par des opérateurs. Désormais, ces tâches sont entièrement

automatisées, et les postes concernés ne nécessitent plus de présence humaine directe.

Réorganisation des postes de travail

L'introduction des robots ne s'est pas limitée à un simple changement d'outils. Elle a induit une reconfiguration globale des postes concernés. Certaines tâches ont été transférées aux robots (ex. : vissage, manutention), tandis que d'autres tâches dites annexes ont été déplacées vers d'autres postes ou réorganisées dans les flux de production. Par conséquent, le contenu de certains postes a été appauvri d'opérateurs tandis que d'autres ont vu leur charge physique augmenter, en particulier les postes sur le secteur « côtés de caisse ».

Ces transformations ont également impliqué un changement dans les compétences attendues : gestion des dysfonctionnements techniques, adaptation rapide aux cadences pilotées par les machines et du rajout de tâches sur certains postes.

Présentation du secteur "côtés de caisse"

Le secteur "côtés de caisse" correspond à une zone de l'usine dans le ferrage où sont assemblées les parois latérales des véhicules utilitaires. Il s'agit d'une étape-clé dans la construction de la carrosserie, combinant précision, résistance mécanique et coordination inter-postes. Ce secteur repose essentiellement sur des opérations manuelles pour charger les îlots afin de souder les pièces entre-elles, on retrouve notamment des manutentions de pièces lourdes.

Ce secteur est donc identifié comme contraignant sur le plan physique, avec une forte sollicitation musculosquelettique, ce qui en fait un espace particulièrement sensible en matière de santé au travail et d'exposition aux risques professionnels.

De plus, nous retrouvons une population fragilisée, avec pour certains opérateurs des restrictions médicales qui ne permettent pas d'occuper tous les postes présents sur le secteur

Réorganisation des flux et des tâches suite à l'installation des robots

L'installation de robots dans la zone de retouche et finition (MEF) du secteur ferrage a entraîné une réorganisation importante des flux et des tâches, avec des effets différenciés selon les postes concernés. Ce type de transformation, bien que visant à réduire la pénibilité, est souvent associé à une redistribution du travail humain et parfois à une intensification des contraintes résiduelles (Gollac, 2003 ; Daniellou, 2005).

Premier robot : suppression de gestes répétitifs, mais report de charge

Le premier robot a été intégré sur le poste capot afin d'automatiser des opérations particulièrement contraignantes. Auparavant, les opérateurs devaient manipuler un outillage en hauteur, sollicitant fortement les membres supérieurs, et prélever des pièces appelées « *tour Eiffel* » sur un présentoir mal positionné, engendrant des postures inconfortables et répétitives.

Grâce à l'automatisation, ces gestes ont été supprimés pour l'opérateur, répondant ainsi aux objectifs classiques de réduction des efforts physiques directs (Durand, 2004). Toutefois, l'opération de mise en place des *tours Eiffel* sur la caisse a été transférée au poste suivant, dédié au contrôle de la partie basse. Le présentoir a été réajusté à hauteur ergonomique, ce qui a réduit les contraintes posturales, mais la charge de travail globale des opérateurs sur ce poste a augmenté en raison de l'ajout de cette tâche supplémentaire. Ce phénomène, qualifié par certains auteurs de *report de charge* (Teiger & Laville, 1991), illustre que l'automatisation ne supprime pas toujours la pénibilité, mais la déplace sur d'autres opérations.

Deuxième robot : réorganisation du secteur "côtés de caisse"

L'installation du second robot, chargé d'assembler le capot avec sa peau et sa doublure, a entraîné la suppression d'un poste opérateur. Certaines tâches annexes que l'opérateur réalisait (et que le robot ne peut pas exécuter) ont dû être redistribuées sur les postes de la zone "côtés de caisse".

Cette redistribution a nécessité un rééquilibrage de la charge de travail entre plusieurs postes afin d'éviter la surcharge d'un seul opérateur. La nouvelle organisation vise donc à maintenir un flux régulier tout en préservant une homogénéité apparente dans l'effort demandé, mais elle a également réduit, les marges de manœuvre individuelles,

rendant les cycles de production plus cadencés et moins flexibles (de Terssac & Gaillard, 2009). Ce type de réorganisation est connu pour générer des ajustements collectifs et individuels, qui traduisent l'écart entre le travail prescrit et le travail réel (Daniellou, 1996).

3. Analyse des traces

L'analyse des traces est une étape importante afin de comprendre certains points de l'entreprise. Mon analyse des traces est adaptée à de la demande d'intervention de l'entreprise.

Tout d'abord, l'entreprise fonctionne en trois équipes avec un temps de travail de huit heures par équipe. Les équipes de jours nommées équipe bleue et équipe verte alternent, une semaine sur deux, le matin et l'après-midi, l'équipe de nuit reste fixe. Les salariés disposent de temps de pauses en simultanés dans toute l'usine environ toutes les deux heures. A l'issu de ces pauses, une rotation de postes est normalement réalisée.

La production a un objectif de production de 640 véhicules par jour. Si un retard est constaté, il y a une possibilité d'effectuer un overtime, c'est-à-dire que les équipes restent 20 minutes supplémentaires sur les postes de travail. La production est réalisée du lundi au vendredi mais peut également avoir lieu le samedi.

L'entreprise emploi des CDI, CDD, intérimaires, contrat de professionnalisation, contrat d'apprentissage. Les CDI ont en générale 20 à 30 ans d'ancienneté dans l'entreprise.

Pour cette intervention, j'ai décidé de focaliser mes traces sur le secteur « côtés de caisse » situé au ferrage.

Dans cette partie du ferrage on retrouve 20 postes de travail, avec des CDI, CDD et intérimaires. De plus, la population y est vieillissante.

Equipe bleue	35
Equipe verte	35
Equipe nuit	29

Figure 4 - Effectif "côtés de caisse"

La figure 4 représente les effectifs sur les différentes équipes. Le nombre de salariés est supérieur aux nombres de postes car on retrouve de l'absentéisme sur cette zone du ferrage. Il y a également les managers qui ne sont pas associés aux postes qui sont compris dans ces effectifs.

Il a été intéressant de regarder, à la vue de la demande, le nombre de personnes présentant des restrictions et également le type de restriction que l'on retrouve sur la figure 5. Nous voyons qu'il y a 18 personnes avec des restrictions toutes équipes confondues, avec pour certaines de ces personnes plusieurs restrictions. Toutes ces personnes sont des personnes en CDI, avec une ancienneté dans l'entreprise. Afin de respecter le secret médical, les noms des salariés sont remplacés par un numéro.

SALARIE	RESTRICTION	EQUIPE
1	Pas d'efforts de la main et/ou saisie	Bleu
2	Pas de travaux à charge mentale élevée	Bleu
3	Pas de poste de sécurité	Bleu
4	Pas d'effort épaule au- dessus horizontale	Bleu
5	Pas de port de charge > 10kg	Nuit
6	Pas de port de charge > 10kg Pas de travail en ligne	Bleu
7	Pas de flexion rotations répétées du tronc	Vert
8	Pas d'efforts physiques importants Pas de travail en ligne Pas de position accroupi/genou prolongée	Bleu
9	Pas d'efforts de l'épaule	Nuit
10	Pas de flexions rotations répétées du tronc	Bleu

11	Port de protections auditives obligatoires	Nuit
12	Pas de port de charge > 10kg Pas d'efforts épaule au-dessus horizontal Pas de flexions rotations répétées de la tête	Vert
13	Pas d'effort épaule au-dessus horizontal Pas de flexions rotations répétées du tronc	Vert
14	Pas de port de charge > 10kg	Vert
15	Port de protections auditives obligatoires Pas de flexions rotations répétées du tronc Pas d'irritants/allergisants cutanés	Vert
16	Pas d'irritants/allergisants cutanés	Vert
17	Pas d'efforts épaule au-dessus horizontale Pas de station debout prolongée Pas de marche prolongée	Vert
18	Pas d'efforts épaule au-dessus horizontal Pas de station debout prolongée Pas de marche prolongée	Bleu

Figure 5 - Restrictions "côtés de caisse"

Afin d'avoir une meilleure vision dans chaque équipe, nous retrouvons grâce à la figure 6, le nombre de personnes avec restrictions par équipe :

Equipe bleue	8
Equipe verte	7
Equipe nuit	3

Figure 6 - Restrictions par équipe

L'entreprise disposant d'un kinésithérapeute, les salariés en cas de douleurs peuvent aller le consulter, j'ai donc récupéré les données de visites des opérateurs des « côtés de caisse » par équipe visible dans la figure 7. Le kinésithérapeute étant présent que de jours, il est plus compliqué pour l'équipe de nuit de le consulter, cela explique probablement le faible nombre de salariés de nuit. Ce recensement nous permet de constater que presque la moitié de l'effectif par équipe consulte le kinésithérapeute pour des douleurs.

Equipe bleue	12
Equipe verte	13
Equipe nuit	2

Figure 7 - Visite kiné par équipe des "côtés de caisse"

Pour finir cette analyse des traces des « côtes de caisse », la production est cadencée à 38 véhicules par heure avec volonté de prévoir des cadences à 44 véhicules par heure.

4. Premières observations de terrain

Matrice employabilité

L'une des premières demandes exprimées par les acteurs du terrain concernait la mise à jour de la matrice employabilité. Cet outil constitue un repère essentiel pour le service médical, car il permet de visualiser les contraintes spécifiques de chaque poste compatible. Du côté des responsables de secteur, la matrice facilite également la gestion quotidienne des affectations : elle leur évite de placer un opérateur sur un poste sollicitant excessivement une articulation fragilisée et sert aussi de support pour organiser les rotations de postes dans une logique de prévention

La dernière version disponible datait de 2021 ; elle ne reflétait donc plus fidèlement les évolutions organisationnelles et techniques récentes ni les transformations de certains

postes. Dans ce contexte, une actualisation était indispensable pour disposer d'une vision fiable des contraintes et garantir une gestion adaptée des situations individuelles.

La construction de cette matrice repose sur l'évaluation de plusieurs critères :

- Contraintes biomécaniques (poignet, bras, épaules, dos)
- Distance parcourue au poste (kilométrage quotidien)
- Charge physique globale
- Contraintes cognitives liées aux exigences de vigilance, complexité des tâches.

Cette analyse est menée de manière pluridisciplinaire, en associant l'infirmière, le kinésithérapeute, le préventeur et l'ergonome. La confrontation de ces regards complémentaires permet d'aboutir à une évaluation plus juste et plus représentative du travail réel, et non uniquement du travail prescrit.

Une telle démarche collective s'inscrit dans les principes de l'ergonomie de la conception : elle vise à préserver la santé des travailleurs en anticipant les risques liés aux postes et en maintenant les salariés dans l'emploi, conformément aux travaux de Daniellou (2005) sur la nécessité d'intégrer le réel de l'activité dans la conception des outils de prévention, ou de Courtarel (2011) sur la prévention de la désinsertion professionnelle.

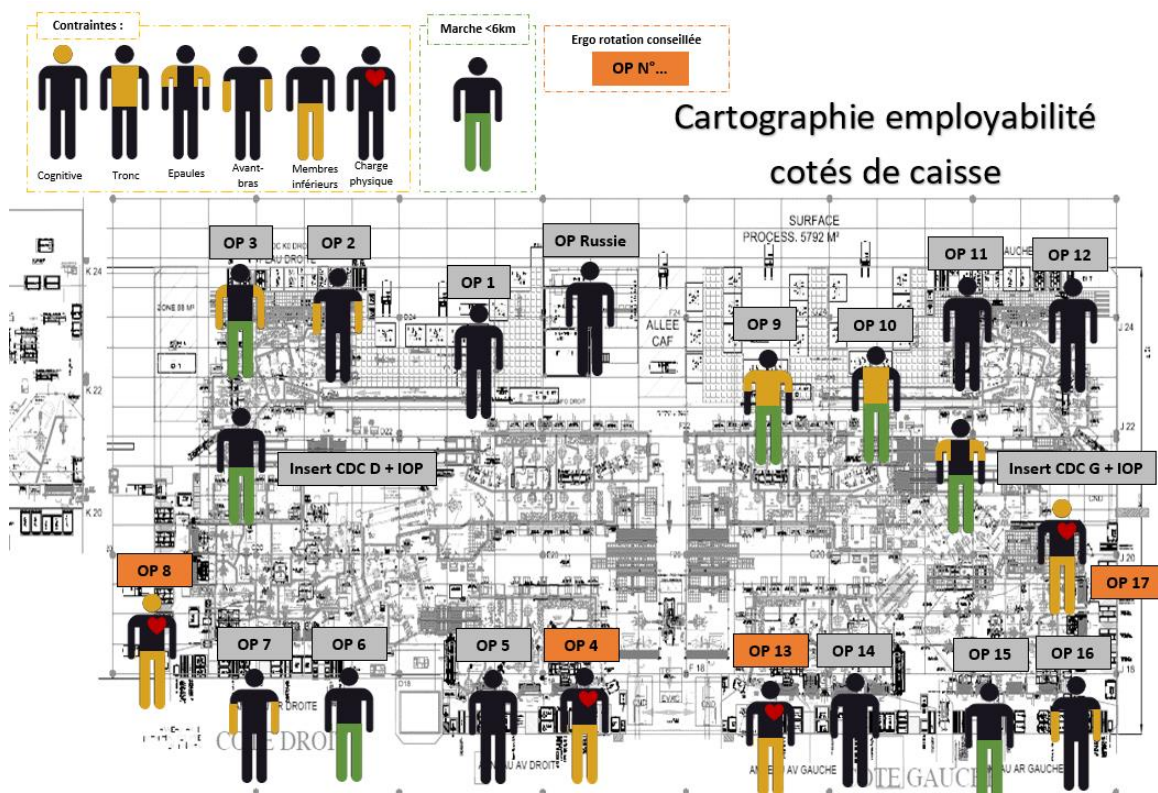


Figure 8 - Matrice employabilité 2021

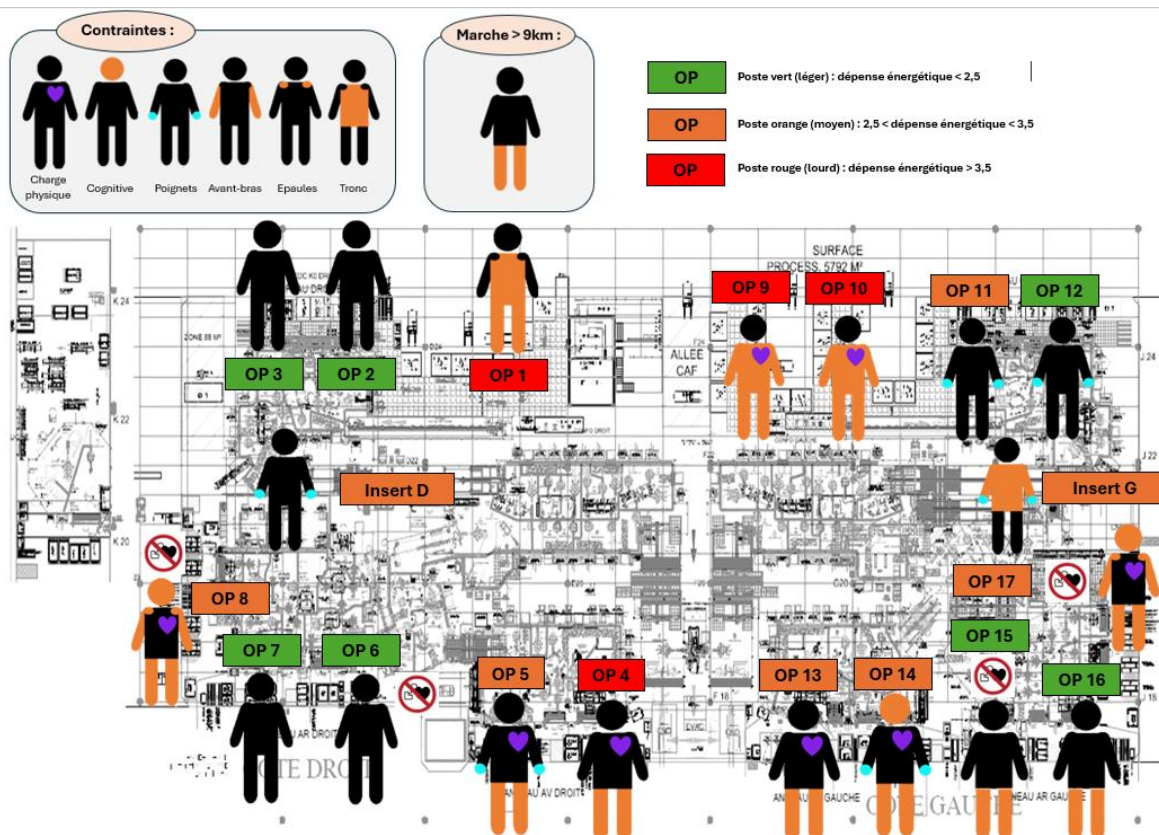


Figure 9 - Matrice employabilité 2025

L'actualisation de la matrice en 2025 a permis d'intégrer plusieurs changements majeurs :

- Modifications des véhicules produits et impact sur la charge physique
 - En 2021, le site produisait les véhicules L1, L2 et L3
 - Depuis 2025, seuls les modèles L2 et L3 sont fabriqués. Les pièces du L1, plus légères, ne sont plus présentes sur le secteur.
 - Le nombre de véhicule produit par heure est passé de 28 véhicules par heure à 38 véhicules par heure.
 - Cette évolution a augmenté le poids moyen et le volume des pièces manipulées, ce qui se traduit par une charge physique plus importante sur plusieurs postes
- Ajustement de la matrice
 - La matrice 2021 décrivait de façon segmenté les contraintes par articulation (bras, épaule, dos, jambes) et proposait des recommandations explicites d'ergo-rotation
 - La matrice 2025 a évolué en ajoutant la contrainte sur l'articulation du poignet, jugée par l'équipe pluridisciplinaire comme important à rajouter car cette contrainte revenait sur plusieurs postes.
 - De plus, pour une meilleure lecture et utilisation des managers, nous avons intégré les résultats des cotations des postes (qui sera expliqué juste après), avant de faire un croisement entre les contraintes et la dépense énergétique des postes.
- Réorganisation des postes du secteur
 - Les postes liées à la production du L1 ont été supprimés ou reconfigurés
 - Certains postes existants présentent désormais des contraintes plus importantes et apparaissent incompatibles pour une large proportion des salariés

- Conséquences sur l'accessibilité des postes
 - Alors que la matrice 2021 offrait plus de postes « verts » accessibles, la version 2025 montre une augmentation du nombre de postes contraignants, limitant les possibilités d'affectation pour les salariés présentant des restrictions médicales
 - Cette évolution met en évidence la nécessité de réexaminer les parcours professionnels et les rotations afin d'éviter les situations d'invalidité ou de désaffiliation professionnelle (Volkoff, 2005 ; Falzon, 2005)

En résumé, la matrice 2025 reflète mieux la réalité du travail actuel, mais elle souligne aussi un resserrement du champ des postes accessibles, notamment pour les populations fragilisées. Cette tendance appelle à une réflexion ergonomique approfondie sur l'aménagement des postes critiques et la gestion collective des affectations des opérateurs sur les postes.

Cette mise à jour de la matrice employabilité a également permis d'avoir une première approche des situations de travail sur le secteur côtés de caisse.

Cotation des postes

En complément de la mise à jour de la matrice employabilité, une cotation des postes a été réalisée à l'aide de l'outil interne Ergonomic Workstation Assessment (EWA), utilisé au sein de STELLANTIS pour évaluer de manière objective la sollicitation physique des postes de travail.

La méthode EWA combine :

- L'observation directe de l'activité réelle (posture, efforts, fréquence des gestes)
- Des mesures ou estimations des efforts physiques (manutentions, ports de charge, contraintes articulaires)
- Un calcul de dépense énergétique basé sur des référentiels biomécaniques.

Cet outil attribue à chaque poste un score global, permettant de le classer selon trois seuils :

- Vert (<2,5) : poste faiblement sollicitant
- Orange (2,5 – 3,5) : poste modérément sollicitant

- Rouge (> 3,5) : poste fortement sollicitant

L'évaluation menée sur le secteur « côtés de caisse » a permis de comparer les résultats actuels avec ceux obtenus en 2021. Cette analyse met en évidence l'évolution des contraintes physiques liées aux transformations technico-organisationnelles.

Le croisement des résultats EWA avec la matrice employabilité renforce la fiabilité du diagnostic ergonomique : il permet d'identifier non seulement les postes les plus sollicitant, mais aussi leur accessibilité réelle pour les opérateurs présentant des restrictions médicales.

La cotation des postes réalisée à l'aide de l'outil EWA montre une évolution significative entre 2021 et 2025 sur le secteur « côté de caisse ». En 2021, la majorité des postes présentaient une dépense énergétique modérée, avec plusieurs postes classés vert et orange. Quelques postes isolés atteignaient un niveau rouge, indiquant une sollicitant élevée.

En 2025, le nombre de postes classés rouges a nettement augmenté, tandis que les postes verts se font plus rares. Cette tendance reflète principalement :

- La réorganisation des tâches à la suite de l'installation de robots
- La suppression du véhicule L1, dont les pièces plus légères réduisaient la charge physique.

Certains postes auparavant modérément sollicitant ont basculé en sollicitant :

- OP 1 et OP4 sont passés au-dessus de 4 pour la dépense énergétique
- OP8 a vu son niveau d'engagement dépasser les 100%, indiquant que le temps de récupération n'est plus respecté
- OP10 atteint une dépense énergétique de 4,54, ce qui rend le poste hautement sollicitant pour une population fragilisée.

A l'inverse, quelques postes contraignants comme OP3, OP6 et OP13 restent stables ou légèrement améliorés, mais ils demeurent majoritairement classés en orange

Dans l'ensemble, la comparaison souligne une augmentation globale des contraintes physiques. Cela réduit les possibilités d'affectation des salariés présentant des restrictions médicales et renforce l'importance du croisement entre la cotation EWA et

la matrice employabilité pour anticiper les risques de désaffiliation professionnelle et mieux cible les actions d'aménagement.

désignation BHF	désignation	Dépense énergétique (dont majoration)	% engagement	respect coef. récup.	Port de charge (Kg /jour)	Mobilité (nbre de km par équipe)
DCD01 OPE1 CHGT COTE	Chargt côté hab arrière D	3.16	63%	OUI	0	6.8
DCD02 OPE2 CHGT GOUT+	Chargt gouttière + long exter D / OP30 + côté hab av D	1.94	69%	OUI	775	7.1
DCD03 OPE3 CHGT RENFO	Chargt renfort av côté hab D / OP20 + côté hab av D /	1.97	68%	OUI	2300	6.0
DCD04 OPE4 CHGT RENF	Chargt renf long /OP10 + anneau av D /OP20	3.07	78%	OUI	4842	10.2
DCD05 OPE5 CHGT RENFO	Chargt renf arc pav D / OP30 + doublure anneau av D /	1.85	70%	OUI	0	7.9
DCD06 OPE6 CHGT DBL G	Chargt doub goutt volet ar OP40 + raidisseur OP54 +	1.80	59%	OUI	872	5.5
DCD07 OPE7 CHGT RENF	Chargt renf pied ar D / OP10 + OP20	1.88	75%	OUI	0	7.9
DCD08 OPE8 CHGT DBL C	Chargt doublure custode D / OP30 + MAS supp garn cu	3.03	75%	OUI	1816	11.0
DCD09 DBL Ass D +SAS	MEP_préformés+_clippage_insert_pieds_C_	1.83	56%	OUI	968	4.7
DCG01 OPE 9 CHGT COTE	Chargt_côté_hab_arrière_G	1.50	0%	OUI	0	0.0
DCG02 OPE 10 CHGT COT	Chargt_côté_hab_arrière_G	1.50	0%	OUI	0	0.0
DCG03 OPE 11 CHGT GOU	Chargt_gouttière+_long_exter_G_sur_OP30+_côté_	1.87	67%	OUI	2300	6.3
DCG04 OPE 12 CHGT REN	Chargt renfort av côté hab G sur OP20 + prepa renfort	1.84	68%	OUI	775	7.1
DCG10 DBL ass G+ IOP1	MEP_préformé+_clippage_insert_pieds_C+_collage_	2.09	80%	OUI	5810	6.0
DCG09 OPE 17 CHGT DB	Chargt_doublure_custode_G_OP30+_prépa_renf_fix_	2.92	63%	OUI	2179	9.4
DCG08 OPE16 CHGT RENF	Chargt_renf_pied_ar_G_OP10+_OP20	1.91	81%	OUI	0	7.9
DCG07 OPE 15 CHGT DBL	Chargt_doub_goutt_volet_ar_OP40+_renf_PB_OP54	1.81	55%	OUI	872	5.0
DCG06 OPE14 CHGT RENF	Chargt_OP40+_OP60	1.85	53%	OUI	0	6.8
DCG05 OPE13 CHGT RENF	Chargt_OP20+_OP30	1.50	0%	OUI	0	0.0

Figure 10 - Résultat 2021 cotation des côtés de caisse

onglet	Intitulé Poste	Dépense énergétique (dont majoration)	% engagemen t	respect coef. récup.	Port de charge (Kg /jour)	Port de charge (Kg /heure)
OP1	OP1	4,39	85%	OUI	0	0
OP2	OP2	2,31	72%	OUI	2498	357
OP3	OP3	2,09	77%	OUI	3378	483
OP4,	OP4	3,73	96%	NON	4038	577
OP5	OP5	3,29	88%	OUI	0	0
OP6	OP6	1,99	77%	OUI	1131	162
OP7 L3	OP7	2,20	78%	OUI	968	138
OP8	OP8	3,46	105%	NON	2402	343
OP9	OP9	5,12	93%	NON	0	0
OP10	OP10	4,54	84%	OUI	0	0
OP11	OP11	3,24	75%	OUI	3378	483
OP12	OP12	1,92	63%	OUI	843	120
OP13	OP13	3,34	81%	OUI	4038	577
OP14 VU	OP14	3,15	83%	OUI	2101	300
OP15	OP15	1,91	57%	OUI	1309	187
OP16	OP16	2,25	93%	OUI	987	141
OP17 L3	OP17	3,16	93%	OUI	2402	343
Insert C	Insert CDC D + IOP	3,12	76%	OUI	0	0
Insert C	Insert CDC G + IOP	3,09	79%	OUI	8469	1210

Figure 11 - Résultat 2025 cotation des côtés de caisse

L'analyse conjointe de la matrice employabilité et de la cotation des postes avec l'outil EWA constitue un levier essentiel pour objectiver les contraintes de travail et leur effet sur les salariés présentant des restrictions médicales.

La matrice employabilité permet de repérer rapidement l'adéquation entre les postes et les capacités des opérateurs (Daniellou et al., 2011), tandis que l'outil EWA fournit une évaluation quantitative de la sollicitation physique (dépense énergétiques, respect du temps de récupération, manutentions)

Le croisement de ces deux approches met en évidence :

- Les postes critiques, à la fois classés « rouges » en cotation et difficilement accessible pour les salariés restreints (exemple : OP8, OP9, OP10) ;
- Les postes de repli possibles, identifiés comme « verts » ou « oranges », qui peuvent être mobilisés pour maintenir en emploi les opérateurs fragilisés côté
- Les écarts entre perception et réalité : certains postes considérés « légers » par l'encadrement se révèlent énergétiquement plus sollicitant, confirmant la nécessité de mesures objectives (St-Vincent et al., 2011).

Cette démarche renforce la pertinence du diagnostic ergonomique et alimente la décision managériale : elle guide l'affectation du personnel, soutient la mise en place d'une rotation adaptée et identifie les priorités d'aménagement ou de reconfiguration des postes (Volkoff et al., 2010 ; Coutarel et al., 2015)

Projection de la charge en cas de passage à 44 véhicules/heure

La simulation réalisée avec l'outil EWA permet d'anticiper l'impact du passage d'un rythme de 38 véhicules/heure à 44 véhicules/heure sur la charge physique des postes du secteur « côtés de caisse ».

		Charge physique globale				
onglet	Intitulé Poste	Dépense énergétique (dont majoration)	% engagement	respect coef. récup.	Port de charge (Kg /jour)	Port de charge (Kg /heure)
OP1	OP1	4,69	98%	NON	0	0
OP2	OP2	2,44	83%	OUI	2892	413
OP3	OP3	2,07	82%	OUI	3912	559
OP4	OP4	3,92	111%	NON	4675	668
OP5	OP5	3,41	102%	NON	0	0
OP6	OP6	2,07	90%	OUI	1309	187
OP7 L3	OP7	3,31	91%	OUI	1121	160
OP8	OP8	3,61	121%	NON	2781	397
OP9	OP9	5,54	108%	NON	0	0
OP10	OP10	4,87	97%	NON	0	0
OP11	OP11	3,36	87%	OUI	3912	559
OP12	OP12	1,99	74%	OUI	976	139
OP13	OP13	3,47	93%	OUI	4675	668
OP14 VL	OP14	3,25	96%	NON	2433	348
OP15	OP15	1,98	66%	OUI	1515	216
OP16	OP16	3,37	107%	NON	1143	163
OP17 L3	OP17	3,26	108%	NON	2781	397
Insert C	Insert CDC D + IOP	3,22	88%	OUI	0	0
Insert C	Insert CDC G + IOP	3,18	92%	OUI	9807	1401

Figure 12 - Résultats cotation 44veh/heure

Sur la figure 12, nous voyons les résultats pour 44 véhicules/heure. En comparaison, à 38 véhicules/heure, la majorité des postes se situait dans le seuil de dépense énergétique correspondant à des postes légers et modérés (vert et orange), avec deux

postes lourds (rouge). La situation actuelle reste donc gérable mais contraignante, avec un recours important à la polyvalence pour répartir la charge.

A 44 véhicules/heure, la cotation met en évidence :

- Une augmentation généralisée de la dépense énergétique, augmentant la charge physique sur les postes avec un temps de cycle réduit pour effectuer les tâches.
- Un non-respect du coefficient de récupération, traduisant une réduction importante des marges de manœuvre et de récupération pour les postes
- Un port de charge élevé sur certains postes, combiné à un rythme plus soutenu
- Une augmentation des déplacements est également à prévoir (qui a été chiffrée).

Le passage à 44 véhicules conduit donc à un durcissement global de la charge physique, confirmant que les marges de manœuvre identifiées à 38 véhicules pourraient disparaître. Les opérateurs auront moins la capacité d'absorber les aléas de production et devront réaliser davantage de gestes contraignants dans un temps réduit, avec un risque accru de surcharge et de fatigue. Ces constats rejoignent les travaux de Volkoff et Molinié (2011), qui montrent que l'intensification du travail diminue la variabilité possible et augmente l'usure des collectifs.

Concentration des incompatibilités et marges de manœuvre organisationnelles

L'actualisation de la matrice employabilité a permis de dresser un état précis des possibilités d'affectation des 18 salariés du secteur présentant des restrictions médicales. Cette analyse montre que les incompatibilités ne sont pas uniformément réparties, mais se concentrent sur certains postes particulièrement sollicitant. Ainsi, les postes OP8 et OP17 présentent les contraintes les plus marquées : 11 salariés sur 18 ne peuvent pas y être affectés. Ces opérations impliquent notamment des manutentions fréquentes, des postures contraignantes des membres supérieurs et du tronc, ainsi qu'une sollicitation physique importante confirmée par la cotation EWA.

D'autres postes présentent des incompatibilités ponctuelles (de 1 à 4 personnes, liées à des restrictions spécifiques :

- Limitation du port de charge
- Interdiction de travail bras en l'air prolongé
- Impossibilité d'assumer des cadences élevées ou des rotations fréquentes
- Restrictions sur les déplacements

Salarié	Restrictions	Poste non-compatible	Nbr poste compatible / Nbr totale de poste
1	• Pas d'efforts de la main et/ou saisie	X	19/19
2	• Pas de travaux à charge mentale élevée	OP 8 - 14 - 17	16/19
3	• Pas de poste de sécurité	X	19/19
4	• Pas d'effort épaule au dessus horizontale	OP 8 - 9 - 10 - 17 - Insert Gauche	15/19
5	• Pas de port de charge > 10kg	OP 8 - 17	17/19
6	• Pas de port de charge > 10kg • Pas de travail en ligne	OP 8 - 17	17/19
7	• Pas de flexion rotations répétées du tronc	OP 1 - 9 - 10 - Insert Gauche	15/19

Figure 13 - Compatibilité restrictions postes 1/3

8	• Pas d'efforts physiques importants • Pas de travail en ligne • Pas de position accroupi/genou prolongée	OP 4 - 5 - 8 - 9 - 10 - 13 - 14 - 17	11/19
9	• Pas d'efforts de l'épaule	OP 8 - 9 - 10 - 17 - Insert Gauche	14/19
10	• Pas de flexions rotations répétées du tronc	OP 1 - 9 - 10 - Insert Gauche	15/19
11	• Port de protections auditives obligatoires	X	X
12	• Pas de port de charge > 10kg • Pas d'efforts épaule au dessus horizontale • Pas de flexions rotations répétées de la tête	OP 1 - 8 - 9 - 10 - 17 - Insert Gauche	13/19
13	• Pas d'effort épaule au dessus horizontale • Pas de flexions rotations répétées du tronc	OP 1 - 8 - 9 - 10 - 17 - Insert Gauche	13/19

Figure 15 - Compatibilité restrictions postes 2/3

14	• Pas de port de charge > 10kg	OP 8 - 17	17/19
15	• Port de protections auditives obligatoires • Pas de flexions rotations répétées du tronc • Pas d'irritants/allergisants cutanés	OP 1 - 9 - 10 - Insert Gauche	15/19
16	• Pas d'irritants/allergisants cutanés	X	X
17	• Pas d'efforts épaule au dessus horizontale • Pas de station debout prolongée • Pas de marche prolongée	OP 1 - 4 - 5 - 8 - 9 - 10 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - Insert Gauche	7/19
18	• Pas de port de charge > 10kg • Pas de marche prolongée • Pas de travaux bras au dessus du cœur	OP 1 - 4 - 5 - 8 - 9 - 10 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - Insert Gauche	7/19

Figure 14 - Compatibilité restrictions postes 3/3

Cette répartition hétérogène des incompatibilités entraîne plusieurs conséquences organisationnelles et humaines :

- Une réduction des marges de manœuvre pour la rotation des postes. Certains opérateurs se retrouvent systématiquement affectés sur les mêmes postes dit « compatibles », ce qui accroît le risque de monotonie et d'usure

professionnelle à moyen termes. A l'inverse les opérateurs sans restriction se retrouvent régulièrement sur les postes difficiles et contraignants ce qui engendre un risque de TMS.

- Une difficulté pour maintenir l'équilibre collectif : l'encadrement et les responsables d'unités (RU) doivent gérer en permanence les affectations et les rotations de postes pour éviter de surcharger les mêmes salariés ou de bloquer la production
- Un risque de désaffiliation professionnelle pour les salariés dont leur(s) restriction(s) ne leur permettent plus d'accéder à une proposition suffisante de postes (certains n'ont accès qu'à 2 ou 3 postes sur les 20 présent sur le secteur « côtés de caisse »)

Ces constats soulignent l'importance :

- D'actualiser régulièrement la matrice employabilité pour suivre les évolutions du personnel et des postes
- De croiser les résultats avec la cotation des postes afin de hiérarchiser objectivement les contraintes
- D'impliquer le service médical, la prévention et les managers dans l'élaboration de la polyvalence sur les postes et la rotation
- D'anticiper les effets d'une augmentation de cadence (passe de 38 à 44 véhicules/heure), qui pourrait encore réduire les marges de manœuvre et accentuer la difficulté de placement des opérateurs fragilisés

Ces éléments renforcent l'intérêt d'une approche pluridisciplinaire et centrée sur le travail réel, telle que recommandée par Daniellou et béguin (2004), Hubault (2011) et Falzon (2013), afin de concilier performance industrielle et maintien durable dans l'emploi

Mise en évidence des écarts prescrits/réels

L'analyse ergonomique menée sur le secteur « côtés de caisse » a permis de comparer le travail prescrit, c'est-à-dire celui défini par l'organisation et les standards (gammes, procédures, temps définis), et le travail réel, c'est-à-dire les ajustements

opérés par les salariés pour répondre aux contraintes de production, de qualité et de sécurité (Guérin et al., 2007 ; Daniellou, 2015).

Les observations de terrain montrent que, malgré la standardisation des postes, les opérateurs réalisent de nombreux réajustement en temps réel :

- Adaptation des postures pour compenser le poids ou l'encombrement des pièces
- Modifications de l'ordre des gestes ou tâches pour maintenir le rythme imposé
- Sollicitations accrues de certaines articulations (poignet, épaule, dos, etc.) pour atteindre les cadences,
- Recours à l'entraide ponctuelle ou à des micro-pauses non prévues afin de limiter la fatigue
- Anticiper certaines opérations en ajoutant à l'avance les inserts ou les écrous sur les pièces, afin de gagner du temps sur le cycle attribué.

Par exemple :

- Sur le poste OP8 et OP17, les opérateurs regroupent toutes les pièces nécessaires en un seul prélèvement plutôt que d'effectuer plusieurs allers-retours. Cette stratégie vise à réduire les déplacements et à optimiser le temps de cycle, mais elle entraîne une augmentation ponctuelle de la charge physique lors du transport des pièces.
- Sur les postes OP 9 et OP10, lors de la prise des pièces à l'aide de la « mobylette » (dispositif de manutention), les opérateurs s'aident de leur genou ou leur jambe pour soulever et repositionner la charge. Ce geste compensatoire, qui n'est pas prévu dans la gamme du poste, vise à réduire l'effort direct sur le dos et le bras, mais il traduit la difficulté réelle de la manœuvre. L'effort nécessaire pour remonter l'équipement reste important et entraîne une sollicitation posturale inhabituelle, transférant la contrainte du rachis et membre supérieur vers les membres inférieurs.
- Sur plusieurs postes, les opérateurs manipulent régulièrement des caisses de pièces dépassant parfois 10kg. Ils leur arrivent de transvaser deux caisses dans une seule afin de réduire les déplacements et de fluidifier l'approvisionnement, notamment lorsque les zones de stockage sont éloignées du poste. Ces ajustements, non prévus dans les standards, contribuent à maintenir la

continuité de production, mais illustre parfaitement l'écart entre le travail prescrit (exempt de manutentions manuelles dans la gamme) et le travail réel, où les opérateurs compensent les contraintes organisationnelles par des efforts supplémentaires.

Ces écarts témoignent d'une variabilité du travail souvent sous-estimée par l'organisation. Ils reflètent aussi la capacité des opérateurs à réguler les aléas, mais au prix d'efforts supplémentaires, parfois invisibles. En ergonomie, ces ajustements sont considérés comme essentiels pour la performance, mais ils peuvent également constituer une source d'usure professionnelle lorsqu'ils deviennent systématiques ou dépassent les ressources des opérateurs (St-Vincent et al., 2011).

La mise en évidence des ces écarts est un point clé : elle permet de comprendre pourquoi certains postes apparaissent plus contraignants dans la pratique que dans les standards, et de relier ces constats aux résultats de la cotation EWA et de la matrice employabilité.

Identification des premières tensions sur les postes

Les premières analyses issues de la mise à jour de la matrice d'employabilité, croisées avec la cotation EWA, ont permis de mettre en évidence plusieurs postes sensibles sur le secteur « côtés de caisse ». Ces postes se distinguent soit par une dépense énergétique élevée, soit par une incompatibilité accrue avec les restrictions médicales, soit par les deux.

Dans un premier temps, on retrouve un durcissement des postes critiques :

- OP8 et OP10 : classés « rouges », avec un niveau d'effort dépassant les capacités de récupération prévues. Ces postes figurent également parmi ceux où plusieurs salariés ne peuvent plus être affectés (11 exclusions recensées).
- OP9 et OP10 : effort de soulèvement important lors de l'utilisation de la « mobylette », ajustements compensatoires traduisant une contrainte posturale significative

- OP8 et OP17 : charge physique renforcée par le regroupement de pièces en une seule prise, entraînant un pic d'effort ponctuel

On retrouve également une accumulation des incompatibilités médicales. La matrice employabilité montre que certains postes concentrent un nombre élevé d'exclusions médicales (jusqu'à 11 salariés non affectables sur OP8 et OP17). Cela traduit :

- Soit une difficulté objective confirmée par l'EWA
- Soit une inadéquation organisationnelle, par exemple absence de postes de repli suffisants dans l'équipe

Pour finir, nous avons les tensions liées aux ajustements opérateurs. Les observations directes mettent en lumière des stratégies individuelles pour tenir les cadences, telles que :

- Le transport manuel de caisses de pièces > 10kg alors que la gamme ne le prévoit pas ;
- La modification de l'ordre des gestes pour réduire les amplitudes de certains membres sur certains postes
- La prise de toutes les pièces en une seule fois sur certains postes pour réduire les déplacements, entraînant un surcroît d'effort ponctuel

Ces tensions confirment que les postes les plus sollicitant correspondent aux postes où l'adéquation homme/poste est la plus difficile à maintenir, et justifient une analyse approfondie du travail réel pour identifier les marges de manœuvre possibles.

Au-delà des contraintes physiques objectivées par la cotation EWA et la matrice employabilité, les observations montrent que certains opérateurs sont affectés de manière récurrente aux mêmes postes sollicitant, sans réelle rotation. Cette répartition inégale du travail peut générer des tensions sociales dans le collectif : sentiment d'injustice, démotivation ou baisse de coopération. En ergonomie, il est reconnu que la répartition du travail réel influence non seulement la santé physique mais aussi le climat social et la cohésion d'équipe (Daniellou, 2015 ; Volkoff, 2012). Cet aspect devra être pris en compte dans l'analyse approfondie du secteur afin de garantir à la fois la soutenabilité du travail et le maintien dans l'emploi.

5. Hypothèses de second rang

Suites à l'analyse de la demande, des traces et des premières observations terrain, des premiers constats ont pu ressortir afin d'approfondir l'intervention. Nous pouvons aborder plusieurs hypothèses tels que :

- Le déplacement des tâches lié à l'introduction de la robotisation modifie la répartition des contraintes physiques et cognitives entre les postes, pouvant durcir certaines situations de travail
- L'augmentation envisagée du nombre de véhicules réduira les marges de manœuvre et augmentera la charge physique, impactant la soutenabilité du travail
- Ces évolutions techniques et organisationnels affectent plus fortement les salariés fragilisés (restrictions médicales, âge, usure professionnel), en réduisant leurs possibilités de maintien sur certains postes

Une analyse approfondie du travail réel est nécessaire pour vérifier ces hypothèses.

6. Analyse du travail réel

Afin de compléter les premières investigations menées sur le secteur ferrage, une analyse approfondie du travail réel a été réalisée sur des postes ciblés. L'objectif est de mieux comprendre l'impact des transformations technico-organisationnelles sur la répartition des tâches, la charge physique et la polyvalence des opérateurs.

Le premier poste étudié est celui du contrôle partie basse dans la zone MEF du ferrage. Situé immédiatement après un robot, il présente un intérêt particulier car les opérateurs peuvent être amenés à récupérer certaines tâches en cas de défauts ou d'arrêts machine.

L'analyse se poursuit ensuite sur la zone « côtés de caisse », qui compte vingt postes. Parmi eux, six postes ont été sélectionnés pour une étude détaillée en raison de leur importance stratégique et de leurs contraintes spécifiques :

- Les postes inserts gauche et droit : historiquement considérés comme des postes aménagés, se sont durcis à la suite du déplacement de certaines tâches consécutif à l'installation des robots.
- Les postes 9 et 10 : bien qu'ils n'aient pas subi de transfert direct de tâches, ils restent particulièrement contraignants et offrent peu de polyvalence. Leur amélioration est essentielle pour réduire la pénibilité et soutenir une meilleure organisation collective. De plus, une réorganisation envisagée pourrait réduire le nombre d'opérateurs sur les postes, ce qui augmenterait encore la charge de travail.
- Les postes 8 et 17 : ces postes présentent une charge physique élevée et, comme le montre la matrice employabilité, ils ne peuvent accueillir qu'un nombre très limité de salariés avec restrictions, ce qui crée des tensions dans l'affectation du personnel.

Cette sélection de postes permet de croiser plusieurs problématiques : impact direct des robots sur le contenu du travail, durcissement des postes historiquement aménagés, postes critiques en termes de pénibilité et contraintes d'affectation liées aux restrictions médicales.

Contrôle partie basse

Ce poste de contrôle a pour fonction d'identifier d'éventuels défauts sur la caisse ferrée. Deux opérateurs y travaillent simultanément : l'un à gauche, l'autre à droite, chacun inspectant son côté de la caisse. Leur mission consiste à vérifier la conformité de l'assemblage et, si nécessaire, à effectuer des retouches à l'aide d'outils manuels (ponceuse, disqueuse, lime). Lorsque le défaut ne peut pas être corrigé sur place, l'opérateur le signale en le scannant à l'aide d'un terminal afin qu'il soit repris en aval de la ligne.

Avant l'installation du robot, les tâches principales consistaient à « palucher » la caisse, c'est-à-dire à la contrôler visuellement et manuellement comme le montre la figure 16 ci-dessous, puis à corriger les défauts retouchables directement sur le poste. L'opérateur devait réaliser l'ensemble de ces opérations dans un temps de cycle de 56 secondes (équivalent à 36 véhicules/heure). Les observations ont montré que la seule phase de contrôle prenait déjà environ 49 secondes, et qu'une retouche, selon son ampleur, pouvait nécessiter entre 5 et 45 secondes supplémentaires. Autrement

dit, même avant toute évolution organisationnelle, l'opérateur dépassait régulièrement son temps de cycle dès lors qu'un défaut apparaissait.



Figure 16 - Opération paluchage

L'installation du robot a modifié cette organisation. Si l'opérateur de droite conserve ses missions initiales, l'opérateur de gauche se voit attribuer de nouvelles opérations : la mise en place des « tours Eiffel » (TE) présentée sur la figure 17 à l'avant du véhicule, suivie du vissage de ces pièces visible sur la figure 18. Cette opération supplémentaire, qui demande environ 5 secondes, s'ajoute à un temps de cycle déjà saturé.



Figure 17 - Mise en place TE



Figure 18 - Vissage TE

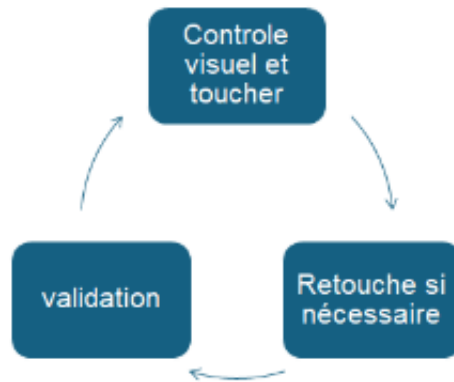


Figure 19 - Processus tâches avant robotisation

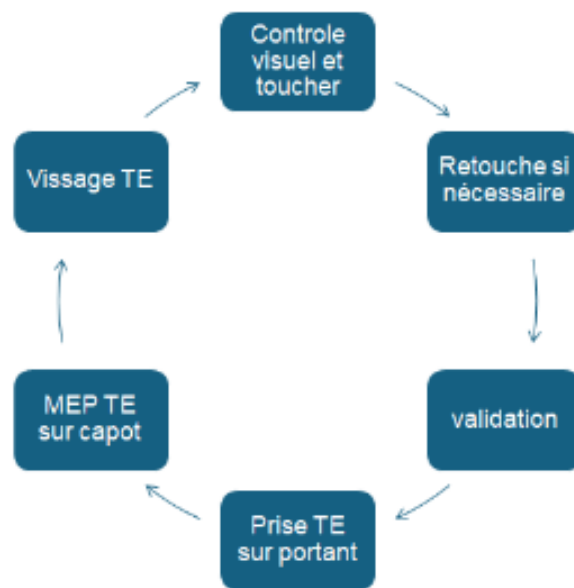


Figure 20 - Processus tâches après robotisation

Les figures 19 et 20 nous permettent d'avoir une vue d'ensemble des tâches rajoutées suite à la robotisation.

Par ailleurs, en cas de panne partielle du robot (ex. : visseuse défaillante), l'opérateur doit reprendre manuellement le vissage manquant ou mal réalisé. Cette action requiert environ 10 secondes supplémentaires et s'ajoute aux opérations précédentes, augmentant encore la charge de travail.

Ces opérations de vissage, qu'il s'agisse de la mise en place des TE ou de la reprise manuelle du vissage du capot lors d'une panne robot, induisent également des

postures contraignantes pour les membres supérieurs. Les gestes réalisés bras en l'air sollicitent fortement les épaules et les poignets, accroissant le risque de TMS.

Ces évolutions entraînent des conséquences directes :

- Contraintes physiques accrues, liées à des postures de contrôle difficiles dues au gabarit du véhicule et à l'utilisation d'outils obsolètes et lourds ;
- Dépassement systématique du temps de cycle, déjà observé avant le transfert de tâches, désormais aggravé par les nouvelles opérations et par les aléas techniques du robot ;
- Risque accru de TMS et de maladies professionnelles, du fait d'une sollicitation musculaire plus intense et d'une réduction des marges de récupération.

Ainsi, le déplacement des tâches vers ce poste accentue une situation déjà tendue : l'opérateur ne dispose plus du temps nécessaire pour assurer simultanément la qualité du contrôle, la correction des défauts et la mise en place des TE, surtout lorsque survient une panne robot. Cette surcharge illustre concrètement l'effet de la réorganisation sur les conditions de travail et met en lumière un déséquilibre croissant entre exigences de production et ressources disponibles.

Éléments	Détails
Temps de cycle	56 sec, soit 36 véhicules/heure
Opérations	
- Mise en place des tours eiffel	5 sec
- Paluchage	49 sec
- Défaut sur voiture à corriger	Aléatoire : - Simple : 5 sec - Compliqué : 45 sec
Temps total sans défaut	54 sec
En cas de défaut	Absence de marges de manœuvre
Temps de vissage du capot	10 sec
- En cas de panne	Dépassement du temps de cycle de 8 sec

Figure 21 - Récapitulatif temps/opération poste contrôle partie basse

Suite à ce premier constat, il a été pertinent d'évaluer la fiabilité du robot et de simuler l'activité en cas de panne afin de mesurer précisément les impacts sur la charge de travail des opérateurs. L'analyse montre qu'en cas d'indisponibilité d'une visseuse

robotisée, une équipe doit reprendre jusqu'à 252 opérations manuellement sur une journée.

Les simulations réalisées pour différents niveaux de fiabilité (de 99 % à 95 %) mettent en évidence une augmentation progressive du nombre de tâches reprises par les opérateurs : de 2,5 tâches par équipe à 99 % de fiabilité, jusqu'à 12,6 tâches à 95 %. Cette reprise d'activité s'accompagne d'une surcharge de travail notable, particulièrement lorsque les défauts présents sur les véhicules sont complexes ou nombreux.

Fiabilité	99%	98%	97%	96%	95%
Tâches	2,5	5	7,5	10	12,6

Figure 22 - Fiabilité robot

Les graphiques ci-dessous en figure 23 et 24 illustrent deux phénomènes majeurs :

- La surcharge de travail en secondes, qui croît fortement avec la diminution de la fiabilité du robot et l'augmentation des scénarios de défauts (simples ou complexes).
- L'augmentation du taux de charge de travail, dépassant systématiquement le seuil des 100 %, pour atteindre jusqu'à 117 % dans les scénarios les plus contraignants (fiabilité à 95 % avec 10 % de défauts simples et 20 % de défauts complexes).

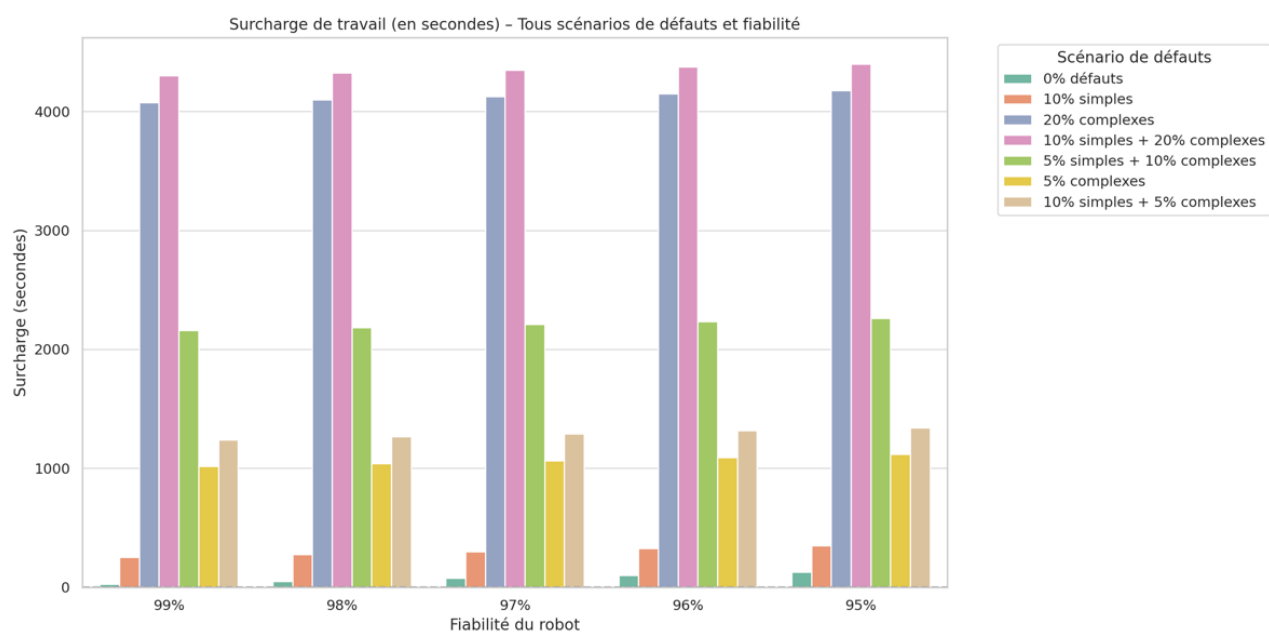


Figure 23 - Simulation fiabilité robot 1

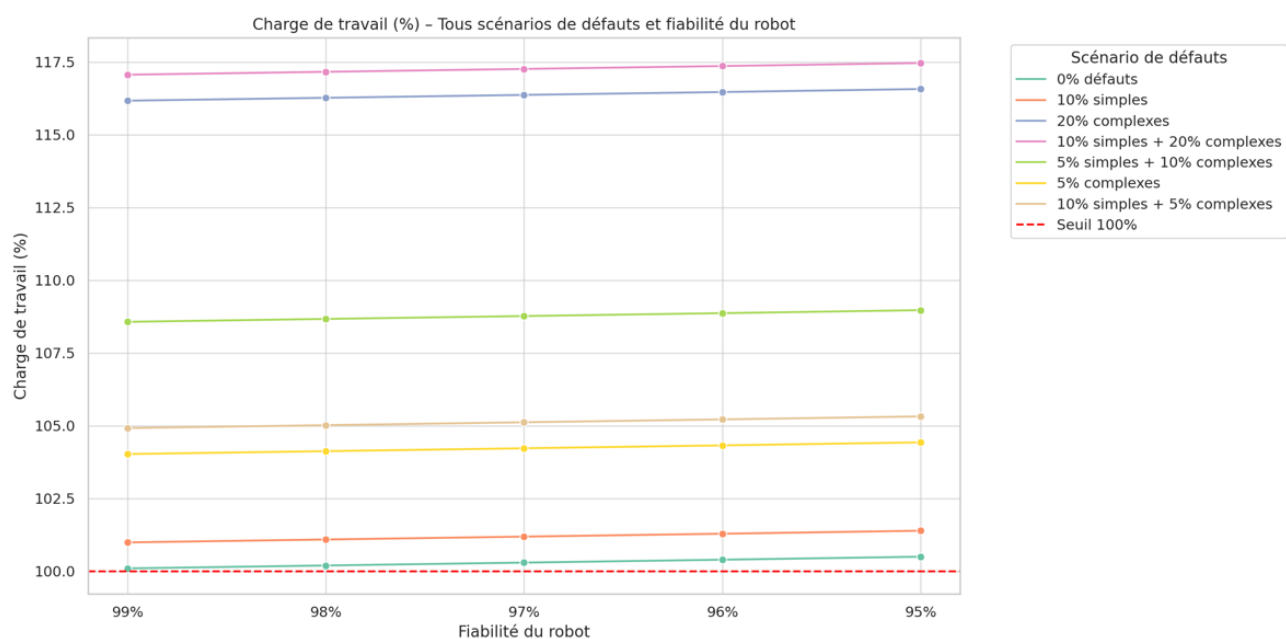


Figure 24 - Simulation fiabilité robot 2

Au-delà de l'augmentation du temps de cycle, cette reprise manuelle entraîne des risques biomécaniques importants. Les opérations de vissage et de reprise des défauts nécessitent des postures contraignantes pour les membres supérieurs : travail bras en élévation, gestes de force, maintien prolongé d'outils lourds et vibrations répétées. Ces facteurs sont connus pour accroître la probabilité d'apparition de TMS

touchant les épaules, les coudes et les poignets (Colombini & Occhipinti, 2017 ; Aptel et al., 2002). De plus, l'intensification temporelle limite les micro-pauses nécessaires à la récupération, accentuant encore la fatigue musculaire et le risque de lésions.

Ces résultats confirment que la panne du robot n'est pas seulement ponctuelle mais qu'elle génère un surcroît de travail significatif pour les opérateurs. Cette reprise manuelle des vissages, réalisée dans des postures contraignantes, accroît les risques de TMS et majore la pression temporelle sur le poste.

Ces constats montrent que la robotisation ne supprime pas la charge humaine, mais la transforme en déplaçant les contraintes vers des situations non prévues et plus difficiles à maîtriser. L'opérateur se trouve ainsi pris entre les exigences de qualité et de cadence, sans disposer du temps ni des ressources nécessaires pour concilier les deux.

En résumé, le déplacement des tâches vers ce poste accentue un déséquilibre déjà présent, en augmentant :

- Les contraintes physiques (postures défavorables, outils défectueux et lourds),
- Le dépassement systématique du temps de cycle,
- Le risque accru de TMS et de maladies professionnelles.

Ces résultats soulignent la nécessité d'intégrer la fiabilité réelle des robots et les marges de récupération humaines dans la conception des organisations de travail, afin d'anticiper les reprises d'activité et d'éviter une surcharge durable des opérateurs.

Poste insert droit

Avant l'installation des robots, l'opérateur affecté au poste inserts droit devait réaliser deux types d'opérations :

- La mise en place de trois inserts sur une pièce située dans l'îlot,
- Le sertissage de cinq écrous sur les pieds centraux gauche.

Ce poste était initialement considéré comme aménagé, car le temps de cycle laissait à l'opérateur une marge suffisante pour réaliser ses opérations avec un temps de récupération nécessaire, facilitant ainsi l'affectation de salariés présentant des restrictions.

L'arrivée des robots a profondément modifié cette organisation. Le sertissage des écrous sur les pieds centraux droit, autrefois effectué sur le poste capot en tâches annexes, a été transféré sur le poste inserts droit. En effet, la suppression de l'opérateur du poste capot et l'incapacité du robot à réaliser cette opération ont conduit à ce déplacement de tâches.

Ce sertissage supplémentaire concerne exclusivement les véhicules utilitaires, qui représentent 80 % de la production, soit environ 28 véhicules par heure. Concrètement, le nombre d'écrous à sertir sur ce poste est passé de 140 à 280 par heure (5 écrous $\times$ 28 véhicules), doublant ainsi la charge de travail sur le même temps de cycle.

Par ailleurs, le support destiné aux pièces à sertir a été revu : il comporte désormais trois rangées adaptées aux deux types de pièces (gauche et droite), contre deux auparavant. Cette adaptation, si elle facilite la flexibilité, entraîne une contrainte posturale supplémentaire : pour atteindre certaines zones, l'opérateur a une angulation au poignet de manière répétitive visible sur la figure 25 ci-dessous. De plus, les écrous étant hexagonaux, cela oblige l'opérateur à effectuer un mouvement avec son poignet pour insérer l'écrou que l'on peut apercevoir également sur la figure 25, ce qui augmente la contrainte au niveau du poignet. L'équilibreur de la sertisseuse n'est pas suffisamment efficace pour compenser le poids de l'outil et soulager cette contrainte, augmentant le risque de douleurs musculosquelettiques.



Figure 25 - Angulation poignet sertissage

En parallèle, l'opérateur doit continuer à alimenter l'îlot en inserts dès que le rideau automatique s'ouvre. Ce rideau étant directement synchronisé avec la production, l'opérateur doit rester en permanence vigilant pour éviter tout ralentissement de la ligne, ce qui limite ses marges de manœuvre et augmente la pression temporelle. Les retours du terrain montrent qu'il devient difficile pour les opérateurs de tenir huit heures sur ce poste, en raison de la cadence élevée (70 sertissages par quart d'heure) et des douleurs croissantes au poignet en fin de poste.

D'un point de vue ergonomique, cette évolution génère plusieurs effets :

- Augmentation des sollicitations biomécaniques sur les membres supérieurs et les poignets, du fait des gestes répétitifs, des postures extrêmes et de l'usage répété de l'outil de sertissage (Colombini & Occhipinti, 2017 ; Aptel et al., 2002)
- Réduction des possibilités d'affectation de salariés fragilisés, puisque le poste, auparavant considéré comme « aménageable », devient incompatible avec certaines restrictions médicales ;
- Baisse de la polyvalence au sein de l'équipe, les opérateurs sans restriction devant absorber une plus grande part des contraintes ;

- Intensification cognitive, liée à la vigilance permanente nécessaire pour suivre l'ouverture du rideau et éviter tout blocage de production (Falzon, 2013).

En résumé, un poste auparavant adapté aux salariés fragilisés s'est durci, cumulant une intensification du rythme, l'apparition de nouvelles contraintes sur le poignet et une vigilance accrue. Cette évolution illustre comment une décision technico-organisationnelle (introduction des robots) peut indirectement réduire la soutenabilité d'un poste et limiter les marges de manœuvre pour le maintien en emploi.

De plus, si l'entreprise augmente la cadence à 44 véhicules par heure, et en considérant que ce poste concerne 80 % de la production, l'opérateur devrait réaliser le sertissage sur 35 véhicules par heure environ (soit $44 \times 0,8$). Le nombre d'écrous à sertir passerait alors de 280 à 350 par heure ($5 \text{ écrous} \times 35 \text{ véhicules}$), soit environ 88 sertissages toutes les 15 minutes.

Une telle intensification réduirait encore davantage les marges de récupération déjà limitées et contraindrait l'opérateur à maintenir un rythme soutenu sans possibilité de micro-pauses. Les contraintes biomécaniques sur le poignet seraient accentuées par la répétition plus rapide des gestes.

D'un point de vue organisationnel, ce poste ne pourrait plus être considéré comme aménageable pour des salariés présentant des restrictions, et la rotation du personnel serait rendue encore plus difficile. Les retours déjà exprimés par les opérateurs sur la difficulté à tenir huit heures sur ce poste laissent présager un risque accru d'usure professionnelle, de troubles musculosquelettiques et de désaffiliation pour les salariés les plus exposés.

Poste insert gauche

Sur le poste 19, dédié aux inserts gauche, l'opérateur doit réaliser deux opérations principales :

- Insérer des pièces dans un flot directement relié à la production,
- Puis poser des inserts sur les pieds avant.

Avant la robotisation, l'opérateur ne s'occupait que des pieds avant droit. Aujourd'hui, il doit également réaliser l'opération sur les pieds avant gauche, doublant ainsi le

volume de travail sur un temps de cycle inchangé. Concrètement, il doit préparer 38 pièces pour le côté droit et 38 pour le côté gauche par heure, contre seulement 38 auparavant.

Une fois les inserts posés, l'opérateur dépose les pieds sur un chariot en bord de ligne, qui alimente un poste situé plus loin. Comme ces pièces sont montées sur chaque véhicule, la charge est constante et soutenue. L'opérateur doit aussi rester vigilant lors de l'alimentation de l'îlot : le processus est cadencé automatiquement, et il doit insérer les pièces au bon moment pour éviter tout ralentissement de la ligne.

La cadence peut encore augmenter lorsque la ligne prend de l'avance ou lorsque le poste consommateur de pieds avant réclame un approvisionnement supplémentaire. L'opérateur doit alors produire plus rapidement pour répondre à la demande, accentuant encore la pression temporelle.

D'un point de vue ergonomique, ce poste présente des contraintes physiques significatives :

- Au niveau du dos, lors de la récupération des pieds avant dans les contenants (figure 26)
- Au niveau des poignets, en raison du retournement fréquent des pièces et de la pose répétée des inserts.



Figure 26 - Prise pièce dans conteneurs

Les retours des opérateurs indiquent qu'ils sont dans l'incapacité de produire le nombre de chariots demandés dans le temps imparti. Pour pallier cette limite, un complément de production des pieds avant gauche continue d'être réalisé sur l'ancien poste où ils étaient traités avant la robotisation, afin de répondre aux besoins de la ligne.

Si le cadencement passe à 44 véhicules/heure, et en considérant que ce poste est concerné par l'ensemble de la production, l'opérateur devrait préparer 44 pièces pour le côté droit et 44 pour le côté gauche par heure, soit 88 pièces au total contre 76 actuellement. Cette intensification de près de 16 % aggraverait une situation déjà tendue :

- Les marges de récupération disparaîtraient totalement ;
- Les contraintes biomécaniques sur le dos et les poignets augmenteraient par la répétition accélérée des gestes ;
- Et la production complémentaire sur l'ancien poste deviendrait encore plus indispensable pour absorber la charge.

En résumé, ce poste a subi un doublement de la charge de travail tout en conservant la même durée de cycle, et un passage à 44 véhicules/heure accentuerait encore l'intensification du rythme et les risques pour la santé. Cette situation illustre bien les effets indirects de la robotisation lorsqu'elle déplace des opérations humaines plutôt que de les supprimer.

Poste 9 et 10

Les postes 9 et 10 figurent parmi les plus contraignants du secteur. Ils sont classés rouges à la cotation EWA, avec une dépense énergétique élevée traduisant une charge physique importante. La matrice employabilité montre que tous les segments corporels sont sollicités, ce qui en fait des postes à risque pour la santé des opérateurs.

Ces postes consistent à manipuler une pièce constituant le côté du véhicule à l'aide d'un équipement appelé « mobylette ». Selon la diversité produite, la pièce est plus ou moins lourde, et les opérations qui suivent varient :

- L'opérateur pousse la mobylette jusqu'au conteneur, la colle à la pièce, soulève la mobylette pour mettre la pièce à hauteur, puis la tire hors du conteneur ;
- Il se dirige ensuite vers le rideau de l'îlot, où il réalise différentes opérations selon la diversité :
 - Soit pose et rivetage de deux rivets, suivi de l'insertion de deux pièces dans le rideau ;
 - Soit collage d'inserts sur la face intérieure et ajout de deux pièces dans le rideau.
- Enfin, il pousse la mobylette dans l'îlot, descend la pièce pour la positionner dans le moyen robotisé et retire la mobylette.

Les opérateurs des postes 9 et 10 effectuent les mêmes tâches, en alternance, selon les diversités affichées à l'écran de pilotage. Cette organisation en flux tendu implique une vigilance permanente et un haut niveau d'effort physique.

Les contraintes principales identifiées sont les suivantes :

- Forte sollicitation du tronc et des membres supérieurs, liée à la manipulation répétée de la mobylette, qui est défectueuse et nécessite un effort important pour être poussée, tirée et soulevée ;
- Variabilité de la charge physique, car le poids des pièces change selon la diversité, rendant certains cycles plus lourds que d'autres ;
- Déplacements nombreux et pénibles, dus à la diversité des pièces et à l'absence d'optimisation ergonomique du poste ;
- Geste contraignant pour soulever la pièce, consistant à tirer une manette tout en tirant simultanément sur une poignée comme nous pouvons le voir sur la figure 27 ci-dessous

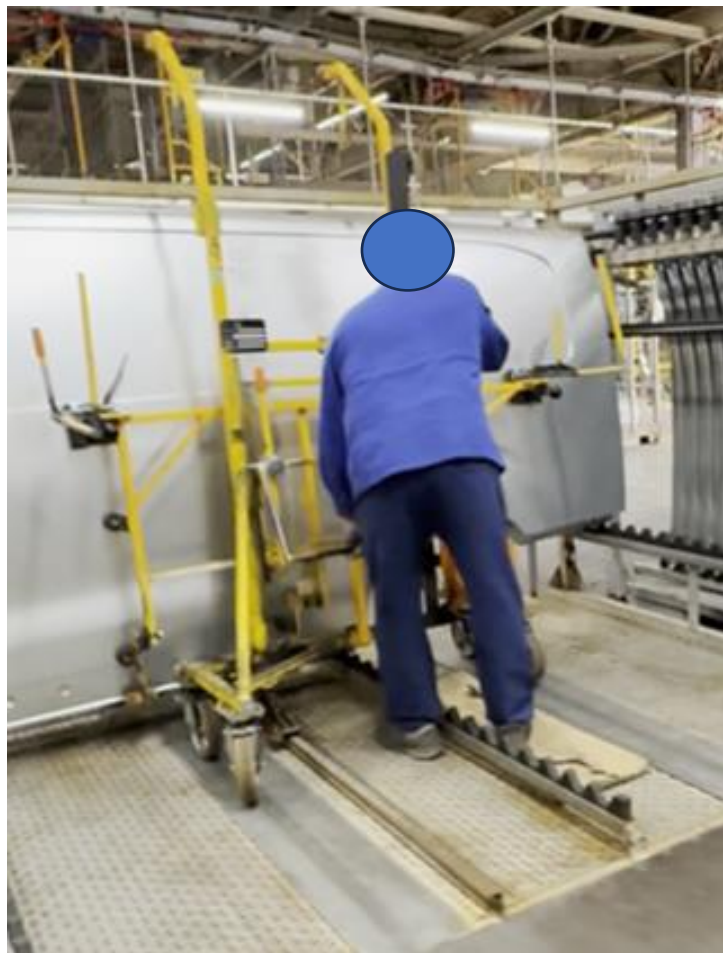


Figure 27 - Manipulation mobylette

Les entretiens réalisés avec les opérateurs confirment que les douleurs au tronc et aux membres supérieurs sont récurrentes, en particulier au niveau des épaules et du dos. Le poste étant physiquement exigeant, peu de personnes souhaitent y être affectées, ce qui entraîne une surexposition de certains opérateurs. Cette répartition

inégale du travail crée un risque accru de TMS pour les personnes les plus sollicitées et peut générer des tensions sociales, certains percevant une inéquité dans l'affectation aux postes les plus difficiles.

Il apparaît donc nécessaire de réduire la charge physique sur ces postes afin de préserver la santé des opérateurs et d'améliorer la polyvalence et la rotation. Une alternance plus régulière des opérateurs limiterait l'usure professionnelle et renforcerait la justice perçue dans l'équipe.

Un point de vigilance particulier doit être souligné : un projet visant à affecter un seul opérateur sur l'ensemble des opérations est en cours d'étude. Sans réaménagement du poste, celui-ci sera intenable, tant sur le plan physique qu'organisationnel. Un nouvel aménagement visant à réduire les déplacements a déjà été amorcé, mais il reste insuffisant au regard des contraintes identifiées.

L'augmentation du cadencement de 38 à 44 véhicules/heure accentuerait considérablement les contraintes existantes :

- Le temps de cycle se réduirait, laissant encore moins de marge pour effectuer des opérations nécessitant déjà un effort élevé ;
- La fréquence de manipulation de la mobylette augmenterait, entraînant une sollicitation accrue du tronc et des membres supérieurs ;
- Le risque de TMS s'intensifierait, du fait de la répétition plus rapide des gestes et de la diminution des temps de récupération ;
- La polyvalence serait encore plus difficile à mettre en œuvre, car peu de salariés pourraient tenir durablement ces postes ;
- La possibilité d'affecter des salariés avec restrictions serait quasi nulle, concentrant la charge sur un nombre restreint d'opérateurs.

Ces éléments montrent que l'augmentation du cadencement ne peut être envisagée sans une refonte en profondeur de l'organisation du poste et une amélioration ergonomique des moyens mis à disposition. À défaut, la soutenabilité du poste serait compromise et les impacts sur la santé des opérateurs pourraient s'aggraver à court terme.

Poste 8 et 17

Les postes 8 et 17 sont deux postes symétriques : le premier concerne le côté gauche du véhicule, le second le côté droit. Les opérateurs y effectuent globalement les mêmes opérations, à une différence près : sur le poste 8, une tâche annexe est ajoutée, consistant à remplir un chariot avec trois références de pièces différentes (40 pièces de chaque), destinées à alimenter un autre poste en aval.

Les analyses terrain ont mis en évidence plusieurs contraintes majeures :

- Une charge physique élevée, du fait de la manipulation répétée de pièces lourdes et volumineuses, parfois portées sur plusieurs mètres avant d'être positionnées dans les rideaux des îlots que nous pouvons voir sur la figure 28 ;

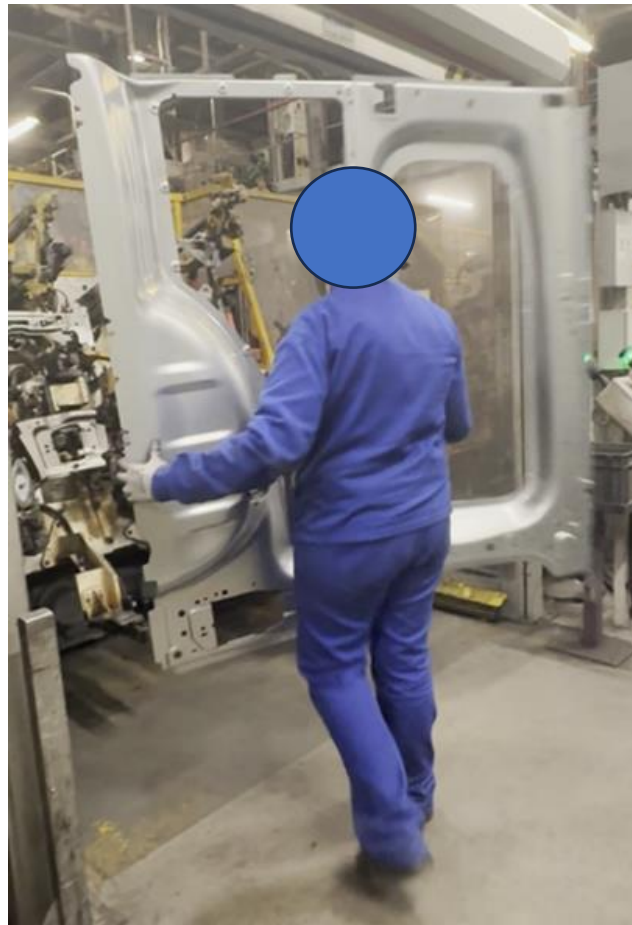


Figure 28 - Pièce encombrante

- Une charge cognitive importante, liée à la présence de quatre diversités de véhicules, impliquant de choisir correctement les pièces correspondantes à chaque cycle ;

- Des marges de manœuvre réduites, puisque l'opérateur du poste 17 ne dispose que de 6,5 secondes de temps disponible, et celui du poste 8 dépasse déjà son temps de cycle en raison du chargement du chariot ;
- Une inaccessibilité accrue pour les salariés fragilisés, puisque 11 personnes sur 18 présentant des restrictions médicales ne peuvent pas être affectées à ces postes, réduisant ainsi la polyvalence au sein de l'équipe.

Les opérations réalisées combinent :

- L'approvisionnement des deux rideaux des îlots en pièces ;
- Le soudage manuel de certaines pièces, nécessitant souvent de l'avance pour tenir la cadence, par exemple lors de pannes robot ;
- Sur le poste 8, le chargement manuel d'un chariot, sollicitant fortement les membres supérieurs (figure 29) et le tronc lorsque les conteneurs sont presque vides (figure 30).



Figure 29 - Approvisionnement chariot



Figure 30 - Prise pièce dans conteneur

Les risques identifiés sont multiples :

- Risques biomécaniques : les gestes de manutention contraignent les épaules, les poignets et le dos, aggravés par les postures de flexion pour récupérer les pièces basses ;
- Risques cognitifs et temporels : la diversité des pièces exige une vigilance constante pour éviter les erreurs, qui bloqueraient immédiatement le robot et entraîneraient des pertes de temps ;
- Risques organisationnels : la faible marge temporelle laisse peu de possibilités d'auto-régulation, obligeant les opérateurs à anticiper en réalisant de l'avance, ce qui accroît la fatigue.

Le passage à 44 véhicules/heure amplifierait sensiblement toutes les contraintes décrites :

- Augmentation du rythme et réduction des marges de manœuvre, rendant la gestion des diversités encore plus complexe ;

- Intensification biomécanique, notamment sur le poste 8, qui passerait d'un poste orange à un poste rouge à la cotation, tandis que le poste 17 resterait orange mais avec un temps de cycle dépassé ;
- Risque accru pour la santé, en particulier pour les membres supérieurs et le dos, du fait d'une cadence plus rapide et d'une charge cognitive supplémentaire ;
- Réduction de la polyvalence, car encore moins de salariés pourraient tenir durablement ces postes, ce qui concentrerait les contraintes sur un nombre restreint d'opérateurs.

Il est indispensable d'agir sur ces postes afin de :

- Réduire la charge physique et cognitive, par des améliorations ergonomiques (moyens de manutention, supports de pièces adaptés, optimisation du chariot);
- Préserver la santé des opérateurs, en évitant qu'un trop petit nombre de salariés assume en continu la pénibilité ;
- Renforcer la rotation et la polyvalence, pour répartir les contraintes et limiter l'usure professionnelle.

Ces postes illustrent comment une organisation non actualisée après l'installation de robots peut accroître les contraintes sur les opérateurs, malgré une automatisation censée réduire la pénibilité.

Principaux constats terrain

L'analyse détaillée des postes met en évidence plusieurs évolutions majeures depuis l'installation des robots :

- Déplacement des tâches plutôt que suppression de la pénibilité, entraînant une augmentation des opérations sur certains postes (ex. contrôle partie basse, inserts droit et gauche).
- Durcissement de plusieurs postes clés (9, 10, 8, 17), caractérisés par une forte sollicitation biomécanique, une dépense énergétique élevée et une réduction des marges de manœuvre.
- Baisse de la polyvalence, les postes les plus contraignants étant assurés par un nombre restreint d'opérateurs.

- Émergence de contraintes posturales nouvelles (poignet, tronc, membres supérieurs) liées à l'adaptation des moyens et à l'augmentation des cadences.

Ces constats factuels soulignent une intensification du travail et une réorganisation qui pèsent directement sur les conditions de réalisation des tâches.

7. Mise en évidence des enjeux pour les populations fragilisées

Situations de fragilité repérées

L'actualisation de la matrice employabilité et les observations de terrain montrent que certains salariés présentent des restrictions médicales (18 sur le secteur), principalement liées à des TMS, à l'âge ou à des antécédents médicaux. Ces restrictions concernent principalement les membres supérieurs, le dos et les articulations, réduisant leur capacité à occuper les postes les plus sollicitant

Les salariés ayant moins de polyvalence ou une expérience limitée sur le secteur sont également plus vulnérables, car ils disposent de moins de postes de repli et moins de marges d'adaptation. Ces constats rejoignent les travaux de Volkoff et Molinié (2011) sur le lien entre vieillissement au travail, contraintes physiques et réduction des possibilités de mobilités professionnelle.

Des postes incompatibles concentrés sur les mêmes opérations

L'analyse croisée matrice employabilité, cotation EWA et restrictions médicales montre que plusieurs postes comme OP8, OP10, OP17, concentrent la majorité des exclusions médicales (11 salariés incompatibles). Cette situation réduit fortement la flexibilité organisationnelle et augmente la difficulté pour les managers à organiser une rotation des postes équitable.

En ergonomie, ce type de concentration traduit un déséquilibre structurel : quelques postes deviennent critiques à la fois pour la production et pour la santé (St-Vincent et al., 2011 ; Daniellou, 2015).

Risques de désaffiliation professionnelle

Lorsque les postes accessibles se réduisent, les salariés restreints perdent en polyvalence, ce qui peut entraîner :

- Une marginalisation progressive au sein du collectif de travail,
- Une dépendance accrue à des aménagements temporaires,
- Des trajectoires de carrière limitées, avec un risque d'inaptitude

Cette dynamique rejoint la notion de désaffiliation professionnelle (Daniellou, 2015), où le salarié, progressivement écarté de l'activité, perd son rôle dans l'organisation et s'éloigne du collectif.

Tensions entre maintien dans l'emploi et capacité à s'adapter

Les évolutions organisationnelles actuelles renforcent significativement les tensions entre maintien dans l'emploi et capacité des opérateurs à s'adapter. L'entreprise prévoit un passage de 38 à 44 véhicules par heure, ce qui réduit le temps de cycle, augmente l'intensité temporelle du travail et diminue les marges de manœuvre nécessaires à la récupération et à l'auto-régulation.

La projection de charge réalisée avec l'outil EWA montre une hausse généralisée de la dépense énergétique sur la plupart des postes, avec plusieurs d'entre eux basculant dans la zone critique ($> 3,5$). En parallèle, la matrice employabilité actualisée met en évidence que les opérateurs présentant des restrictions médicales verraient leur périmètre d'affectation se restreindre davantage, certains postes devenant totalement incompatibles. Cette double évolution risque de :

- Renforcer l'intensité temporelle et physique du travail,
- Limiter fortement les possibilités d'auto-régulation et de rotation des postes,
- Accroître la difficulté d'intégrer ou de maintenir des salariés fragilisés sur les postes les plus contraignants.

Ces constats confirment que l'intensification du travail affecte en premier lieu les opérateurs dont la capacité de récupération est réduite, augmentant le risque d'usure professionnelle et de désaffiliation (Volkoff, 2008 ; Gaudart, 2013). Ils soulignent l'importance de concevoir les organisations de production en tenant compte de la

diversité des trajectoires professionnelles et des capacités individuelles (Coutarel et al., 2015 ; Falzon, 2013), afin de préserver la soutenabilité du travail et l'employabilité sur le long terme.

Une problématique centrale pour l'employabilité durable

L'enjeu ne se limite pas à affecter chaque salarié à un poste compatible : il s'agit de préserver leur capacité de travail à long terme et leur employabilité.

- Cela suppose d'avoir des postes de repli réellement adaptés
- De répartir équitablement les salariés restreints pour éviter une surcharge sur un seul secteur
- Et d'intégrer dès la conception des transformations techniques une réflexion sur la soutenabilité du travail

Comme le soulignent Gaudart (2013) et Coutarel et al. (2015), la variabilité humaine doit être considérée comme une ressource et non comme une contrainte, ce qui implique d'organiser le travail pour qu'il puisse être tenu par une population hétérogène, y compris fragilisée.

L'analyse met ainsi en évidence que les choix technico-organisationnels actuels et plus encore les évolutions prévues comme l'augmentation du cadencement risquent de fragiliser davantage certains opérateurs déjà restreints. La réduction du nombre de postes compatibles pour ces salariés limite leur employabilité et accroît le risque de désinsertion professionnelle. Ces constats soulignent la nécessité d'anticiper les transformations, d'adapter l'organisation et de concevoir des postes plus inclusifs.

8. Vérification des hypothèses de rang 2

Dans le cadre de ce mémoire, trois hypothèses de rang 2 avaient été formulées afin d'éclairer plus finement l'impact des transformations technico-organisationnelles sur le secteur étudié. L'analyse des matrices d'employabilité, des cotations EWA et des observations de terrain permet désormais de confronter ces hypothèses aux résultats obtenus.

Hypothèse 1 :

Cette hypothèse est confirmée. Les déplacements de tâches observés, notamment sur le poste de contrôle partie basse et sur les postes inserts droit et gauche, montrent que la suppression de certaines activités opérées par les robots a entraîné une redistribution des opérations sur d'autres postes. Ces déplacements se traduisent par une augmentation de la charge physique (doublement des sertissages, augmentation du nombre de pièces à traiter) et une intensification cognitive (vigilance accrue vis-à-vis du flux, gestion de la diversité des pièces). En conséquence, les postes auparavant considérés comme « aménageables » pour des salariés fragilisés sont désormais incompatibles avec certaines restrictions médicales, réduisant ainsi les possibilités d'affectation et de rotation.

Hypothèse 2

Cette hypothèse est également confirmée. La simulation des cotations EWA dans le cadre d'une production à 44 véhicules/heure met en évidence une aggravation de la situation : des postes initialement en zone orange basculent en zone rouge, et ceux déjà contraignants voient leur charge renforcée. La réduction du temps de cycle diminue fortement les marges de manœuvre des opérateurs et accroît l'intensité temporelle du travail. Ces résultats confirment que l'augmentation des cadences accentuerait la pénibilité et réduirait encore la soutenabilité de certains postes, tout en limitant la capacité des opérateurs à réguler leur activité.

Hypothèse 3

Cette hypothèse est confirmée par l'analyse de la matrice employabilité 2025. Sur les 18 salariés avec restrictions médicales recensés, une part importante ne peut être affectée sur les postes critiques tels que les postes 8 et 17. Cette exclusion restreint non seulement la polyvalence mais augmente également la pression sur les salariés sans restriction, qui doivent compenser. Le maintien en emploi des salariés fragilisés apparaît donc de plus en plus compromis par la combinaison des contraintes biomécaniques, des exigences temporelles et de la réduction des marges de régulation.

L'ensemble de ces résultats confirme les trois hypothèses secondaires : les déplacements de tâches consécutifs à la robotisation, l'augmentation des cadences envisagée, et les effets sur les populations fragilisées convergent pour mettre en évidence un durcissement global des conditions de travail. Ce constat souligne l'importance d'intégrer la diversité des opérateurs et la soutenabilité des postes dans les choix technico-organisationnels afin de préserver l'employabilité à long terme.

IX. REFLEXION ET PISTES D'AMELIORATION

1. Enjeux pour la conception des transformations

L'introduction de robots sur le secteur « côtés de caisse » illustre bien que la conception technico-organisationnelle ne se limite pas à une simple réduction mécanique des contraintes physiques. Si certains gestes répétitifs ou contraignants ont été supprimés, d'autres ont été transférés ou redistribués sur différents postes, parfois de manière moins visible. Ce phénomène, déjà souligné par Daniellou (2005), montre que toute transformation technique entraîne des conséquences sur l'organisation, le collectif et la charge réelle de travail, qui doivent être anticipée dès la phase de conception.

Une conception centrée uniquement sur les critères techniques (productivité, automatisation, cadence) peut ignorer la dimension humaine du travail. Comme le rappelle Hubault (2011), l'ergonomie de conception consiste précisément à intégrer en amont, l'analyse des situations réelles pour que les transformations ne créent pas de nouvelles contraintes tout en supprimant les anciennes. Dans ce cas, la mise en place de robots a permis de réduire certaines postures pénibles (bras en l'air, manipulations), mais a aussi entraîné :

- Un déplacement des tâches vers d'autres postes,
- Une augmentation de la charge de travail
- Et une réduction des marges de manœuvre pour les opérateurs

Ce type de déplacement de contraintes a déjà été décrit par Falzon (2013), qui souligne que l'automatisation ne supprime pas nécessairement les risques, mais les transforme. Il est donc crucial d'adopter une approche systémique, qui prenne en compte les interactions entre poste, organisation et collectif de travail.

Enfin intégrer précocement les opérateurs, les représentants du personnel, le service médical et les ergonomes dans les phases de conception permet non seulement de fiabiliser les choix techniques, mais aussi de préserver l'employabilité des salariés sur le long terme. Cette démarche participative, qui s'appuie sur l'observation du travail réel et le dialogue, constitue un levier essentiel pour éviter que les transformations

industrielles ne fragilisent certaines catégories de personnel (Simard et Carpentier-Roy, 2000).

2. Pistes d'action ergonomique

Améliorations à court terme

Poste contrôle partie basse

- Adapter les outils manuels (ponceuse, lime, disqueuse) en privilégiant des modèles plus légers et mieux équilibrés pour réduire les efforts sur les membres supérieurs.
- Mettre en place une aide ergonomique pour le vissage ou repositionner la zone d'intervention afin de limiter les postures bras en l'air et les sollicitations d'épaule.
- Formaliser les procédures en cas de panne robot (reprise manuelle des opérations) pour éviter une surcharge ponctuelle imprévisible et mieux répartir les efforts dans l'équipe.

Postes inserts droit

- Réviser l'équilibre de la sertisseuse afin de diminuer les contraintes sur le poignet.
- Repenser la hauteur et la disposition du support à trois rangées, qui oblige à casser le poignet pour atteindre certaines zones.

Postes 9 et 10

- Remplacer ou moderniser la "mobylette" : installer une assistance mécanique ou électrique pour réduire l'effort de traction et de soulèvement, supprimer les éléments non essentiels, système d'une prise à deux mains pour l'effort de soulèvement.
- Assurer une rotation systématique sur ces postes, afin d'éviter que les mêmes opérateurs soient toujours exposés aux efforts les plus importants.

Postes 8 et 17

- Faciliter le chargement du chariot (poste 8) : ajuster la hauteur des conteneurs pour éviter les postures basses du tronc.
- Revoir l'implantation des conteneurs avec les pièces imposantes et lourdes afin de les mettre au plus proche du rideau et par conséquent réduire le port de charges.

Poste inserts gauche (OP19)

Une piste d'amélioration avait été identifiée lors des premières observations : réduire les déplacements inutiles liés à la distance entre le rideau d'îlot et la zone où l'opérateur met en place les inserts. Cet éloignement augmentait le temps pour réaliser les opérations et contribuait à une fatigue accrue. L'aménagement a depuis été réalisé, rapprochant les deux zones et permettant de limiter les trajets, de fluidifier l'activité et de redonner à l'opérateur une meilleure marge de manœuvre temporelle. Cet exemple montre qu'un ajustement organisationnel relativement simple peut avoir un impact direct sur la charge de travail et la soutenabilité du poste.

Actions à moyen et long terme

- Réintégrer des marges de manœuvre dans les cycles afin d'éviter la saturation des temps de poste et de permettre aux opérateurs d'ajuster leur rythme sans risque de dérive.
- Anticiper les futurs projets (ex. passage à 44 véhicules/h) par des simulations ergonomiques et des tests de charge, afin d'identifier les postes à risque avant la mise en production.
- Renforcer la polyvalence en formant davantage d'opérateurs sur les postes contraignants et en créant des postes "aménageables" pour les salariés avec restrictions.
- Instaurer un suivi ergonomique continu : intégrer systématiquement les observations terrain, le retour des opérateurs et les indicateurs de santé (TMS, restrictions médicales, suivi kiné) lors des projets de robotisation.

- Inclure les opérateurs dans les choix techniques et organisationnels, non seulement pour fiabiliser les décisions, mais aussi pour valoriser leur expertise et renforcer leur sentiment de reconnaissance.

3. Perspectives pour une employabilité durable

Les transformations technico-organisationnelles, telles que l'introduction de la robotisations et l'augmentation de cadence envisagée (de 38 à 44 véhicules/heure), posent la question de la soutenabilité du travail et du maintien durable dans l'emploi. Si la robotisation a permis de supprimer certains gestes contraignants, elle a aussi généré de nouvelles exigences, nécessitant une vigilance particulière pour éviter de fragiliser les opérateurs déjà exposés ou porteurs de restrictions médicales.

Pour préserver l'employabilité sur le long terme, plusieurs axes peuvent être envisagés :

1) Développer les compétences adaptées aux évolutions techniques

La montée en puissance des robots modifie les savoir-faire attendus : surveillance, contrôle qualité, ajustements techniques et résolution d'incidents deviennent plus centraux que les gestes manuels répétitifs. Des actions de formation continue, intégrant les aspects techniques et organisationnels, sont donc indispensables pour accompagner ces changements (Daniellou et Béguin, 2004). En permettant aux opérateurs d'acquérir de nouvelles compétences transférables, l'entreprise favorise non seulement leur employabilité interne mais aussi externe.

2) Intégrer la prévention durable dans la gestion des restrictions médicales

La mise à jour régulière de la matrice employabilité, croisée avec les résultats de cotation des postes, constitue un outil stratégique pour orienter les salariés vers des postes compatibles avec leur état de santé. Une gestion dynamique de ces restrictions (en équipe pluridisciplinaire) permet d'éviter que les mêmes personnes soient systématiquement affectées à des postes contraignants, ce qui réduirait leur capacité à rester en emploi (Hubault, 2011).

3) Favoriser une polyvalence raisonnée

La polyvalence peut être un levier d'adaptation, à condition qu'elle soit structurée et accompagnée. Alternier des postes sollicitant différents segments corporels ou capacités cognitive contribue à limiter les phénomènes d'usure professionnelle (Théry et al., 2018). Cette approche nécessite une planification précise pour éviter que la polyvalence ne se traduise par une surcharge globale.

4) S'appuyer sur le dialogue social et la participation des opérateurs

Associer les opérateurs aux décisions de réorganisation, via des groupes de travail ou des boucles de retour d'expérience, garantit une meilleure identification des contraintes réelles et une appropriation plus facile des solutions mise en œuvre (Falzon, 2013). Cette participation a également un effet symbolique : elle manifeste une reconnaissance du savoir-faire des salariés et valorise leur contribution dans l'évolution de l'entreprise, renforçant ainsi leur sentiment d'appartenance. Ce dialogue contribue à instaurer une culture commune de la prévention et de l'adaptation continue du travail.

En intégrant ces dimensions, l'entreprise ne se limite pas à répondre aux exigences immédiates de productivité : elle crée les conditions d'une employabilité durable, conciliant performance et préservation de la santé des salariés sur l'ensemble de leur parcours professionnel (Amalberti et al., 2014).

X. DISCUSSION

L'analyse menée sur le secteur « côtés de caisse » met en évidence un paradoxe bien décrit dans la littérature : l'introduction d'outils technique, ici la robotisation, pensée pour réduire la pénibilité, a eu pour effet indirect de déplacer et parfois d'amplifier certaines contraintes (Falzon, 2013 ; Daniellou, 2005). En supprimant des tâches sur certains postes, l'organisation a redistribué la charge vers d'autres, réduisant les marges de manœuvre des opérateurs et renforçant les exigences temporelles.

Ces résultats confirment les constats de Gaudart (2013) et Coutarel et al. (2015) : la variabilité humaine, notamment liée à l'âge, aux restrictions médicales ou à l'usure professionnelle, n'a pas été intégrée dès la conception. Les postes dit aménagés sont devenus difficilement tenables pour les salariés fragilisés. De même, les postes déjà contraignants concentrent désormais une grande partie des restrictions médicales, accentuant les tensions organisationnelles et sociales.

La perspective d'un passage à 44 véhicules par heure amplifie encore ces enjeux. Comme le soulignent Volkoff et Moliné (2011), l'augmentation du cadencement réduit les marges de régulation et met en difficulté les opérateurs qui compensaient déjà par des stratégies individuelles (anticipations, modifications gestuelles). Le risque est double : accentuer les TMS et accélérer le processus de désaffiliation professionnelle (Daniellou, 2015), c'est-à-dire l'exclusion progressive des salariés fragilisés.

Au-delà des contraintes physiques, cette situation questionne aussi le collectif de travail. Le fait que certains postes soient systématiquement occupés par les mêmes opérateurs crée un sentiment d'injustice et une dégradation du climat social, ce qui rejoint les analyses de Dejours (2009) sur l'importance de l'équité dans la répartition des charges.

Enfin, l'étude met en évidence l'importance d'anticiper les transformations technico-organisationnelles. Une approche participative, associant en amont les opérateurs, les managers, le service médical et l'ergonome, aurait permis de mieux répartir les charges et préserver la soutenabilité du travail. L'ergonomie de conception (Hubault, 2011) rappelle que les choix techniques ne peuvent être dissociés des conditions réelles d'activité.

Sur le plan méthodologique, cette intervention présente certaines limites. L'analyse a portée sur un secteur et sur une période donnée, ce qui ne permet pas d'anticiper toutes les évolutions futures. De plus, si la cotation et la matrice employabilité apportent des éléments objectivés, elles ne saisissent pas pleinement la dimension qualitative du vécu opérateur, qui gagnerait à être explorée par des enquêtes complémentaires.

Cette étude illustre comment une transformation technique peut fragiliser l'employabilité si elle n'intègre pas les dimensions humaines et organisationnelles. Elle rappelle la nécessité de concevoir des organisation inclusives, capables de préserver la santé et la place des salariés tout en répondant aux objectifs de performance.

Au-delà du cas étudié, ces résultats soulèvent des enjeux plus larges sur l'avenir du travail industriel dans un contexte de transformations technologiques rapides. L'automatisation et la robotisation, loin de supprimer le travail humain, le reconfigurent et déplacent les contraintes. Une perspective intéressante serait de comparer ces constats avec d'autres sites de production ou d'autres secteurs industriels afin d'identifier des leviers communs pour concilier performance et soutenabilité. Plus largement, ces résultats invitent à réfléchir à la place des opérateurs dans l'industrie du futur et au rôle que peut jouer l'ergonomie pour construire des trajectoires professionnelles inclusives et durables.

XI. CONCLUSION

Ce mémoire avait pour objectif d'analyser l'impact des transformations technico-organisationnelles liées à l'installation de robots dans l'industrie automobile, et plus particulièrement leurs effets sur les conditions de travail et l'employabilité des populations fragilisées.

L'étude a montré que si la robotisation a permis de supprimer certaines tâches contraignantes et répétitives, elle a aussi entraîné un déplacement des contraintes vers d'autres postes. Des postes aménagés se sont durcis, tandis que les postes les plus physiques concentrent désormais une grande partie des restrictions médicales. Cette évolution réduit la polyvalence, intensifie la charge physique et cognitive et fragilise le maintien dans l'emploi de certains opérateurs.

La méthodologie mise en œuvre, combinant matrice employabilité, cotation des postes, observations et entretiens avec les opérateurs a permis d'objectiver ces constats et de mettre en évidence les postes les plus critiques. Des pistes d'améliorations ont été proposées, allant de simples ajustements techniques à des complètes réorganisations (rotation, formation, marges de manœuvre, intégration opérateurs dans la conception)

Ce travail souligne l'importance de concevoir les transformations industrielles en intégrant la réalité du travail et des profils aux compétences différentes mais complémentaires. C'est à cette condition que l'entreprise pourra concilier performance et santé des opérateurs, en maintenant l'ensemble des salariés dans l'emploi.

L'étude invite à élargir la réflexion au-delà. Dans un contexte où l'automatisation et l'augmentation des cadences se généralisent, l'enjeu n'est pas seulement technique mis aussi social et organisationnel. L'ergonomie a un rôle essentiel à jouer pour accompagner ces évolutions et garantir que l'industrie du futur soit également une industrie qui préserve la santé des opérateurs.

XII. BIBLIOGRAPHIE

Amalberti, R. (2001). *La conduite de systèmes à risques*. PUF.

Aptel, M., Aublet-Cuvelier, A., & Cnockaert, J.-C. (2002). *Les troubles musculo-squelettiques du membre supérieur liés au travail*. Documents pour le médecin du travail, 92, 49-68.

Bellal, T. (2015). Robotisation et conditions de travail dans l'industrie automobile. *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, 21(52), 45–62.

CFE-CGC. (2020). *L'impact de l'industrie 4.0 sur les conditions de travail*.

Clot, Y. (2010). *Le travail à cœur : pour en finir avec les risques psychosociaux*. La Découverte.

Colombini, D., & Occhipinti, E. (2017). *Prévenir les troubles musculo-squelettiques liés au travail répétitif : La méthode OCRA*. Octarès Éditions.

Coutarel, F. (2011). *Ergonomie et transformations du travail : Entre accompagnement et évaluation*. Habilitation à diriger des recherches, Université Bordeaux Segalen.

Coutarel, F. (2011). L'employabilité : entre adaptation de l'individu et adaptation du travail. *Pistes*, 13(2), 1–16.

Coutarel, F., Daniellou, F., & Dugué, B. (2015). Conception et organisation du travail : Quels enjeux pour la santé au travail ? In J. D. Chassaing & P. Falzon (Eds.), *La santé au travail : 50 ans de recherche en santé publique* (pp. 193-206). Octarès Éditions.

Coutarel, F., Daniellou, F., & Dugué, B. (2015). La soutenabilité du travail : un concept pour penser la transformation du travail. *Activités*, 12(2).

Daniellou, F. (2005). *L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail*. Octarès Éditions.

Daniellou, F. (2015). Les évolutions récentes de l'ergonomie de langue française. *Pistes*, 17(1), 1-19.

Daniellou, F. (2015). *L'ergonomie et les transformations du travail*. Octarès.

Daniellou, F., & Béguin, P. (2004). L'ergonomie et les sciences de la conception. *Activités*, 1(2), 85-102.

Dejours, C. (2009). *Travail vivant, Tome 1 : Sexualité et travail*. Payot.

Falzon, P. (2005). *L'ergonomie*. PUF.

Falzon, P. (2013). *Ergonomie constructive*. PUF.

Gaillard, I. (2009). Organisation du travail et prévention des TMS. *Pistes*, 11(3).

Gaudart, C. (2013). L'allongement de la vie professionnelle : Quels enjeux pour l'ergonomie ? *Pistes*, 15(3), 1-21.

Gaudart, C. (2013). Vieillesse et travail : vers une prise en compte de la diversité des parcours. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 15(2).

Gollac, M. (2003). *Mesurer les facteurs psychosociaux de risque au travail*. Rapport du Collège d'expertise.

Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (2007). *Comprendre le travail pour le transformer : La pratique de l'ergonomie* (3e éd.). ANACT.

Hubault, F. (2011). De l'ergonomie à la question de l'activité. *Pistes*, 13(2).

Hubault, F. (2011). Reconnaissance et santé au travail : De la clinique de l'activité à la clinique du travail. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 13(1).
Pistes

INRS. (2021). *Troubles musculo-squelettiques : données et prévention*. Institut national de recherche et de sécurité.

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Acatech – National Academy of Science and Engineering.

Langhendries, C. (2019). La robotisation et ses impacts sur les collectifs de travail. *Revue Activités*, 16(2).

Laville, A. (1991). *L'ergonomie*. PUF.

Lhuillier, D. (2006). *Souffrance et plaisir au travail*. Érès.

Molinié, A.-F. (2006). Des âges au travail : Diversité des parcours, pluralité des expériences. *Travail et Emploi*, 106, 65-78.

Revue Activités. (2022). Numéro spécial : Robotisation et travail réel. *Activités*, 19(2).

Simard, M. (2005). Participation et prévention : les conditions d'efficacité des comités de santé et de sécurité. *Relations industrielles / Industrial Relations*, 60(1), 84–111.

St-Vincent, M., Vézina, N., Bellemare, M., Denis, D., Ledoux, E., & Imbeau, D. (2011). *L'intervention ergonomique*. Éditions MultiMondes.

Théry, L., Coutarel, F., & Caroly, S. (2018). *Ergonomie et âge : Quels apports pour l'analyse de l'activité et la conception des situations de travail ?* Octarès Éditions.

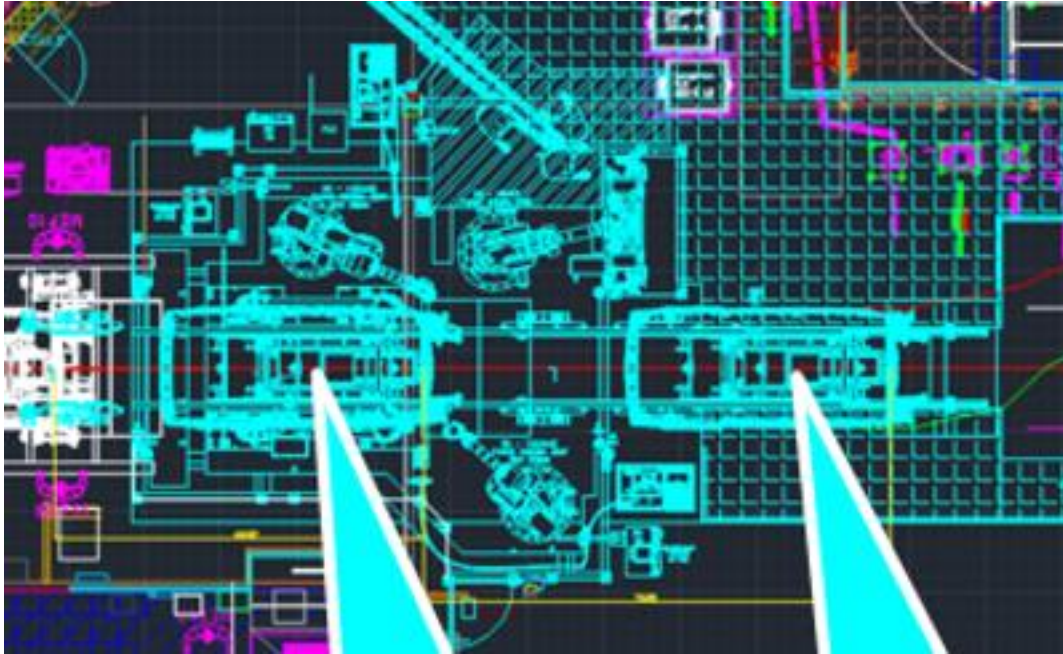
Volkoff, S. (2005). L'ergonomie face aux âges et à l'expérience : Une discipline du temps. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 7(2). Pistes

Volkoff, S. (2008). Les âges et l'expérience au prisme de l'ergonomie. *Travail et Emploi*, 116, 47-56.

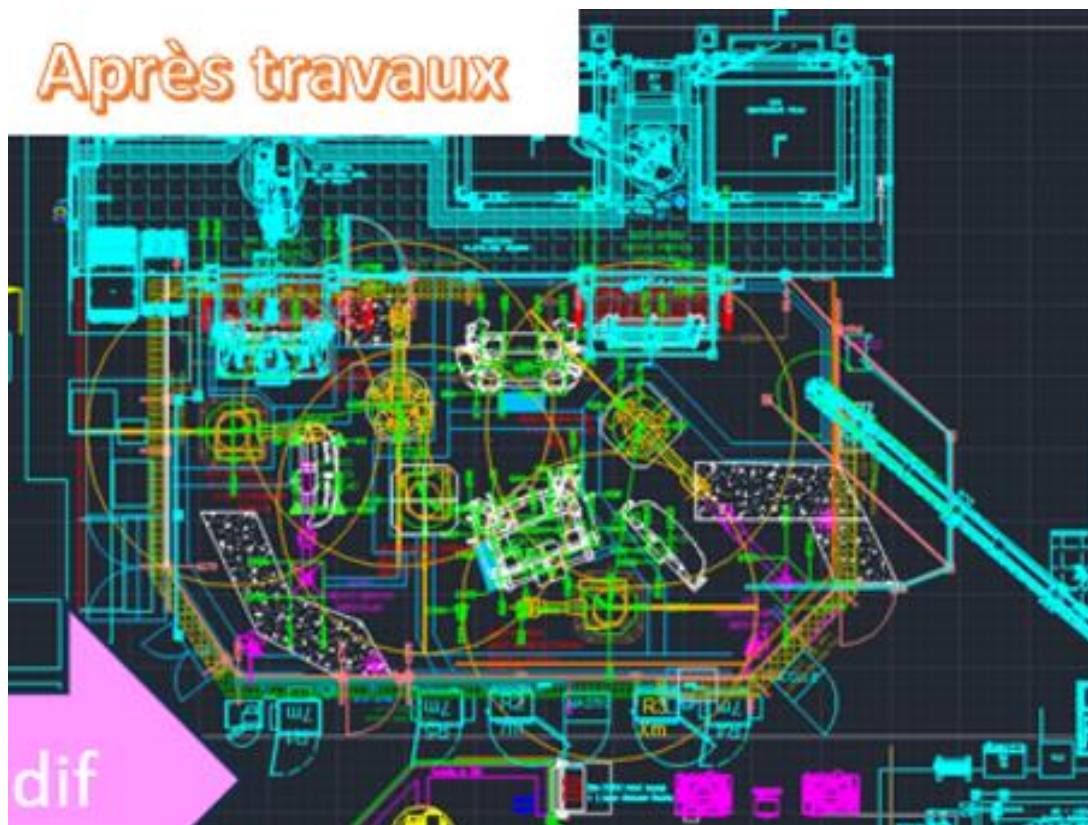
Volkoff, S. (2011). *La santé au travail dans tous ses états : Chronique d'une recherche engagée*. Éditions La Découverte.

XIII. ANNEXES

Annexe 1 : Plan robot capot



Annexe 2 : Plan robot formation du capot



Annexe 3 : Cotation détaillée poste insert droit

Grille d'évaluation du Poste							
Attente		22,50	R				
N° Opération	Intitulé Opération	Temps Opération	Postures	Valeurs	Kg/DaN	Nombre de pas	Hauteur de travail
1	Chargement ilot	12,000	I	0,50	DaN		550
2	Sertissage écrous G+D	57,000	N	2,00	DaN		550
3	Manip SAS G+D	2,000	N	19,00	DaN	124,0	550
4	Alime Kanban	1,000	N	5,82	DaN	40,0	550

Annexe 4 : Cotation détaillée poste insert gauche

Grille d'évaluation du Poste							
Attente		19,50	R				
N° Opération	Intitulé Opération	Temps Opération	Postures	Valeurs	Kg/DaN	Nombre de pas	Hauteur de travail
1	Pied avant G						
	Prise renfort pied avt	3,000	I	3,96	kg		550
2	MEP pied avant sur "manip"	2,000	N	3,96	kg		550
3	Prise insert dans kanban	7,000	N	2,00	DaN		550
4	MEP insert sur pied avant	16,000	N	2,00	DaN		550
5	prise pied + insert	1,000	N	4,00	kg		550
6	MEP pied + insert sur	3,000	N	4,00	kg		550
7							
8	Pied avant D						
	Prise renfort pied avt	3,000	I	3,96	kg		550
9	MEP pied avant sur "manip"	2,000	N	3,96	kg		550
10	Prise insert dans kanban	7,000	N	2,00	DaN		550
11	MEP insert sur pied avant	16,000	N	2,00	DaN		550
12	prise pied + insert	1,000	N	4,00	kg		550
13	MEP pied + insert sur	3,000	N	4,00	kg		550
14							
15	Rideau						
	Clippage renf doublure AR	3,000	N	2,00	DaN		550
16	MEP insert gonflant	4,000	N	2,00	DaN		550
17							
18	Frequentiel						
	chariot en bord de ligne plein	2,000	N	9,00	DaN		550
19	chariot en bord de ligne vide	2,000	N	9,00	DaN		550

Annexe 5 : Cotation détaillée poste 8

Grille d'évaluation du Poste

Grille d'évaluation du Poste							
Attente		-4,50	R				
N° Opération	Intitulé Opération	Temps Opération	Postures	Valeurs	Kg/DaN	Nombre de pas	Hauteur de travail
Rideau D	Renf inf passage roue + MEP insert	6,000	N	1,70	kg	4,00	550
	Prise pièce 4/7/8/6/5/2	10,000	N	1,58	kg	3,0	550
	MEP pièce 4/7/8/5/6/2 dans ilot	13,000	N	0,79	kg	8,0	550
	DBL custode	7,000	I	9,03	kg	7,0	550
	Support poignée maintien	5,000	N	0,28	kg	3,0	550
	Pièce OMS	3,000	N	0,70	kg	5,0	550
Rideau G	MEP Support garniture Custode + Renf sup custode	10,000	N	0,62	kg	6,0	550
OMS	Renf fix rail port lat	17,000	N	0,08	kg	2,0	550
	Déplacement à vide	22,000	N	0,00	DaN	29,0	550
Fréquentiel	Préparation chariot	6,000	I	3,00	kg		550

Annexe 6 : Cotation détaillée poste 17

Frequentiel si >= 10% du IC alors dans les phases

Grille d'évaluation du Poste							
Attente		6,50	R				
N° Opération	Intitulé Opération	Temps Opération	Postures	Valeurs	Kg/DaN	Nombre de pas	Hauteur de travail
Rideau G	Renf inf passage roue + MEP insert	11,000	N	1,70	kg	4,00	550
	Prise pièce 4/7/8/6/5/2	8,000	N	1,58	kg	6,0	550
	MEP pièce 4/7/8/5/6/2 dans ilot	8,000	N	0,79	kg	4,0	550
	DBL custode	6,000	N	9,03	kg	7,0	550
	Support poignée maintien	4,000	N	0,28	kg	4,0	550
	Pièce OMS	4,000	N	0,70	kg	4,0	550
Rideau D	MEP Support garniture Custode + Renf sup custode	13,000	N	0,62	kg	12,0	550
OMS	Renf fix rail port lat	15,000	N	0,08	kg	0,0	550
	Déplacement à vide	19,000	N	0,00	DaN	27,0	550

Annexe 7 : Cotation détaillée poste 9

Grille d'évaluation du Poste							
Attente		6,50	R				
N° Opération	Intitulé Opération	Temps Opération	Postures	Valeurs	Kg/DaN	Nombre de pas	Hauteur de travail
	Descendre mobylette	2,000	I	6,00	DaN	0,00	550
	déplacement du rideau au condi	16,000	N	8,50	DaN	24,0	550
	Prise pièce dans condi	5,000	I	10,50	DaN	3,0	550
	déplacement condi à rideau	16,000	N	9,90	DaN	24,0	550
	Soulever mobylette	2,000	I	10,35	DaN	0,0	550
	pousser mobylette dans ilot	5,000	N	9,90	DaN	5,0	550
	Descendre mobylette	2,000	I	6,00	DaN	0,0	550
	tirer mobylette en dehors de l'ilot	5,000	N	12,80	DaN	5,0	550
	Mep insert + 2 rivets	7,000	N	0,20	DaN	3,0	550
	Rivetage	8,000	I	2,00	DaN	0,0	550
	Mep 2 pièces dans ilôt	8,000	N	0,20	kg	4,0	550
	Déplacement à vide	10,000	N	0,00	DaN	12,0	550
	Clippage insert sur pièce	2,000	N	2,00	DaN	0,0	550

Annexe 8 : Cotation détaillée poste 10

Grille d'évaluation du Poste							
Attente		15,50	R				
N° Opération	Intitulé Opération	Temps Opération	Postures	Valeurs	Kg/DaN	Nombre de pas	Hauteur de travail
	Descendre mobylette	2,000	I	6,00	DaN	0,00	550
	déplacement du rideau au condi	8,000	N	8,50	DaN	24,0	550
	Prise pièce dans condi	5,000	I	10,50	DaN	3,0	550
	déplacement condi à rideau	10,000	N	9,90	DaN	24,0	550
	Soulever mobylette	2,000	I	10,35	DaN	0,0	550
	pousser mobylette dans	5,000	N	9,90	DaN	5,0	550
	Descendre mobylette	2,000	I	6,00	DaN	0,0	550
	tirer mobylette en dehors de	5,000	N	12,80	DaN	5,0	550
	Mep 2 pièces dans ilôt	8,000	N	0,20	kg	4,0	550
	Mep insert gonflant x4	15,000	N	0,20	DaN	10,0	550
	déplacement à vide	14,000	N	0,00	DaN	15,0	550
	Relever peigne condi	3,000	N	0,20	DaN	3,0	550

Annexe 9 : Feuille de route pour la matrice employabilité

SECTEUR		DATE EVAL :
POSTE	TEMPS CYCLE	NBRE DE VEH/H
NBRE DE RIDEAU A CHARGER		NBRE
PREPATION A FAIRE	CHARIOT RECADENCEMENT	oui non
POSTE OMS		oui non
OPERATIONS ANNEXES FREQUENTIELLES	EFFORT POUSSER TIRER PORT BOITES POUR APPRO (poids de la + boites)	oui non
PIECES MANIPULEES	RETOURNEMENT PIECES	oui non
	PIECES ENCOMBRANTES	oui non
	POIDS DE LA PIECE LA PLUS LOURDE MANIPULEE	poids
	RETOURNEMENT OU ENCOMBREMENT OU POIDS DE PIECE MANIPULEE SI SUP OU EGAL A 6KG (regarder impact dos, mbre sup)	oui non
UTILISATION PALAN/MANIP		oui non
DOS	EN FLEXION ET / OU ROTATION	oui non
EPAULE	TRAVAIL BRAS AU DESSUS DU PLAN HORIZONTAL A 90°	oui non
COUDES	EN HYPEREXTENSION	oui non
	VISSAGE CONTRAIGNANT	oui non
MEMBRES INFERIEURS	MARCHE sans les opérations fréquentielles VERT sup ou égal 6 kms ROUGE sup ou égal 9 kms	1 pas → 65cm km
	OU CHEVILLES HORS POSTURE PHYSIOLOGIQUE (flexion, torsion, appui, accroupi)	
CHARGE PHYSIQUE	MARCHE SUP A 9KM POIDS DES PIECES SUP A 10 KG SANS MANIP	
CHARGE MENTALE	SOLLICITATIONS COGNITIVES (temps, habilitations, aléas, instab), choses non répétibles, outillage > 5, éclairage T° bruit	