



HAL
open science

Les outils d'évaluation du risque de TMS : caractéristiques, cas d'usage et perspectives de développement

Rémy Hubaut

► **To cite this version:**

Rémy Hubaut. Les outils d'évaluation du risque de TMS : caractéristiques, cas d'usage et perspectives de développement. Psychologie. Université Grenoble Alpes [2020-..], 2020. Français. NNT : 2020GRALH016 . tel-03193924

HAL Id: tel-03193924

<https://theses.hal.science/tel-03193924>

Submitted on 9 Apr 2021

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

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

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

Spécialité : **Psychologie du travail Ergonomie**

Arrêté ministériel : 25 mai 2016

Présentée par

Rémy HUBAUT

Thèse dirigée par **Mme Sandrine Caroly, Professeure des Universités, Université Grenoble Alpes**
codirigée par **Mr Fabien Coutarel, Maître de conférences, Université Clermont Auvergne**

Personnalité, Cognition et Changement Social (LIP/PC2S), du Laboratoire Politiques publiques, ACTION politique, TERRITOIRES (Pacte) dans l'École Doctorale Sciences de l'Homme, du Politique et du Territoire (SHPT)

Les outils d'évaluation du risque de TMS : caractéristiques, cas d'usage et perspectives de développement

Thèse soutenue publiquement le **10 novembre 2020**
devant le jury composé de :

Mr Christian BASTIEN

Professeur d'ergonomie, psychologie ergonomique, Université de Lorraine, Rapporteur

Mr Alain GARRIGOU

Professeur d'ergonomie, Université de Bordeaux, Rapporteur

Mme Aurélie LANDRY

Maître de Conférences en psychologie du travail et ergonomie, Université Grenoble Alpes

Mr Yves ROQUELAURE

Professeur en médecine et santé au travail, Praticien hospitalier PUPH, Université d'Angers, Président

Mme Sandrine CAROLY

Professeure des Universités, Université Grenoble Alpes, Directrice de thèse

Mr Fabien COUTAREL

Maître de conférences, Université Clermont Auvergne, co-directeur de thèse

Mr Pascal DUBUIS – Tuteur entreprise d'accueil

Président de la société INOPROD, Cournon d'Auvergne, Invité



Résumé :

L'évolution du modèle de prévention des Troubles Musculosquelettiques (TMS), conjointement au développement des nouvelles technologies, conduit à l'évolution de ces outils. Notre travail de thèse, travail de conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS se situe dans ce contexte. Il vise à établir des repères de conception de futurs outils d'évaluation du risque de TMS. Les modèles étiologiques des TMS ont évolué ces dernières années vers plus de multifactorialité. De leur côté, les outils d'évaluation du risque de TMS semblent restés largement centrés sur une évaluation des expositions aux facteurs de risques physiques. La notion d'instruments et celle de l'action instrumentée considèrent que l'utilisateur d'un outil reste rarement dans le cadre strict de l'utilisation prévue par les concepteurs. Dans le cadre d'une thèse CIFRE portée par l'entreprise Inoprod, nous nous intéresserons au contenu théorique des outils d'évaluation du risque de TMS et aux usages qui en sont faits dans un cadre industriel. Notre travail de thèse est structuré autour de quatre études. Une première étude propose une analyse détaillée de 19 outils d'évaluation du risque de TMS existants et des facteurs de risque pris en compte. De manière générale, ces résultats confirment la difficulté de ces outils à saisir le caractère multifactoriel des expositions. Il apparaît donc nécessaire d'enrichir ces outils par la prise en compte d'un nombre plus important de facteurs, ainsi que de leurs interactions. Une deuxième étude présente l'analyse de l'usage d'un outil d'évaluation du risque de TMS par trois utilisateurs différents sur un terrain industriel. L'outil d'évaluation du risque de TMS utilisé lors de l'analyse offre un regard multifactoriel sur le risque de TMS. Les analyses des usages des outils d'évaluation du risque de TMS sur 29 situations de travail nous ont permis d'établir des repères de conception pour de futurs outils d'évaluation du risque de TMS. Les résultats de cette étude nous permettent d'établir que l'évaluation du risque de TMS mobilise un ensemble d'outils au-delà du seul outil d'évaluation pour sa réalisation. La troisième et la quatrième études posent la question des interactions des étapes d'évaluation du risque de TMS avec les autres systèmes d'instruments de l'entreprise. Nous avons notamment procédé à l'analyse d'une réunion de restitution du résultat d'une évaluation du risque de TMS (étude 3), et des entretiens auprès d'autres groupes industriels (étude 4) pour consolider nos données. L'ensemble des outils mobilisés par les acteurs lors de l'évaluation du risque de TMS constitue un système d'instruments. Ce système d'instruments permet à l'utilisateur de l'outil de porter un premier regard sur l'activité de l'opérateur dans la situation de travail évaluée. Dans les résultats, nous proposerons l'organisation de futures démarches d'évaluation du risque de TMS s'appuyant sur les nouvelles technologies de communication et d'information. Enfin, nous discuterons de la problématique de la proximité entre évaluation du risque de TMS et analyse ergonomique du travail en posant la question de l'impact de cette proximité sur la prévention des TMS.

Mots clés : Troubles musculosquelettiques, conception, outils d'évaluation, ergonomie, prévention

Abstract:

The evolution of the Musculoskeletal Disorders (MSD) prevention model, together with the development of new technologies, is leading to the evolution of these tools. Our thesis work, the design of a digital MSD risk assessment tool, is in this context. It aims to establish design benchmarks for future MSD risk assessment tools. The etiological models of MSDs have evolved in recent years towards more multifactoriality. For their part, the tools for assessing the risk of MSDs seem to have remained largely focused on an assessment of exposure to physical risk factors. The notion of instruments and that of instrumented action consider that the user of a tool rarely remains within the strict framework of the use intended by the designers. As part of a CIFRE thesis led by the company Inoprod, we will focus on the theoretical content of MSD risk assessment tools and the uses that are made of them in an industrial setting. Our thesis work is structured around four studies. A first study offers a detailed analysis of 19 existing MSD risk assessment tools and the risk factors considered. Generally speaking, these results confirm the difficulty of these tools in grasping the multifactorial nature of exhibitions. It therefore appears necessary to enrich these tools by considering a larger number of factors, as well as their interactions. A second study presents the analysis of the use of a MSD risk assessment tool by three different users in industrial settings.

Our thesis work is structured around four studies. A first study offers a detailed analysis of 19 existing MSD risk assessment tools and the risk factors considered. Generally speaking, these results confirm the difficulty of these tools in grasping the multifactorial nature of exhibitions. It therefore appears necessary to enrich these tools by considering a larger number of factors, as well as their interactions. A second study presents the analysis of the use of a MSD risk assessment tool by three different users in industrial settings. The MSD risk assessment tool used in the analysis provides a multifactorial look at MSD risk. Analyzes of the uses of MSD risk assessment tools in 29 work situations enabled us to establish design benchmarks for future MSD risk assessment tools. The results of this study allow us to establish that the assessment of the risk of MSDs mobilizes a set of tools beyond the mere assessment tool for its realization. The third and fourth studies question the interactions of MSD risk assessment steps with other corporate instrument systems. In particular, we analyzed a feedback meeting on the results of an MSD risk assessment (study 3), and interviews with other industrial groups (study 4) to consolidate our data. All of the tools mobilized by the players during the MSD risk assessment constitute a system of instruments. This system of instruments allows the user of the tool to take a first look at the activity of the operator in the assessed work situation. In the results, we will propose the organization of future MSD risk assessment approaches based on new communication and information technologies. Finally, we will discuss the problem of the proximity between MSD risk assessment and ergonomic work analysis by asking the question of the impact of this proximity on MSD prevention.

Keywords: Musculoskeletal disorders, design, assessment tools, ergonomics, prevention

A mon Grand-père

« Le travail est la vie elle-même, et la vie est un continuel travail. »

Émile Zola ; Travail

Remerciements :

Je remercie Christian Bastien, Alain Garrigou, Aurélie Landry et Yves Roquelaure de l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Je remercie chaleureusement Sandrine Caroly et Fabien Coutarel pour leur encadrement bienveillant et les échanges riches tout au long de cette thèse.

Je remercie Inoprod et plus particulièrement Pascal Dubuis pour avoir initié ce projet de recherche et Christophe Blanchon pour l'avoir encadré. Je remercie l'ensemble de mes collègues d'Inoprod pour leur accueil bienveillant.

Je remercie le site Renault Trucks de Bourg en Bresse et Christophe Roybin pour m'avoir ouvert leurs portes et pris le temps de répondre à mes sollicitations, à expliquer leur travail. Je remercie Lucie et Benjamin de m'avoir permis de porter un regard sur leur travail. Enfin, je remercie l'ensemble des personnels du service de santé et sécurité du site de Bourg en Bresse et l'ensemble des opérateurs et personnels de Renault trucks pour les échanges enrichissant et leur gentillesse.

Je remercie Alexandre, Anne Sophie, Cécile, Didier, Camille, Cindy et Mathieu pour avoir pris le temps de partager leur travail.

Je remercie particulièrement Françoise Anceaux, Justine Forrierre et Francis Six pour m'avoir mis le pied à l'étrier de la recherche.

Je remercie chaleureusement les doctorants et les docteurs avec qui j'ai pu échanger tout au long de cette recherche : Gaelle, Déborah, Johanna pour m'avoir soutenu tout au long de la recherche. Je remercie Christelle, Aude, Catherine, Maxime, Ferdinand et tous les participants des séminaires ESTO et séminaire doctorants de Clermont Ferrand pour avoir été de bons conseils.

Enfin, je remercie ma famille pour leur soutien quotidien. Je remercie ma femme Sabrina, sans qui ce travail n'aurait pas été possible et mon fils Léandre d'apporter de la joie dans mon quotidien.

Sommaire

Sommaire	6
Table des figures	11
Table des tableaux	13
Table des Graphiques	15
Introduction	16
PARTIE THEORIQUE	22
Chapitre 1 : Modèle étiologique des troubles musculosquelettiques	23
1.1. Les facteurs de risque de TMS.....	25
1.1.1. Déterminants internes et facteurs de risques liés à l'individu	25
1.1.2. Facteurs de risque physiques	26
1.1.3. Les facteurs de risques psychosociaux.....	27
1.1.4. Les modèles du geste	32
1.1.5. Conclusion	34
1.2. Les TMS : pathologie de l'organisation	35
1.2.1. Déterminants externes et facteurs de risques liés à l'environnement de travail 35	
1.2.2. Les TMS et l'organisation	37
1.2.3. Les TMS, reflet de la diminution des marges de manœuvres.....	38
1.3. Combinaison des facteurs de risques de TMS.....	41
1.3.1. Le modèle de l'INRS.....	42
1.3.2. Le modèle de la genèse des TMS liés au travail.....	43
1.3.3. Vers un modèle complexe.....	44
Chapitre 2 : La prévention et l'évaluation du risque de TMS	47
2.1. La prévention durable des TMS.....	47
2.1.1. Différentes approches de prévention	47
2.1.2. Les problématiques soulevées par ces démarches.....	48
2.1.3. Les éléments d'une prévention durable	49
2.2. Historique des démarches d'évaluation des conditions de travail	54
2.2.1. L'exemple de la grille du LEST	55
2.2.2. L'exemple de la MAECT	57
2.2.3. Les outils d'évaluation du risque de TMS	59

2.3.	Etapes d'évaluation et démarche de prévention du risque de TMS.....	61
2.3.1.	La démarche de prévention des TMS-MS de l'INRS.....	62
2.3.2.	La démarche Sobane-Deparis pour la prévention des TMS.....	63
2.3.3.	L'étape d'évaluation Renault Trucks/Groupe Volvo	65
2.3.4.	Conclusion	66
Chapitre 3 : L'approche instrumentale et les systèmes d'instruments		68
3.1.	La notion d'instrument	68
3.1.1.	L'artefact	68
3.1.2.	L'activité médiatisée	69
3.1.3.	Les objets intermédiaires	71
3.2.	La genèse instrumentale	74
3.2.1.	Le processus d'instrumentalisation	74
3.2.2.	Le processus d'instrumentation	74
3.2.3.	Les instruments dans l'organisation du domaine d'activité	75
3.3.	La notion de système d'instruments	75
CADRE EMPIRIQUE.....		78
Chapitre 4 : La problématique des outils d'évaluation du risque de TMS.....		79
Chapitre 5 : Contexte et méthodologie de recherche		82
5.1.	Contexte	82
5.1.1.	Le contexte de la recherche	82
5.1.2.	Acteurs concernés	88
5.2.	Méthode	89
5.2.1.	Méthode générale de la recherche.....	89
5.2.2.	Etude 1 : Méthode d'analyse des outils.....	90
5.2.3.	Etude 2 : Méthode d'analyse des usages des outils.	91
5.2.4.	Etude 3 : Méthode d'analyse des liens entre l'étape d'évaluation et les systèmes d'instrument de l'entreprise	96
5.2.5.	Etude 4 : Confrontation des résultats avec les usages des outils d'évaluation dans d'autres organisation	97
PARTIE RESULTATS.....		99
Chapitre 6 : Etude 1 : Analyse des outils d'évaluation du risque de TMS		100
6.	Analyse des outils d'évaluation du risque de TMS.....	100

6.1. Multi factorialité de l'évaluation du risque de TMS par les outils.....	101
6.2. Type de traitement permis par les outils d'évaluation du risque de TMS	109
6.3. Type d'outil en fonction de l'utilisateur potentiel.....	119
6.4. Conclusion.....	121
Chapitre 7 : Etude 2 : Analyse des usages des outils d'évaluation du risque de TMS	123
7.1. Méthodologie d'analyse des usages des outils d'évaluation	126
7.2. L'usage des outils d'évaluation du risque de TMS par l'ergonome interne	130
7.3. Analyse de l'activité de l'animateur <i>lean</i> et de l'alternant en ergonomie	138
7.4. Analyse de l'activité de l'ergonome consultant.....	152
7.5. Effets de la complexité de la tâche et de l'expérience de l'évaluateur sur la réalisation de l'évaluation.....	176
7.6. Conclusion	180
Chapitre 8 : Etude 3 : Les liens entre l'étape d'évaluation du risque de TMS et les systèmes d'instruments de l'entreprise.....	182
8. Renault trucks et l'outil d'évaluation MEC en chantier <i>Kaizen</i>	182
8.1. La restitution avant chantier.....	182
8.2. Le chantier.....	194
8.3. Le système d'instruments de l'évaluation du risque de TMS.....	197
8.3. Conclusion des résultats sur nos hypothèses	202
Chapitre 9 : Etude 4 : Les étapes d'évaluation du risque de TMS sur deux autres terrains industriels.....	206
9.1. L'étape d'évaluation du risque de TMS chez un fabricant automobile	206
9.2. L'étape d'évaluation du risque de TMS chez un équipementier automobile.....	217
9.3. Conclusion	219
Chapitre 10 : Repères de conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS	222
10.1. Repères de conception pour de nouveaux outils d'évaluation du risque de TMS	222
10.2. L'organisation d'une future démarche d'évaluation du risque de TMS	231
10.3. Conclusion	235
PARTIE DISCUSSION	237
Chapitre 11 : Discussion	238
11.1. Portée et limites de nos travaux.....	238

11.2.	Le rôle de l'évaluation du risque de TMS	240
11.2.1.	L'outil d'évaluation du risque de TMS, un instrument de quoi ?.....	240
11.2.2.	L'outil d'évaluation au sein d'un système d'instruments	243
11.3.	La place des outils numériques dans l'évaluation du risque de TMS.....	247
11.3.1.	Les nouvelles technologies de l'information et de la communication :	247
11.3.2.	Les logiciels de simulation 3D :	249
11.3.3.	Les logiciels de simulation de flux.....	251
11.4.	Perspectives de recherche	253
11.4.1.	Le développement des outils d'évaluation du risque de TMS.....	253
11.4.2.	Le développement des supports d'évaluation du risque de TMS	254
11.4.3.	La structuration des étapes d'évaluation du risque de TMS en entreprise.....	255
11.4.4.	Le point de vue de l'analyse du travail des ergonomes.....	256
	Conclusion générale.....	258
	Références bibliographiques	261
	Annexes.....	CCLXXI
	Annexe I.....	CCLXXII
	Annexe II.....	CCLXXXV
	Annexe III.....	CCXCIX
	Annexe IV	CCCXIV
	Guide d'entretien	CCCXIV
	Annexe V	CCCXIX
	Démarche de conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS	CCCXIX
	Introduction.....	321
	Les troubles musculo-squelettiques	321
	Les outils d'évaluation.....	325
	Problématique de la recherche.....	327
	Méthodologie.....	327
	Premiers Résultats et Conclusion.....	328
	Bibliographie	331
	Introduction.....	335
	Cadre théorique	335
	Méthode.....	336

Résultats	337
Discussion	338
conclusion.....	339
Bibliographie	340
Annexe VI	CCCXLVII
Sommaire	CCCXLVIII
Table des figures.....	CCCL
Table des tableaux.....	CCCL
Documents de référence	CCCL
Terminologie spécifique au projet	CCCLI
Terminologie Plant Simulation™	CCCLII
Avant-propos.....	CCCLIV
Cadre expérimental du modèle de l’îlot de conditionnement	CCCLV
Environnement de modélisation.....	CCCLV
Période de simulation	CCCLV
Calendrier d’ouverture.....	CCCLV
Organisation du flux de pièces	CCCLV
Organisation des ressources humaines	CCCLVII
Données d’entrée.....	CCCLIX
Données de pilotage	CCCLX
Indicateurs de sortie.....	CCCLXI
Logique de pilotage et détails de modélisation	CCCLXIII
Logique globale de pilotage	CCCLXIII
Pilotage par méthodes	CCCLXIII
Détails de modélisation associés aux périodes de pause	CCCLXIV
Détails de modélisation associés aux Réunions et activités de Nettoyage en Production	CCCLXIV
Résultats de simulation	CCCLXV
Scénario de base	CCCLXV
Scénarios exploratoires	CCCLXV

Table des figures

Figure 1 Relation entre le stress et les TMS (Aptel & Cnockaert, 2002)	29
Figure 2 Les boucles infernales Nahon & Arnaud, 2001	38
Figure 3 Les régulations, Leplat (2006)	39
Figure 4 Modèle de compréhension des situations de travail centrée sur la personne et son activité Vézina, 2000	40
Figure 5 Marge de manœuvre et Pouvoir d’agir Coutarel et Petit (2013).....	41
Figure 6 Synthèse sur la dynamique d'apparition des TMS-MS	43
Figure 7 Modèle proposé de la genèse des TMS liés au travail (Stock et al., 2013).....	44
Figure 8 Proposition de modèle des troubles musculo-squelettiques	46
Figure 9 Modèle « ergonomique » de risque de TMS-MS (Adapté de l’Agence Nationale pour l’Amélioration des Conditions de Travail par Coutarel).....	52
Figure 10 Modèle du diagnostic ergonomique pour la prévention des TMS (Bellemare, 2002)	53
Figure 11 Modélisation des conditions de travail et de leurs conséquences (Guélaud et al., 1987).....	56
Figure 12 Démarche de prévention des TMS-MS de l'INRS	62
Figure 13 Organisation de la phase d'intervention.....	63
Figure 14 La démarche Sobane-Deparis	64
Figure 15 Démarche d'évaluation du risque de TMS Renault Trucks	65
Figure 16 L’activité médiatisée par les instruments modèle S.A.I.	70
Figure 17 Le modèle S.A.C.I. Rabardel 1995	71
Figure 18 Le système d’activité Engestrom, 2000	71
Figure 19 Modèle de l'intervention et des facteurs qui l'influencent (St-Vincent et al., 2008)	73
Figure 20 VPS première version	85
Figure 21 VPS deuxième version	85
Figure 22 Partie des zones d'atteintes	94
Figure 23 Partie des postures.....	94
Figure 24 Partie des manutentions	95
Figure 25 Partie de l'environnement du poste de travail	95
Figure 26 Frise chronologique du recueil des données de l'analyse des usages de l'outil d'évaluation MEC	125
Figure 27 Illustration de l’Etape d'évaluation du risque de TMS construite par Renault Trucks	136
Figure 28 Procédure de l'évaluation MEC d'une unité de production.....	154
Figure 29 Photographie du tableau d'engagement pour déterminer la variabilité de la production.....	157
Figure 30 Photographie illustrant une posture de travail.....	157

Figure 31 Photographie illustrant une saisie de pièce dans un V-EMB	157
Figure 32 Présentation du support de la réunion de restitution	195
Figure 33 Objectifs du chantier	196
Figure 34 Fiche de suivi de la réalisation du chantier	197
Figure 35 Les familles d'activité de l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS	201
Figure 36 Capture d'écran du logiciel d'équilibrage incluant la note de l'outil A.....	212
Figure 37 Outil d'évaluation du risque de TMS développé pour les chantiers SWK	216
Figure 38 Articulation des outils d'évaluation du risque de TMS chez l'équipementier automobile	219
Figure 39 Lien démarche de prévention et étape d'évaluation du risque de TMS	223
Figure 40 Fonctions principales et Familles d'activités de l'étape d'évaluation du risque de TMS	227
Figure 41 Organisation d'une future étape d'évaluation du risque de TMS.....	233
Figure 42 Démarche proposée par la MAECT d'après Six (1992)	246
Figure 43 Exemple de déformation de posture du mannequin lors d'un masquage de point de repère sur une capture de mouvement par Kinect	250

Table des tableaux

Tableau 1 Tableau récapitulatif des besoins et des attentes des acteurs concernés par le projet de recherche.....	88
Tableau 2 Observations systématiques : nombre de charges analysées.....	92
Tableau 3 Exemple des combinaisons et des seuils des sous dimensions du risque de TMS permises par l'outil MEC	114
Tableau 4 Exemple des combinaisons et des seuils des sous dimensions du risque de TMS permises par l'outil QEC	116
Tableau 5 Exemple des combinaisons et des seuils des sous dimensions du risque de TMS permises par l'outil RULA	118
Tableau 6 Type de traitement des facteurs de risque de TMS en fonction des utilisateurs visés par les concepteurs des outils.....	120
Tableau 7 Observations systématiques : nombre de charges analysées.....	128
Tableau 8 Exemple de la grille d'observation systématique.....	129
Tableau 9 MDSR de l'étape d'évaluation du risque de TMS pour l'ergonome interne Substitution des personnes.....	133
Tableau 10 MDSR de l'étape d'évaluation du risque de TMS pour l'ergonome interne Substitution des outils.....	134
Tableau 11 Proportion d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de kitting par l'alternant en ergonomie	144
Tableau 12 Comparaison des chroniques d'activité alternant en ergonomie évaluation des charges de kitting	147
Tableau 13 Proportion d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de préparation de sous ensemble par l'alternant en ergonomie	150
Tableau 14 exemple de grille d'observation de l'évaluation d'un poste de kitting par l'ergonome consultant	156
Tableau 15 Comparaison des chroniques d'activité de l'alternant en ergonomie et de l'ergonome consultant pour l'évaluation des charges de kitting	159
Tableau 16 Proportion d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de kitting par l'ergonome consultant	160
Tableau 17 Comparaison des chroniques d'activité de l'alternant en ergonomie et de l'ergonome consultant pour l'évaluation des charges de kitting et de préparation de sous-ensemble	164
Tableau 18 Proportion d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de préparation de sous-ensemble par l'ergonome consultant.....	165
Tableau 19 Proportion d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes d'assemblage sur chaîne de montage par l'ergonome consultant.....	167

Tableau 20 Comparaison des chroniques d'activité de l'alternant en ergonomie et de l'ergonome consultant pour l'évaluation des charges de kitting, de préparation de sous-ensemble et d'assemblage sur ligne	175
Tableau 21 Résultats des tests statistiques des effets de la complexité de la tâche et de l'expérience de l'évaluateur sur l'utilisation des artefacts	177
Tableau 22 Répartition des énoncés par artefact et par émetteur	186
Tableau 23 Répartition des énoncés par catégorie et par émetteur.....	190
Tableau 24 Répartition des énoncés sur le thème des TMS par catégorie et par émetteur.	193
Tableau 25 Liste des classes de situation de l'usage d'un outil d'évaluation du risque de TMS	199
Tableau 26 Comparaison des étapes d'évaluation des groupes industriels approchés lors de la recherche.....	220
Tableau 27 Diagnostic de l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS	227
Tableau 28 Les besoins constitutifs de FP1.....	230

Table des Graphiques

Graphique 1 Nombre et catégorie des sous dimensions prises en compte par les outils d'évaluation du risque de TMS.....	102
Graphique 2 Traitement de la dimension physique par les outils d'évaluation du risque de TMS	104
Graphique 3 Traitement de la dimension psychosociale par les outils d'évaluation du risque de TMS.....	106
Graphique 4 Traitement des dimensions des déterminants par les outils d'évaluation du risque de TMS.....	108
Graphique 5 Combinaisons des facteurs de risques dans les outils d'évaluation du risque de TMS.....	111
Graphique 6 Chronogramme de l'évaluation d'un poste de kitting par l'alternant en ergonomie	145
Graphique 7 Chronogramme de l'évaluation d'un poste de kitting par l'alternant en ergonomie	146
Graphique 8 Moyenne d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de Kitting par l'alternant.....	148
Graphique 9 Moyenne d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de préparation de sous ensemble par l'alternant en ergonomie	151
Graphique 10 Chronogramme de l'usage des artefacts lors de l'évaluation d'un poste de kitting	158
Graphique 11 Moyenne d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation de postes de kitting par l'ergonome consultant	161
Graphique 12 Chronogramme de l'usage des artefacts lors de l'évaluation d'un poste de préparation de sous ensemble.....	163
Graphique 13 Moyenne d'utilisation des différents artefacts lors de l'évaluation des postes de préparation de sous ensemble.....	166
Graphique 14 Moyenne d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes d'assemblage sur ligne par l'ergonome consultant	168
Graphique 15 Chronogramme de l'évaluation du poste d'engagement GMPL3	171
Graphique 16 Chronogramme de l'évaluation du poste d'engagement GMPL2	173
Graphique 17 Répartition de l'évocation des artefacts lors de la restitution	187
Graphique 18 Répartition des catégories des énoncés lors de la réunion de restitution	189
Graphique 19 Thèmes des énoncés portant sur le risque de TMS	193

Introduction

Cette thèse en ergonomie traite de la question de l'évaluation du risque de Troubles Musculosquelettiques (TMS) à l'aide d'outils d'évaluation en entreprise. Ces outils permettent une première approche du risque de TMS dans une organisation. Dans le cadre d'une thèse CIFRE portée par l'entreprise Inoprod, nous nous intéresserons au contenu théorique des outils d'évaluation du risque de TMS et aux usages qui en sont faits dans un cadre industriel. Inoprod, cabinet conseil en ingénierie s'intéressant notamment aux technologies de simulation numérique dans l'industrie 4.0, souhaite développer un outil d'évaluation du risque de TMS capable de s'insérer dans son offre de service. Dans ce cadre, Inoprod développe un partenariat avec les laboratoires Pacte (Université de Grenoble Alpes) et Acté (Université Clermont Auvergne), et un partenaire industriel, l'usine Renault Trucks de Bourg en Bresse, pour l'analyse des usages des outils d'évaluation du risque de TMS. Ces travaux de thèse ont pour but d'obtenir des repères de conception permettant de concevoir de nouveaux outils d'évaluation du risque de TMS reposant sur des technologies numériques et offrant des caractéristiques plus favorables pour la prévention du risque de TMS. Dans un second temps, en posant la question de la portée de nos premiers résultats, nous nous sommes rapprochés de deux autres groupes industriels, un fabricant automobile et un équipementier automobile, afin de questionner leurs usages des outils d'évaluation du risque de TMS. Cette recherche a été réalisée dans le cadre d'une convention CIFRE au sein d'un cabinet de conseil en ingénierie, Inoprod. Inoprod souhaite enrichir son offre d'accompagnement des entreprises dans l'optimisation de process d'une prise en compte de la santé des opérateurs concernés, notamment au niveau des TMS. Inoprod fait reposer son activité sur des outils numériques de simulation des situations de travail (calcul, simulation de flux, simulation de process). L'outil numérique d'évaluation du risque TMS devra donc s'inscrire dans cette activité de développement de nouvelles technologies numériques et étoffer son offre de services par la construction d'une offre de prestation innovante en ergonomie. La thèse a été le cadre de partenariats impliquant plusieurs acteurs industriels utilisant les outils d'évaluation du risque de TMS. Le partenaire principal est l'usine Renault Trucks de Bourg en Bresse appartenant au groupe Volvo. Des partenariats complémentaires ont été institués avec les groupes autres groupe industriels (automobile : construction et équipementier) pour questionner la généralisation des données recueillies chez Renault Trucks.

Malgré les nombreux travaux qui leurs sont dédiés, les TMS constituent toujours un défi sociétal majeur, du fait de leurs impacts sur les individus et les organisations, en termes de santé mais également de performances. Le contexte concurrentiel exacerbé d'aujourd'hui freine les innovations sociales et organisationnelles (perçues dans bien des cas comme un risque trop grand) qui pourraient être envisagées pour y faire face. Les évolutions réglementaires des années 1990 et 2000 (par exemple autour du décret relatif à l'évaluation

à priori des risques professionnels) ont conduit au développement de nombreux outils d'évaluation du risque TMS et à leur usage massif, notamment dans le milieu industriel. Des grilles spécifiques à l'évaluation du risque de TMS sont construites : *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) (McAtamney & Corlett, 1993) ; *Occupational Repetitive Action* (OCRA) (Occhipinti, 1998) ; *Quick Exposure Check* (QEC) (Li & Buckle, 1998). Les outils d'évaluation du risque de TMS sont le plus souvent la première approche du risque de TMS dans le cadre d'une démarche globale de prévention. La cartographie du risque de TMS permise par les outils d'évaluation sur un terrain industriel permet d'identifier les situations les plus à risque de TMS pour lesquelles il est pertinent de déployer une démarche d'analyse ergonomique du travail. L'outil se trouve de ce fait rarement utilisée seul, mais inclus dans une étape d'évaluation du risque de TMS où il est le premier pas et où l'analyse ergonomique du travail apparaît comme une démarche mobilisée en dernier recours sur les situations présentant le plus grand risque. Cette étape d'évaluation peut contenir un nombre variable d'outils d'évaluation du risque de TMS, leur différence peut tenir aux utilisateurs auxquels ils sont destinés, qu'ils soient ergonomes, ingénieurs méthode ou opérateur missionné ou au regard que permettent les outils lorsqu'ils traitent préférentiellement un facteur particulier du risque de TMS.

L'ergonomie de l'activité a développé, en complément de cette démarche d'identification des facteurs de risque et de réduction des expositions aux facteurs de risque, une approche constructive reposant sur la marge de manœuvre (Vézina, 2001 ; Coutarel, Caroly, Vézina, Daniellou, 2015). La notion de marge de manœuvre permet à l'opérateur de construire un espace de régulation permettant l'ajustement et le développement des modes opératoires. Construire cet espace de régulation implique de cibler les déterminants de l'activité et peut s'avérer majeur pour la prévention (Coutarel et al, 2015) et invite à mieux comprendre le geste dans son ensemble. Le modèle du geste, développé par l'ergonomie, considère celui-ci comme une structure complexe (physique, cognitive, psychique). Le geste est le résultat d'un compromis entre la tâche, les objectifs de l'entreprise, ceux de l'opérateur, les moyens matériels, l'expérience de l'opérateur (Bourgeois & Hubault, 2005), ainsi que les possibilités de travail collectif (Caroly, 2010).

L'identification des déterminants de l'activité et la compréhension des liens existant entre ses déterminants, l'activité et les effets de l'activité est le cœur de l'analyse ergonomique du travail mené par un ergonomiste. La nécessité d'avoir recours à un ergonomiste et le temps nécessaire pour mener une démarche d'analyse ergonomique du travail, peuvent conduire à l'idée que les outils d'évaluation du risque de TMS peuvent dans une certaine mesure concourir à cette analyse pour permettre l'économie de ressource et une démarche de prévention plus efficiente. Des travaux récents (Norval et al, 2017) ont questionné l'intégration de la marge de manœuvre situationnelle dans les outils simples d'évaluation du risque de TMS.

L'utilisation des outils d'évaluation des risques spécifiques aux TMS ou d'analyse des conditions de travail se heurtent aussi souvent à la difficulté de mesurer des environnements variés ou à la diversité des stratégies de réalisation d'une tâche par un même opérateur (Zare

et al, 2015). L'usage de ces outils par les divers acteurs mobilisés pour l'évaluation, qu'ils soient ergonomes, préventeur HSE, ingénieurs méthode ou parfois opérateurs missionnés, peut être chronophage dans les entreprises de grandes tailles avec un grand nombre de postes. Ceci peut par exemple entraîner le risque de limiter l'activité de certains acteurs à de la cotation de postes, sans leur permettre d'explorer d'autres facteurs que les facteurs biomécaniques contenus dans les outils, ni de participer aux démarches de prévention de manière efficace. La diversité des acteurs potentiels impliqués dans l'évaluation du risque de TMS par le biais des outils d'évaluation pose aussi la question de la façon dont ses utilisateurs s'approprient ses outils dans une perspective instrumentale (Rabardel, 1995). Les outils d'évaluation en tant qu'artefacts portent des contraintes qui ont un caractère structurant de l'activité de leurs utilisateurs. La genèse instrumentale peut conduire à des processus d'instrumentalisation qui modifient l'outil d'évaluation, jusqu'à le détourner de son but initial ou en détourner l'usage. De même, des projets divers peuvent être menés sur la base de l'évaluation du risque de TMS réalisée par l'outil. A ce titre, l'outil d'évaluation vient s'intercaler comme un objet intermédiaire (Jeantet, 1998) entre les participants à un projet et la situation de travail. Dans ce cadre, le rôle premier de l'outil d'évaluation ne doit pas être négligé. Et la tendance à substituer l'outil d'évaluation du risque de TMS à l'analyse ergonomique doit être questionnée.

Les possibilités numériques actuelles permettent d'espérer à court terme de nouveaux outils d'évaluation du risque TMS, capables de capter et de traiter quasiment en direct certains éléments du mouvement humain au poste de travail. La rapidité, la précision et la portabilité de ces nouveaux outils offrent des perspectives séduisantes, déjà mises en avant par certaines entreprises : « capter un mouvement avec son téléphone portable et sortir immédiatement une exploitation des données relatives à ce mouvement en termes de postures par exemple ». Le risque associé à ces nouveaux développements réside dans la capacité de ces futurs outils à ne prendre en compte que la dimension biomécanique du risque de TMS. Alors même que les outils « classiques » (non numériques) d'évaluation du risque TMS n'ont pas encore réussi à intégrer l'évolution vers plus de complexité des modèles étiologiques en prenant en compte plusieurs dimensions. Le risque réside donc dans le renforcement des difficultés à passer d'une analyse du mouvement à une analyse du geste : les difficultés techniques associées à la mise en place de ces outils aux performances séduisantes ne vont-elles pas contribuer à produire des outils dont le paramétrage sera réalisé au plus simple ?

L'enjeu de la thèse est ici de produire des connaissances sur les outils d'évaluation du risque de TMS et sur leurs usages sur un terrain industriel. L'objectif à long terme est de produire un cahier des charges permettant d'apprécier les possibilités et conditions de produire, pour des utilisateurs identifiés, un outil qui soit plus en adéquation que les outils existants, avec l'état des connaissances d'une part et plus adapté aux besoins de l'utilisateur, d'autre part.

La finalité de cette thèse est ici d'apprécier comment intégrer à ces futurs outils numériques des caractéristiques plus favorables à l'évaluation globale du risque TMS. Notre recherche s'appuie sur trois hypothèses :

- L'outil d'évaluation du risque de TMS serait potentiellement un instrument dont les propriétés contribuent à orienter l'activité qui l'instrumente. Les conditions d'utilisation de l'outil d'évaluation doivent lui permettre de devenir un moyen d'apporter un regard sur le risque de TMS qui alimente une démarche de prévention constructive.
- L'outil d'évaluation du risque de TMS serait inséré dans un système d'instruments : l'étape d'évaluation du risque de TMS organisant la mise en œuvre de différents outils d'évaluation du risque de TMS par différents acteurs.
- Enfin, dans une organisation où d'autres systèmes d'instruments existent (amélioration continue, démarche qualité, projets...), il faudrait que ce système d'instruments puisse dialoguer avec les autres systèmes d'instruments pour inscrire la démarche de prévention dans la durée.

Notre recherche, ancrée en ergonomie de l'activité, vise la production des connaissances sur les outils d'évaluation du risque de TMS existants et leurs usages sur plusieurs terrains industriels. Nous pensons en effet que l'évaluation du risque de TMS est une étape fondamentale dans l'organisation d'une démarche de prévention du risque de TMS. L'utilisation d'outils pour l'évaluation du risque de TMS est un point crucial de l'étape d'évaluation dans le sens où les outils d'évaluation orientent la représentation qu'ont les acteurs du risque de TMS dans la situation de travail.

Nous organisons notre travail autour de quatre études :

- Une première étude concerne un inventaire des outils d'évaluation des TMS, avec la confrontation de leur modèle théorique aux modèles étiologiques des TMS. Nous identifierons le type de traitement de la multifactorialité permis par les outils d'évaluation du risque de TMS, les combinaisons de facteurs de risques qu'ils permettent de réaliser dans l'évaluation et le profil d'utilisateurs auquel ils sont destinés. Nous mettrons ainsi en lumière les propriétés des outils d'évaluation au regard du risque de TMS et les contraintes qui sont susceptibles de structurer l'activité de leurs utilisateurs. Nous essayerons de mettre en lumière la genèse instrumentale réalisée autour de l'outil d'évaluation du risque de TMS et le système d'instruments qu'il structure.
- La deuxième étude porte sur l'analyse de l'activité d'utilisateurs d'outils d'évaluation du risque de TMS sur le site industriel de Renault Trucks. Ceci nous permettra d'établir les usages réels des outils de prévention, les situations d'action caractéristiques et les zones d'ombre qu'ils laissent dans l'activité des utilisateurs.
- La troisième étude questionne les liens entre l'étape d'évaluation du risque de TMS et les autres systèmes d'instruments de l'entreprise. Lors de cette étude, nous analyserons l'utilisation de l'évaluation du risque de TMS lors des chantiers Kaizen chez Renault trucks
- La quatrième étude présente les étapes d'évaluation du risque de TMS chez le fabricant et l'équipementier automobile, leurs démarches d'évaluation du risque

de TMS et pose des questions sur les liens qui sont faits entre ces étapes et les autres systèmes d'instruments de l'entreprise.

Pour présenter l'ensemble des résultats et analyses, nous organisons notre rapport de thèse avec quatre parties et dix chapitres après cette introduction.

La première partie évoque les concepts théoriques sur lesquels nous appuyons notre recherche. Cette partie présente dans un premier chapitre le modèle étiologique des troubles musculosquelettiques. Nous présentons notamment les facteurs de risques de TMS, comment les TMS révèlent des limites des organisations et quelles sont les combinaisons de facteurs de risque qui conduisent à l'apparition du risque de TMS. Dans un deuxième chapitre, nous abordons les liens entre la prévention et l'évaluation du risque de TMS. Nous abordons notamment la prévention durable des TMS, l'historique des démarches d'évaluation des conditions de travail et le lien entre l'étape d'évaluation du risque de TMS et la démarche de prévention des TMS. Le troisième chapitre concerne l'approche instrumentale et les systèmes d'instrument.

La deuxième partie est consacrée au cadre empirique de réalisation de la thèse. Le quatrième chapitre présente la problématique soulevée par nos travaux. Le cinquième chapitre décrit les entreprises et le contexte dans lequel se situe cette recherche et la méthodologie mise en œuvre pour répondre aux problèmes soulevés. Cette partie présente l'organisation de l'ergonomie dans une entreprise industrielle et les attentes des différents acteurs de la recherche.

La troisième partie présente l'ensemble des résultats portant sur les outils d'évaluation du risque de TMS. Nous présentons dans le sixième chapitre notre analyse des outils d'évaluation du risque de TMS. Dans ce chapitre, nous confrontons 19 outils d'évaluation du risque de TMS au modèle étiologique du risque de TMS que nous avons identifié dans notre premier chapitre. Nous questionnons la multifactorialité du traitement du risque de TMS permis par les outils d'évaluation du risque de TMS, nous développons la prise en compte des facteurs de risque de TMS par les outils d'évaluation. Nous posons la question de l'apparition des déterminants de l'activité et des ressources dans les outils d'évaluation du risque de TMS et de leur pertinence dans le cadre de l'évaluation. Nous analysons ensuite les combinaisons de facteurs de risques permises par les outils d'évaluation afin d'identifier si ces combinaisons de facteur de risque rendent compte de la nature bio-psycho-sociale des TMS. Enfin, nous identifions les utilisateurs des outils d'évaluation envisagés par leurs concepteurs et nous mettons en rapport le regard sur le risque de TMS permis par l'outil d'évaluation et les compétences de l'utilisateur envisagé en ergonomie et dans la compréhension du risque de TMS. La question de l'utilisateur et de ses compétences en ergonomie et sur le risque de TMS semble centrale pour la pertinence de l'évaluation du risque de TMS et l'utilisation des résultats de cette évaluation. Le septième chapitre concerne les usages des outils d'évaluation du risque de TMS sur le site de Renault Trucks. Nous avons analysé les usages des outils d'évaluation fait par divers utilisateurs de niveaux de compétences différents en ergonomie et impliqués à différentes étapes d'évaluation du risque de TMS. Nous posons la question de

l'organisation de l'évaluation du risque de TMS sur un terrain industriel et des choix qui président à l'allocation de ressources pour réaliser les évaluations. Nous présentons ce qu'implique d'évaluer le risque de TMS à l'aide d'un outil d'évaluation dans des situations de travail de nature différentes, avec des utilisateurs de l'outil de niveaux de compétences différents en ergonomie. Nous questionnons les liens que font ses utilisateurs entre l'évaluation du risque de TMS et leurs propres compétences et connaissances sur le risque de TMS. Dans le huitième chapitre, nous analysons les liens entre les étapes d'évaluation du risque de TMS et les autres systèmes d'instruments dans l'entreprise. Nous questionnons comment l'outil d'évaluation devient un objet intermédiaire lors de son utilisation en chantier Kaïzen chez Renault Trucks. Enfin, dans le neuvième chapitre nous présentons l'organisation de l'étape d'évaluation du risque de TMS sur d'autres terrains industriels, afin d'identifier les caractères invariants et d'identifier dans ces démarches les éléments favorables à une prévention durable du risque de TMS. Le dixième chapitre présente les repères de conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS. Nous abordons la question des besoins associés à chaque famille d'activité et des exigences opérationnelles pouvant participer au développement de nouveaux supports numériques aux étapes d'évaluation du risque de TMS.

Enfin, la quatrième partie est dédiée à la discussion de nos travaux avec le onzième chapitre où nous traitons des apports et des limites de notre recherche ainsi que les perspectives qu'elle soulève. Cette discussion est l'occasion de mettre en lumière un certain nombre d'apports possibles des technologies numériques dans l'évaluation du risque de TMS. Et de discuter de ce que montrent nos résultats de l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS au regard des modèles de prévention des TMS.

PARTIE THEORIQUE

La partie théorique rassemble l'ensemble des concepts théoriques auxquels nous faisons référence pour nos travaux. Cette partie comporte trois chapitres constituant notre cadre théorique.

Le chapitre 1 présente le modèle étiologique des troubles musculosquelettiques. Nous présentons notamment les facteurs de risque de TMS appartenant à différentes catégories. Nous envisageons les TMS comme pathologie de l'organisation. Enfin, nous présentons les combinaisons de facteurs de risque de TMS présentées par différents modèles.

Le chapitre 2 aborde la question de la prévention et de l'évaluation du risque de TMS. Nous présentons les composantes d'une prévention durable du risque de TMS. Nous réalisons un historique des démarches de prévention du risque de TMS afin de pouvoir situer les différents outils d'évaluation dans leur contexte. Enfin, nous présentons les liens entre démarche d'évaluation et étape de prévention du risque de TMS, afin de montrer comment les outils d'évaluation s'insèrent dans la prévention du risque de TMS.

Le chapitre 3 se penche sur l'approche instrumentale et les systèmes d'instruments. Nous présentons dans un premier temps la notion d'instrument. Puis nous présentons le processus de la genèse instrumentale. Enfin, nous présentons la notion de système d'instruments.

Cette partie théorique nous amènera à la présentation de la problématique de notre recherche, du contexte particulier de notre thèse et de la méthode retenue pour répondre à notre problématique.

Chapitre 1 : Modèle étiologique des troubles musculosquelettiques

La question des troubles musculosquelettiques (TMS) constitue un enjeu majeur de santé au travail. Ces maladies affectant les membres supérieurs et le rachis lombaire sont déjà présentées dans les premières nosographies des maladies professionnelles dès le XVIII^e siècle. Ramazzini (Patisserie & Ramazzini, 1822) identifie comme seconde cause des maladies des artisans, les mouvements violents et déréglés, les situations gênantes et extraordinaires que beaucoup d'ouvriers proposent à leur corps. Patisserie distingue deux classes de maladies : les maladies causées par les molécules et les maladies causées par l'excès ou le défaut d'exercice de certaines parties du corps. On peut identifier, dans les écrits de Patisserie, des symptômes comme une fatigue des muscles de l'avant-bras chez les tondeurs de draps utilisant de grands ciseaux tout au long de leurs journées de travail ou encore une affection des membres supérieurs pouvant aller jusqu'à la paralysie chez certains écrivains publics. On note également des postures de travail allant jusqu'à la déformation permanente pour les artisans travaillant courbés sur leur ouvrage : tailleurs, tisserands ; ou pour ceux ayant à porter de lourdes charges : portefaix, forts des halles. Le travail laisse sa marque, parfois indélébile sur le corps de l'artisan. Le machinisme ne permet pas de remettre en question cet état de fait, Patisserie déplore que les nouveaux métiers à tisser sont conçus pour une augmentation du rendement et non pour rendre plus aisée la « gymnastique » de l'artisan. Il en va de même pour l'organisation scientifique du travail se centrant sur des objectifs de productivité. L'industrialisation de la société permet au contraire aux TMS de se développer et à l'épidémie de prendre l'ampleur qui est la sienne aujourd'hui.

La prévention des TMS constitue toujours un enjeu majeur de santé au travail. En effet, les TMS constituent la première source de maladies professionnelles de France avec 87 % des cas de maladies professionnelles en 2016 (CNAMTS, 2018), ce qui représente 42 535 cas de TMS en 1^{er} règlement. Le coût économique des TMS représente annuellement pour l'Union Européenne entre 0.5 et 2% de PIB (March et al., 2014). En France, les TMS rassemblent les pathologies recensées aux tableaux 57 ; 69 ; 79 ; 97 et 98 des maladies professionnelles de la sécurité sociale. L'organisation mondiale de la santé (OMS) recense plus de 150 types de diagnostic affectant le système locomoteur qui comprend les muscles, les structures osseuses et articulaires et les tissus associés comme les tendons et les ligaments. Le Global Burden of Disease, dans son étude de 2016 (Vos et al., 2017), montre que les troubles musculosquelettiques sont le deuxième plus grand contributeur aux inaptitudes globales. La construction d'actions de prévention des TMS nécessite une phase préalable d'évaluation de la présence de ce risque dans les situations de travail. Cette évaluation peut se faire à l'aide d'outils d'évaluation ou de démarches d'analyses comme l'analyse ergonomique du travail supportée ou non par des outils. Cette évaluation nécessite une compréhension la plus fine

possible des mécanismes participant à l'apparition de ces pathologies afin d'être la plus précise possible. Nous présenterons d'abord les facteurs de risque de TMS. Nous parlerons ensuite des TMS comme pathologie organisationnelle et des combinaisons de facteurs qui donnent naissance aux TMS. Nous présenterons les différentes approches de la prévention du risque de TMS. Enfin, nous aborderons les outils d'évaluation du risque de TMS et leur structuration au sein de l'étape d'évaluation dans les démarches de prévention.

1.1. Les facteurs de risque de TMS

Les TMS sont une maladie dont les mécanismes d'apparition ont une origine multifactorielle. L'évaluation du risque de TMS à l'aide d'outils s'est très tôt penchée sur les facteurs de risque de TMS dans le but de donner une estimation précise de la survenue de ces maladies dans la situation de travail évaluée. Dans cette partie, nous développerons la question des déterminants internes et facteurs de risque liés à l'individu, des facteurs de risque physiques ainsi que des facteurs de risque psychosociaux et de leur intégration dans les modèles du geste.

1.1.1. Déterminants internes et facteurs de risques liés à l'individu

La littérature scientifique évoque un certain nombre de facteurs de risque de TMS liés à l'individu (Hagberg & al., 1995) : le sexe, l'âge, les caractéristiques anthropométriques, certaines maladies (hypertension, diabète), la consommation d'alcool, le tabagisme, les antécédents de l'individus sont évoqués.

- **Age de l'opérateur**

L'âge de l'opérateur renforce le risque de TMS par un effet cumulatif de facteurs de risques physiques, un opérateur qui progresse en âge et en ancienneté sur un poste de travail est exposé plus longtemps aux gestes répétitifs. Il a aussi un effet sur des facteurs psychosociaux, un opérateur avec beaucoup d'ancienneté a pu vivre l'intensification de son travail ou sa transformation en travail monotone. Enfin, la dégénérescence des tissus, des lésions ou des pré-lésions et le vécu du travail peuvent provoquer un ressenti douloureux chez l'opérateur.

- **Sexe de l'opérateur**

Plus que les différences physiologiques entre femmes et hommes, la question du sexe de l'opérateur s'avère être le reflet de la division sexuée du travail opérée dans la société. De ce fait, la nature de l'exposition au risque de TMS varie en fonction de cette division et constitue un indicateur plus pertinent pour expliquer la survenue de TMS (Woods & Buckle, 2002). Néanmoins, quelques outils d'évaluation demandent de relever le sexe de l'opérateur, sans doute pour donner une idée des caractéristiques anthropométriques de l'opérateur dans la situation de travail évaluée.

- **Douleur ressentie**

Les douleurs ressenties par les opérateurs aident à définir le problème et les relations entre les facteurs biomécaniques et les éléments de la situation de travail (Kuorinka et al., 1987). Demander aux opérateurs de signaler les douleurs qu'ils ressentent en accomplissant le travail permet de les faire réfléchir sur les circonstances dans le travail qui entraînent l'apparition de la douleur (Vézina, 2009). Cela permet aussi d'avoir une première approche des stratégies de régulation. L'intérêt des douleurs ressenties par l'opérateur dans les outils

d'évaluation est moins au niveau du recensement de pathologies potentielles, que dans l'identification précise des régions du corps, sollicitées ou hyper-sollicitées par le travail (Vézina, 2009).

D'autres facteurs comme le « style gestuel » de l'opérateur sont liés dans certaines études à l'apparition de TMS (Kilbom, 1997).

La place des facteurs individuels dans l'apparition du risque de TMS n'est pas évidente, puisqu'ils ne sont qu'une infime fraction du risque en milieu industriel (Leclerc & al., 1998) et que la prévention vise à adapter le travail à l'homme et non l'inverse. Dans ce cadre, ces facteurs de risques deviennent très limités pour la transformation. Néanmoins la prise en compte de ces facteurs de risques dans certains outils d'évaluation nous mène à parler des catégories pertinentes retenues dans les outils. La question de la formation de l'opérateur et de ses compétences peut aussi avoir un rôle à jouer dans l'apparition du risque de TMS. Cet aspect n'est pas développé dans les outils d'évaluation.

1.1.2. Facteurs de risque physiques

Les TMS sont des affections péri-articulaires qui touchent les tendons à la périphérie des articulations. Les TMS sont l'expression d'une hyper-sollicitation (Roquelaure, et al., 1996). Ils se divisent en 2 grandes familles : les TMS des membres supérieurs et ceux du rachis. L'approche biomécanique des TMS découle des modèles biomédicaux de ces maladies. Ces modèles reposent sur l'identification des contraintes liées aux mécanismes physiopathologiques (Roquelaure, 2003).

Les facteurs biomécaniques traduisent principalement la mobilisation de segments corporels dans le cadre d'une situation de travail (Putz-Anderson, 1988) ; (Pujol & Assoun, 1993) ; (Moore & Garg, 1994) ; (Kuorinka & Forcier, 1995). Il s'agit des causes médicales primaires des TMS. C'est souvent dans l'hyper-sollicitation de ces facteurs que naissent les TMS :

- **La force exercée :**

Les facteurs biomécaniques comprennent l'effort nécessaire au mouvement. L'effort a un effet sur les sarcomères, les tendons et les nerfs dans les situations dynamiques. Il a aussi un effet sur le muscle statique en cas de maintien, par la diminution voire l'interruption de la circulation sanguine et de l'irrigation des muscles.

- **Les postures de travail**

Les positions articulaires ont des valeurs limites en flexion, extension ou rotation. Le dépassement de ces valeurs entraîne une sur sollicitation des tendons. Les mouvements effectués sous un certain angle articulaire peuvent demander l'application d'une force plus importante ce qui sollicite le muscle de façon plus importante (Pujol, 1993).

- **La répétitivité**

La répétitivité du mouvement consiste à mettre en œuvre, de manière cyclique, les mêmes tissus musculaires. Il peut s'agir aussi d'une sollicitation lors d'un effort sans mouvement. La répétitivité peut devenir nocive en cas de temps de cycle très court, en l'absence de temps de récupération intra cycle et inter cycle.

- **Les manutentions et le port de charge**

Le port ou la manipulation de charges lourdes par un opérateur est un facteur de risque souvent cité et présent de manière distincte dans certains outils d'évaluation du risque de TMS. La manutention n'est cependant pas un facteur de risque en tant que tel mais une combinaison de facteurs : efforts, postures et répétitivité. La combinaison de facteurs de risques augmente très fortement la probabilité d'apparition d'une pathologie (Leclerc & al., 1996 ; Roquelaure & al., 1997). Etant un élément saillant et facilement identifiable de la situation de travail, la manutention est souvent traitée comme un facteur de risque à part entière dans les outils d'évaluation du risque de TMS.

- **La durée d'exposition et les temps de récupération**

Les temps de récupération correspondent à des périodes de repos des muscles sollicités pour un mouvement. Il peut s'agir de phase de repos dans le cycle, de temps de sollicitations d'autres muscles, de temps de pause ou de durée de récupération entre deux journées de travail. La durée de charge musculosquelettique est fonction du nombre d'heures de travail, du nombre de jours travaillés et du nombre d'années travaillées.

- **Les vibrations, chocs et la température des tissus musculaires.**

Les vibrations peuvent à elles seules causer des dommages aux membres supérieurs ou à l'ensemble du corps selon les modalités de l'exposition. Une température faible des tissus musculaires, induite par un environnement froid, augmente le risque d'apparition d'une pathologie musculosquelettique. Les chocs ou compressions tissulaires localisées amplifient également le risque. Ces facteurs entrent dans la composition de la charge musculosquelettique (Kuorinka & Forcier, 1995) et ils augmentent le risque de survenue de la pathologie dans la combinaison de facteurs qu'ils présentent. Ils peuvent être abordés de manière directe dans les outils d'évaluation, par exemple par l'intermédiaire d'un item sur les vibrations ou les chocs ou de manière indirecte, dans l'appréciation de la température de l'atelier.

1.1.3. Les facteurs de risques psychosociaux

Les actions de prévention et l'émergence de TMS dans les activités de service ont conduit la communauté scientifique à enrichir le modèle des TMS d'un certain nombre de facteurs psychosociaux. Le terme psychosocial renvoie au développement psychologique de la personne et à son interaction avec un environnement social. Ces facteurs conduisent

rarement seuls au déclenchement de la maladie, mais il existe une relation statistiquement significative entre certains d'entre eux et la survenue de TMS. Le lien entre les TMS et ces facteurs fait des TMS une maladie multifactorielle, ce qui est mis en évidence dans un certain nombre de recherches (Armstrong, et al., 1993) ; (Moon & Sauter, 1996) ; (Lasfargues et al. , 2003). L'intervention de ces facteurs dans la survenue des pathologies de type TMS a poussé au dépassement du point de vue uniquement biomécanique de la situation de travail. Nous présenterons successivement le stress, l'intensification du travail, la monotonie, le contrôle sur la situation de travail et le support social.

- **Le stress**

Les répercussions physiologiques du stress, notamment dans la sécrétion hormonale (ACTH, corticoïdes, catécholamines) vont avoir un impact direct sur les tissus musculaires et renforcer l'impact des facteurs biomécaniques (Aptel & Cnockaert, 2002).

Au travail, le stress va naître d'un décalage entre les demandes psychologiques et physiologiques du travail, perçues par les salariés et leur niveau d'autonomie décisionnelle (Karasek, 1979 ; Siegrist, 2002). Le maintien d'un niveau de demande au-dessus des capacités que le salarié perçoit pour lui-même, va faire entrer l'individu dans un cercle vicieux et entraîner un stress qui peut être qualifié de négatif. Les principales sources de stress sont liées :

- Aux exigences quantitatives et qualitatives de la tâche
- Aux relations de travail
- À la monotonie et au caractère répétitif du travail
- Aux nuisances physiques
- À la conception inadaptée des postes de travail

L'origine du stress est elle-même multifactorielle et relève d'une relation probabiliste entre l'individu et son environnement de travail incluant l'environnement social. On peut d'ailleurs distinguer les facteurs de risques physiques dans l'environnement de travail (bruit, froid, chaleur, vibrations...), les facteurs de risques psychosociaux (intrinsèques au travail, rôle dans l'organisation, relations au travail, évolution professionnelle, structure organisationnelle et climat, jonction maison-travail...) et les facteurs organisationnels.

Au niveau physiologique, le stress va entraîner (Figure 1) :

- Une augmentation du tonus musculaire
- Un déséquilibre hydrominéral qui va favoriser la rétention d'eau
- Une diminution de la vitesse de récupération des lésions tendineuses
- Une baisse des défenses immunitaires
- L'inflammation des tendons.

Le stress est un facteur de risque de TMS par l'impact qu'il a sur les capacités fonctionnelles de l'opérateur. A ce titre, il devient un intermédiaire entre facteurs de risques

organisationnels, psychosociaux et les sollicitations biomécaniques. Il peut par ces mécanismes renforcer les effets biomécaniques ou empêcher une pleine récupération. Il est aussi une forme d'atteinte morbide en elle-même sur la santé de l'opérateur.

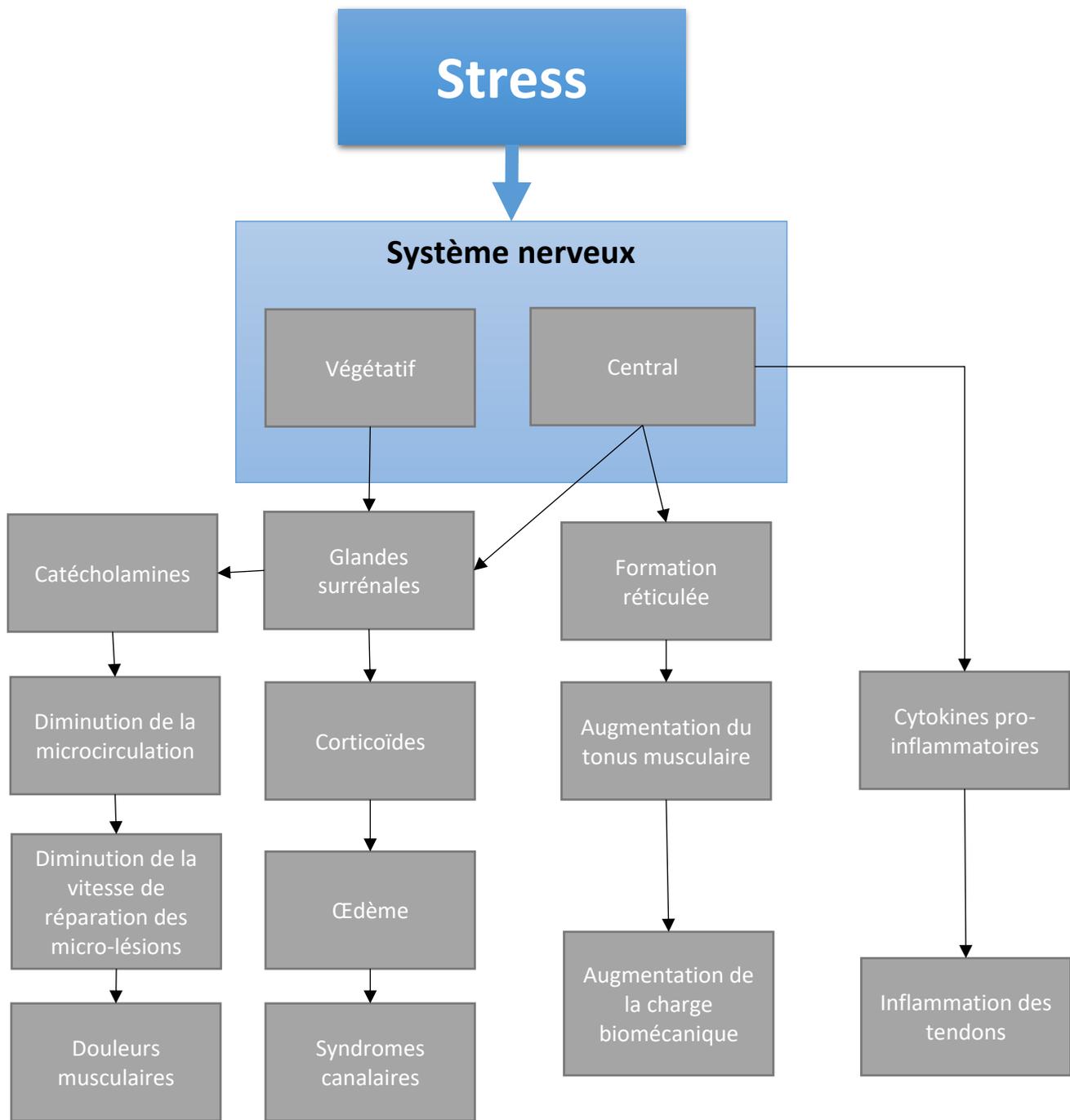


Figure 1 Relation entre le stress et les TMS (Aptel & Cnockaert, 2002)

- **L'intensification du travail**

L'intensification du travail est un marqueur de l'évolution du travail depuis la fin du XX^{ème} siècle (Gollac & Volkoff, 1996). Cette intensification renforce les effets liés au stress (Kompier & Levy, 1994 ; Dhondt, 1997).

L'intensification du travail agit comme un agent aggravant l'ensemble des facteurs de risques physiques et psychosociaux en augmentant leur intensité par rapport à la situation antérieure ou en créant de nouvelles combinaisons de facteurs de risques.

Le rôle des facteurs psychosociaux dans l'apparition de TMS prend sa source dans le pouvoir d'agir au travail. Le pouvoir d'agir repose sur l'initiative personnelle et les marges de manœuvre. Cette initiative est médiatisée par les rapports sociaux au sein desquels toute individualité se développe (Coutarel, 2011). Si les rapports sociaux sont faibles, il sera plus difficile à l'opérateur de transformer l'initiative en pouvoir d'agir. Clot (1999) dira que le pouvoir d'agir concerne l'activité, que c'est dans l'activité qu'il se développe ou bien qu'il s'atrophie. L'augmentation de ce pouvoir d'agir est issue du développement du sens et de l'efficacité de l'activité. Le développement du sens de l'activité permet au sujet de réaliser des liaisons nouvelles dans et par l'activité, qui sont des sources d'énergie pour la mobilisation des ressources psychologiques du sujet (Clot, 2001). Ces ressources psychologiques libérées permettent au sujet de rechercher l'efficacité (optimisation des ressources mobilisées pour réaliser une tâche) dans son activité. Cette efficacité permet au sujet de libérer du temps qui l'autorise à revenir sur le sens de l'activité pour la porter plus loin. On voit que si l'on ne permet pas au pouvoir d'agir de se développer dans l'activité, le travail perd tout ou partie de son sens, ce qui empêche de chercher l'efficacité et conduira à l'apparition de pathologies.

- **Le travail monotone, le travail cadencé**

La monotonie est liée à la fois à la répétitivité et au contenu cognitif du travail. Elle est parfois associée au travail cadencé par les machines. La monotonie concerne le contenu d'un travail qui, du fait de la répétitivité et de la pauvreté de son contenu, devient inintéressant pour l'opérateur. Le travail cadencé peut ajouter à cette monotonie une subordination du travailleur à la vitesse de la machine, ce qui constitue une contrainte importante pour l'opérateur (Teiger & al., 1973 ; Salvendy & Smith, 1981). La monotonie s'articule avec la répétitivité du travail pour la rendre nocive. En effet, la répétition d'un geste n'est pas forcément nocive en elle-même. C'est souvent une condition primordiale de l'atteinte d'une performance et le développement de stratégie d'économie de force ou d'énergie dans la réalisation de gestes en activité. La monotonie liée à l'appauvrissement du contenu du travail perçu par l'opérateur conduit à la limitation des marges de manœuvre et à la privation de la possibilité d'agir (Bourgeois & al., 2000). Dans ce cas, la répétitivité devient une hyper-sollicitation qui peut conduire à l'apparition de mécanismes physiopathologiques (Kuorinka, 1999). L'opérateur ne peut plus développer de stratégies alternatives permettant de faire face à la variabilité rencontrée et cette impossibilité de construire de nouveaux gestes devient un facteur important dans l'apparition de TMS. L'association de la monotonie avec la perte

d'autonomie que constitue l'imposition d'une cadence par une machine ajoute un élément aggravant à cette combinaison.

- **Le contrôle sur la situation de travail**

Le contrôle sur la situation de travail et l'autonomie ont aussi une influence sur l'apparition du risque de TMS, ce que nous avons déjà vu dans le cadre du travail cadencé. L'autonomie concerne la liberté donnée à l'opérateur dans la réalisation de son travail, mais aussi dans la discussion de l'organisation ou des conditions de travail. Les opérateurs bénéficiant d'un certain niveau de contrôle sur leur situation de travail ont l'occasion de mettre en place des stratégies pouvant diminuer les risques pour leur santé au travail (Daubas-Letourneux & Thébaud-Mony, 2002). La dépendance au travail des collègues impacte le contrôle sur la situation de travail. Si l'autonomie est importante, l'impact de l'accroissement de cette autonomie peut être limité, par rapport à d'autres facteurs (Carton & Gollac, 2002).

- **Le contenu cognitif de la tâche**

Le contenu cognitif de la tâche renvoie à l'ensemble des processus mentaux mobilisés par l'opérateur dans la réalisation de son travail. Il s'agit des activités de mémorisation, d'identification, d'interprétations qui mobilisent des ressources cognitives pour réaliser une activité physique. L'impact du contenu cognitif de la tâche sur le risque de TMS est en lien avec l'attention et la pression temporelle. Une demande d'attention élevée dans un contexte de pression temporelle élevée déclenche une hypercontraction musculaire (Laville, 1968 ; Laville & al., 1973 ; Teiger & al., 1973).

- **Le support social**

Le support social concerne les interactions utiles à l'opérateur dans la réalisation de son travail. Il est aussi bien vertical avec la hiérarchie qu'horizontal avec les collègues (Karasek & Theorell, 1990 ; Cox et al., 2000). Le support social est une importante source de régulation des contraintes présentes dans l'activité. C'est la possibilité par exemple d'obtenir de l'aide pour des manutentions lourdes ou de pouvoir changer de poste en cas de fatigue musculaire. Le soutien social est aussi l'une des composantes de la reconnaissance du travail. La coopération, l'entraide et la discussion sont liées à de meilleures conditions de travail (Cartron & Gollac, 2002). Les pratiques managériales peuvent favoriser la santé en étant favorables à la discussion et au soutien pour les opérateurs (Devereux & Buckle, 1998).

La reconnaissance du travail et le soutien social vont parfois de pair au sein du collectif de travail. Un individu ne recevant aucun soutien social au travail tant au niveau vertical hiérarchique, qu'au niveau horizontal au sein de son équipe n'aura pas ou peu l'impression de reconnaissance de son travail (Russel et al., 1987). L'absence de soutien rend difficile les régulations collectives de l'activité et laisse l'opérateur seul face à la situation de travail. Cette situation conduira à la manifestation de TMS, d'épuisement ou de dépression suivant les autres dimensions de la tâche.

Certains des facteurs de l'approche psychosociale partagent des liens parfois forts entre eux et avec les facteurs biomécaniques, comme le travail cadencé, le faible contrôle de sa situation de travail et le travail monotone. Parce que la cadence de travail est fixée par un agent extérieur à lui-même, l'opérateur exerce peu de contrôle sur le choix de son rythme de travail. L'intégration de ces facteurs de risque entre eux se fait dans les modèles du geste.

1.1.4. Les modèles du geste

Les modèles du geste visent à concilier les dimensions physiques, psychiques et sociales dans la réalisation de mouvements au travail. Ces modèles nous permettent de comprendre les parts subjective et collective qui composent le geste et comment l'empêchement de l'expression du geste peut conduire à l'apparition des TMS.

Le modèle biomédical des TMS a naturellement conduit à se poser la question des capacités fonctionnelles humaines d'un point de vue énergétique. Les TMS étant le reflet d'une sur sollicitation musculaire, il faut pouvoir la quantifier pour pouvoir indiquer les seuils à ne pas dépasser. Ce modèle place le mouvement qui est l'action volontaire de mobilisation des muscles qui se contractent ou s'allongent selon le besoin, comme source de la fatigue musculaire (Gaudez & Aptel, 2008). L'exécution d'un mouvement a des répercussions sur l'ensemble des segments corporels, au-delà de celui qui est mobilisé (Babinski, 1899).

Le geste est une structure complexe : psychologique, organisationnelle, économique (Chassaing, 2010), physiologique et sociale. Dans le modèle GAM, mouvement, geste et automatisme sont trois pôles d'un ensemble qui ont des rapports inter-fonctionnels, sans toutefois se superposer (Simonet, 2011). Les automatismes sont mobilisés dans la motricité opérationnelle du geste. Le geste conscient et dirigé vers un objet nécessite la mobilisation des automatismes infra-conscients correspondants (Fernandez, 2004), sinon il demanderait trop de ressources cognitives. Le mouvement est la partie subjective du modèle. Il engage la posture d'ensemble et l'attitude du sujet (Simonet, 2011). Le mouvement est adressé, il est le résultat de ce qu'un milieu professionnel considère comme adapté ou déplacé (Simonet, 2011). Le mouvement implique l'action des mécanismes de régulation du sens et de l'efficacité (Clot & Fernandez, 2005). L'efficacité concerne la minimisation du coût de l'action et le sens concerne la valeur que le sujet attribue à son action par rapport aux autres activités possibles. Le geste est le résultat d'un compromis entre l'activité, les objectifs de l'entreprise, ceux de l'opérateur, les moyens matériels et l'expérience (Bourgeois & Hubault, 2005). Le geste permet à l'opérateur d'exprimer un sentiment, un désir, une manière d'être (Harding, 1982, dans Feyereisen & De Lannoy, 1985). Il résulte des contraintes organisationnelles de la situation de travail, du choix ou non des temps de pauses et de la latitude à varier le rythme de travail. La dimension économique considère aussi le geste comme une performance, en tenant compte du ratio du coût énergétique et du résultat obtenu.

La prescription du mouvement portée par le taylorisme sous prétexte de rationalisation du travail tend à priver l'opérateur de son initiative. Cette privation d'initiative pendant la

journee de travail induit l'effort le plus dissociant, le plus fatigant, le plus epuisant qui se puisse trouver (Wallon, 1932/1976 cite par Simonet, 2011). Cette situation de renoncement impose a l'operateur le conduit a ne pas pouvoir exercer les mouvements complementaires et necessaires a l'accomplissement du geste. Comme l'activite dont il est la resultante, le geste est socialement construit. Il participe a ce que l'on appelle les regles de metier. Lorsque l'organisation laisse les marges de manoeuvre necessaires, les operateurs peuvent creer des gestes permettant une efficacite et une performance importante et le maintien de l'operateur en sante. Ces gestes, lorsqu'ils sont socialement construits, donnent lieu a une reconnaissance de la part des pairs.

La remise en question de ces gestes par l'organisation peut avoir des consequences nefastes sur la qualite du travail, quand l'organisation ne se rend pas compte que le resultat du travail est du a la singularite du geste et a un geste socialement construit. On peut aussi assister a une crise identitaire des operateurs dont on nie le professionnalisme. La remise en question du geste, meme pour un mouvement juge moins nocif biomecaniquement, peut au contraire aggraver une situation en termes de TMS.

La reduction des marges de manoeuvre qui pousse l'operateur a ne plus pouvoir utiliser qu'un geste qui fait mal, pose la question du geste empêche (Bourgeois et al., 2000). L'ergonome va donc devoir identifier la variabilite de gestes realises en fonction des caracteristiques des situations de travail et repérer celles dans lesquelles le processus de reduction-privation de marges de manoeuvre est a l'oeuvre (Bourgeois et al., 2000). Le geste empêche ouvre l'analyse de l'activite a "*ce qui ne s'est pas fait, ce que l'on voudrait faire, ce qu'il faudrait faire, ce que l'on aurait pu faire, ce qui est a refaire et meme ce que l'on fait sans vouloir le faire*" (Clot & al., 2001, p.24). L'existence d'un ecart entre la realite de la prescription et la realite psychologique de l'operateur, qui sait que l'activite pourrait être realisee autrement pour un meilleur resultat ou un resultat sans douleur, permet de comprendre le processus d'alteration du geste et ses effets sur la sante. « *En quelque sorte, les TMS sont aussi la consequence de l'empêchement de pouvoir realiser les gestes qui, justement seraient en mesure de les prevenir.* » (Bourgeois, et al., 2000).

Dans ce contexte, les TMS deviennent des maladies de l'hypo-socialisation du mouvement (Simonet, 2011) par defaut de controverses gestuelles entre les professionnels et l'organisation.

« *Le geste renvoie a la fois au mouvement, pris dans un ensemble de perceptions, de decisions, d'intentions et a la mise en acte de gestuelles. Celles-ci reposent entre autres, sur la construction de « principes de base » (Chassaing, 2010 p 166) relatifs a une technique donnee et collectivement elabores. « C'est a partir de ces « principes », et d'autres elements qui les renforcent, les complètent ou entrent parfois en conflit avec ceux-ci, a savoir les traces et les acquis de l'histoire professionnelle et de vie, que les gestuelles se construisent pour former une armature a la fois stable et plastique, propre a chaque individu, qui oriente l'action.* » (Chassaing, 2010 p 166).

Les modèles du geste visent à expliquer l'intégration des dimensions physiologiques, subjectives, psychologiques et sociales dans la survenue des TMS. Effectuer une action dans le cadre de son travail implique une mobilisation d'automatismes sur lesquels influent les facteurs de risques physiques. Le mouvement y ajoute la part subjective du ressenti de l'opérateur et des déterminants internes. Le geste enfin, ajoute la dimension psychosociale.

1.1.5. Conclusion

Les facteurs de risque de TMS sont nombreux et les relations qu'ils entretiennent avec le risque de TMS sont rarement simples. Si, pour certains facteurs, une relation causale et cumulative peut s'observer, pour d'autres, la relation est probabiliste. La catégorisation des facteurs n'est pas évidente entre les facteurs de risques « purs » et les déterminants de ces facteurs ou de l'activité qui sont présentés comme facteurs de risques ou qui deviennent des moyens d'estimation indirects de l'exposition à un facteur de risque dans les outils d'évaluation. Ce besoin d'estimation est souvent lié à l'absence de moyens de mesure spécifique ou à leur difficulté de mise en œuvre (par exemple pour la température des tissus, il n'est pas question d'utiliser un thermomètre sonde sur un opérateur pour prendre la température de ses tissus musculaires). Certains facteurs de risques ont leurs outils d'évaluation spécifiques, comme le stress, mais leur utilisation est laissée à l'appréciation et aux connaissances de l'utilisateur. Ils ont notamment des liens avec la psychologie du travail, ce qui peut même limiter leur utilisation à des personnes ayant les connaissances et les compétences appropriées chez les préventeurs et les ergonomes. Un outil d'évaluation souhaitant aborder le risque de TMS de manière exhaustive doit intégrer l'ensemble des facteurs de risque présentés dans cette partie. Cependant, la recherche d'exhaustivité peut donner un outil difficile à utiliser et peu opérant pour l'évaluation du risque de TMS dans une situation de travail donnée. Le concepteur de l'outil d'évaluation devra donc faire les choix pertinents avec les redondances et les complémentarités des outils d'évaluation composant son étape d'évaluation du risque de TMS, voire potentiellement de faire collaborer les systèmes d'évaluation du risque de TMS et des risques psychosociaux qui partagent des facteurs de risques communs. Enfin, l'évocation des facteurs de risques ne dit pas grand-chose sur la précision des moyens et des unités de mesures pertinents pour leur évaluation. Ensuite, le modèle du geste, qui est un modèle intégratif des différentes composantes de la réalisation d'un mouvement dans l'activité, ne peut être abordé que dans la combinaison des différents facteurs de risques. Ce modèle demeure un point aveugle de l'outil d'évaluation si les facteurs de risques sont traités comme étant indépendants les uns des autres, dans une perspective de réduction des risques par réduction de l'exposition à ces facteurs de risque.

Les modèles du geste permettent de comprendre les interactions entretenues par les facteurs biomécaniques et les facteurs psychosociaux. Ce modèle est cependant rarement évoqué dans les outils d'évaluation. Enfin, un grand nombre de ces facteurs de risques dépendent des facteurs organisationnels que nous allons présenter ci-après.

1.2. Les TMS : pathologie de l'organisation

Dans une conception taylorienne des situations de travail, l'exposition aux facteurs de risques des TMS est en grande partie le fait de l'organisation, puisque ce modèle sépare concepteurs du travail et producteurs en réduisant les seconds au rang de simples exécutants d'une prescription réalisée dans le seul but de l'atteinte d'objectifs de productivité et de rentabilité. De ce fait, en plus d'une atteinte à la santé, les TMS constituent un symptôme de la rigidité organisationnelle (Hubault, 1998). Nous aborderons, dans cette partie, la question des déterminants externes et des facteurs de risques liés à l'environnement de travail, puis la question des TMS et de l'organisation et enfin, la question des marges de manœuvre dans l'organisation.

1.2.1. Déterminants externes et facteurs de risques liés à l'environnement de travail

Les facteurs de risques présentés ci-dessous sont des déterminants de la situation de travail. La présence récurrente d'items relatifs à ces déterminants dans les outils d'évaluation du risque de TMS nous incite à en présenter certains ainsi que les interactions de facteurs qu'ils font naître pour conduire à l'apparition de TMS. D'autres déterminants comme la cadence imposée par une machine peuvent s'intégrer dans cette catégorie, mais la cadence machine est souvent traitée dans les outils d'évaluation par l'intermédiaire de la répétitivité ou de la monotonie et apparaît rarement en tant que telle dans l'outil d'évaluation. Nous présenterons l'éclairage des lieux de travail, l'encombrement au poste de travail et la température ambiante au poste de travail.

- **Eclairage des lieux de travail**

Le travail nécessite des prises d'informations visuelles, notamment pour accompagner les gestes et assurer la précision nécessaire et pour réaliser la prise d'informations. Le plus souvent, la lumière du jour suffit, mais l'accès à cette lumière est dépendant des choix d'aménagements, notamment lors du travail à l'intérieur de bâtiments. L'œil a besoin d'un minimum de lumière pour accomplir une tâche. Cette quantité devant augmenter en fonction :

- De la finesse du détail à percevoir
- De la faiblesse du contraste (objet se détachant peu du fond)
- De l'âge du salarié
- Des difficultés de vision de ce dernier
- De la tâche

La quantité de lumière qui arrive sur le plan de travail s'appelle le niveau d'éclairage. Celui-ci doit être suffisamment homogène dans le champ visuel, ne pas provoquer d'éblouissement et donner un bon rendu des couleurs. Lorsque ce n'est pas le cas, l'insuffisance du niveau d'éclairage peut engendrer des contraintes posturales pour compenser cette faiblesse et réaliser le travail. L'effet de ces contraintes sur l'opérateur va

être singulièrement renforcé en cas de pression temporelle, de stress, pour provoquer l'apparition de TMS.

- **Encombrement au poste de travail**

L'espace de travail est un lieu souvent délimité où se tiennent les travailleurs qui ont à réaliser une tâche (Guerin et al., 1985). L'activité des opérateurs rend la notion de poste inopérante et renvoie à la notion de situation de travail, qui suppose une vision dynamique et fonctionnelle de l'espace qui permet de cerner les relations fonctionnelles et sociales tissées par les opérateurs. L'organisation spatiale est à mettre en relation avec les exigences des tâches, les besoins de l'activité et avec les possibilités de stockage et de manutention présentes dans la situation de travail (Six & al., 1992). Il arrive que dans certains cas, les déchets et résidus s'accumulent et que l'état des sols se dégrade. Les obstacles et l'encombrement gênent le travail ainsi que les déplacements des opérateurs. Ils constituent un des facteurs de risques de la chute de plein-pied, ainsi qu'un déterminant du risque de TMS.

L'encombrement peut entraîner des manutentions et des efforts supplémentaires pour réaliser l'activité ou aggraver des postures nécessaires à l'activité. Dans ce cadre, il participe à l'apparition du risque de TMS.

- **Température ambiante au poste de travail**

La température ambiante au poste de travail va provoquer deux réactions de l'organisme selon que l'ambiance est chaude ou froide :

- En ambiance chaude, l'organisme déclenche la sudation dont l'évaporation dans l'atmosphère permet l'évacuation des calories excédentaires.
- En ambiance froide, l'homme luttera contre une déperdition trop importante de calories en limitant la surface de peau au contact de l'air (vêtements) et en augmentant la production thermique (travail musculaire).

Les vêtements ou l'intensité physique de l'activité peuvent venir moduler l'impact de la température ambiante sur l'opérateur. Un travailleur en ambiance froide portant les vêtements de protection adéquats et réalisant une activité physique intense, peut déclencher les mécanismes de régulation d'un travail en ambiance chaude.

Les effets de ces réactions biologiques se répercutent dans l'accomplissement des tâches :

- Dans le cas du travail à la chaleur, la vigilance diminue, le temps de décision augmente, les coordinations sensori-motrices se dégradent ; ces effets étant plus marqués lorsqu'il y a une contrainte de temps. Ces effets peuvent aggraver le côté répétitif de l'activité et son impact sur le risque de TMS.
- Dans le cas du travail au froid, l'activité mentale (vigilance, rapidité, précision) est peu influencée. Cependant, l'activité manuelle est très perturbée du fait des troubles de

circulation au niveau des mains. Ici, le facteur biomécanique de la température des tissus est directement sollicité et impacte le risque de TMS.

Les effets de la contrainte thermique sur l'homme dépendent de son importance :

- Si la contrainte est sévère, la température du corps peut dépasser les limites de la thermorégulation. Des accidents aigus ou chroniques surviennent alors : hyperthermie, crampes, coups de chaleur en cas de températures élevées ; hypothermie, gelures en cas de très basse température.
- Si la contrainte est modérée, les mécanismes de régulation de l'organisme sont mis en jeu. Dans le cas d'un travail en ambiance chaude, il y a accélération du rythme cardiaque, déclenchement de la sudation, dilatation des vaisseaux sanguins au niveau de la peau pour accroître la surface d'échange. En ambiance froide, la température centrale baisse, il y a constriction des vaisseaux sanguins périphériques et éventuellement frisson thermique.

1.2.2. Les TMS et l'organisation

La gestion des ressources humaines issue d'une vision taylorienne et mécaniste de l'activité envisage le travail du point de vue de la production et pas de l'être humain l'accomplissant. Cette conception du travail rend difficile pour l'opérateur de lui donner un sens et l'empêche de concilier ses objectifs et ceux de l'organisation. Ce décalage va favoriser l'apparition de TMS. Ces éléments relatifs à l'organisation de la production et du travail peuvent prendre de nombreux visages, par exemple : une demande de productivité élevée va entraîner une intensification de l'activité avec une chasse aux gestes inutiles considérés comme une source de perte de temps. On peut aussi assister à une diminution de temps de cycle avec diminution de temps de récupérations inter-cycles. Ces diminutions des marges de manœuvre de l'opérateur vont être sources d'apparition de TMS.

Les liens entre TMS et organisation s'illustrent dans la mécanique des boucles infernales, mis en évidence par Nahon & Arnaud (2001) (Figure 2). La rigidité dont va faire preuve une organisation pour faire face à une performance qui n'atteint pas l'objectif souhaité va accélérer les mécanismes physiopathologiques des facteurs de risques déjà présents dans l'organisation. Ces mécanismes physiopathologiques vont déclencher des TMS qui eux même impactent les performances de l'organisation.

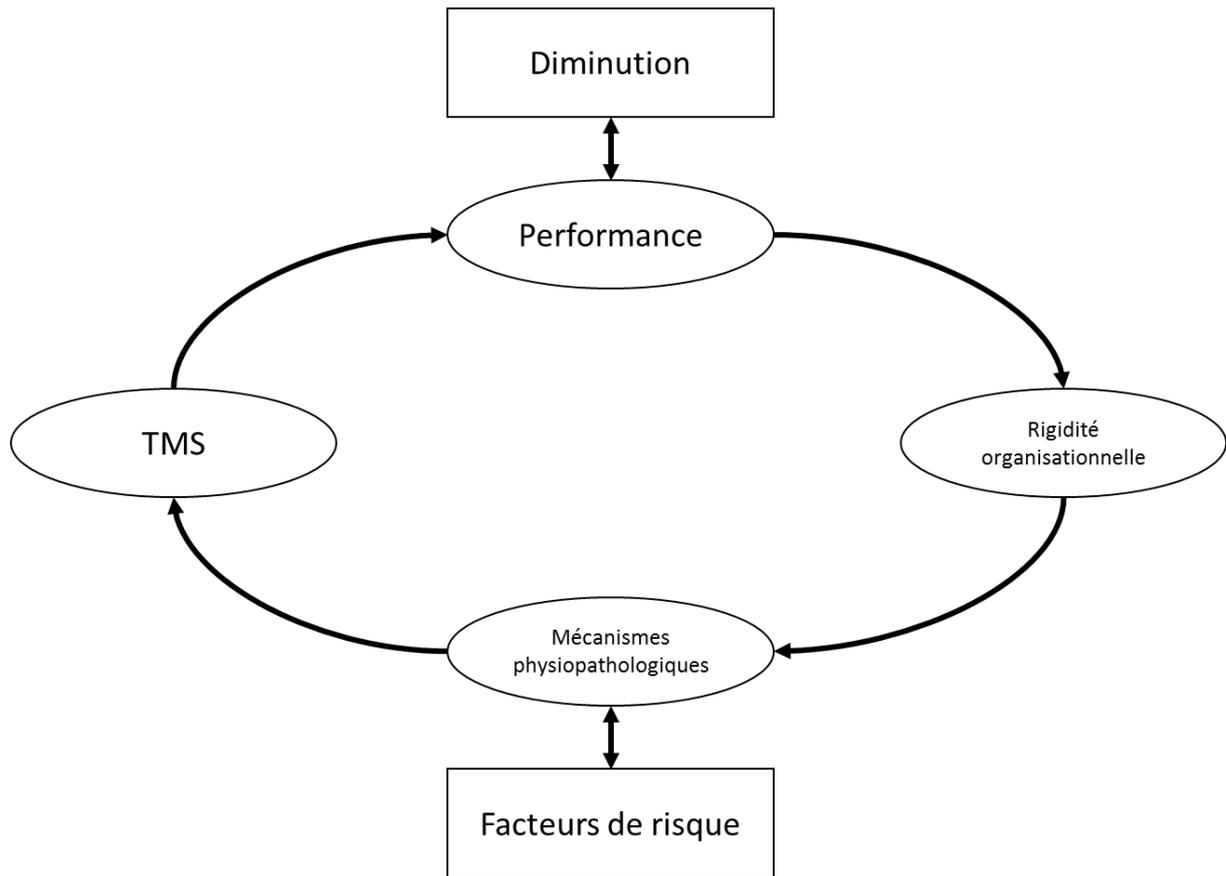


Figure 2 Les boucles infernales Nahon & Arnaud, 2001

La notion de boucles infernales met en avant la nécessité de marges de manœuvres pour permettre les régulations nécessaires afin de faire face à la variabilité du travail.

1.2.3. Les TMS, reflet de la diminution des marges de manœuvres

Les facteurs organisationnels du risque de TMS sont nombreux. Leur action se fait sentir sur le risque de TMS dans la situation de travail par le biais des régulations et par la question de la marge de manœuvre.

- Les régulations

La notion de marge de manœuvre est liée à la notion de régulation de l'activité. Selon Faverge (1966), les régulations sont nécessaires pour permettre à l'opérateur de maîtriser les effets de l'activité, mais encore faut-il que l'organisation lui laisse la marge de manœuvre nécessaire à leur mise en œuvre. Les régulations sont des fonctions permettant de s'accommoder de l'existence d'exigences rivales et opposées mais de façon lourde et couteuse. En d'autres termes, elles constituent l'ensemble des stratégies de l'opérateur pour accomplir son activité lorsque l'opérateur se trouve en situation. L'opérateur régule en permanence son activité, la redéfinition de la tâche prescrite est une régulation (Weill-Fassin & Rabardel, 2010). L'approche des régulations inclut dans l'activité les non-observables, les

choix de stratégies, les comparaisons, le traitement cognitif sous-jacent, ce que l'opérateur choisit de faire, ce qu'il fait en réalité et ce qu'il ne fait pas. Le réel de l'activité, c'est aussi ce qui ne se fait pas, ce qu'on ne peut pas faire, ce qu'on cherche à faire sans y parvenir - les échecs -, ce qu'on aurait voulu ou pu faire, ce qu'on pense ou qu'on rêve pouvoir faire ailleurs (Clot, 1999). Il faut y ajouter ce paradoxe fréquent : ce qu'on fait pour ne pas faire, ce qui est à faire ou encore ce qu'on fait sans vouloir le faire (Clot, 1999).

Les régulations naissent du fait d'activité empêchée, de contraintes techniques et organisationnelles qui ont potentiellement un impact sur la santé des opérateurs. Pour Leplat (2006), la régulation est un mécanisme de contrôle qui compare les sorties d'un processus à une production désirée et qui règle ce processus en fonction de l'écart souhaité. Toute tâche de régulation suppose l'existence d'un système dynamique (Figure 3).

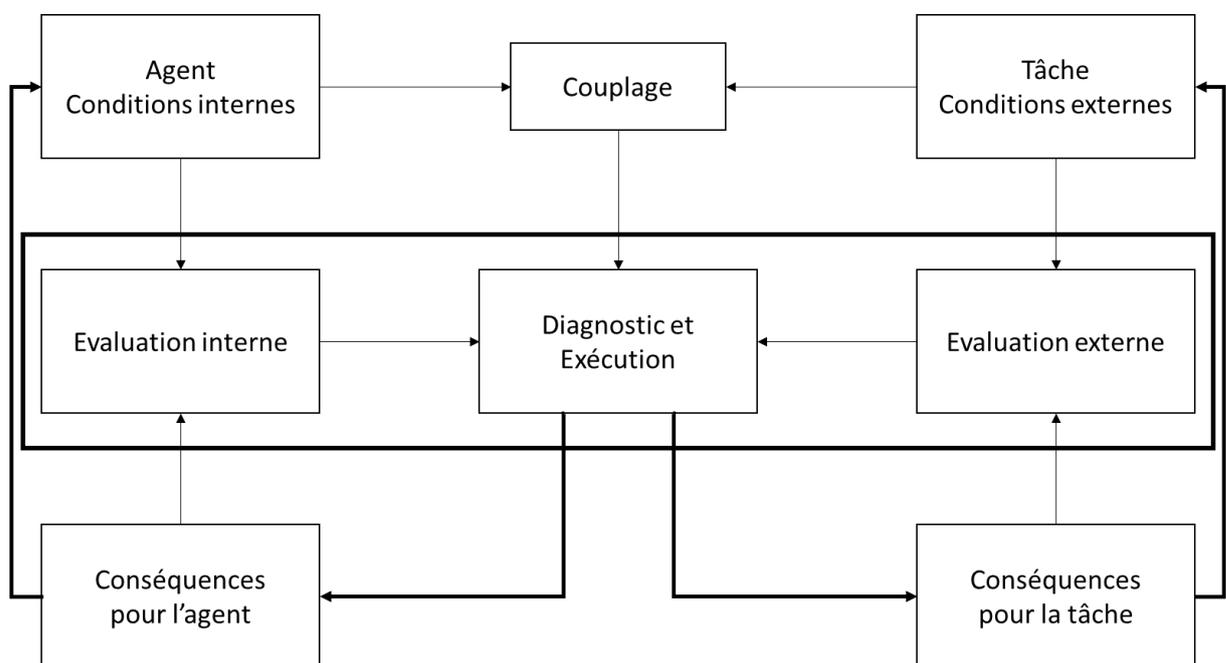


Figure 3 Les régulations, Leplat (2006)

- La marge de manœuvre

On entend par marge de manœuvre (Vézina, 2000) l'autonomie laissée par l'encadrement aux opérateurs dans l'exécution de leur tâche. La marge de manœuvre dépend des compétences et de l'expérience de l'opérateur. L'organisation ne laisse pas la même autonomie à tous ses salariés et tous les salariés n'ont pas besoin des mêmes marges de manœuvres pour éprouver du bien-être au travail. Si trop peu de marges de manœuvre peut se révéler néfaste pour l'activité, trop d'autonomie peut aussi créer un malaise ou favoriser l'apparition d'accident. Le lien entre activité, régulation et marge de manœuvre a été schématisé par Vézina (Figure 4).

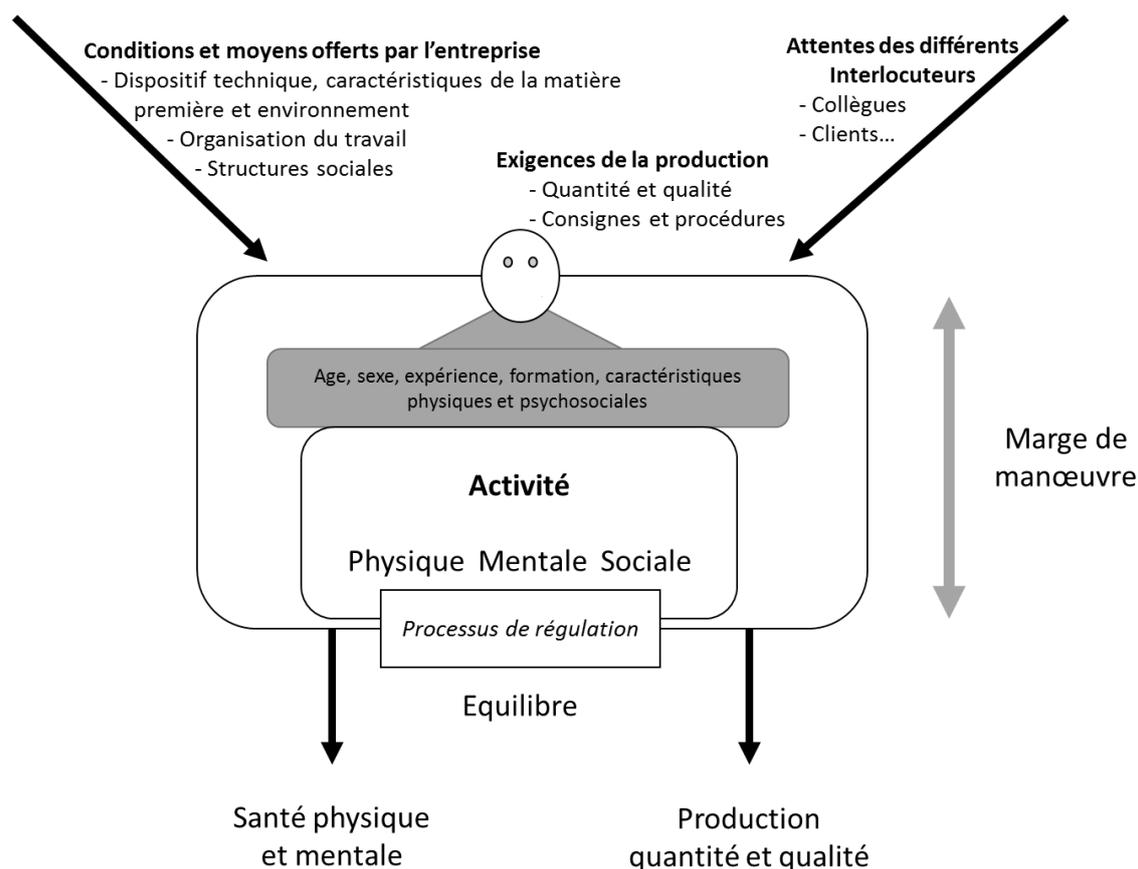


Figure 4 Modèle de compréhension des situations de travail centrée sur la personne et son activité Vézina, 2000

Ce modèle considère la personne au travail et toutes ses caractéristiques. Les facteurs psychosociaux sont inclus dans ce modèle dans ce qu'est la personne et dans ce qui conditionne son activité. L'activité est centrale dans ce modèle et doit être décrite en tenant compte de ses composantes physiques, mentales et sociales. Les conséquences de l'activité sont à la fois sur l'état de la personne, sa santé et sur la production autant en termes de quantité à produire que de qualité du produit. L'activité se réalise en tenant compte des exigences de production, de l'environnement social et des conditions et moyens offerts par l'entreprise. Tous ces éléments constituent les déterminants de l'activité qui vont peser plus ou moins lourdement sur l'opérateur et conditionner la marge de manœuvre dont il va disposer pour réguler son activité. La santé au travail est le reflet d'un équilibre entre les exigences de production et les possibilités de régulation. Cet équilibre dépend des marges de manœuvre. Si l'équilibre entre les exigences du travail et les possibilités de régulations dans l'activité n'existe pas, la situation de travail sera génératrice de TMS (Coutarel, 2004).

Le développement des marges de manœuvres est favorable au développement de la santé et à l'efficacité du système. A condition que l'opérateur ait les possibilités individuelles et collectives d'effectuer les régulations nécessaires.

- **La notion de marge de manœuvre situationnelle (Coutarel et al., 2015)**

La marge de manœuvre situationnelle (Figure 5) constitue la possibilité pour l'opérateur, dans une situation précise, d'élaborer un mode opératoire efficace, c'est-à-dire garantissant une production efficace et compatible avec la préservation de soi, voir le développement de soi par le travail.

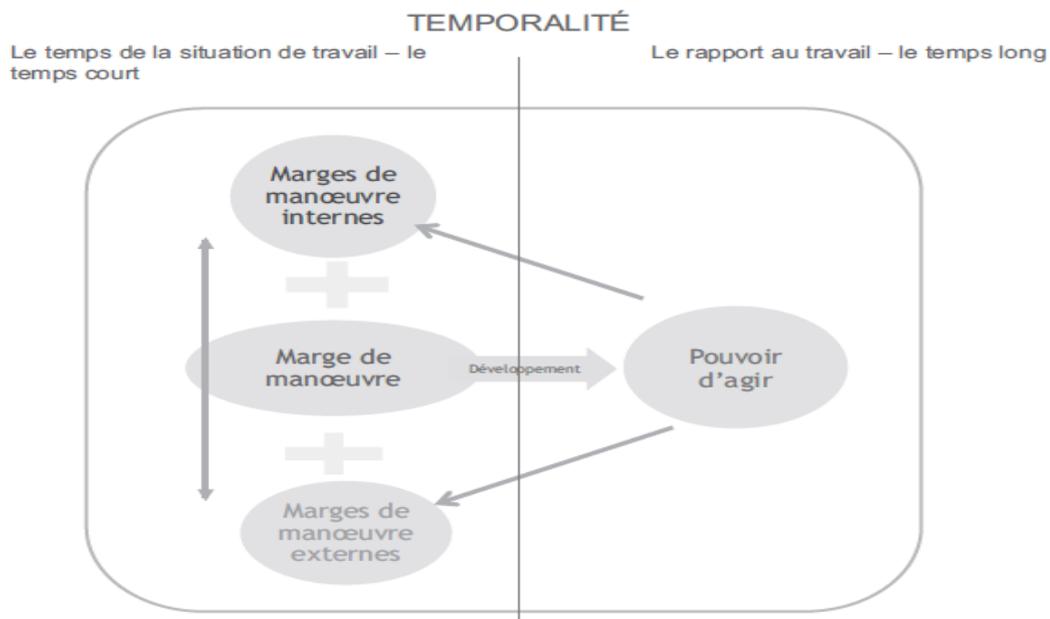


Figure 5 Marge de manœuvre et Pouvoir d'agir Coutarel et Petit (2013)

Une marge de manœuvre importante donne la possibilité d'alterner les modes opératoires et d'en inventer de nouveaux (Daniellou, 1985). Cela permet de réduire les sollicitations, d'ajuster son activité en développant des stratégies de régulations. Une marge de manœuvre faible place l'opérateur en condition d'hypersollicitation par l'enfermement dans des modes opératoires contraints ou par l'activité empêchée et détériore les possibilités de régulations. Le périmètre de la marge de manœuvre est toujours spécifique et singulier d'un opérateur ou d'une opératrice et d'une situation. L'amplitude de la marge de manœuvre qui conditionne les possibilités de régulation va dépendre des caractéristiques du milieu et des caractéristiques de la personne (Coutarel et al., 2015). « *Développer la marge de manœuvre situationnelle, c'est développer les ressources de la situation et donc les possibilités pour les travailleurs concernés de répondre aux exigences du travail (y compris celles qu'ils se fixent eux-mêmes) dans des conditions (physiques, organisationnelles et sociales) qui favorisent la prise en compte des différentes modalités de leur mobilisation (subjective, cognitive, physiologique, biomécanique)* » (Coutarel et al., 2015 p 16).

Les TMS apparaissent bien comme étant des maladies multifactorielles. Certaines notions comme le geste et la marge de manœuvre abordent les combinaisons de facteurs à l'origine de leur apparition. Nous allons détailler ces combinaisons dans la partie suivante.

1.3. Combinaison des facteurs de risques de TMS

La combinaison des facteurs de risques de TMS entre eux augmente fortement la probabilité de développer ces affections (Kuorinka & Forcier, 1995 ; Roquelaure, 2002). La combinaison des facteurs peut se faire de deux manières :

- A l'intérieur d'une même famille de facteurs de risque, l'activité de l'opérateur va présenter des combinaisons de facteurs de risques. Comme par exemple les manutentions qui sont la combinaison de l'effort nécessaire pour soulever un objet et de la posture nécessaire pour que l'opérateur atteigne cet objet en vue de le soulever.
- Des combinaisons de facteurs de risques appartenant à des familles de facteurs de risques différentes. Nous retrouvons dans ces combinaisons deux types d'effets :
 - La combinaison des facteurs agit de manière cumulative en ajoutant un type d'astreinte à la charge musculosquelettique. Par exemple, les mécanismes physiologiques du stress peuvent venir s'ajouter aux lésions musculaires provoquées par des efforts, des postures ou une répétitivité importante.
 - La combinaison de facteurs établit un lien causal entre différents facteurs de risques. Par exemple, un faible soutien social empêche les régulations nécessaires dans l'activité de l'opérateur, il doit maintenir un haut niveau d'effort et de répétitivité pour accomplir sa tâche et donc s'expose à un risque important de TMS.

Nous présenterons trois modèles qui illustrent ces interactions de facteurs de risque de TMS : le modèle TMS de l'INRS et le modèle de la genèse des TMS liés au travail ainsi qu'une proposition de modèle combiné.

1.3.1. Le modèle de l'INRS

Le modèle TMS de l'INRS (Cail & al., 1996) (Figure 6) est un modèle de synthèse sur la dynamique d'apparition des TMS des membres supérieurs (TMS-MS). Ce modèle est une représentation des liens entre les différentes familles de facteurs de risques. Il constitue plus une hypothèse des relations entre le risque de TMS et les familles de facteurs de risque, qu'une proposition de pondération probabiliste de l'interaction des facteurs de risques sur laquelle les données font encore défaut.

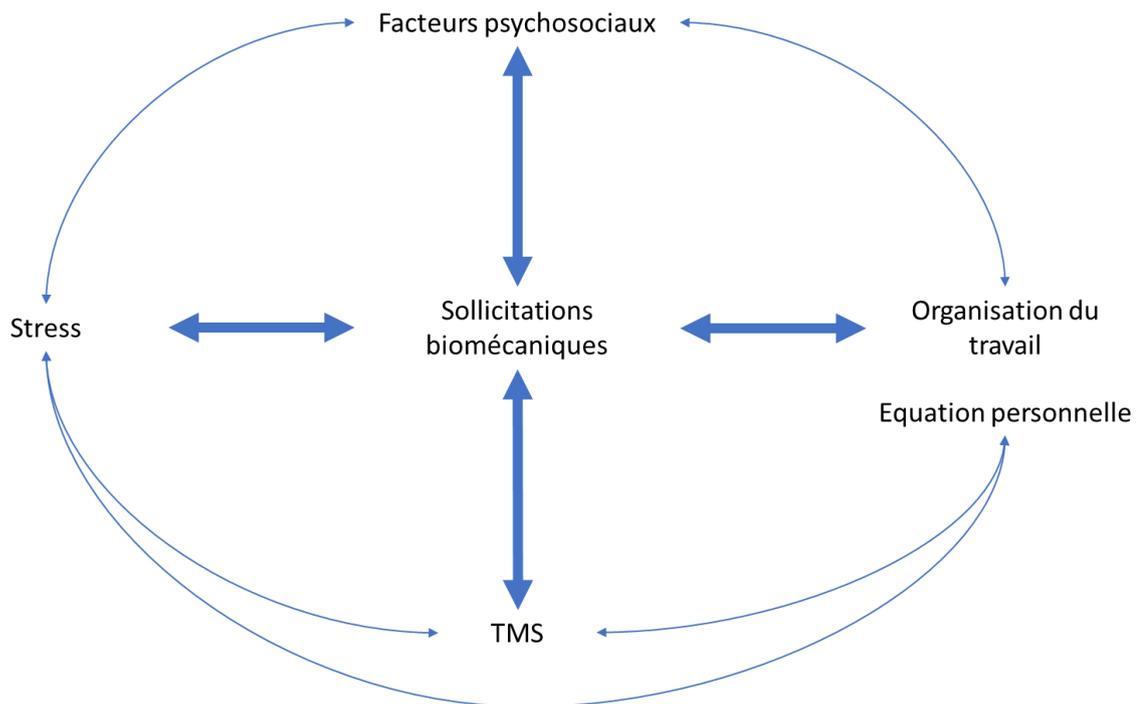


Figure 6 Synthèse sur la dynamique d'apparition des TMS-MS

Le modèle donne une place centrale aux facteurs de risques biomécaniques, tout en insistant sur le fait que le risque de TMS résulte souvent d'une combinaison de facteurs entre eux. La notion d'équation personnelle rassemble les facteurs de risques propres à l'individu comme le genre, l'âge, mais elle laisse aussi entendre un compromis interne tenant compte de l'état instantané, de l'expérience de l'opérateur et de son histoire. Le stress est présenté distinctement des facteurs psychosociaux comme étant la résultante de l'exposition à ses facteurs, néanmoins, il n'est pas retenu comme mode exclusif de l'action des facteurs psychosociaux sur les facteurs biomécaniques. Le stress peut être vu comme la résultante cumulative des facteurs psychosociaux, venant ajouter l'astreinte de ces effets physiologiques à la charge musculo-squelettiques, quand le lien direct entre facteur psychosociaux et facteurs biomécaniques peut apparaître comme étant de nature plus causale. Un facteur psychosocial particulier expliquant par exemple l'intensité ou la fréquence plus élevée d'un facteur de risque biomécanique. Les facteurs organisationnels sont présents dans le modèle, dans le sens où ils déterminent le niveau de sollicitations biomécaniques subi par les opérateurs. L'effet cumulatif de ces facteurs de risques passerait par la relation entre les facteurs psychosociaux, le stress et les sollicitations biomécaniques.

1.3.2. Le modèle de la genèse des TMS liés au travail

Ce modèle proposé par Stock et coll. (2013) (Figure 7) propose de décrire les relations entre les contraintes physiques du travail, l'environnement organisationnel, le contexte social du travail, les facteurs individuels, la détresse psychologique et les divers TMS. Ce modèle est proposé sur la base d'une synthèse des modèles de conceptualisation des facteurs de risques

psychosociaux au travail et des modèles en ergonomie (Vézina, 2001, 2010 ; St Vincent et al., 2011). Il vise à intégrer notamment trois grandes catégories de déterminants du risque de TMS, les tâches et exigences du travail, les conditions et moyens offerts par l'entreprise et l'environnement social du travail.

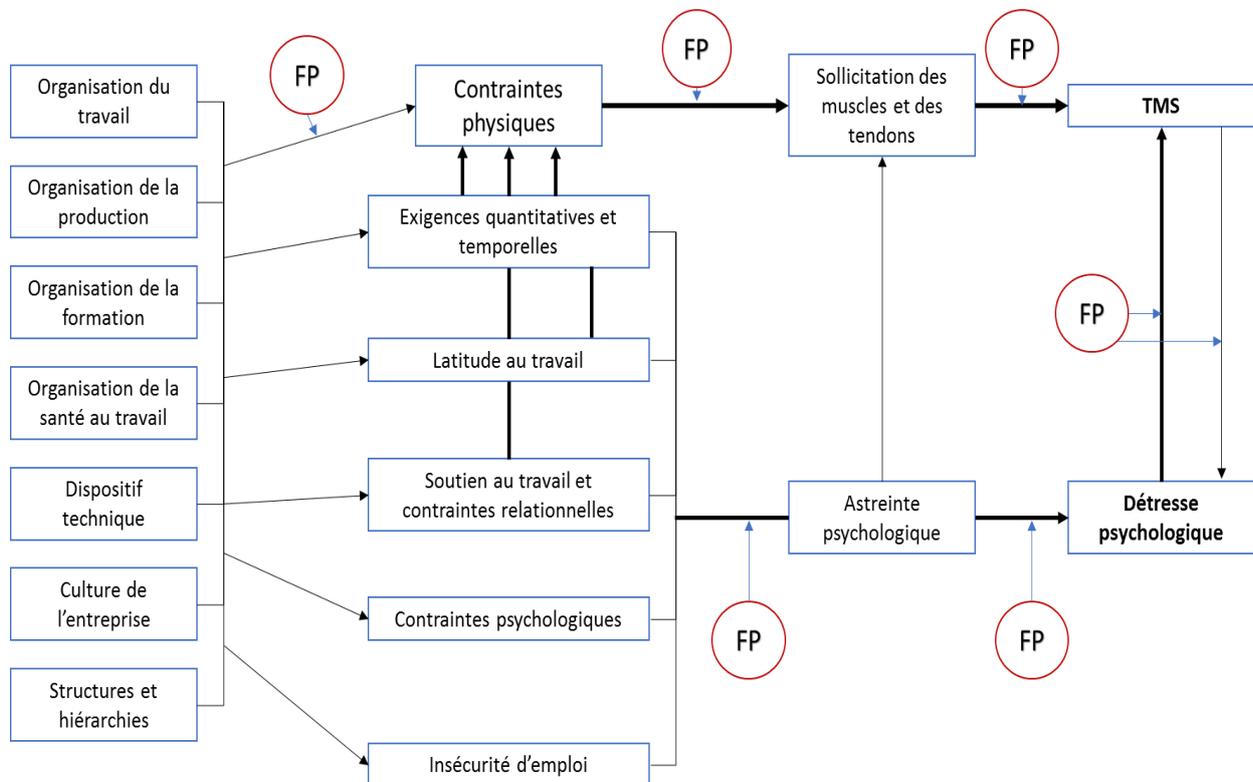


Figure 7 Modèle proposé de la genèse des TMS liés au travail (Stock et al., 2013)

Dans ce modèle, les facteurs psychosociaux et déterminants organisationnels peuvent participer à la genèse des TMS par plusieurs mécanismes :

- En influençant directement l'exposition de l'opérateur aux contraintes physiques, c'est notamment le cas des exigences quantitatives et temporelles et de l'intensification du travail.
- En ajoutant à la sollicitation des muscles et des tendons par le biais des mécanismes physiologiques de l'astreinte psychologique.

Les bulles portant FP dans le modèle sont les endroits où les facteurs personnels relatifs à l'opérateur que nous avons appelés déterminants internes sont susceptibles d'intervenir dans la survenue de TMS.

1.3.3. Vers un modèle complexe

Les modèles présentant les combinaisons de facteurs de risques de TMS questionnent essentiellement les interactions entre familles de facteurs de risque. Il peut aussi exister des combinaisons de facteurs de risques internes aux dimensions. La manutention en est un exemple. Les modèles de combinaisons présentés nous montrent une imbrication et une

hiérarchisation des facteurs de risques, les uns venant s'ajouter aux autres pour en aggraver les effets. La dimension physique qui reste centrale comprend bien sûr la sollicitation des facteurs de risques internes à cette catégorie, mais cette sollicitation peut être aggravée par la subjectivité du sujet et le ressenti qu'il a de sa situation de travail. Le ressenti de l'opérateur peut découler d'une situation psychosociale dégradée ou la situation psychosociale dégradée peut elle-même être un facteur d'aggravation des sollicitations physiques. Les avancées dans les modèles explicatifs des TMS remettent en cause la tendance des outils d'évaluation à placer les facteurs de risques sur le même plan et à se tenir à l'évaluation de facteurs de risques séparés sans tenir compte des interactions et des liens entre eux.

En guise de conclusion pour cette partie, les différents modèles étiologiques des TMS présentent une forme complexe de l'apparition de ses maladies. La nature de ces pathologies est multifactorielle et l'épidémiologie montre qu'elle découle en premier lieu des facteurs biomécaniques. Mais les mécanismes physiopathologiques sont complexes et l'apparition des facteurs de risques est le fruit de combinaisons de ce que Bellemare (2002) regroupe sous le terme de « déterminants ». Ces déterminants sont de trois ordres :

- Techniques : outil, équipement, aménagement, procédé, matières premières, produits ...
- Organisationnels : cycles de travail, affectations, consignes, rotations, supervision, liens avec l'amont et l'aval...
- Humains : méthodes de travail, habiletés, compétences, formation

Ces déterminants contribuent à la réduction des marges de manœuvre qui conduit à une exposition de l'opérateur aux facteurs de risques. L'absence des marges de manœuvres favorise aussi une rigidité organisationnelle qui est susceptible d'entretenir, par le biais d'une boucle infernale, le phénomène de TMS et qui impacte la performance de l'organisation. La figure 8 illustre notre proposition de modèle pour le risque de TMS.

Les travaux sur les combinaisons de facteurs de risques, notamment ceux de l'ergonomie à travers le modèle du geste et l'implication des facteurs psychosociaux dans la genèse des TMS permettent d'illustrer les interactions des facteurs de risques entre eux. Ces modèles permettent de dépasser l'approche par les risques qui n'envisage pas forcément de questionner l'interaction des facteurs de risques puisqu'elle ne vise qu'à leur réduction. La réduction d'un facteur de risque apporte une amélioration à la situation de travail, mais il semble que la réduction de certains facteurs de risques puisse apporter des effets plus durables ou que la réduction d'un facteur sans tenir compte d'autres aspects peut apporter une aggravation de la situation. La réponse à ce problème donnée par l'ergonomie passe par le développement des marges de manœuvre, c'est à dire une réponse organisationnelle. Or l'organisation est pratiquement absente des facteurs de risques de TMS évoqués dans les dimensions des modèles. De ce fait, elle est souvent négligée dans les outils d'évaluation. La nécessité de faire par l'analyse du travail des liens entre activité et déterminants pour identifier les leviers organisationnels sur lesquels agir réserve la construction d'actions de

prévention durable des TMS aux ergonomes. Les contraintes s'appliquant également à l'activité de l'ergonome, il peut néanmoins être obligé d'inclure ou d'utiliser des outils d'évaluation dans sa démarche afin d'évaluer les facteurs de risques, ce qui va lui permettre de déterminer les leviers organisationnels sur lesquels il doit agir préférentiellement.

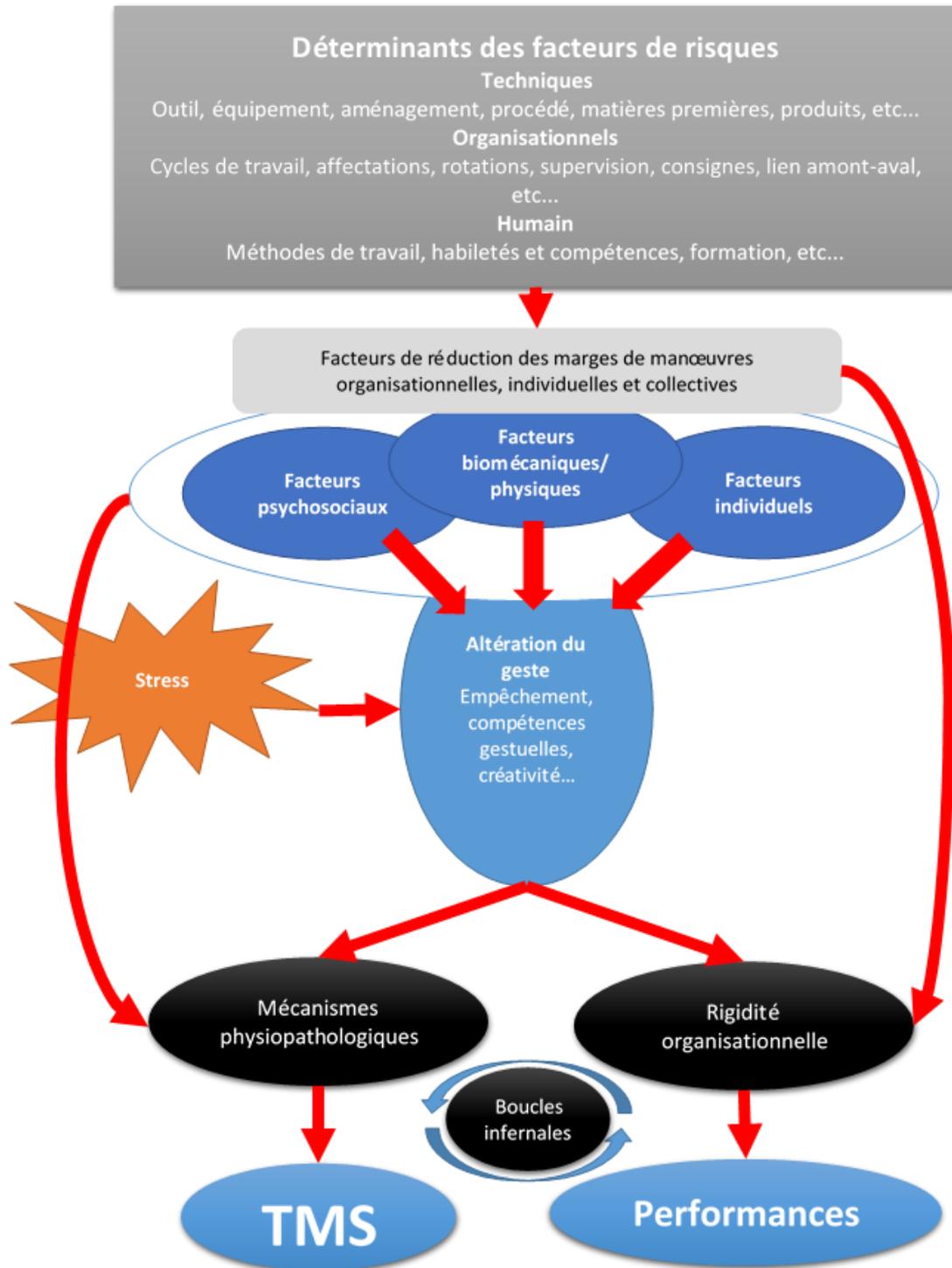


Figure 8 Proposition de modèle des troubles musculo-squelettiques

Chapitre 2 : La prévention et l'évaluation du risque de TMS

Les évolutions réglementaires des années 1990 et 2000 (par exemple autour du décret relatif à l'évaluation à priori des risques professionnels) ont conduit au développement de nombreux outils d'évaluation du risque TMS et à leur usage massif. Le repérage des facteurs de risques permis par ces outils reste cependant le plus souvent insatisfaisant : largement centrés sur les dimensions biomécaniques du geste professionnel, ils ne permettent que rarement de prendre en compte la multifactorialité pourtant consensuelle aujourd'hui dans les modèles étiologiques concernant l'apparition des TMS. Les facteurs professionnels y sont appréhendés de façon isolée (par exemple, la force n'est pas mise en lien avec le rythme de travail), alors que c'est souvent leur combinaison dans la situation de travail qui est à la genèse des TMS (Coutarel, Daniellou & Dugué, 2005). Par ailleurs, ils conduisent à centrer l'attention de leurs utilisateurs sur les dimensions locales du travail (le poste de travail), alors même que la prévention vise l'action sur des déterminants de ces facteurs de risques locaux (par exemple, organisation du travail, culture de sécurité, objectifs de production, etc...). Cette approche de la prévention des TMS s'inscrit dans une démarche défensive face aux facteurs de risques. L'identification d'un facteur de risque par un outil d'évaluation conduit à la recherche du moyen de supprimer l'exposition à ce facteur de risque. Dans ce cadre, la politique de prévention allie prescription du bon geste et chasse au geste sans valeur ajoutée (Caroly, 2008). Dans ce chapitre, nous présentons les caractéristiques que doit aborder une politique de prévention durable du risque de TMS. Puis nous faisons un rapide historique des démarches d'évaluation des conditions de travail qui sont les précurseurs des outils d'évaluation du risque de TMS. Enfin, nous abordons le lien entre étape d'évaluation et démarche de prévention du risque de TMS pour expliquer comment les outils d'évaluation du risque de TMS s'insèrent dans les démarches de prévention.

2.1. La prévention durable des TMS

La multi-causalité des TMS pose la question d'une démarche efficace pour leur prévention. Les TMS sont des maladies professionnelles reconnues. Chercher à en préserver les salariés est un enjeu pour les entreprises dans les domaines de la productivité, de la compétitivité mais aussi de l'image.

2.1.1. Différentes approches de prévention

En entreprise, la prévention des TMS a revêtu différents types d'approches (Caroly et al., 2008) :

- La première approche consiste à alléger les contraintes que l'opérateur rencontre lors de son activité. Ce type d'approche consiste principalement à modifier les postes de travail, apporter de nouveaux outils. On considère uniquement l'aspect biomécanique du geste et l'aménagement se fait en suivant des normes scientifiquement établies. La mise en place de ce genre de prévention nécessite néanmoins une analyse de l'activité, afin d'éviter de réduire les marges de manœuvre de l'opérateur ou d'ajouter de nouvelles contraintes qui peuvent provoquer l'apparition de nouveaux TMS.
- Un autre type d'approche consiste à envisager les TMS du côté du travailleur. Cette approche est individuelle et sous-entend que le TMS résulte d'un manque d'adaptation de l'opérateur à l'activité. Pour ce faire, on va donc procéder à des formations gestes et postures ou dans certains cas à de la kinésithérapie et/ou des séances de gymnastiques pour un échauffement musculaire. Sans s'inscrire dans une démarche d'analyse de l'activité, les résultats de ce type d'approche sont limités. La variabilité des situations de travail empêche la mise en œuvre des gestes appris dans une salle de formation. Les séances de kinésithérapie ou d'échauffement rajoutent une part supplémentaire de sollicitation musculaire, qui peut n'être d'aucune aide en activité. En effet, les sollicitations musculaires diffèrent entre une pratique sportive et l'activité de travail. De plus, l'état psychologique du sujet (stress, motivation) sera différent et cette différence, si elle est mal supportée, peut provoquer une aggravation du phénomène des TMS.
- Un type d'approche est orienté vers l'organisation du travail. Cette approche consiste surtout à la mise en place de la rotation entre les opérateurs ou les équipes. Ces derniers vont occuper successivement différents postes afin de varier les sollicitations musculaires. Cependant, ce type d'approche nécessite une grande polyvalence des opérateurs et une bonne formation sur tous les postes occupés. Dans le cas contraire, elle peut entraîner une désorganisation du travail ou provoquer l'apparition de problèmes de qualité. Il faut aussi veiller à ce que la rotation n'entraîne pas une surexposition des salariés au risque de TMS.
- Un dernier type d'approche concerne la gestion des conséquences de l'apparition des TMS (inaptitude, absentéisme). L'employeur peut envisager de licencier les opérateurs souffrant de TMS pour inaptitude ou de verser des primes de présence. Ce type d'approche dans le cas des licenciements ne résout pas le problème des TMS, il en supprime les conséquences et peut avoir un impact négatif sur l'image de l'entreprise. Le cas des primes de présence peut aggraver un phénomène de TMS parce que les salariés retourneront au travail sans avoir entièrement récupéré à la suite d'un arrêt de travail.

2.1.2. Les problématiques soulevées par ces démarches

Les approches majoritaires de la prévention des TMS se centrent sur le mouvement. Elles tiennent compte presque exclusivement de la dimension biomécanique même si des approches organisationnelles sont envisagées.

La prévention néglige aussi les dimensions cognitive et psychologique du geste et même si on allège la charge biomécanique du mouvement, on ne développe pas le pouvoir d'agir de l'opérateur qui permettrait d'alléger la souffrance au travail.

Les nouvelles exigences du marché et le souci de rentabilité des entreprises favorisent l'émergence de nouveaux modes organisationnels comme le juste à temps ou le flux tendu. Ces nouveaux modes de productions entraînent des séries plus courtes, des changements fréquents de production, des urgences auxquelles il faut répondre et des nouvelles normes. L'opérateur est de plus en plus sollicité, on lui demande d'être polyvalent et autonome, ce qui parfois le laisse seul face à sa souffrance. La prescription évolue ainsi vers l'auto prescription, à travers une manière de « réquisition de la subjectivité » que la vitesse d'exécution et la simplification des opérations traduisent concrètement en pressions biomécaniques, psychiques et mentales de plus en plus fortes (Clot, 1999).

L'apparition des TMS révèle une diminution des marges de manœuvre nécessaires pour la genèse instrumentale du geste dans l'activité. L'organisation ne va pas penser le geste comme une activité, ce qui est pourtant une condition nécessaire pour reconsidérer sa contribution à la performance et pour ménager les moyens de la prévention des TMS (Bourgeois et Hubault, 2005). Pour une prévention efficace des TMS, il faut une organisation qui ne s'oppose pas au développement du geste, mais qui pousse l'opérateur à construire de nouvelles régulations, pour permettre la genèse de nouveaux gestes afin de constituer un système d'instruments empêchant la souffrance au travail.

2.1.3. Les éléments d'une prévention durable

Les leviers d'une prévention durable des TMS résident plus dans un maintien durable des préoccupations autour des TMS que de compter sur leur éradication immédiate après une intervention extérieure. Pour cela, il faut traiter l'ensemble des facteurs :

- En tenant compte de ces éléments dans les projets de conception
- En construisant un référentiel commun en matière de TMS
- En traitant les difficultés organisationnelles en gardant à l'esprit la prévention

- **La conduite de projet de prévention**

Selon l'enquête de Caroly et al. (2008), les conditions d'une prévention durable des TMS résident en partie dans la conduite de projet. Il faut pour cela que l'intervention de prévention se construise comme une conduite de projet. Il convient donc de faire la distinction entre maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre. Il faut une maîtrise d'ouvrage qui définisse les objectifs, valide les actions et soit responsable de leurs résultats. Et une maîtrise d'œuvre qui ait les moyens de la recherche de solutions adaptées à la situation de travail.

Le rôle de l'intervenant auprès des deux entités est variable, en fonction des ressources existantes. Mais, il faut que l'intervenant veille à ce que la maîtrise d'ouvrage soit sensibilisée aux enjeux des TMS que ce soit sur le plan de la santé des salariés ou sur celui de la santé économique de l'entreprise. Il faut aussi veiller à aider la maîtrise d'ouvrage à faire des liens entre les différentes organisations du projet et à provoquer le choix d'orientation entre le diagnostic et la recherche de solution. L'intervenant peut aussi apporter d'autres points de vue en faisant intervenir d'autres acteurs (médecine du travail, ARACT...) ou divisions de l'entreprise ayant des liens avec la situation de travail.

Pour la maîtrise d'œuvre, l'intervenant doit veiller à construire des connaissances communes en termes de TMS en réalisant des démonstrations sur les postes ou situations à risque. L'intervenant doit aussi veiller à ouvrir un champ large pour la recherche de solutions, en mettant autour de la table les acteurs avec les compétences nécessaires.

- **Les actions sur l'organisation de la production**

Nous l'avons vu dans les modèles explicatifs, l'organisation du travail et de l'entreprise peut créer un contexte favorable à l'apparition de TMS ou limiter leur survenue.

Au premier plan de ces éléments, il y a les messages managériaux généraux que peut diffuser l'organisation. Ils peuvent participer à la dégradation de l'état de santé des opérateurs lorsqu'ils sont trop éloignés de la réalité ou lorsqu'ils organisent une compétition au sein de l'établissement ou entre divers secteurs de l'entreprise. Des communications portant des messages de convergence entre la vision de l'entreprise et celle des opérateurs peuvent être bénéfiques s'ils sont accompagnés des moyens adéquats.

Les outils de gestion comme les indicateurs de suivi sont des éléments participant à la prévention durable s'ils sont mis en relation avec les indicateurs précoces d'apparition des TMS. Et l'organisation des relations entre service est un élément important pour une démarche durable.

L'organisation de l'offre commerciale et son adéquation avec les moyens de production joue un rôle important. En effet, une commande commerciale acceptée sans prendre en compte les contraintes qu'elle peut engendrer peut se révéler néfaste en termes de pression temporelle pour les opérateurs. Une logistique et une gestion des flux défailtantes peuvent aussi se traduire par une pression temporelle accrue, parce que les délais sont mal anticipés ou qu'elles impliquent une activité physique plus importante.

Le relevé des aléas de production et leur analyse peut aussi participer à la protection contre les TMS et ce puisqu'il implique une écoute des travailleurs et une prise en compte de leurs difficultés quotidiennes.

- **Les gestes du métier**

Le modèle du geste présente un ensemble de facteurs participant à l'apparition des TMS. Il permet de tenir compte de l'ensemble des composants de la situation de travail : les

déterminants internes et externes, l'organisation, les relations au travail et les facteurs psychosociaux. Les stratégies de l'entreprise ont un impact direct sur le geste de travail et, de ce fait, ne pas prendre en compte toutes les dimensions du geste va conduire à développer une prévention qui ne sera pas durable.

Le geste professionnel contient l'histoire de l'entreprise, mais aussi de l'opérateur et de son parcours dans l'entreprise. Il est aussi une anticipation de ce qui est attendu et perçu par l'opérateur pour pouvoir réaliser sa production. Il a une existence concrète dans son expression biomécanique et une existence symbolique : « *Le geste n'est donc pas simplement ce qui se fait. Il est aussi porteur de ce qui aurait pu se faire si le travailleur en avait eu la possibilité* » (Clot, 1999). Le « geste empêché » joue un rôle essentiel dans l'apparition des TMS.

Le développement des marges de manœuvre individuelles et collectives dans la réalisation du travail est un enjeu majeur de la conception des situations de travail (Coutarel, 2004).

Les gestes se construisent individuellement et collectivement et il convient de s'interroger sur les moyens de transmission des gestes et de formation au sein de l'entreprise. Si les nouveaux venus se trouvent à apprendre leurs gestes de personnes qui se trouvent en situation de geste empêché, ils ne pourront pas construire un réel geste professionnel efficient. La construction du geste efficient nécessite une stabilité des prescriptions et des organisations. Les changements trop fréquents de procédures, de règles de production etc... mettent à mal cette capacité. Une construction du geste pérenne consiste aussi à faire en sorte que le provisoire ne dure pas, parce que ce qui est conçu pour être provisoire l'est toujours avec moins de ressources et de vision à long terme tenant compte de la santé.

Enfin, il faut pouvoir organiser des moments d'échange en entreprise autour du geste professionnel. C'est lors de ces moments de confrontation que le geste pourra s'enrichir et devenir plus efficient.

La prévention et l'ergonomie

Les apports de l'épidémiologie, de la physiologie et de l'ergonomie ont permis d'enrichir les modèles étiologiques de TMS. Le consensus établi autour du modèle bio-psycho-social des TMS intègre les caractéristiques physiques, psychologiques, sociales et organisationnelles du risque de TMS. Les facteurs de risques peuvent être classés en facteurs directs : les facteurs biomécaniques et indirects : les facteurs psychosociaux et contraintes liées à l'organisation du travail. Encore que le modèle du geste tende à relativiser l'effet indirect des facteurs psychosociaux pour aller vers un effet conjoint des facteurs de risques biomécaniques et psychosociaux dans l'apparition des TMS.

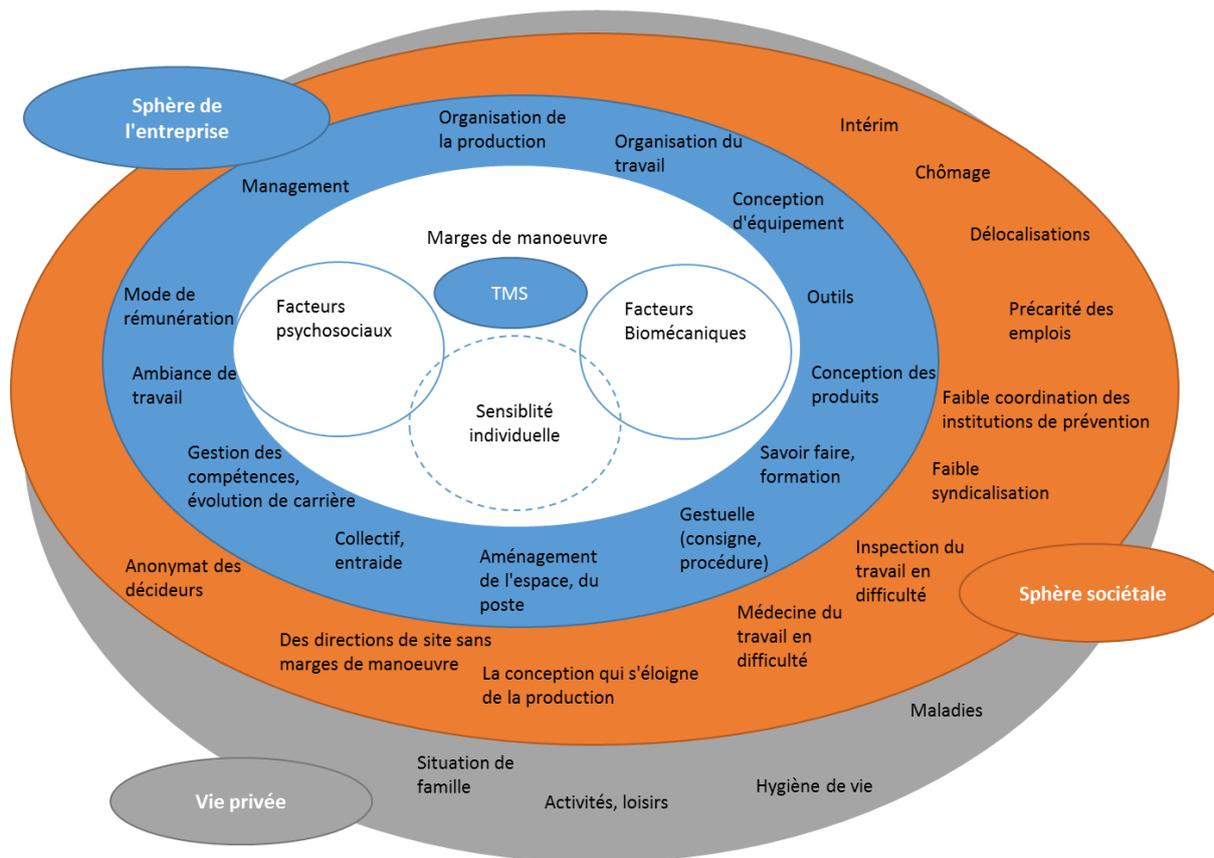


Figure 9 Modèle « ergonomique » de risque de TMS-MS (Adapté de l'Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail par Coutarel)

Les TMS nécessitent une approche multidimensionnelle portant à la fois sur les contraintes de la situation de travail, sur leurs déterminants voire sur les déterminants des déterminants (Coutarel, 2014), ces éléments étant interdépendants. Le modèle global du risque de TMS (Figure 9) met en lumière cette imbrication et permet de distinguer les facteurs de risques proximaux auxquels le travailleur est directement exposé : facteurs biomécaniques, facteurs psychosociaux, réduction de la marge de manœuvre (cercle blanc du modèle) qui sont déterminés par les déterminants externes de la tâche, facteurs de risques indirects proximaux (conditions matérielles et organisationnelles de la tâche), tâche qui elle-même dépend des contraintes organisationnelles de l'entreprise ou facteurs de risque indirects distaux (cercle bleu du modèle). Les contraintes de l'entreprise s'inscrivent dans la sphère sociale comprenant des éléments socio-économiques de l'entreprise mais aussi du territoire dans lequel elle s'insère (cercle orange du modèle). Les déterminants internes et facteurs de risques liés à l'opérateur sont placés dans le cercle de la vie privée (gris dans le modèle), ils sont tenus éloignés du centre du problème comme étant des déterminants non modifiables du risque de TMS ou sur lesquels l'entreprise n'a que des moyens d'actions limités, pour des résultats dans la prévention limitée quand l'action sur les déterminants organisationnels est plus puissante.

Le modèle multifactoriel des TMS sur lequel s'appuie l'intervention ergonomique est présenté dans le modèle de Bellemare (2002) (Figure 10). Ce modèle rassemble les

déterminants des facteurs de risque en trois familles : les déterminants techniques (outil, équipement, aménagement, procédé, matières premières, produits etc...), les déterminants organisationnels (cycles de travail, affectations, consignes, rotations, supervision, liens avec l'amont et l'aval etc...) et les déterminants humains (méthode de travail, habiletés, compétences, formation) qui sont les déterminants sur lesquels l'entreprise peut agir.

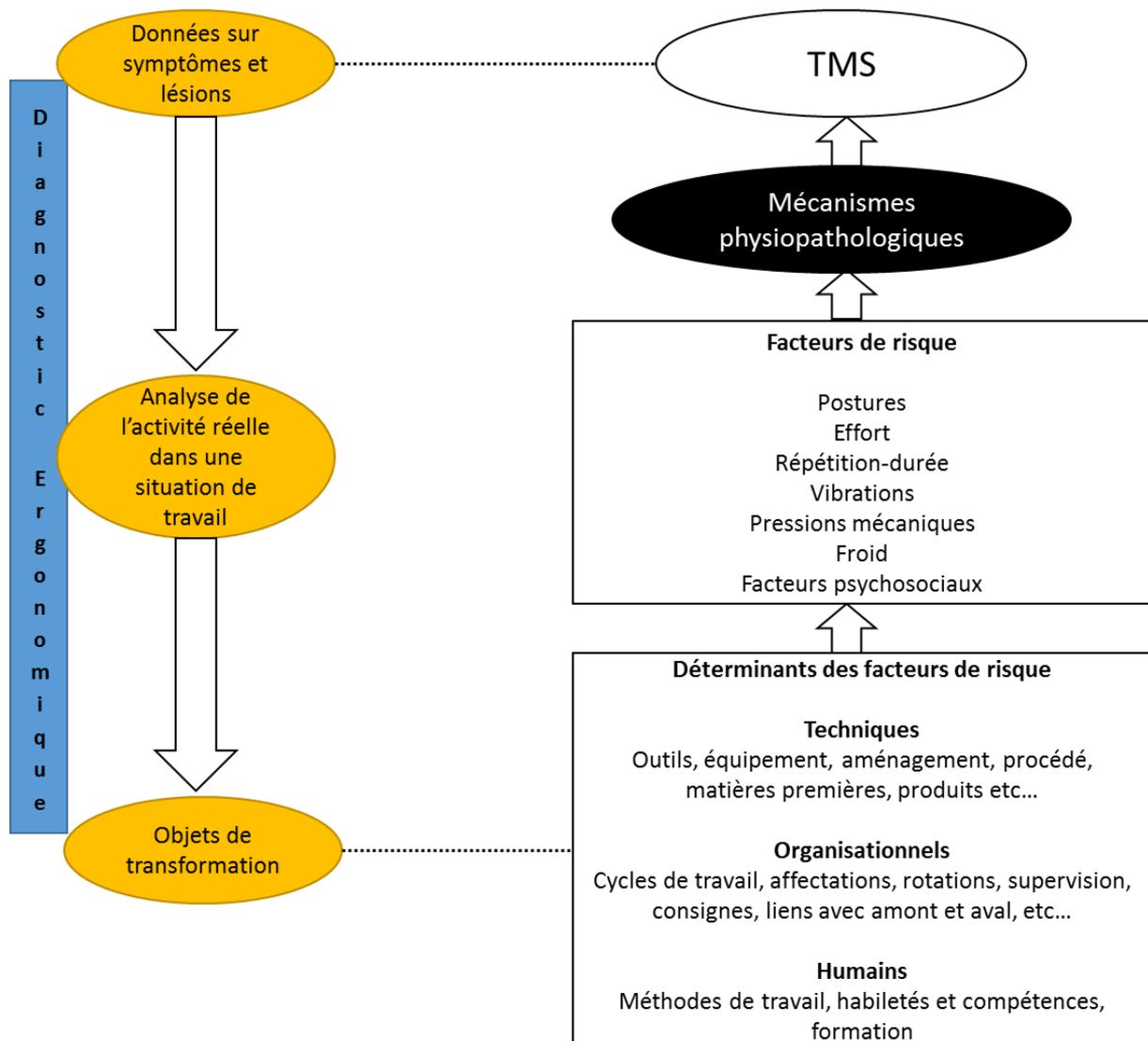


Figure 10 Modèle du diagnostic ergonomique pour la prévention des TMS (Bellemare, 2002)

Le modèle de Bellemare (2002) pose pour principe que dans la réalisation d'un « diagnostic ergonomique », le praticien va trouver dans les TMS des données sur les symptômes et les lésions que l'on va relier par l'analyse de la situation de travail aux déterminants de l'activité. Cette analyse est réalisée à partir d'observations du travail réel, d'entretiens des différents acteurs de la situation de travail incluant les opérateurs. Dans ce modèle, plus qu'une action directe sur les facteurs de risque, on cherche à agir dessus par la transformation des déterminants techniques, organisationnels et humains de l'activité. On

visé à agir sur les conséquences de l'activité en tentant de diminuer à la fois les effets négatifs sur la santé des opérateurs, mais aussi sur la production. Nous verrons dans la partie suivante comment les outils d'évaluation viennent s'insérer dans les dispositifs de prévention.

2.2. Historique des démarches d'évaluation des conditions de travail

La question des outils d'évaluation des TMS est d'abord issue des outils, plus généraux, d'évaluation des conditions de travail. Ces outils ou « grilles » d'évaluation ont été produits dans les années 70 pour permettre de recueillir des informations de manière simple et objective autour des conditions de travail (Six, 1999). Elles sont produites par des entreprises (par exemple : Renault : RNUR, 1976 ; Saviem : AVISEM, 1977), des laboratoires de recherche (par exemple, la grille du Laboratoire d'Economie et de Sociologie du Travail d'Aix-en-Provence, Guélaud et al., 1975) ou par des organismes de prévention (par exemple, la grille de l'Agence Pour l'Amélioration des Conditions de Travail). Ces grilles permettent le recueil de facteurs physiques, psychologiques, sociaux dans une approche multifactorielle des conditions de travail afin d'identifier les risques pour la santé et la sécurité de l'opérateur. Plusieurs limites de ces grilles ont été relevées. En premier lieu, Piganiol (1980) insiste sur le fait qu'il n'existe ni unité, ni appareil de mesure pour certains éléments du système de cotation. L'utilisateur de la grille doit donc travailler avec des estimations de valeurs qui seront ramenées à des seuils de tolérances génériques de l'organisme humain. Ensuite, le fractionnement de la situation de travail en différents facteurs met de côté les interactions qu'entretiennent ces différents facteurs dans la situation de travail et leurs effets sur l'opérateur (Leplat, 1978). Enfin, l'utilisation de ces grilles pose la question de la participation de l'opérateur à l'analyse et à l'évaluation de ses conditions de travail. Si certaines grilles formalisent la participation de l'opérateur (LEST, SAVIEM), celle-ci reste limitée.

Les conditions de travail regroupent un ensemble étendu et parfois variable d'éléments ayant un impact sur le travailleur, ainsi que sur son activité. Ainsi, pour l'ergonome, les conditions de travail font partie des déterminants de l'activité ayant un impact sur son déroulement et sur ses résultats (Leplat et Cuny, 1984). La question de l'amélioration des conditions de travail se pose à l'ensemble du monde du travail comme une nécessité depuis quelques décennies et ce, en partant du postulat que des conditions de travail vécues ou perçues comme mauvaises par l'opérateur auront un impact tout d'abord sur sa santé (en mettant en danger jusqu'à sa vie) et ensuite sur les résultats du travail. Afin de contribuer à l'amélioration des conditions de travail et pour répondre à une demande pressante des travailleurs, certaines entreprises ont développé au milieu des années 70 des grilles de cotations des conditions de travail. En effet, les ergonomes et préventeurs n'étant pas assez nombreux face au travail à réaliser, il a fallu donner les moyens d'étendre les moyens d'analyse à d'autres personnes pour répondre à une demande pressante. Parmi les premières grilles, certaines ont été conçues en entreprise, par Renault notamment (grilles Renault et

Saviem), d'autres en université, comme la grille LEST. Mais ces grilles sont développées pour des secteurs industriels particuliers (automobile, textile, agro-alimentaire...) et se limitent parfois à une investigation du seul domaine physique des conditions de travail. Christol (1978) identifie la grille du LEST comme étant à la fois le pivot d'une démarche participative et concertative, un outil d'observation de poste, un outil d'appropriation des connaissances, un support pour la recherche des solutions et, enfin, un outil de formation. Nous détaillerons ce qu'évaluent deux outils d'évaluation des conditions de travail dans les exemples de la grille LEST et de la MAECT ci-dessous.

2.2.1. L'exemple de la grille du LEST

La grille du LEST (Guélaud et al., 1983) est une production du Laboratoire d'Economie et de Sociologie du Travail d'Aix en Provence. Cette grille ou méthode d'évaluation des conditions de travail est développée pour permettre aux entreprises de répondre aux exigences de la loi du 27 décembre 1973 sur le rapport d'amélioration des conditions de travail que le chef d'entreprise doit présenter aux instances représentatives dans les entreprises de plus de 300 salariés. La méthode se propose de décrire les conditions de travail de manière aussi objective que possible et d'en rendre compte dans une vue d'ensemble pour construire un bilan qui doit servir de base à la définition d'un programme d'amélioration des conditions de travail. La définition des conditions de travail qui est retenue par ses auteurs comprend le contenu du travail et les répercussions qu'il peut avoir sur la santé, la vie personnelle et sociale des opérateurs. Les auteurs excluent au préalable les questions de rémunération, sécurité de l'emploi ou avantages sociaux qui relèvent de leur point de vue d'autres domaines d'étude. L'analyse des conditions de travail permise par l'outil se fait autour de cinq grands thèmes : environnement physique du poste de travail, charge physique, charge mentale, aspects psychosociologiques et temps de travail.

La méthode ne propose pas d'utilisateur spécifique de la grille LEST à priori, elle se veut standardisable et laissant peu de place à l'interprétation de l'enquêteur, en intégrant un maximum d'éléments mesurables dans son évaluation, pour que l'enquêteur soit rapidement formé. La grille LEST évalue les conditions de travail à l'aide de 16 facteurs de risque répartis dans 5 catégories (Figure 11) :

- Quatre facteurs de risques pour les ambiances physiques (bruit, température, éclairage, vibrations),
- Elle sépare la charge physique en deux parties : la charge statique du travail (posture de travail et posture de repos) et la dépense énergétique (déplacements, manutentions et efforts opérateurs)
- La charge mentale est appréhendée à travers quatre facteurs (contrainte de temps, complexité-vitesse, attention, minutie)

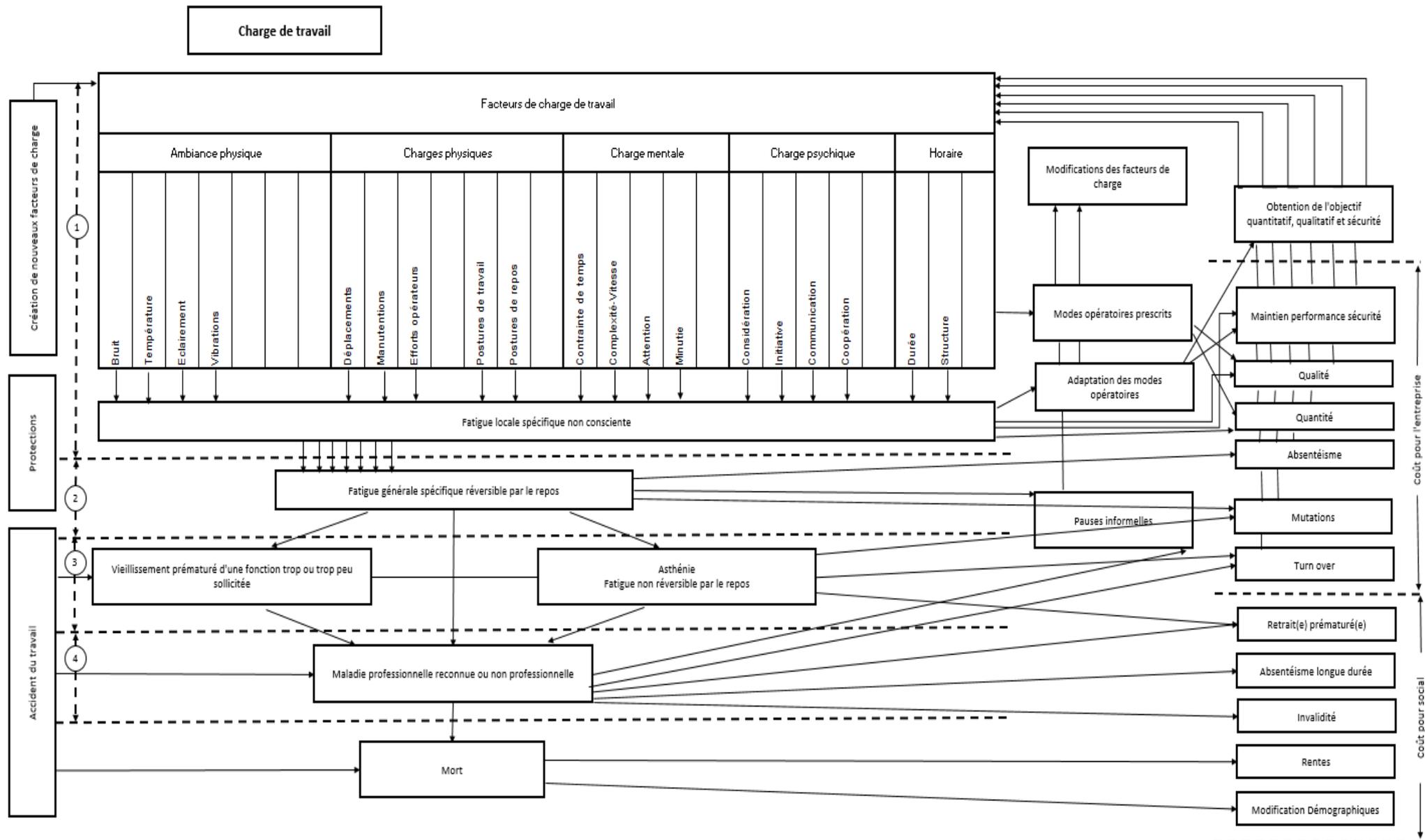


Figure 11 Modélisation des conditions de travail et de leurs conséquences (Guélaud et al., 1987)

- Les aspects psychosociologiques sont abordés à travers cinq facteurs (Initiative, Statut social, communications, coopération et identification du produit)
- Le temps de travail est abordé à travers deux facteurs (la durée et la structure)

La grille LEST permet de porter un regard sur la situation de travail centré sur la tâche, les contraintes qu'elle impose à l'opérateur et les conditions dans lesquelles elle s'accomplit. Il manque un certain nombre d'éléments pour qu'elle soit un outil complet d'évaluation des conditions de travail, elle n'appréhende pas les expositions aux produits chimiques, aux risques et ne s'intéresse pas à la salubrité de la zone d'activité. De même, les déterminants externes et l'organisation du travail sont volontairement laissés de côté. La grille favorise la centration du regard sur le poste de travail. Dans la recherche d'objectivité et d'éléments indiscutable, elle réduit aussi à la portion congrue les interactions de l'utilisateur avec l'opérateur dont il évalue les conditions de travail. La grille se veut facile d'utilisation, elle n'en nécessite pas moins un guide utilisateur qui s'apparente à un traité de physiologie du travail et de mesure des ambiances physiques.

2.2.2. L'exemple de la MAECT

À la suite de l'extension de la mission de l'OPPBTB à l'amélioration des conditions de travail par le décret du 4 juillet 1985, naît le besoin d'une telle grille adaptée au secteur du bâtiment. Cette grille étant à destination des préventeurs de l'OPPBTB, elle se doit d'être simple et doit permettre de définir les priorités en termes d'amélioration des conditions de travail dans le BTP. L'analyse ergonomique de 11 situations de travail choisies comme étant représentatives du gros œuvre, du second-œuvre, du génie civil et des travaux publics a été à la base de l'établissement de cette méthode. Ces analyses ont été étayées par la passation de 780 questionnaires et ont permis au groupe de travail de réaliser une méthode répondant à la demande. La MAECT est particulièrement intéressante à plusieurs titres : c'est la dernière venue des grilles d'évaluation des conditions de travail, elle intègre donc les derniers apports en termes de conditions de travail, en particulier un regard sur l'organisation du travail que ne porte aucune autre grille et en questionnant par exemple les conditions de rémunération, le type de contrat de travail et les conditions de trajet domicile/travail. Adaptée aux équipes et aux conditions de travail du bâtiment, cet outil dépasse l'évaluation de l'opérateur seul sur un poste de travail pour considérer l'équipe de travail dans son ensemble et le chantier entier comme lieu de travail et pas seulement les lieux où s'effectue le travail au moment de l'évaluation. Enfin, la MAECT formalise la participation des opérateurs, mais aussi de l'encadrement de chantier en proposant à l'utilisateur de mener des entretiens semi-directifs pour lesquels la méthode fournit une grille. La MAECT permet ainsi un regard sur une situation de travail proche des modèles étiologiques du risque de TMS que nous avons développés dans la partie précédente, c'est pourquoi nous évoquons cet outil ici.

La MAECT (Six et al., 1992) n'est donc pas seulement une grille de cotation, c'est une méthode d'analyse. Pourtant, pour répondre à une demande de standardisation, elle reprend le format d'un outil d'évaluation. La MAECT analyse les conditions de travail autour de 20 facteurs : 5 facteurs organisationnels, 11 facteurs pour l'environnement et la charge physique de travail et 4 facteurs pour la dimension mentale et les relations au travail. Pour chaque facteur, un nombre variable d'indicateurs est retenu. Les facteurs organisationnels permettent de caractériser les conditions du marché auquel l'entreprise répond, la préparation du chantier, les délais imposés, leur adéquation avec la mise en place des moyens matériels, humains et des plans. Ils questionnent aussi la présence et le contenu d'actions de formations en matière de sécurité (PHS) et la présence des installations d'hygiène ainsi que le statut des travailleurs. Les facteurs environnementaux donnent un aperçu des ambiances physiques et des risques présents sur la zone d'activité. Ils s'interrogent sur les contraintes que subit l'équipe et des risques que cela peut engendrer pour leur intégrité physique. Ces facteurs s'appuient sur des mesures législatives (niveau sonore, produits dangereux), mais aussi sur la simple présence de risques, pour conduire à leur diminution ou à leur suppression. Les facteurs relatifs à l'activité physique essaient d'évaluer la quantité d'efforts physiques produits par l'équipe durant la journée de travail. Il s'agit ici de questionner la question des TMS mais aussi, de l'utilisation des outils et des postures de travail. Les activités mentales et relations du travail sont aussi importantes que les activités physiques en termes de conditions de travail. On cherche à savoir si les ouvriers ont les moyens suffisants pour effectuer les vérifications nécessaires à l'accomplissement de leur tâche. Les communications et le collectif de travail sont aussi interrogés comme éléments participants aux conditions de travail sur un chantier. La méthode s'applique à une équipe opérant dans une zone d'activité principale pendant une journée. Le relevé se fait en papier crayon, l'observateur doit se munir d'un sonomètre et d'un peson (mais il peut estimer certaines valeurs s'il ne peut pas les mesurer).

La MAECT permet de donner un aperçu des conditions de travail pour les chantiers du BTP. Pour le recueil des données, la coopération des personnes observée peut être une aide précieuse, lorsqu'ils verbalisent sur leur activité. Cependant, la catégorisation de l'activité comme la distinction entre port manuel de charge et efforts physiques n'est pas évidente sur le terrain. Il en est de même pour le traitement des combinaisons de facteurs qui laissent des doutes, par exemple, dans quelle catégorie ranger un ouvrier qui manipule un madrier en étant sur une échelle dans une posture défavorable et dangereuse et comment en rendre compte dans l'évaluation. C'est une problématique que l'on peut rencontrer dans d'autres outils comme la grille AFACT. Le questionnement des facteurs organisationnels qui était considéré à l'époque comme propre au BTP avec la prise en compte de la sous-traitance et des types de contrats de travail des équipes évalués est un aspect intéressant, puisqu'il tend à s'étendre aujourd'hui à l'industrie avec les nouvelles contraintes organisationnelles. L'outil d'évaluation questionne aussi l'organisation de la prévention sur le chantier, avec les plans et moyens mis en place. Cet outil dédié à l'évaluation des conditions de travail sur chantier peut être utilisé pour l'évaluation des TMS, moyennant quelques modifications. C'est un outil qui permet un regard à la fois physique, individuel et collectif, psychosocial et organisationnel sur

une situation de travail. L'outil demande toutefois un temps de passation important, une journée entière d'évaluation pour une équipe de chantier.

2.2.3. Les outils d'évaluation du risque de TMS

La nécessité de faire face à l'épidémie de TMS au début des années 90 conduit au besoin d'outils d'évaluation spécifiques du risque de TMS, si possible facilement utilisables (notamment par des non ergonomes). Les premières approches physiologiques et biomécaniques du risque se concentrent sur la dimension physique. Des grilles spécifiques à l'évaluation du risque de TMS sont ainsi construites : *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Occupational Repetitive Action* (OCRA), *Quick Exposure Check* (QEC). Les facteurs professionnels y sont appréhendés de façon isolée (par exemple, la force n'est pas mise en lien avec le rythme de travail), alors que c'est souvent leur combinaison dans la situation de travail qui est à la genèse des TMS (Vézina, 2001 ; Coutarel, Daniellou & Dugué, 2005). Par ailleurs, ils conduisent à centrer l'attention de leurs utilisateurs sur les dimensions locales du travail (le poste de travail), alors même que la prévention suppose de viser l'action sur des déterminants de ces facteurs de risques locaux (Bellemare & Baril-Gingras, 2011 ; Roquelaure et al., 1999) : par exemple, organisation du travail, culture de sécurité, objectifs de production, etc.

Cependant, l'évaluation des facteurs de risque n'est pas une analyse ergonomique des situations de travail visant l'identification des déterminants voire celle des déterminants des déterminants (Coutarel, 2011). Les outils d'évaluation, s'ils sont parfois conçus pour s'insérer dans une démarche d'analyse ergonomique, portent rarement seuls l'ensemble des éléments nécessaires à une démarche de prévention durable. Les acteurs réalisant des évaluations du risque de TMS constituent aussi un ensemble hétérogène de personnes avec des compétences diverses sur l'ergonomie et la prévention des risques. Il peut s'agir de personnes volontaires dans l'entreprise, sans compétences en ergonomie ou en prévention des risques, de personnes sensibilisées à la prévention des risques professionnels ou à l'ergonomie par le biais de formation internes ou institutionnelles, sans que cela ne constitue leur activité principale. Il peut aussi s'agir de professionnels en ergonomie ou en prévention des risques professionnels.

La recherche sur le domaine des outils d'évaluation du risque de TMS rassemble des articles scientifiques de diverse nature : comparaisons d'outils, classifications, qualités psychométriques des outils ou inventaires des outils.

Les comparaisons d'outils (Village, Backman & Lacaille, 2008 ; (Chiasson et al. 2012 ; Villarroja et al, 2016 ; Coenen et al., 2015 ; Rosecrance et al., 2017 ; Winnemuller et al., 2004) visent le plus souvent à comparer les seuils d'un ou plusieurs facteurs de risques pour une même situation de travail. Seule Chiasson compare les outils sur la base des dimensions physiques et psychosociales, des déterminants internes et externes de la situation de travail

traitées par les outils. Cibler ces déterminants peut s'avérer majeur pour la prévention (Coutarel et al., 2015) et invite à mieux comprendre le geste dans son ensemble plutôt que le mouvement seulement (Clot, Fernandez, Scheller, 2007 ; Simonet, 2011), qui n'en est que la partie visible.

Les classifications d'outils d'évaluation du risque de TMS (Takala et al., 2010 ; Malchaire, 2011 ; Roman-Liu, 2014) concernent l'identification des méthodes d'observation en fonction de leur évaluation des facteurs biomécaniques mais aussi des différents utilisateurs pressentis. Une classification de 8 outils (Juul-Kristensen et al., 1997) met en lumière le manque de certains facteurs de risques biomécaniques et de combinaison entre les facteurs, notamment pour protéger les personnes déjà atteintes de TMS d'une rechute ou d'une aggravation.

Les recherches traitant des qualités psychométriques des outils (Pereira et al, 2016 ; Rosecrance, 2002 ; Albin, 2012) indiquent que les outils d'évaluation sont globalement fiables pour une utilisation dans des études épidémiologiques. Comme tous les instruments de mesure, la fiabilité des questionnaires musculo-squelettiques doit être établie avant de tirer des conclusions des études qui emploient l'instrument.

Le but des inventaires est de fournir à ceux qui cherchent des approches d'évaluation un aperçu des outils disponibles et des connexions à l'information qui peuvent aider à choisir l'outil le mieux adapté à leurs besoins (Neumann, 2006) ou qui montrent le besoin de nouveaux outils incluant un nombre plus large de facteurs (Sukadarin, 2016). Enfin, nous avons des études qui traitent du mode de recueil des données, notamment sur le recueil par le travailleur ou par un binôme de travailleurs sur des données relatives aux postures de travail (Joines, 2001). D'autres recherches (Macdonald, 2015) discutent de la nécessité d'une prise en charge multifactorielle et de la nécessité de nouveaux outils de gestion relatifs risque de TMS avec une meilleure intégration des rôles du personnel de Santé et Sécurité au Travail avec les gestionnaires.

Si la littérature scientifique révèle plusieurs articles intéressants, notamment au niveau des articles de classification et leur méthodologie (Takala et al., 2010) et si certaines comparaisons abordent la question des dimensions traitées par les outils (Chiasson, 2012), il s'agit surtout de comparer le traitement d'une dimension particulière comme l'appréciation d'une posture par ces outils. Enfin, il n'existe pas d'étude mettant véritablement en parallèle les dimensions traitées par les outils avec les utilisateurs prévus par les concepteurs, même si certaines études peuvent s'intéresser au recueil d'une dimension particulière par des utilisateurs de compétences différentes en ergonomie.

Des outils ou des méthodes numériques d'évaluation du risque de TMS existent à l'heure actuelle. Il s'agit notamment des solutions MuskaTMS, TEA CAPTIV® ; mais aussi d'autres outils d'évaluation insérés dans des logiciels de simulation 3D (Process Simulate®),

par exemple EAWS, OWAS, RULA etc... Ces outils sont d'abord pour beaucoup une numérisation permettant un traitement automatique ou semi-automatique des données sur la base d'un outil papier équivalent. La numérisation permet d'apporter des fonctionnalités supplémentaires : affichage de vidéo, horodatage automatique de la grille de cotation, mode simulation de scénarii de transformation. Ainsi, MuskaTMS s'apparente à une grille OREGÉ, les outils numériques utilisés dans les logiciels de simulation 3D évaluent les postures et efforts d'un mannequin numérique sur la base des critères de l'outil dont ils portent le nom. Le système TEA CAPTIV® semble différent, il ne s'apparente plus à un outil d'évaluation, mais bien à un dispositif de mesure des angles articulaires et des postures via ses capteurs et permet d'intégrer ces mesures dans un chronogramme de l'activité. Nous ne parlerons pas spécifiquement de ces outils car l'évaluation du risque de TMS qu'ils permettent ne diffère pas de leurs supports papier. Les outils papiers correspondant seront, quant à eux, traités dans la partie résultats.

Les outils d'évaluation du risque de TMS montrent des caractéristiques hétérogènes. Certains sont faits pour être utilisés uniquement par des ergonomes, d'autres ne demandent pas de compétence en ergonomie de la part de l'utilisateur. Le regard porté sur ces outils se centre sur leur appréciation des facteurs de risque biomécaniques. Si peu d'outils questionnent le côté psychosocial du risque de TMS, il en est encore moins qui questionnent le côté organisationnel. Cette approche se fait parfois en structurant l'action de plusieurs outils au sein d'une étape d'évaluation du risque de TMS.

2.3. Etapes d'évaluation et démarche de prévention du risque de TMS

Plusieurs organismes de prévention ont produit des étapes d'évaluation en structurant les démarches de prévention du risque de TMS. Ces étapes sont structurées autour d'outils d'évaluation du risque de TMS intervenant à différents niveaux. La démarche de prévention constitue le cadre général d'une action de prévention, regroupant les étapes à suivre, les outils à mettre en œuvre et les acteurs à impliquer dans le processus et la réalisation des transformations.

Nous avons choisi de présenter deux démarches de prévention des risques de TMS issues d'organismes de prévention français (INRS) et belge (Sobane). La troisième démarche présentée est issue du terrain de thèse. Il s'agit de l'étape d'évaluation, s'inscrivant dans une démarche de prévention plus large (PARI). Nous avons choisi ces démarches parce qu'elles nous étaient facilement accessibles et, suffisamment documentées, mais aussi parce qu'elles participent à l'environnement dans lequel Inoprod est susceptible de déployer sa démarche.

2.3.1. La démarche de prévention des TMS-MS de l'INRS

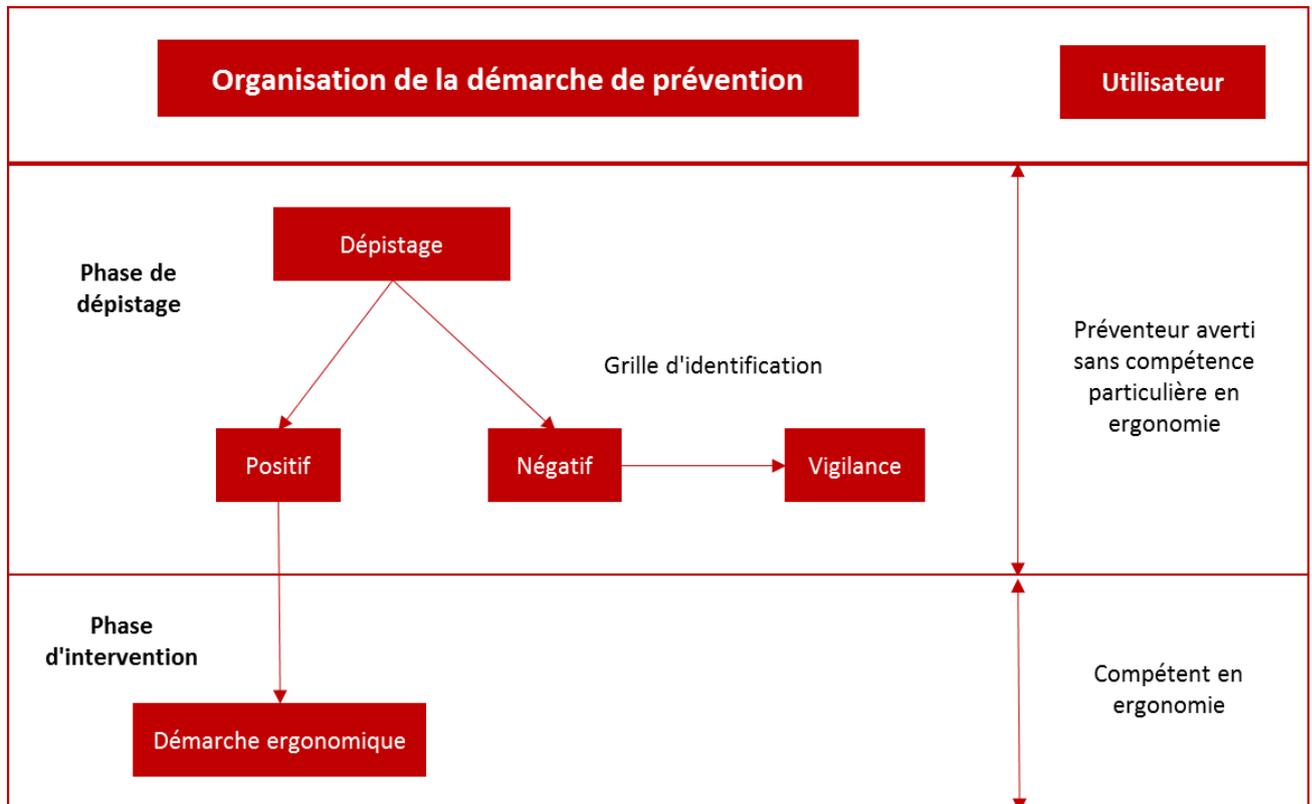


Figure 12 Démarche de prévention des TMS-MS de l'INRS

La démarche de prévention produite par l'INRS (figure 1) (Cail & Aptel, 1996) comporte deux phases :

- Une phase de dépistage qui consiste à identifier les situations à risque de TMS-MS nécessitant une étude ergonomique. Cette phase inclut l'utilisation d'une grille d'identification (méthode d'analyse de la charge physique de travail) qui permet de coter les situations de travail à partir de descripteurs. La seconde partie de cette phase est une réunion de concertation pour réaliser les arbitrages sur les cotations des grilles et sur la hiérarchisation des situations de travail à risque qui nécessitent une analyse plus détaillée. Cette phase de la démarche doit pouvoir être déployée par une personne ou un collectif sans compétence particulière en ergonomie.
- Une phase d'intervention (figure 2) qui se fonde sur une démarche ergonomique. Celle-ci vise à transformer le travail pour maîtriser le risque de TMS-MS. Cette phase est structurée en 4 étapes : mobiliser, investiguer, maîtriser, évaluer. L'étape d'investigation, impliquant l'utilisation d'un outil d'évaluation (grille OREGÉ), nécessite l'intervention d'un acteur compétent en ergonomie.

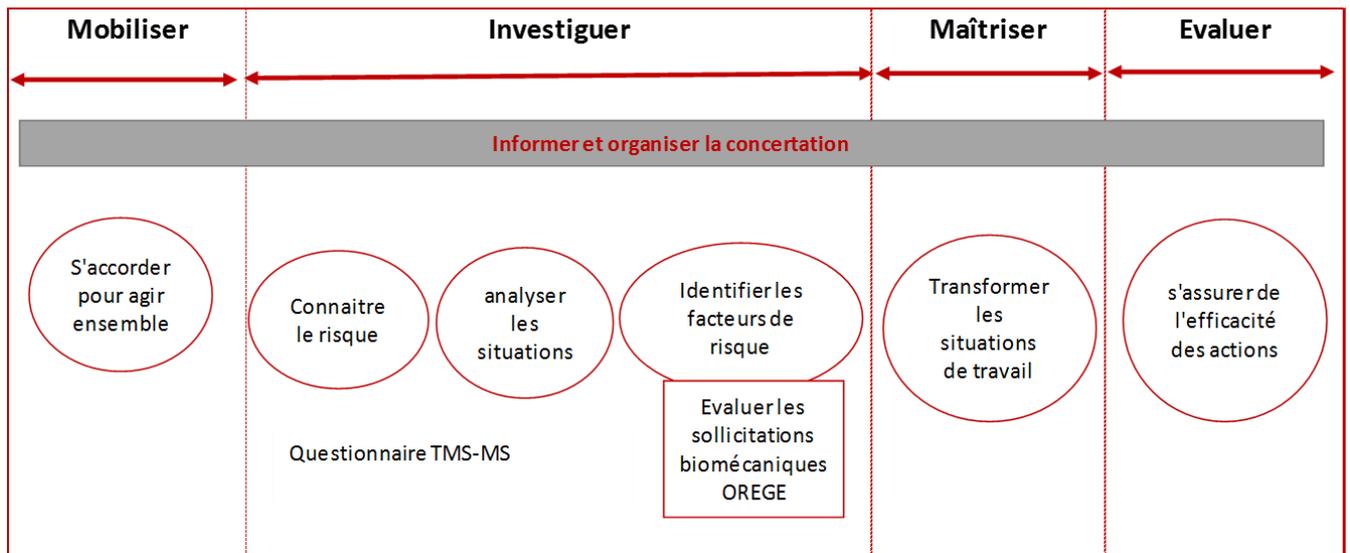


Figure 13 Organisation de la phase d'intervention

Cette démarche est structurée en deux niveaux, comprenant chacun sa propre étape d'évaluation autour de deux outils d'évaluation. Le premier niveau de la démarche ne prévoit cependant pas de mise en place d'action, il ne constitue qu'une phase de vigilance. C'est une des principales limites que nous avons relevée sur cette démarche, car elle fait reposer les transformations de la situation de travail uniquement sur l'implication d'un ergonomiste (ou d'une personne compétente en ergonomie), ce qui peut causer un frein dans la démarche et n'impliquer que tardivement des acteurs qui sont souvent extérieurs à l'entreprise.

2.3.2. La démarche Sobane-Deparis pour la prévention des TMS

La démarche Sobane-Deparis (Malchaire, 2007), développée pour la gestion des risques au travail en Belgique, en s'appuyant sur les travaux de Malchaire, comporte quatre niveaux progressifs : Dépistage, Observation, Analyse et Expertise.

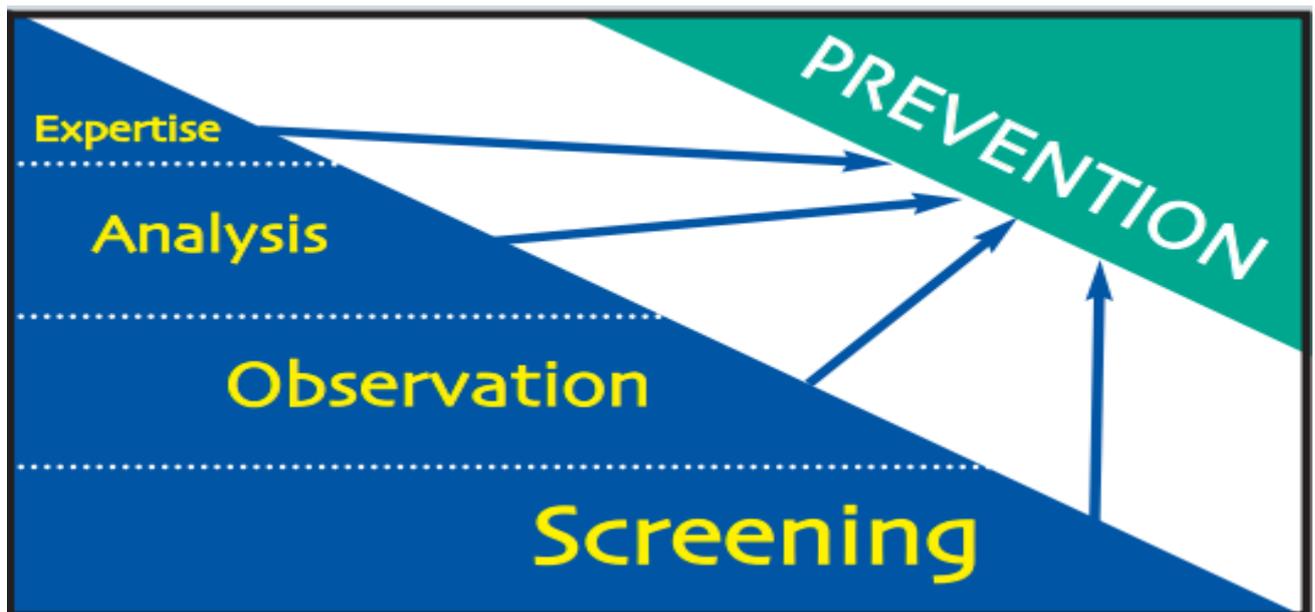


Figure 14 La démarche Sobane-Deparis

- Dépistage : il s'agit à ce niveau d'identifier les problèmes principaux et de remédier aux erreurs flagrantes. Cette identification repose sur la méthode Deparis, elle est réalisée de manière interne par des personnes de l'entreprise, sans compétences particulières en matière de prévention. Cette phase met aussi en œuvre un groupe de travail et nécessite un coordinateur pour recueillir les actions, coordonner la mise en œuvre de solutions ou lancer la poursuite de l'étude sur un niveau supérieur.
- Observation : le niveau observation consiste toujours à impliquer les acteurs de la situation de travail, dans la résolution de problèmes ayant des solutions moins immédiates ou pour déterminer ce pour quoi l'assistance d'un conseiller en prévention est indispensable. Ce niveau repose sur une grille d'observation et nécessite l'implication du même groupe de travail et du même coordinateur que le niveau dépistage.
- Analyse : Lorsque les niveaux de dépistage et d'observation ne permettent pas de régler les problèmes ou que les problèmes identifiés dépassent les compétences immédiates des acteurs impliqués ou que des doutes persistent, il est souhaitable d'activer le niveau d'analyse. Ce niveau fait appel à l'assistance d'un conseiller en prévention ayant la compétence et les outils et des techniques nécessaires pour faire face aux problèmes. Ces intervenants sont en général externes à l'entreprise et interviennent en étroite collaboration avec le service de prévention interne. L'analyse peut nécessiter des mesurages simples, avec des appareils courants pour l'authentification des problèmes, la recherche des causes et l'optimisation des solutions. Le travail d'analyse se fait à partir des données recueillies aux niveaux précédents, notamment en travaillant avec le coordinateur. Si l'analyse montre des limites nécessitant des investigations plus poussées, il peut être décidé de faire appel à l'expertise.

- Expertise : l'expertise est à réaliser par les mêmes personnes de l'entreprise et conseillers en prévention, avec l'assistance supplémentaire d'experts très spécialisés. Elle va concerner des situations particulièrement complexes et requérir éventuellement des mesurages spéciaux.

La démarche Sobane présente une articulation complète entre évaluation et prévention, chaque niveau ayant ses outils d'évaluation spécifiques. Elle laisse deux niveaux pour les personnes de l'entreprise, sans compétences particulières en ergonomie puisque l'implication d'intervenant expert ne doit se faire que si aucun moyen de prévention n'a été trouvé par les niveaux précédents. La démarche tout entière repose sur un coordinateur qui la connaît et implique les bons acteurs au bon moment de la démarche.

2.3.3. L'étape d'évaluation Renault Trucks/Groupe Volvo

Nous présenterons ici l'étape d'évaluation du risque de TMS en cours de déploiement au sein de l'usine Renault Trucks de Bourg en Bresse. Cette étape a vocation à être étendue à l'ensemble du groupe Volvo. L'étape présentée ici est incluse dans une démarche de prévention plus large : la démarche PARI. Les acteurs de la prévention sollicitent les étapes de l'évaluation en fonction de leur besoin de données chiffrées notamment et du temps disponible pour répondre au besoin d'évaluation.

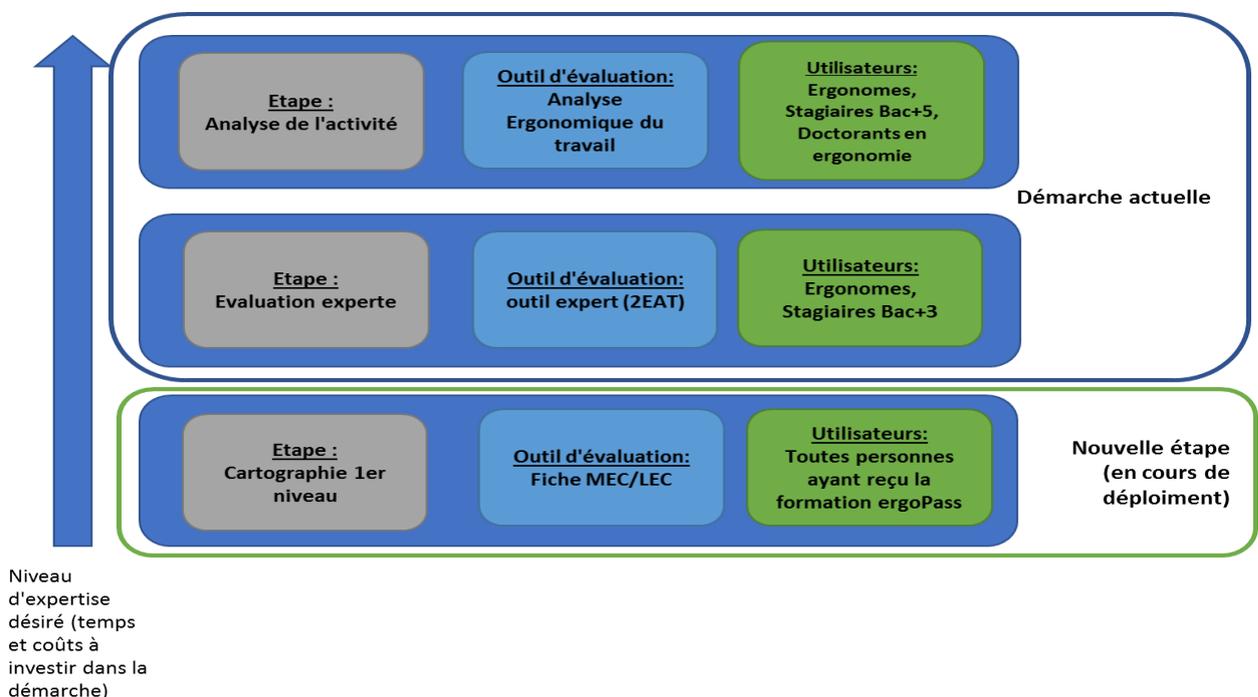


Figure 15 Démarche d'évaluation du risque de TMS Renault Trucks

La démarche d'évaluation de Renault Trucks est structurée en 3 étapes :

- La cartographie de premier niveau qui nécessite l'utilisation d'un outil d'évaluation appelé fiche MEC/LEC (*Manufacturing/Logistic Ergonomic Checklist*). Cette fiche est à remplir par toute personne ayant reçu la formation interne adéquate (missionnés ergo, chef d'unité, animateurs lean). Les résultats de cette étape sont notamment utilisés pour une cartographie globale du risque, afin de prioriser les actions de prévention. Mais l'utilisation de la démarche doit aussi permettre de fournir un indicateur « ergonomique » lors de la tenue de chantier de productivité (*Kaizen*, 3M), en réalisant notamment des évaluations avant/après chantier.
- L'évaluation experte passe par l'utilisation de l'outil expert Renault Trucks d'évaluation des conditions de travail. Cet outil est à utiliser par des personnes avec un bon niveau de compétence en ergonomie. Il est utilisé notamment pour amener des données chiffrées et précises sur un poste de travail ou une petite unité, afin de montrer la pertinence d'investissements importants dans la transformation des situations de travail.
- Le troisième niveau est celui de l'analyse de l'activité, réalisé par un ergonome ou une personne experte en ergonomie. Etant donné le temps nécessaire à la mise en œuvre de cette analyse, elle est réservée à des problématiques transverses au site industriel ou fortement complexes (question du routage par exemple).

Les trois niveaux de la démarche Renault trucks sont faits pour favoriser la prise en compte dans l'évaluation d'un nombre le plus important possible de postes de travail. Nous pouvons déplorer le manque d'une aide permettant de structurer la démarche, en dehors du travail de l'ergonome référent du site, mais cette absence est due au fait que la démarche est encore en cours de construction. La démarche d'évaluation Renault Trucks présente aussi l'inconvénient de ne laisser l'appréciation qualitative de la situation de travail uniquement qu'au dernier niveau d'évaluation, le moins souvent sollicité (par manque de personnel adéquat). Les niveaux de cartographie et d'évaluation se contentent de données quantitatives, sans apporter de possibilités de prendre en compte d'autres dimensions que les facteurs biomécaniques/physiques retenus dans les outils et les quelques éléments de la dimension cognitive retenus.

2.3.4. Conclusion

Les outils d'évaluation du risque de TMS existent pour traiter une problématique complexe dans les entreprises. Ces maladies multifactorielles nécessitent une approche large de la situation de travail. Elles nécessitent aussi une approche chiffrée sur les dimensions les plus facilement quantifiables afin de pouvoir évaluer le risque, prioriser les postes sur lesquels faire porter des analyses plus poussées et *in fine* pour permettre de trancher entre des

propositions de transformations ou pour permettre d'identifier un gain dans la transformation de la situation de travail. Dans ce cadre, les outils d'évaluation du risque de TMS peuvent revêtir deux réalités distinctes :

- Les outils d'évaluation du risque de TMS dérivant des outils d'évaluation des conditions de travail. Il s'agit d'outils visant à évaluer le risque de TMS et pour cela, ils reprennent les items sur la charge physique et sur les facteurs de risques psychosociaux des outils d'évaluation des conditions de travail. Ces outils visent souvent à être plus que des outils d'évaluation, ils permettent à une organisation de se construire un référentiel ou un modèle commun du risque de TMS. Ils permettent également de former une partie plus large des acteurs au risque de TMS et visent à étendre le nombre des personnes capables de traiter la problématique des facteurs de risques au-delà du cercle des personnels du service de santé/sécurité de l'entreprise. Parfois internes à une entreprise et produits par elle, les outils questionnent peu les facteurs organisationnels et l'organisation de la prévention puisqu'ils en sont le produit. Ces outils ont vocation à être « simples » et de passation rapide, ils ne permettent souvent qu'un traitement local du risque de TMS, apportant des solutions de type aménagement de poste. Toutefois, ils permettent de traiter un nombre important de postes de travail.
- Les outils d'évaluation spécifiques au risque de TMS et à destination d'expert ou d'ergonomes. Ces outils ont pour but d'aider à standardiser l'approche d'un certain nombre de facteurs de risques, souvent physiques, pour apporter des données en support à l'analyse de l'activité. A charge pour l'évaluateur d'élargir son analyse par d'autres outils pour l'évaluation d'autres dimensions du facteur de risque. Ces outils peuvent demander un temps de passation très long et une expertise de la part de l'utilisateur. Il convient de les réserver à un nombre réduit de situations de travail.

Cette dualité des outils d'évaluation du risque de TMS a poussé les entreprises ou les organismes de prévention des risques professionnels à formaliser leur utilisation dans ce que nous appelons une étape d'évaluation des risques de TMS. Cette étape structure l'utilisation de plusieurs outils, par différents utilisateurs, pour en faire un tout cohérent capable d'alimenter en données une démarche de prévention du risque de TMS unique.

Chapitre 3 : L'approche instrumentale et les systèmes d'instruments

Les principales théories de l'activité (Léontiev, 1984 ; Leplat, 1997 ; Daniellou & Rabardel, 2005 ; Daniellou, 2006) ont pour caractéristique commune de considérer que la relation entre le sujet et l'objet est médiatisée par les dispositifs techniques. Sur la base de l'activité médiatisée, Rabardel (1993 ; 1995 ; 1997 ; 2005) développe la perspective instrumentale. Les outils d'évaluation du risque de TMS comme dispositifs techniques peuvent être considéré comme des instruments. De même que l'étape d'évaluation du risque de TMS organisant l'utilisation de plusieurs outils d'évaluations par différents acteurs peut constituer un système d'instrument. Il s'agit ici d'analyser l'évaluation du risque de TMS dans un ensemble de pratiques d'évaluation différentes, mais aussi de faciliter l'expression des repères de conception dans une perspective développementale. Dans ce chapitre, nous présentons d'abord la notion d'instrument avec les notions d'artefact, d'activité médiatisée au travers des modèles de situation d'activité instrumentée, mais aussi la notion d'objet intermédiaire. Puis nous présentons ensuite la genèse instrumentale au travers des processus d'instrumentalisation et d'instrumentation, ainsi que la place des instruments dans l'organisation du domaine d'activité. Enfin, nous abordons la notion de système d'instruments qui explique l'utilisation de plusieurs instruments pour poursuivre un même but.

3.1. La notion d'instrument

Rabardel (1995) développe la notion d'instrument comme étant le rapport de l'homme avec la technologie. Il évoque deux types de rapports :

- dans le premier type de rapport, la technologie est l'objet de l'activité, la production principale de l'opérateur, que ce soit dans des tâches de surveillance ou de maintenance ;
- le second type de rapport est le rapport instrumental où le dispositif instrumental est le médiateur de l'activité du sujet.

3.1.1. L'artefact

Pour Rabardel, la notion d'instrument repose sur la notion d'artefact qui regroupe toutes choses ayant reçu une modification même minime d'origine humaine. La notion d'artefact ne se limite pas aux objets matériels, elle inclut les systèmes symboliques qui peuvent être des instruments. L'artefact possède des propriétés, des spécificités, des lois et des contraintes.

L'homme l'utilise pour transformer le réel en vue d'une production. Il peut savoir l'utiliser, le faire fonctionner mais il ne sait pas nécessairement comment il fonctionne.

L'artefact peut être considéré suivant différentes approches, c'est un à fois un objet technique ayant des caractéristiques propres et un objet qui organise l'activité de l'homme qu'il soit concepteur, utilisateur ou qu'il le maintienne en fonctionnement. L'artefact peut aussi être considéré du point de vue de ses fonctions, de la transformation qu'il permet. Dans ce cadre, l'artefact peut-être un sous ensemble d'un système plus vaste qui organise la production. Enfin, on peut considérer l'artefact en usage du point de vue instrumental. L'artefact est un moyen qu'utilise un sujet pour agir sur un objet dans le cadre d'une activité finalisée.

L'artefact n'est pas l'instrument, il en est la manifestation physique. Rabardel envisage l'instrument comme étant composé de deux éléments : l'artefact et les schèmes d'utilisation.

L'artefact est construit par l'être humain. Il est produit de manière intentionnelle et peut être matériel, cognitif, psychologique ou symbolique. Le schème d'utilisation est composé d'invariants organisateurs de l'activité du sujet, dans les classes de situations et domaines d'activités qui sont habituellement les siens (Rabardel et Pastré, 2005). Le schème comporte les buts de l'activité, des règles d'actions et de contrôle. Il existe des invariants opératoires qui permettent la compréhension du schème. Rabardel propose différents types de schèmes :

- Les schèmes d'usages qui rassemblent la gestion des propriétés et des caractéristiques et propriétés de l'artefact.
- Les schèmes d'actions instrumentés qui concernent l'objet de l'activité en incluant les schèmes d'usage.
- Les schèmes d'action collective instrumentée qui sont mis en œuvre lorsqu'un artefact est utilisé par plusieurs sujets simultanément ou conjointement. Les schèmes d'utilisation sont construits socialement à travers deux processus : l'assimilation et l'accommodation. L'assimilation consiste à appliquer le même schème à des artefacts différents. L'accommodation consiste à réorganiser les schèmes par rapport à une nouvelle situation rencontrée.

3.1.2. L'activité médiatisée

Dans l'activité, la relation sujet-objet est médiatisée par des dispositifs techniques, des schèmes psychologiques et par l'organisation. Rabardel et Vérillon (1985) développent le modèle des Situations d'Activité Instrumentées (S.A.I.) qui est une triade (Figure 3) où l'instrument est considéré comme le moyen d'agir sur l'objet et de le comprendre. Ce modèle propose trois éléments participant aux situations d'utilisation d'instrument :

- Le sujet qui est l'utilisateur de l'instrument.
- L'instrument qui est l'outil, la machine, le système.
- L'objet vers lequel l'action à l'aide de l'instrument est dirigée

Le modèle SAI présente en plus des interactions entre le sujet et l'objet, des interactions entre le sujet et l'instrument, des interactions entre l'instrument et l'objet et enfin, des interactions entre le sujet et l'objet médiatisées par l'instrument. On ne peut pas extraire cet ensemble de l'environnement dans lequel il est situé et qui est l'ensemble des conditions dont le sujet tient compte dans son activité.

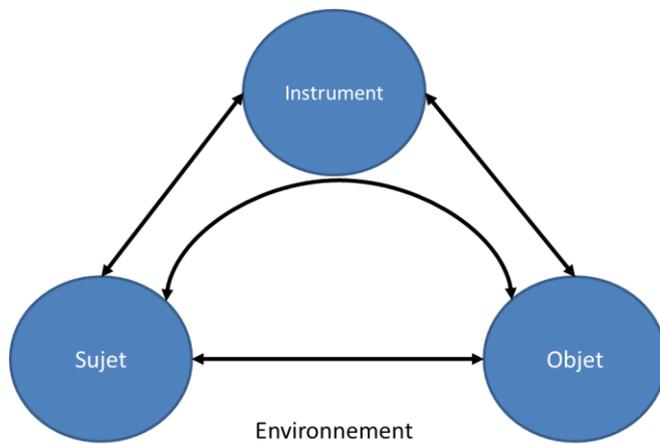


Figure 16 L'activité médiatisée par les instruments modèle S.A.I.

Les artefacts portent une dimension sociale et culturelle. Ils sont le produit de l'activité de l'homme en capitalisant les acquis, les connaissances, les savoirs faire et les aptitudes (Leontiev, 1976). Cela permet de rapprocher l'instrument avec les notions de genre et de style développées par Clot (1999) et d'inscrire l'activité médiatisée dans un rapport à autrui.

Pour Clot (1999), le genre est « *un corps intermédiaire entre les sujets, un intercalaire situé entre eux d'une part et entre l'objet du travail d'autre part* » (p.34). Le genre et le style permettent au sujet de construire les schèmes d'utilisation de l'instrument et l'instrument permet au sujet de comprendre le genre, sa construction, ses normes et de s'y confronter.

L'activité n'est pas seulement une relation du sujet à l'objet de son activité, mais aussi du sujet avec d'autres sujets. L'activité du sujet est adressée à lui-même et à d'autres sujets, que ceux-ci soient ou non en sa présence (Clot, 1995, 1999, 2004). Rabardel (1995) fait évoluer le modèle S.A.I en modèle de Situations d'Activités Collectives Instrumentées (S.A.C.I) qui est repris dans la Figure 4.

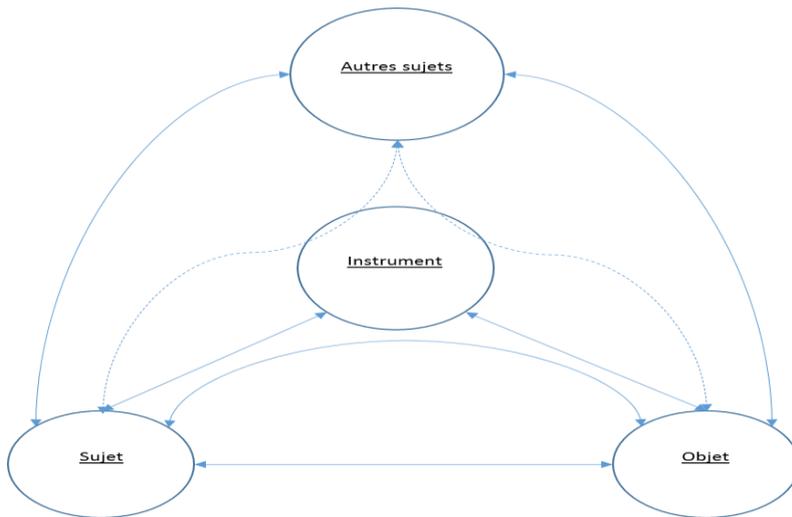


Figure 17 Le modèle S.A.C.I. Rabardel 1995

Intégrant les notions de genre, de style et d'activité adressée, Engestrom (1991) développe la notion de système d'activité (Figure 5). Le système d'activité admet que la relation médiatisée de l'activité par l'instrument est à la fois le fruit de règles et de la division du travail et de la communauté. Il intègre ainsi la notion d'activité collective par rapport au résultat, à la performance et aux tensions qui sont générées entre les différents pôles du modèle.

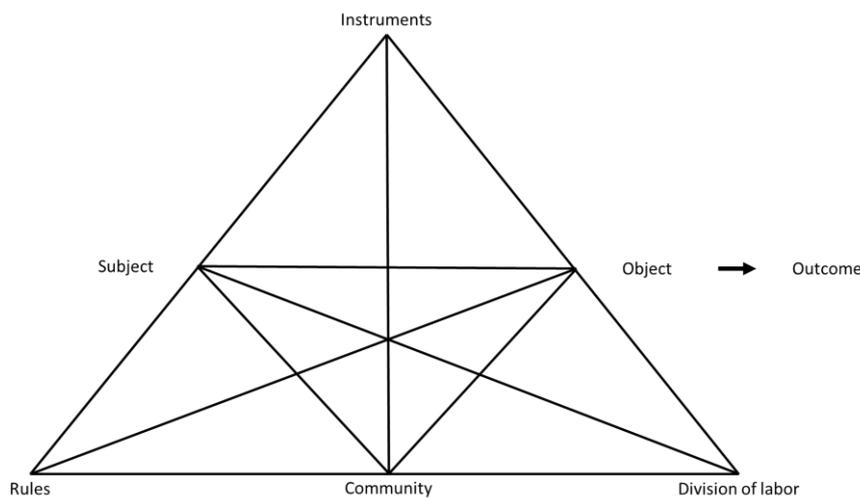


Figure 18 Le système d'activité Engestrom, 2000

La communauté rassemble les personnes ayant le même objet de l'activité. La division du travail est la répartition des fonctions et des tâches entre les membres de la communauté. Les règles sont les normes et les standards qui régulent l'activité. L'identification des contradictions et des tensions entre les pôles du système a pour but d'aider à l'identification des causes des problèmes. Cette modélisation a aussi pour but la création d'une vision partagée pour la conception de nouveaux systèmes et l'innovation (Engeström, 2000).

3.1.3. Les objets intermédiaires

Jeantet (1998) développe la notion d'objets intermédiaires dans la conception. Ces objets remplissent un triple rôle de traduction, de médiation et de représentation des actions. La traduction consiste à assurer le passage des informations entre chaque étape de la conception, elle nécessite pour cela de faire passer l'information d'un formalisme à l'autre. Elle permet aussi d'enrichir la représentation du problème par l'apport de points de vue portés par différents acteurs. La médiatisation par l'objet intermédiaire se fait de deux façons :

- En formalisant l'état d'un processus, l'objet le fige temporairement pour qu'il puisse servir de base de travail durant l'étape suivante.
- Les objets sont adressés, ils placent une partie de l'activité devant les acteurs qui l'ont réalisée pour l'exposer à d'autres participants du processus. L'objet peut ainsi définir les conditions de leurs relations et devenir prescripteur, devenir un référentiel commun aux interventions des acteurs, à leurs interprétations et à leurs confrontations.

Le rôle de représentation des objets intermédiaires tient au fait qu'ils sont des « prises » par lesquels les acteurs de la conception se saisissent sur le plan cognitif d'un objet qui n'existe pas encore (Jeantet, 1998).

Saint-Vincent et al. (2008) proposent un modèle de l'intervention ergonomique et des facteurs qui l'influencent (Figure 19). Selon ce modèle, l'intervention est un processus qui implique la réalisation itérative d'étapes pendant lesquelles on recueille des informations avec des outils et des méthodes particuliers. Les résultats générés par ce processus sont les connaissances sur l'activité, les propositions de transformations dont certaines se concrétisent sur la situation de travail analysée et sur l'entreprise et la représentation des acteurs de l'intervention. Les transformations ont un impact sur les facteurs de risque auxquels la population est exposée, puis à plus long terme, sur les indicateurs de santé et sécurité au travail.

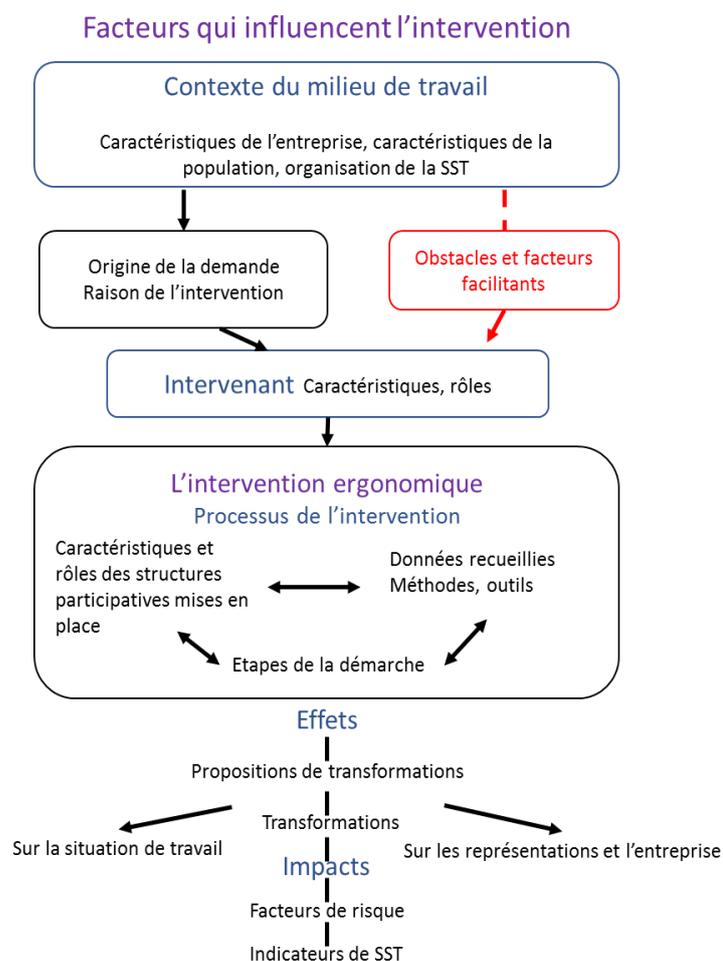


Figure 19 Modèle de l'intervention et des facteurs qui l'influencent (St-Vincent et al., 2008)

Caroly et al. (2008) ont montré qu'un intervenant dans le domaine de la prévention des TMS devait se munir d'outils permettant :

- D'engager et construire socialement la prévention.
- De constituer un collectif dans les équipes de prévention (ergonome, médecin du travail, infirmière, responsable sécurité).
- De dialoguer avec les décideurs et les responsables syndicaux.
- De créer une dynamique de « pouvoir penser », « pouvoir débattre » et « pouvoir agir » (Daniellou, 1998).

Buchmann & Landry (2010) ont montré que des outils particuliers comme des modèles des TMS pouvaient servir d'objets intermédiaires entre les ergonomes et les acteurs de l'entreprise. L'outil d'évaluation des facteurs de risque de TMS étant l'un des outils possibles à déployer dans le cadre d'une intervention ergonomique, il pourrait lui aussi revêtir le rôle d'objet intermédiaire. Forrierre (2008) évoque la notion d'instrument multifonctionnel pour définir la voiture dans l'activité du conducteur de travaux. La voiture contraint l'activité et consomme des ressources temporelles pour le conducteur de travaux, mais elle est en parallèle fournisseur de ressources dans son activité, au-delà du simple moyen de

déplacement. L'outil d'évaluation du risque de TMS comme le modèle du risque de TMS, potentiellement réducteur et ne rendant pas compte de la complexité de la réalité (Daniellou, 1999), devient en tant qu'objet intermédiaire un instrument multifonctionnel, contraignant l'activité de l'utilisateur, consommant des ressources temporelles, mais lui fournissant des ressources au-delà de la simple évaluation des facteurs de risques de TMS.

3.2. La genèse instrumentale

La genèse instrumentale est la construction des schèmes d'utilisation par rapport à un artefact. Faverges (1977) puis Lefort (1978, 1982) mettent en avant le concept de catachrèse pour caractériser le détournement d'outils de leur objet initial. Rabardel (1995) propose de dépasser cette notion du détournement en construisant la notion de genèse instrumentale.

Les schèmes d'utilisation sont en perpétuelle évolution, l'individu trouvant sans cesse de nouvelles façons d'utiliser l'instrument. Il s'agit de catachrèse par laquelle l'opérateur va utiliser l'instrument pour un usage autre que celui prévu à l'origine. La catachrèse permet donc d'introduire la genèse instrumentale. Pour Rabardel, l'élaboration d'un nouvel instrument se fait en suivant deux processus : L'instrumentalisation et l'instrumentation.

3.2.1. Le processus d'instrumentalisation

L'instrumentalisation est la mise en forme par le sujet de ce qui est donné de l'extérieur pour en faire son propre instrument. C'est un processus dirigé vers la composante artefact de l'instrument.

L'instrumentalisation est « *un enrichissement des propriétés de l'artefact par le sujet* » (Rabardel, 1995 p.140). Cet enrichissement peut se faire par le regroupement, la sélection et l'attribution de fonctions, mais aussi par la transformation physique de l'artefact.

L'instrumentalisation n'entraîne pas toujours une modification matérielle de l'artefact, de nouvelles fonctions temporaires ou durables pouvant être établies en lien avec l'activité. Cependant, l'usage peut amener à des modifications de l'artefact par le sujet ou par le collectif : conception par l'usage. Les nouvelles fonctions deviennent des fonctions constituées par opposition aux fonctions constituantes qui sont « *préalablement définies, intrinsèques, constitutives de l'artefact* » (Rabardel, 1995, p 143).

3.2.2. Le processus d'instrumentation

L'instrumentation est le processus qui permet le développement et la mise en forme des schèmes d'utilisation. C'est un processus dirigé vers le sujet lui-même. « *La découverte progressive des propriétés (intrinsèques) de l'artefact par les sujets s'accompagne de l'accommodation de leurs schèmes, mais aussi de changements de signification de*

l'instrument résultant de l'association de l'artefact à de nouveaux schèmes. » (Rabardel, 1995 p.143). L'instrumentation comprend les processus d'accommodation et d'assimilation.

3.2.3. Les instruments dans l'organisation du domaine d'activité

Il existe des relations entre les instruments et les plans d'organisation du domaine d'activité professionnel du sujet, il s'agit des classes de situation. La situation est le contexte dans lequel se déroule l'action. Les classes de situation sont une création du sujet et rassemblent l'ensemble des situations pour lesquelles il poursuit le même objet de l'activité dans une même classe.

Les instruments ne sont donc pas seulement mobilisés dans des situations singulières, mais sont liés aux dimensions des classes de situation formant le domaine d'activité professionnelle (Bourmaud, 2006). Les classes de situation peuvent être rassemblées en familles d'activité (Rabardel & Bourmaud, 2003) qui seront elle-même des composantes du domaine d'activité. Bourmaud (2006) a montré que chacune de ces composantes peut renvoyer à un système d'instruments.

3.3. La notion de système d'instruments

L'instrument s'insère dans un ensemble plus vaste, le système d'instruments. Ce système se compose de plusieurs éléments dans une interaction régie par un processus d'emboîtement. Le système est plus que la somme des instruments qui le composent. Minguy (1997, p.62) définit un système d'instruments comme « *un tout organisé dans une perspective d'efficacité et d'économie de leur usage* ». Si on lui impose certaines contraintes, il peut à l'inverse devenir moins performant que l'ensemble des éléments le composant.

Vidal-Gomel (2001, 2002) montre la diversité des instruments intervenants dans un système, mais aussi des ressources mobilisées par le système. Les systèmes d'instrument vont au-delà des artefacts matériels des instruments.

Bourmaud (2006) et avant lui Zanarelli (2003) ont montré qu'au sein d'un système, il y a complémentarité de fonctions et redondance entre les instruments.

L'instrument et le système d'instruments ont une fonction réflexive, ils aident le sujet à agir sur l'objet et sur lui-même.

Les caractéristiques du système d'instruments semblent donc être (Bourmaud, 2006) :

- Un système d'instruments organise de vastes ensembles d'instruments et de ressources de nature hétérogène ;
- Un système d'instruments est lié aux objectifs de l'action poursuivis par le sujet et doit permettre d'atteindre un meilleur équilibre entre les objectifs d'économie et d'efficacité ;

- Un système d'instruments présente comme caractéristiques des complémentarités et des redondances de fonctions ;
- Un système d'instruments est différent d'un opérateur à un autre, il est structuré en fonction de son expérience et de ses compétences ;
- Dans un système d'instruments, un instrument joue un rôle particulier d'organisateur, de pivot pour le système d'instruments.

A retenir :

Dans cette partie, nous avons présenté le modèle étiologique du risque de TMS. Nous avons mis en avant les différents facteurs de risques présents dans la littérature autour de quatre dimensions. La dimension des déterminants internes et des facteurs de risques liés à l'opérateur, la dimension des facteurs de risques physiques, la dimension des facteurs de risques psychosociaux et enfin, la dimension des déterminants externes et des facteurs de risques liés à l'environnement de travail. Nous avons présenté le modèle du geste et les TMS comme pathologie de l'organisation. Nous présentons aussi les modèles de combinaisons des facteurs de risques de TMS qui sont susceptibles d'accélérer la survenue de TMS ou d'aggraver une situation de travail à faible risque. Les TMS sont des pathologies dont l'étiologie est complexe et issue de nombreux facteurs de risques, renforcée par leur combinaison. Le modèle de prévention des TMS développé par l'ergonomie insiste sur le développement des marges de manœuvres et des ressources de l'opérateur. Ce modèle implique de comprendre les déterminants de l'activité, voir les déterminants des déterminants afin d'identifier les leviers d'actions.

La mise en place d'une politique de prévention durable des TMS implique de prendre en compte le risque de TMS dans les projets de conception, de construire un référentiel commun en matière de TMS et de traiter les difficultés organisationnelles en gardant à l'esprit la prévention. C'est dans ce cadre que doivent s'inscrire les outils d'évaluation du risque de TMS. La question de l'évaluation du risque de TMS découle des outils d'évaluation des conditions de travail. En effet, c'est dans ces outils que se trouve l'origine des outils d'évaluation du risque de TMS. D'abord centrés sur la dimension biomécanique et physique du risque de TMS, les outils d'évaluation du risque de TMS ont évolué pour inclure la multifactorialité du risque et même vers une prise en compte des déterminants de l'activité. Cette évolution a conduit à la structuration d'étapes d'évaluations du risque de TMS rassemblant des outils d'évaluation différents couvrant des besoins différents pour alimenter une démarche de prévention.

L'outil d'évaluation est un artefact technique et la notion d'instrument nous apprend que l'artefact en devenant instrument médiatise l'activité de l'opérateur qui l'utilise. Ainsi, dans la relation entre l'évaluateur et l'action d'évaluation du risque de TMS, l'outil d'évaluation est le moyen d'agir de l'évaluateur sur l'évaluation et forcément, les caractéristiques de l'outil d'évaluation ont une influence sur le résultat de l'évaluation. La notion d'instrument propose aussi un modèle explicatif de l'organisation de l'utilisation de différents instruments, c'est la notion de système d'instruments. Comme nous avons vu que l'étape d'évaluation du risque de TMS est l'organisation de l'utilisation de divers outils d'évaluation, la notion de système d'instruments nous semble intéressante comme grille de lecture pour l'analyse de l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS.

CADRE EMPIRIQUE

Nous avons vu précédemment le modèle étiologique du risque de TMS. Puis nous nous sommes intéressés à l'émergence des outils d'évaluation et aux liens possibles entre les outils d'évaluation et les démarches de prévention. Enfin, nous avons présenté la théorie instrumentale qui explique comment l'activité est médiatisée par les instruments et comment s'organise un système d'instruments.

L'objectif de cette partie est de poser la problématique de la conception de nouveaux outils d'évaluation du risque de TMS, de présenter le contexte spécifique de nos principaux terrains de recherche et de présenter la méthodologie générale de nos études.

Le chapitre 4 présente la problématique du développement de futurs outils d'évaluation du risque de TMS et présente nos hypothèses de recherche.

Le chapitre 5 présente le contexte de la recherche et le traitement que nous avons fait de la demande qui nous a été proposée. Il présente aussi la méthode générale de la thèse. La méthodologie détaillée de chaque étude sera présentée en introduction des différents chapitres de la partie résultats.

A la suite de cette partie, nous testons nos hypothèses.

Chapitre 4 : La problématique des outils d'évaluation du risque de TMS

Confrontée aux TMS, l'entreprise va choisir ou construire un outil d'évaluation du risque de TMS en fonction des données sur les symptômes et les lésions et selon le modèle explicatif des TMS partagé par les acteurs de la situation de travail. Cet outil d'évaluation et les usages qui en sont possibles vont orienter ou limiter l'analyse de l'activité réelle dans la situation de travail. Ces limites à l'analyse de l'activité vont influencer les objets de transformations traités, donc les déterminants des facteurs de risque qui seront modifiés. Cibler les déterminants de l'activité peut s'avérer majeur pour la prévention (Coutarel et al, 2015) et invite à mieux comprendre le geste dans son ensemble plutôt que le mouvement seulement, qui n'en est que la partie visible. Le modèle du geste, développé par l'ergonomie, considère celui-ci comme une structure complexe (physique, cognitive, psychique). Le mouvement n'en est que la partie visible. Il est le résultat d'un compromis entre la tâche, les objectifs de l'entreprise, ceux de l'opérateur, les moyens matériels, l'expérience de l'opérateur (Bourgeois & Hubault, 2005), ainsi que les possibilités de travail collectif (Caroly, 2010).

Dans la perspective *anthropotechnique* de Rabardel (1995, 1997 ; Folcher & Rabardel, 2004), le préventeur entretient une relation de type instrumentale avec les outils d'évaluation du risque de TMS. L'outil d'évaluation, d'abord artéfact, s'inscrit dans des processus psychologiques permettant son appropriation par les utilisateurs finaux. Puis, il se constitue progressivement comme instrument, selon un processus de genèse instrumentale par lequel s'élaborent des schèmes sociaux d'utilisation (Bobillier-Chaumon, 2013). Les outils d'évaluation sont les médiateurs de la relation entre le préventeur ou le concepteur et la situation de travail et les opérateurs.

L'outil est rarement employé seul au sein d'une entreprise, il s'insère dans une démarche d'évaluation, organisant l'implication de plusieurs acteurs et l'utilisation de plusieurs outils de niveaux d'expertise différents. La démarche d'évaluation est donc le processus de mise en œuvre d'un ou de plusieurs outils au sein d'une entreprise ou d'une unité de travail d'une entreprise (site, atelier etc...), elle porte une mobilisation d'acteurs et prépare à la mise en place des actions de prévention du risque de TMS au sein de l'unité de travail évaluée.

L'étape d'évaluation du risque de TMS s'apparente à un système d'instruments au sens où l'entendent Vidal-Gomel (2001, 2002a, 2002b) et Zanarelli (2003) parce qu'elle :

- Organise un ensemble d'instruments et de ressources parfois hétérogènes

- Est liée aux objectifs de l'action, poursuivis par le sujet, et doit permettre l'atteinte d'un meilleur équilibre entre les objectifs d'économie et d'efficacité
- Présente des caractéristiques complémentaires et des redondances de fonctions
- Est différente d'une entreprise à l'autre (mais aussi d'un opérateur à l'autre au sein de cette entreprise), car elle est structurée en fonction de son expérience et de ses compétences (pour l'entreprise comme pour l'opérateur)
- Dans cette étape d'évaluation du risque de TMS, un instrument particulier joue le rôle particulier d'organisateur, de pivot pour les autres instruments. Un outil dans l'étape d'évaluation va être pivot, en permettant de définir le niveau de l'analyse à déployer et les ressources à mobiliser.

L'étape d'évaluation des TMS est un système d'instruments inséré au sein des nombreux systèmes d'instruments qui constituent les services d'une entreprise (production, qualité, amélioration continue, projets etc...). Les leviers d'une prévention durable des TMS relevés par Caroly et al. (2008), indiquent que le dialogue entre ces systèmes d'instruments est majeur pour la prévention.

La problématique de cette thèse est ici d'**apprécier comment intégrer à ces futurs outils d'évaluation des caractéristiques plus favorables à l'évaluation du risque TMS.**

La thèse portée par notre travail est structurée en trois hypothèses : l'outil d'évaluation du risque de TMS est potentiellement un instrument (1), inséré dans un système d'instruments : l'étape d'évaluation du risque de TMS (2), dans cette organisation où d'autres systèmes existent et avec lesquels il faut dialoguer pour inscrire dans la durée la démarche de prévention (3) :

1. La conception de l'outil, ses propriétés contribuent à orienter l'activité qui l'instrumente. **L'outil d'évaluation est donc un instrument, composé d'un artefact et de schèmes d'utilisations. Cet instrument médiatise l'activité d'évaluation du risque de TMS.**
2. L'étape d'évaluation du risque de TMS est un système d'instruments organisant la mise en œuvre de différents instruments par différents acteurs. **Ce système d'instruments organise donc un ensemble d'instruments et de ressources hétérogènes. Il doit permettre l'atteinte d'un équilibre entre les objectifs d'économie et d'efficacité. Il présente des caractéristiques complémentaires et des redondances de fonctions. Il est différent d'une entreprise à l'autre et d'un opérateur à l'autre, car il est structuré en fonction de l'expérience et des compétences. Enfin, un instrument particulier joue le rôle de pivot et sera l'organisateur de l'utilisation des autres instruments du système.**
3. Les conditions collectives contribuent dans l'organisation à la communication avec les autres systèmes d'instruments, ce qui doit être l'une des conditions parmi d'autres d'une prévention durable du risque de TMS.

Pour répondre à ces hypothèses, nous avons réalisé :

- Pour l'hypothèse 1 : une analyse des outils d'évaluation du risque de TMS (étude 1)
- Pour l'hypothèse 2 : une analyse des usages de l'outil d'évaluation Renault Trucks (étude 2)
- Pour l'hypothèse 3 : une analyse des communications entre les composantes du système identifiées (étude 3)

Chapitre 5 : Contexte et méthodologie de recherche

Nous présentons dans cette partie le contexte dans lequel s'est déroulée notre recherche, ainsi que des éléments de méthodologies générales. Afin d'éviter de perdre le lecteur, nous avons choisi de structurer notre recherche autour de trois études, dans le style d'une thèse sur articles et nous reprenons plus en détails la méthodologie choisie dans chacun des chapitres relatifs aux résultats des études. La méthodologie abordée dans cette partie reste donc globale, les détails relatifs à chaque partie spécifique étant abordés dans la partie résultats.

5.1. Contexte

5.1.1. Le contexte de la recherche

Notre recherche s'effectue dans le cadre d'une thèse CIFRE au sein de l'entreprise Inoprod. L'entreprise Inoprod n'offrant pas a priori de terrain d'usage d'un outil d'évaluation des risques de TMS, un partenariat initial a été conclu avec le groupe Volvo par le biais du site industriel Renault Trucks de Bourg en Bresse. Nous présentons le contexte de la recherche rencontré sur ces deux terrains.

5.1.1.1. La Demande Inoprod

Inoprod est un cabinet de conseil en ingénierie dont les activités sont de quatre ordres :

- Le dimensionnement mécanique qui met notamment en œuvre des compétences de simulation numérique par éléments finis.
- La simulation de flux et de process qui propose grâce à la simulation de flux d'accompagner les clients dans leurs démarches de développement ou de réorganisation et l'optimisation de performances d'atelier ou d'usine.
- La gestion des risques dans le déploiement de projets. L'activité de gestion des risques ne s'applique pas seulement aux projets mais aussi et surtout aux développements de produits, à la sécurisation des utilisateurs futurs, mais également, côté process industriels, à la sécurisation des process pour la protection des opérateurs et la fiabilisation des process industriels
- Le conseil et l'expertise pour accompagner les clients dans leurs démarches de changements organisationnels. C'est une des activités « chapeau » qui vient piocher dans les outils précédemment cités

C'est dans ces deux dernières démarches que le développement d'un outil numérique d'évaluation du risque TMS est envisagé. Inoprod souhaite enrichir son offre d'accompagnement des entreprises dans l'optimisation de process d'une prise en compte de la santé des opérateurs concernés, notamment au niveau des troubles musculosquelettiques. Inoprod fait reposer son activité sur des outils numériques de simulation. L'outil numérique d'évaluation du risque TMS devra donc s'inscrire dans cette activité de développement de nouvelles technologies numériques.

L'entreprise Inoprod subit lors de notre étude une phase de restructuration de l'entreprise pour permettre d'inclure de nouvelles activités, celle de la vente de logiciels de simulation et de la formation professionnelle. L'entreprise se structure donc sous la forme d'un groupe : Inoprod, avec trois entités :

- Inoprod Services : qui rassemblera les activités du cabinet de conseil
- Inoprod Institut : qui rassemblera des offres de formations professionnelles dans les domaines de compétences de l'entreprise (formation à l'utilisation des logiciels vendus, mais aussi formation à la gestion des risques, à l'ergonomie...)
- Inoprod App : qui sera l'entité chargée de la vente de logiciels de simulations

La visée de l'outil est de pouvoir interagir avec les trois entités du groupe.

5.1.1.2. Participation de Renault Trucks au projet

Dans le cadre de notre recherche, un partenariat s'est construit avec une entreprise de construction de véhicules industriels, Renault Trucks appartenant au groupe Volvo Trucks. Renault Trucks par l'intermédiaire de son site industriel de Bourg en Bresse se propose d'être le terrain d'étude de l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS et de constituer une situation de référence pour que l'entreprise Inoprod puisse faire dans le futur des simulations d'utilisation, une fois les caractéristiques du futur outil déterminées.

5.1.1.2.1. Contexte du terrain de recherche : L'usine Renault Trucks

En 2001, le groupe Renault Trucks est absorbé par le groupe suédois AB Volvo pour constituer le deuxième constructeur mondial de véhicules industriels. Renault Trucks constitue la deuxième entreprise en taille du groupe qui compte six marques de référence sur le marché mondial : Renault Trucks, Volvo Trucks, Mack Trucks, UD Trucks, Eicher et DongFeng. L'impact du groupe sur le site industriel se fait sentir à travers l'organisation du Group Trucks Operation (GTO) qui rassemble et organise la fabrication pour plusieurs marques. Au niveau de l'ergonomie, un GTO rassemble les équipes travaillant sur les sites de Blainville (Renault Trucks, France), Bourg en Bresse (Renault Trucks, France), Curitiba (Volvo Trucks, Brésil), Gent (Volvo Trucks, Belgique), Tuve (Volvo Trucks, Suède) et Umeå (Volvo Trucks, Suède). Ces équipes collaborent notamment dans l'élaboration d'un aide-mémoire en ergonomie commun à tout le groupe et à une homogénéisation des démarches d'évaluation du risque de TMS.

Le site industriel de Renault Trucks Bourg en Bresse est une usine d'assemblage de véhicules industriels spécialisée dans la gamme haute (véhicule de plus de 16 tonnes) du groupe. Le site compte un effectif de 1450 employés en 2015. Il est divisé en un centre de montage chargé de l'assemblage des véhicules et un centre de logistique chargé de l'approvisionnement en pièce des lignes de montage. Les principaux métiers du centre de montage sont le rivetage et l'assemblage par vis d'éléments. Les activités de fonderies ou de peinture n'ont pas lieu sur le site.

La production du centre de montage prend place sur trois lignes d'assemblage :

- Une ligne réduite dédiée à la production de prototypes, de petites séries ou à une augmentation ponctuelle des moyens de production. La production sur cette ligne d'assemblage n'est pas constante.
- Deux lignes longues dédiées à la production des véhicules sériés :
 - o Une ligne est dédiée à l'assemblage des véhicules tracteurs de semi-remorques
 - o Une ligne est dédiée aux châssis porteurs et véhicules de chantiers qui sont des véhicules plus longs (jusque 8 essieux) et plus complexes (Toutes Roues Motrices).

Le site contient des îlots d'assemblages ou de préparation des sous-ensembles à assembler sur le véhicule, incluant deux lignes de préparation des Groupes Motopropulseurs (GMP), une ligne d'assemblage cabine et une ligne d'assemblage des boucliers. La production du site tourne autour de 126 véhicules industriels par jour. La production est assurée par une seule équipe travaillant en journée. Le temps de cycle dévolu aux opérateurs pour réaliser leur activité aux différents postes de montage est de sept minutes pour les lignes de montages et les îlots de préparation de sous-ensembles dédoublés et de trois minutes trente secondes pour les îlots d'assemblage de sous-ensembles-ensemble uniques devant approvisionner les deux lignes.

Le groupe Volvo intervient aussi dans le déploiement d'une démarche de *lean manufacturing*, le *Volvo Production System* (VPS). Le site de Bourg en Bresse a mis en place une première version du VPS pendant 10 ans. Cette version représentée dans la Figure 20 porte uniquement sur le déploiement d'outils et de concepts du *lean manufacturing* en mettant en avant la qualité et la production juste à temps.

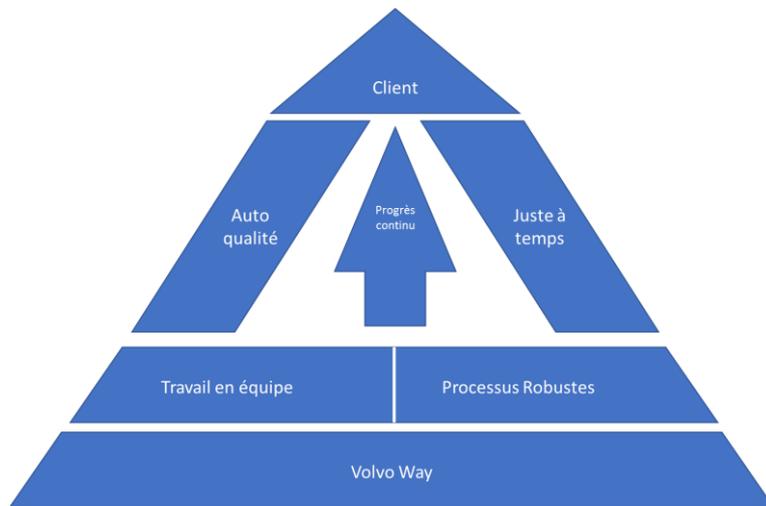


Figure 20 VPS première version

Le déploiement de ce premier modèle du VPS sur site et la conjoncture économique des années 2008-2010 a conduit à une réduction des effectifs sur le site de Bourg en Bresse par l'intermédiaire d'un plan de sauvegarde de l'emploi, aussi bien en production que dans les fonctions support. Ces événements ont aussi conduit à une augmentation importante et inquiétante du nombre de déclaration de maladies professionnelles de type TMS. Ce constat entraîne l'entreprise à développer et à mettre en place une deuxième version du VPS (Figure 21 VPS deuxième version Figure 21) qui place cette fois le développement des personnes comme l'un des cinq piliers du modèle, au même titre que les pratiques lean ou la structure d'amélioration. Ce qui implique pour l'entreprise de lier la politique de santé des opérateurs avec la politique de recherche de productivité.

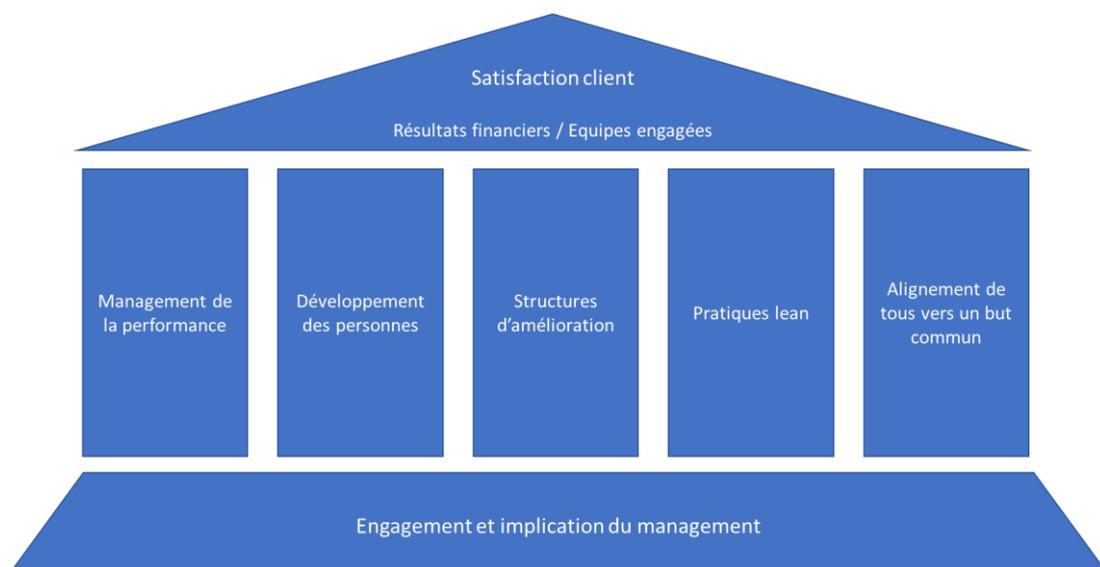


Figure 21 VPS deuxième version

Le VPS II est le système d'amélioration continue en place au début de notre étude. Les structures d'amélioration et pratiques lean mises en place tournent autour de deux outils, les chantiers Kaizen et les chantiers 3M.

Le chantier Kaizen est un chantier participatif de transformation d'une unité de travail suivant une série d'objectifs déterminés par l'organisation en comprenant aussi des objectifs de prévention des maladies professionnelles ou d'amélioration ergonomique des postes de travail impactés. Les chantiers Kaizen se tiennent sur cinq jours, autour d'une équipe rassemblant divers acteurs : animateur lean, management direct, personnel support (logistique, qualité, méthode, sécurité, ergonomie) et des opérateurs travaillant sur l'unité de travail en question. Lors de notre étude, le chantier Kaizen sera la voie privilégiée de simulation pour remplir les objectifs du projet Bourg 2018 de réorganisation de la production suivant un principe de *fishbone* (arête de poisson) intégral. Les îlots de production de sous ensemble sont redimensionnés et déplacés pour correspondre exactement aux lieux de montage des pièces sur les lignes de montage. Nous expliquerons la place des outils d'évaluation du risque de TMS dans cette démarche dans les résultats.

Le chantier 3M répond à un double objectif d'équilibrage de la charge des opérateurs et de « chasse au gaspillage » représentés par les trois M : Muri, Mura, Muda. Le chantier 3M concerne aussi dans son ensemble une unité de production, cette démarche est toutefois plus susceptible d'être appliquée pour les lignes de montage que pour la préparation des sous-ensembles. Le chantier 3M se tient avec un animateur lean, le management direct de l'unité de travail et les opérateurs de l'unité concernée. Des personnels supports peuvent venir s'y greffer mais leur participation est moins systématique que pour un Kaizen. Le chantier 3M se tient sous la forme d'une série d'entretiens d'auto confrontation sur la base de vidéos de l'activité des opérateurs prises en production. L'équilibrage des charges consiste à analyser les tâches données à un opérateur du point de vue du temps de réalisation et de comparer le temps total de l'activité au temps de cycle de la ligne de montage. Pour cela, les animateurs lean établissent des graphiques de charge appelés *Yamazumi*. L'équilibrage de charge est une activité délicate, il faut surtout veiller à tenir compte des variantes de produits qui sont nombreuses sur les deux lignes de montage. En effet, sur deux véhicules consécutifs à assembler de modèle différent, l'opérateur n'a pas forcément les mêmes tâches à réaliser. Et la réalisation de certaines tâches peut demander à l'opérateur de travailler au-delà du temps de cycle ; alors, pour compenser cela, les tâches pour d'autres modèles de véhicules sont très en dessous du temps de cycle. L'équilibrage de charge veille donc à la bonne répartition des tâches entre les opérateurs de l'unité de montage et essaye de l'optimiser en essayant de réduire les temps de non emploi des opérateurs comme les temps de sur emploi, ainsi que l'effectif de l'équipe. Un chantier est mis en route avec comme objectif minimal la suppression d'une unité de main d'œuvre sur l'îlot de travail. La chasse aux gaspillages est le deuxième objectif que doit remplir ce type de chantiers. Sont considérés comme gaspillages les éléments perturbateurs qui ne permettent pas à l'opérateur d'avoir une charge lissée. La grille de lecture des gaspillages qui est fournie par l'*animateur lean* lors du chantier considère trois types de gaspillages :

- Les MURI qui sont les excès aux postes de travail. Il s'agit aussi bien d'excès d'efforts physiques pour réaliser l'activité que d'excès de complexité des opérations ou de l'enchaînement opératoire.
- Les MURA sont la variabilité, ils concernent principalement les éléments de variabilité dans les tâches, par exemple, une pièce qui est présentée de façon différente sur le bord de ligne et qui implique une remise dans le sens de montage de la part de l'opérateur.
- Les MUDA sont les sept gaspillages « classiques » du *lean* : Attente, Transport, Processus excessif, Stock, Mouvement, Non qualité et surproduction.

La hiérarchie entre les gaspillages appliquée lors de ses chantiers, veut que l'on ne tienne compte des MUDA qu'en dernier. Et que les MUDA ne sont pas supprimés au prix de la création de MURI ou de MURA. C'est pourquoi un déploiement d'outils d'évaluation du risque de TMS semble nécessaire dans ces chantiers. Nous expliquerons les résultats de cette démarche dans la partie résultats. L'ergonome du site est fonction support pour les chantiers 3M. Dans les faits, très peu d'informations lui sont transmises sur la tenue de ses chantiers et les résultats qui en découlent.

5.1.1.2.2. Contexte du terrain de recherche : l'ergonomie sur le site de Bourg en Bresse

L'ergonomie sur le site de Bourg en Bresse est portée par le seul ergonome référent du site. Cet ergonome est rattaché hiérarchiquement au service Ressources Humaines du site. Dans son activité quotidienne, il est inclus dans l'équipe Sécurité, Sûreté et Conditions de Travail qui comprend un manager (parfois animateur sécurité), trois à quatre animateurs sécurité, un responsable sûreté et l'ergonome référent. Ce rattachement a été choisi de préférence au rattachement de l'ergonome au service médical, puisqu'il garantit une plus grande proximité avec les services de production. Le service médical du site comprend deux médecins du travail, deux infirmiers un psychologue.

L'ergonome interne possède une expérience de 20 ans en ergonomie de conception de véhicules industriels. Il est ergonome référent du site à la suite d'une mutation depuis 10 ans. Il est issu d'une filière technique.

A l'heure actuelle, trois outils d'évaluation du risque de TMS sont utilisés sur le site :

- Une check-list pour l'évaluation rapide des postes, cette grille ne nécessite aucune formation.
- Une grille « *Manufacturing Ergonomics Checklist* » (MEC) pour aider aux changements proposés dans la démarche du lean. Cette grille nécessite une formation.
- Un outil de cotation des postes de travail, déployé par un ergonome, qui permet une analyse poussée du poste.

Les attentes de Renault Trucks dans ce partenariat sont : la proposition d'un retour réflexif sur leurs usages des outils d'évaluation du risque de TMS et la proposition d'une méthodologie permettant d'améliorer l'évaluation du risque de TMS dans les situations de travail. Au début

de cette étude, les acteurs de la situation de travail indiquaient que ces outils ne sont pas liés entre eux et que leur utilisation n'est pas forcément développée au sein de l'usine. Ils semblent de même limités aux dimensions biomécaniques. L'outil de cotation est le plus complet et offre une ouverture sur la charge cognitive et l'organisation du travail. Le besoin est fort autour d'un système fonctionnel permettant de lier ces 3 types d'outils, et de simplifier leur passation et de permettre à l'ergonome interne d'accéder aux données de ces évaluations.

5.1.2. Acteurs concernés

	Caractéristiques	Attentes	Contraintes des acteurs
Inoprod	Cabinet de conseil	Outil pouvant s'intégrer dans l'ensemble des offres du futur groupe Inoprod, au sein de ses 3 entités	L'outil d'évaluation du risque de TMS doit permettre l'accompagnement dans les démarches d'optimisation de Process industriels L'outil doit ouvrir des possibilités de simulation, afin de permettre de communiquer un visuel complet du futur Process au client L'outil doit permettre l'évaluation des TMS dans des contextes organisationnels variables L'outil d'évaluation du risque de TMS doit s'appuyer sur les nouvelles technologies.
Renault Trucks	Entreprise privée d'assemblage de véhicules Industriels.	Outil d'évaluation du risque de TMS permettant l'accompagnement des projets Kaizen/Lean du VPS (<i>Volvo Production System</i>)	L'outil doit s'adapter à des profils d'utilisateurs avec des sensibilités différentes à l'ergonomie L'outil doit s'adapter à une grande variabilité de situations de travail
Thèse	Acteurs universitaires	Aller vers un outil d'évaluation permettant de participer à une démarche de prévention durable des TMS	L'outil d'évaluation doit intégrer les derniers modèles étiologiques des TMS : la combinaison des facteurs d'exposition au risque (approche multifactorielle), comprenant aussi les déterminants organisationnels.

Tableau 1 Tableau récapitulatif des besoins et des attentes des acteurs concernés par le projet de recherche

5.2. Méthode

5.2.1. Méthode générale de la recherche

La question des outils d'évaluation ne pourra cependant pas être traitée indépendamment de la prise en compte des caractéristiques des utilisateurs (compétences, besoins...). Dans le cadre de cette thèse, 2 types d'utilisateurs sont ciblés :

- Des ergonomes interne ou consultant intervenant sur un site industriel ;
- Des acteurs non ergonomes, affectés à divers services d'une entreprise et à qui il est demandé de réaliser des évaluations du risque de TMS à l'aide d'outils d'évaluation.

Dans les deux cas, les situations de travail qui serviront au projet sont des situations industrielles de production :

- Renault Trucks Bourg en Bresse, usine d'assemblages de poids lourds qui est le partenaire de la thèse est le terrain de recherche principal.

La thèse devra discuter du périmètre de validité des résultats obtenus (à d'autres utilisateurs, à d'autres types de situations de travail).

Notre projet de thèse s'inscrit dans une démarche de conception en ergonomie. Notre recherche s'appuiera sur les 4 étapes suivantes qui constituent les quatre études de notre partie résultats :

- Un inventaire des outils d'évaluation des TMS (numériques ou non), avec la confrontation de leur modèle théorique aux modèles étiologiques des TMS. Nous identifierons les situations de référence de l'utilisation des outils, afin de pouvoir identifier les objectifs qu'ils poursuivent.
- Des analyses de l'activité des opérateurs sur les différents terrains, par le doctorant avec l'usage d'outils existants pour en évaluer les avantages et les inconvénients par rapport à une compréhension globale du geste, couplée avec une analyse de l'activité des acteurs de l'entreprise qui sont amenés à utiliser des outils d'évaluation des risques TMS ou des conditions de travail. Ceci nous permettra d'établir les usages réels des outils d'évaluation du risque de TMS, les situations d'action caractéristiques, et les zones d'ombre qu'ils laissent dans l'analyse de l'activité.
- Une analyse des liens entre l'étape d'évaluation du risque de TMS et les systèmes d'instruments de l'entreprise. Afin d'illustrer comment les résultats de l'évaluation du risque de TMS sont présentés aux autres acteurs de l'entreprise, nous analyserons notamment une réunion de restitution de l'évaluation du risque de TMS sur un îlot de production à une équipe pluridisciplinaire afin d'identifier le rôle de l'outil d'évaluation du risque de TMS dans ce cadre.
- Une confrontation des résultats avec les situations d'usages des outils d'évaluation du risque de TMS avec les pratiques de deux autres organisations. Cette confrontation prend deux formes :

- Des entretiens exploratoires avec les ergonomes d'un groupe de construction automobile.
- Un entretien d'allo-confrontation avec les ergonomes d'un groupe industriel équipementier automobile.

5.2.2. Etude 1 : Méthode d'analyse des outils

L'analyse des outils d'évaluation des TMS que nous présentons dans cet article a été réalisée dans le cadre de notre travail de conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS.

5.2.2.1. Sélection des outils

L'INRS répertorie 37 outils d'évaluation du risque de TMS sur son site internet (INRS, 2015). Pour inclure les outils dans l'analyse, il nous fallait disposer i) d'un article scientifique princeps exposant de manière assez détaillée les dimensions des facteurs de risques traités par l'outil et la façon de traiter ces dimensions ou à défaut ii) d'une feuille de recueil des données ainsi que du protocole de cotation associé à l'outil. Il était indispensable de pouvoir identifier notamment la catégorie des facteurs de risques évaluée par les outils, et la manière d'aborder le facteur de risque dans l'outil. Nous avons pu obtenir le matériel que nous estimions suffisant à notre analyse pour 16 outils : CTD Risk Index, Dépistage, DTE 228, Indice Ocro, ManTRA, Méthode d'analyse de la charge physique de travail, NIOSH, OREGÉ, OSHA, OWAS, PEO, QEC, REBA, RITMS3, RULA, Strain Index. Nous avons ajouté à cette liste trois outils issus de nos terrains de recherche : EAWS, Outil d'évaluation des conditions de travail (2EAT), *Manufacturing Ergonomics Checklist* (MEC) et ce, puisque nous disposions des feuilles de recueils et protocoles de cotation associés. Ce sont donc 19 outils qui constituent notre échantillon pour cette analyse. Nous savons à priori que ces outils ne visent pas tous à l'évaluation des mêmes facteurs de risque, mais nous les confrontons à une même grille de lecture issue de l'étiologie du risque de TMS pour justement pouvoir situer ces outils par rapport au risque de TMS et expliquer ce qu'ils prennent en compte et ce qu'ils laissent de côté.

5.2.2.2. Analyse des outils

Les outils ont été confrontés à une grille d'analyse construite à partir d'une recherche bibliographique sur l'étiologie des TMS. Cette grille rassemble différentes dimensions impliquées dans l'apparition des TMS. Nous avons identifié quatre dimensions qui rassemblent les items proposés par les différents outils pris en compte dans l'analyse :

- La dimension physique qui rassemble les sous dimensions relatives aux facteurs de risques physiques de TMS : efforts, répétitivité, postures, manutention (quand elle

apparaît comme un item spécifique de l'outil), durée de la tâche, temps de récupération, vibrations et les chocs avec la main.

- La dimension psychosociale qui rassemble les sous dimensions relatives aux facteurs de risques psychosociaux en lien avec les TMS : le travail monotone, le travail cadencé, le contrôle sur la situation de travail, le contenu cognitif de la tâche, le support social et le stress.
- La dimension des déterminants externes relatifs aux facteurs de risques liés à l'environnement de travail notamment les déterminants de la situation de travail relevés dans les outils et qui ont un impact sur le risque de TMS. Cette dimension rassemble les sous-dimensions : éclairage, encombrement au poste de travail, température ambiante au poste de travail.
- La dernière dimension retenue concerne les déterminants internes relatifs aux facteurs de risques liés à l'opérateur, avec les sous dimensions suivantes : sexe de l'opérateur, la localisation d'une éventuelle douleur et l'auto-évaluation de l'intensité d'un effort.

A partir de cette grille, nous avons mené trois niveaux d'analyse des outils d'évaluation du risque de TMS :

- La première analyse consiste à déterminer le nombre et la nature des sous dimensions prises en compte par les outils, afin d'identifier l'étendue du traitement multifactoriel du risque de TMS réalisé par l'outil. Pour cela, nous avons classé les items des outils dans les sous-dimensions de la grille d'analyse.
- La deuxième analyse consiste à identifier les combinaisons de facteurs de risques de TMS et leur nature hétérogène dans l'outil d'évaluation. Pour cela, nous attribuons une note de 1 ou 2 à chaque sous dimension traitée par l'outil. La note de 1 correspond à un traitement simple de la sous dimension à travers un ou plusieurs items qui relèvent de la question fermée en oui/non. La note de 2 correspond à la combinaison de la sous dimension avec un autre facteur ou à son inclusion dans un calcul, par exemple, l'effort combiné avec la durée.
- La troisième analyse consiste à classer les outils en fonction des utilisateurs potentiels recommandés par les concepteurs de l'outil. Les outils sont classés en fonction des utilisateurs et des dimensions des facteurs de risques qu'ils traitent.

5.2.3. Etude 2 : Méthode d'analyse des usages des outils.

L'analyse de l'usage des outils d'évaluation sur un site industriel s'est faite autour de trois étapes :

- Analyse de l'activité de l'ergonome interne
- Analyse de l'activité de l'ergonome consultant et de l'alternant en ergonomie dans l'usage de l'outil d'évaluation sur le terrain
- Analyse de l'usage collectif des outils d'évaluation du risque de TMS

5.2.3.1. Analyse de l'activité de l'ergonome interne

Pour analyser l'activité de l'ergonome interne, nous avons adapté la grille d'analyse de la Méthode des Défaillance et Substitutions de Ressources (MDSR). Nos entretiens et observations nombreuses avec l'ergonome interne nous ont permis de remplir une grille de lecture comprenant l'artefact habituel utilisé par l'ergonome, la fréquence d'usage de cet artefact, l'élément à substituer, les ressources de substitutions, la valeur qu'attribue l'ergonome interne à cette substitution et les conditions qu'il juge nécessaires à cette substitution.

5.2.3.2. Analyse de l'activité de l'ergonome consultant

Nous avons choisi de nous intéresser à l'activité de l'ergonome consultant lors de l'évaluation MEC dans trois situations représentatives des situations à évaluer au sein du centre de montage de Renault Trucks. Nous avons procédé à des observations systématiques à l'aide d'une grille d'observation. Cette grille d'observation a été déployée pour analyser l'activité de l'ergonome consultant et l'activité d'un alternant en ergonomie réalisant des cotations à l'aide de la fiche MEC. Le Tableau 2 reprend l'ensemble des observations réalisées. Nous avons choisi de relever comme observables le temps, l'opération réalisée par l'ergonome consultant et l'artefact associé à cette opération. Nous avons analysé pour l'ergonome consultant l'évaluation de deux charges de kitting, cinq charges de préparation de sous ensemble et douze charges d'assemblage sur ligne. Des commentaires sont associés si nécessaire pour la compréhension de la situation. Nous relevons aussi le cycle de travail de l'opérateur évalué en notant le moment où il termine la charge de travail pour laquelle il est évalué. Le Tableau 14 donne un exemple de la grille d'observation.

A l'issus des observations, nous avons procédé à un entretien d'auto-confrontation avec l'ergonome consultant, en reprenant les analyses des évaluations que nous donnons en exemple dans la suite des résultats. Le même entretien n'a pas été possible avec l'alternant par manque de temps lors de sa présence dans l'entreprise.

Évaluateur observé	Charge de kitting	Charge de préparation de sous-ensembles	Charges d'assemblage sur ligne de montage	Nombre de jours d'observation
Ergonome consultant	2	5	12	15
Alternant en ergonomie	3	7	0	11

Tableau 2 Observations systématiques : nombre de charges analysées

Pour le détail des observations, la fiche MEC a été séparée en quatre parties qui regroupent les éléments principaux à recueillir :

- La première partie concerne les zones d'atteintes au poste de travail (Figure 22)
- La deuxième partie est la partie de la feuille traitant des postures de l'opérateur (Figure 23)
- La troisième partie traite des manutentions réalisées par l'opérateur (Figure 24)
- La quatrième partie concerne les items traitant de l'environnement du poste de travail et de l'organisation (Figure 25)

Pour établir les chroniques d'activité, nous avons considéré cinq familles d'observations réalisées par l'ergonome consultant :

- Les observations ouvertes qui sont des observations de l'activité de l'opérateur non suivies de note
- Les observations des zones d'atteintes qui sont les éléments de l'activité de l'opérateur suivies de notes dans la partie zone d'atteinte de la fiche MEC
- Les observations des postures qui sont les éléments de l'activité de l'opérateur suivies de notes dans la partie posture de la fiche MEC
- Les observations des manutentions qui sont les éléments de l'activité de l'opérateur suivies de notes dans la partie manutention de la fiche MEC
- Les observations de l'environnement du poste de travail qui sont les éléments de l'activité suivies de notes dans la partie environnement du poste de travail de la fiche MEC.

Nous avons aussi classé les interactions avec l'opérateur en quatre familles :

- La présentation qui rassemble les énoncés dans lesquels l'ergonome rappelle la démarche et les raisons de sa présence à l'opérateur
- Les demandes d'information sur la variabilité où l'ergonome demande à l'opérateur la fréquence d'apparition des différentes variantes de produits au poste de travail
- Les demandes d'information sur les efforts où l'ergonome demande à l'opérateur son ressenti sur les efforts qu'il exerce pour réaliser une opération ou une manutention
- Les demandes d'informations sur l'organisation du travail où l'ergonome demande des informations sur le déroulé du process, ou sur l'organisation de l'activité entre les différents opérateurs présents dans l'unité de production.

CHAPITRE	N°	Items	NA	A Agreement	C-A Condition Agreement	H-P Point dur	Battement	DETAILS DES POINTS ROUGES ET JAUNES
CONCEPTION DES POSTES DE TRAVAIL	1		X	ZONE JAUNE Freq ≤ 30 / h	ZONE JAUNE Freq > 30 / h ou Static > 8 min/h	ZONE JAUNE Freq > 120 / h ou Static > 15 min / h	Nbr de pts jaunes / cycle ou temps	
	2		X	ZONE ROUGE Freq ≤ 15 / h	ZONE ROUGE Freq > 15 / h ou Static > 4 min / h	ZONE ROUGE Freq > 60 / h ou Static > 8 min / h	Nbr de pts rouge / cycle ou temps	
	3	Posture inacceptable 	X	Non	<10 fois par jours	>10 fois par jours		
	4	Un espace pour les pieds et les jambes est disponible sous le poste de travail	X	Oui et > 150 mm	Oui, mais entre 100 et 150 mm	Non et < 100 mm		
	5	Les accès au poste de travail sont conformes (activité principale, maintenance, changement d'outil, appro)	X	Bon	Contraignant	Mauvais		
	6	Le travail est fait sans changement de niveau (pas de marches)	X	Oui	Oui mais pas à tous les cycles <10 fois par jours	Non		
	7	Les déplacements sont dans le sens du flux (Ligne tractée)	X	Marche avant ou static 	Marche latérale 	Marche arrière 		

Figure 22 Partie des zones d'atteintes

MEMBRES SUPERIEURES	8	Est-ce que les efforts sont sollicitants pour les doigts et les mains ? 	X	Freq ≤ 30 / h ou Static ≤ 8 min/h	Freq > 30 / h ou Static > 8 min/h	Freq > 120 / h or Static > 15 min / h	Nbr / cycle time	appui avec le pouce pour finir le cerclage freq= 2fois/palette
	9	Est-ce que les épaules, coude ou les poignets sont dans les zones rouges ? 	X	Freq ≤ 30 / h or Static ≤ 8 min/h	Freq > 30 / h or Static > 8 min/h	Freq > 120 / h or Static > 15 min / h	Nbr / cycle time	
	10	Est-ce que le dos est dans les zones rouges (torsion, flexion) ? 	X	Freq ≤ 30 / h or Static ≤ 8 min/h	Freq > 30 / h or Static > 8 min/h	Freq > 120 / h or Static > 15 min / h	Nbr / cycle time	cerclage des palettes avec le feuilant: passage du feuilant sous les palettes flexion du dos
	11	Est-ce que la nuque est dans les zones rouges ? 	X	Freq ≤ 30 / h or Static ≤ 8 min/h	Freq > 30 / h or Static > 8 min/h	Freq > 120 / h or Static > 15 min / h	Nbr / cycle time	

Figure 23 Partie des postures

EFFORT	12	Les manutentions sont faites dans de bonnes conditions (pièces, outils...)		CHARGE / PIECE	POIDS (kg)	ZONE A,B,C	FREQUENC E	Check the table (write Red or green in the next column if the weight is above/under the value)				RESULTS	
				1	2	3	4	ZONE DE MANUTENTION (GRAPHIE)	FREQUENCE HORAIRE DE MANUTENTION				
									1 à 10/h	10 à 30/h	30 à 60/h		> 60/h
									A	15 kg	12 kg		9 kg
B	10 kg	7 kg	5 kg	3 kg									
C	5 kg	posture contraignante et fréquentiel trop élevé											
Tonnage horaire	Poids moyen	Tonnage horaire révisé	Coef posture	Total freq	Resultats								
16	Marche avec port de charge sur une distance > 5m	Non	Oui et poids ≤ 6 kg	Oui et poids > 6 kg									
17	Risque pour les mains / poignets / doigts (torsion, coincer, cogner...)	Pas de risque		Risque									
18	Manutention des pièces et outils	Effort pour assembler les pièces, utiliser les outils...	Pas d'effort	Effort acceptable	Effort trop important								
19	Positionnement (ajustement, ...) pour prendre et déposer pièces/outils	Facile ou avec une aide (guides...)		Difficile ou en "aveugle" ou sans aide									
20	Changement d'orientation de la pièce / reprise de charge	Non		Oui									
21	Couple de serrage / visseuse pneumatique	Renvoi d'angle < 10 Nm Pistolet < 2 Nm Ou toc de réaction	Sans toc de reaction renvoi d'angle > 10 to < 45 Nm Pistolet > 2 to < 6 Nm	Sans toc de reaction renvoi d'angle > 45 Nm Pistolet > 6 Nm									
22	Effort pour pousser / tirer équipements (aide à la manut.outils...)	Ok	Effort important et < 10h	Effort important et > 10h									

Figure 24 Partie des manutentions

LOGISTICS / BORDER LINE	23	Appro bord de ligne respecte la Site Zone	Côté opérateur production	1200 ≥ H ≥ 800 mm	500 - 1500 mm	< 500 mm or > 1500 mm	
	24	HAUTEUR DES MAINS	Côté opérateur logistique	1200 ≥ H ≥ 800 mm	500 - 1500 mm	< 500 mm or > 1500 mm	
	25	Chariots et Bases roulantes	Effort de manipulation	Pas de difficultés au démarrage et roulage	Effort au démarrage et roulage contraignant et < 10 /h	Effort au démarrage et roulage contraignant et > 10 /h	
ATMOSPHERE	26	Eclairage	Adéquat	Ne peut pas voir correctement	Inadéquat		
	27	Bruit	Ambiance calme	Besoin de parler fort	Incompréhensible		
	28	Temperature (generer par le poste ou à proximité)	Acceptable	Inconfort	Excessif		
	29	Vibrations (outils à mains ou corps entier)	Acceptable	Inconfort	Excessif		
WORK ORGANIZATION	30	Charge mentale et complexité (outils /assemblage ...), diversité produit (variantes, ...)	Pas de complexité, pas de diversité	Complexe /diversité produit mais facile à gérer	Complexe /diversité produit et difficile à gérer		
	31	Il m'est possible de gérer les problèmes de production dans mon temps de cycle	Oui	Oui, mais avec des contraintes / risques	Non		
	32	Y a-t-il de la polyvalence dans l'équipe	Oui au moins une fois par jours	Oui au moins une fois par semaine	Non		
	33	Est-ce que les outils sont utilisés (Aide à la manut...)	Oui	De temps en temps	Non		
	34	Y a-t-il un standard opératoire	Oui	Oui mais il n'est pas respecté	Non		

Figure 25 Partie de l'environnement du poste de travail

5.2.4. Etude 3 : Méthode d'analyse des liens entre l'étape d'évaluation et les systèmes d'instrument de l'entreprise

L'analyse des usages collectifs des outils d'évaluation du risque de TMS a été réalisée lors de deux étapes :

- L'analyse de l'usage des outils d'évaluation par les animateurs lean lors de chantier 3M
- L'analyse de l'usage de l'outil d'évaluation par l'alternant en ergonomie lors de chantier Kaizen

5.2.4.1. L'analyse de l'usage des outils d'évaluation par les animateurs lean lors de chantiers 3M

Les résultats présentés dans cette partie sont issus de la première phase d'observations ouvertes. Ces observations ont été étayées par le recueil des verbalisations auprès des acteurs des situations observées. Dans le cadre de chantiers 3M, nous avons observé une situation d'usage d'un outil d'évaluation du risque de TMS. Nos observations portent sur 2 chantiers 3M, animés par le même animateur *lean*. Dans les deux cas, une période de 40 minutes lors de la journée précédant le chantier a été dédiée à la prise de vidéo par l'animateur *lean* de la situation de travail envisagée pour le chantier. La prise de vidéo a été suivie de la passation de l'outil d'évaluation des risques de TMS appelé fiche MEC. Nous avons relevé pendant cette passation de l'outil, les éléments relevés par l'animateur, et les interactions qu'il avait avec les acteurs de la situation de travail.

Nous avons ensuite suivi en observations ouvertes l'analyse 3M à proprement parler qui est un entretien d'auto-confrontation mené par l'animateur 3M avec l'opérateur titulaire du poste et l'animateur d'équipe. Lors de ces entretiens, nous relevions les éléments évoqués relatifs à l'utilisation de l'outil d'évaluation MEC, mais aussi tout autre élément évoqué par les acteurs en lien avec les TMS. La séance d'auto-confrontation avec l'opérateur du chantier 3M durait une journée entière.

5.2.4.2. L'analyse de l'usage des outils d'évaluation par l'alternant en ergonomie lors de chantier Kaizen

La deuxième partie de l'activité de l'alternant en ergonomie autour de l'outil d'évaluation du risque de TMS a concerné le partage des évaluations réalisées pour l'ensemble de l'îlot concerné par le chantier à une équipe restreinte participant au chantier. Cette restitution se fait sous la forme d'une réunion préalable à la tenue du chantier. Elle a pour but d'informer les principaux acteurs du chantier sur les problématiques autour de la santé des salariés rencontrées sur l'îlot et de faire le point sur l'historique des solutions déjà envisagées pour les problèmes identifiés. Nous avons pu assister à la réunion de restitution avant chantier consécutive à l'évaluation de l'alternant que nous avons analysée. Cette réunion a fait l'objet d'un enregistrement audio que nous avons retranscrit et analysé. Nous définissons comme

énoncé une phrase (sujet, verbe et complément) prononcée à l'oral par le participant. Les participants de cette réunion sont :

- L'alternant en ergonomie qui présente la synthèse de l'évaluation
- L'animateur lean en charge du chantier
- Un opérateur polyvalent de l'îlot
- L'ingénieur méthode rattaché à l'unité de travail
- Le manager de l'unité de travail était initialement convié, mais indisponible au dernier moment.

Nous avons analysé la retranscription de cette réunion suivant trois modalités :

- La répartition de l'ensemble des énoncés dans des catégories de sujets auxquels ils font référence, afin de caractériser la nature des échanges entre les participants
- La répartition des énoncés portant spécifiquement sur le risque de TMS en fonction des facteurs de risques évoqués, afin de caractériser la représentation du risque de TMS partagés par les acteurs au cours de cette réunion
- La répartition des artefacts évoqués lors de la réunion, afin de caractériser le type de source d'informations évoquées lors de la réunion.

5.2.5. Etude 4 : Confrontation des résultats avec les usages des outils d'évaluation dans d'autres organisation

Cette confrontation prend deux formes :

- Des entretiens exploratoires avec les ergonomes d'un groupe de construction automobile.
- Un entretien d'allo-confrontation avec les ergonomes d'un groupe industriel équipementier automobile.

5.2.5.1. Entretiens exploratoires

Les entretiens exploratoires ont été menés sur la base d'une grille d'entretien. Deux ergonomes appartenant au même groupe de construction automobile ont été interviewés par téléphone suivant cette grille d'entretien. Les entretiens ont été enregistrés et retranscrits. Le matériau recueilli lors de ses entretiens est comparé avec les éléments recueillis chez Renault Trucks.

5.2.5.2. Entretien d'allo-confrontation

Un entretien d'allo-confrontation a été mené avec les ergonomes d'un équipementier automobile. Trois ergonomes ont assisté à cet entretien, un ergonome interne à un site industriel du groupe et deux ergonomes référents métiers. Un support d'entretien a été construit sur la base de la grille d'entretien exploratoire et sur l'analyse des usages de l'outil

d'évaluation par l'ergonome consultant chez Renault Trucks. L'entretien a été enregistré en audio et retranscrit. Le matériau recueilli lors de cet entretien est comparé avec les éléments recueillis chez Renault Trucks et lors des entretiens exploratoires.

A retenir :

Dans cette partie, nous avons présenté notre problématique de l'intégration, à de futurs outils d'évaluation du risque de TMS, de caractéristiques plus favorables à l'évaluation du risque de TMS. Cette problématique nous amène à poser trois hypothèses qui vont structurer notre travail de recherche. L'outil d'évaluation du risque de TMS serait potentiellement un instrument médiatisant la relation entre l'évaluateur et son objet, l'évaluation du risque de TMS (1). L'étape d'évaluation du risque de TMS qui organise dans une entreprise l'utilisation de différents outils d'évaluation par différents évaluateurs s'apparente à un système d'instruments (2). Dans une entreprise, ce système d'instruments doit communiquer avec les autres systèmes d'instruments en place pour permettre une prévention durable du risque de TMS (3). En effet, le contexte de notre recherche a montré, tant chez Inoprod que chez Renault Trucks, que ces entreprises étaient marquées par un contexte multidisciplinaire. Chez Inoprod le contexte évolue de la conception de produits, à l'organisation industrielle et le conseil en entreprise. L'entreprise Renault Trucks est marquée quant à elle par un contexte de lean manufacturing très présent avec un modèle d'amélioration continue qui cherche à s'adapter.

Pour tester nos hypothèses, nous avons décidé de mener quatre études. La première étude est dédiée à l'analyse de 19 outils d'évaluation du risque de TMS afin d'obtenir un aperçu du regard que portent ses outils sur les facteurs de risque de TMS. Nous cherchons ici à définir les propriétés de l'outil d'évaluation du risque de TMS comme instrument. La deuxième étude est l'analyse des usages des outils d'évaluation sur un terrain industriel. Il s'agit ici d'explorer la structuration des systèmes d'instruments liés aux outils d'évaluation. La troisième étude concerne l'analyse des liens entre l'évaluation du risque de TMS et les autres systèmes d'instruments. Nous analysons une réunion de restitution de l'évaluation du risque de TMS dans le cadre de chantier Kaizen. Il s'agit d'explorer les modalités de communication entre l'évaluation du risque de TMS et les autres systèmes d'instruments en vue d'une prévention durable des TMS. La quatrième étude questionne l'organisation de l'étape d'évaluation du risque de TMS dans deux autres entreprises du secteur automobile. Il s'agit ici de vérifier si nous retrouvons la structuration de l'étape d'évaluation du risque de TMS dans un système d'instruments et quels sont les mécanismes de communication mis en œuvre dans ces entreprises pour une prévention durable du risque de TMS.

Dans la partie suivante, nous présentons les résultats recueillis lors de ses études qui nous permettent de tester nos hypothèses. Nous détaillons au fur et à mesure la méthodologie particulière de chaque étude.

PARTIE RESULTATS

L'objectif de cette partie est de présenter nos résultats de recherche suivant la méthodologie générale présentée dans le chapitre 5. Nos résultats visent à comprendre les outils d'évaluation du risque de TMS et l'usage qui en est fait dans différents contextes industriels afin d'établir des repères de conception pour de futurs outils.

Cette partie comprend 5 chapitres. Les quatre premiers chapitres (6 à 9) reprennent les quatre études que nous avons menées. Le cinquième chapitre rassemble nos propositions sur les repères de conception de futurs outils d'évaluation du risque de TMS.

Le chapitre 6 présente notre analyse de 19 outils d'évaluation du risque de TMS. Cette étude questionne les facteurs de risque de TMS pris en compte par les outils, les combinaisons de facteurs de risques qu'ils permettent. Enfin, nous mettons en parallèle le regard sur le risque de TMS porté par l'outil et l'utilisateur potentiel pressenti par les concepteurs pour son utilisation.

Le chapitre 7 détaille l'analyse de l'usage d'outils d'évaluation du risque de TMS par les utilisateurs sur un terrain industriel. Nous analysons l'usage des outils d'évaluation par différents utilisateurs intervenant à différents niveaux de l'étape d'évaluation du risque de TMS.

Le chapitre 8 présente les liens entre l'étape d'évaluation du risque de TMS et d'autres systèmes d'instruments dans l'entreprise. Nous analysons une réunion de restitution de l'évaluation du risque de TMS dans le cadre de chantiers *Kaizen*.

Le chapitre 9 présente les étapes d'évaluation pour d'autres terrains industriels. Nous souhaitons questionner la portée de nos résultats initiaux sur l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS.

Le chapitre 10 présente nos repères de conception pour un futur outil d'évaluation du risque de TMS.

A la suite de cette partie, nous discuterons des apports, limites et de la portée de nos travaux.

Chapitre 6 : Etude 1 : Analyse des outils d'évaluation du risque de TMS

Ce chapitre reprend les résultats obtenus lors de notre analyse des outils d'évaluation du risque de TMS. Cette analyse a pour but d'explorer les propriétés des outils d'évaluation au regard de leur objet qui est l'évaluation du risque de TMS et vise à répondre en partie à notre première hypothèse qui pose l'outil d'évaluation du risque de TMS comme un instrument médiatisant l'activité de son utilisateur. A ce titre, cet outil possède des propriétés participant à la création des schèmes d'usages de l'outil ce que nous nous proposons d'explorer dans ce chapitre. Notre analyse porte sur un échantillon de 19 outils d'évaluation du risque de TMS.

6. Analyse des outils d'évaluation du risque de TMS

Ce chapitre présente les résultats de l'analyse des outils d'évaluation du risque de TMS composant notre échantillon extrait du site internet de l'INRS et de notre terrain de recherche. Cette analyse des outils a pour but de caractériser les qualités intrinsèques des outils d'évaluation du risque de TMS et le regard qu'ils permettent de porter sur le risque de TMS. Cette analyse des outils d'évaluation du risque de TMS se déroule en trois étapes :

- Analyse de la multi-factorialité du risque de TMS pris en compte par les outils d'évaluation du risque de TMS.

Cette analyse nous permettra d'établir quels aspects du risque de TMS sont traités en fonction de l'outil analysé et quelles dimensions du risque de TMS sont abordées dans l'évaluation du risque de TMS qu'il permet.

- Identification des combinaisons de facteurs de risque permises par les outils d'évaluation du risque de TMS.

Le risque de TMS étant un risque s'accroissant par la combinaison des facteurs de risques, l'identification des combinaisons possibles nous permettra de déterminer quels outils sont capables de traiter la complexité du risque de TMS et entre quels facteurs de risques sont établies ces combinaisons.

- Analyse des utilisateurs potentiels des outils d'évaluation du risque de TMS selon les critères définis par les concepteurs.

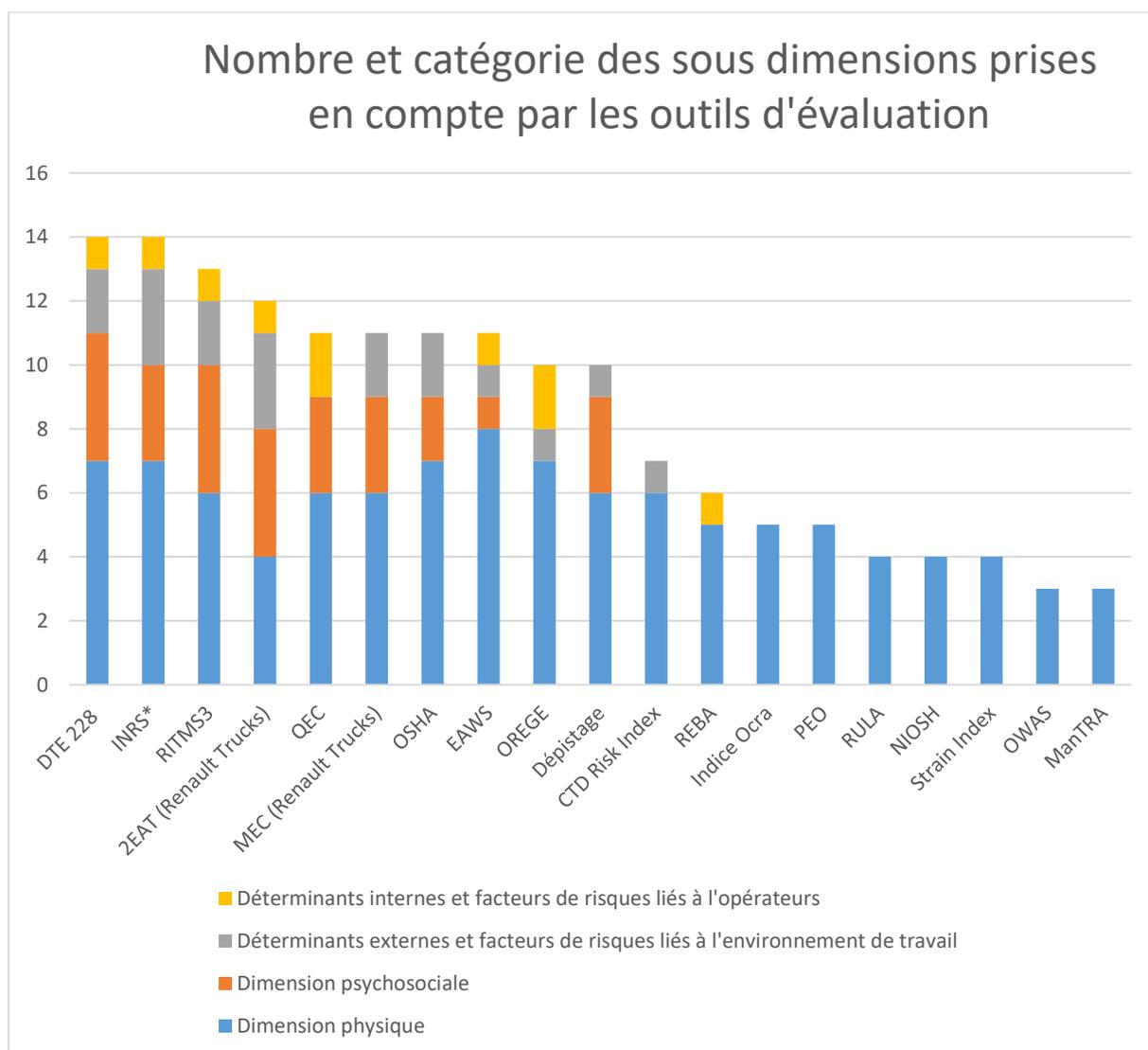
Enfin, l'analyse des utilisateurs potentiels des outils d'évaluation du risque de TMS nous permettra de mettre en lien les caractéristiques des outils d'évaluation du risque de TMS, la complexité du traitement du risque de TMS qu'ils permettent et le niveau de compétence souhaité des utilisateurs de ses outils.

6.1. Multi factorialité de l'évaluation du risque de TMS par les outils

Pour réaliser cette analyse, nous avons regroupé les facteurs de risques présents dans les modèles étiologiques du risque de TMS en quatre dimensions : la dimension physique, la dimension psychosociale, la dimension des déterminants externes et la dimension des déterminants internes. Dans ses dimensions, les facteurs de risques sont regroupés sous la désignation de sous dimensions et sont répartis de la façon suivante :

- La dimension physique rassemble les sous dimensions relatives aux facteurs de risques physiques de TMS : efforts, répétitivité, postures, manutention (quand elle apparait comme un item spécifique de l'outil), durée de la tâche, temps de récupération, vibrations et les chocs avec la main.
- La dimension psychosociale rassemble les sous dimensions relatives aux facteurs de risques psychosociaux en lien avec les TMS : le travail monotone, le travail cadencé, le contrôle sur la situation de travail, le contenu cognitif de la tâche, le support social et le stress. Ces facteurs de risque ne représentent pas l'ensemble des facteurs de risque identifiés par l'étiologie des TMS dans la dimension psychosociale. Les autres facteurs de risque étant absent des outils d'évaluation, nous avons choisi par souci de lisibilité de ne pas les inclure dans les résultats.
- La dimension des déterminants externes relatifs aux facteurs de risques liés notamment à l'environnement de travail rassemble les sous-dimensions : éclairage, encombrement au poste de travail, température ambiante au poste de travail.
- La dernière dimension retenue concerne les déterminants internes relatifs aux facteurs de risques liés à l'opérateur et rassemble les sous dimensions suivantes : sexe de l'opérateur, la localisation d'une éventuelle douleur et l'auto-évaluation de l'intensité d'un effort. De même que pour la dimension psychosociale, les facteurs de risques identifiés dans l'étiologie des TMS ne sont pas tous présents. Nous pourrions questionner la sous-dimension des compétences par exemple. Mais étant absentes de l'ensemble des outils d'évaluation analysés et par souci de lisibilité, nous avons encore choisi de ne pas les présenter dans les résultats.

Le Graphique 1 rassemble les résultats de l'analyse du nombre et de la nature des sous-dimensions prises en compte par les outils.



Graphique 1 Nombre et catégorie des sous dimensions prises en compte par les outils d'évaluation du risque de TMS¹

Au niveau de la multi-factorialité, cinq outils (EAWS, Méthode d'évaluation de la charge physique de travail, RITMS3, 2EAT, DTE 228) traitent des quatre catégories de l'analyse : physique, psychosociale, déterminants internes et externes de l'activité. Trois outils (MEC, OSHA, Dépistage) traitent des catégories physique, psychosociale et déterminants externes sans aborder la question des déterminants internes. Un outil (QEC) traite des sous dimensions dans les catégories physiques, psychosociale et déterminants internes, sans prendre en compte les déterminants externes. Un outil (OREGE) traite des sous dimensions dans les catégories physiques, déterminants internes et déterminants externes. Un outil (CTD Risk Index) traite des catégories physiques et déterminants externes. Un outil (REBA) traite des catégories physiques et déterminants internes. Enfin, sept outils (Indice Ocra, PEO, RULA, OWAS, NIOSH, ManTRA, Strain Index) traitent uniquement la catégorie physique.

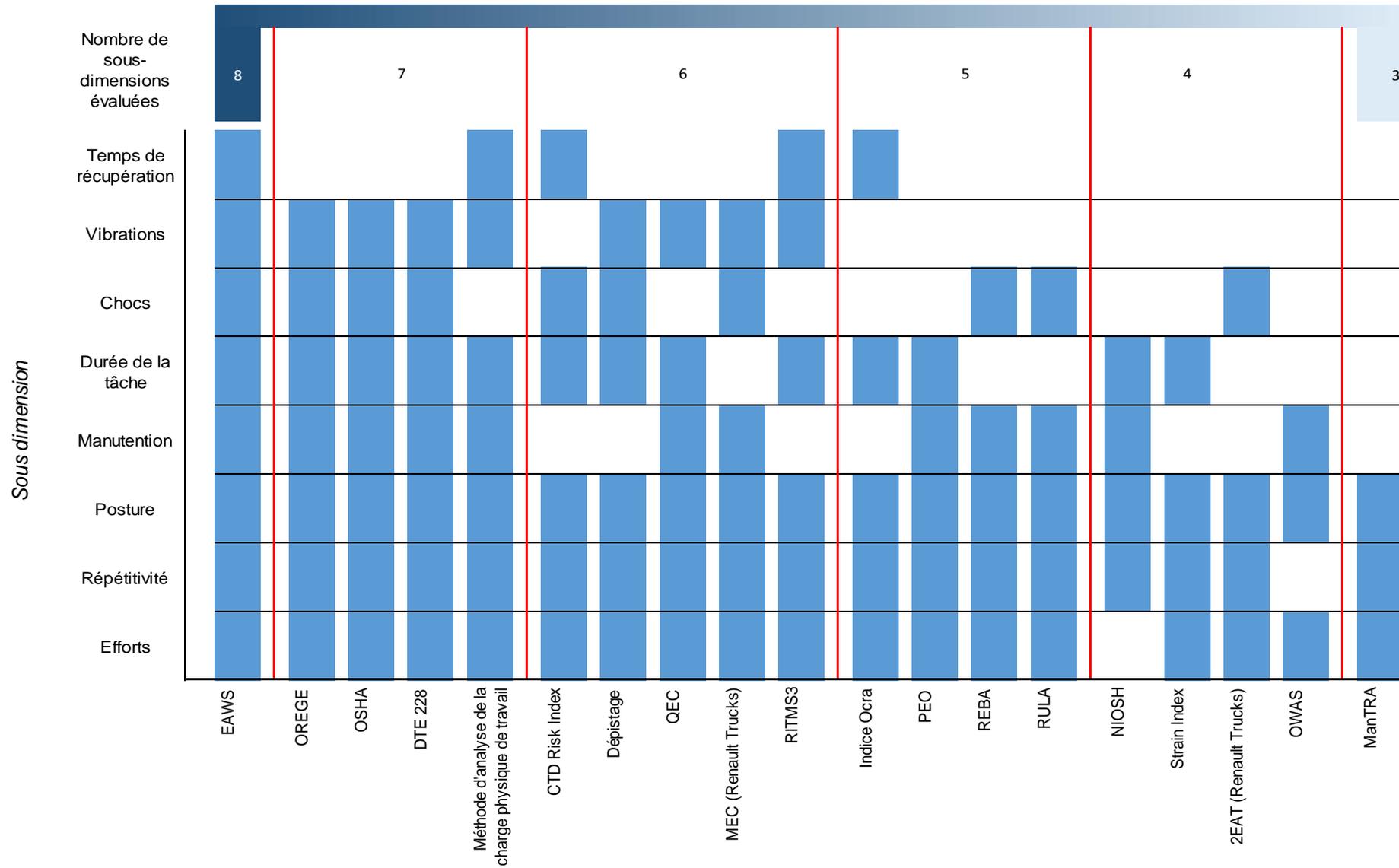
¹ * Méthode d'évaluation de la charge physique de travail produit par l'INRS

Ce premier traitement nous montre la prédominance de la dimension physique dans les outils d'évaluation du risque de TMS puisqu'il est traité dans 100% des outils de notre échantillon et que c'est la seule dimension évaluée dans 36% des outils. La dimension des déterminants externes est abordée dans 52% des outils, ce qui tend à montrer l'importance donnée dans le traitement du risque de TMS aux dimensions locales du poste de travail. La dimension psychosociale est abordée dans 47% des outils, ce qui montre une volonté d'enrichissement des outils d'évaluation dans leur regard sur le risque de TMS. La dimension des déterminants internes est traitée dans 42% des outils, ce qui indique aussi une volonté de prise en compte de la subjectivité du travail pour un certain nombre d'entre eux. A contrario, 42% des outils semblent ne nécessiter aucune interaction avec l'opérateur pour donner une évaluation du risque de TMS, c'est-à-dire qu'ils ne s'intéressent ni à la dimension psychosociale, ni à la dimension interne du risque de TMS et ont une approche du risque basée uniquement sur l'observation des comportements de l'opérateur et de son environnement.

6.1.1. La dimension physique dans les outils d'évaluation du risque de TMS

Le traitement de la dimension physique du risque de TMS par les outils d'évaluation est présenté dans le Graphique 2.

Traitement de la dimension physique par les outils d'évaluation du risque de TMS



Outil d'évaluation du risque de TMS

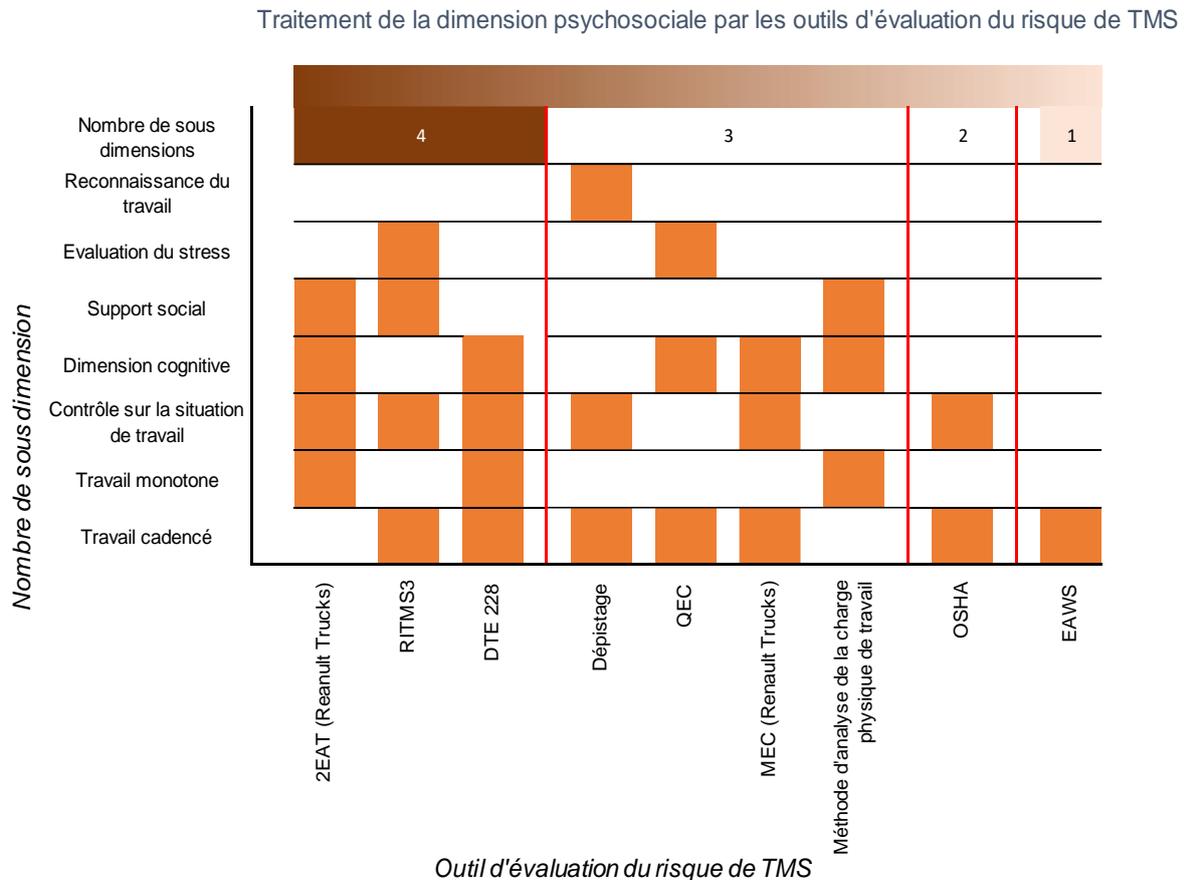
Graphique 2 Traitement de la dimension physique par les outils d'évaluation du risque de TMS

Un outil traite les huit sous dimensions de la catégorie présentes dans notre grille de lecture : EAWS. Quatre outils (OREGE, OSHA, DTE 228, Méthode d'évaluation de la charge physique de travail) traitent de sept sous dimensions en mettant de côté la sous dimension des temps de récupération ou des chocs. Cinq outils (CTD Risk Index, QEC, MEC, Dépistage, RITMS3) traitent six sous dimensions de la catégorie physique. Trois outils (Indice Ocra, PEO, REBA), traitent cinq sous dimensions, quatre outils (2EAT, RULA, NIOSH, Strain Index) traitent quatre sous dimensions et deux outils (OWAS, ManTRA), traitent de trois sous dimensions.

Le traitement de la dimension physique est hétérogène selon les outils, par exemple, le choix d'inclure les chocs ou les vibrations dans l'outil d'évaluation du risque de TMS n'est pas systématique. Le traitement de la dimension temporelle peut se faire selon la durée globale de travail de l'opérateur ou selon la répétitivité des actions, la première modalité s'intéressant à l'organisation du travail et la deuxième à l'activité réelle de l'opérateur. Le traitement du temps de récupération ne s'intéresse qu'aux pauses formelles que l'entreprise autorise aux salariés. Aucun outil ne s'intéresse au temps de récupération intra et inter cycle dans l'activité de travail. La manutention est traitée de manière ambivalente, parfois elle constitue un élément spécifique de l'outil avec un ou plusieurs items dédiés, parfois elle n'est pas traitée, l'évaluateur doit alors l'insérer dans l'évaluation des efforts et des postures (Dépistage, CTD Risk Index, Indice Ocra, ManTRA). Cette question des manutentions dans une catégorie propre pose un problème ambigu. En effet, les catégories manutention, effort et posture sont liées entre elles. Une manutention est la combinaison d'un effort pour soulever un objet et d'une posture pour atteindre cet objet ; quand, une posture est la manutention d'un segment corporel autour d'une articulation. De même que, sans passage d'un état postural à un autre, il n'y a pas de mouvement et il y a très peu de situations de travail qui consistent à appliquer un effort statique dans la position anatomique de référence. Le traitement des efforts, de la répétitivité et de la posture est présent dans tous les outils d'évaluation du risque de TMS.

La volonté d'avoir des outils s'adaptant à un grand nombre de contextes industriels et permettant une évaluation rapide du risque de TMS semble donc conduire à resserrer l'évaluation du risque de TMS autour des facteurs de risques les plus facilement observables au poste de travail.

6.1.2. La dimension psychosociale dans les outils d'évaluation du risque de TMS



Graphique 3 Traitement de la dimension psychosociale par les outils d'évaluation du risque de TMS.

Le traitement de la dimension psychosociale (Graphique 3) n'est fait que dans neuf outils sur les 20 de notre échantillon. Parmi eux, trois (2EAT, DTE 228, RITMS3) traitent quatre sous dimensions, quatre outils (QEC, MEC, Dépistage, méthode d'analyse de la charge physique de travail) traitent trois sous dimensions, un outil (OSHA) traite deux sous dimensions et un outil (EAWS) traite une seule sous dimension. Bien qu'étant présentées de manières séparées, ces sous-dimensions ne sont pas indépendantes les unes des autres. Ainsi, le travail cadencé et un faible contrôle sur la situation de travail peuvent mener à l'apparition du sentiment de monotonie du travail. Le travail monotone est traité par trois outils : DTE 228, 2EAT et la méthode d'évaluation de la charge physique de travail. Le travail cadencé est évalué par sept outils : EAWS, 2EAT, MEC, OSHA, DTE 228, RITMS3 et Dépistage. Sept outils appréhendent le contrôle de l'opérateur sur la situation de travail : 2EAT, Méthode d'analyse de la charge physique de travail MEC, OSHA, DTE 228, RITMS3 et Dépistage. La reconnaissance du travail n'est abordée que par Dépistage. La dimension cognitive de l'activité est abordée dans les outils de Renault trucks, le QEC et le DTE 228 à travers le nombre d'opérations ou d'informations nécessaires pour réaliser l'activité ou la complexité d'accès à l'information. La possibilité d'avoir un support social est prise en compte par l'outil 2 EAT, RITMS3 et la méthode d'évaluation de la charge physique de travail. L'évaluation du stress n'est traitée que par le QEC et RITMS3. Le traitement simple et peu répandu du stress dans les outils

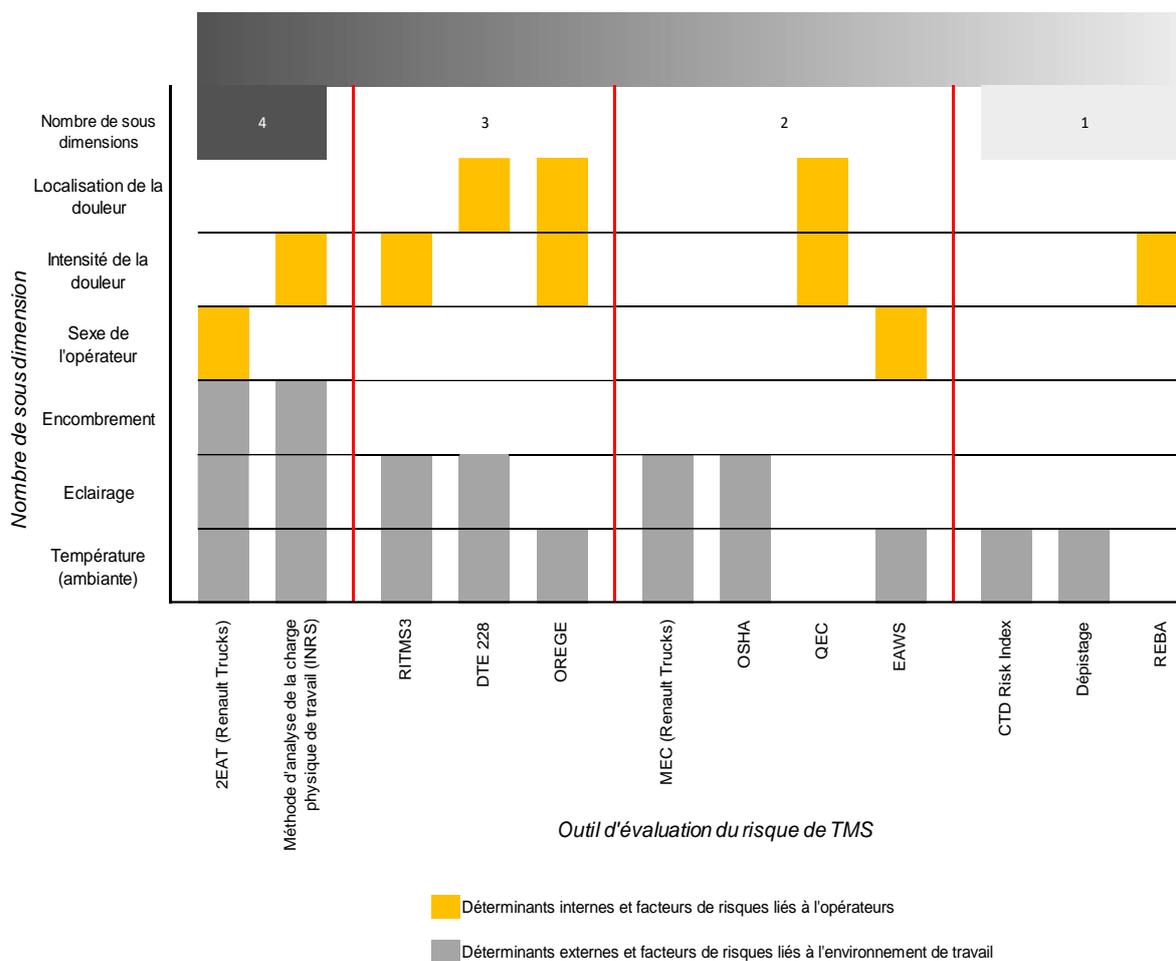
d'évaluation du risque de TMS nous semble un indicateur fort de la difficulté d'aborder les facteurs psychosociaux dans les outils d'évaluation. Les modèles étiologiques nous indiquent que le stress est la traduction du climat psychosocial. Il a un impact direct sur l'activité physique des opérateurs en influençant par les mécanismes physiopathologiques les mouvements et les capacités de récupération des muscles. Le non traitement du stress dans les outils d'évaluation du risque de TMS reflète les difficultés à aborder et à traiter les éléments psychosociaux de manière combinée avec les facteurs de risques physiques et à faire le lien entre le volet visible des comportements dans l'activité et le volet invisible des mécanismes psychosociaux de l'individu au travail. Pourtant, des outils existent pour l'évaluation du stress au travail et leur intégration dans les outils d'évaluation du risque de TMS est possible.

Dans le cadre actuel, les outils d'évaluation du risque de TMS analysés renvoient à l'évaluation du risque de RPS par d'autres outils en indiquant qu'ils existent, mais laissant reposer l'évaluation de l'exposition aux RPS et aux facteurs de risques psychosociaux impliqués dans l'apparition du risque de TMS aux compétences et aux connaissances de l'évaluateur en évaluation du risque de RPS.

6.1.3. Les dimensions des déterminants internes et externes dans les outils d'évaluation du risque de TMS

Pour la dimension des déterminants externes et facteurs de risques liés à l'environnement de travail (Graphique 4), deux outils d'évaluation du risque de TMS (2EAT, Méthode d'évaluation de la charge physique de travail) traitent trois sous dimensions de la catégorie. Quatre outils (DTE 228, OSHA, MEC, RITMS3) traitent deux sous dimensions dans la catégorie et trois outils (EAWS, CTD Risk Index, Dépistage) ne traitent qu'une sous dimension de cette catégorie.

Traitement de la dimension des déterminants par les outils d'évaluation du risque de TMS



Graphique 4 Traitement des dimensions des déterminants par les outils d'évaluation du risque de TMS

Deux outils (OREGE, QEC) traitent de deux sous dimensions de la catégorie des déterminants internes et facteurs de risques liés à l'opérateur (Graphique 4). Six outils (DTE 228, REBA, 2EAT, EAWS, méthode d'évaluation de la charge physique de travail, RITMS3) traitent d'une seule sous dimension.

L'échantillon d'outils analysés montre que le traitement multidimensionnel du risque de TMS est pris en compte dans 63% des outils analysés. Le traitement de la multi-factorialité est très inégal dans le nombre de sous-dimensions incluses dans l'analyse en plus de la dimension physique. Un outil évalue l'ensemble les sous dimensions de la dimension physique retenues dans notre grille d'analyse (EAWS). Deux outils traitent entièrement les sous dimensions des facteurs de risques liés aux déterminants externes retenues dans notre grille d'analyse (2EAT, méthode d'analyse de la charge physique de travail). Aucun outil ne traite de tous les facteurs de risque de TMS dans toutes les dimensions du risque de TMS.

6.2. Type de traitement permis par les outils d'évaluation du risque de TMS

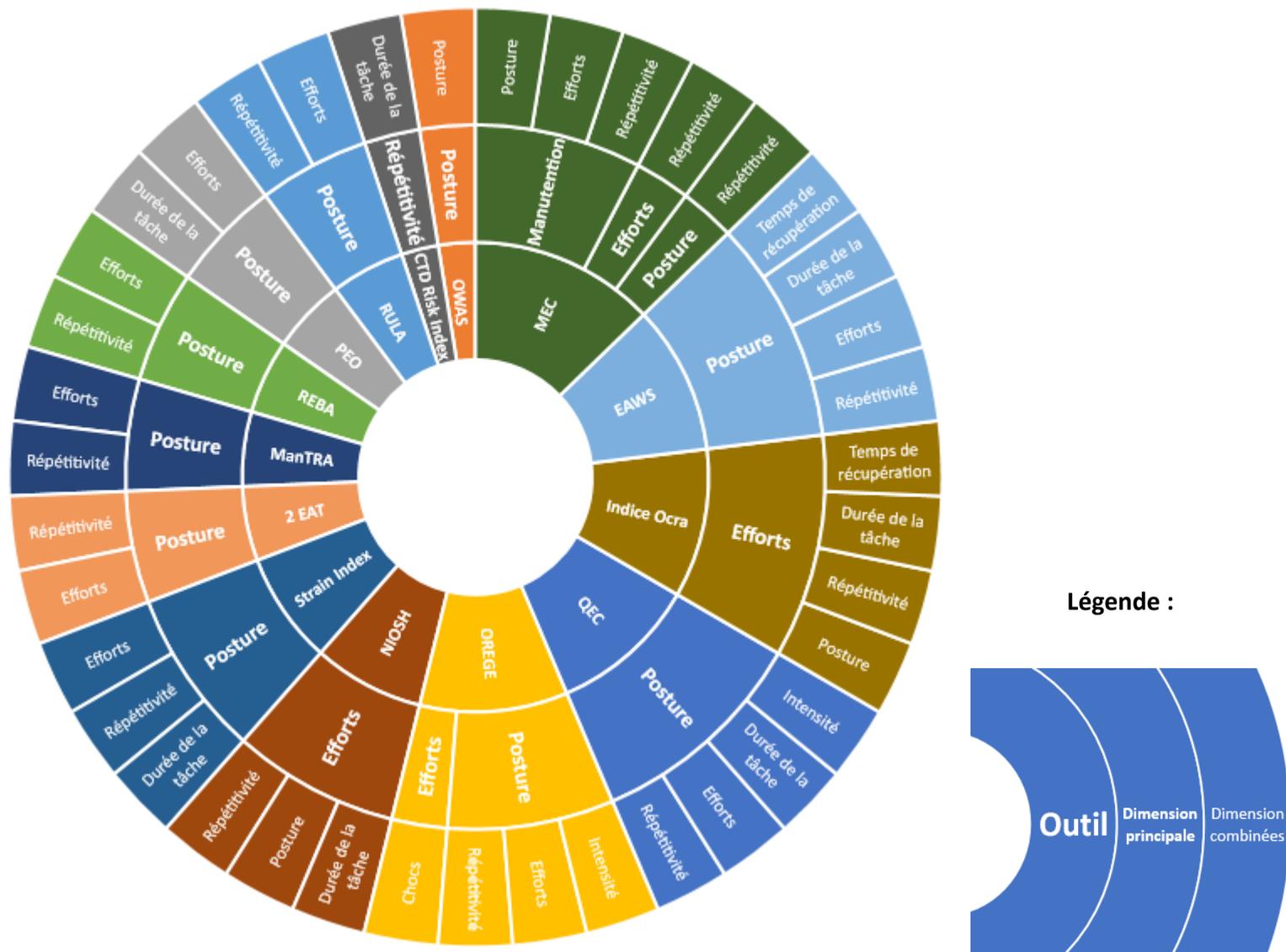
La deuxième étape de l'analyse des outils est celle du type de traitement de la combinaison des facteurs de risques de TMS permis par les outils. Le Graphique 5 rassemble les combinaisons de facteurs proposées dans les outils d'évaluation du risque de TMS. Le cercle interne du graphique indique le nom de l'outil, le deuxième cercle indique la ou les dimensions principales évaluées par l'outil, le troisième cercle indique les facteurs de risques combinés avec cette dimension pour le calcul du score. La combinaison des facteurs de risques se fait dans le résultat de l'évaluation, soit sous la forme de tables psychophysiques (tables de Snook) qui sont des tableaux permettant la combinaison de deux facteurs de risque, soit par un coefficient multiplicateur appliqué entre les sous dimensions ainsi combinées. Sur l'échantillon analysé, 14 outils tiennent compte de la combinaison de facteurs dans neuf sous dimensions : efforts, répétitivité, posture, manutention, chocs, durée de la tâche, temps de récupération, vibrations et intensité du ressenti de l'opérateur. Le plus grand nombre de sous dimensions traitées de façon combinée relève de la dimension physique. De même, le type de combinaison permis par les outils varie. Certains proposent des combinaisons sur la base de tables psychophysiques de Snook et Ciriello (RULA, REBA, QEC), d'autres sont des équations soit basées sur la recherche scientifique (NIOSH, EAWS), soit sur le travail normatif (MEC).

L'échantillon analysé comprend neuf outils permettant une évaluation combinée des sous dimensions Efforts, Répétitivité et Posture. Il s'agit de RULA, QEC, REBA, Strain Index, ManTRA, EAWS, OREGÉ, l'indice Ocra et de 2EAT. Les manutentions sont traitées de manière combinée dans quatre outils : EAWS, PEO, NIOSH et la fiche MEC. D'autres outils sont spécialisés dans l'analyse de la posture de travail : RULA, OWAS, REBA ou des manutentions (NIOSH). Enfin, certains outils prêtent une attention particulière à la répétitivité (CTD Risk Index). La durée de la tâche fait partie de la combinaison des facteurs dans huit outils : QEC, Strain Index, NIOSH, ManTRA, EAWS, l'indice OCRA, PEO et le CTD Risk Index. Les temps de récupération sont traités de manière combinée par EAWS et l'indice Ocra qui partagent le même principe d'évaluation.

Aucune sous dimension de la catégorie des facteurs de risques psychosociaux ou de la catégorie des déterminants externe n'est traitée de manière combinée par les outils d'évaluation du risque de TMS. Les outils d'évaluation du risque de TMS permettent bien de questionner divers facteurs psychosociaux qui permettent d'approcher la boîte noire du stress, mais seule la combinaison de ces différents facteurs psychosociaux dans l'évaluation permettrait de rendre compte du niveau de stress perçu par l'opérateur dans la situation de travail, ce qui n'est pas fait dans les outils analysés. De même, les déterminants externes comme l'éclairage ou la température des lieux de travail ne sont pas mis en lien avec des éléments comme les postures ou comme la durée d'exposition à des ambiances froides ou chaudes.

Enfin, l'intensité des efforts nécessaires à l'opérateur pour réaliser son activité est traitée de manière combinée avec les autres sous dimensions dans deux outils : OREGÉ et QEC. Le traitement apporté par ces outils consiste à demander à l'opérateur son ressenti par rapport aux éléments (posture, effort, répétitivité, manutention) observés dans l'activité par l'évaluateur. Cette façon de traiter le risque de TMS laisse toute sa place à l'opérateur et demande de nombreuses interactions. C'est aussi pour cela qu'elle n'est pas fortement répandue dans les outils d'évaluation du risque de TMS, parce que considérée comme discutable par les différents acteurs de la situation de travail sur la base de la subjectivité de l'évaluation. Elle demande aussi beaucoup de temps d'interaction avec l'opérateur, ce qui peut être d'une mise en pratique délicate quand il faut interrompre la production de l'opérateur pour l'évaluation du risque de TMS.

Combinaisons des facteurs de risques physiques dans les outils d'évaluation



Graphique 5 Combinaisons des facteurs de risques dans les outils d'évaluation du risque de TMS

En conclusion, le traitement combiné des facteurs de risques de TMS dans les outils d'évaluation recouvre des réalités très disparates en fonction des outils. En effet, que ce soit au niveau des seuils à appliquer aux segments corporels évalués ou même du vocabulaire employé dans la fiche de l'outil, le traitement combiné permis par un outil n'est pas identique à celui permis par un autre outil. A titre d'exemple, nous vous présentons les seuils, appellations et combinaisons permis par trois outils d'évaluation qui font partie de notre analyse. Nous avons choisi spécifiquement ces trois outils parce que nous avons eu la possibilité de les utiliser pour l'évaluation du risque de TMS au cours de cette recherche.

6.2.1. L'exemple de l'outil interne Renault Trucks (fiche MEC)

Le Tableau 3 présente les seuils et combinaisons des sous dimensions proposées par l'outil MEC qui est l'outil d'évaluation du risque de TMS utilisé sur notre terrain d'étude principal. Cet outil propose une évaluation du risque de TMS autour de trois sous dimensions principales : les postures, les efforts et les manutentions.

La sous dimension des postures propose une évaluation autour de trois segments corporels : les membres supérieurs, le tronc et la nuque, avec des seuils différents exprimés en degrés applicables pour chacun des segments, mais aussi en fonction du type de mouvement réalisé (flexion ou torsion). Cette sous dimension est combinée avec la répétitivité dont les seuils sont exprimés en nombre d'action par heure ou en nombre de minute par heure en cas de posture statique.

La sous dimension des efforts doit répondre à la seule condition d'être observée par l'évaluateur, ce qui est un critère fixé par l'entreprise. De la même manière que la posture, les efforts sont combinés avec la sous dimension de la répétitivité de la même manière que la posture.

La troisième sous dimension évaluée de manière combinée par l'outil est la sous dimension des manutentions. Cette sous dimension est en fait une combinaison entre un effort exprimé en kilogramme, une posture déterminée par la hauteur de mains lors de la prise ou de la dépose et la répétitivité exprimée en nombre de manutentions par heure. Le seuil des efforts est variable en fonction de la hauteur des mains lors de la pose ou de la dépose de l'élément manutentionné.

L'outil MEC est un outil d'évaluation du risque de TMS développé par un industriel. Les seuils adoptés dans cet outil découlent de plusieurs normes (X 35-106, X 35-109) et de la recherche scientifique. Le choix a été fait de laisser des unités physiques et mesurables pour déterminer les seuils afin d'éviter les conflits d'interprétation.

Outil : MEC

	Sous dimension principale	Critères				Sous dimension combinée	Critères			Sous dimension combinée	Critères			
		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3	Seuil 4		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3	Seuil 4
Posture	Posture des épaules (flexion)	$X < 60^\circ$	$60^\circ < X < 90^\circ$	$90^\circ < X$		Répétitivité	$X \leq 30/h$ (dynamique) ; $\leq 8min/h$ (statique)	$30/h < X < 120/h$ (dynamique) ; $8min/h < X < 15min/h$ (statique)	$120/h < X$ (dynamique) ; $15min/h < X$ (statique)					
	Posture du coude (flexion)	$X < 60^\circ$	$X > 60^\circ$			Répétitivité	$X \leq 30/h$ (dynamique) ; $\leq 8min/h$ (statique)	$30/h < X < 120/h$ (dynamique) ; $8min/h < X < 15min/h$ (statique)	$120/h < X$ (dynamique) ; $15min/h < X$ (statique)					
	Posture du poignet (flexion/extension)	$-20^\circ < X < 30^\circ$	$X < -20^\circ$ ou $30^\circ < X$			Répétitivité	$X \leq 30/h$ (dynamique) ; $\leq 8min/h$ (statique)	$30/h < X < 120/h$ (dynamique) ; $8min/h < X < 15min/h$ (statique)	$120/h < X$ (dynamique) ; $15min/h < X$ (statique)					
	Posture du dos (flexion)	$0^\circ < X < 20^\circ$	$20^\circ < X < 45^\circ$	$X < 0^\circ$ ou $45^\circ < X$		Répétitivité	$X \leq 30/h$ (dynamique) ; $\leq 8min/h$ (statique)	$30/h < X < 120/h$ (dynamique) ; $8min/h < X < 15min/h$ (statique)	$120/h < X$ (dynamique) ; $15min/h < X$ (statique)					
	Posture du dos (torsion frontale)	- $15^\circ < X < 15^\circ$	$-15^\circ < X < -45^\circ$ ou $15^\circ < X < 45^\circ$	$X < -45^\circ$ ou $45^\circ < X$		Répétitivité	$X \leq 30/h$ (dynamique) ; $\leq 8min/h$ (statique)	$30/h < X < 120/h$ (dynamique) ; $8min/h < X < 15min/h$ (statique)	$120/h < X$ (dynamique) ; $15min/h < X$ (statique)					
	Posture du dos (torsion sagittale)	- $15^\circ < X < 15^\circ$	$-15^\circ < X < -30^\circ$ ou $15^\circ < X < 30^\circ$	$X < -30^\circ$ ou $30^\circ < X$		Répétitivité	$X \leq 30/h$ (dynamique) ; $\leq 8min/h$ (statique)	$30/h < X < 120/h$ (dynamique) ; $8min/h < X < 15min/h$ (statique)	$120/h < X$ (dynamique) ; $15min/h < X$ (statique)					
	Posture de la nuque (flexion)	$0^\circ < X < 15^\circ$	$15^\circ < X < 30^\circ$	$X < 0^\circ$ ou $30^\circ < X$		Répétitivité	$X \leq 30/h$ (dynamique) ; $\leq 8min/h$ (Statique)	$30/h < X < 120/h$ (dynamique) ; $8min/h < X < 15min/h$ (statique)	$120/h < X$ (dynamique) ; $15min/h < X$ (statique)					

Outil : MEC

	Sous dimension principale	Critères				Sous dimension combinée	Critères			Sous dimension combinée	Critères			
		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3	Seuil 4		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3	Seuil 4
		Posture de la nuque (torsion sagittale)	- 15°<X<15°	-15°<X<-30° ou 15°<X<30°	X<-30° ou 30°<X			Répétitivité	X ≤ 30/h (dynamique) ; ≤ 8min/h (statique)		30/h <X< 120/h (dynamique) ; 8min/h<X<15min /h (statique)	120/h <X (dynamique) ; 15 min /h< X (statique)		
Posture de la nuque (torsion frontale)	- 15°<X<15°	-15°<X<-30° ou 15°<X<30°	X<-30° ou 30°<X		Répétitivité	X ≤ 30/h (dynamique) ; ≤ 8min/h (statique)	30/h <X< 120/h (dynamique) ; 8min/h<X<15min /h (statique)	120/h <X (dynamique) ; 15 min /h< X (statique)						
Efforts	Efforts	Pince digitale, appui				Répétitivité	X ≤ 30/h (dynamique) ; ≤ 8min/h (statique)	30/h <X< 120/h (dynamique) ; 8min/h<X<15min /h (statique)	120/h <X (dynamique) ; 15 min /h< X (statique)					
	Efforts	15 kg	12 kg	9 kg	6 kg	Posture (hauteur des mains)	Inférieure à 800x1200 mm, profondeur 300 mm		Répétitivité	1 à 10/h	10 à 30/h	30 à 60/h	>60/h	
	Efforts	10 kg	7 kg	5 kg	3 kg	Posture (hauteur des mains)	Inférieure à 500x1500mm, profondeur 500mm		Répétitivité	1 à 10/h	10 à 30/h	30 à 60/h	>60/h	
Manutention	Efforts	5 kg				Posture (hauteur des mains)	X < 500 mm ou X <1500 mm profondeur > 500 mm		Répétitivité	1 à 10/h	10 à 30/h	30 à 60/h	>60/h	

Tableau 3 Exemple des combinaisons et des seuils des sous dimensions du risque de TMS permises par l'outil MEC

6.2.2. L'exemple de l'outil QEC

Le Tableau 4 présente les seuils et combinaisons des sous dimensions proposées par l'outil QEC. La sous dimension principale évaluée par cet outil est la sous dimension des postures. Cette sous dimension est évaluée pour quatre segments corporels : le dos, l'épaule, le poignet et la nuque. Pour le segment corporel du dos, la sous dimension de la posture est combinée avec les sous dimensions de la répétitivité, des efforts dans le sens de la manutention et de la durée. Pour les segments corporels de l'épaule et du poignet, la sous dimension de la posture est combinée avec les sous dimensions de la répétitivité, l'intensité de l'effort exprimée par l'opérateur et la durée. Enfin, pour le segment corporel de la nuque, la sous dimension de la posture est combinée avec la sous dimension de la répétitivité. Les seuils définis par l'outil QEC sont fixés par des énoncés parfois sans unité physique mesurable. La manière d'aborder les efforts par l'outil d'évaluation QEC pour les segments corporels de l'épaule et du poignet nécessite de demander le ressenti de l'opérateur sur les efforts observés par l'évaluateur.

Outil : QEC

	Sous dimension principale	Critères			Sous dimension combinées	Critères			Sous dimension combinées	Critères				Sous dimension combinées	Critères		
		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3	Seuil 4		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3
Posture	Posture du dos	En position neutre ou presque	Modérément fléchi (vers l'avant ou sur le côté ou en rotation)	Très fortement fléchi (vers l'avant ou sur le côté ou en rotation)	Répétitivité	Occasionnels (environ 3 fois par minute ou moins)	Fréquents (environ 8 fois par minutes)	Très fréquents (environ 12 fois par minute ou plus)	Efforts (manutention)	Légère	Moyenne ment lourde	Lourde	Très lourde	Durée	Moins de 2 heures	De 2 à 4 heures	Plus de 4 heures
	Posture de l'épaule/bras	A la hauteur de la taille	A la hauteur de la poitrine	A la hauteur des épaules ou au-dessus	Répétitivité	Occasionnellement (de temps à autre)	Fréquentment (régulièrement avec arrêts)	Très fréquemment (de façon continue ou presque)	Intensité (force)	Un peu	Moyenne ment	Beaucoup		Durée	Moins de 2 heures	De 2 à 4 heures	Plus de 4 heures
	Posture du poignet/main	En position neutre la plupart du temps	En extension, flexion, ou en déviation		Répétitivité	10 fois par minute ou moins	De 11 à 20 fois par minute	Plus de 20 fois par minute	Intensité (force)	Un peu	Moyenne ment	Beaucoup		Durée	Moins de 2 heures	De 2 à 4 heures	Plus de 4 heures
	Posture du cou	Flexion			Répétitivité	Non	Occasionnelle	Fréquente									

Tableau 4 Exemple des combinaisons et des seuils des sous dimensions du risque de TMS permises par l'outil QEC

6.2.3. L'exemple de RULA

Le Tableau 5 présente les seuils et combinaisons des sous dimensions proposées par l'outil RULA. La sous dimension principale évaluée par cet outil est la sous dimension des postures. L'outil RULA évalue les postures pour les segments corporels du bras, de l'avant-bras, du poignet, de la nuque, du tronc et des jambes. Pour l'évaluation du risque de TMS sur tous ses segments, la sous dimension des postures est combinée avec la sous dimension des efforts et de la répétitivité. Les seuils de chacune des sous dimensions sont exprimés en unités physiques mesurables.

Cet échantillon d'outil confirme bien que le traitement combiné des sous-dimensions du risque de TMS recouvre des réalités différentes en fonction des outils. La question des seuils se pose dans le sens où les outils sur les mêmes segments corporels peuvent indiquer des seuils différents exprimés en unités physiques. Mais il y a aussi des outils n'exprimant pas les seuils qu'ils appliquent en unités physiques mais en énoncés et qui laissent une plus grande part à l'interprétation de l'évaluateur. Pour une même sous dimension de la posture, trois outils d'évaluation du risque de TMS présentent des types de combinaisons différents, même si nous pouvons noter l'invariant de la combinaison de la posture et de la répétitivité. La séparation et la non combinaison des sous dimensions dans les outils révèle les choix de leurs concepteurs dans ce qui constitue souvent le premier pas de la prise en compte de l'utilisabilité de l'outil pour l'évaluation d'une situation de travail sur un terrain industriel.

Outil : RULA											
	Sous dimension principale	Critères				Sous dimension combinées avec la sous dimension principale	Critères		Sous dimension combinées avec la sous dimension principale	Critères	
		Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3	Seuil 4		Seuil 1	Seuil 2		Seuil 1	Seuil 2
Posture	Posture du bras	$-20^{\circ} < X < 20^{\circ}$	$X < -20^{\circ}$ ou $20^{\circ} < X < 45^{\circ}$	$45^{\circ} < X < 90^{\circ}$	$90^{\circ} < X$	Efforts	$X < 2$ kg	$2\text{kg} < X < 10$ kg	Répétitivité	Action statique ou répétée plus de 4 fois par minute	
	Posture de l'avant-bras	$60^{\circ} < X < 100^{\circ}$	$0^{\circ} < X < 60^{\circ}$	$100^{\circ} < X$		Efforts	$X < 2$ kg	$2\text{kg} < X < 10$ kg	Répétitivité	Action statique ou répétée plus de 4 fois par minute	
	Posture du poignet	0°	$-15^{\circ} < X < 15^{\circ}$ (frontal)	$15^{\circ} < X$ (sagittale)		Efforts	$X < 2$ kg	$2\text{kg} < X < 10$ kg	Répétitivité	Action statique ou répétée plus de 4 fois par minute	
	Rotation du poignet	Non	Oui			Efforts	$X < 2$ kg	$2\text{kg} < X < 10$ kg	Répétitivité	Action statique ou répétée plus de 4 fois par minute	
	Posture de la nuque	$0^{\circ} < X < 10^{\circ}$	$10^{\circ} < X < 20^{\circ}$	$20^{\circ} < X$		Efforts	$X < 2$ kg	$2\text{kg} < X < 10$ kg	Répétitivité	Action statique ou répétée plus de 4 fois par minute	
	Posture du tronc	$0^{\circ} < X < 10^{\circ}$	$10^{\circ} < X < 20^{\circ}$	$20^{\circ} < X < 60^{\circ}$	$60^{\circ} < X$	Efforts	$X < 2$ kg	$2\text{kg} < X < 10$ kg	Répétitivité	Action statique ou répétée plus de 4 fois par minute	
	Posture des jambes	Jambes et pieds bien en appui	Cas contraire			Efforts	$X < 2$ kg	$2\text{kg} < X < 10$ kg	Répétitivité	Action statique ou répétée plus de 4 fois par minute	

Tableau 5 Exemple des combinaisons et des seuils des sous dimensions du risque de TMS permises par l'outil RULA

6.3. Type d'outil en fonction de l'utilisateur potentiel

Le Tableau 6 reprend les résultats des utilisateurs envisagés pour les outils en fonction des facteurs de risques évalués. La première colonne reprend notre caractérisation des utilisateurs visés par les outils d'évaluation, la deuxième colonne présente les outils, la troisième colonne présente les dimensions du risque de TMS traitées par les outils, enfin, la quatrième colonne reprend les appellations exactes des utilisateurs de l'outil données par leurs concepteurs.

Utilisateurs visés	Outils	Dimensions du risque de TMS traitées par l'outil	Utilisateurs tels que définis par les concepteurs de l'outil
Utilisateurs sans compétences en ergonomie ou en prévention des risques professionnels	- OSHA - Dépistage	- Physique - Psychosociaux - Déterminants externes	Tous les préventeurs sans compétences en ergonomie
	- DTE 228 - Méthode d'analyse de la charge physique de travail	- Physique - Psychosociaux - Déterminants externes - Déterminants internes	Binôme membre de l'encadrement/représentant du personnel ou salarié, Groupe de travail
Utilisateurs sensibilisés à la prévention des risques professionnels ou à l'ergonomie	OWAS	Physique	Ingénieurs d'étude
	QEC	- Physique - Psychosociaux - Déterminants internes	Occupational Safety and Health (OSH) practitioners
	MEC	- Physique - Psychosociaux - Déterminants externes	Chef chantier 3M/kaizen/amélioration continue formés à l'utilisation de l'outil
	RITMS3	- Physiques - Psychosociaux - Déterminants externes - Déterminants internes	Personne ressource formée à l'utilisation de l'outil

Utilisateurs visés	Outils	Dimensions du risque de TMS traitées par l'outil	Utilisateurs tels que définis par les concepteurs de l'outil
Ergonome ou professionnel en prévention des risques professionnels	- RULA - PEO - Strain Index - NIOSH - Indice Ocra - ManTRA	Physique	- Ergonomes - Physiologistes - Préventeurs, - Praticiens en santé/sécurité au travail,
	OREGE	- Physique - Déterminants externes - Déterminants internes	Préventeur compétent en ergonomie
	REBA	- Physique - Déterminants internes	Praticien
	- EAWS - 2EAT	- Physiques, - Psychosociaux - Déterminants externes - Déterminants internes	Ergonomes
	CTD Risk Index	- Physique - Déterminants externes	Praticiens en santé/sécurité au travail

Tableau 6 Type de traitement des facteurs de risque de TMS en fonction des utilisateurs visés par les concepteurs des outils

Notre échantillon rassemble quatre outils que nous considérons comme étant à destination d'utilisateurs sans compétences en ergonomie ou en prévention des risques professionnels : OSHA, Dépistage, DTE 228 et Méthode d'analyse de la charge physique de travail. Ces outils traitent des quatre catégories de facteurs de risque retenus pour deux d'entre eux (DTE 228 et Méthode d'évaluation de la charge physique de travail) et des facteurs de risque physiques, psychosociaux et des déterminants externes pour deux autres (OSAH, dépistage).

Quatre outils sont à destination d'utilisateurs sensibilisés à la prévention des risques professionnels ou à l'ergonomie. Ces outils appréhendent le risque de TMS par les facteurs de risque physiques pour OWAS, par les facteurs de risque physiques, psychosociaux et les déterminants internes pour le QEC, par les facteurs de risques physiques psychosociaux et les

déterminants externes pour la fiche MEC et par les facteurs de risque physiques, psychosociaux, des déterminants internes et externes pour RITMS3.

Onze outils sont à destination des ergonomes ou des professionnels en prévention des risques professionnels. Nous avons des outils dédiés uniquement à l'évaluation des facteurs de risque physiques : RULA, PEO, Strain Index, Indice Ocra, ManTRA. Un outil traite les facteurs de risque physiques et les déterminants internes : REBA. Un outil traite les facteurs de risque physiques et les déterminants externes : CTD Risk index. Un outil traite les facteurs de risque physiques, les déterminants internes et externes : OREGÉ. Enfin, deux outils traitent les facteurs de risque physiques, psychosociaux et les déterminants internes et externes : EAWS et l'outil 2EAT.

Du point de vue des facteurs de risque, nous observons deux grandes familles d'outils, les outils d'évaluation spécialisés dans l'évaluation de la dimension physique et les outils permettant une évaluation multidimensionnelle du risque de TMS, intégrant d'autres dimensions du risque de TMS. Nous remarquons que les outils dédiés exclusivement à l'évaluation de la dimension physique sont réservés à des utilisateurs sensibilisés ou experts en ergonomie et en prévention des risques. Ces outils sont majoritairement dédiés à des ergonomes ou à des praticiens en ergonomie. Les outils adressés à des personnes sans compétences préalables en ergonomie sont largement multifactoriels, afin de donner aux utilisateurs un regard sur l'ensemble des dimensions du risque de TMS. Certains de ses outils sont faits pour être utilisés par un collectif d'utilisateurs proches de la situation de travail à analyser. Certains outils offrent aux ergonomes la possibilité d'une évaluation du risque de TMS portant sur plusieurs dimensions du risque, mais assez peu combinent ces dimensions entre elles pour l'évaluation. Il y a donc un paradoxe dans lequel les outils d'évaluation du risque de TMS présentés comme étant à destination des experts sont les moins exhaustifs dans le nombre de dimensions du risque incluses dans l'évaluation et inversement. Il semble en fait nécessaire de guider un utilisateur non expert à porter un regard sur l'ensemble des dimensions du risque de TMS, quand les concepteurs des outils d'évaluation considèrent qu'un utilisateur expert explorera ces dimensions par d'autres outils d'évaluation.

6.4. Conclusion

Notre analyse constitue une critique de la validité de contenu d'un certain nombre d'outils d'évaluation du risque de TMS. La confrontation des outils d'évaluation du risque de TMS au modèle étiologique du risque de TMS nous montre que :

- La prise en compte des facteurs de risque physiques par les outils d'évaluation du risque de TMS, autant dans le nombre des sous dimensions traitées que dans les combinaisons réalisées par les outils est prédominante. Cette prise en compte prédominante des facteurs biomécaniques par les outils d'évaluation du risque de TMS tend à favoriser une

démarche de prévention des TMS principalement sur le dimensionnement physique du poste de travail, qui est souvent une des premières approches relevées dans une démarche sur la prévention des TMS en entreprise (Caroly et al., 2008). Si d'autres facteurs de risque psychosociaux ou les déterminants internes ou externes sont relevés par les outils, ils ne sont pas combinés avec les facteurs de risques physiques.

- La question de la combinaison des facteurs de risques n'est abordée que très partiellement. La combinaison de certains facteurs de risques peut être envisagée : posture, efforts, manutention, durée de la tâche. Mais elle reste limitée à ces facteurs et présente dans peu d'outils.
- Les outils d'évaluation du risque de TMS sont conçus pour un utilisateur avec un niveau donné de compétence en ergonomie et en compréhension du risque de TMS. C'est le cas notamment pour les outils d'évaluation centrés sur la dimension physique du risque de TMS. Les concepteurs de tels outils d'évaluation du risque de TMS laissent ainsi le traitement d'autres dimensions du risque de TMS à d'autres outils d'évaluation mobilisés par un utilisateur compétent en ergonomie. L'utilisation de tels outils par des personnes sans compétences en ergonomie est un biais fréquent dans l'utilisation de certains outils (RULA, NIOSH...) parce qu'ils sont facilement accessibles et largement diffusés. C'est un écueil qui peut conduire l'organisation utilisant ces outils d'évaluation du risque de TMS dans ces conditions à négliger une partie des facteurs de risque de TMS.

Nous pouvons noter l'absence dans les facteurs de risques traités par les outils de l'intensification du travail et du traitement de l'âge des opérateurs occupant le poste de travail, alors que l'étiologie nous révèle que ces éléments sont aussi des facteurs de risque de TMS. L'âge peut être traité dans les abaques sous-jacents à l'évaluation et dans les limites de critères pour l'évaluation, mais l'âge de l'opérateur occupant le poste n'est pas pris en compte. Cette absence renforce la focalisation sur l'environnement immédiat du poste de travail « sans opérateur », puisqu'il devient difficile de situer le poste dans une histoire à la fois pour l'opérateur mais aussi pour l'entreprise. La question des ressources pour faire face au risque de TMS n'est pas non plus abordée par les outils d'évaluation, ce qui au regard des dernières avancées au niveau théorique et au niveau de la prévention pose un certain nombre de question sur l'usage des outils.

Si la combinaison des facteurs à l'origine de l'apparition des TMS nécessite de sortir du cadre du poste de travail et des facteurs de risque pour aller explorer les déterminants de ces facteurs de risque (Bellemare, 2002), est-il pertinent que la question des déterminants arrive dans les outils d'évaluation du risque de TMS dont le but est l'identification des facteurs de risque ? N'est-il pas préférable que les outils d'évaluation traitent les facteurs de risques de TMS de manière complète et exhaustive et laissent la question des déterminants à l'analyse de l'activité menée par un ergonome ?

Chapitre 7 : Etude 2 : Analyse des usages des outils d'évaluation du risque de TMS

Ce chapitre reprend les résultats obtenus lors de notre analyse des usages des outils d'évaluation du risque de TMS. Ces analyses ont pour but de répondre à nos hypothèses en montrant comment l'outil d'évaluation du risque de TMS est instrumentalisé par ses utilisateurs. Nous montrons comment les utilisateurs de cet outil organisent des systèmes d'instruments autour de l'évaluation du risque de TMS.

Les résultats de cette partie concernent les usages des outils d'évaluation du risque de TMS tels que nous les avons analysés sur le terrain de recherche de l'usine Renault Trucks de Bourg en Bresse. Nous avons analysé l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS par divers utilisateurs : l'ergonome interne du site de Bourg en Bresse, l'animateur lean et l'alternant en ergonomie, et enfin l'ergonome consultant réalisant une prestation de cartographie du risque de TMS à l'aide de l'outil interne à Renault Trucks : la fiche MEC. Les données recueillies lors de cette étude s'inscrivent dans l'évolution de l'étape d'évaluation du risque de TMS sur le site Renault Trucks de Bourg en Bresse. En effet, la temporalité de la recherche nous a permis de suivre cette évolution à un moment charnière, celui du déploiement de la fiche MEC. Cet outil d'évaluation du risque de TMS est entré en phase de déploiement lors de notre arrivée chez Renault Trucks Bourg en Bresse, c'est pourquoi notre analyse des usages des outils d'évaluation du risque de TMS s'est portée particulièrement sur cet outil. Afin de situer chronologiquement les acteurs rencontrés, nous présentons ci-dessous l'usage de l'outil MEC selon les acteurs et leur rôle.

La situation initiale que nous rencontrons est celle de la réalisation des évaluations du risque de TMS à l'aide de l'outil MEC par les animateurs *lean*. Cette évaluation doit permettre à l'ergonome interne d'obtenir une cartographie du risque de TMS sur l'ensemble du site de Bourg en Bresse. L'ergonome interne pour sa part n'est pas censé réaliser d'évaluation du risque de TMS à l'aide de cet outil, mais il doit se servir des résultats de l'évaluation réalisée par les animateurs *lean* pour alimenter sa démarche de prévention et notamment identifier les problématiques transversales à plusieurs postes de travail qui nécessitent une analyse ergonomique du travail. Nous aborderons son activité autour des outils d'évaluation du risque de TMS à travers des observations ouvertes de son activité et une série d'entretien qui nous ont permis de comprendre comment il articule les divers outils (fiche MEC, 2EAT...) à cette étape d'évaluation du risque de TMS. De leur côté, les animateurs *lean* doivent aussi intégrer les résultats de l'évaluation du risque de TMS à leur travail d'amélioration continue et aux chantiers qu'ils animent. Dans un premier temps par l'observation ouverte, nous avons pu suivre l'usage de l'outil d'évaluation MEC dans un ensemble d'outils.

Il s'est avéré que cette première tentative de déploiement de l'outil MEC a été majoritairement un échec. Les évaluations du risque de TMS réalisées par les animateurs *lean* ne sont pas remontées à l'ergonome interne pour qu'il puisse réellement établir une cartographie des postes évalués. Les résultats de l'évaluation à l'aide de l'outil MEC ne sont pas suffisamment exploités non plus par les animateurs *lean* dans les chantiers d'amélioration continue. Cet échec conduit à un abandon de ce type d'usage avant que nous ne puissions déployer une démarche d'observation systématique de la réalisation de l'évaluation avec l'outil MEC par les animateurs *lean*.

L'échec de l'évaluation du risque de TMS à l'aide de l'outil MEC conduit l'ergonome interne du site de Bourg en Bresse à construire une nouvelle organisation pour le déploiement de cet outil. Une démarche d'évaluation du risque de TMS est construite en lien avec un projet global du site de Bourg en Bresse qui conduit au déroulement de nombreux chantiers *Kaizen* : le projet Bourg 2018. Ce projet consiste en une réorganisation de l'espace physique d'îlots de préparation de sous ensemble. Le recrutement d'un alternant en ergonomie de niveau troisième année de Licence permet à l'ergonome interne d'envisager l'évaluation du risque de TMS à l'aide de l'outil MEC en préalable à ces chantiers. L'évaluation du risque de TMS poursuivrait dans ce cas un quadruple but :

- Dresser une cartographie des îlots impliqués dans le projet Bourg 2018.
- Identifier les problématiques transversales sur lesquelles déployer des analyses ergonomiques du travail.
- Identifier des problématiques propres aux postes de travail évalués pouvant être traitées lors du chantier *Kaizen*.
- Sensibiliser l'alternant à l'observation du travail et le préparer à l'analyse de l'activité en se servant de l'outil d'évaluation comme guide d'observation.

Nous suivrons l'activité de l'alternant en ergonomie à travers l'observation systématique de l'évaluation à l'aide de l'outil MEC de 10 postes de travail appartenant à deux catégories différentes : le *kitting* et l'assemblage de sous-ensembles. Nous suivrons aussi le travail d'articulation entre l'évaluation du risque de TMS et l'amélioration continue réalisé par l'alternant dans le cadre des chantiers *Kaizen*. Cette question est traitée dans le chapitre huit. Le travail entre l'ergonome interne et l'alternant en ergonomie, supporté par les retours réflexifs de nos premiers résultats de recherche permettent à l'ergonome interne de construire le processus d'usage de l'outil MEC pour établir la cartographie sur l'ensemble sur site de Bourg en Bresse. Il permet à l'alternant en ergonomie d'établir la cartographie du risque de TMS pour l'ensemble des îlots de production impliqués dans le projet Bourg 2018. L'ergonome interne peut ainsi obtenir des informations lui permettant d'alimenter sa démarche de prévention. A la suite de cette évaluation, la mission pour un nouvel alternant en ergonomie évolue pour mener une analyse ergonomique du travail.

Les enseignements de ce premier déploiement permettent aussi à l'ergonome interne d'obtenir des ressources externes pour accélérer l'établissement de la cartographie du risque de TMS avec l'outil MEC sur l'ensemble du site. Il est décidé de faire appel à un ergonome

consultant pour terminer la cartographie du risque de TMS avec l'outil MEC. Cet ergonome externe a pour mission de réaliser la cartographie du risque de TMS pour l'ensemble du centre de montage du site de Bourg en Bresse. Il utilisera la procédure d'emploi de l'outil MEC établie lors de l'évaluation du risque de TMS sur le projet Bourg 2018. Nous analyserons son activité à l'aide de l'observation systématique de l'évaluation du risque de TMS sur 19 postes de travail dans trois types d'activité différentes du centre de montage de Renault Trucks : le *kitting*, la préparation de sous ensemble et l'assemblage sur ligne.

La mission de l'ergonome consultant se poursuit jusqu'à l'établissement complet de la cartographie et va conduire, à la suite du changement de direction du site de Bourg en Bresse, à une reconfiguration du positionnement de l'ergonomie sur le site de Bourg en Bresse. Une nouvelle conception de l'utilisation de l'outil MEC apparaît avec l'intégration des personnes, issues de l'entreprise sans compétences en ergonomie (chargé de mission en ergonomie). La Figure 26 permet de donner une représentation chronologique de notre recueil des données lors de l'analyse des usages de l'outil d'évaluation du risque de TMS MEC.

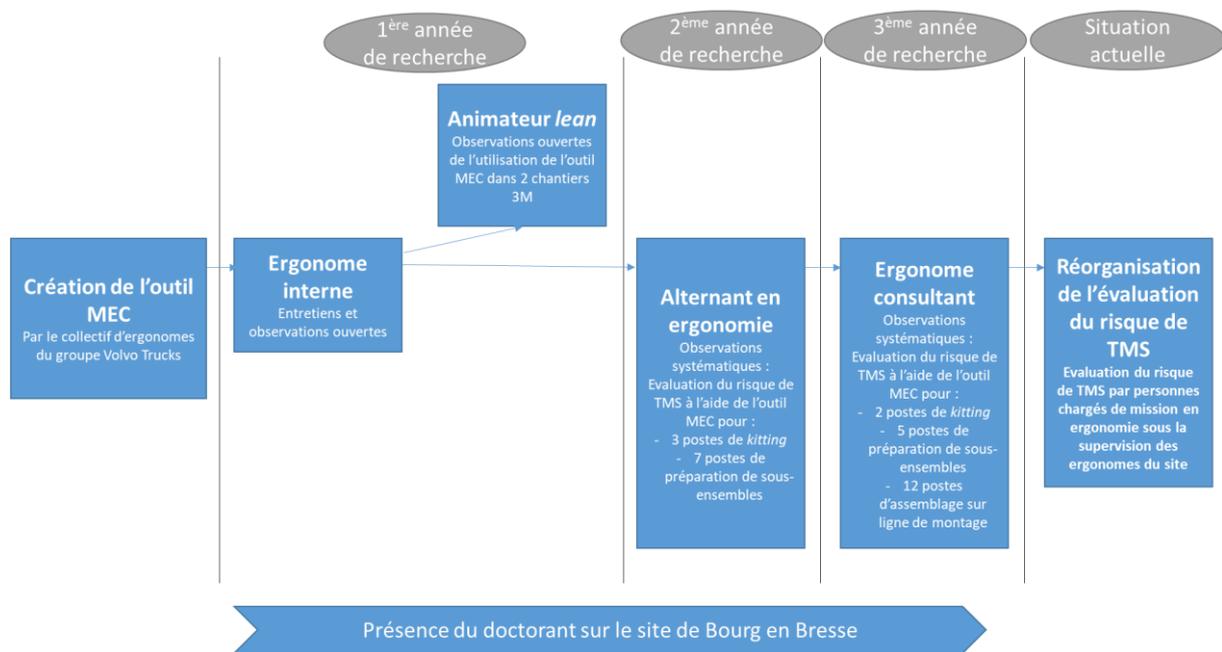


Figure 26 Frise chronologique du recueil des données de l'analyse des usages de l'outil d'évaluation MEC

Nous constatons au cours de notre période de doctorat que l'outil d'évaluation des risques de TMS dans une entreprise est finalement porté par différents acteurs. Un outil d'évaluation du risque de TMS implique différents utilisateurs en fonction du temps qu'ils ont à y consacrer, de la volonté politique de l'entreprise de diffusion de l'outil. Un outil d'évaluation du risque de TMS implique aussi différents niveaux d'utilisation. L'ergonome interne du site supervise toujours les évaluations quand elles sont réalisées par des personnes relevant du service auquel il appartient. Nous allons maintenant décrire de façon plus approfondie la méthodologie de l'étude et les usages de l'outil par les différents utilisateurs, afin de mieux comprendre comment il devient un instrument de leur activité.

7.1. Méthodologie d'analyse des usages des outils d'évaluation

La question de l'usage des outils d'évaluation a été traitée auprès de différents acteurs intervenants à différents niveaux de l'étape d'évaluation du risque de TMS. Il s'agit dans l'analyse de ses usages de rassembler des données de terrain pour étayer nos hypothèses et pour identifier des pistes de conception d'un futur outil ou dispositif d'évaluation du risque de TMS. Nous n'avions pas d'objectifs à priori de transformation de la situation de travail existante chez Renault Trucks, puisqu'aucune demande initiale n'était issue de cet acteur de la thèse. Néanmoins, le contexte de déploiement de la fiche MEC nous a conduit à fournir un premier retour réflexif sur l'usage de cet outil d'évaluation et à contribuer à l'élaboration du processus d'évaluation.

Les hypothèses émises à la suite de notre analyse de la littérature nous ont conduit à considérer l'outil d'évaluation du risque de TMS :

- (1) Comme un instrument dont la conception et les propriétés contribuent à orienter l'activité qui l'instrumente. Le chapitre 6 explore les propriétés théoriques des outils d'évaluation du risque de TMS. Nous souhaitons explorer ici comment l'usage qui peut être fait de l'outil contribue à orienter l'activité de l'évaluateur.
- (2) Comme étant inséré dans un système d'instruments qui organise la mise en œuvre de différents instruments par différents acteurs. Nous explorons ici comment le ou les systèmes d'instruments s'organisent entre différents acteurs de l'évaluation du risque de TMS.

Afin de répondre à nos hypothèses, nous avons utilisé plusieurs méthodes qui permettent d'accéder aux composantes de l'activité.

7.1.1. Méthodologie de l'analyse des tâches de l'ergonome interne

Pour analyser les tâches de l'ergonome interne, et l'organisation du système d'instruments de l'étape d'évaluation du risque de TMS, nous avons eu recours dans un premier temps à l'observation ouverte, puis dans un second temps, nous avons adapté la grille d'analyse de la Méthode des Défaillances et Substitutions de Ressources (MDSR) développée par Rabardel et Bourmaud (2005).

L'objectif de cette méthode est l'exploration de l'organisation du système d'instruments. Il s'agit de mettre en évidence les instruments du sujet en repérant les artefacts, les classes de situation dans lesquelles ils sont utilisés, les schèmes qui leurs sont associés et les objets qu'ils permettent de modifier. Son intérêt dans notre recherche est de mettre en lumière l'organisation du système d'instruments de l'étape d'évaluation du risque de TMS par un ergonome interne en entreprise, et les éléments centraux de la conception d'un futur outil ou dispositif d'évaluation du risque de TMS.

La mise en œuvre de la MDSR a été réalisée au cours de plusieurs entretiens avec l'ergonome interne. Ces entretiens avaient pour but de saisir l'organisation de l'étape d'évaluation du risque de TMS chez l'ergonome interne et l'articulation des divers outils utilisés chez Renault Trucks. Nous avons aussi caractérisé les personnes devant mettre en œuvre les outils d'évaluation du risque de TMS, les compétences en ergonomie nécessaires pour chaque outil d'évaluation et la valeur du passage d'un outil d'évaluation à l'autre pour l'ergonome.

7.1.2. Méthodologie de l'analyse de l'activité de l'animateur lean

Les résultats présentés dans cette partie sont issus de la première phase d'observations ouvertes réalisées sur support papier-crayon. Ces observations ont été étayées par le recueil des verbalisations auprès des acteurs des situations observées. Ces observations ouvertes avaient pour but de préparer un recueil de données systématique, mais le contexte a évolué avant que nous puissions mettre en œuvre ses analyses. Dans le cadre de chantiers 3M, nous avons observé une situation d'usage d'un outil d'évaluation du risque de TMS. Nos observations portent sur 2 chantiers 3M, animés par le même animateur *lean*. Dans les deux cas, une période de 40 minutes, la journée précédant le chantier, a été dédiée à la prise de vidéo par l'animateur *lean* de la situation de travail envisagée pour le chantier. La prise de vidéo a été suivie de la passation de l'outil d'évaluation des risques de TMS appelé fiche MEC. Nous avons relevé pendant cette passation de l'outil, les éléments relevés par l'animateur et les interactions qu'il avait avec les acteurs de la situation de travail.

Nous avons ensuite suivi en observations ouvertes l'analyse 3M à proprement parler qui est un entretien d'auto-confrontation mené par l'animateur 3M avec l'opérateur titulaire du poste et l'animateur d'équipe. Lors de ces entretiens, nous relevions les éléments évoqués relatif à l'utilisation de l'outil d'évaluation MEC, mais aussi tous autres éléments évoqués par les acteurs en lien avec les TMS. La séance d'auto-confrontation avec l'opérateur du chantier 3M dure une journée entière. A la suite du second chantier 3M, l'usage de la fiche MEC par les animateurs *lean* a cessé. Nous avons choisi d'exploiter les données recueillies bien qu'elles puissent manquer de solidité, puisqu'il s'agit du seul exemple d'utilisation d'un outil d'évaluation du risque de TMS par des personnes sans compétences en ergonomie que nous ayons.

7.1.3. Méthodologie de l'analyse de l'activité de l'alternant en ergonomie et de l'ergonome consultant

Pour analyser les usages des outils d'évaluation du risque de TMS, nous nous sommes intéressés à la réalisation de l'évaluation elle-même. Nous avons suivi deux évaluateurs différents : un alternant en ergonomie et un ergonome consultant dans la réalisation des évaluations à l'aide de la fiche MEC. Nous avons tout d'abord réalisé des observations ouvertes puis systématiques auprès de ces deux acteurs. L'unité minimale d'observation est

l'évaluation d'un poste de travail occupé par opérateur. Nous avons autant que possible suivi les évaluations portant sur une unité de travail constituée de plusieurs postes de travail. Le Tableau 7 reprend l'ensemble des observations réalisées.

Evaluateur observé	Charge de <i>kitting</i>	Charge de préparation de sous-ensembles	Charges d'assemblage sur ligne de montage	Nombre de jours d'observation
Ergonome consultant	2	5	12	15
Alternant en ergonomie	3	7	0	11

Tableau 7 Observations systématiques : nombre de charges analysées

Ces observations ont pour but de :

- Déterminer les tâches réalisées et les stratégies adoptées pour l'évaluation du risque de TMS par les évaluateurs ;
- Repérer les artefacts utilisés lors de l'évaluation du risque de TMS et les schèmes d'utilisation ;
- Identifier les interactions nécessaires à l'évaluation du risque de TMS et les destinataires de ces interactions.

Nous avons choisi de nous intéresser à l'activité des évaluateurs dans trois situations représentatives des situations à évaluer au sein du centre de montage de Renault Trucks. Nous avons procédé à des observations systématiques à l'aide d'une grille d'observation. Cette grille d'observation a été déployée pour analyser l'activité de l'ergonome consultant, et l'activité d'un alternant en ergonomie réalisant des cotations à l'aide de la fiche MEC. Nous avons choisi de relever comme observables le temps, l'opération réalisée par l'évaluateur et l'artefact associé à cette opération. Nous avons analysé pour l'ergonome consultant l'évaluation de deux charges de *kitting*, cinq charges de préparation de sous ensemble et douze charges d'assemblage sur ligne. Pour l'alternant en ergonomie, nous avons analysé l'évaluation de trois charges de *kitting* et sept charges de préparation de sous ensemble, l'alternant en ergonomie n'ayant pas réalisé d'évaluation du risque de TMS pour des situations de travail sur ligne de montage. Des commentaires sont associés si nécessaire pour la compréhension de la situation. Nous relevons aussi le cycle de travail de l'opérateur évalué en notant le moment où il termine la charge de travail pour laquelle il est évalué. Le Tableau 8 donne un exemple de la grille d'observation.

Horaire	Temps (min)	Opération	Artefact	Commentaire
13h45	3	- Présentation à l'opérateur - Observation de l'activité/familiarisation	-	
13h48	3	Vérification des zones d'atteintes V-EMB	MEC	
13h51	3	- Echange avec l'opérateur sur la variabilité de la production - Observation des postures - Vérification des zones d'atteintes (mesure)	MEC Mètre ruban	Mesure des zones d'atteintes pour lever les doutes passage en zone ½

Tableau 8 Exemple de la grille d'observation systématique

A l'issu des observations, nous avons procédé à un entretien d'auto-confrontation avec l'ergonome consultant, en reprenant les analyses des évaluations que nous donnons en exemple dans la suite des résultats. Le même entretien n'a pas été possible avec l'alternant par manque de temps lors de sa présence dans l'entreprise.

Pour le détail des observations, la fiche MEC a été séparée en quatre parties qui regroupent les éléments principaux à recueillir :

- La première partie concerne les zones d'atteintes au poste de travail
- La deuxième partie est la partie de la feuille traitant des postures de l'opérateur
- La troisième partie traite des manutentions réalisées par l'opérateur
- La quatrième partie concerne les items traitant de l'environnement du poste de travail et de l'organisation

Pour établir les chroniques d'activité, nous avons considéré cinq familles d'observations réalisées par l'ergonome consultant :

- Les observations ouvertes qui sont des observations de l'activité de l'opérateur non suivies de note
- Les observations des zones d'atteintes qui sont les éléments de l'activité de l'opérateur suivies de notes dans la partie zone d'atteinte de la fiche MEC
- Les observations des postures qui sont les éléments de l'activité de l'opérateur suivies de notes dans la partie posture de la fiche MEC
- Les observations des manutentions qui sont les éléments de l'activité de l'opérateur suivies de notes dans la partie manutention de la fiche MEC

- Les observations de l'environnement du poste de travail qui sont les éléments de l'activité suivies de notes dans la partie environnement du poste de travail de la fiche MEC.

Nous avons aussi classé les interactions avec l'opérateur en quatre familles :

- La présentation qui rassemble les énoncés dans lesquels l'évaluateur rappelle la démarche et les raisons de sa présence à l'opérateur
- Les demandes d'information sur la variabilité où l'évaluateur demande à l'opérateur la fréquence d'apparition des différentes variantes de produits au poste de travail
- Les demandes d'information sur les efforts où l'évaluateur demande à l'opérateur son ressenti sur les efforts qu'il exerce pour réaliser une opération ou une manutention
- Les demandes d'informations sur l'organisation du travail où l'évaluateur demande des informations sur le déroulé du *process*, ou sur l'organisation de l'activité entre les différents opérateurs présents dans l'unité de production

Nous utilisons les propriétés du logiciel Excel pour établir les chroniques d'activité et pour obtenir le temps consacré à l'utilisation de chaque artefact dans l'évaluation du risque de TMS.

Nous traiterons les données suivant trois modalités :

- Pour déterminer le poids de chaque artefact dans la réalisation des évaluations, nous nous intéresserons à la proportion d'utilisation des artefacts dans chaque évaluation. Nous regrouperons ensuite les proportions d'utilisation par type d'activité évaluée, afin de montrer l'évolution de l'organisation du système d'instruments en fonction de la complexité du la poste de travail à évaluer.
- Nous analyserons un certain nombre de chroniques d'activité pour illustrer les stratégies des évaluateurs en fonction de la complexité de la tâche et de leur expérience de la situation de travail
- Enfin, nous nous intéresserons aux interactions de l'évaluateur avec les opérateurs à évaluer.

Une analyse à l'aide de statistiques non-paramétriques nous permettra d'identifier des effets statistiques dans nos échantillons de données.

7.2. L'usage des outils d'évaluation du risque de TMS par l'ergonome interne

La mission de l'ergonome interne s'inscrit dans une politique de prévention mise en œuvre par l'entreprise.

La politique de prévention est axée sur :

- la prévention de l'apparition des TMS (étape d'évaluation, travail des projets et...)
- la mise en œuvre d'une politique de reclassement pour les personnes atteintes de Maladies professionnelles et d'incapacités.

Elle met en œuvre une série d'acteurs de différents services et fonctions : direction, RH, médecine du travail, sécurité et ergonomie, et IRP pour remplir les objectifs autour de ces axes.

7.2.1. Description des tâches autour des outils d'évaluation

Dans cette première partie, nous présentons les tâches effectuées par l'ergonome interne autour de l'évaluation du risque de TMS et de l'étape d'évaluation du risque de TMS construite par Renault Trucks. Les tâches recueillies relèvent à la fois de la tâche prescrite et de la tâche redéfinie par l'ergonome interne. Lors des entretiens et des verbalisations recueillies lors des observations ouvertes de son activité, l'ergonome interne nous présente son activité autour des outils d'évaluation du risque de TMS comme étant structurée autour des tâches suivantes :

- Conception des outils par le réseau interne des ergonomes du groupe, coopération internationale avec des ergonomes Suédois, Belges, Français.
- Déploiement de l'étape d'évaluation du risque de TMS : formation des utilisateurs (déployée par l'ergonome interne avec l'aide de prestataires), intégration des acteurs (ergonomes, alternant) dans le service pour les missions d'évaluation du risque de TMS (analyse ergonomique du travail, cotation 2EAT, cotation MEC), suivi des cotations (réunion hebdomadaire d'homogénéisation avec l'équipe ergonomie)
- Mise en œuvre des outils d'évaluation du risque de TMS : organisation des cotations, et éventuellement, réalisation des cotations par lui-même à l'aide de ces outils
- Recueil des cotations : constitution du fichier de recueil, identification des problématiques relevées, décision du niveau de traitement à apporter (analyse approfondie, traitement en chantier etc...)
- Utilisation des résultats pour la transformation des situations de travail : intégration des résultats en chantier *Kaizen*, 3M. Participation aux chantiers et formulation de propositions, ou à minima participation aux restitutions intermédiaires, mobilisation des ressources (alternant, stagiaire, consultant externe) pour l'engagement d'étapes d'évaluation approfondies (évaluation de niveau supérieure, analyse ergonomique du travail).
- Intégration des résultats de l'évaluation du risque de TMS dans la politique de prévention : traitement des inaptitudes, communication lors des comités de direction, intégration des cotations aux objectifs annuels, intégration des cotations aux objectifs de chantier.

7.2.2. Structuration de l'étape d'évaluation du risque de TMS

Les Tableau 9 et Tableau 10 rassemblent l'analyse de la reformulation de la tâche de l'évaluation du risque de TMS à l'aide d'outils par l'ergonome interne à l'aide de la méthode

MDSR (Bourmaud, 2006) détaillée dans la partie méthodologie. Ces résultats nous montrent la façon dont l'ergonome interne modifie son étape d'évaluation du risque de TMS en fonction des ressources humaines ou des ressources temporelles (délais) dont il dispose pour réaliser cette évaluation du risque de TMS. Les tableaux présentent l'artefact habituellement utilisé par l'ergonome interne pour l'évaluation du risque de TMS, la fréquence d'usage de cet artefact, l'élément à substituer dans l'usage de cet artefact et les ressources de substitutions disponibles. Enfin, le tableau présente la valeur de cette substitution et les conditions que l'ergonome interne doit remplir pour que cette substitution ait lieu. Le Tableau 9 présente la façon dont l'ergonome interne choisit l'utilisateur de l'outil d'évaluation du risque de TMS à impliquer dans l'étape d'évaluation.

Nous donnons un exemple de lecture de ce tableau pour la première ligne du Tableau 9 : l'artefact « analyse de l'activité pour l'évaluation du risque de TMS » est très rarement mobilisé par l'ergonome interne. L'élément à substituer pour permettre d'utiliser cet artefact est l'ergonome lui-même qui n'a pas le temps de mettre en œuvre cette démarche d'AET. Les ressources de substitution dont dispose l'ergonome sont des stagiaires niveau Bac +5, des alternants niveau Master ou des prestataires externes en ergonomie. L'ergonome interne qualifie la valeur de cette substitution d'aléatoire, les intervenants oscillent entre des stagiaires ou prestataires autonomes qui peuvent fournir un travail satisfaisant et des stagiaires ou prestataires ne répondant pas aux attentes et qui peuvent demander un temps d'encadrement important. Les conditions nécessaires à ce type de substitution sont d'avoir un besoin identifié par une demande ou par l'identification d'une problématique transversale et un budget alloué par le comité de direction.

Artefact	Fréquence d'usage	Élément à substituer	Ressources de substitution	Valeur de substitution	Conditions de substitution
Analyse de l'activité	Très rarement	Ergonome	Stagiaire Bac+5 Alternant Master Prestataire externe	Aléatoire, oscille entre stagiaires autonomes fournissant un travail satisfaisant et stagiaires ne répondant pas aux attentes tout en demandant un temps d'encadrement important	Besoin identifié, budget alloué

Artefact	Fréquence d'usage	Élément à substituer	Ressources de substitution	Valeur de substitution	Conditions de substitution
2EAT	Rarement	Intervenant	Stagiaire Bac+5 Alternant Master Prestataire externe	Plus stable que AET car critères fixés par l'outil, mais dévolue au traitement du risque de TMS	Besoin identifié Budget alloué
2EAT	Rarement	Intervenant	Ressources internes sans compétences en ergonomie	Correcte	Utilisation fiche MEC/LEC
2EAT	Rarement	Intervenant	Stagiaire Bac +3 Alternant Licence Prestataire externe	Bonne	Besoin de cartographie

Tableau 9 MDSR de l'étape d'évaluation du risque de TMS pour l'ergonome interne Substitution des personnes

Le Tableau 10 reprend la façon dont les outils d'évaluation du risque de TMS sont substitués au sein de l'étape d'évaluation. Il indique comment l'ergonome interne choisit de déployer tel outil de son étape d'évaluation du risque de TMS plutôt qu'un autre. Nous rappelons que les éléments présents dans ces tableaux ont été recueillis lors des entretiens réalisés auprès de l'ergonome interne de Renault Trucks.

Artefact	Fréquence d'usage	Élément à substituer	Ressources de substitution	Valeur de substitution	Conditions de substitution
Analyse de l'activité	Très rarement	Observations systématiques spécifiques au risque de TMS	2EAT	Satisfaisante même si temps de mise en œuvre de l'outil d'évaluation du risque de TMS important. La variabilité du travail, connue de l'ergonome, l'amène à faire des choix sur les situations à coter.	Besoin de cotation détaillée du poste de travail : aménagement de poste pour reclassement Démarche de prévention sur une problématique transversale

Artefact	Fréquence d'usage	Élément à substituer	Ressources de substitution	Valeur de substitution	Conditions de substitution
2EAT	Rarement	Evaluation à l'exposition aux facteurs de risque de TMS	Fiche MEC	Permet une cotation plus rapide	Tous projets, Cartographie du risque de TMS
Fiche MEC/LEC	Souvent	Illustration des spécificités de la situation de travail	Photo Vidéo	Bonne	Systématique

Tableau 10 MDSR de l'étape d'évaluation du risque de TMS pour l'ergonome interne Substitution des outils

L'ergonome interne ne peut piloter et mettre en œuvre seul la démarche de prévention et l'étape d'évaluation du risque de TMS sur un site comprenant plus d'un millier de postes de travail. Il est alors conduit à s'appuyer sur d'autres ressources que lui-même. Les possibilités de substitution de cette analyse pour l'évaluation du risque de TMS sont à la fois des ressources humaines et/ou techniques :

- la substitution de l'intervenant (donc lui-même) en faisant entrer une ressource à qui il confie l'évaluation du risque de TMS (stagiaire/prestataire)

- l'utilisation de l'outil qui est qualifié d'"expert" par l'ergonome interne (outil 2EAT). Cet outil a pour but premier d'accélérer le traitement des observations systématiques autour du risque de TMS. Initialement l'outil d'évaluation 2EAT est envisagé pour réaliser la cartographie de **tous** les postes de travail, avant un projet de transformation de l'usine notamment. L'ergonome avait adopté ce type d'évaluation du risque de TMS pour un projet de réorganisation de l'usine vers 2009-2010, en arrivant à négocier, et à faire entrer les ressources en personnel qui lui manquaient, notamment deux intérimaires en ergonomie pour six mois. Il s'est avéré que 2EAT était trop long à mettre en œuvre pour entretenir cette cartographie au quotidien. Cet outil demande un long travail sur vidéo. Il est considéré comme difficilement utilisable par quelqu'un d'autre qu'un ergonome. Cependant, il peut s'intégrer à une démarche d'analyse de l'activité comme support aux observations systématiques et il est encore ponctuellement utilisé lorsque le temps ou les ressources sont disponibles.

- L'utilisation d'un outil qui est qualifié de "simple" par l'ergonome interne pour le « *day to day* » : la fiche MEC (*Manufacturing Ergonomics Checklist*) avec une version pour la logistique LEC (*Logistic ergonomics checklist*). La fiche a été réalisée par les ergonomes au niveau groupe, c'est un outil Volvo. La conception de cet outil est née du travail d'ergonomes ayant une approche de l'ergonomie francophone, et d'autres ergonomes plus proches du courant des *human factors*. Les ergonomes ayant participé à cette conception sont français, belges néerlandophones et suédois. Le but étant aussi de permettre une cotation "ergonomique" qui

ne repose plus uniquement sur les ergonomes (ressource rare), mais aussi sur d'autres personnels sans compétences particulières en ergonomie (chargés de mission en ergonomie).

L'objectif de cette fiche MEC est double voir triple :

- Tenir à jour une cartographie TMS des sites industriels et mettre en lumière les secteurs sur lesquels il faut déployer les autres niveaux de l'étape d'évaluation/traiter les problèmes existant. Cette cartographie permet aussi d'obtenir les budgets et les ressources pour alimenter la démarche de prévention. Tant que la direction du site n'a pas cette visibilité sur l'ampleur de la problématique TMS sur le site, les marges de manœuvres dépendent des capacités de négociation des acteurs et sont réduites. La cartographie apporte des éléments jugés factuels et concrets sur le risque de TMS.
- Avoir un état des lieux qui permette de s'assurer que les chantiers de transformation hors des grands projets de réorganisation (chantiers productivité du lean : 3M, Kaizen) ne dégradent pas une situation de travail (ce qui implique aussi une évaluation post-chantier).
- Rendre permanente la préoccupation du risque de TMS au sein des collectifs de travail (Unités élémentaires de travail, *small teams*).

Ces résultats nous montrent comment l'ergonome interne redéfinit la tâche et/ou les moyens qui lui sont confiés pour l'évaluation du risque de TMS. Cette redéfinition illustre le fait que le déploiement d'une étape d'évaluation du risque de TMS est dépendant des ressources qui lui sont affectées. Cette redéfinition se fait au regard des moyens alloués au niveau du groupe au sein des différents services d'ergonomie de ses entités et donne lieu à une co-construction de l'étape d'évaluation (Figure 27) et des outils d'évaluation du risque de TMS qui en font partie. Cette étape d'évaluation du risque de TMS devient un nouveau prescrit au sein duquel les différents acteurs participant à l'évaluation doivent réaliser leur activité.

L'étape d'évaluation du risque de TMS animée par l'ergonome interne et incluse dans la politique de prévention de Renault Trucks tourne autour de 3 types outils d'évaluation du risque de TMS :

- L'Analyse d'activité (en lien avec l'analyse ergonomique du travail)
- Outil « expert » 2EAT
- Outil « simple » : Fiche MEC/LEC



Figure 27 Illustration de l'Etape d'évaluation du risque de TMS construite par Renault Trucks

7.2.3. Conclusion

Les résultats de cette analyse des tâches de l'ergonome interne et des substitutions qu'il opère au sein de son étape d'évaluation du risque de TMS nous montrent que la mise en place d'une étape d'évaluation du risque de TMS à l'aide d'outil d'évaluation du risque de TMS est un processus complexe qui répond à divers impératifs ainsi qu'à divers enjeux dans le cadre d'une entreprise industrielle. L'évaluation du risque de TMS à l'aide d'un outil d'évaluation du risque de TMS dépend de la conception de l'outil et de son usage. Non seulement l'outil rappelle le modèle théorique sous-jacent sur l'évaluation des TMS, mais il dépend aussi de l'articulation des ressources humaines et temporelles que l'on envisage pour le déploiement de cet outil d'évaluation du risque de TMS sur le terrain. Dans ce cadre, l'entreprise peut aider parfois l'ergonome interne dans son travail d'évaluation du risque de TMS ou le gêner. Elle apparaît comme une ressource pour l'ergonome interne quand elle lui permet de disposer de l'effectif d'ergonomes nécessaires à la réalisation d'une campagne d'évaluation du risque de TMS, soit par l'embauche, soit par des missions temporaires d'ergonomes dédiés. D'autre fois, en présence d'impératifs économiques, l'entreprise ne permet pas à l'ergonome d'obtenir les ressources nécessaires et le pousse à les chercher dans l'organisation, ce qui le conduit à l'abandon d'outils d'évaluation du risque de TMS précis et exhaustifs sur les combinaisons de facteurs de risques de TMS en faveur d'outils d'évaluation plus simples du risque de TMS. L'ergonome interne peut tenter de chercher à développer un regard un peu multifactoriel sur le risque de TMS, utilisables par des personnes non ergonomes présentes dans l'organisation,

mais les outils simples ne le permettent pas toujours. L'organisation « dégradée » de l'étape d'évaluation du risque de TMS ne donne alors pas toujours des résultats satisfaisants, lorsque l'ergonome interne ne peut obtenir les ressources suffisantes pour animer l'étape d'évaluation du risque de TMS.

Ces résultats nous montrent l'importance que revêt la fonction de gestion de l'étape d'évaluation du risque de TMS. L'étape d'évaluation du risque de TMS est un système articulant plusieurs outils d'évaluation mis en œuvre par plusieurs acteurs différents dont le rôle est parfois de courte durée (alternants, stagiaires). Il est nécessaire de trouver ou de développer au sein de l'organisation un acteur assurant la gestion de ce système d'instruments afin de pouvoir se servir des résultats de l'évaluation du risque de TMS et de les inclure dans une politique de prévention durable. La gestion de l'étape d'évaluation est une activité mobilisant beaucoup de temps pour l'acteur la prenant en charge. Faciliter la gestion de l'étape d'évaluation du risque de TMS devrait permettre à l'ergonome interne de pouvoir libérer un temps considérable qui peut y être consacré au point de l'empêcher lui-même de mettre en œuvre des démarches d'analyse ergonomique du travail. Une piste intéressante est d'apporter un support à cette activité de gestion en lien, sous la forme d'outil numérique, avec de futurs outils numériques d'évaluation du risque de TMS.

L'articulation des différents outils d'évaluation au sein de l'étape d'évaluation du risque de TMS nous pose la question de la place de l'analyse ergonomique du travail dans les entreprises industrielles. La recherche en ergonomie a montré la puissance de l'analyse ergonomique du travail pour la prévention des TMS. L'analyse ergonomique du travail reste cependant une démarche longue, nécessitant des personnes formées à son déploiement pour apporter les résultats attendus. Il n'est pas non plus envisageable de déployer cette démarche sur l'ensemble des situations de travail. C'est à l'ergonome qu'il revient de la diriger sur les postes ou les situations de travail où il estime que les risques sont plus importants et où les transformations techniques, organisationnelles ou humaines auront le plus d'impact ou d'effets positifs. L'inclusion de l'analyse de l'activité dans l'étape d'évaluation du risque de TMS nous apparaît comme un moyen d'identifier les utilisateurs des outils d'évaluation du risque de TMS en fonction de leur niveau de compétence en ergonomie. Cela permet à l'ergonome interne de pouvoir négocier l'emploi d'un ergonome (qu'il soit consultant ou en formation) lorsqu'un besoin est identifié.

L'organisation de l'étape d'évaluation du risque de TMS entre différents outils d'évaluation du risque de TMS de l'outil simple à l'analyse de l'activité vise une logique d'économie. Il n'est pas souhaitable de déployer l'analyse de l'activité pour obtenir une cartographie du risque de TMS parce que la démarche est longue et nécessite une ressource spécialisée et potentiellement rare, l'ergonome. L'outil simple doit permettre d'obtenir cette cartographie puisqu'il est plus rapide à mettre en œuvre et ne semble pas demander des ressources possédant des compétences importantes en ergonomie. L'étape d'évaluation articule différents outils qui ont des redondances de fonctions : ils visent tous à évaluer le risque de TMS. La distinction se fait sur les compétences de l'utilisateur qui met en œuvre l'outil, le

temps de mise en œuvre et sur le regard plus ou moins complet sur la multifactorialité du risque de TMS qu'ils permettent. Il est important de penser ces possibilités de substitution au sein de l'étape d'évaluation du risque de TMS pour éviter les blocages qui peuvent naître de l'absence ou de la rareté d'une ressource.

L'analyse des tâches de l'ergonome interne nous permet de saisir les difficultés relatives à la gestion de l'étape d'évaluation du risque de TMS. Nous allons maintenant regarder l'usage réel d'un outil d'évaluation du risque de TMS dans un contexte industriel en nous intéressant à l'activité de l'animateur *lean* et de l'alternant en ergonomie en lien avec la fiche MEC.

7.3. Analyse de l'activité de l'animateur *lean* et de l'alternant en ergonomie

Les résultats présentés dans cette partie constituent le premier contact avec des utilisateurs d'outils d'évaluation du risque de TMS en dehors de l'ergonome interne. Notre approche de l'usage des outils par l'ergonome interne était dirigée sur la façon dont il anime et conçoit la démarche et les tâches qu'il effectue dans ce cadre. Nous nous intéresserons à l'usage que font ces personnes de l'outil MEC. Nous analyserons donc leur activité dans l'usage de cet outil lors de la réalisation d'évaluation du risque de TMS sur des postes de travail du site de Renault Truck Bourg en Bresse.

Les animateurs *lean*, formés à l'utilisation de l'outil MEC, devaient se servir de l'outil lors de la phase préalable aux chantiers *Kaizen* et 3M qu'ils doivent mener dans le cadre de leur activité d'amélioration continue. Les données rassemblées ont été obtenues par l'observation de trois chantiers 3M menés par deux animateurs *lean* différents. Les données obtenues contiennent des relevés d'observations ouvertes ainsi que l'analyse de traces documentaires. L'usage de la fiche MEC par les animateurs *lean* a été abandonné avant de pouvoir mettre au point un protocole d'observations systématiques de l'usage de l'outil MEC. C'est un alternant en ergonomie qui reprend la réalisation de la cartographie du risque de TMS à l'aide de l'outil MEC. Nous aurons l'occasion de mettre en œuvre un protocole d'observations systématiques de son activité d'évaluation.

7.3.1. L'animateur *lean* en chantier 3M

7.3.1.1. Description des tâches

- La présentation de l'évaluation du risque de TMS est incluse dans la présentation de la démarche du chantier 3M et de ses objectifs. L'animateur présente aussi le protocole de recueil des données : film vidéo de chaque variante² au poste, évaluation MEC et

² Appellation propre à l'entreprise des différents types de camions se présentant sur la ligne de montage. Il s'agit ici de la variabilité des produits de l'entreprise. Les camions sont différenciés en fonction du type de châssis (porteur ou tracteur), du nombre de roues (4, 6 ou 8) et du nombre de roues motrices (2, 4, 6 ou 8).

entretiens d'auto-confrontation entre l'opérateur, l'Animateur d'Equipe et l'Animateur *lean*. Les consignes pour la prise de vidéo sont évoquées

- La préparation du chantier inclus :
 - o L'obtention de plans de chaque zone de travail
 - o L'obtention du taux d'engagement de chaque variante de véhicule pour la zone de chantier. Cette information est obtenue auprès de l'ordonnancement de la production. L'animateur *lean* demande un tableau où le taux d'engagement, notamment par variante de châssis, lui est donné en pourcentage sur le mois précédent. Il peut déterminer ainsi les variantes « fréquentes » et les variantes faibles.
- L'animateur prévient l'opérateur du moment de la prise de vidéo. Il filme l'opérateur réalisant son travail pour les différents modèles de véhicules caractérisés principalement par leur nombre d'essieux et de roues motrices concernés puis réalise la cotation MEC.
- Lors de la cotation, l'animateur *lean* pondère l'exposition aux « postures rouges » observée par le taux d'engagement (fréquence d'apparition sur la ligne d'assemblage) de la variante, afin de déterminer la fréquence d'exposition à cette posture, ce qui a une influence sur la note. La fiche MEC demande une fréquence horaire pour déterminer l'exposition aux postures rouges. Les utilisateurs de la fiche ont un calcul à réaliser pour déterminer cette fréquence horaire. Ils doivent modérer ce calcul en fonction du taux d'engagement de la variante de véhicule présente au poste de travail. Une posture rouge pour une variante se présentant rarement est ainsi jugée moins défavorable qu'une posture jaune pour une variante se présentant très fréquemment.
- La question des poids et des efforts n'est pas abordée avec l'opérateur (peu de manutentions sur les postes de ligne), l'Animateur *lean* ne pose pas de questions. Il répond donc sur la base de ses connaissances ultérieures de l'ilot (préparation de chantier, entretiens informels avec les Animateurs d'Equipe etc...).

7.3.1.2. L'usage de l'outil d'évaluation du risque de TMS par l'animateur *lean*

Dans le cadre d'un chantier 3M du *lean manufacturing*, l'équilibrage des charges de travail (mesuré principalement par le temps de travail) amène à la réalisation d'un plan d'action, dans le but de réduire l'exposition de l'opérateur aux *Muri*, réduire l'impact des *Mura* sur la production, et supprimer des *Muda*. La politique *lean* de l'entreprise est de privilégier la suppression du *Muri* (excès). Le chantier est mené par un animateur *lean*, travaillant sur la base d'entretiens d'auto-confrontation sur la vidéo avec un opérateur du poste de travail évaluée, et l'animateur d'équipe de la portion de ligne concernée par le chantier. Les raisons qui nous poussent à nous intéresser à ce chantier sont doubles :

- Il est prescrit à l'animateur *lean* d'utiliser en début de chantier un outil d'évaluation du risque de TMS interne : la fiche MEC.
- Les *Muri* (litt. « impossible ») dans la vision du *lean* sont principalement du côté de ce qui est qualifié par les acteurs comme des excès à la fois physiques (postures extrêmes, efforts excessifs) et psychiques (complexité, stress etc...).

L'utilisation de l'outil d'évaluation du risque de TMS se fait sur le terrain. L'animateur observe 2 ou 3 cycles de travail, et relève l'exposition aux facteurs de risque de TMS dans l'activité de l'opérateur sur un support papier : la fiche MEC. Une fois l'observation terminée, le report des résultats sur un fichier Excel donne le score obtenu par l'outil. Nos observations de l'utilisation de cet outil mettent en lumière plusieurs éléments :

- L'animateur *lean* utilise des informations prises en dehors de l'observation immédiate, notamment pour évaluer la répétitivité d'un mouvement par rapport à la référence de véhicule assemblée.
- Afin de s'alléger d'une partie de l'analyse, mais aussi pour impliquer l'encadrement immédiat dans le chantier, l'animateur *lean* demande à l'animateur d'équipe de remplir une partie des fiches SEC pour le chantier, ce qui pose un certain nombre de difficultés, l'utilisation de la fiche SEC requérant une formation qui n'est pour l'instant pas dispensée aux animateurs d'équipe.

Nos observations de la séquence d'auto-confrontation du chantier 3M entre l'opérateur, l'animateur *lean* et l'animateur d'équipe révèlent les éléments suivants :

- Les résultats de la fiche MEC ne sont pas exploités, ils ne sont même pas évoqués lors de l'entretien. L'animateur *lean* ne met pas en lien les *Muri* qui sont identifiés avec les facteurs de risques physiques ou psychologiques présentés dans la fiche d'évaluation.
- La réponse apportée aux *Muri* identifiés ne va souvent pas plus loin qu'un rappel au standard, ou à la tâche prescrite. Certains *Muri* ouvrent vers des propositions d'aménagement du poste ou de transformation des outils.

Les verbalisations de l'animateur *lean* autour de ce second point mettent en évidence la procédure d'enregistrement vidéo servant à l'entretien avec l'opérateur filmé. Nous l'avons reprise telle qu'elle apparaît dans les documents à la disposition de l'animateur *lean* :

« 3. Filmer 2 cycles consécutifs au minimum

4. Filmer la personne dans son ensemble et son environnement

5. Passer les consignes suivantes à la personne filmée :

- a. Travaille normalement, ni trop lent et ni trop vite
- b. Respecter enchaînement opératoire
- c. Pas d'anticipation

d. Prévenir si aléas (lever le bras pour alerter)

6. Passer les consignes aux personnes alentour :

- a. qu'elles n'interfèrent pas la personne filmée
- b. Qu'elles ne l'assistent pas
- c. Seulement l'Animateur d'Equipe qui intervient lors d'un aléa. »

Ces consignes sont celles de faire tenir la tâche à l'opérateur, sans variabilité, sans interruption. Cela apparaît très loin de l'activité et de la mise en visibilité des régulations individuelles et collectives de l'opérateur. Les verbalisations de l'animateur *lean* à propos de l'absence d'utilisation de l'outil d'évaluation du risque de TMS lors de l'entretien d'auto-confrontation avec l'opérateur filmé indiquent qu'il perçoit un écart entre le résultat de l'outil, qui est une « photographie instantanée » de l'exposition globale au risque de TMS, et de ses besoins lors de l'entretien. L'animateur souhaiterait un outil permettant de donner une note par opération traitée lors du chantier 3M, afin de faire de cette note l'un des éléments de l'équilibrage des charges de travail. Cette situation constitue la situation initiale de l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS pour l'animateur *lean* sur le terrain de Renault Trucks. Devant l'absence de suivi de l'évaluation faite par l'animateur *lean* par l'ergonome interne du site, la réalisation des évaluations du risque de TMS à l'aide de fiches MEC est alors confiée exclusivement au service ergonomie.

7.3.2. L'alternant en ergonomie en chantier Kaizen

Une série de chantier Kaizen de 5 jours a été lancée dans le cadre d'un projet de réorganisation globale d'une partie de l'entreprise. L'évaluation du risque de TMS via la fiche MEC devait être intégrée à chaque chantier. Les cotations MEC ont été réalisées par un alternant en ergonomie (niveau Licence 3). La forme de la cotation au cours des chantiers a évolué de la simple restitution de l'ensemble des scores MEC du chantier vers une évaluation avec photos ou vidéos à l'appui des points rouges de chaque fiche MEC. Cela a permis la restitution intermédiaire avant chantier avec la création d'un comité de pilotage du chantier composé de l'alternant en ergonomie, l'animateur *lean*, le *Process Engineer*, le Manager et de l'animateur d'équipe. La discussion sur l'évaluation MEC de l'unité de travail oriente les actions à envisager pendant le chantier.

Un alternant en ergonomie a réalisé une série de cotation autour des chantiers. Il suivait aussi les chantiers et y participait, soutenu par l'ergonome interne. L'ergonome interne assistait aux réunions de restitution quotidiennes et à la restitution globale de chantier, utilisant les résultats de l'évaluation MEC pour valider ou rejeter les transformations proposées.

7.3.2.1. L'évaluation préalable au chantier

Les évaluations du risque de TMS à l'aide de l'outil MEC réalisée par l'alternant en ergonomie dans le cadre des chantiers *Kaizen* se sont déroulées suivant la procédure décrite pour l'ergonome consultant (graphique 2). L'évaluation porte sur un îlot d'assemblage d'un sous-ensemble de véhicule industriel et s'est déroulée sur deux semaines. Nous avons suivi l'alternant lors de ces évaluations en utilisant une grille d'observation systématique construite d'après nos observations ouvertes. Nous avons attendu que l'alternant en ergonomie ait un mois de pratique de l'évaluation du risque de TMS à l'aide de la fiche MEC. La grille est donnée

en exemple dans la partie méthodologie. Lors de cette évaluation, l'alternant a évalué à l'aide de l'outil MEC le risque de TMS pour trois postes de *kitting* et sept postes d'assemblage de sous ensemble composant l'îlot. La stratégie d'évaluation de l'alternant diffère de celle de l'ergonome consultant dans le sens où l'alternant a choisi pour tous les postes de travail analysés une évaluation en deux temps avec une première étape de remplissage de la fiche MEC en observant le poste de travail à évaluer, et une seconde étape d'illustration et de mesures après un traitement informatique de cette première étape. Les illustrations semblent nécessaires pour être partagées lors de la réunion de restitution. Nous pouvons aussi noter dans cette l'usage par l'alternant d'un dynamomètre (appelé peson dans la suite du document) comme moyen de mesurer les poids et les efforts lors de certaines opérations comme l'emmanchement de rilsan. Cet usage fait suite à une demande de l'ergonome interne afin de pouvoir mettre à plat les valeurs de tous les efforts relevés, afin d'un éventuel traitement lors du chantier si une valeur se trouve hors des tolérances fixées par l'aide-mémoire ergonomique Renault Trucks.

7.3.2.2. L'évaluation des postes de *kitting*

Le *kitting* est l'activité qui consiste à demander à l'opérateur de réaliser des kits de pièces, généralement sur un chariot qu'il conduira vers un îlot de préparation de sous ensemble, ou directement vers la logistique qui conduira le chariot sur ligne d'assemblage. L'opérateur appelé *kitteur* est à l'interface de l'arrivée des pièces dans leurs conditionnements de transports (caisse, palettes etc...) et de leur mise à disposition en vue d'un assemblage. Le *kitteur* prépare les pièces pour différentes variantes d'une même famille de sous-ensembles qui constituent une partie fonctionnelle du véhicule. Leur activité est généralement guidée par un ordinateur qui leur indique les pièces à prendre par l'intermédiaire d'un dispositif de *pick to light* (l'ordinateur allume des voyants lumineux en face des pièces à saisir que l'opérateur valide à chaque prise). Les *kitteurs* approvisionnent généralement un îlot de préparation. Ils s'occupent de préparer les kits pour tous les véhicules produits quotidiennement par l'usine. C'est pourquoi leur *Takt Time* (temps de cycle) est égal à la moitié de celui d'une ligne de montage (il y a deux lignes de montage à approvisionner).

- Le *Takt Time* de l'îlot est de trois minutes et trente secondes. Le temps de cycle que met l'opérateur pour réaliser son activité est environ de trois minutes.

Le Graphique 6 et le Graphique 7 reprennent le chronogramme de l'évaluation de deux postes de *kitting* par l'alternant en ergonomie, afin d'illustrer la stratégie d'évaluation en trois étapes :

- Une première étape de remplissage de la fiche MEC, où l'alternant utilise principalement des observations ouvertes, des interactions avec l'opérateur et inscrit un certain nombre d'informations dans les items de la fiche MEC. Des artefacts comme le mètre ruban ou la calculatrice sur smartphone pour obtenir le poids de pièce peuvent être utilisés à cette

étape pour amener des précisions permettant de remplir la partie zone d'atteinte ou manutention de la fiche. Le recueil d'informations consiste le plus souvent en un dénombrement de l'atteinte de zone limite sur la période évaluée. Le remplissage de la fiche MEC se fait ici principalement dans le sens de lecture de la fiche. L'alternant en ergonomie commence le remplissage par la partie supérieure de la fiche, la partie des zones d'atteintes, puis il enchaine sur la partie des postures, celle des manutentions et enfin celle de l'environnement du poste de travail qui constitue la partie inférieure de l'outil. Nous notons aussi que parfois, l'activité de l'opérateur perturbe le remplissage, conduisant l'alternant à revenir sur des parties supérieures pour les compléter. L'alternant consacre environ un cycle complet de travail de l'opérateur à l'évaluation de chaque partie.

- Une deuxième partie de traitement informatique de cette première évaluation permet à l'alternant de réaliser une première pondération des durées d'exposition sur le fichier informatique de la fiche MEC. Cette étape fait ressortir les opérations que la fiche évalue comme à risque de TMS, afin de guider l'alternant dans la prise de photographies, et dans les mesures de poids ou d'efforts à réaliser.
- Une troisième étape est d'approfondir les mesures et de trouver des illustrations pour le rapport d'évaluation de la fiche MEC. L'alternant cherche à consolider ses données sur la situation de travail par des séances d'observations ouvertes supplémentaires, et par des échanges nombreux avec l'opérateur. Cela lui permet de mieux saisir le sens de son activité et les problèmes soulevés. Voici des exemples de verbatim lors du dialogue sur cette étape de l'évaluation entre l'alternant et l'opérateur :

« Alternant : Pour la prise des modulateurs en fond de V-EMB, vous êtes toujours obligés de vous pencher même avec le moyen de manutention ? »

Opérateur Kitting : Oui, sinon je n'assure pas la prise avec le crochet et le modulateur risque de glisser lors du levé. S'il tombe, il y a le risque de dégrader deux modulateurs, et ça fait perdre du temps. »

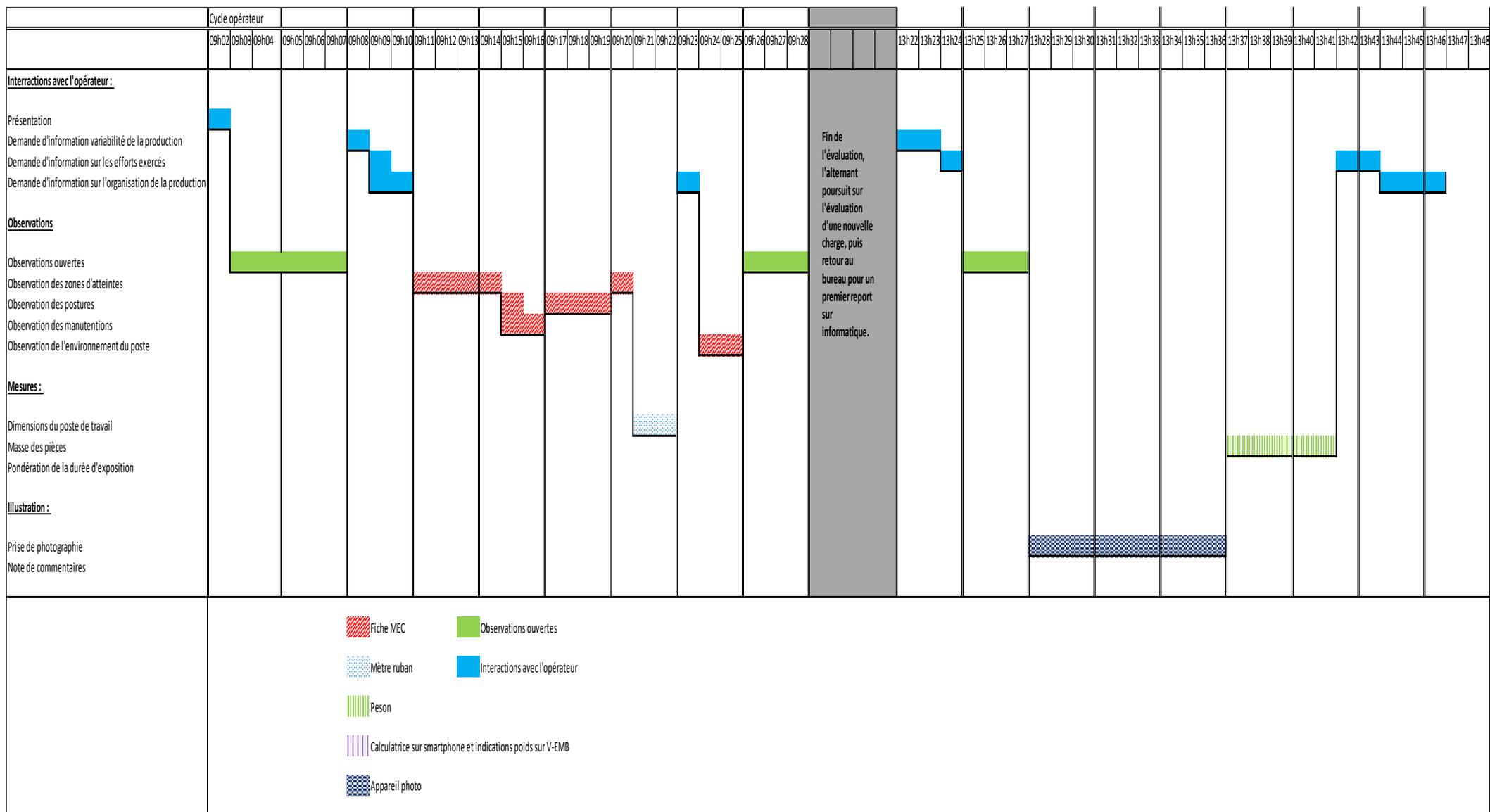
« Alternant : Pourquoi vous zippez les codes sur l'arrière des V-EMB plutôt que ceux suspendus au-dessus ? »

Opérateur Kitting : la lumière qui se reflète sur les fiches plastifiées empêche le zippage. J'utilise ce code barre parce qu'il est en papier et donc il n'y a pas de reflet, même si je dois me pencher pour ça. »

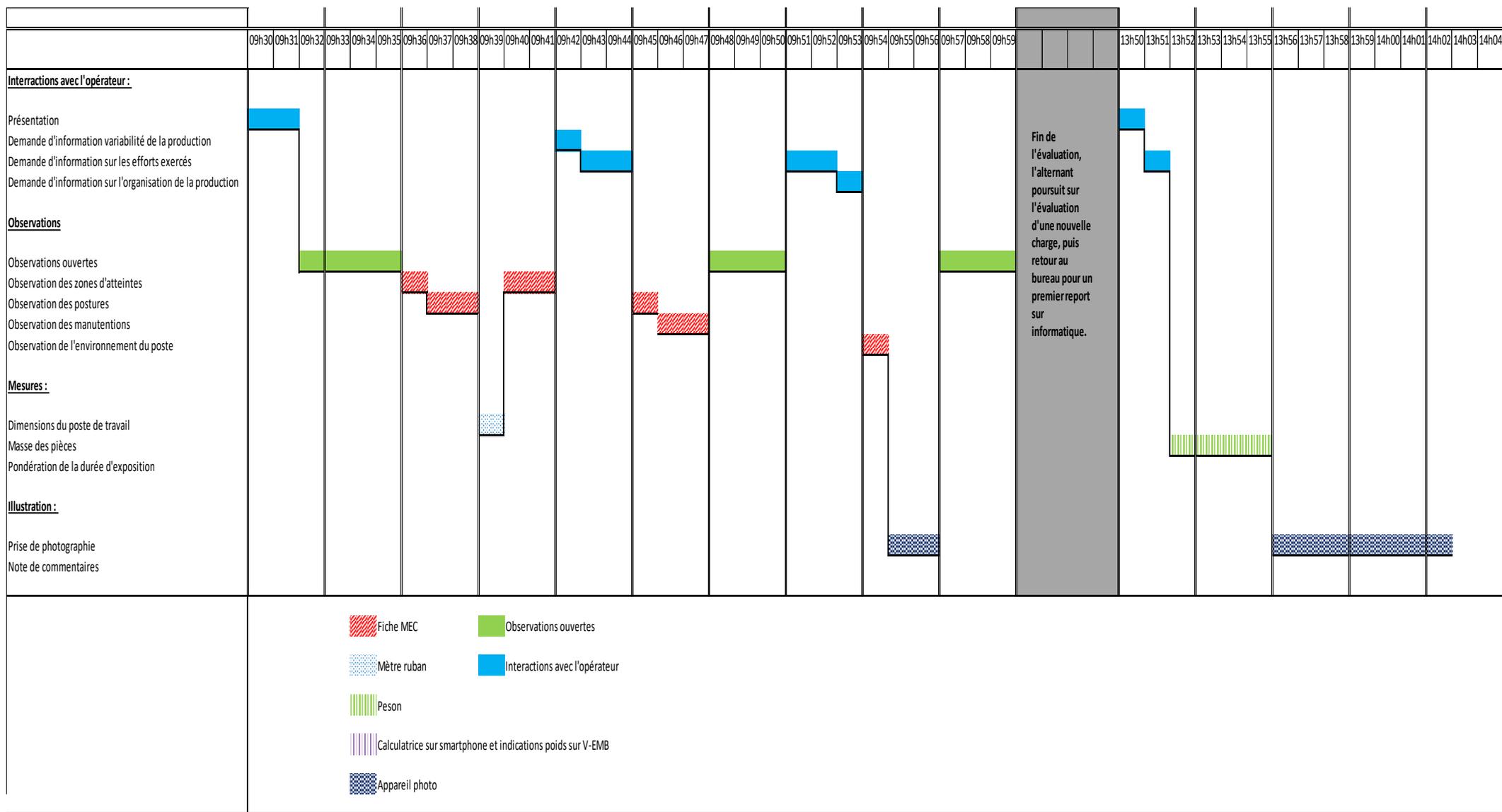
Le Tableau 11 reprend les proportions d'utilisation des différents artefacts lors de l'évaluation des postes de *kitting* par l'alternant pour l'ensemble des évaluations analysées.

		Artefact							Temps de réalisation de l'évaluation (min)
		Appareil photo	Calculatrice sur smartphone et indications poids sur V-EMB	Interactions avec l'opérateur	MEC	Mètre ruban	Observations ouvertes	Peson	
Situations évaluées	1	0,17	0,00	0,25	0,23	0,04	0,21	0,10	52
	2	0,20	0,00	0,23	0,21	0,03	0,23	0,10	43
	3	0,12	0,03	0,20	0,25	0,03	0,20	0,16	45
Moyenne		0,16	0,01	0,23	0,23	0,03	0,22	0,12	46,67
Ecart-type		0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	4,73
Médiane		0,17	0,00	0,23	0,23	0,03	0,21	0,10	45

Tableau 11 Proportion d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de kitting par l'alternant en ergonomie



Graphique 6 Chronogramme de l'évaluation d'un poste de kitting par l'alternant en ergonomie

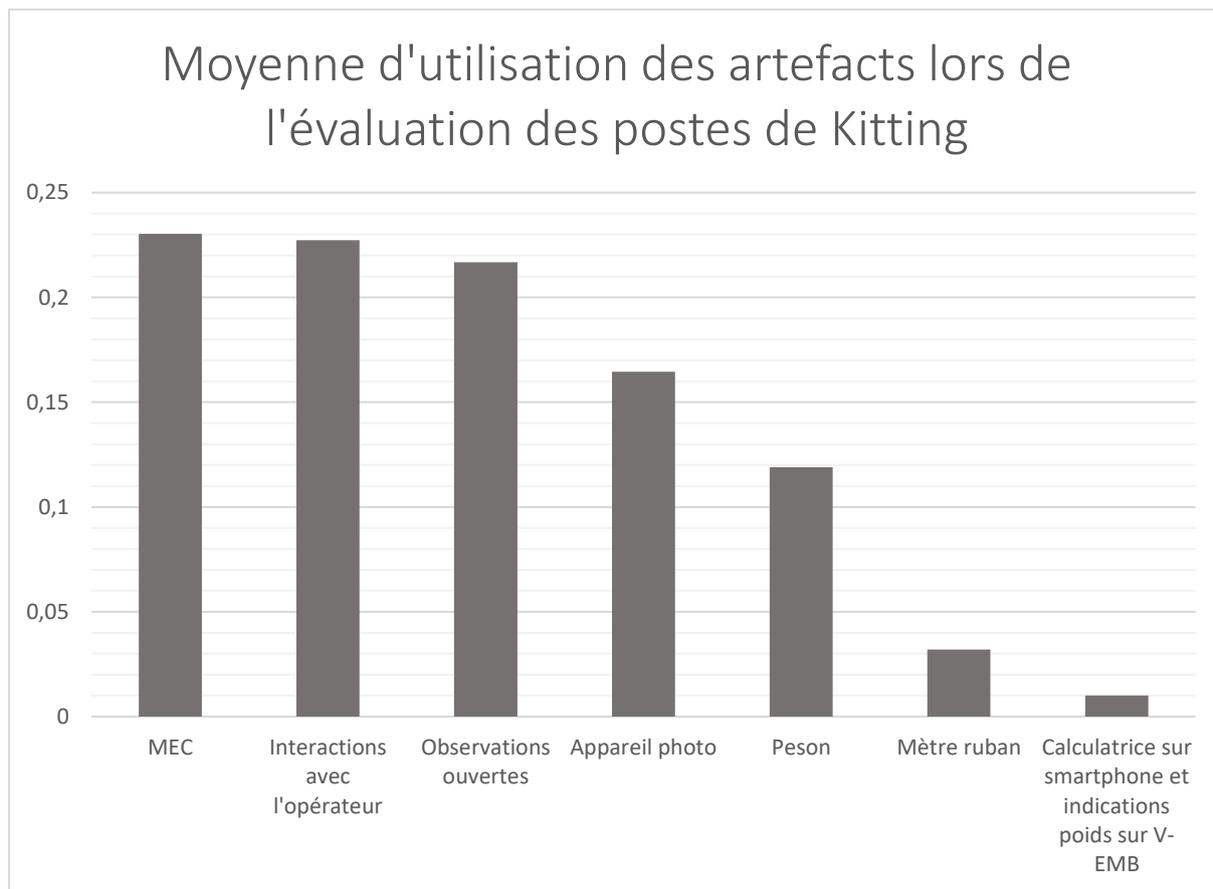


Graphique 7 Chronogramme de l'évaluation d'un poste de kitting par l'alternant en ergonomie

Type d'activité évaluée	Chronique	Caractéristiques de l'évaluation	Observations ouvertes	Interactions avec l'opérateur	Utilisation de l'appareil photo	Temps de l'évaluation
<i>Kitting</i>	Graphique 1	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début et fin d'évaluation puis au début de la phase d'illustration	En début et fin d'évaluation et en début et fin de la phase d'illustration	Séparée de l'évaluation, après le post traitement des données	52 minutes
	Graphique 2	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début, milieu et fin d'évaluation	En début milieu et fin d'évaluation et en début de la phase d'illustration	Une utilisation en phase d'évaluation pour une saisie de données à post-traiter	43 minutes

Tableau 12 Comparaison des chroniques d'activité alternant en ergonomie évaluation des charges de kitting

Le Tableau 12 reprend les éléments des chroniques d'activités présentés autour des caractéristiques de l'évaluation, de l'utilisation d'observations ouvertes, des interactions avec l'opérateur, de l'utilisation de l'appareil photo et du temps de l'évaluation. Ces éléments sont les points clefs de l'évaluation MEC. Nous compléterons ce tableau au fur et à mesure des résultats en y ajoutant les caractéristiques des autres chroniques d'activité présentées. Nous voyons ici que la stratégie de l'évaluation est sensiblement identique. Nous pouvons noter une utilisation de l'appareil photo en phase d'évaluation pour saisir des données à post-traiter dans la seconde évaluation.



Graphique 8 Moyenne d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de Kitting par l'alternant

Le Graphique 8 reprend la proportion moyenne d'utilisation des différents artefacts lors des évaluations des postes de *kitting* par l'alternant. L'utilisation de la fiche MEC, les observations ouvertes et les interactions avec l'opérateur sont pratiquement utilisées à égalité par l'alternant pour réaliser les évaluations. L'appareil photo est le quatrième artefact le plus utilisé, puis le peson pour procéder aux mesures d'effort demandées par l'ergonome interne. Enfin, le mètre ruban est utilisé pour mesurer certaines dimensions du poste de travail, notamment les hauteurs et profondeurs de prises de pièce au fond des V-EMB. La calculatrice sur smartphone sert à calculer le poids des pièces afin de pouvoir remplir la partie manutention de la fiche MEC. Le traitement en deux étapes permet à l'alternant de calculer les pondérations hors du poste de travail. Cette méthode, si elle permet à l'alternant d'être plus à l'aise pour déterminer les points problématiques, pose l'inconvénient de demander plus de temps pour l'évaluation par la nécessité de revenir sur le même poste de travail pour obtenir des illustrations. Durant cette interruption, l'alternant en ergonomie remplit la version numérisée de l'outil MEC, ce qui donne une première cotation du risque de TMS pour le poste. Cette première cotation permet à l'alternant de choisir les opérations à illustrer pour la réunion de restitution. Enfin, les mesures d'efforts sont réalisées durant la deuxième partie de l'évaluation et complétées par des interactions avec l'opérateur qui permettent le recueil de son appréciation des efforts mesurés. Il s'agit aussi de préciser les questions d'organisation sur les possibilités d'obtenir de l'aide ou sur la fréquence des rotations entre collègues sur le poste de travail.

Cette première approche de l'usage d'un outil d'évaluation nous montre que l'évaluation du risque de TMS est une situation complexe demandant à l'évaluateur de mobiliser des compétences au-delà de l'observation d'un opérateur effectuant des mouvements dans l'espace. Pour réaliser une évaluation précise selon les critères de l'outil d'évaluation MEC, l'évaluateur doit identifier les différentes opérations effectuées par l'opérateur, confronter ses opérations aux critères de l'outil d'évaluation pour identifier les éléments qui doivent faire l'objet d'une annotation sur la fiche MEC. Ensuite, la compréhension de la fréquence de réalisation des opérations qui peuvent varier du fait de la variabilité de la production, est primordiale pour la combinaison des facteurs de risques de TMS demandée par l'outil MEC. Le fait de devoir évaluer cette fréquence sur la base d'un nombre d'opération à l'heure demande à l'évaluateur des opérations de calcul que l'alternant préfère effectuer dans le calme de son bureau. A cette complexité pourrait s'ajouter la variabilité des modes opératoires choisis par l'opérateur pour réaliser une même opération. La prise en compte de la variabilité des modes opératoires est primordiale pour une évaluation du risque de TMS tenant compte de l'activité réelle de l'opérateur. La façon d'insérer cette variabilité dans les outils d'évaluation du risque de TMS est une question délicate, faut-il réaliser une seule évaluation tenant compte de la variabilité ou réaliser une évaluation complète pour chaque mode opératoire singulier de l'opérateur. Le choix qui est effectué dans l'outil MEC est de ne réaliser qu'une seule évaluation tenant compte de la variabilité. Les critères de l'outil le permettent. Néanmoins, il peut être nécessaire de travailler les critères de l'outil d'évaluation pour faciliter la prise en compte de la variabilité directement sur le lieu de l'évaluation, afin de rendre l'évaluation moins complexe pour un évaluateur novice et permettre une évaluation plus rapide. La prise en compte de la variabilité des produits sur un poste de travail demande notamment des données issues de l'organisation de la production (taux d'engagement des produits, mode opératoires) qui pourrait être intéressant d'intégrer dans un outil d'évaluation numérisé.

7.3.2.3. L'évaluation des postes de préparation de sous ensemble

L'assemblage de sous-ensembles est une activité intermédiaire entre le *kitting* et l'assemblage des véhicules sur ligne de montage. Les opérateurs affectés à ces îlots utilisent les pièces préparées par le *kitteur* sur les chariots pour les assembler, réaliser des opérations (serrage, rivetage etc...), ou amener des consommables (*colsons*, visserie etc...) qui permettent d'assembler une pièce fonctionnelle et prête à être assemblée sur le châssis du véhicule. Les îlots comportent un nombre variable d'opérateurs, et des organisations différentes en fonction des pièces à assembler. Les opérateurs peuvent réaliser des sous-ensembles pour l'ensemble des véhicules produits, ou pour ceux d'une seule ligne de production. Nous avons analysé ici l'évaluation de la préparation de sous-ensemble pour tous les véhicules produits, donc avec un *takt time* de 3minutes et trente secondes, inférieur de moitié au *takt time* des lignes de montage (environ sept minutes).

L'évaluation des postes de préparation de sous-ensemble pour le chantier *Kaizen* reprend les principes de l'évaluation des postes de *kitting*, l'alternant applique la stratégie en trois étapes : évaluation, traitement préalable, illustration/mesure pour réaliser l'évaluation des postes de travail impliqués dans le chantier. Le Tableau 13 donne la proportion d'utilisation des artefacts lors des différentes évaluations.

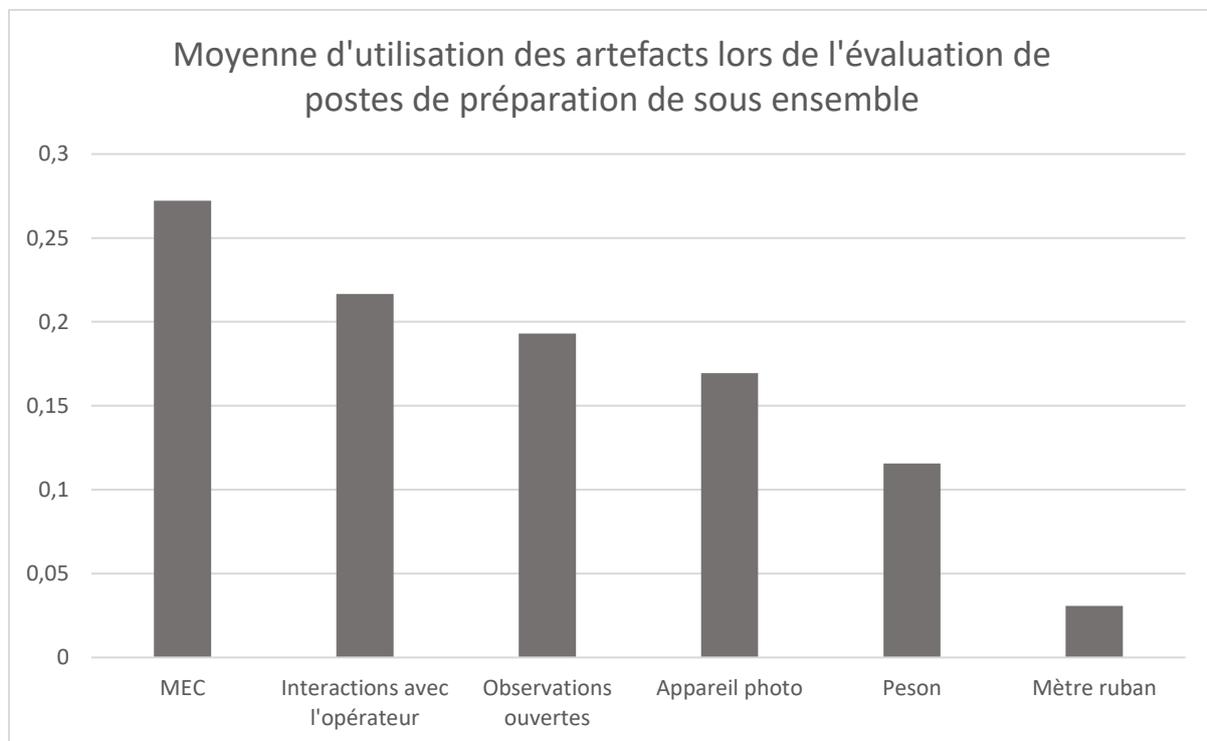
		Artefact						Temps de réalisation de l'évaluation (min)
		Appareil photo	Interactions avec l'opérateur	MEC	Mètre ruban	Observations ouvertes	Peson	
Situations évaluées	1	0,19	0,25	0,25	0,03	0,19	0,09	80
	2	0,17	0,20	0,26	0,03	0,18	0,15	76
	3	0,18	0,21	0,30	0,03	0,15	0,13	69
	4	0,14	0,23	0,31	0,05	0,20	0,07	87
	5	0,16	0,21	0,26	0,03	0,18	0,15	96
	6	0,20	0,19	0,27	0,02	0,20	0,11	88
	7	0,15	0,23	0,25	0,03	0,23	0,10	74
Moyenne		0,17	0,22	0,27	0,03	0,19	0,12	81,43
Ecart-type		0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	9,38
Médiane		0,17	0,21	0,26	0,03	0,19	0,11	80

Tableau 13 Proportion d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de préparation de sous ensemble par l'alternant en ergonomie

Le Graphique 9 donne la proportion moyenne d'utilisation des artefacts pour l'évaluation des postes de préparation de sous ensemble par l'alternant en ergonomie. La part d'observations ouvertes diminue par rapport à l'évaluation des postes de *kitting* au profit d'une augmentation du temps passé à l'évaluation des différents items de la fiche MEC. L'utilisation des autres artefacts reste sensiblement stable pour l'évaluation des postes de préparation de sous ensemble. Par rapport à l'ergonome consultant (Graphique 13), nous notons une diminution du temps passé à remplir les fiches MEC sur le terrain. Cette diminution s'explique par le choix de l'évaluation en deux étapes avec traitement informatique intermédiaire. Nous observons aussi des interactions avec les opérateurs, plus nombreuses pour l'alternant en

ergonomie, ce qui tient en partie à la nécessité d'obtenir le plus d'informations possibles pour comprendre la situation de travail et les difficultés rencontrées par l'opérateur.

Ces résultats font apparaître un effet d'expérience de l'évaluateur. Nous avons vu aussi que les interactions avec les opérateurs de l'évaluateur expérimenté vont diminuer de manière inversement proportionnelle à sa compréhension générale du processus de fabrication. Un évaluateur novice dans l'analyse du travail (alternant en ergonomie) peut choisir une stratégie d'évaluation en deux séances sur le terrain, entrecoupée d'une phase de traitement intermédiaire hors du terrain, ce qui lui permet un traitement plus sûr et plus serein des données. Nous observons aussi qu'un utilisateur novice va garder une proportion élevée d'interactions avec les opérateurs, afin d'obtenir une bonne compréhension des situations de travail, et surtout des problématiques associées aux postes évalués. Nous traitons de ces effets dans une prochaine partie.



Graphique 9 Moyenne d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de préparation de sous ensemble par l'alternant en ergonomie

7.3.3. Conclusion

Les traces de l'activité de l'animateur *lean* et les données de l'analyse de l'activité de l'alternant en ergonomie mettent en lumière les résultats suivants :

- Les caractéristiques de l'évaluateur ont une influence sur la stratégie d'évaluation. Nous observons un alternant avec des compétences en construction qui choisit une stratégie d'évaluation en deux temps : sens de remplissage de la fiche, stratégie d'évaluation et mesures et observations complémentaires.

- Le passage de l'évaluation d'une situation de travail à l'émission de pistes de transformation ne se fait pas sans une phase d'analyse de l'activité. C'est le sens de la synthèse d'évaluation réalisée par l'alternant en ergonomie. Cette phase est aussi une forme d'instrumentalisation de l'évaluation du risque de TMS par des ergonomes formés ou en formation à l'analyse de l'activité. Sans évaluateur ou guide pour faire des liens entre déterminants de la situation de travail, activité de l'opérateur évalué, et facteurs de risques proposés par l'outil d'évaluation du risque de TMS, l'évaluation est inefficace à produire des pistes de transformations.

Nous poursuivons notre étude en analysant l'activité de l'ergonome consultant en lien avec cet outil d'évaluation fiche MEC.

7.4. Analyse de l'activité de l'ergonome consultant

L'analyse de l'activité de l'ergonome consultant se fait dans le cadre d'une prestation concernant une cartographie réalisée à l'aide de la fiche MEC. Renault Trucks a recruté deux ergonomes consultants pour accomplir la mission. Les ergonomes ont pour mission de réaliser les évaluations d'un certain nombre de postes de travail à l'aide de la fiche MEC. Le but de la mission est d'établir une cartographie préalable au déploiement de la fiche MEC au sein du projet *small team* qui consiste en une réorganisation des unités de travail en équipes indépendantes. Il est prévu de doter ces équipes de chargés de mission en ergonomie, formés à l'utilisation de la fiche MEC et réalisant les évaluations au fur et à mesure de l'évolution de l'organisation de la production. L'ergonome interne souhaite par ce moyen obtenir un état des lieux du risque de TMS, au regard des critères de la fiche MEC avant le déploiement et la montée en puissance des moyens internes des *small teams*.

7.4.1. Description de l'activité

L'activité de l'ergonome consultant pour l'évaluation MEC reprend les étapes suivantes, qui sont schématisées dans la Figure 28 :

- La zone à évaluer est définie suivant un planning établi avec l'ergonome interne. Une réunion hebdomadaire permet d'assurer le suivi de l'évolution de la mission, de faire le point sur les évaluations réalisées et sur les évaluations prévues pour la semaine. La réunion relève les difficultés rencontrées, les potentiels postes blancs (poste de travail adaptés à l'ensemble des restrictions médicales) identifiés par l'évaluation de la semaine précédente et les modalités de prise de contact avec le manager de l'unité de travail à évaluer pour la semaine en cours.
- La prise de contact avec le terrain se fait par une présentation au manager de l'UEP et une présentation de l'UEP par le manager. Le manager fait la description succincte des pièces assemblées sur l'îlot et du nombre d'opérateurs qui y sont affectés. Il apporte

des précisions sur le *process*, en indiquant si le poste comporte le *kitting* ou pas. Il aborde les questions d'organisation du travail comme l'intégration d'intérimaires sur l'îlot qui donne un sureffectif temporaire, ou la présence de personnel à restriction d'aptitudes. L'ergonome pose des questions relatives à l'historique de l'UEP liée aux chantiers et aux cotations précédentes, notamment en lien avec le projet de restructuration de l'entreprise, pour identifier les îlots qu'il faut coter, ou non (éviter de faire le travail déjà fait, identifier les possibilités de gagner du temps pour passer à l'UEP suivante). Pour terminer la rencontre, l'ergonome aborde les modalités de communication autour des cotations à réaliser avec l'équipe. Une communication en Top 20 est proposée.

- L'évaluation MEC à proprement parler commence chaque fois que c'est possible par l'amont des îlots de production, car il est plus facile d'y appréhender la variabilité de l'apparition des types de véhicules ou de sous-ensembles liés à des variantes de véhicules à assembler sur un îlot. L'ergonome consultant se rend sur le terrain, se présente à l'opérateur et demande s'il a des objections à être pris en photo. Puis il évalue le travail de l'opérateur sur une version papier de la fiche MEC, dont il remplit les items au fur et à mesure. L'évaluation se termine lorsque l'ergonome consultant a rempli tous les items de la fiche.
- Certains postes peuvent nécessiter un post traitement d'une partie des données qui se fait notamment sur des vidéos afin de déterminer les temps de maintien de postures extrême. Les photos sont systématiquement anonymisées avant leur intégration à la synthèse. L'ergonome consultant peut aussi choisir d'extraire les photos de vidéos par le biais de capture d'écran, ce moyen étant parfois plus aisé pour saisir des illustrations de postures.
- L'ergonome remplit la version numérisée de la fiche sous Excel et l'enregistre dans un répertoire où les évaluations sont rangées par unité de travail.
- Une fois l'évaluation de l'îlot finalisée, l'ergonome consultant remplit la synthèse des cotations, un document PowerPoint reprenant les scores MEC obtenus, les problématiques identifiées à chaque poste, et les problématiques transversales à l'ensemble des postes. Les problématiques sont illustrées avec les photographies prises lors de l'évaluation.

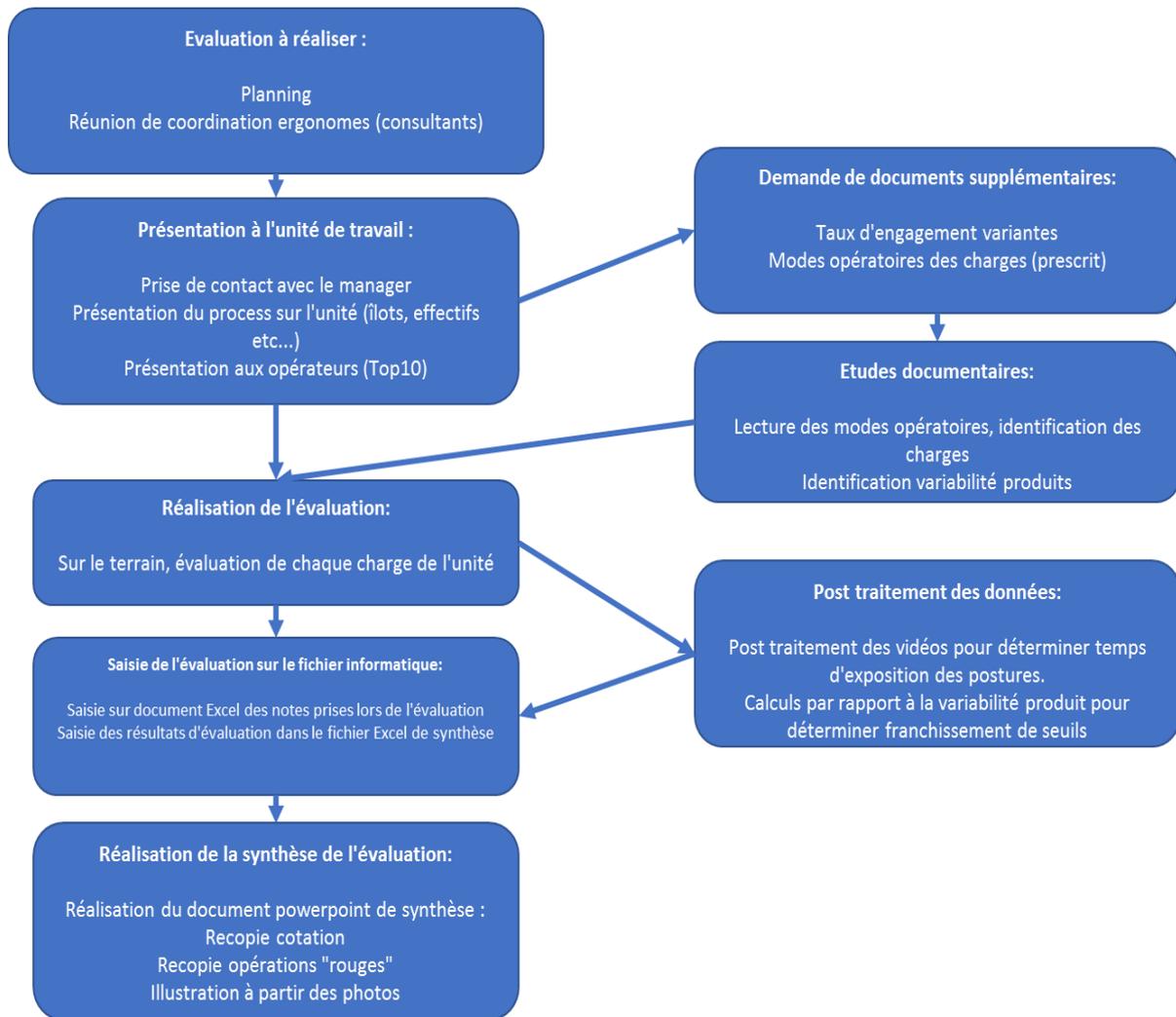


Figure 28 Procédure de l'évaluation MEC d'une unité de production

7.4.2. Résultats

Cette partie reprend les résultats pour les différentes évaluations du risque de TMS de l'ergonome consultant analysées. Les évaluations ont été réalisées par l'ergonome consultant dans le cadre de sa mission. De la même manière que pour l'alternant en ergonomie, nous avons attendu que l'ergonome ait un mois de pratique et réalisé un certain nombre d'évaluations à l'aide de la fiche MEC, afin qu'une certaine expérience dans l'usage de cet outil soit acquise.

7.4.2.1. L'évaluation du risque de TMS dans l'activité de kitting

Le Tableau 14 donne un exemple de grille de relevés à la suite de l'observation systématique de l'évaluation d'un poste de *kitting* par l'ergonome consultant.

Horaire	Temps (min)	Opération	Artefact	Commentaire
13h45	3	- Présentation à l'opérateur - Observation de l'activité/familiarisation	-	
13h48	3	Vérification des zones d'atteintes V-EMB	MEC	
13h51	3	- Echange avec l'opérateur sur la variabilité de la production - Observation des postures - Vérification des zones d'atteintes (mesure)	MEC Mètre ruban	Mesure des zones d'atteintes pour lever les doutes passage en zone ½
13h54	3	Détermination des temps hors zone d'atteinte pour prise en fond de V-EMB	MEC Application calculatrice sur smartphone et matrice de pondération sur la position des pièces dans V-EMB	Pour accélérer l'estimation, le consultant a élaboré une petite règle de calcul des prises en fonction de la hauteur du contenant et de la disposition des pièces
13h57	3	Vérification du poids des pièces	Application calculatrice smartphone	Poids des pièces obtenu sur le terrain par calcul (utilisation calculatrice de téléphone portable : division à réaliser). Le poids de l'ensemble des pièces est récupéré sur le V-EMB : passage côté logistique, normalement interdit (sécurité). Si pas disponible, nécessite de revenir faire mesure avec le peson.
14h00	10	Prise de photos	Appareil photo	Prise de photos selon éléments cochés en rouge sur la grille et opération identifiées dans les notes.

Horaire	Temps (min)	Opération	Artefact	Commentaire
14h10	3	Pose des questions à l'opérateur		Pose des nouvelles questions : reviens sur la variabilité de la production, et pose la question de la polyvalence au poste.
14h13	--	Fin de cotation		

Tableau 14 exemple de grille d'observation de l'évaluation d'un poste de kitting par l'ergonome consultant

Le Graphique 10 donne le chronogramme de l'évaluation du poste de *kitting* par l'ergonome consultant. Le temps dévolu à l'évaluation est de 28 minutes, ce qui correspond environ à dix cycles de l'activité de l'opérateur. Nous sommes dans les bornes du temps prescrit pour ce genre d'évaluation qui se situe entre 20 à 30 minutes d'observations de l'opérateur à son poste de travail. Après la présentation à l'opérateur et l'observation ouverte d'un cycle de travail, l'ergonome consultant remplit les items de la fiche par famille, dans l'ordre où ils sont présentés sur la fiche. Le deuxième cycle observé sera dévolu à évaluer les zones d'atteintes dans l'activité de l'opérateur puis, après une question sur la variabilité qui aide à pondérer à la fois le score des zones d'atteintes et celui des postures, l'ergonome remplit la partie posture de la fiche. Une fois les postures évaluées, l'ergonome consultant va s'intéresser aux manutentions réalisées par l'opérateur. Il va mesurer à l'aide d'un mètre ruban la distance à laquelle l'opérateur saisit des pièces dans un emballage appelé V-EMB, puis il va pondérer cette exposition à l'aide d'une matrice qu'il a créé sur les critères à appliquer aux pièces en fonction du type d'emballage V-EMB L et V-EMB K. Cette matrice lui permet de déterminer la fréquence de saisie d'une pièce dans chacune des zones caractérisées dans la fiche MEC. Le dernier élément nécessaire pour remplir la partie manutention est le poids des pièces. L'ergonome l'obtient à partir des étiquettes collées sur les V-EMB, en devant réaliser un calcul où il divise le poids net (du contenu de l'emballage) par le nombre de pièces dans l'emballage. Ces opérations un peu plus longues prennent deux cycles de l'activité de l'opérateur. Enfin, pendant un peu plus de trois cycles, l'ergonome consultant se consacre à la prise d'illustrations de la situation de travail. Pour cela, il revient dans chaque zone, note l'opération illustrée et prend une photo à l'aide d'un appareil photo. L'ergonome illustrera des zones d'atteintes, des postures (Figure 30) et des manutentions (Figure 31). Les photographies prises concernent aussi la feuille d'engagement de la production pour garder une trace de la variabilité (Figure 29), mais l'auto-confrontation révélera que ce type de photo n'est pas exploité, parce que l'ensemble des données recueillies est lourd à traiter. L'ergonome consultant cessera de les prendre au bout d'un moment. La fin de l'évaluation concerne l'environnement du poste de travail. Ici, l'ergonome remplira d'abord un certain nombre d'items avant de poser à

l'opérateur une question sur la polyvalence et sur les possibilités de rotation au sein de l'unité de travail, ce qui lui permet de remplir les derniers items.

SE-CEL6-4		CAPOT BATTERIE LIGNE 3	
NUMERO V	CAPOT BATTERIE	CALE DE NOIE	AVIC PASSERELLE
11MA001017 K	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO	PERCER CAPOT	7421 481 559 PASSERELLE BATTERYBO
11MA001019 F	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO	PERCER CAPOT	7421 481 559 PASSERELLE BATTERYBO
11MA001024 S	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO	PERCER CAPOT	7421 481 559 PASSERELLE BATTERYBO
11MA001181 A	7421 924 923 CAPOT BATTERY BOX 7421 924 924 CAPOT BATTERY BOX		
11MA001192 E	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO	PERCER CAPOT	
11MA001033 M	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO		7421 358 283 PASSERELLE BATTERYBO
11MA001108 H	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO	PERCER CAPOT	
11MA001021 L	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO	PERCER CAPOT	7421 481 559 PASSERELLE BATTERYBO
11MA001135 M	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO		
11MA001153 F	7421 924 923 CAPOT BATTERY BOX 7421 924 924 CAPOT BATTERY BOX		
11MA001192 W	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO	PERCER CAPOT	7421 481 559 PASSERELLE BATTERYBO
11MA001133 B	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO	PERCER CAPOT	
11MA001112 M	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO		7421 358 283 PASSERELLE BATTERYBO
11MA001190 Z	7421 924 923 CAPOT BATTERY BOX 7421 924 924 CAPOT BATTERY BOX		
11MA00102 C	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO	PERCER CAPOT	
11MA00120 J	7422 078 106 COUVERCLE BATTERY BO	PERCER CAPOT	

Figure 29 Photographie du tableau d'engagement pour déterminer la variabilité de la production



Figure 31 Photographie illustrant une saisie de pièce dans un V-EMB

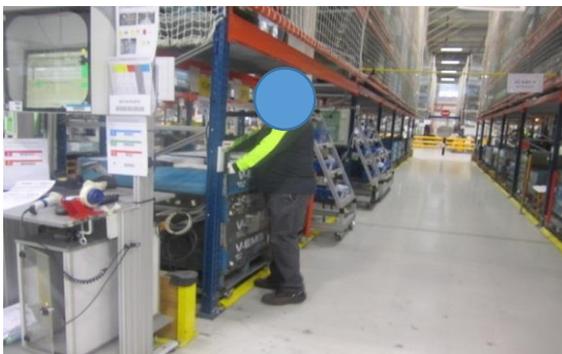
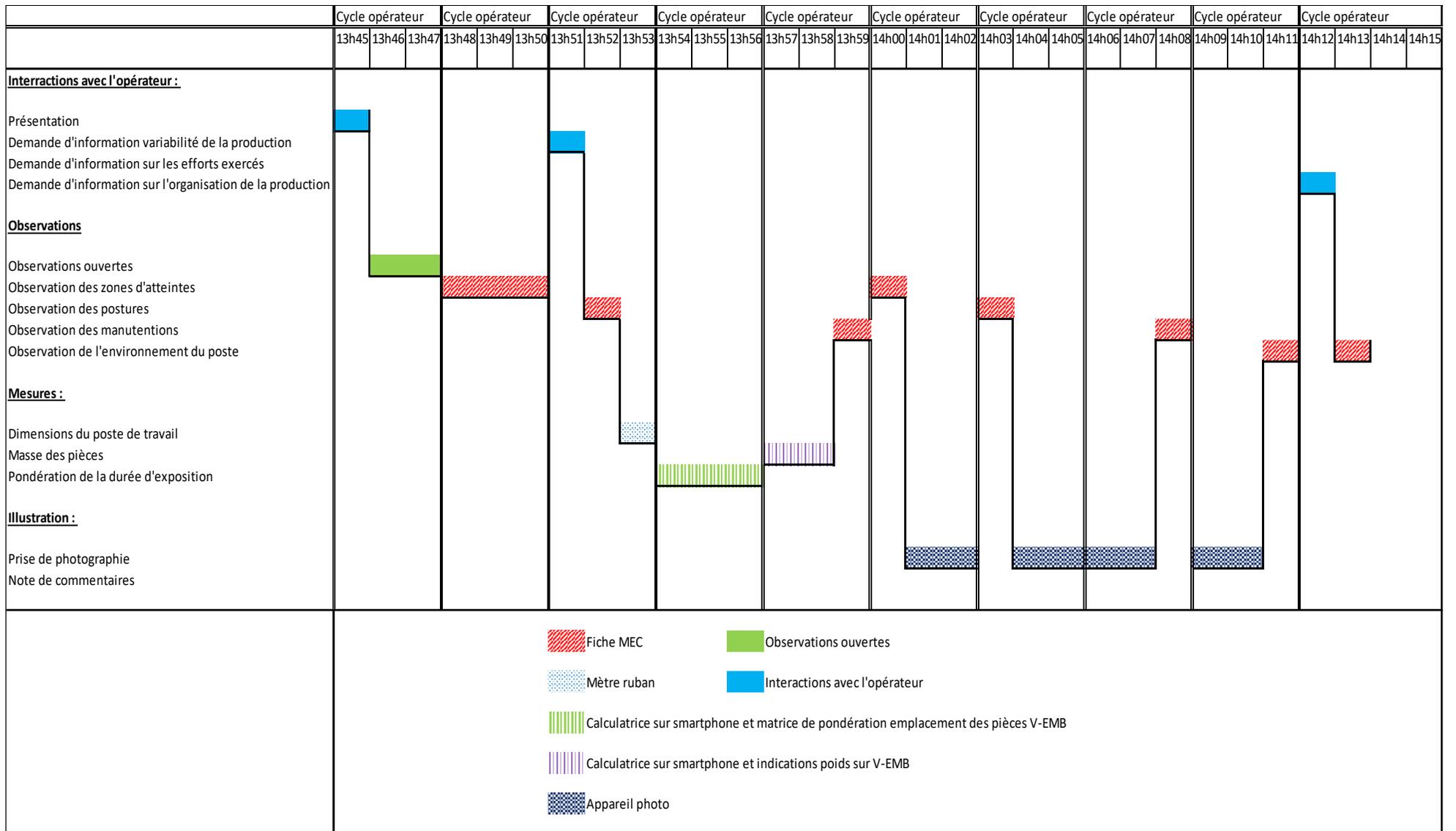


Figure 30 Photographie illustrant une posture de travail



Graphique 10 Chronogramme de l'usage des artefacts lors de l'évaluation d'un poste de kitting

Evaluateur	Type d'activité évaluée	Chronique	Caractéristiques de l'évaluation	Observations ouvertes	Interactions avec l'opérateur	Utilisation de l'appareil photo	Temps de l'évaluation
Alternant en ergonomie	<i>Kitting</i>	Graphique 1	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début et fin d'évaluation puis au début de la phase d'illustration	En début et fin d'évaluation et en début et fin de la phase d'illustration	Séparée de l'évaluation, après le post traitement des données	52 minutes
		Graphique 2	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début, milieu et fin d'évaluation	En début milieu et fin d'évaluation et en début de la phase d'illustration	Une utilisation en phase d'évaluation pour une saisie de données à post-traiter	43 minutes
Ergonome consultant	<i>Kitting</i>	Graphique 5	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début d'évaluation	En début et fin d'évaluation	En évaluation à la fois pour obtenir des données à post-traiter et pour illustrer des problématiques déjà identifiées dans la fiche MEC	29 minutes

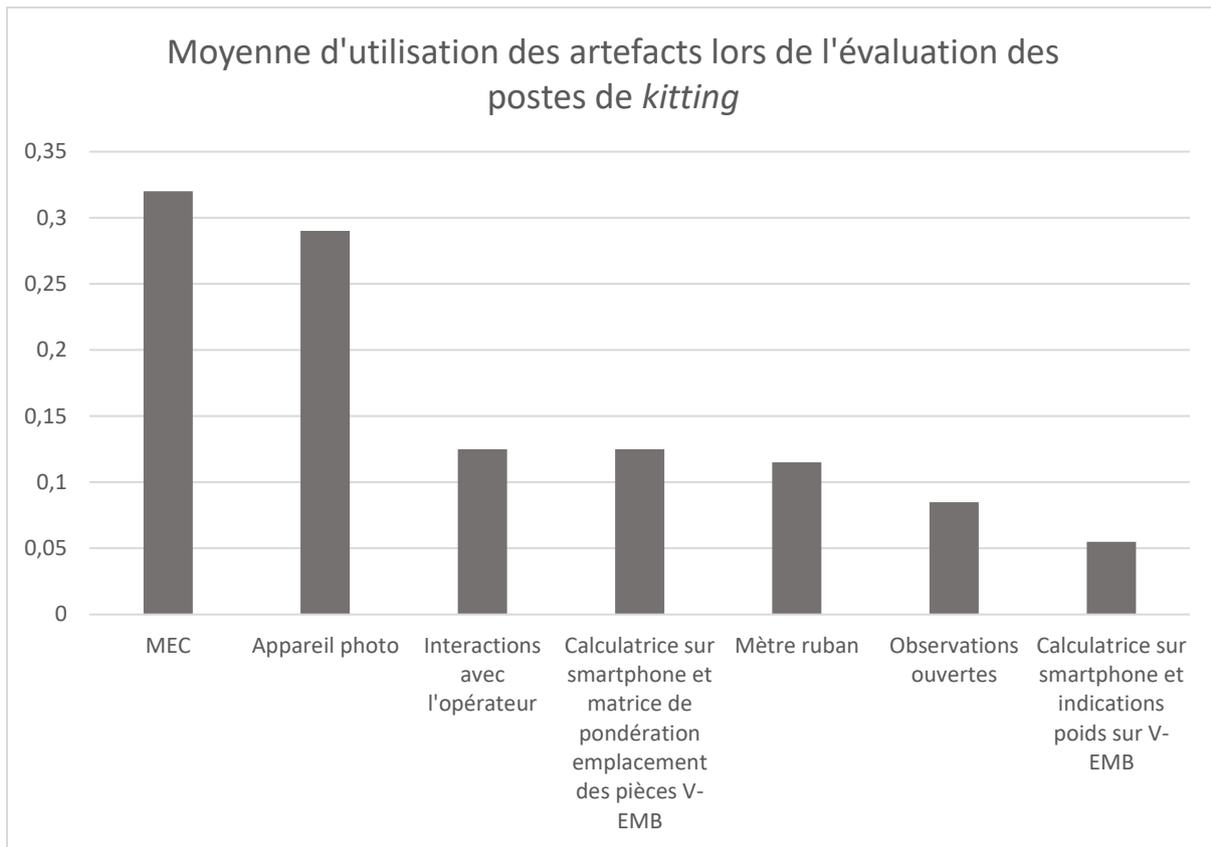
Tableau 15 Comparaison des chroniques d'activité de l'alternant en ergonomie et de l'ergonome consultant pour l'évaluation des charges de kitting

Le Tableau 15 reprend les éléments de comparaison des chroniques d'activité entre l'alternant en ergonomie et l'ergonome consultant pour l'évaluation des postes de *kitting*.

		Artefact							Temps de réalisation de l'évaluation (min)
		Appareil photo	Interactions avec l'opérateur	MEC	Mètre ruban	Observations ouvertes	Calculatrice sur smartphone et matrice de pondération et emplacement des pièces V-EMB	Calculatrice sur smartphone et indications poids sur V-EMB	
Situations évaluées	1	0,28	0,10	0,34	0,03	0,07	0,10	0,07	29
	2	0,30	0,15	0,30	0,20	0,10	0,15	0,04	34
Moyenne		0,29	0,13	0,32	0,12	0,085	0,13	0,06	31,50
Ecart-type		0,01	0,04	0,03	0,12	0,02	0,04	0,02	3,54
Médiane		0,29	0,125	0,32	0,115	0,085	0,125	0,055	31,5

Tableau 16 Proportion d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de *kitting* par l'ergonome consultant

Le Tableau 16 reprend la proportion d'utilisation des différents artefacts pour l'évaluation de deux postes de *kitting* par l'ergonome consultant. Le Graphique 11 illustre la proportion moyenne de l'utilisation des artefacts pour l'échantillon analysé.



Graphique 11 Moyenne d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation de postes de *kitting* par l'ergonome consultant

L'artefact le plus utilisé pour l'évaluation du risque de TMS dans l'activité de *kitting* est la fiche MEC avec un temps d'utilisation moyen de 31 % lors de l'évaluation. Le deuxième artefact le plus utilisé est l'appareil photo avec une utilisation moyenne de 29%. Ceci tient au fait que l'ergonome attend les moments propices à la prise de photographie pour ce qu'il souhaite illustrer, la difficulté consistant à prendre des photographies qui ne soient pas floues, qui illustrent bien l'opération à mettre en lumière. Ensuite, viennent les interactions avec l'opérateur (12.5%) qui servent principalement à déterminer la variabilité de la production, et les possibilités de rotation avec d'autres postes de travail. Nous avons, à égalité avec les interactions avec l'opérateur, l'utilisation de la calculatrice sur smartphone et de la matrice de pondération de l'emplacement des pièces dans le V-EMB (12.5%). Les calculs à établir ont ici pour but de déterminer la fréquence horaire de saisie des pièces, en fonction des variantes, afin de pouvoir remplir la zone des manutentions. Le *kitteur* réalisant 17 véhicules par heure, les multiplications et divisions à effectuer pour obtenir cette pondération sont difficilement réalisables de tête, c'est pourquoi la calculatrice sur smartphone est utilisée. Les artefacts suivants dans l'ordre d'utilisation sont le mètre ruban (11.5%) pour vérifier certaines dimensions de la zone de travail de l'opérateur, les observations ouvertes (8.5%), l'activité du *kitteur* étant facile à saisir et fortement répétitive ; enfin, la calculatrice sur smartphone pour déterminer le poids des pièces à partir des étiquettes de V-EMB (5.5%). Il s'agit ici encore de pouvoir effectuer une division qui est souvent complexe pour être effectuée de tête. Le poids des pièces peut aussi être obtenu en le mesurant à l'aide d'un peson ou d'une balance, mais

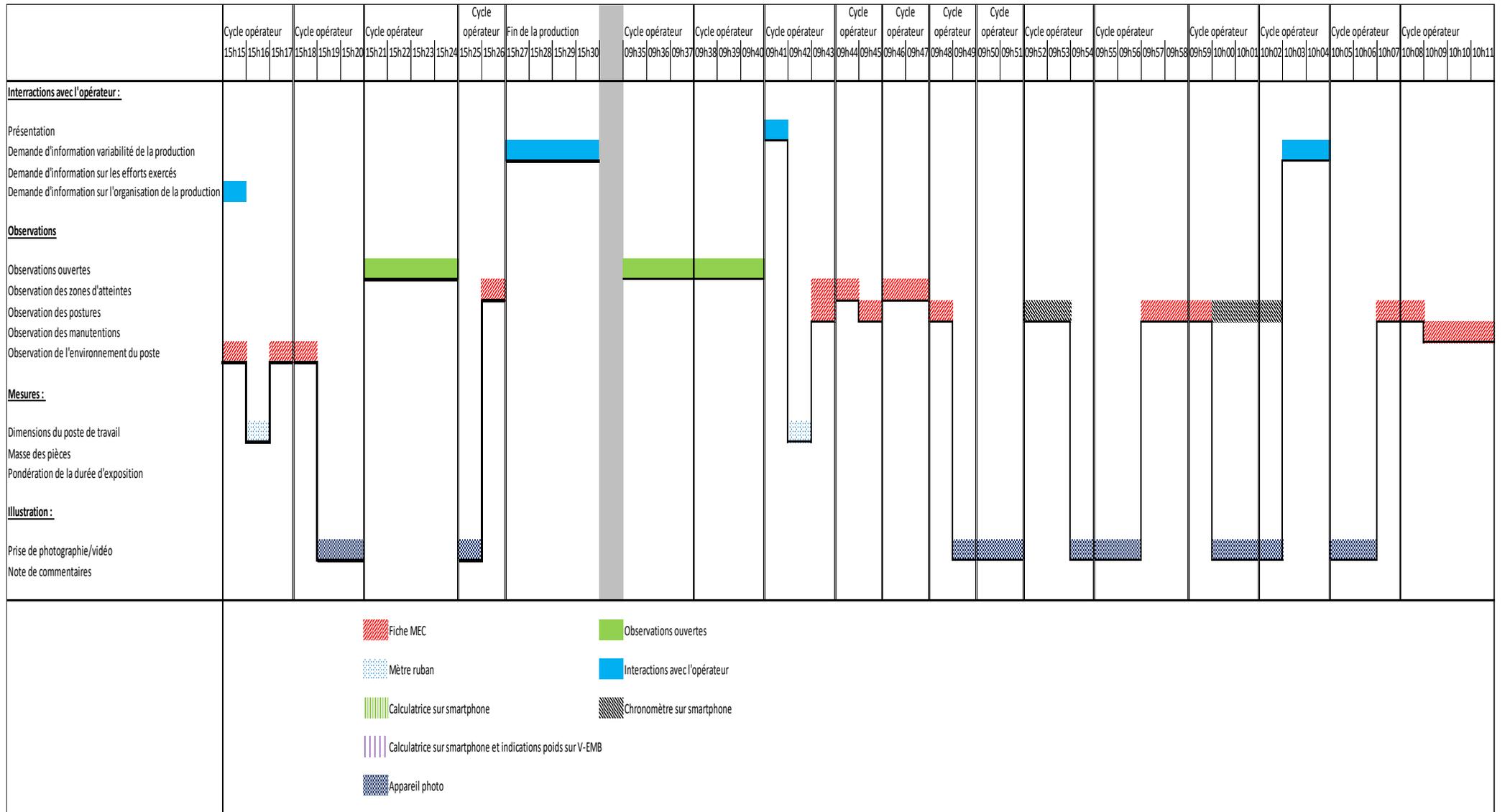
il s'agit pour l'ergonome de réaliser un déplacement supplémentaire, ou de se déplacer avec une mallette encombrante pour une brève utilisation. La division à partir des indications de l'étiquette du V-EMB est la solution la plus économique pour obtenir cette information, et elle est aussi fiable que le peson. Cette stratégie permet à l'ergonome consultant de gagner du temps.

7.4.2.2. L'évaluation du risque de TMS dans l'activité de préparation de sous-ensemble

L'ergonome consultant a réalisé ses évaluations avec la fiche MEC dans le cadre de sa mission.

Le Graphique 12 reprend le chronogramme de l'activité de l'ergonome consultant lors de l'évaluation du poste de préparation de sous-ensemble. On observe une rupture dans l'évaluation puisque l'ergonome commence à évaluer ce poste en fin de journée de travail et il revient le lendemain matin finir l'évaluation. La partie de l'évaluation de fin de poste ne comprend pas de présentation à l'opérateur, puisque l'ergonome a déjà rencontré l'opérateur sur l'évaluation du poste la veille (l'organisation de l'îlot est sur la rotation quotidienne des opérateurs aux différents postes). De plus, l'ergonome est présent au sein de l'îlot depuis un certain temps puisqu'il a réalisé l'évaluation d'un autre poste sur le même îlot cet après-midi-là.

L'évaluation commence d'emblée par le remplissage d'un certain nombre d'items liés à l'environnement de travail. L'ergonome vient de finir l'évaluation d'un poste à proximité, il reprend un certain nombre des items dans cette nouvelle fiche. La mesure prise dans cette partie de l'évaluation concerne la hauteur des étagères logistiques, il réalisera une série de photographies en lien avec cet élément. L'ergonome observera un cycle sans prendre de notes pour une variante particulière, puis annotera les items sur les zones d'atteintes en lien avec la mesure et les photographies qu'il a prises. Enfin, la production se terminant, il aura un long échange avec l'opérateur pour déterminer la fréquence d'apparition des différentes variantes de produits au poste de travail.



Graphique 12 Chronogramme de l'usage des artefacts lors de l'évaluation d'un poste de préparation de sous ensemble

Évaluateur	Type d'activité évaluée	Chronique	Caractéristiques de l'évaluation	Observations ouvertes	Interactions avec l'opérateur	Utilisation de l'appareil photo	Temps de l'évaluation
Alternant en ergonomie	<i>Kitting</i>	Graphique 1	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début et fin d'évaluation puis au début de la phase d'illustration	En début et fin d'évaluation et en début et fin de la phase d'illustration	Séparée de l'évaluation, après le post traitement des données	52 minutes
		Graphique 2	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début, milieu et fin d'évaluation	En début milieu et fin d'évaluation et en début de la phase d'illustration	Une utilisation en phase d'évaluation pour une saisie de données à post-traiter	43 minutes
Ergonome consultant	<i>Kitting</i>	Graphique 5	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début d'évaluation	En début et fin d'évaluation	En évaluation à la fois pour obtenir des données à post-traiter et pour illustrer des problématiques déjà identifiées dans la fiche MEC	29 minutes
	Préparation de sous-ensembles	Graphique 7	Remplissage des items au fur et à mesure de leur apparition dans l'activité de l'opérateur évalué	En milieu d'observation	En début, milieu et fin d'observations	En évaluation à la fois pour obtenir des données à post-traiter et pour illustrer des problématiques déjà identifiées dans la fiche MEC	57 minutes

Tableau 17 Comparaison des chroniques d'activité de l'alternant en ergonomie et de l'ergonome consultant pour l'évaluation des charges de kitting et de préparation de sous-ensemble

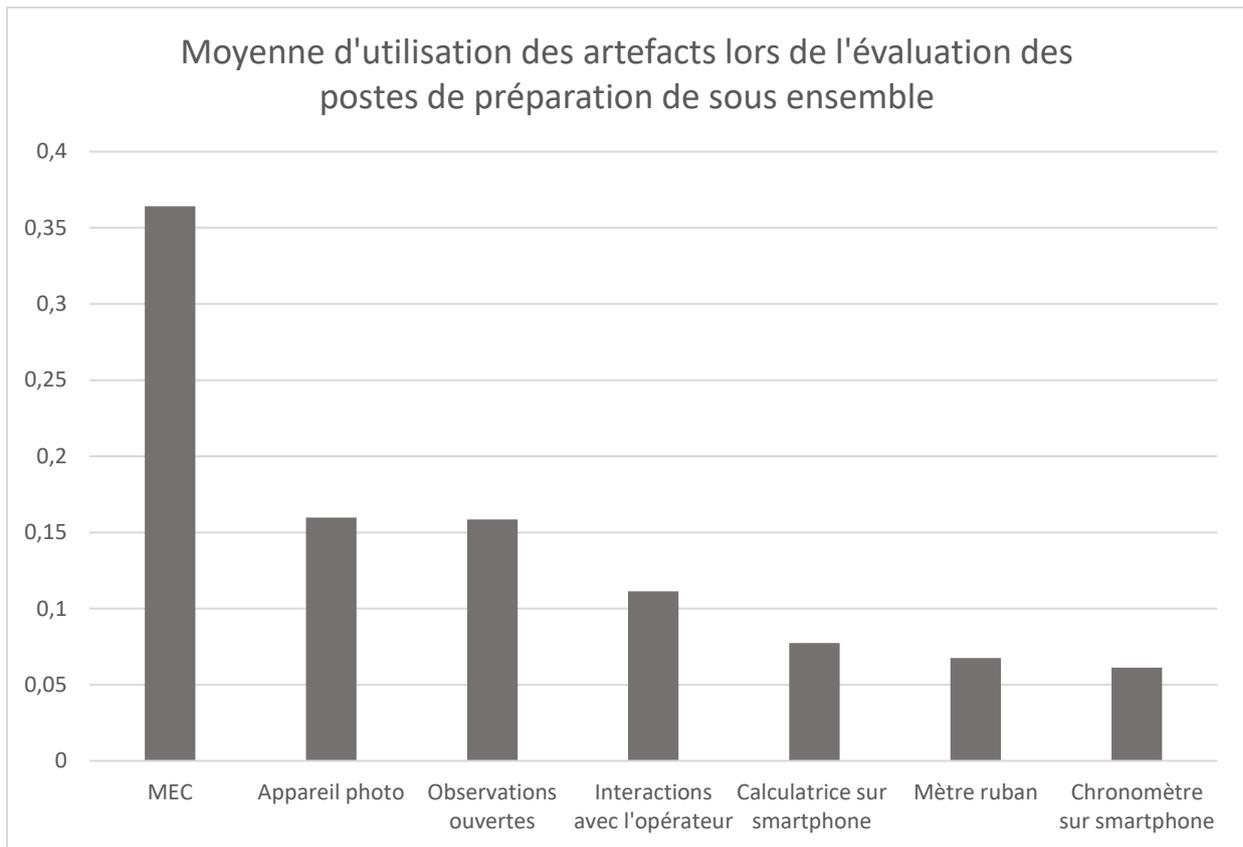
Le Tableau 17 reprend les éléments de comparaison des chroniques d'activité de l'alternant en ergonomie et de l'ergonome consultant pour l'évaluation des charges de kitting et de préparation de sous-ensembles.

Le lendemain, l'évaluation commence par une observation ouverte pendant deux cycles afin de resituer tous les éléments notés la veille sur la fiche. Puis l'ergonome se présente rapidement à un nouvel opérateur intérimaire, arrivant en compagnonnage sur le poste. Une nouvelle mesure permet de déterminer la hauteur d'un élément du poste de travail, puis l'évaluation sur la fiche MEC commence. L'ergonome consultant va faire pendant quelques minutes des allers-retours entre les parties zones d'atteintes et posture, avant de chercher à prendre une vidéo pour illustrer les éléments ressortant de l'évaluation. Nous voyons ici l'utilisation d'un nouvel artefact, il s'agit du chronomètre sur smartphone, l'ergonome s'en servira pour quantifier les postures statiques. Nous voyons aussi l'utilisation simultanée du chronomètre et de l'appareil photo en mode vidéo. L'ergonome cherche à évaluer une posture statique. La vidéo est utilisée ici comme une sécurité en cas d'aléas rendant le chronométrage imprécis, pour pouvoir être potentiellement post traité au bureau. Les questions sur la variabilité de la production reviennent pour aider à caractériser les postures. Enfin, l'ergonome termine l'évaluation par la partie manutention.

Le Tableau 18 reprend les proportions d'utilisation des différents artefacts pour l'ensemble des postes de préparation de sous-ensemble évalués par l'ergonome consultant.

		Artefact							Temps de réalisation de l'évaluation (min)
		Appareil photo	Interactions avec l'opérateur	MEC	Mètre ruban	Observations ouvertes	Calculatrice sur smartphone	Chronomètre sur smartphone	
Situations évaluées	1	0,09	0,09	0,41	0,09	0,16	0,13	0,03	32
	2	0,18	0,07	0,35	0,12	0,10	0,10	0,07	57
	3	0,15	0,15	0,37	0,04	0,16	0,08	0,05	46
	4	0,12	0,10	0,38	0,05	0,20	0,08	0,06	49
	5	0,25	0,14	0,32	0,04	0,18	0,00	0,09	55
Moyenne		0,16	0,11	0,36	0,07	0,16	0,08	0,06	47,80
Ecart-type		0,06	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,02	9,88
Médiane		0,15	0,10	0,37	0,05	0,16	0,08	0,06	49,00

Tableau 18 Proportion d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes de préparation de sous-ensemble par l'ergonome consultant



Graphique 13 Moyenne d'utilisation des différents artefacts lors de l'évaluation des postes de préparation de sous ensemble

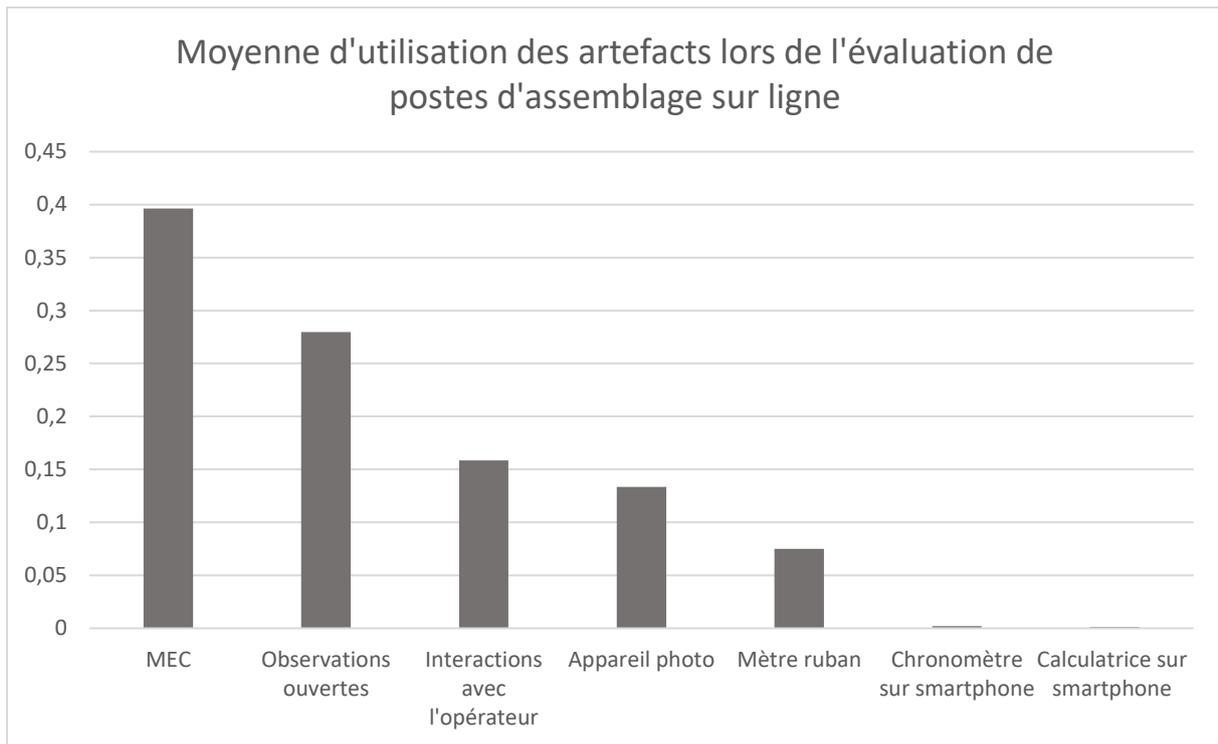
Le Graphique 13 présente les différentes moyennes d'utilisation des artefacts utilisés lors de l'évaluation de poste de préparation de sous ensemble par l'ergonome consultant. Cette évaluation illustre les éléments mis en œuvre par l'ergonome consultant lors de l'évaluation de postes jugés plus complexe par les évaluateurs. Les observations ouvertes et les interactions avec l'opérateur deviennent de plus en plus importantes pour pouvoir réaliser l'évaluation la plus précise. Nous voyons aussi un usage différent de l'appareil photo, où un certain nombre de vidéos capturées sont envisagées pour un post traitement au bureau si l'évaluation se révèle difficile sur le terrain. Enfin, le temps d'évaluation est beaucoup plus important, l'ergonome pouvant consacrer plus d'une heure à l'évaluation de certains postes.

7.4.2.3. L'évaluation l'activité d'assemblage sur ligne de montage

Le Tableau 19 reprend la proportion d'utilisation des différents artefacts lors de l'évaluation des postes d'assemblage sur ligne par l'ergonome consultant.

		Artefact							Temps de réalisation de l'évaluation (min)
		Appareil photo	Interactions avec l'opérateur	MEC	Mètre ruban	Observations ouvertes	Calculatrice sur smartphone	Chronomètre sur smartphone	
Situation évaluées	1	0,14	0,18	0,37	0,08	0,22	0,02	0,00	65,00
	2	0,18	0,12	0,37	0,18	0,14	0,00	0,00	49,00
	3	0,14	0,16	0,54	0,05	0,11	0,00	0,00	37,00
	4	0,23	0,96	0,42	0,10	0,15	0,00	0,00	44,00
	5	0,02	0,05	0,39	0,05	0,54	0,00	0,00	47,00
	6	0,23	0,03	0,35	0,03	0,29	0,00	0,00	31,00
	7	0,11	0,03	0,37	0,03	0,32	0,00	0,00	38,00
	8	0,11	0,07	0,54	0,07	0,21	0,00	0,00	28,00
	9	0,13	0,05	0,13	0,05	0,45	0,00	0,03	38,00
	10	0,10	0,04	0,46	0,04	0,38	0,00	0,00	48,00
	11	0,11	0,09	0,40	0,09	0,31	0,00	0,00	35,00
	12	0,10	0,11	0,42	0,13	0,24	0,00	0,00	50,00
Moyenne		0,13	0,16	0,40	0,07	0,28	0,0013	0,0022	42,5000
Ecart-type		0,06	0,26	0,10	0,05	0,13	0,0044	0,0076	10,1220
Médiane		0,12	0,08	0,40	0,06	0,27	0,00	0,00	41,00

Tableau 19 Proportion d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes d'assemblage sur chaîne de montage par l'ergonome consultant



Graphique 14 Moyenne d'utilisation des artefacts lors de l'évaluation des postes d'assemblage sur ligne par l'ergonome consultant

Le Graphique 14 donne la proportion moyenne d'utilisation des différents artefacts lors de l'évaluation des postes d'assemblage sur ligne par l'ergonome consultant. Nous remarquons d'abord que l'utilisation de la calculatrice sur smartphone a disparu, cela tient au fait que le temps de cycle est plus long (9 véhicules par heure contre 17 pour le *kitting* et la préparation de sous-ensemble). Il favorise un calcul de tête des pondérations d'exposition. Le chronomètre n'est plus utilisé non plus, il est entièrement remplacé par la vidéo pour la mesure des temps d'exposition à des postures statiques assez peu nombreuses sur ligne. Le temps d'utilisation de la fiche MEC et les observations ouvertes prennent une part plus importante, en partie parce que l'activité des opérateurs est plus longue du fait d'un temps de cycle plus important, ce qui nécessite plusieurs minutes pour comprendre l'enchaînement opératoire de l'opérateur évalué, et la brièveté de certaines actions qui peut nécessiter plusieurs cycles pour vraiment pouvoir évaluer une opération. Les interactions avec l'opérateur restent stables. Elles continuent de concerner principalement la fréquence d'apparition des différents produits, et les possibilités de rotations aux différents postes. Néanmoins, certains postes où les variations de l'activité de l'opérateur sont importantes nécessitent tout de même des échanges plus approfondis pour permettre à l'ergonome de saisir l'activité de l'opérateur.

7.4.2.4. Comparaison de l'évaluation des postes sur ligne de montage GMP

Cette partie traite de la comparaison entre l'évaluation du poste d'engagement pour les deux lignes d'assemblage moteur (ligne GMP) du centre de montage par l'ergonome consultant avec l'outil MEC. L'assemblage des moteurs est une opération de préparation de sous-ensembles réalisée sur deux lignes d'assemblage tournant au *takt time* de sept minutes. L'ergonome consultant réalise à deux semaines d'intervalle l'évaluation de l'ensemble des deux lignes. Nous avons pu analyser le début de l'évaluation sur la ligne 3, et l'ensemble de l'évaluation sur la ligne 2. Aussi, nous avons l'occasion de comparer l'évaluation par l'ergonome du poste d'engagement sur les deux lignes, l'activité de l'opérateur étant sensiblement identique sur les deux postes.

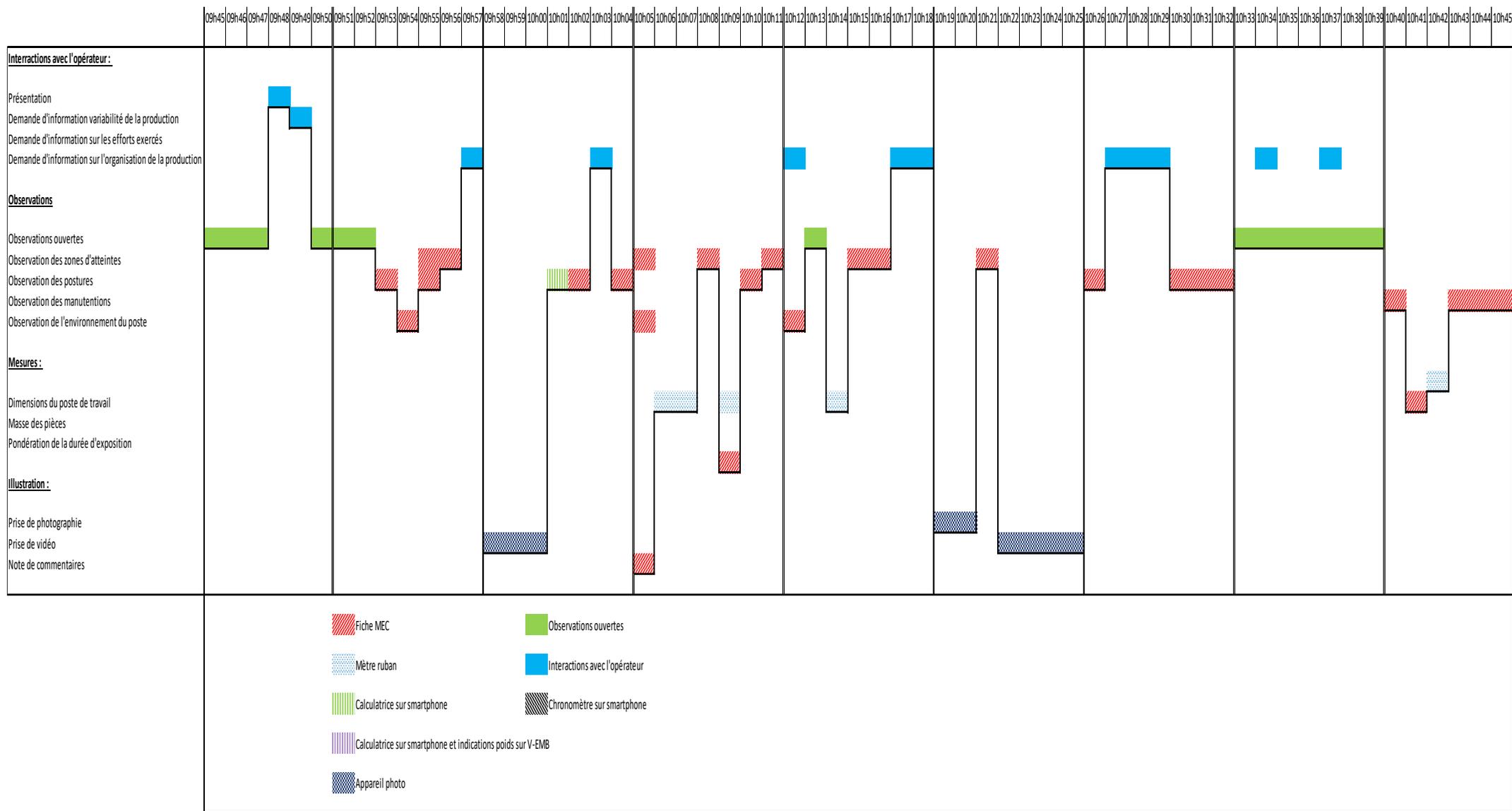
- Evaluation du poste d'engagement GMP L3

L'évaluation du risque du poste d'engagement GMP L3 est le premier poste d'assemblage sur ligne de montage évalué par l'ergonome consultant dans le cadre de sa mission. Avant ces évaluations, il a principalement réalisé l'évaluation de postes de préparation de sous-ensemble et de *kitting* qui ne sont pas des modes d'assemblages en ligne. L'ergonome est donc familier avec l'utilisation de la fiche MEC, mais pas dans le contexte d'une évaluation sur ligne de montage. Le poste d'engagement GMP est le premier poste de la ligne. L'ergonome n'est pas familiarisé avec le processus d'assemblage du GMP, il n'a eu comme information que la visite de la ligne avec le manager de l'unité. L'évaluation se déroule sur une heure, l'ergonome consultant observera neuf cycles de travail de l'opérateur.

Le Graphique 15 donne le chronogramme de l'évaluation du poste de l'engagement GMP par l'ergonome consultant. L'évaluation se déroule en trois phases :

- La prise de contact avec la situation qui se déroule sur un peu plus d'un cycle de l'opérateur où l'ergonome réalise une observation ouverte et se présente à l'opérateur afin de lui rappeler la raison de sa présence et de l'étape d'évaluation dans laquelle sa présence s'inscrit. Cette phase permet à l'ergonome de se familiariser avec la situation de travail et d'identifier les éléments à relever dans la fiche.
- La phase d'évaluation à proprement parler, où l'ergonome commence à remplir les items de la fiche. Nous notons à intervalle régulier des interactions avec l'opérateur afin de déterminer comment s'organise la production sur ce poste. L'ergonome utilise aussi l'appareil photo en prise de vidéo, d'abord pour obtenir des éléments de l'activité que l'ergonome envisage de post traiter au bureau, puis en illustration d'éléments problématiques, d'abord en prenant des photos, puis en terminant de filmer un cycle de travail afin de pouvoir extraire des images de la vidéo. Le mètre ruban est utilisé pour mesurer les zones d'atteintes lors de différentes opérations, et la calculatrice sur smartphone est utilisée pour calculer la fréquence horaire de l'apparition d'une posture.

- Enfin, dans la troisième phase, l'ergonome choisit de réaliser sur le poste de travail l'évaluation qu'il avait envisagée de faire dans son bureau sur vidéo dans un premier temps. Ce sont en fait deux évaluations qu'il va réaliser, l'une porte sur des postures de l'opérateur, l'autre, après une phase d'observation ouverte, porte sur des manutentions réalisées lors du cycle. La phase d'observation ouverte entre ces deux évaluations permet d'un côté de conforter les évaluations précédentes. Elle permet aussi à l'ergonome de se recentrer sur les éléments à relever pour l'évaluation des manutentions qui suit.



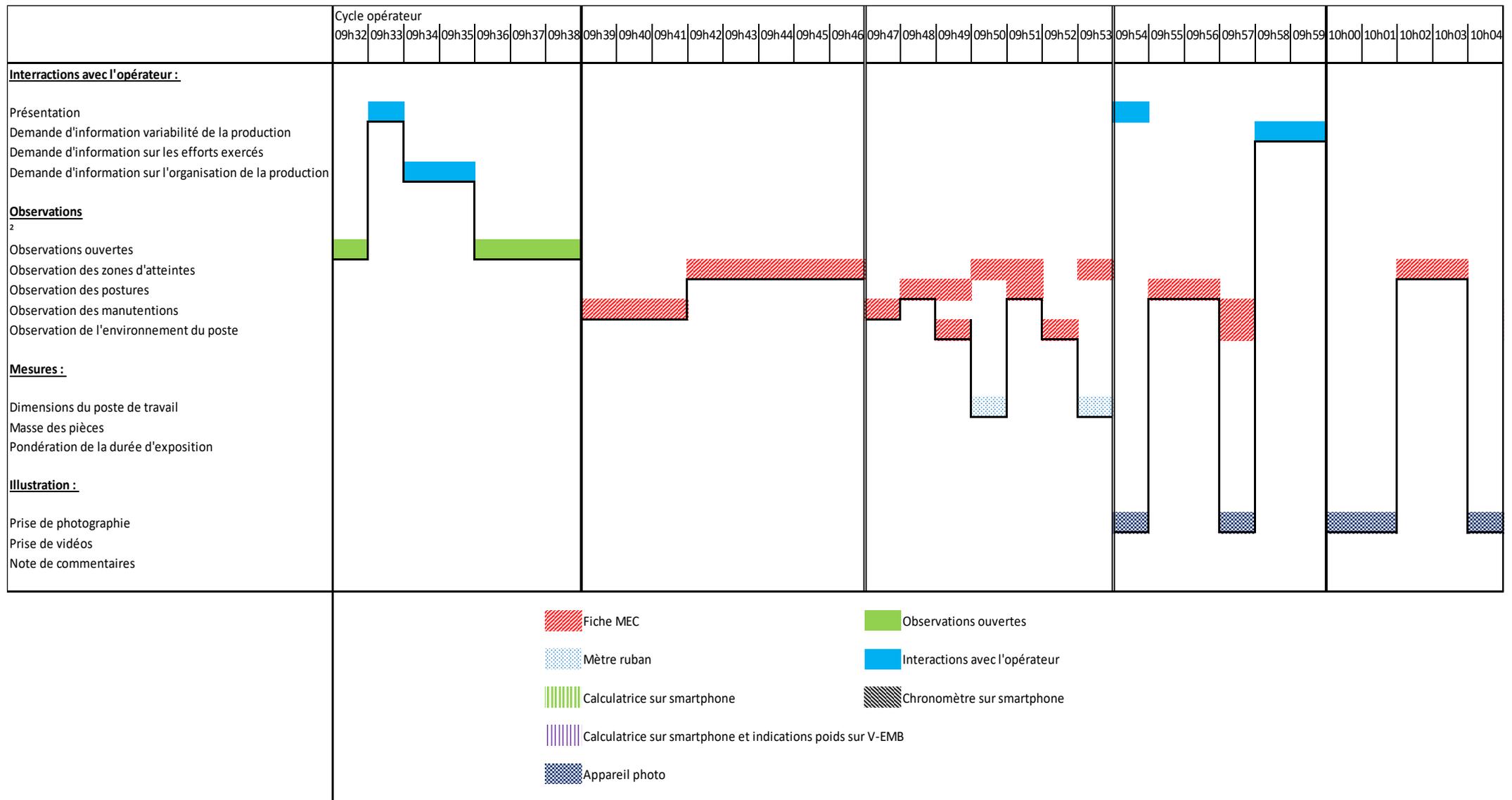
Graphique 15 Chronogramme de l'évaluation du poste d'engagement GMPL3

- Evaluation du poste d'engagement GMP L2

L'évaluation du poste d'engagement GMP L2 se fait très exactement deux semaines après l'évaluation du poste GMP L3. Dans cet intervalle, l'ergonome consultant a fini l'évaluation de la ligne GMP L3 et a réalisé l'évaluation d'un nouvel îlot de préparation de sous ensemble. Le travail de l'opérateur au poste d'engagement sur les deux lignes GMP est strictement identique dans le travail prescrit à l'opérateur et dans les moyens à sa disposition. Les deux postes sont aménagés de la même façon. L'évaluation est beaucoup plus courte, elle porte ici sur moins de 5 cycles de l'opérateur représentant 32 minutes d'évaluation. Le Chronogramme de cette évaluation est repris dans le Graphique 16. Nous retrouvons trois phases dans cette évaluation :

- Une phase de familiarisation qui consiste en un cycle d'observation ouverte de l'activité de l'opérateur. L'ergonome y identifie notamment les points similaires avec le poste GMP L3.
- Une phase d'évaluation sur deux cycles qui permet de remplir une grande partie des items de la fiche MEC. L'évaluation est fortement concentrée, car le poste GMP L2 est fortement similaire avec le poste GMP L3. Aussi, l'ergonome qui a en mémoire une partie de cette cotation utilise ses souvenirs pour accélérer la réalisation de l'évaluation. Il note cependant les différences qui existent dans l'activité des opérateurs.
- La dernière phase est la phase d'illustration sur deux cycles, l'ergonome illustre les problématiques mises en lumière par l'évaluation. L'ergonome profite de cette phase pour revenir sur certains éléments de la situation de travail avec l'opérateur afin de conforter le contenu de son évaluation.

La comparaison de l'évaluation de ces deux postes d'engagement sur les lignes GMP présente plusieurs intérêts. Elle nous permet de montrer comment la connaissance à priori d'une situation de travail influence l'usage des outils pour l'évaluation des risques de TMS. L'évaluateur faiblement familiarisé avec la situation de travail va avoir besoin de plus d'interactions avec l'opérateur et de plus de temps d'évaluation pour relever l'exposition aux facteurs de risques dans l'activité. Il va aussi opérer des choix lui permettant de se constituer une sauvegarde de la situation évaluée, ici la vidéo pour le poste GMP L3. Les vidéos constituent un moyen de post traitement des facteurs de risques qui ne sont pas faciles à saisir sur le terrain. Elles sont aussi des moyens d'extraction d'image ponctuelle (photographie par capture d'écran) qui évitent les écueils d'une photo prise dans la précipitation lorsque l'on doit réaliser plusieurs opérations en même temps ou bien que l'on se laisse surprendre par l'enchaînement opératoire de l'opérateur à évaluer. Une fois la situation de travail bien connue de l'évaluateur, il peut envisager de ne prendre que des photos, sachant très bien à quels moments anticiper la prise des clichés. C'est d'ailleurs la stratégie adoptée par l'ergonome consultant pour l'évaluation de la ligne GMP L2 pendant laquelle il prendra majoritairement des photographies.



Graphique 16 Chronogramme de l'évaluation du poste d'engagement GMPL2

Évaluateur	Type d'activité évaluée	Chronique	Caractéristiques de l'évaluation	Observations ouvertes	Interactions avec l'opérateur	Utilisation de l'appareil photo	Temps de l'évaluation
Alternant en ergonomie	<i>Kitting</i>	Graphique 1	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début et fin d'évaluation puis au début de la phase d'illustration	En début et fin d'évaluation et en début et fin de la phase d'illustration	Séparée de l'évaluation, après le post traitement des données	52 minutes
		Graphique 2	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début, milieu et fin d'évaluation	En début milieu et fin d'évaluation et en début de la phase d'illustration	Une utilisation en phase d'évaluation pour une saisie de données à post-traiter	43 minutes
Ergonome consultant	<i>Kitting</i>	Graphique 5	Dans le sens de lecture de la fiche MEC	En début d'évaluation	En début et fin d'évaluation	En évaluation à la fois pour obtenir des données à post-traiter et pour illustrer des problématiques déjà identifiées dans la fiche MEC	29 minutes
	Préparation de sous-ensembles	Graphique 7	Remplissage des items au fur et à mesure de leur apparition dans l'activité de l'opérateur évalué	En milieu d'observation	En début, milieu et fin d'observations	En évaluation à la fois pour obtenir des données à post-traiter et pour illustrer des problématiques déjà identifiées dans la fiche MEC	57 minutes

Évaluateur	Type d'activité évaluée	Chronique	Caractéristiques de l'évaluation	Observations ouvertes	Interactions avec l'opérateur	Utilisation de l'appareil photo	Temps de l'évaluation
	Assemblage sur ligne	Graphique 10	Remplissage des items au fur et à mesure de leur apparition dans l'activité de l'opérateur évalué	En début, milieu et fin d'observation	Tout au long de l'évaluation, sur chaque cycle de travail ou presque	En évaluation à la fois pour obtenir des données à post-traiter et pour illustrer des problématiques déjà identifiées dans la fiche MEC	65 minutes
	Assemblage sur ligne	Graphique 11	Groupée sur trois cycles de l'opérateur. Le remplissage des items s'effectue au fur et à mesure de leur apparition dans l'activité de l'opérateur évalué	En début d'évaluation	En début et fin d'évaluation	En fin d'évaluation à la fois pour obtenir des données à post-traiter et pour illustrer des problématiques déjà identifiées dans la fiche MEC	

Tableau 20 Comparaison des chroniques d'activité de l'alternant en ergonomie et de l'ergonome consultant pour l'évaluation des charges de kitting, de préparation de sous-ensemble et d'assemblage sur ligne

7.4.3. Conclusion

L'analyse de l'activité de l'ergonome consultant nous apporte plusieurs résultats sur ce qui se déroule lors de la réalisation de l'évaluation :

- l'évaluation n'a pas pour unique but de remplir la fiche MEC, tout une partie de l'activité de l'ergonome consultant consiste à identifier et mettre en lien des déterminants de l'activité avec des items de la fiche MEC, et surtout à illustrer l'activité de l'opérateur correspondant par des photographies ou des vidéos.
- la nature de l'évaluation et les artefacts mobilisés par l'évaluateur dépendent des caractéristiques de la tâche évaluée. C'est vrai notamment pour l'utilisation de calculatrice dans les évaluations qui dépend du temps de cycle de l'opérateur, et de la facilité pour l'évaluateur à effectuer des calculs mentaux pour le calcul des pondérations des items de la fiche.
- la nature de l'activité évaluée influence le déroulement de l'évaluation, notamment dans la stratégie utilisée par l'évaluateur. Une activité présentant peu de diversité et peu de difficultés de compréhension et d'observation pour l'évaluateur va favoriser une évaluation dans le sens de lecture de l'outil d'évaluation du risque de TMS. Une activité avec une forte diversité, et pouvant présenter des difficultés de compréhension ou d'observation va favoriser une évaluation par événements de l'activité de l'opérateur en sollicitant diverses catégories d'items de l'outil d'observation. Ce type d'évaluation nécessite aussi plus de temps pour être réalisée.
- la connaissance de l'activité par l'évaluateur influence l'évaluation. Lorsque l'évaluateur possède une connaissance préalable de l'activité à évaluer, le temps nécessaire à l'évaluation est plus court, et les interactions avec l'opérateur évalué diminuent.

Le Tableau 20 reprend des éléments de comparaison des chroniques d'activité de l'alternant en ergonomie et de l'ergonome consultant pour l'évaluation des charges de *kitting*, de préparation de sous-ensembles et d'assemblage sur ligne. Nous avons identifié un certain nombre de différences qui dépendent de la complexité de la tâche à évaluer sur les caractéristiques de l'évaluation et l'utilisation de la fiche MEC, sur les interactions avec l'opérateur, les observations ouvertes de l'activité, l'utilisation de l'appareil photo et sur le temps de l'évaluation. Nous allons explorer la significativité statistique de ses différences sur l'ensemble des observations réalisées (données des Tableaux 5, 7, 10, 12, 13) dans la partie suivante.

7.5. Effets de la complexité de la tâche et de l'expérience de l'évaluateur sur la réalisation de l'évaluation

Les échantillons sur lesquels se basent notre analyse statistique étant faible ($N < 30$), nous utilisons des méthodes non-paramétriques pour caractériser les effets. L'ANOVA de Kruskal-

Wallis est utilisée pour comparer les résultats obtenus dans les trois types de situation d'évaluation pour l'ergonome consultant. Le test de Mann-Whitney est utilisé pour comparer les résultats obtenus dans les situations de *kitting* et d'assemblage de sous-ensembles chez l'alternant en ergonomie, et pour comparer les résultats obtenus chez l'ergonome consultant et chez l'alternant en ergonomie pour l'évaluation des postes d'assemblage de sous ensemble. Les résultats de l'ensemble des tests statistiques sont rassemblés dans le Tableau 21.

	Utilisation de la fiche MEC	Utilisation des observations ouvertes	Utilisation des interactions avec l'opérateur	Utilisation de l'appareil photo	Temps de réalisation de l'évaluation
	Test	Test	Test	Test	Test
Effet de la complexité de la tâche à évaluer	Alternant en ergonomie Mann Whitney U=1 p<0,05* Test de Kruskal-Wallis (présence de la valeur aberrante) H=4,83 P<0,1 Test de Kruskal-Wallis (retrait de la valeur aberrante) H=6,89 p<0,05*	Mann Whitney U=3,50 p=0,131 Test de Kruskal-Wallis H=7,83 p<0,05*	Mann Whitney U=8,00 p=0,641 Test de Kruskal-Wallis H=1,05 p=0,591	Mann Whitney U=10,00 p=1 Test de Kruskal-Wallis H=5,64 p=0,0595	Mann Whitney U=0 p<0,05* Test de Kruskal-Wallis H=4,01 p=0,135
Effet de l'expérience de l'évaluateur	Alternant en ergonomie vs ergonome consultant Mann Whitney U=0 p<0,01**	Mann Whitney U=10,50 p=0,283	Mann Whitney U=0 p<0,01**	Mann Whitney U=13,00 p=0,514	Mann Whitney U=0 p<0,01**
* effet significatif					
** effet très significatif					

Tableau 21 Résultats des tests statistiques des effets de la complexité de la tâche et de l'expérience de l'évaluateur sur l'utilisation des artefacts

7.5.1. Effets de la complexité de la tâche

Les effets de la complexité de la tâche sur l'évaluation sont évalués séparément pour l'alternant en ergonomie et l'ergonome consultant. Pour les tests, nous considérons les données recueillies lors de l'évaluation. Pour la complexité de la situation de travail, les situations de travail de *kitting* sont caractérisées comme étant les moins complexes à évaluer par les évaluateurs, les évaluations de situations d'assemblages de sous ensemble sont jugées plus complexes à évaluer que les situations de *kitting*, mais moins complexes que les situations d'assemblage sur ligne de montage qui sont jugées les plus complexes.

7.5.1.1. Effets sur l'utilisation de l'outil d'évaluation (Fiche MEC)

Nous notons chez l'alternant en ergonomie un effet de la complexité de la tâche à évaluer sur l'utilisation de la fiche MEC. Plus la tâche devient complexe, plus la portion de l'évaluation dévolue à la fiche MEC devient importante et plus l'alternant apporte des notes et commentaires sur la fiche. Les tests (Tableau 21) nous montrent que cette différence est statistiquement significative ($U=1$, $p<0.05$). Cet effet se reproduit chez le consultant en ergonomie. Nous n'observons d'abord pas de différence significative de l'utilisation de la fiche MEC en fonction de la complexité de l'évaluation chez le consultant en ergonomie, mais une simple tendance ($H=4.83$, $p<0.1$). Le retrait d'une valeur aberrante dans l'échantillon nous donne un résultat significatif ($H=6.89$, $p<0.05$). Il semble donc que plus la situation de travail devient complexe, plus l'évaluateur doit pouvoir consulter son outil et naviguer entre les différentes parties pour y apporter des notes et des commentaires.

7.5.1.2. Effets sur l'utilisation des autres artefacts

Nous ne notons pas d'effet significatif de la difficulté des tâches à évaluer sur l'utilisation d'autres artefacts pour l'alternant en ergonomie. Chez l'ergonome consultant, nous observons un effet significatif dans l'utilisation des observations ouvertes en fonction de la complexité de la tâche ($h=7.83$, $p<0.05$). Plus la situation de travail à évaluer devient complexe, plus la part d'observations ouvertes dans l'évaluation augmente. Les tests statistiques ne montrent pas d'effets significatifs de la complexité de la tâche sur les interactions avec l'opérateur. La nécessité d'observer l'activité sans prendre de notes pour comprendre le travail de l'opérateur et pouvoir l'évaluer prend une part de plus en plus importante lorsque la tâche à évaluer se complexifie. La phase d'observation ouverte peut aussi permettre le développement d'une relation de confiance entre l'évaluateur et l'opérateur évalué.

7.5.1.3. Effets sur le temps de réalisation de l'évaluation

Nous notons un effet significatif de la complexité de la tâche à évaluer sur le temps de réalisation de l'évaluation chez l'alternant en ergonomie ($U=0$, $p<0.05$). Plus la tâche à évaluer est complexe, plus le temps dédié à l'évaluation est important pour l'alternant en ergonomie. Nous ne retrouvons pas cet effet de manière significative chez l'ergonome consultant. Ce résultat laisse entendre l'existence d'une différence entre évaluateur expert et évaluateur novice. Nous explorerons l'effet de l'expérience dans la partie suivante.

7.5.2. Effets de l'expérience de l'évaluateur

Les effets de l'expérience de l'évaluateur sont obtenus en comparant les résultats de l'alternant en ergonomie et de l'ergonome consultant sur leur utilisation des outils d'évaluation lors de l'évaluation des postes d'assemblage de sous ensemble. Nous considérons dans ce cas que l'ergonome consultant est plus expérimenté que l'alternant en ergonomie.

6.2.1. Effets sur l'utilisation de l'outil d'évaluation

Nous notons un effet très significatif de l'expérience de l'opérateur sur l'utilisation de la fiche MEC ($U=0$, $p<0.01$). Cet effet montre que l'ergonome utilise plus l'outil MEC que l'alternant en ergonomie dans l'évaluation des postes de sous ensemble. Cet effet semble être le fait d'une plus grande maîtrise de l'outil d'évaluation par l'ergonome consultant. Cette maîtrise le conduit à prendre plus de notes et à faire l'évaluation dans un temps plus court.

6.2.2. Effets sur l'utilisation d'autres artefacts

Nous ne notons pas d'effet statistiquement significatif de l'expérience sur la proportion d'observations ouvertes dans l'évaluation, ou sur l'utilisation de l'appareil photo. Un effet statistiquement très significatif est observé dans la proportion d'interactions avec l'opérateur ($U=0$, $p<0.01$). Il semble que plus l'évaluateur est expérimenté, moins la proportion d'interactions dans l'évaluation est élevée. L'expérience de l'évaluateur lui permet de développer des compétences observationnelles qui lui permettent de remplir l'outil d'évaluation avec un minimum d'interactions. Lorsque l'évaluateur est moins expérimenté, il lui faut plus d'interactions pour saisir le sens et la signification de l'activité de l'opérateur qu'il est en train d'évaluer. Nous pouvons mettre ce résultat en relation avec le résultat significatif précédent. L'évaluateur expérimenté utilise plus l'outil d'évaluation. L'évaluateur moins expérimenté fait moins de liens entre ce qu'il voit dans la situation de travail et ce qu'il doit évaluer, et il a besoin d'avoir plus d'interactions avec l'opérateur qu'il est en train d'évaluer.

6.2.3. Effets sur le temps de réalisation de l'évaluation

Nous observons un effet statistiquement très significatif de l'expérience de l'évaluateur sur le temps de réalisation de l'évaluation ($U=0$, $p<0.01$). Cet effet va dans le sens où plus l'évaluateur est expérimenté, moins le temps de réalisation de l'évaluation est important. L'utilisation préférentielle des compétences observationnelles par l'évaluateur expérimenté lui permet de réduire le temps d'évaluation. La nécessité de nombreuses interactions avec l'opérateur à évaluer pour l'évaluateur moins expérimenté conduit à un allongement du temps de l'évaluation. L'évaluateur doit en effet attendre les créneaux opportuns pour ne pas interrompre l'opérateur dans sa tâche.

7.6. Conclusion

Les résultats apportés dans ce chapitre sont de deux natures différentes, nous avons des résultats relatifs à la construction de l'étape d'évaluation du risque de TMS par l'ergonome interne et des arbitrages qui mènent au déploiement d'un outil d'évaluation du risque de TMS avec les utilisateurs associés. Nous avons ensuite des résultats relatifs à l'usage de l'outil d'évaluation par des personnes réalisant des évaluations sur des postes de travail avec des contextes différents.

Les résultats relatifs à la construction de l'étape d'évaluation du risque de TMS nous montrent que les possibilités de gestion de cette étape sont souvent rarement prises en compte dans la conception de l'outil. L'absence du système de gestion de l'évaluation peut gêner le déploiement effectif de l'étape d'évaluation du risque de TMS. Le système de gestion doit aussi permettre d'articuler les différents outils qui ont des buts différents dans l'évaluation :

- L'outil d'évaluation « simple » du risque de TMS au premier niveau doit permettre l'établissement d'une cartographie du risque de TMS sur un site industriel. Cette cartographie doit pouvoir permettre de déployer une évaluation plus poussée du risque de TMS avec les autres outils d'évaluation composant l'étape : les outils de second niveau ou « expert » ou l'analyse de l'activité. Cet outil doit être utilisable par des personnes sans compétences en ergonomie. Néanmoins, l'exemple de Renault Trucks lors du déploiement de l'outil MEC avec les animateurs *lean* nous a montré que si ces personnes sans compétences en ergonomie ne sont pas capables de faire des liens entre cette évaluation et leur activité, la démarche peut être abandonnée.
- Les outils d'évaluation « expert » au second niveau ont une place qui est ambivalente. Ces outils sont suffisamment spécialisés pour demander des compétences en ergonomie. Ils peuvent constituer une forme standardisée de recueil de données d'observation spécifiques au TMS avec laquelle un ergonome peut alimenter une analyse de l'activité. Ces outils peuvent être utilisés seul pour les évaluations du risque

de TMS dans des cas où il est intéressant d'être plus précis qu'avec l'outil de premier niveau (accident de travail, adaptation du poste de travail à une incapacité etc...)

- L'analyse de l'activité constitue le troisième niveau de l'étape d'évaluation. Elle doit être réalisée en lien avec une démarche d'analyse ergonomique du travail et donc par un ergonomiste. La tendance observée sur le terrain de Renault Trucks est de réserver l'analyse ergonomique du travail à des problématiques complexes touchant souvent plusieurs îlots de travail sur un thème commun comme des problématiques de tendinite au poignets liées aux colsonnages d'éléments sur le châssis de véhicules industriels. Cette tendance permet à l'ergonomiste d'obtenir des résultats de prévention sur une large partie de la population. Il peut aussi lui permettre d'accéder plus facilement aux facteurs organisationnels du risque de TMS.

Dans ce cadre, la gestion de l'étape d'évaluation du risque de TMS doit veiller à reprendre les activités suivantes :

- Conception de l'étape d'évaluation du risque de TMS
- Conception des outils d'évaluation
- Analyse d'une demande d'évaluation
- Mobilisation des ressources pour réaliser l'évaluation
- Coordination des évaluations
- Suivi des évaluations
- Rapport en comité de direction
- Enrichissement des outils d'évaluation

Qui impliquent que cette étape soit gérée par une personne possédant des compétences en ergonomie. Ces activités seront détaillées dans le chapitre 9 de ce document.

Les résultats relatifs à la réalisation de l'évaluation nous montrent que les utilisateurs construisent des systèmes d'instruments différents autour de l'outil d'évaluation du risque de TMS. Nous avons ici des utilisateurs avec des niveaux de compétences différents en ergonomie qui suivent la même procédure et évaluent des activités de même nature. Nous observons plusieurs effets, à la fois de l'expérience de l'évaluateur et de la complexité de la tâche évaluée, sur les stratégies choisies par l'évaluateur. Dans tous les cas, l'activité de l'évaluateur reprend les activités suivantes :

- Appréhension du contexte de l'évaluation
- Présentation de l'étape d'évaluation du risque de TMS
- Réalisation de l'évaluation au poste de travail
- Réalisation de mesures au poste de travail
- Prise de photographies/prise de vidéos
- Post-traitement des données
- Saisie des données
- Report de l'évaluation dans le document de suivi
- Réalisation de la synthèse de l'évaluation

- Rendre compte de l'évaluation.

Nous détaillerons ses activités dans le chapitre 10 de ce document. Ces éléments devront être repris dans un futur outil ou une future étape d'évaluation du risque de TMS.

Chapitre 8 : Etude 3 : Les liens entre l'étape d'évaluation du risque de TMS et les systèmes d'instruments de l'entreprise

Cette partie reprend les résultats montrant la construction des liens entre l'étape d'évaluation du risque de TMS et d'autres systèmes d'instruments dans diverses entreprises. La première partie de ce chapitre est dédiée à l'utilisation de l'outil MEC pour la cartographie du risque préalable aux chantiers *Kaizen* chez Renault Trucks. Le chapitre 8 a pour objectif d'illustrer la fonction d'objet intermédiaire de l'outil d'évaluation, principalement la fonction de médiation de l'outil MEC, et le rôle de représentation qu'il a sur le risque de TMS dans le cadre des chantiers *Kaizen*. Nous présenterons dans cette partie comment un outil d'évaluation interagit avec les autres systèmes d'instruments de l'entreprise et comment les conditions collectives de cette communication peuvent participer à la prévention des TMS.

8. Renault trucks et l'outil d'évaluation MEC en chantier *Kaizen*

Cette partie montre l'utilisation qui est faite de l'outil d'évaluation du risque de TMS dans le cadre de chantiers *Kaizen* s'insérant dans le système d'instruments de l'amélioration continue chez Renault Trucks. Nous présenterons la réunion de restitution avant chantier et le déroulement du chantier lui-même.

8.1. La restitution avant chantier

L'évaluation du risque de TMS réalisée par l'alternant en ergonomie s'est déroulée dans le cadre des chantiers *Kaizen* d'un projet de l'entreprise. L'organisation de l'évaluation pour ces chantiers, définie entre l'ergonome interne et l'alternant en ergonomie, prévoit une restitution de l'évaluation du risque de TMS avant le chantier aux acteurs principaux du chantier *Kaizen*. Cette restitution se fait sous la forme d'une réunion préalable à la tenue du chantier. Elle a pour but d'informer les principaux acteurs du chantier sur les problématiques autour de la santé des salariés rencontrés sur l'îlot et de faire le point sur l'historique des

solutions déjà envisagées pour les problèmes identifiés. Nous avons pu assister à la réunion de restitution avant chantier consécutive à l'évaluation du risque de TMS par l'alternant qui a fait l'objet d'une analyse dans le chapitre 7.

- Les participants présents à cette réunion sont : L'alternant en ergonomie qui présente la synthèse de l'évaluation
- L'animateur lean en charge du chantier
- Un opérateur polyvalent de l'îlot
- L'ingénieur méthode rattaché à l'unité de travail, qui arrive en cours de réunion
- Le manager de l'unité de travail était initialement convié, mais indisponible au dernier moment.

Cette réunion a fait l'objet d'un enregistrement audio que nous avons retranscrit et analysé. Nous définissons comme énoncé une phrase (sujet, verbe et complément) prononcée à l'oral par le participant (Cf. méthode). La réunion voit l'émission de 464 énoncés par les participants. La significativité statistique de la répartition des énoncés sera mesurée par un test du χ^2 corrigé de Yates car certains effectifs sont inférieurs à 10.

Nous avons analysé ces énoncés suivant trois modalités :

- La répartition des artefacts évoqués lors de la réunion, afin de caractériser le type de source d'informations utilisé lors des échanges durant la réunion. Cette analyse a pour but d'identifier le rôle de traduction des différents outils mobilisés lors de l'évaluation du risque de TMS. Nous identifions quatre artefacts mobilisés au fil de la réunion de restitution :
 - o La fiche MEC qui est l'artefact d'évaluation du risque de TMS
 - o Le peson qui est l'artefact de mesure des poids et des efforts
 - o L'appareil photo qui est l'artefact permettant de donner une preuve imagée d'un élément de la situation de travail
 - o La variabilité de production issue du taux d'engagement des véhicules qui est un artefact mesurant des éléments en lien avec la variabilité des produits à assembler sur les différents postes de l'îlot.
- La répartition de l'ensemble des énoncés dans des catégories de sujets auxquels ils font référence, afin de caractériser la nature des échanges entre les participants. Cette analyse a pour but d'illustrer le rôle médiateur de l'outil d'évaluation du risque de TMS. Après une première lecture de la retranscription de l'enregistrement, nous avons identifié 10 catégories d'énoncés :
 - o Les énoncés relatifs aux caractéristiques des charges de travail de l'îlot, qui portent sur les problématiques soulevées par l'évaluation.
 - o Les énoncés relatifs à l'organisation générale de l'îlot qui concernent les interactions et la co-activité entre les travailleurs de l'îlot.

- Les énoncés relatifs aux expériences antérieures qui portent sur les solutions déjà envisagées lors des projets d'amélioration de la productivité ou de l'ergonomie des postes au sein de l'îlot.
- Les résultats de l'usage de l'outil d'évaluation du risque de TMS qui sont la présentation des scores de cotation des charges de l'îlot.
- L'organisation des chantiers qui concerne les énoncés relatifs au projet dans lequel s'inscrit le chantier *Kaizen* en cours.
- Les caractéristiques des opérateurs qui portent sur les caractéristiques personnelles des opérateurs de l'îlot évalués.
- Les énoncés de la catégorie Autre qui traitent de sujets personnels hors de l'objectif de la réunion, comme des plaisanteries entre collègues.
- Le travail des participants qui portent sur la planification de tâches pour le chantier pour les personnes participant à la réunion.
- Les objectifs du chantier qui sont les énoncés relatifs aux objectifs du futur chantier *Kaizen*
- L'expérience hors de l'usine qui porte sur des énoncés des participants concernant une expérience antérieure hors de l'usine Renault Trucks.

La répartition des énoncés, portant spécifiquement sur le risque de TMS en fonction des facteurs de risques évoqués, vise à caractériser la représentation du risque de TMS construite par les acteurs au cours de cette réunion. Sept catégories apparaissent dans les énoncés relatifs au risque de TMS :

- Les efforts qui sont les énoncés concernant des efforts réalisés par les opérateurs comme l'emmanchement de tubes flexibles ou le clippage.
- Les postures qui concernent les postures de travail des opérateurs.
- Les manutentions qui sont les énoncés relatifs à la manutention manuelle de charge par les opérateurs.
- La répétitivité qui concerne le rythme de travail des opérateurs
- La dimension cognitive qui concerne la dimension cognitive des enchainements opératoires ; la complexité de réalisation des tâches des opérateurs etc...
- Le ressenti douloureux qui concerne les plaintes formulées par les opérateurs
- La reconnaissance du travail qui concerne des jugements de valeur sur la qualité du travail des opérateurs.

La réunion commence par la présentation des scores bruts de l'évaluation MEC par l'alternant en ergonomie. Puis au fil de son diaporama, il va parler des problématiques transversales à l'îlot et à l'environnement. Ensuite, il va détailler les problématiques relevées à l'aide de la fiche MEC sur chaque poste de travail depuis l'amont vers l'aval et la sortie des produits de l'îlot vers la ligne de production.

8.1.1. Les artefacts servant de support lors de la restitution

Cette analyse réalisée sur le contenu de cette réunion concerne les artefacts évoqués ou utilisés en lien avec les énoncés relatifs aux facteurs de risque de TMS. Cette analyse nous permet de déterminer l'importance des artefacts dans l'apport des informations relatives au risque de TMS.

Le Graphique 17 donne une représentation de la répartition des artefacts. Le Tableau 22 donne la répartition des énoncés par artefact et par émetteur, ainsi que les résultats du test statistique du χ^2 de Yates. Au total, 232 énoncés sur 464 de la réunion s'appuient sur un artefact de la catégorisation proposée. L'alternant en ergonomie émet le plus d'énoncés reposant sur les artefacts lors de cette réunion, ce qui est normal puisqu'il est le présentateur, et ce quel que soit l'outil. Cette différence avec les autres participants est statistiquement significative ($\chi^2=112,7$; $p<0.001$). Nous observons que la fiche MEC est l'artefact principalement évoqué, pour 75% des énoncés, que ce soit par les critères qu'elle fixe pour les différents items, mais aussi pour le thème des items. La fiche MEC est la plus citée et ce quel que soit l'émetteur. Cette différence d'évocation entre la fiche MEC et les autres artefacts est statistiquement significative ($\chi^2=46,10$; $p<0.01$).

Reprenons par exemple un échange entre les participants à propos de l'usage de la fiche MEC :

« Alternant en ergonomie : Vissage des raccords sur APU ben c'est un poste R (Reclassement) donc il n'est pas mal. Après t'as beaucoup d'opérations de pré vissage. Et la manipulation des chariots, elle est obligée de faire une rotation à l'entrée parfois et à la sortie ».

La fiche MEC est suivie par le peson pour 17% des énoncés. Le résultat de la mesure est évoqué systématiquement pour chaque situation mesurée par l'alternant. C'est d'ailleurs l'alternant qui émet le plus d'énoncés dans cette catégorie de manière significative ($\chi^2=84,9$; $p<0.005$). Avec par exemple :

« Alternant Ergonomie : Le système de verrouillage du chariot j'ai mesuré, ben l'effort, la limite elle est à 5.

Alternant Ergonomie : Parce que t'as un effort de poussée vers le haut la barre pour verrouiller le chariot.

Alternant Ergonomie : Et là elle est à 4,8, la limite c'est à 5 donc voir avec le vieillissement du système qui est juste à la limite.

Animateur lean : Sur quoi ? Sur le verrouillage du...

Alternant Ergonomie : Le verrouillage du chariot pour le vissage ».

Néanmoins, ces résultats ne donnent pas lieu à une valeur de référence comprise dans la fiche MEC, et semblent quelque peu désincarnés pour les participants, sauf peut-être pour l'ingénieur méthode.

Ensuite, deuxième artefact, les photographies sont évoquées dans 7% des énoncés, elles viennent aussi en appui de l'évocation d'un risque potentiel exprimé préalablement avec la fiche MEC. Les photos sont présentes sur toutes les diapositives présentées en réunion concernant les points rouges. Elles ne sont pas systématiquement exploitées et commentées par l'alternant en ergonomie. Néanmoins, celui-ci produit le plus d'énoncés reposant sur les photographies et ce, de manière significative ($\chi^2=78,16$; $p<0.005$). Voici un exemple de tels énoncés : « Alternant Ergonomie : Voilà, vous avez les photos.

Animateur lean : La fameuse posture !

Alternant Ergonomie : Oui, avec le pied en l'air... (suite inaudible)

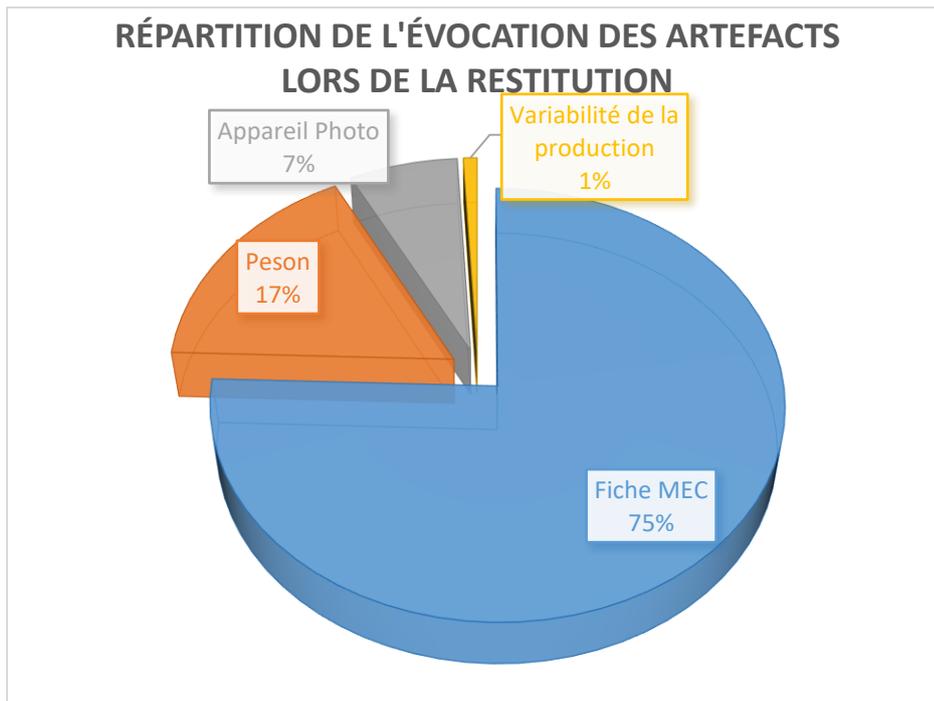
Ingénieur méthode : la posture du héron ».

Les participants ont une bonne représentation des différentes situations de travail présentes sur l'îlot.

Enfin, troisième artefact, la variabilité de la production est évoquée dans 1% des énoncés. Ici, les participants pondèrent les problèmes soulevés par la fiche au regard de la fréquence d'apparition des différentes références du produit dans l'îlot. L'absence d'énoncés de cet artefact pour certains participants ne permet pas de faire un test statistique. On assiste alors à une première priorisation informelle du traitement des problématiques du risque de TMS. Les facteurs de risque de TMS apparaissant plus fréquemment étant amenés à être traités en priorité.

	Total par émetteur	Fiche MEC		Peson		Appareil Photo		Variabilité de la production	
		Total	Pourcentage/total artefact	Total	Pourcentage/total artefact	Total	Pourcentage/total artefact	Total	Pourcentage/total artefact
Alternant Ergonomie	129	93	53,14	25	64,10	10	62,5	1	50
Animateur lean	49	41	23,43	5	12,82	2	12,5	1	50
Ingénieur méthode	33	23	13,14	7	17,95	3	18,75	0	0
Polyvalent (opérateur)	21	18	10,29	2	5,13	1	6,25	0	0
Total par artefact	232	175		39		16		2	
χ^2 de Yates	$\chi^2=112,7$; $p<.001$		$\chi^2=46,10$; $p<.01$		$\chi^2=84,9$; $p<.005$		$\chi^2=78,16$; $p<.005$		Impossible

Tableau 22 Répartition des énoncés par artefact et par émetteur



Graphique 17 Répartition de l'évocation des artefacts lors de la restitution

8.1.2. La répartition des catégories des énoncés lors de la réunion de restitution.

Le Graphique 18 reprend la répartition des catégories des énoncés durant la réunion de restitution. Le Tableau 23 reprend la répartition des énoncés par catégories et par émetteur, ainsi que les résultats du test du χ^2 d'ajustement.

La majorité des énoncés partagés par les participants concerne les caractéristiques des charges de travail ; pour 62% des énoncés cette différence est statistiquement significative ($\chi^2_3=59,62$; $p<0.0001$). C'est d'ailleurs l'alternant en ergonomie qui lors de cette réunion émet le plus d'énoncés en lien avec les caractéristiques de la charge de travail. La différence d'émission est statistiquement très significative entre l'alternant en ergonomie et les autres participants ($\chi^2_3=102,36$; $p<0.01$). L'alternant présente ici les différents constats autour du risque de TMS : « *Ben le kitting c'est toujours là où on a le plus de problèmes. On a des problématiques de posture avec l'organisation justement du stockage. T'as les modulateurs en fond de V-EMB* ». La discussion autour des problèmes rencontrés par les opérateurs et identifiés par la fiche MEC intéresse l'ensemble des participants.

Ensuite, la deuxième catégorie des énoncés concerne l'organisation de l'environnement de travail pour 15% des énoncés. Le chantier portant en partie sur une réorganisation de cet environnement, les participants s'intéressent à l'impact éventuel de cette réorganisation sur l'activité des opérateurs. Cette fois encore, c'est l'alternant en ergonomie qui émet le plus d'énoncés dans cette catégorie. Cette différence est aussi statistiquement très significative ($\chi^2_3=12,71$; $p<0.01$). Ici, l'alternant en ergonomie évoque

les liens entre les différents postes de travail de l'îlot : « *C'est l'interaction entre les différents chariots et puis l'AGV qui passe au milieu* ». Notamment parce que la question des chariots fait partie des critères d'évaluation de l'outil MEC.

La troisième catégorie d'énoncé concerne les expériences antérieures pour 8 %. Pour cette catégorie, l'alternant en ergonomie émet moins d'énoncés que les autres participants à la réunion. Cette différence est statistiquement significative ($\chi^2=11,58$; $p<0.01$). L'alternant en ergonomie ne possède pas les informations sur l'historique des transformations de l'îlot de travail, puisqu'il a moins d'ancienneté que les autres participants. Les participants font l'historique des solutions déjà envisagées et à tester ou à mettre de côté dans le cadre du projet. Par exemple, l'animateur *lean* qui a été opérateur sur cet îlot de production rapporte : « *Petit aparté historique, tout ce que les opérateurs demandent, ils ne l'utilisent pas. Pour le coup, moi j'avais ça quand j'étais aux rilsans et on ne l'a jamais utilisé. On avait des établis « monte et baisse », on ne les a jamais utilisés, je peux te le garantir.* » La question des zones d'atteinte et des zones de travail fait partie des critères de l'outil d'évaluation MEC.

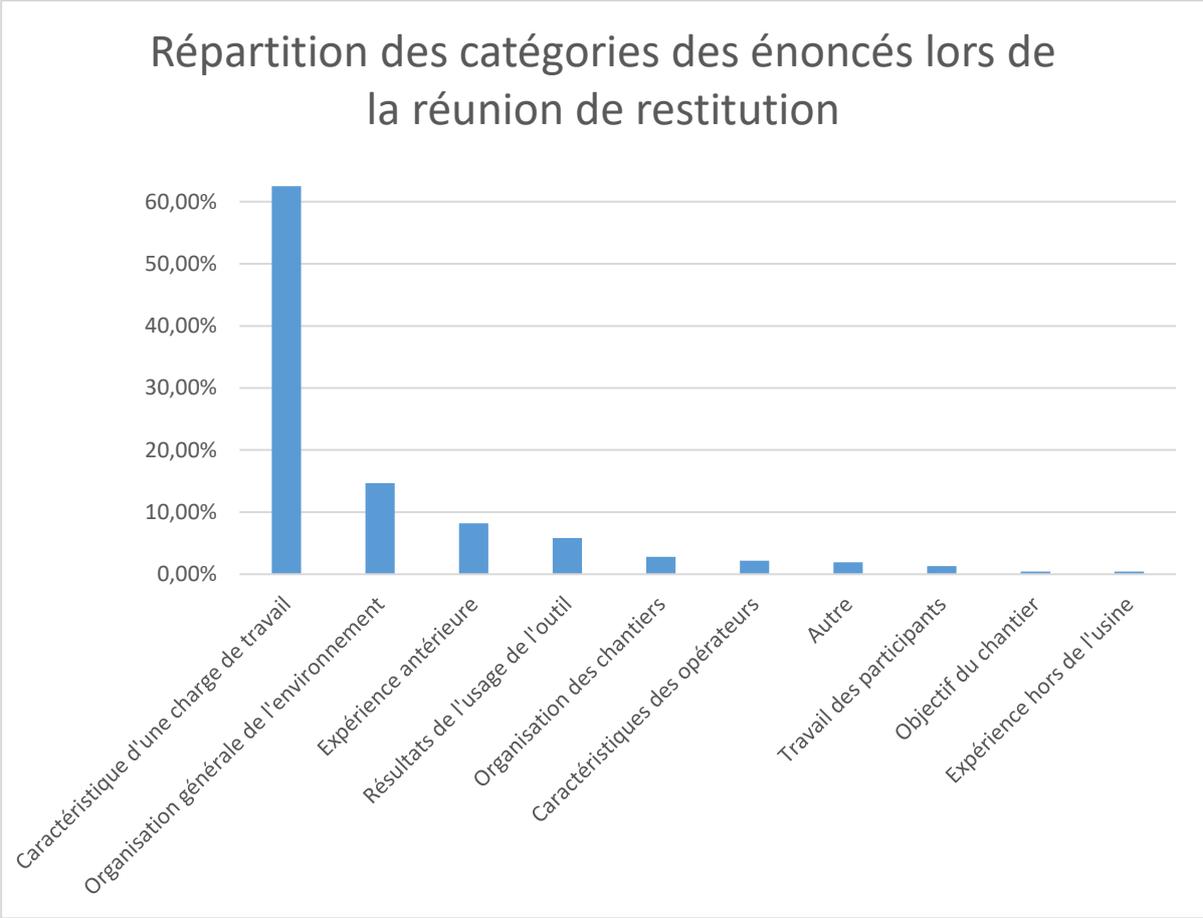
L'analyse du contenu de cette réunion nous montre que la quatrième catégorie qui nous semble significative est l'évocation des résultats de l'usage de l'outil pour 6% des énoncés qui concerne ici la présentation des scores brut de la fiche MEC, principalement en début de réunion avant de développer les caractéristiques des charges de travail. Ici encore, l'alternant émet plus d'énoncés sur le sujet avec une différence statistiquement significative³ ($\chi^2=10,75$; $p<0.05$). Voici un exemple de dialogue sur les résultats de l'évaluation : « *Alternant Ergonomie : J'ai fait toutes les cotations avec les couleurs.*

Polyvalent (opérateur) : Il n'y a pas plus de...

Alternant Ergonomie : Il n'y a pas plus d'orange au final »

Les autres catégories d'énoncés sont évoquées de manière beaucoup moins importante. Il apparaît à l'égard de ces résultats que la réunion de restitution est un bon moyen de centrer l'attention sur les postes de travail et l'environnement de l'îlot.

³ En excluant l'ingénieur méthode pour supprimer son score nul. Il était absent de cette partie de la réunion.



Graphique 18 Répartition des catégories des énoncés lors de la réunion de restitution

Emetteur	Caractéristiques d'une charge de travail	Organisation générale de l'environnement	Expérience antérieure	Résultats de l'usage de l'outil ¹	Organisation des chantiers	Caractéristiques des opérateurs	Autre	Travail des participants	Objectif du chantier	Expérience hors de l'usine	Total par émetteur
Alternant ergonomie	144**	25**	1**	17*	0	0	0	0	0	0	187**
Animateur <i>lean</i>	53	13	10	5	8	5	2	1	2	0	99
Ingénieur méthode	60	7	15	0	3	1	6	3	0	2	97
Polyvalent (opérateur)	31	23	12	5	3	4	1	2	0	0	81
Total par catégorie	288**	68	38	27	14	10	9	6	2	2	464

Test du χ^2 de Yates : *p<0.5 ; **p<0.1

¹Pour réaliser ce test, l'ingénieur méthode a été sorti de l'échantillon, puisqu'il était absent à ce moment de la réunion.

Tableau 23 Répartition des énoncés par catégorie et par émetteur

8.1.3. La répartition des énoncés portant sur les facteurs de risque de TMS

Cette analyse que nous réalisons sur le contenu de cette réunion concerne le thème des énoncés relatifs au risque de TMS évoqués lors de cette réunion, par le participant. Assistant à une réunion sur l'évaluation du risque de TMS au sein de l'îlot, les participants vont émettre des énoncés sur les facteurs de risque de TMS. Nous avons là une occasion d'avoir un aperçu du modèle explicatif de l'apparition du risque de TMS qui se construit dans les échanges cours de cette réunion. Lors de la réunion, 237 énoncés sur 464 énoncés au total portent sur le thème des TMS. La répartition des énoncés par catégorie de facteurs de risque et par émetteur est présentée dans le Tableau 24. Le Graphique 19 rassemble les résultats de cette analyse. Les résultats obtenus ont aussi été soumis au test du χ^2 de Yates pour établir la significativité statistique des différences observées.

L'alternant en ergonomie émet le plus d'énoncés relatifs au risque de TMS par rapport aux autres participants avec une différence statistiquement significative ($\chi^2_3=101,95$; $p<0.01$). Le thème associé au risque de TMS le plus présent dans les énoncés de cette réunion est celui des efforts pour 41% des énoncés. Cette différence par rapport aux autres thèmes du risque de TMS est aussi statistiquement significative ($\chi^2_6=222,37$; $p<0.01$). Cette prédominance du thème des efforts s'explique parce que l'activité des opérateurs sur cet îlot comprend principalement de l'emmanchement de tubes flexibles sur des supports, et la pose de pions et de lanières plastiques. C'est l'alternant en ergonomie qui émet le plus d'énoncés sur ce thème, et cette différence est statistiquement significative ($\chi^2_3=50,18$; $p<0.01$). Voici un exemple du type d'énoncés émis par l'alternant en ergonomie : « *Après, sur le système de dévidoir de la machine. T'as la résistance quand il déroule le gros diamètre de rilsan, les petits diamètres ça va, mais quand il déroule les gros diamètres sur celle-là* ». Les préoccupations autour des efforts concernent en partie les mesures réalisées par l'alternant à l'aide du peson.

La deuxième catégorie d'énoncés relatifs au risque de TMS concerne les postures des opérateurs, pour 27% des énoncés. Cette fois encore, c'est l'alternant en ergonomie qui émet le plus d'énoncés sur ce thème, et cette différence est statistiquement significative ($\chi^2_3=46,88$; $p<0.01$). On se préoccupe ici essentiellement des zones d'atteintes pour effectuer l'activité demandé, et les postures que cela implique pour les opérateurs. Par exemple :

« Alternant Ergonomie : La pose du réservoir sur APU posture en élévation du bras accrochage des rilsans au-dessus du réservoir.

Alternant Ergonomie : une fois qu'il l'a posé et manipulé le réservoir sur le palonnier, t'as la station d'attente du réservoir qui est un peu haute.

Polyvalent (opérateur) : C'est la station d'attente qu'ils ont demandée après...

Polyvalent (opérateur) : Est-ce qu'il la faut ?

Animateur lean : Station d'attente ?

Polyvalent (opérateur) : C'est le truc en Orcan sur la potence où ils viennent poser le [réservoir] ».

La question des manutentions arrive en troisième, pour 15% des énoncés, et elle concerne principalement l'activité des opérateurs de *kitting*, ainsi que l'utilisation d'un moyen de levage sur l'îlot de préparation de sous-ensemble. L'alternant en ergonomie émet le plus d'énoncés dans cette catégorie, et cette différence est statistiquement significative ($\chi^2=9,80$; $p<0.05$). Voici un exemple d'échange dans cette catégorie :

« Alternant Ergonomie : La prépa réservoir et le bloc hydraulique, c'est ce qu'on disait, ils portent les réservoirs, les grands réservoirs de 11,3kg et les blocs hydrauliques 13 kg.

Ingénieur méthode : C'est ce que je te disais, que ça ce n'est pas normal.

Ingénieur méthode : Les blocs hydrauliques... t'as le droit à combien en manipulation en kilo par euh...

Alternant Ergonomie : Il y a la limite à 12

Animateur lean : Par rapport à la fréquence ?

Ingénieur méthode : Par rapport à la fréquence, ouais

Animateur lean : On a la limite à 12 kg, c'est ça, quelle que soit la fréquence ?

Ingénieur méthode : Le bloc hydraulique monté il fait 13 kg ?

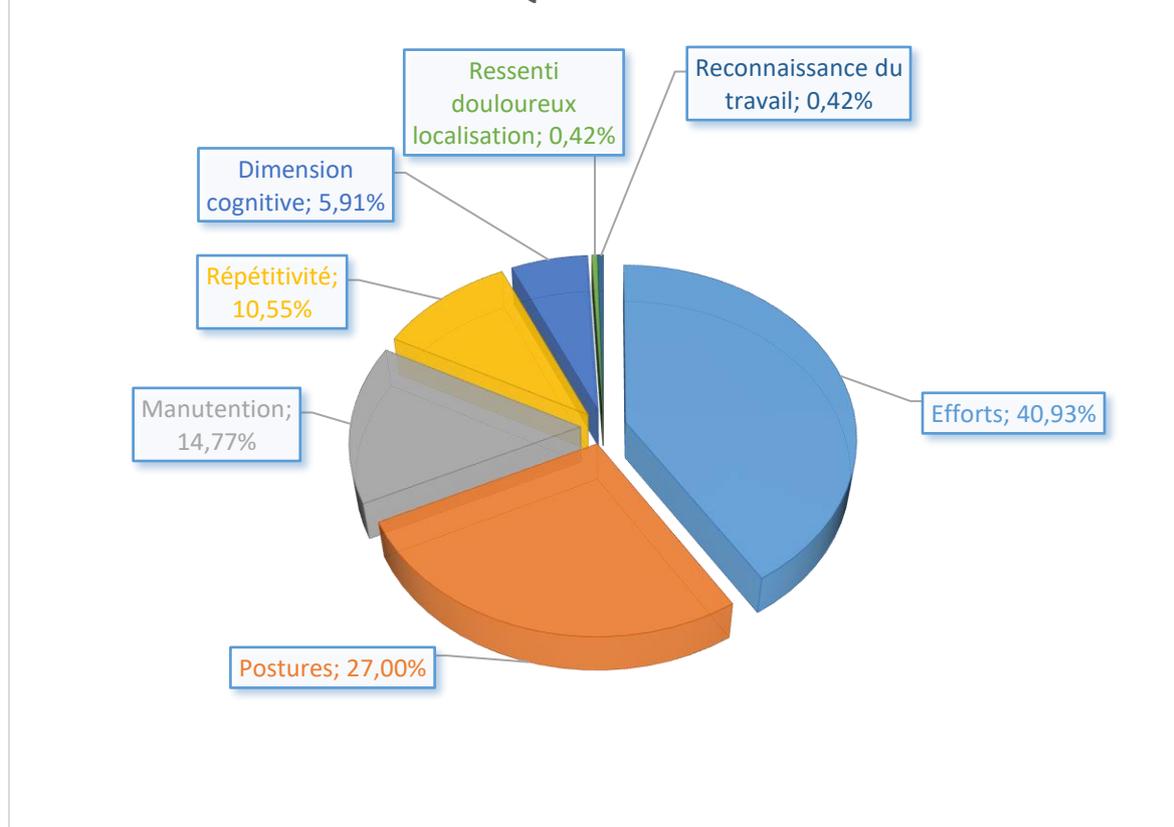
Alternant Ergonomie : Ouais, et sans la bassine, la bassine fait 5 kg. Par contre ça c'est énorme le poids des bassines.

Animateur lean : 5 kg le poids des bassines ? ».

Les autres résultats n'étant pas significatifs pour les autres catégories, nous ne détaillerons pas leur analyse. Nous pouvons cependant retenir que la question de la répétitivité et du rythme de travail vient en 4^{ème} pour 11% des énoncés, lié en partie au grand nombre d'opérations sollicitantes autour de deux des postes d'assemblage et qui nécessitent une rotation entre les opérateurs pour éviter les douleurs. Ces énoncés sont en lien avec l'expression sur le ressenti douloureux, qui restent eux assez peu nombreux. La dimension cognitive de l'activité est prise en compte dans 6% des énoncés, il s'agit de questions autour du stress généré par la complexité des enchaînements opératoire, et des branchements que les opérateurs doivent réaliser souvent de mémoire. Enfin, la reconnaissance du travail est évoquée à la marge pour quelques opérateurs avec une forte ancienneté.

La représentation des facteurs de risque de TMS qui se construit au cours de cette réunion porte principalement sur les efforts exercés par les opérateurs, partie biomécanique visible de l'étiologie des TMS. Les participants sont conscients des difficultés rencontrées à certains postes pour l'emmanchement par exemple.

THÈMES DES ÉNONCÉS PORTANT SUR LE RISQUE DE TMS



Graphique 19 Thèmes des énoncés portant sur le risque de TMS

Emetteur	Efforts	Postures	Manutention	Répétitivité	Dimension cognitive	Ressenti douloureux localisation	Reconnaissance du travail	Total par émetteur
Alternant ergonomie	53**	38**	15*	10	7	1	0	124**
Animateur lean	18	17	6	8	3	0	1	53
Ingénieur méthode	20	4	11	1	1	0	0	37
Polyvalent (opérateur)	6	5	3	6	3	0	0	23
Total par catégorie	97**	64**	35	25	14*	1**	1**	237

Test du χ^2 de Yates : * $p < 0.5$; ** $p < 0.1$

Tableau 24 Répartition des énoncés sur le thème des TMS par catégorie et par émetteur

8.1.4. Conclusion

Cette analyse montre à quel point l'outil d'évaluation du risque de TMS est central dans la perception des facteurs de risque de TMS pour l'ensemble des acteurs impliqués dans

la transformation des situations de travail. Les artefacts évoqués lors de cette réunion sont principalement des artefacts techniques. Les observations ouvertes ou les interactions avec l'opérateur si elles aident l'évaluateur à obtenir une bonne compréhension de la situation de travail ne sont pas partagées avec les acteurs de la réunion. Il apparaît que l'évaluateur se sert de la légitimité de son outil d'évaluation du risque de TMS pour présenter les problèmes relevés. Par ailleurs, la combinaison des facteurs de risques est assez peu évoquée. Ceci peut s'expliquer par le mode de présentation de l'outil d'évaluation, détaillant les items séparément, en liens avec quelques dimensions de l'activité de l'opérateur, et non de l'activité dans sa totalité. Notre analyse de contenu de cette réunion de restitution nous montre la place centrale qu'occupe un outil d'évaluation des facteurs de risque de TMS dans la construction des actions de prévention. L'outil d'évaluation du risque de TMS (fiche MEC) est l'artefact sur lequel repose le plus d'énoncés lors de cette réunion. Dans ce cadre, l'outil d'évaluation du risque de TMS permet cependant de mettre en lumière des points de la situation de travail à transformer pour éviter le risque de TMS et envisager des voies d'amélioration des conditions de travail des opérateurs de l'îlot.

8.2. Le chantier

L'étape suivante de l'activité de l'alternant en ergonomie dans l'usage de l'outil d'évaluation du risque de TMS au sein du chantier *Kaizen* est le chantier lui-même. Dans le cadre des chantiers, l'alternant, sous la supervision de l'ergonome interne participe au chantier qui se propose sur une durée de 5 jours et dans une zone de travail permettant une simulation à l'échelle une de la future situation de travail. Nous donnons cette partie à titre descriptif des suites qui sont données à la réunion de restitution analysée dans la partie précédente. Nous avons suivi l'alternant en ergonomie pendant les cinq jours du chantier en relevant en note papier crayon les caractéristiques des moments marquants du chantier (ouverture du chantier, présentation des problématiques y compris le risque de TMS, construction des scénarios du futur îlot, test des scénarios et réunion de clôture) sur la participation de l'alternant, des opérateurs et de l'ergonome interne.

L'équipe de chantier est composée des mêmes acteurs présents à la réunion de restitution, ainsi que des acteurs d'autres secteurs de l'entreprise : logistique, outillage. Le chantier doit intégrer des opérateurs de l'îlot traité, mais dans le cas présent, des impératifs de production et d'organisation des ressources humaines empêchent une participation importante de tous. Seul l'opérateur polyvalent présent à la réunion de restitution participe au chantier. Les opérateurs de l'îlot assistent à une nouvelle réunion d'informations sur le lieu du chantier de l'avancée des travaux. Cette réunion leur présente le constat, les objectifs du chantier et les solutions envisagées pour y répondre. Elle leur donne la possibilité d'émettre leur avis sur les éléments présentés l'équipe du chantier. La problématique du risque de TMS

issue de l'évaluation par l'outil MEC y est présentée, les opérateurs peuvent réagir sur le contenu évoqué lors de la réunion de restitution.

La présentation de la réunion de restitution (Figure 32) est affichée en entier et présentée en début de chantier par l'alternant à l'équipe chantier.

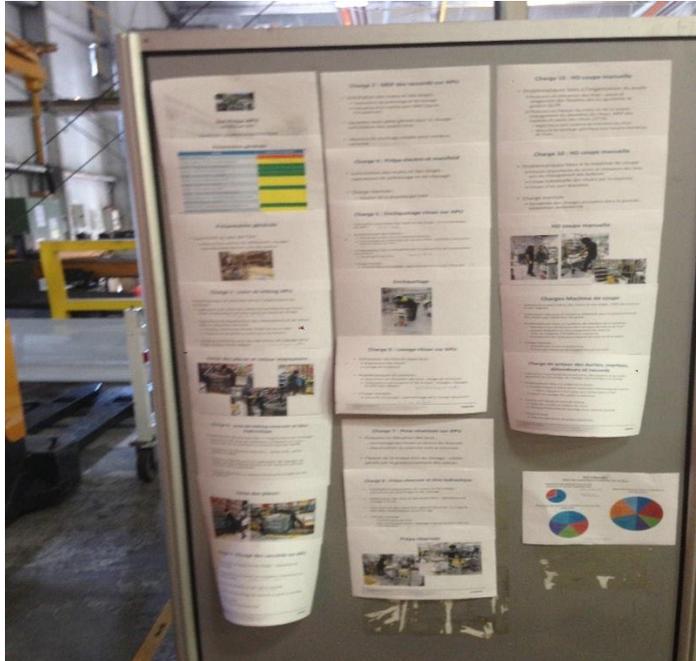


Figure 32 Présentation du support de la réunion de restitution

La restitution et l'évaluation du risque de TMS réalisée à l'aide de l'outil MEC permet de déterminer les « points rouges » et les autres améliorations qui sont intégrées dans les objectifs du chantier (Figure 33). Dans le cas présent, aucun « point rouge n'a été identifié, et seule une diminution du nombre de postes côtés orange et jaune est demandée.

L'activité des participants du chantier consiste à proposer des scénarios organisationnels cadrant avec les objectifs, et de les simuler dans l'espace à disposition, avec un matériel proche de celui utilisé par les opérateurs dans le travail réel, ou se rapprochant pour les moyens non existants mais envisagés dans le chantier. L'alternant est intégré au chantier au même titre que les autres participants et peut émettre des propositions ou réagir aux propositions des participants. Les problématiques sont traitées poste à poste. A l'issue de chaque journée, une simulation de l'enchaînement opératoire complet sur tous les postes de l'îlot est proposée. Cette simulation est évaluée par l'alternant en ergonomie à l'aide de la fiche MEC. L'outil d'évaluation du risque de TMS est l'objet d'une double utilisation, à la fois en diagnostic d'une situation de travail réelle et en simulation d'une situation de travail future. Cette double utilisation a pour but d'obtenir des données comparables entre plusieurs scénarios pour choisir celui qui sera le plus favorable au niveau de risque le plus bas. L'utilisation de l'outil reste néanmoins très partielle du fait des limites de la simulation

(simulation hors de la pression temporelle de la production, absence d'un certain nombre d'équipements, etc...).

		Titre: Chantier maquette APU (bourg 2018)																							
UEP: B23		Date: W2717																							
Quel problème voulons-nous traiter ? <ul style="list-style-type: none"> - Surface insuffisante pour accueillir l'implantation du projet bourg 2018. - Variabilité importante du process d'assemblage. - Manipulation de "bac lourd". - Risque de heurt avec OP lors du levage manuel des rilsans sur APU. - Equilibrage difficile. - Coactivité engin/piéton et piéton/piéton - Nombre de retouche importante. - Pas de dimensionnement des BUFFER. 			Equipe <table border="1"> <tr> <td>MUEP:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q20:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Retouche:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Qualité:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Méthode:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sécurité:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ergonomie:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Logistique:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VPS:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BOUR:</td> <td></td> </tr> </table>			MUEP:		Q20:		Retouche:		Qualité:		Méthode:		Sécurité:		Ergonomie:		Logistique:		VPS:		BOUR:	
MUEP:																									
Q20:																									
Retouche:																									
Qualité:																									
Méthode:																									
Sécurité:																									
Ergonomie:																									
Logistique:																									
VPS:																									
BOUR:																									
Quelle est la situation ? / Analyse des causes ... <ul style="list-style-type: none"> - Surface actuelle: Kit 17,50x5,40-55 m² / Prépa 20,00x19,70x09 m² soit 504 m² - Temps de prépa APU intérieur: ... - Temps de prépa APU extérieur: ... - Variabilité due à la prépa électro: de 0 à 5 eur en Vt - Temps machine de coupe incompressible: - ET chute de bac prépa divers: - Risque de heurt avec les rilsans lors du levage sur APU: ... - Temps d'attente due à la difficulté d'équilibrage: - Pas d'information sur l'ordre d'engagement des chariots suivant les retours vide des lignes: - Répondre cas de force d'air sur APU - Retour L2F: depuis avril 2017: 1 cas de raccourci pas orienté, 0 cas de rilsans mal enroulé, retouche ligne - 2 cas rilsans traités cas de rotation critique 1, 4 cas rilsans mal enroulé et 5 cas rilsans mal montés 			Quels sont les objectifs ? / Quelle est la situation visée ? <ul style="list-style-type: none"> - Emprise en façade de 15m - Réduire les déplacements de 20% - Traiter toutes les cotations ergo rouge OBJ.0 - Modifier le process de montage en intégrant la zone de kit à la zone de montage. - Avoir un Process qui rende acceptable la distribution logistique. - Lisser les charges et valider leurs fonctionnements à toutes les cadences. - Gérer la variabilité des montages. - Supprimer les retouches IR à l'APU 																						

Figure 33 Objectifs du chantier

Cette évaluation en chantier hors du cycle de production porte sur des enchainements opératoires peu maitrisés par les participants, parce qu'ils sont en cours d'élaboration avec des futurs moyens envisagés. Cette évaluation permet néanmoins de donner une approximation de l'évolution permise par le chantier. Elle est utilisée pour remplir la fiche d'objectifs (Figure 34) du chantier, remplie quotidiennement. L'ergonome interne a un regard sur le déroulé du chantier par les réunions d'avancement de fin de journée et par la réunion de fin de chantier. Il a la possibilité d'émettre des avis d'exclusion sur les aménagements proposés s'ils lui semblent inapplicables, même si l'évaluation de la simulation fait apparaitre des améliorations.

Feuille d'OBJECTIFS du KAIZEN (Target sheet)

Centre Operationnel : Centre de montage Poste : Traverses AXE

UEP : B23 Date : Du 03 au 06 Juillet 2011

	(A) Au départ	(B) Cible	(C) 1er Jour	(D) 2ème Jour	(E) 3ème Jour	(F) 4ème Jour	(G) Au final	(H) Différence	(I) % de hausse ou de baisse
Emprise en façade largeur	20 m	15 m	15						
Déplacements avec charriot (-20%)	55m	53m							
Points ergo-rouge	0	0	0						
Autres amélioration ergo	100%	100%	100%						
Flexibilité chgt de cadence et définition équilibrage	NOK	OK	ok						
Nombre de touches APU extérieur (50%)	83	45	45						
Nombre de touches APU intérieur (50%)	84	42	42						
Nombre de touches réservoir d'air (50%)	14	7							
Suppression du bac de prépa divers	NOK	OK	ok						

Remarques :

Figure 34 Fiche de suivi de la réalisation du chantier

Cette analyse montre le rôle d'objet intermédiaire que peut revêtir l'outil d'évaluation du risque de TMS et l'instrumentalisation qu'en font les acteurs de la situation de travail. A partir d'un outil d'évaluation destiné à la cartographie du risque de TMS, les utilisateurs ergonomes (alternant, ergonome) alimentent une forme de pré-analyse de l'activité avec les acteurs du chantier *Kaizen* pour des situations de travail jugées comme étant à faible de risque de TMS. Ils peuvent ainsi apporter des transformations dans ces situations et profiter des chantiers d'amélioration continue pour y intégrer une série de mesures de prévention des TMS, qui autrement ne seraient pas traités puisqu'elles concernent des situations de travail où le risque de TMS est évalué comme faible.

8.3. Le système d'instruments de l'évaluation du risque de TMS

Les résultats recueillis lors de l'analyse de l'activité des utilisateurs de l'outil d'évaluation du risque de TMS nous permettent de caractériser le système d'instruments dans lequel s'inscrit cet outil.

8.3.1. Les classes de situation

Le Tableau 25 recense l'ensemble des classes de situations identifiées lors de notre analyse de l'usage des outils. Nous avons identifié 24 classes de situations constituées par les participants qui regroupent dans une même classe l'ensemble des situations pour lesquelles ils poursuivent le même objet de l'activité. Ces classes nous donnent l'ensemble des éléments mobilisés pour réaliser l'évaluation du risque de TMS à l'aide d'un outil d'évaluation.

N° de CS	Classe de situation	Description
1	Conception des outils d'évaluation	Conception des outils d'évaluation du risque de TMS par le réseau international des ergonomes du groupe. Participation au réseau
2	Conception de l'étape d'évaluation du risque de TMS	Les outils d'évaluation du risque de TMS sont inclus dans une étape d'évaluation du risque de TMS propre au site industriel
3	Enrichissement des outils d'évaluation	Les outils d'évaluation du risque de TMS sont enrichis par l'ajout d'éléments répondant à des problématiques locales.
4	Analyse d'une demande d'évaluation	Lors de la réception d'une demande d'évaluation, l'utilisateur de l'outil va analyser la demande pour déterminer le niveau de l'étape d'évaluation à mettre en œuvre
5	Mobilisation des ressources pour réaliser l'évaluation	En fonction des objectifs de la politique de SST et de la démarche de prévention, le site industriel mobilise des ressources pour l'évaluation (formation d'acteurs, alternants, prestataires etc....)
6	Coordination des évaluations	L'ergonome coordonne l'évaluation en fonction de la demande, des échéances associées et des personnes disponibles pour la réaliser. Etablissement d'un planning de suivi des évaluations si nécessaire.
7	Appréhension du contexte de l'évaluation	L'évaluateur appréhende le contexte de production de la zone à évaluer par une visite avec le manager (ou un animateur d'équipe)
8	Présentation de l'étape d'évaluation du risque de TMS	L'étape d'évaluation du risque de TMS est présentée à l'équipe travaillant sur la zone lors d'une réunion type TOP 10
9	Réalisation de l'évaluation au poste de travail	L'évaluateur va remplir l'outil aux différents postes de travail à évaluer
10	Réalisation de mesures au poste de travail	L'évaluateur va mesurer différents éléments physiques (poids, efforts etc...) pour compléter l'évaluation.
11	Prise de photographies/prise de vidéos	L'évaluateur va prendre des images photos ou vidéo de la situation de travail. Ces images ont pour but d'illustrer des problèmes identifiés sur l'évaluation, ou de servir de support de post-traitement pour réaliser l'évaluation du risque de TMS.
12	Post-traitement des données	L'évaluateur traite les vidéos pour réaliser l'évaluation des postures. Il recherche des informations qu'il n'a pu obtenir jusque-là dans d'autres cartographies, ou auprès d'autres services de l'entreprise. Les photographies pertinentes pour la synthèse sont identifiées et anonymisées (masque des visages des opérateurs), et éventuellement enrichie par du texte ou des figures.

N° de CS	Classe de situation	Description
13	Saisie des données	L'évaluateur reporte les notes de l'évaluation réalisée sur le terrain sur la version informatisée de l'outil
14	Report de l'évaluation dans le document de suivi	L'évaluateur remplit la fiche de suivi des évaluations. Il renseigne le score obtenu et les principales problématiques identifiées. Le document de suivi constitue la cartographie de l'exposition au risque de TMS.
15	Réalisation de la synthèse de l'évaluation	L'évaluateur réalise la synthèse de l'évaluation pour chaque zone évaluée. La synthèse rassemble les notes de l'outil, les principales problématiques et leur illustration par photographie sur un fichier informatique.
16	Rendre compte de l'évaluation	L'évaluateur présente succinctement les résultats de l'évaluation et les problématiques principales identifiées
17	Suivi des évaluations	Suivi de la réalisation des évaluations par l'intermédiaire du planning et du document de suivi. Compilation des notes pour la production des indicateurs de suivi.
18	Rapport en comité de direction	Rapport de l'état de la situation des évaluations et synthèse des notes obtenues. Ces indicateurs servent à alimenter la démarche de prévention PARI et la politique de SST de l'entreprise.
19	Coordination avant chantier	Présentation du récapitulatif de l'évaluation du risque de TMS à l'équipe du chantier, et point sur l'historique de traitement des problématiques et définition des objectifs ergonomiques du chantier
20	Participation au chantier	Formulation de propositions pour le traitement des objectifs ergonomiques au regard des propositions d'organisation pour répondre aux autres objectifs du chantier
21	Réalisation de l'évaluation en chantier	L'évaluateur va remplir l'outil sur une situation simulée au cours du chantier
22	Réalisation de la synthèse du chantier	Formulation d'un avis sur l'atteinte des objectifs ergonomiques en chantier
23	Suivi des actions envisagées en chantier	Il s'agit du suivi de la mise en place ou de la conception des moyens spécifiques décidés en chantier. Et estimation de la validité des transformations en production
24	Définition des objectifs projets	La définition des objectifs projets est la retranscription des décisions prises en comité de direction en buts à atteindre pour un projet de réaménagement de l'entreprise

Tableau 25 Liste des classes de situation de l'usage d'un outil d'évaluation du risque de TMS

8.3.2. Familles d'activité

Les classes de situations peuvent être rassemblées en quatre familles d'activités qui correspondent chacune à un profil d'utilisateur spécifique de l'outil. La Figure 35 représente

les quatre familles d'activité que nous avons pu établir ainsi que les classes d'activité qu'elle recouvre.

Les familles d'activités sont :

- La gestion de l'étape d'évaluation du risque de TMS : cette famille d'activités comprend la conception de l'étape d'évaluation, des outils d'évaluation et leur évolution dans le temps. C'est le gestionnaire qui mobilise les ressources pour la réalisation des évaluations sur le terrain en choisissant qui réalise les évaluations en fonction des contraintes de l'organisation. C'est aussi lui qui réalise le suivi de la réalisation des évaluations et qui en rend compte aux comités de l'organisation (CHSCT, comité de direction ou de pilotage).
- La réalisation de l'évaluation du risque de TMS dans les situations de travail. L'évaluateur réalise l'évaluation à proprement parler sur le terrain. C'est lui qui permet la compréhension du contexte de l'unité de travail évaluée, il remplit les items de l'outil sur le terrain en mettant en œuvre des artefacts différents en fonction des caractéristiques de la situation évaluée et de ses caractéristiques personnelles. En fin d'évaluation, il post-traite les données pour réaliser la synthèse de l'évaluation.
- L'analyse de l'activité dans les situations évaluées : est une famille d'activité qui fait immédiatement suite à l'évaluation. Il s'agit de réaliser la synthèse de l'évaluation en faisant des liens entre les déterminants de l'activité, l'activité de l'opérateur et les facteurs de risques contenus dans les items de l'outil d'évaluation du risque de TMS. Sans cette famille d'activité, il est impossible d'utiliser l'outil d'évaluation du risque de TMS pour autre chose que de la cartographie du risque de TMS.
- L'aide à la transformation de la situation de travail. Cette famille d'activités fait le lien entre évaluation et prévention. Son activité tourne principalement autour des chantiers de transformation, elle comporte aussi l'évaluation sur les simulations produites en chantier, afin de guider la pertinence des transformations.

L'analyse de l'activité que nous avons menée sur le terrain de Renault trucks nous montre que les acteurs sont rarement cloisonnés dans une seule famille d'activité :

- L'activité de l'ergonome interne rassemble les quatre familles d'activité : la gestion de l'évaluation (FA 1), l'analyse de l'activité (FA3), la transformation de la situation de travail (FA4) et parfois, la réalisation de l'évaluation elle-même (FA 2). Elle est quand même plus axée sur FA, FA3 et FA4.
- L'activité de l'ergonome consultant est exclusivement sur FA2 et FA3. Et en ce sens, un prescrit lui est donné qui est l'utilisation de l'outil MEC pour l'évaluation, et l'organisation de communication à suivre avec l'ergonome interne. On est dans la prestation commerciale, avec des acteurs forts proches de l'ergonome interne, ils s'écartent peu de la prescription.
- L'animateur *lean* lui a une activité axée sur FA2 et FA4. On lui demande de réaliser l'évaluation et d'inclure cette évaluation dans les transformations à apporter à la situation de travail. Nous avons relevé un écart fort à la prescription : évaluation réalisée par les AE non formés, pas de remonté de l'évaluation à l'ergonome interne. En l'absence de FA3, il est difficile voire impossible pour l'animateur *lean* d'utiliser les résultats de l'évaluation dans les transformations.

- Les alternants ont aussi eu une activité sur FA2, FA3 et FA4 sous la supervision de l'ergonome interne. L'alternant réalisait initialement les cotations MEC des îlots devant passer en chantier *Kaizen*, puis au fil des chantiers, s'est insérée la synthèse avec photographie et la restitution intermédiaire. Cette synthèse a donné lieu à l'apparition de la restitution avant chantier pour s'accorder sur les objectifs des chantiers. L'alternant assistait ensuite aux chantiers pour proposer des idées de transformations, suivre le chantier et en rapporter l'évolution à l'ergonome interne, réaliser des évaluations sur simulation de l'activité future pour aider à caractériser d'éventuelles améliorations de la situation de travail au regard des transformations apportées.

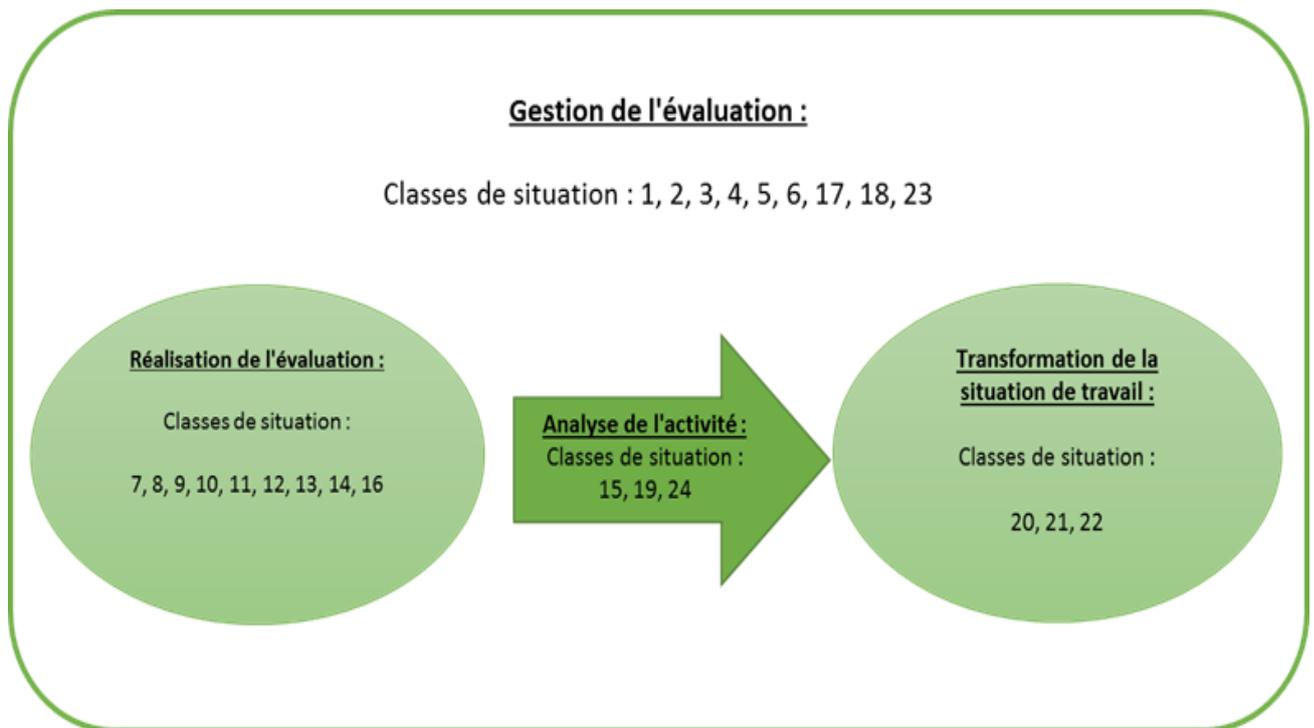


Figure 35 Les familles d'activité de l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS

8.3. Conclusion des résultats sur nos hypothèses

Ces résultats sont le dernier apport du terrain Renault Trucks à cette thèse. Ils nous permettent de faire un retour global concernant les deux études menées chez Renault Trucks (Chapitre 7 et 8) et conclure sur nos hypothèses.

8.3.1. Hypothèse 1 : l'outil d'évaluation est potentiellement un instrument.

La conception de l'outil d'évaluation du risque de TMS, ses propriétés contribuent à orienter l'activité de son utilisateur. L'outil d'évaluation de Renault Trucks, la fiche MEC possède un certain nombre de propriétés à l'égard du risque de TMS que nous avons montrées dans le chapitre 6. Ces propriétés permettent un diagnostic sur le risque de TMS qui n'est pas exhaustif au regard du modèle étiologique du risque de TMS. Les utilisateurs font de l'outil d'évaluation du risque de TMS un instrument de leur activité propre, c'est ce que nous montre le chapitre 7. Les utilisateurs peuvent faire des liens entre l'évaluation du risque de TMS et leur activité en fonction de la compréhension qu'ils ont du risque de TMS. Les animateur *lean*, bien qu'ils maîtrisent l'outil d'évaluation, ne connaissent pas suffisamment les facteurs de risque de TMS pour faire les liens entre leur activité et l'évaluation du risque de TMS qui leur est demandée. Cela conduit à l'abandon de l'utilisation de l'outil d'évaluation par ces utilisateurs.

Les ergonomes qui utilisent l'outil d'évaluation l'instrumentent dans le sens du cœur de leur métier, l'analyse de l'activité. Cela les conduit à développer un système d'instruments mêlant l'outil d'évaluation, des outils de mesure (mètre ruban, peson etc...), et des moyens de rapporter des traces illustratives de l'activité. Les ergonomes ont aussi l'idée de procéder à des enregistrements de l'activité pour le post traitement des données, ce qui dépasse la prescription, alors que l'animateur *lean* se tenait à une évaluation du risque de TMS sur le poste de travail. Des transformations peuvent apporter des meilleures performances aux postes de travail et améliorer les points particuliers qui présentent un niveau de risque élevé quand le niveau de risque de TMS global est faible et ne semble pas nécessiter une analyse ergonomique du travail.

8.3.2. Hypothèse 2 : l'évaluation du risque de TMS nécessite un système d'instruments organisant la mise en œuvre de différents instruments par différents acteurs.

Du fait des limites de l'outil d'évaluation du risque de TMS et des contraintes posées par l'organisation, les acteurs sont amenés à construire un système d'instruments qui structure l'étape d'évaluation du risque de TMS chez Renault Trucks. L'outil ne permet qu'un regard partiel sur le risque de TMS, l'étape d'évaluation du risque de TMS reste structurée en incluant l'analyse ergonomique du travail comme dernier recours permettant d'appréhender le risque de TMS dans toute sa complexité. L'analyse ergonomique du travail est le moyen d'analyse de

la situation de travail capable de lier déterminants, activité et effets et d'instruire la question des régulations et des marges de manœuvre des opérateurs. La fiche MEC se retrouve utilisée comme un outil de cartographie des facteurs de risque de TMS, permettant de décider si le risque de TMS dans une situation de travail nécessite une analyse ergonomique du travail ou non.

Au sujet de l'étape d'évaluation du risque de TMS et de l'articulation de différents acteurs autour du système d'instruments, nous identifions deux types de répartition des acteurs (chapitre 7) dans le système d'instruments :

- Une répartition de fonction avec des acteurs qui sont évaluateurs, utilisateurs de l'outil d'évaluation du risque de TMS
- Une répartition des acteurs qui sont administrateurs de l'étape d'évaluation.

Dans le cas Renault Trucks, l'administrateur de l'étape d'évaluation du risque de TMS est l'ergonome interne qui est la personne qui a créé le processus d'évaluation, établi les plannings d'évaluation et centralisé les résultats des évaluations du risque de TMS afin d'animer la démarche de prévention. La cartographie des postes de travail obtenue à l'aide de l'outil d'évaluation MEC permet à l'ergonome interne d'obtenir les informations lui permettant d'organiser des analyses ergonomiques du travail sur les postes. Nous observons aussi une répartition des acteurs par rapport à leurs compétences en ergonomie. La réalisation d'évaluation du risque de TMS à l'aide de la fiche MEC nous montre qu'il est nécessaire qu'un acteur avec un faible niveau de compétence en ergonomie puisse lier l'usage de l'outil d'évaluation du risque de TMS à sa propre activité pour continuer à l'utiliser. Dans le cas contraire, cet acteur procédera à l'établissement de ces liens à sa convenance, ce qui peut différer des buts poursuivis par l'administrateur de l'étape d'évaluation. Nous avons aussi observé que des utilisateurs de niveau de compétences différents en ergonomie (un ergonome en formation et un ergonome diplômé), en l'occurrence l'ergonome consultant et l'alternant en ergonomie, structurent leur système d'instruments autour de l'outil d'évaluation du risque de TMS de manière différente. Nous avons montré que certaines de ces différences sont statistiquement significatives (Chapitre 7).

Ces éléments montrent que l'étape d'évaluation du risque de TMS constitue bien un système d'instruments au sens où l'entendent Vidal-Gomel (2001, 2002a, 2002b), Zanarelli (2003) et Bourmaud (2006) :

- L'étape d'évaluation organise un ensemble d'instruments et de ressources parfois hétérogènes. Elle mobilise différents acteurs autour de différents types d'outils d'évaluation du risque de TMS et ses outils d'évaluation du risque de TMS nécessitent l'emploi complémentaire d'autres instruments (appareil photo, caméra, instruments de mesure etc...) pour réaliser les évaluations conformément aux buts poursuivis par les sujets.
- Elle est liée aux objectifs de l'action poursuivis par le sujet et doit permettre l'atteinte d'un meilleur équilibre entre les objectifs d'économie et d'efficacité. L'organisation de

l'étape d'évaluation du risque de TMS par l'ergonome interne répond à ce but. L'ergonome interne investit cette étape différemment de l'ergonome consultant qui doit réaliser les évaluations et construit un système d'instruments propre autour de l'outil d'évaluation du risque de TMS. Le cas de l'animateur *lean* nous montre que si le sujet n'arrive pas à lier l'emploi du système d'instruments à ces buts, cela le conduit à l'abandon progressif de cet emploi.

- Les outils d'évaluation présents dans l'étape d'évaluation du risque de TMS présentent des caractéristiques complémentaires et des redondances de fonction de l'évaluation. Ils permettent notamment un traitement de plus en plus fin du risque de TMS sur les situations de travail. Nous n'avons cependant pas observé une complémentarité du traitement du risque de TMS avec des outils principalement dédiés à la dimension psychosociale. Il peut être intéressant dans ce cas d'inclure des outils d'évaluation dédiés aux autres dimensions du risque de TMS comme par exemple les risques psychosociaux dans le système d'instruments.
- Le système d'instruments est différent d'un opérateur à l'autre au sein de l'entreprise. Il est structuré par rapport à la fonction que les opérateurs occupent vis-à-vis de ce système et de leur expérience.
- Enfin, un instrument particulier joue le rôle d'organisateur et de pivot pour les autres instruments. Il s'agit ici de l'outil MEC qui permet de définir le niveau d'analyse à déployer et les ressources à mobiliser pour l'évaluation et pour la prévention du risque de TMS.

8.3.3. Hypothèse 3 : l'étape d'évaluation du risque de TMS contribue dans l'organisation à la communication avec les autres systèmes d'instrument comme l'amélioration continue. Cela est une des conditions pour une prévention durable du risque de TMS.

Le système d'instruments de l'étape d'évaluation du risque de TMS est un système d'instruments alimentant la démarche de prévention des TMS en entreprise en permettant notamment le choix des situations où déployer une analyse ergonomique du travail. Les données recueillies chez Renault Trucks nous montrent comment les ergonomes ont instrumentalisé l'outil d'évaluation de premier niveau qu'est la fiche MEC pour qu'elle devienne un objet intermédiaire permettant de guider la construction d'action de transformation des situations de travail sur des situations à risque faible de TMS. Les situations à fort risque de TMS devant être traitées par l'analyse ergonomique du travail. Dans le schéma classique de la démarche de prévention, ces situations n'auraient pas fait l'objet d'analyse ergonomique ni de transformation. Néanmoins, l'exploitation de l'évaluation MEC et le traitement des items particuliers de cet outil d'évaluation permet aux utilisateurs d'établir des possibilités de transformation du poste de travail.

Dans le cadre de Renault Trucks, le chantier *Kaizen* se trouve un lieu approprié permettant la simulation de ces transformations. Le dispositif d'amélioration continue par

l'intermédiaire de ses outils de gestion prescrit permet de construire et d'intégrer des indicateurs à ses chantiers pour permettre d'en mesurer la performance. Grâce à l'exploitation de l'évaluation de premier niveau au-delà du score global à l'outil, l'étape d'évaluation du risque de TMS fournit un certain nombre de ces indicateurs et enrichit également la construction des actions de prévention du risque de TMS. Il faut rester vigilant néanmoins sur les difficultés, dans cette démarche, à dépasser l'outil pour la construction des actions de prévention. En effet, les limites de l'outil sont de ne prendre en compte que des éléments touchant la dimension physique du risque de TMS.

Chapitre 9 : Etude 4 : Les étapes d'évaluation du risque de TMS sur deux autres terrains industriels

Ce chapitre présente les résultats issus des entretiens menés auprès des ergonomes d'un groupe automobile et d'un équipementier automobile. L'objectif de cette étude est de vérifier la portée des données obtenues dans un premier temps chez Renault Trucks. Nous cherchons notamment à vérifier si la structuration de l'étape d'évaluation du risque de TMS en système d'instruments se retrouve dans les entreprises interrogées. Nous cherchons aussi à questionner les liens qui sont faits dans ces entreprises entre l'évaluation du risque de TMS et les autres systèmes d'instruments de ces organisations. Dans ce chapitre, nous présentons d'abord l'étape d'évaluation du risque de TMS chez un fabricant automobile. Nous présentons ensuite l'étape d'évaluation du risque de TMS chez un équipementier automobile. Enfin, nous tirons une conclusion de cette étude.

9.1. L'étape d'évaluation du risque de TMS chez un fabricant automobile

Les outils d'évaluation en place chez un fabricant automobile ne constituent pas un ensemble spécifiquement dédié au risque de TMS d'après les ergonomes interrogés. Une cotation est réalisée à l'aide de l'outil A mais l'outil donne surtout une évaluation de la dépense énergétique au poste et même s'il permet de donner un aperçu de la sollicitation biomécanique des membres supérieurs, il ne permet pas de « *piloter en tant que tel sur le risque de TMS* ». Les ergonomes [du groupe industriel] veulent agir sur les TMS en « *intégrant à la conception le maximum de facteurs ou de composantes positives pour ne pas provoquer de TMS* ». Cette action sur la conception est privilégiée, l'intervenant 1 donne ces indications :

« *On a tout un tas de préconisations en fait qu'on met en œuvre en projet véhicule, en projet quoi. Quand on crée des postes. Et qu'on met aussi en œuvre dans la vie courante de l'atelier mais là c'est plus « boutique » ? Parce qu'on a moins de marge de manœuvres évidemment. »*

« *L'application de préconisations qu'on donne sur tout un tas de choses type postures, efforts, type euh port de charge etc... nous affranchi et nous "protège" du risque de TMS, ce qui n'est pas le cas puisqu'on a quand même des éléments qui sont incompressibles du type*

eah... Le temps de passage de chaque véhicule, enfin la cadence hein clairement, on fait une voiture par minute aujourd'hui »

Il semble ainsi que les contraintes de la production et de la « vie série » de l'assemblage de véhicules sont difficilement contournables pour les ergonomes. Au vu du pouvoir d'agir réduit des ergonomes en « vie série », les leviers d'action les plus puissants pour agir sur le risque de TMS semblent être au niveau des projets, ce qui n'exclue pas les modifications en « vie série ». En complément de ces impressions des ergonomes de terrain, le responsable ergonomie du groupe en charge lors de nos entretiens nous indique :

« Il faut distinguer deux moments :

- Le projet où tout est en conception*
- La vie série où on est plutôt dans l'ordre de la correction, la seule conception que l'on pourrait avoir est une partie d'un poste de travail voire au maximum un poste de travail, on n'a pas accès (ou très peu) au process.*

En vie série, les marges de manœuvre sont réduites mais pour autant les ergonomes veillent à la prévention des TMS. En projet, les ergonomes ont plus de marges de manœuvre mais en même temps en projet on est dans du futur probable, en vie série on est dans le contextuel, malgré les faibles marges de manœuvre, on parvient à faire des modifications en vie série que l'on ne peut faire en projet comme par exemple agir sur l'équilibrage d'un poste (les opérations qui seront faites sur le poste, la présence/ leur absence évolue en permanence, ainsi des décisions prises en projets pourront ne plus être appliquées en vie série, d'où la nécessité de l'action des ergonomes vie série).

Nous avons identifié 7 facteurs principaux augmentant le risque de TMS que l'on a décrit dans la feuille de route du Système de management de la santé au travail (SMST). La feuille de route est ce qui guide l'amélioration continue des usines pour le SMST, l'objectif avec cette feuille de route est de traiter en prévention tous les facteurs possibles.

Pour les TMS, nous avons définis les 7 facteurs principaux suivants :

- Les sollicitations physiques que l'outil A sait évaluer (dépense énergétique et sollicitation biomécanique des membres supérieurs et du dos)*
- Les contraintes temporelles*
- L'existence ou non de marges de manœuvres*
- La charge cognitive (en plus du traitement d'information pris en charge par l'outil A)*
- La charge psychique*
- Les facteurs environnementaux.*

Pour chacun de ces facteurs nous avons établi des « seuils » au-delà et en deçà (pour la charge cognitive) desquels on ne devait pas se situer pour prévenir le risque de TMS.

Lorsqu'une transformation intervenait sur une usine ou un poste de travail, il y a une phase de négociation pour savoir quel(s) facteur(s) embarquer dans cette transformation pour améliorer les choses. Une victoire non négligeable est que pour les projets, on réussit à embarquer en plus des facteurs physiques un ou deux (selon le métier) facteurs non physiques. On a aussi un outil qui permet de réagir dès l'apparition des signaux faibles de risque de TMS. Ce sont les ALT pour Alertes Liées au Travail.

On retrouve le grand classique de l'ergo de conception / ergo de correction. Je pense que tu assimiles contraintes de la production avec vie série, ce n'est pas tout à fait exact : pour les projets, il y a aussi des contraintes de production. La différence est qu'en projet on a plus de latitude qu'en vie série, c'est la raison pour laquelle on agit en amont. Mais si en vie série on découvre via les ALT, un risque d'apparition de TMS ou d'autre difficulté, on agit sur le poste de travail par exemple ».

L'intervenant 2, ergonomiste de site industriel indique avoir un moyen de pilotage sur le risque de TMS à partir du dispositif des Alertes Liées au Travail (ALT), avec deux niveaux d'alertes :

- ALT 1 lorsqu'il s'agit d'alertes déclenchées au poste de travail
- ALT2, lorsqu'il s'agit d'alertes déclenchées à l'infirmerie (par des douleurs de l'opérateur par exemple).

Ce dispositif est un moyen d'alerte qui génère des demandes à l'ergonome qui pourra ainsi déployer des moyens d'investigation sur les postes émettant des ALT, notamment par le biais d'analyses ergonomiques du travail.

Sur les ALT, le responsable en ergonomie complète : *« lorsque le RU (hiérarchique de proximité) remplit une ALT et que celle-ci met en avant un risque TMS, il scanne l'ALT et l'envoie à l'équipe pluridisciplinaire qui traitera cette alerte. L'équipe pluridisciplinaire : le médecin du travail, la hiérarchie de proximité, les méthodes, la prévention, l'ergonomie.*

L'équipe pluridisciplinaire vient sur le poste pour constater le risque et définir l'action pour éviter, annihiler ce risque

- ALT1 : lorsque la plainte opérateur est exprimée sur le poste de travail, elle est recueillie par le Responsable d'Unité (encadrement de proximité)
- ALT2 : lorsque sur la base de douleurs ou autres symptômes l'équipe médicale (médecin ou infirmière) déclare l'alerte.

Pour la prévention des TMS, ce que l'ergonomie a réussi à faire sur la base de données épidémiologiques, c'est d'intégrer le repérage de signaux faibles dans le formulaire décrivant l'ALT (le même en Alt1 que ALT2, c'est le lieu qui qualifie en 1 ou 2), on améliorerait ainsi le dépistage du risque TMS en le repérant dès les premiers signaux (du type : « rien ne change au poste de travail mais je ne parviens pas à suivre la cadence » l'hypothèse dans ce cas est que c'est l'opérateur qui commence à présenter des défaillances physiques et donc un risque

de TMS si l'on agit pas immédiatement, d'où la mise en place d'une équipe pluridisciplinaire pour traiter ce type de ALT.».

Il semble donc que les ALT impliquent les acteurs de la situation de travail au-delà de l'ergonome seul et sont l'occasion de rassembler un groupe de travail sur le lieu d'une future analyse à mener. Ce dispositif apparaît comme très intéressant.

Dans ce cadre de l'action en conception, les ergonomes du groupe industriel indiquent utiliser deux outils spécifiques pour percevoir le risque de TMS : un outil ou une note d'Évaluation des Conditions de Montage (ECM), et un dispositif de REX. L'intervenant 1 indique toutefois avoir du mal à faire vivre les outils comme les ECM dans les conditions de projets :

« On est sur une période où il faut faire tout sur des délais qui ne sont pas tenables et ce genre de démarche, on va dire ça faisait partie du quotidien nominal avant. On faisait des ECM sur chaque pièce. Et aujourd'hui, le planning étant très tendu, ce sont des outils qu'on laisse un peu de côté et qui nous permettraient peut-être de découvrir des problèmes qu'on ne découvre que sur le tard ».

Les mêmes obstacles se dressent à l'utilisation de l'outil A sur les postes de travail. L'outil A est un outil déployé pour évaluer la dépense énergétique au poste de travail, il permet à travers différents volets d'avoir une évaluation des postures, efforts, mais aussi des informations complémentaires dans des volets dédiés à la charge mentale dont certains résultats étaient utilisés comme par exemple la signification des codes ou à l'organisation de manière très globale. L'outil A permet entre autres de donner un poids ergonomique du poste en fonction de la dépense énergétique, ce qui était employé pour déterminer le temps de récupération de l'opérateur au poste. Le responsable en ergonomie complète : *« ce facteur a été retenu parce qu'il est le fruit de la négociation avec les partenaires sociaux en 2001. A l'époque les postes étaient lourds en dépense énergétique, il y avait urgence à faire quelque chose sur le sujet ».*

Les objectifs de productivité de l'entreprise et de la démarche de *lean manufacturing* viennent de plus en plus remettre en cause cet état de fait en accroissant la charge de travail des opérateurs tout en réduisant le nombre des opérateurs dans l'équipe. Ici, le responsable en ergonomie complète : *« Oui c'est vrai mais ce n'est pas de la même charge de travail dont on parle, aujourd'hui ce n'est pas la dépense énergétique qui est problématique (même si tout n'est pas réglé), c'est en revanche la charge organisationnelle (contrainte temporelle, marge de manœuvre) ou encore cognitive qui ont augmenté et posent problème. La contrainte a évolué, la priorité des facteurs à traiter pas vraiment. Les ergonomes (je m'inclus là-dedans) n'ont pas su mettre suffisamment (CF les ALT) en avant le changement de priorité en même temps que les tenants de la production ne voulaient pas entendre. »*

Cette réalité touche cependant différemment les postes, par exemple, la recherche de productivité touche essentiellement les usines de montage, quand les unités de peintures sont relativement préservées de ces démarches. Le responsable en ergonomie complète : *« C'est vrai mais les opérations ne sont pas les mêmes : la peinture a été énormément automatisée. Ce qu'il reste, relève de la retouche et de la finition, les contraintes temporelles ne sont pas aussi fortes qu'au montage ou encore il faut quelques marges de manœuvre pour retoucher. Dernière chose au Montage on rééquilibre les postes (ils sont en permanence modifiés) l'opérateur n'a pas le temps de maîtriser les modes opératoires au poste que ces derniers changent. Il est quasiment toujours en « apprentissage » de parties de son mode opératoire. »*

L'outil A est un outil qui demande une évaluation que nous comprenons d'abord comme étant réalisée tâche par tâche au sens de l'ergonomie et de la tâche prescrite, une tâche par tâche du mode opératoire. Ici, le responsable ergonomie nous apporte des précisions : *« Non phase par phase, phase au sens MTM du terme c'est-à-dire le temps donner pour effectuer un mouvement de base, se pencher au-delà de 30°, faire un pas, ... Ce ne sont pas des tâches, c'est la raison pour laquelle on parle de phase, c'est plutôt un mouvement de base. Par exemple, c'est pousser ou encore tirer, lever etc... ».*

L'outil A est censé être utilisé par des personnels non ergonomes, appartenant aux méthodes. Le remplissage à la main et sur le terrain de A est jugé comme étant long et complexe. Les ergonomes eux-mêmes ne s'y adonnent que rarement, soit pour avoir une évaluation précise du gain d'une transformation, soit pour dépanner en l'absence de personnel dédié dans l'usine. Le responsable en ergonomie complète : *« dès le début cet outil est destiné aux techniciens qui participent à la conception du poste de travail pour qu'ils tiennent compte de la contrainte énergétique puis biomécanique dès la conception. Les ergonomes ont toujours su convaincre PSA de ce que pour évaluer un poste de travail avec cet outil, un ergonome était surdimensionné et que le nombre d'ergonomes était insuffisant en regard du nombre de postes à évaluer. Si les ergonomes avaient la charge des évaluations, alors leur activité se serait cantonnée à la cotation des postes de travail, ce que nous ne voulions pas. »* En effet, les ergonomes interviewés nous indiquent que la réalisation d'évaluation à l'aide de l'outil A est une activité marginale pour eux.

Les intervenants remontent aussi une perte de compétences liées au manque de personnels formés à la réalisation d'évaluation A. Il semble que ce soit à l'ergonome de l'usine de faire la formation ou de la demander au service central. L'impression que nous donne les entretiens est celle d'une réduction de pouvoir d'agir des ergonomes dans ce cas, et qui est peut-être le reflet d'une évolution ou d'une mutation de la politique de l'entreprise dans l'utilisation de cet outil. Dans ces conditions, il est difficile pour l'usine de tenir une cartographie A réalisée sur les postes de travail à jour en permanence, soit qu'elle n'en ait pas les moyens, soit qu'elle n'en ait pas la volonté.

Dans ce cadre, l'organisation a développé d'autres outils pour continuer à avoir des évaluations de l'outil A. Notamment les services méthodes qui ont développé un outil informatique intégrant directement les critères de l'évaluation de l'outil A et des indicateurs charges de travail :

« Sinon, au centre de montage, on a un logiciel d'équilibrage qui intègre directement la notion. Il est aussi géré par les gens des méthodes : les TEP (techniciens d'engagement de poste). Dans leur outil d'équilibrage est intégré la notion de posture efforts et durée, qui permet de faire une [évaluation à l'aide de l'outil A] sans le remplissage à la main. ». La Figure 36 donne un aperçu de ce logiciel et de la façon dont sont intégrés les différents éléments. On arrive donc par ce système à une évaluation du risque de TMS dans le travail prescrit à l'opérateur.

Sur cet outil informatisé, le responsable en ergonomie complète : *« cet outil est arrivé très vite au montage parce que dans ce métier les choses bougent en permanence. Il n'était pas envisageable de refaire des cotations à chaque fois. L'intérêt de cet outil est de coter « automatiquement » les gammes (équivalent d'opération) et à partir de celles qui seront exécutées au poste de travail de coter ce dernier. Ainsi alors que le technicien conçoit le mode opératoire du poste, l'évaluation s'effectue et ainsi il n'est pas utile de faire une évaluation après la conception. Cependant, à la fin de la conception d'un poste de travail (en projet comme en vie série), l'ergonome va valider la valeur de dépense énergétique nécessaire pour tenir le poste de la même manière que dans les autres métiers, c'est l'ergonome qui valide l'évaluation avec l'outil A. L'autre avantage est que la boucle de feed-back entre conception d'une gamme et son effet en charge physique est beaucoup plus courte, le concepteur pouvant modifier ses choix en fonction du niveau de charge obtenu ».*



Figure 36 Capture d'écran du logiciel d'équilibrage incluant la note de l'outil A

Enfin, le dernier point investigué lors de ces entretiens est le lien entre l'étape d'évaluation du risque de TMS et le système d'amélioration continue. Les entretiens nous ont révélé l'impact de la démarche de recherche de productivité sur l'étape d'évaluation, notamment en diminuant les ressources des acteurs qui font l'évaluation. Cependant l'étape d'évaluation et le système d'amélioration continue se retrouvent notamment lors de la tenue des chantiers de type Kaizen, appelés chantiers *Standardised Work Kaizen* (SWK). L'intervenant 1 rapporte :

Doctorant (D) : « Est-ce que la passation de [l'outil A] peut engager des transformations ou un chantier sur le poste pour des transformations locales ?

I1 : « Oui, ça arrive régulièrement. La dernière fois, je vous avais parlé du chantier SWK qui est un chantier d'amélioration continue mené par les fabricants. Les fabricants ont une espèce de, dans leurs rituels quotidiens, ils ont des postes qu'ils peuvent pointer du doigt d'un point de vue qualité, sécurité, ergo, euh, c'est un poste sur lequel on n'arrive pas à former les gens etc... Ils doivent sur des postes problématiques comme ça, ils peuvent utiliser [l'outil A] pour décortiquer le poste en groupe de travail on va dire. Et l'origine de ce chantier-là peut être j'ai un poste lourd et je souhaite l'améliorer et donc je vais faire un chantier sur ce poste, avec toute l'équipe, avec une fiche qui nous fait une grille de lecture d'un point de vue ergo du poste. La cotation [de l'outil A] peut être une donnée d'entrée pour améliorer un poste, oui, ça existe encore. »

D : « Mais l'amélioration se fait sous forme de chantier par l'intermédiaire d'un autre outil »

I1 : « Oui c'est ça, [le résultat de l'outil A] sera une résultante. Après, on peut regarder le détail de [l'outil A] sur les opérations qui ressortent comme pénalisantes, mais on les connaît déjà. Enfin, le temps de cycle est tellement court qu'on sait quelle opération est pénalisante. C'est vraiment une résultante pour moi, la cotation [de l'outil A]. »

Ici, le responsable ergonomie apporte une précision : « Dans le cadre du chantier SWK, il n'est pas possible de revoir l'ensemble du poste de travail ou toutes les situations de travail sur ce poste. Dans le chantier SWK on ne traite que la cause qui a conduit à la mise en place du chantier. On ne fait pas un chantier pour l'ensemble du poste ni pour une cause diffuse pas précise. »

D : « La place de l'ergonome dans le chantier, il se situe où, est-ce que l'ergonome donne l'outil, accompagne le chantier, assiste au chantier ? »

I1 : « Bien souvent, il y assiste au maximum. Il introduit aussi le chantier parce qu'on a eu plusieurs phases dans ses chantiers, [...]. On a un service [dans le groupe industriel] qui s'appelle le PES. Le chantier SWK a été conçu par [le groupe industriel] pour faire de l'amélioration continue. Aujourd'hui les fabricants sont autonomes, normalement les fabricants sont autonomes sur la question y compris sur l'évaluation et le passage de la fiche ergo. Les ergonomes en général essaient d'assister aux chantiers SWK, parce qu'il y a beaucoup de sujets que l'ergonomie peut tirer [dans ces chantiers]. C'est à dire la qualité, le fait de ne pas arrêter la ligne etc... »

L'outil A restant présent sur le chantier pour donner une image avant/après du poste de travail, l'outil « ergo » ou grille d'analyse ergonomique des postes (Figure 37) est utilisé pour guider les transformations dans les différents scénarios prévus par le chantier.

Ces entretiens nous ont permis d'avoir un aperçu de l'évolution des outils d'évaluation du risque de TMS dans un contexte industriel marqué par la recherche de productivité et par la réduction des effectifs des fonctions support menant ces évaluations. Dans un premier temps, le support informatique via le logiciel d'équilibrage et la compréhension de l'outil comme séquençant l'activité phase par phase (on se situe au niveau du mouvement élémentaire impliqués dans une tâche par exemple tirer, pousser, lever), couplée au manque d'utilisateurs de l'outil A nous a fait penser à un glissement de l'évaluation du risque de TMS depuis l'évaluation du travail réel, vers l'évaluation du travail prescrit. Les utilisateurs n'ayant plus le temps ou les compétences pour aller sur le terrain s'en tiendraient à une évaluation sur la base des données recueillies sur le logiciel d'équilibrage. Il existe cependant un système de validation par l'ergonome sur le terrain de la note obtenue avec l'outil informatique, ce qui permet d'introduire un regard sur l'activité réelle. Le second outil ou grille d'analyse ergonomique des postes nous apparaissait comme une tentative de la part des ergonomes à la fois de s'introduire dans les démarches *lean*, mais aussi de leur permettre de repérer très rapidement les problèmes ergonomiques. Cet outil va plus loin que la seule sollicitation de la charge physique. Lors de la relecture de ses résultats par le responsable ergonomie, il module notre point de vue en apportant les éléments suivants :

« Les ergonomes référents viennent sur le terrain, ils sont en relation avec les ergonomes vie série ou projet. Je ne vois pas en quoi ils n'ont pas de perception de l'activité réelle qui est sensée leur être donnée par les ergonomes vie série ou projet.

Par ailleurs l'outil A n'a pas été conçu pour réduire les TMS (il y en avait très peu au moment où l'outil est conçu) mais pour réduire la dépense énergétique en agissant sur les efforts et les postures. Dans l'outil A il y a l'évaluation de la dépense bioénergétique, mais aussi la sollicitation biomécanique (postures et sollicitation des membres supérieurs (en termes d'angulation)) ainsi que la charge cognitive (au travers de l'évaluation du traitement des informations).

Dans l'évaluation initiale des postes de travail, la focale a été mise sur la dépense énergétique car c'est celle qui au départ a été négociée avec les partenaires sociaux. Avec l'évolution des TMS, on s'est intéressé aux autres sollicitations (d'abord biomécanique, puis on a ajouté le traitement de l'information) mesurables par l'outil A mais en plus on a regardé ce qui n'est pas dans l'outil à savoir les Marges de manœuvre, les contraintes temporelles...

Donc l'outil n'est pas focalisé sur la seule dépense énergétique, c'est l'utilisation initiale de cet outil qui probablement était trop prégnant par rapport aux autres aspects de charge.

[En réaction à l'évocation du glissement vers une évaluation du travail prescrit]

Pas d'accord avec toi car dans les projets, en vie série ou encore dans les chantiers SWK c'est bien de la charge réelle dont parlent les ergonomes. Il y a quelque chose qui m'a échappé dans ton raisonnement. »

Les commentaires apportés par le responsable en ergonomie sont éclairants à plusieurs titres. Par certains points :

- L'évaluation du risque de TMS à l'aide de l'outil A est une instrumentalisation d'un outil conçu à la base pour la dépense énergétique. Les TMS et la dépense énergétique ayant des composantes biomécaniques communes, c'est une mesure d'économie qui pouvait sembler intéressante que d'utiliser un système en place pour évaluer une autre dimension.
- Les marges de manœuvres plus réduites en vie série, et les capacités limitées d'évaluation de l'outil A sur les volets des contraintes cognitives et organisationnelles, ont pu poser problème au moment où le *lean* a fait évoluer les pratiques organisationnelles. Les ergonomes n'ont pas pu faire évoluer leur outil assez vite pour s'adapter. Les facteurs biomécaniques étant aussi fortement ancrés dans la représentation du risque de TMS, cet ancrage a pu freiner la prise en compte d'autres facteurs de risques ou leur opérationnalisation au niveau des fabricants.
- L'évaluation du risque de TMS impliquant l'évaluation d'autres dimensions que la dimension physique, d'autres outils ou moyens d'évaluation se développent pour cette évaluation. Ces outils vont constituer un système d'instruments où l'évaluation des autres dimensions du risque de TMS repose sur d'autres outils et d'autres travaux de recherche

9.2. L'étape d'évaluation du risque de TMS chez un équipementier automobile

Les données recueillies chez un équipementier automobile lors de l'entretien d'allo-confrontation sont présentées dans cette partie. Ces résultats sont valables pour la situation de l'évaluation du risque de TMS sur les sites français de ce fabricant qui a une envergure mondiale et des sites dans plusieurs pays, relevant de plusieurs réglementations différentes sur le risque de TMS. Les ergonomes du groupe industriel interrogés sur l'organisation de leur étape d'évaluation du risque de TMS nous ont présenté la démarche B. Selon leurs eux, ce n'est pas un outil d'évaluation spécifiquement dédié au risque de TMS. Néanmoins, la démarche B comprend un volet d'évaluation physique de la charge de travail qui est le moteur des actions de transformations du poste de travail. La pondération des critères de l'évaluation à l'aide de l'outil B en faveur du facteur physique fait qu'une note importante dans ce facteur (G10) implique presque systématiquement des actions de prévention menées sur le poste.

L'évaluation B se déroule sur la base d'une évaluation par un collectif composé :

- Du management direct
- D'un opérateur du poste
- D'un formateur
- D'un moniteur du poste
- D'un représentant du service de médecine du travail
- D'une personne du service environnement prévention (sécurité et prévention)
- D'un organisateur industriel
- De l'ergonome du site (animation et analyse de l'activité)
- D'un ergonome coordinateur de la ligne métier (homogénéité des évaluations)

Le dispositif d'évaluation est important, aussi, la périodicité des évaluations est élevée. Il est prévu une évaluation complète par le collectif tous les cinq ans. Le collectif procède en salle de réunion, après visite de terrain, à l'évaluation de tous les postes de l'usine à raison de 20 à 30 minutes d'évaluation par poste. Cette évaluation est revue lors de la 3^{ème} année par l'ergonome et le coordinateur du site sur la seule base du critère physique. Enfin, l'outil B est mis à jour trimestriellement par l'ergonome du site, en fonction de l'avancée des projets modifiant les postes de travail. L'évaluation B est faite en lien avec une visite des postes de travail qui se révèle « *parfois difficile à faire* » par la densité de la période d'évaluation. Aussi, les ergonomes évoquent un intérêt pour la portabilité du support d'évaluation (un tableur Excel), qui permettrait d'aller réaliser l'évaluation par le collectif sur le poste de travail.

Au-delà de l'outil B que les ergonomes qualifient d'outil d'évaluation de 1^{er} niveau permettant la priorisation des postes ainsi que la négociation des moyens affectés à la transformation des postes de travail, les ergonomes du groupe industriel nous présentent

leurs outils d'évaluation dédiés au risque de TMS. Deux outils sont évoqués par les ergonomes :

- L'outil GEP qui est un outil d'évaluation du risque de TMS permettant de réaliser une évaluation tâche par tâche. Cet outil peut servir de support à l'ergonome pour le traitement de la partie biomécanique de l'activité lors d'analyse ergonomique du travail et il s'agit d'un outil qui leur est réservé. Néanmoins, l'ergonome site indique ne pas utiliser souvent de tels outils, parce que de manière générale, un outil d'évaluation ne fait « *pas de liens avec l'activité réelle et le contexte* » qui sont de son point de vue les éléments importants qu'apporte l'analyse de l'activité pour la transformation des postes de travail.
- L'outil C qui est un outil d'évaluation du risque de TMS destiné à être utilisé par les organisateurs industriels (personnels Méthode) pour permettre une évaluation du risque de TMS dans la construction des gammes opératoires au poste de travail. Cet outil se rapproche de l'évaluation tâche par tâche, et semble permettre de donner une évaluation du risque de TMS dans la tâche prescrite, en préparation d'un poste. Du point de vue des ergonomes interrogés, l'outil C semble peu utilisé au sein de l'entreprise, pour deux raisons :
 - o L'outil demande du temps pour son utilisation, ce qui décourage les utilisateurs ayant à réaliser une activité complète qui ne tourne pas uniquement autour de cet outil.
 - o L'outil demande des compétences spécifiques et une formation, et les personnes formées à cet outil sont rares, puisqu'elles ont en partie quitté leurs postes sans être remplacées.

Les ergonomes du groupe industriel nous présentent une articulation des trois outils en une étape d'évaluation théorique rarement suivie dans son ensemble. L'analyse de premier niveau se fait à l'aide de l'outil B par le collectif d'évaluation. L'outil C constitue le deuxième niveau d'évaluation avec son utilisation par l'organisateur industriel, mais ce niveau est rare dans son utilisation du fait de la complexité de l'outil C et de la rareté des personnes capables de l'utiliser. Enfin, le troisième niveau d'évaluation est assuré par l'analyse ergonomique du travail réalisée par l'ergonome, appuyée par l'outil GEP s'il le juge nécessaire. La Figure 38 nous donne une présentation graphique de l'organisation de la l'étape d'évaluation du risque de TMS dans l'entreprise.

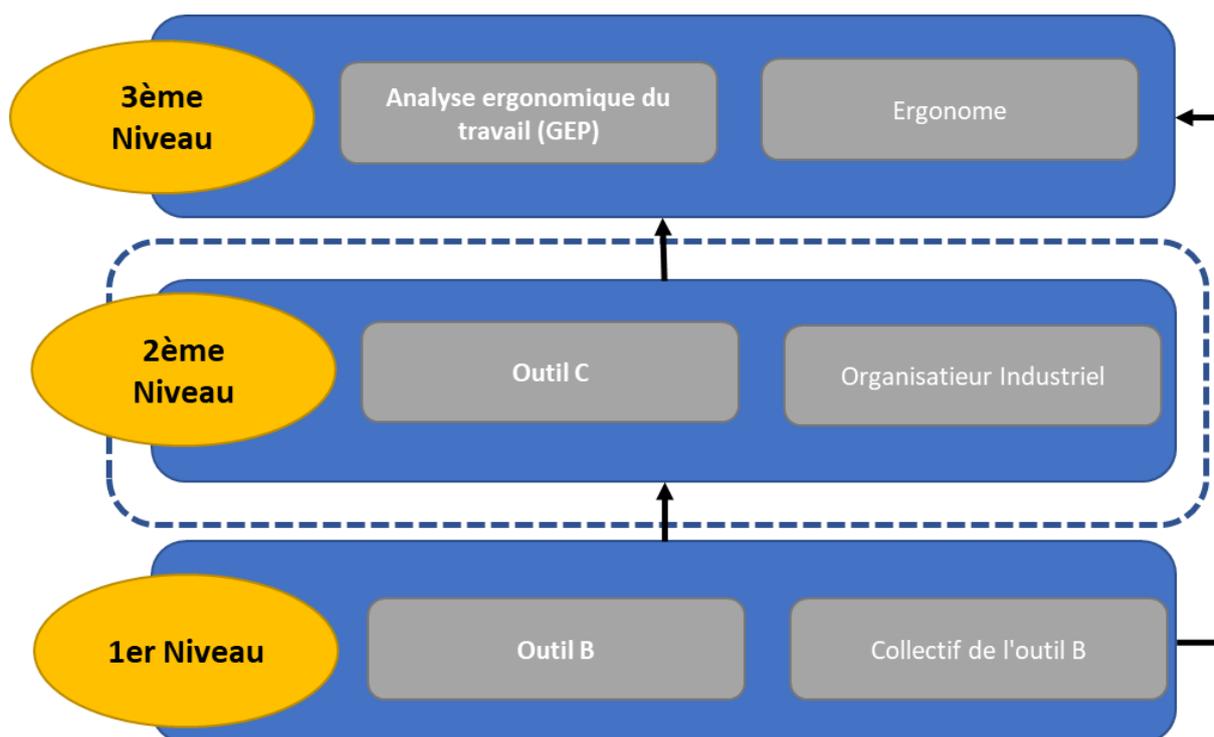


Figure 38 Articulation des outils d'évaluation du risque de TMS chez l'équipementier automobile

Dans une telle étape d'évaluation, les ergonomes assurent le rôle de validation des décisions de chaque niveau d'évaluation, même pour les évaluations à l'aide de l'outil C. Nos interlocuteurs ergonomes coordinateurs métiers estiment que : « *les outils d'évaluation sont intéressants dans la construction de la solution technique et organisationnelle* », comme éléments permettant d'appuyer les demandes de transformations sur des critères déjà négociés et ne pas avoir à recommencer sans cesse les négociations. Le collectif d'ergonomes du groupe industriel est vaste et organisé sur une hiérarchie à quatre niveaux avec des responsabilités différentes :

- Les ergonomes sites gèrent le quotidien dans les usines,
- Les ergonomes coordinateurs métier s'occupent spécifiquement des activités liées à un métier identifié par le groupe,
- Les ergonomes coordinateurs nationaux
- Un ergonome coordinateur groupe.

Les ergonomes de cette entreprise sont en charge de la démarche de l'outil B et sont assez peu impliqués dans le système de *lean manufacturing*.

9.3. Conclusion

Notre étude 4 nous a permis d'approcher et d'étudier les étapes d'évaluation du risque de TMS de trois groupes industriels. Nous donnons dans le Tableau 26 des éléments de

comparaisons des données recueillies. Nous notons au titre des similitudes entre l'organisation de ses étapes le fait qu'elles constituent des organisations de l'usage d'outil d'évaluation du risque de TMS différents, jusqu'à l'analyse ergonomique du travail. De même, est retrouvée dans tous les cas, une proposition d'outil d'évaluation du risque de TMS proposant une évaluation du risque de TMS phase par phase :

- 2EAT (Renault Trucks)
- Outil A (fabricant automobile)
- Outil C (équipementier automobile)

Ces outils se révèlent trop complexes et trop longs dans leur mise en œuvre, ce qui conduit progressivement à moins les utiliser, voire les abandonner : Soit leur utilisation dévie vers l'évaluation du travail prescrit avec validation du réel par les ergonomes internes, soit les utilisateurs n'ont pas le temps de les mettre en œuvre (Renault Trucks) ou pas les compétences (manque de formation, non renouvellement des effectifs). Ces outils se trouvent finalement placés dans une espèce d'échelon intermédiaire de l'étape, n'étant plus vraiment utilisés, mais étant conservés pour l'évaluation de postes de travail spécifiques, notamment dans le but de transformation ou de quantification d'un gain dans les transformations envisagées.

	Renault Trucks	Fabricant automobile	Fabricant pneumatique
Outil d'évaluation	MEC/VEC/LEC Outil d'évaluation des conditions de travail (tâche par tâche) Analyse ergonomique du travail	Outil A ECM Grille d'analyse ergonomique des postes Analyse ergonomique du travail	Outil B GEP (tâche par tâche) Outil C Analyse ergonomique du travail
Utilisateurs	Ergonomes missionné ergonomie (dans le futur) Collectif chantier <u>Kaizen</u>	Ergonomes Techniciens méthodes Equipe chantier <u>lean</u>	Ergonomes Organisateur industriel Collectif d'évaluation de l'outil B
Mode de remplissage	Remplissage par utilisateur dédié Remplissage sur le terrain	Remplissage par utilisateur dédié Remplissage automatique	Remplissage par utilisateur dédié Remplissage collectif hors du terrain
Remarques	Etape d'évaluation correction-conception, Difficultés à dépasser l'évaluation par les ergonomes	Difficultés de mise en œuvre, la démarche glisse vers l'abandon, travaille essentiellement en conception	Etape d'évaluation correction-conception, Ergonomes au centre de l'étape d'évaluation

Tableau 26 Comparaison des étapes d'évaluation des groupes industriels approchés lors de la recherche

Le développement du premier niveau d'évaluation répond aux nécessités de cartographie du risque et de priorisation des actions chez Renault Trucks et l'équipementier automobile. L'outil simple de premier niveau chez le fabricant automobile répond à une volonté de communication avec le système d'amélioration continue et de le guider dans la transformation des situations de travail. L'outil Renault Trucks reprend aussi en partie ce rôle, bien qu'il ne soit pas initialement développé pour cela. Nous pouvons y voir une différence de secteurs industriel où l'industrie du montage de véhicules, travaillant sur chaînes de

montages, est peut-être plus impactée par le *lean manufacturing* qu'une industrie travaillant dans un système de production de produits par lots. Notons que même si cet outil a vocation à être utilisé par des non ergonomes chez le fabricant automobile et Renault Trucks, l'ergonome ne peut pas s'extraire de sa mise en œuvre. Il a été essayé de confier l'évaluation MEC à des personnes non ergonomes chez Renault Trucks, sans résultats satisfaisants pour l'instant. Chez le fabricant automobile, les ergonomes essaient de participer et d'encadrer au maximum le chantier où est utilisé la grille d'évaluation ergonomique des postes. Chez l'équipementier, l'outil B est conçu par le collectif d'ergonome et l'ergonome est au centre de l'animation et de la validation des résultats de l'évaluation. Il faut aussi noter que le collectif d'ergonomes chez l'équipementier nous semble plus important et plus structuré que chez Renault Trucks et chez le fabricant automobile, ce qui donne des ressources et des marges de manœuvre importantes aux ergonomes. L'outil de premier niveau constitue le pivot de l'étape d'évaluation du risque de TMS chez Renault Trucks et l'équipementier, où il permet de mobiliser les ressources pour les évaluations de niveaux supérieurs. Chez le fabricant automobile, le pivot reste l'outil B, même si le glissement vers une évaluation du travail prescrit et la pression des contraintes de productivité remettent en cause son statut.

Ces résultats nous permettent d'envisager comment le système d'instruments de l'évaluation du risque de TMS est structuré.

Chapitre 10 : Repères de conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS

Nous présentons dans ce chapitre les repères de conception d'un futur outil numérique d'évaluation du risque de TMS. Ces repères servent à établir le cahier des charges fonctionnel d'un futur outil d'évaluation du risque de TMS, ce qui constitue la demande de l'entreprise accueillant en CIFRE nos travaux. Nous présentons dans un premier temps les repères de conception pour de nouveaux outils d'évaluation du risque de TMS. Puis dans un second temps, nous formulons des propositions pour l'organisation d'une future démarche d'évaluation du risque de TMS autour d'un support informatique à la démarche.

10.1. Repères de conception pour de nouveaux outils d'évaluation du risque de TMS

L'évaluation du risque de TMS est l'identification des facteurs de risques auxquels sont soumis les salariés dans leur activité en vue d'établir une cartographie du risque, de construire, d'alimenter ou de mettre en place un plan d'actions de prévention, organisant la réalisation d'analyses ergonomiques du travail. Les actions de prévention sont les transformations de la situation de travail mises en place pour soustraire les salariés à l'exposition aux facteurs de risques ou pour les maîtriser. L'évaluation des risques constitue une étape cruciale de la démarche de prévention, comme schématisé dans la Figure 39. La situation de travail fournit les données rassemblées par l'étape d'évaluation du risque de TMS de l'exposition au risque de TMS. En fonction de la complexité de cette exposition, l'étape d'évaluation du risque de TMS implique différents acteurs, et fournit les données qui permettront aux acteurs de construire les actions de prévention. L'étape d'évaluation du risque de TMS est donc indissociable de la démarche de prévention du risque de TMS dans laquelle elle s'inscrit.

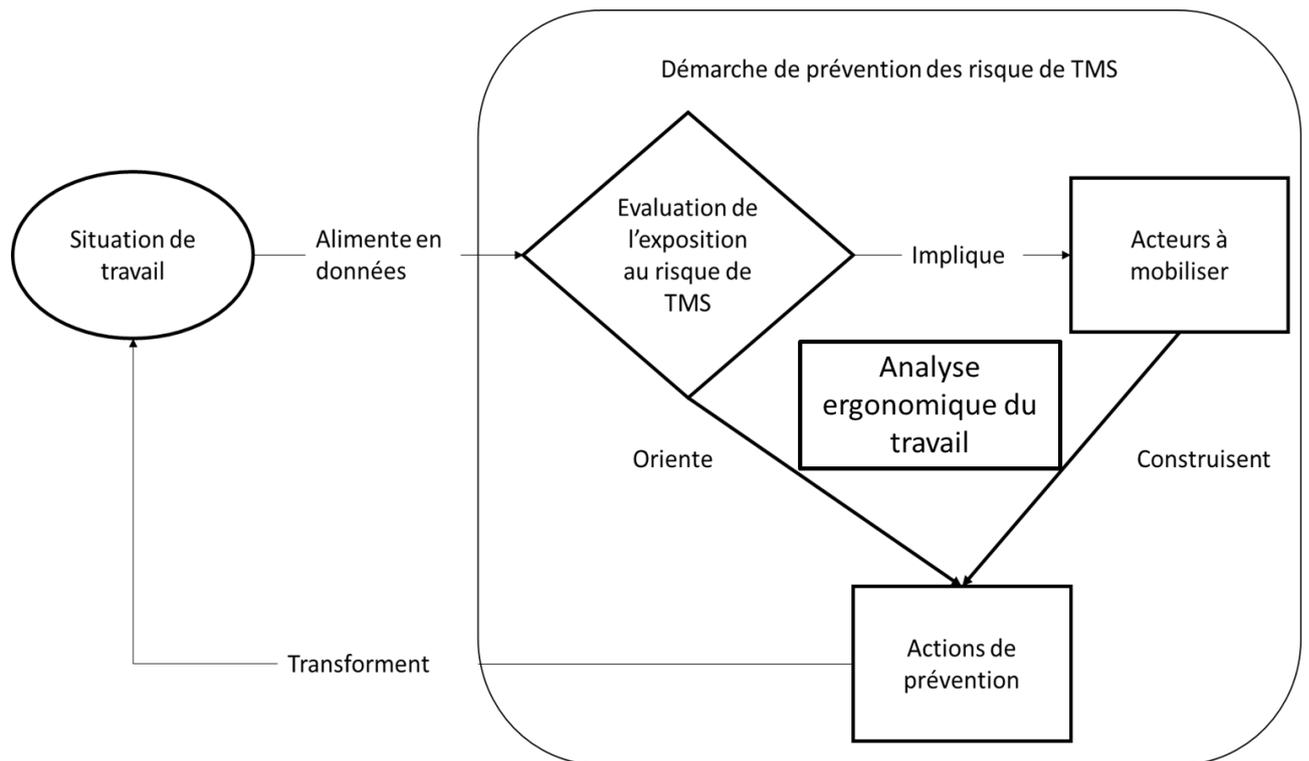


Figure 39 Lien démarche de prévention et étape d'évaluation du risque de TMS

Les données recueillies lors des phases de terrain d'analyse de l'usage des outils d'évaluation permettent d'établir le diagnostic suivant (Tableau 27). Nous posons ici les avantages et les inconvénients relevés pour établir nos propositions dans la deuxième partie de ce chapitre.

Diagnostic	Avantages	Difficultés
<ul style="list-style-type: none"> - L'évaluation du risque de TMS se limite rarement à un seul outil d'évaluation du risque de TMS dans une entreprise, aussi performant soit-il. Elle inclue divers outils ou méthodes, jusqu'à l'analyse ergonomique du travail, qui peut être appuyée par des outils propres d'évaluation du risque de TMS ou non. - Ces outils sont rassemblés au sein de l'étape d'évaluation du risque de TMS. L'étape d'évaluation du risque de TMS n'est bien qu'une partie de la démarche de prévention du risque de TMS qui nécessite d'autres aspects : mobilisation des acteurs, transformation de la situation de travail etc... 	<ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation de plusieurs outils au sein d'une étape d'évaluation du risque de TMS permet une couverture plus large du risque qu'avec un seul outil. - Les outils permettent des niveaux de précisions différents dans les données apportées pour la construction des actions de prévention (du local et physique au global et organisationnel) 	<ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation de plusieurs outils d'évaluation nécessite de coordonner le travail de différents intervenants chargés de réaliser ces évaluations. - L'articulation entre les outils doit être pensée et connue des acteurs afin d'identifier les situations nécessitant une évaluation de niveau supérieur. - L'obtention de plus de précision dans les évaluations, ou le déploiement de méthodes d'évaluation poussées (analyse ergonomique) demande du temps et des compétences spécifiques.
<p>Les entreprises mettent en place des politiques de lean management qui se traduisent par des réductions d'effectifs dans les fonctions supports et impactent le nombre et les compétences des utilisateurs des outils d'évaluation du risque de TMS</p>	<p>La rareté des compétences nécessite l'implication (et donc la montée en compétences) de personnes issues des services de production.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La montée en compétences des personnels peut être longue. - Les éventuelles erreurs des évaluateurs lors de la montée en compétences peuvent être préjudiciables à la diffusion de l'étape d'évaluation.
<p>Les entreprises mettent en place des politiques de <i>lean manufacturing</i> auxquelles doivent participer les données d'évaluation du risque de TMS sous peine d'impacter la santé des opérateurs concernés.</p>	<p>Les dispositifs du <i>lean manufacturing</i> (chantiers <i>Kaizen</i>, 3M), sont l'occasion d'insérer des éléments relatifs à la santé dans une démarche de recherche de performance.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Suivant la politique de l'entreprise, une performance ne tenant pas compte de la santé peut rester privilégiée, malgré l'apport des données de l'évaluation du risque de TMS - Le rythme des chantiers est souvent trop élevé pour qu'un ergonomiste interne soit présent pour tous.

Diagnostic	Avantages	Difficultés
La réalisation d'une évaluation du risque de TMS nécessite une information et une mobilisation des personnes à évaluer.	<ul style="list-style-type: none"> - Permet de saisir les macro-éléments de l'unité de travail à évaluer (organisation, effectifs, cadence, variantes du produits etc...) - Permet de préparer les opérateurs à l'évaluation 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite du temps, et un interlocuteur disponible. - L'information et les interactions avec les opérateurs nécessitent de les distraire de la production.
Le recueil des données lors des évaluations du risque de TMS se fait rarement sur support numérique (tablette, smartphone), et nécessite un post traitement.	Le mode Papier-Crayon reste indépendant d'un approvisionnement en énergie du support. Il est aussi plus varié dans ses possibilités de prise de note et commentaires, et généralement plus rapide que la frappe au clavier.	Le recueil non numérisé des données impose de consacrer un temps au post traitement des données dans leur report sur un document informatisé.
Un certain nombre d'outils d'évaluation sont numérisables (exemple METEO, ou RULA)	La numérisation des outils permet d'être plus précis, notamment si elle repose sur des capteurs de mesure. L'évaluation est rendue plus rapide par la numérisation.	En l'absence de capteurs, la numérisation peut tendre à une évaluation du travail prescrit en travaillant uniquement sur les modes opératoires.
Des capteurs ou dispositifs de mesures peuvent être utilisés pour réaliser une partie de l'évaluation du risque de TMS.	Les capteurs ou dispositifs de mesure peuvent venir alimenter la version numérisée d'un outil d'évaluation du risque de TMS. Les capteurs permettent un gain de précision dans l'évaluation (mesure et pas estimation)	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place des capteurs sur les lieux de travail (notamment, masques pour les caméras) - Acceptation des capteurs par l'opérateur (gène à l'activité, hygiène) - Difficulté du traitement de l'information dans les dispositifs de mesure sans capteurs de type Kinect ou traitement de l'image qui nécessitent des algorithmes spécifiques pour être opérationnels. - Temps de mise en place

Diagnostic	Avantages	Difficultés
<p>L'utilisateur de l'outil a besoin d'un certain nombre d'outils complémentaires (appareil photo, chronomètre, calculatrice), à la fois pour réaliser l'évaluation, mais aussi pour amener des illustrations à partager avec d'autres acteurs de la démarche de prévention (groupe de travail etc...)</p>	<p>Les informations complémentaires de type photos permettent une illustration efficace de l'exposition aux facteurs de risques auprès des participants aux travaux de prévention.</p> <p>L'utilisation des outils permet un éventuel post traitement des données en cas de difficultés de saisie sur le poste de travail.</p> <p>Les outils permettent de préciser l'exposition au risque de TMS en la pondérant notamment</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Difficultés de mise en œuvre d'artefacts différents. L'utilisateur doit même parfois utiliser deux outils simultanément, en plus de la tenue du bloc note avec la fiche de l'outil d'évaluation du risque de TMS. - Les outils ne sont pas toujours rapides d'accès (rangés dans des poches), et pas toujours disponibles pour saisir un moment bref mais intéressant du point de vue de l'évaluation du risque de TMS, ce qui peut allonger l'évaluation, ou la rendre moins précise.
<p>L'évaluation du risque de TMS doit aussi être réalisée dans la situation de travail transformée ou en cours de transformation.</p>	<p>Permet de guider les transformations vers le meilleur compromis santé/Performance industrielle.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - L'évaluation se fait sur des situations de travail non maîtrisés, prototypiques et hors de situation de production, elles sont donc partielles. - Il est difficile de se déterminer sur des résultats d'évaluation immédiats, et souvent lacunaires. - L'évaluateur doit connaître le processus de transformation auquel il participe afin d'y apporter les données pertinentes.

Diagnostic	Avantages	Difficultés
Les outils d'évaluation du risque de TMS sont instrumentalisés par les personnes qui en font usage en fonction de leurs buts et de leur métier initial.	Les outils d'évaluation du risque de TMS sont enrichis par leurs utilisateurs en fonction de leurs besoins. Les enrichissements peuvent faire naître de nouvelles fonctions, ou renforcer l'intégration de l'évaluation et de la prévention dans les entreprises	L'instrumentalisation peut avoir des effets non désirés ou trop précoces par rapport à la position de l'entreprise par rapport à l'évaluation du risque de TMS, et à la politique de prévention.

Tableau 27 Diagnostic de l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS

Les résultats de l'analyse de terrain nous ont permis d'identifier quatre familles d'activités centrales dans l'évaluation du risque de TMS :

- La réalisation de l'évaluation du risque de TMS (FP1)
- La synthèse de l'évaluation du risque de TMS et la présentation des résultats (FP2)
- Le suivi des transformations réalisées (FP3)
- La Gestion de l'étape d'évaluation du risque de TMS (FP4)

Ces familles d'activités constituent les fonctions principales de l'étape d'évaluation du risque de TMS (Figure 40).

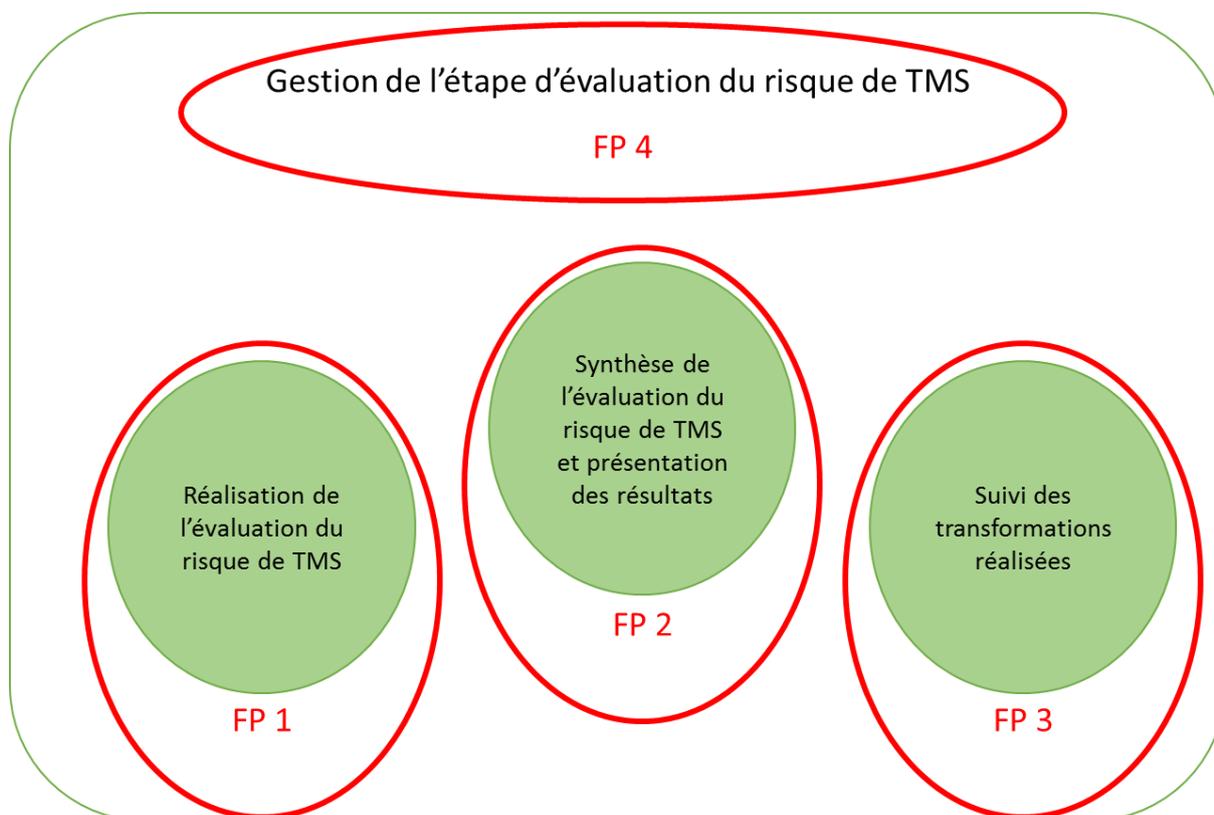


Figure 40 Fonctions principales et Familles d'activités de l'étape d'évaluation du risque de TMS

Nous avons défini ensuite les besoins pour la fonction principale qui nous intéresse dans cette thèse, FP1 la fonction de réalisation de l'évaluation des facteurs de risque de TMS. Cela permet d'identifier les fonctions complémentaires.

Le Tableau 28 rassemble les besoins relatifs à la réalisation de l'évaluation du risque de TMS (FP1) :

Besoins	Exigences opérationnelles	Fonctions liées	Numéro de la fonction
Visiter l'unité de production	<ul style="list-style-type: none"> - Préparer la visite (consulter les données Santé disponibles sur l'unité de travail) - Avoir un interlocuteur capable d'expliquer le déroulement du process sur l'unité de travail 	Comprendre la variabilité du contexte de production (Composition des effectifs de l'unité de travail, variantes de produits, nombre de postes, problématiques déjà identifiées etc...)	FC1
Organiser une réunion d'information sur l'évaluation du risque de TMS	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de suspendre la production ou de participer aux points d'informations - Possibilités de questionner l'opérateur lors de l'évaluation du risque de TMS 	Impliquer les opérateurs dans l'évaluation du risque de TMS	FC2
Evaluer le risque de TMS à l'aide d'un support d'outil numérique	<ul style="list-style-type: none"> - Appareil photo, caméra, chronomètre, calculatrice sont indispensables. Mètre ruban, peson en fonction des exigences de l'outil d'évaluation du risque de TMS. - Le format numérique de l'outil doit répondre aux exigences d'ergonomie IHM et permettre la prise de commentaires complémentaires pour les items. <p>Les technologies de capture du mouvement utilisables en complément de l'évaluation du risque de TMS (mesure) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Avec capteurs (TEA Captiv®) : temps d'équipement et gêne éventuelle de l'opérateur en activité - Sans capteurs (Kinect) : faible champ de capture, aveuglement des points à capter par les mouvements de l'opérateur, par les éléments du poste de travail. 	Utiliser les technologies numériques et de capture du mouvement	FC3

Besoins	Exigences opérationnelles	Fonctions liées	Numéro de la fonction
Traiter les données de l'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> - Donner la possibilité de modifier les données en dehors de la phase d'évaluation du risque de TMS sur le terrain. - Donner la possibilité de réaliser l'évaluation du risque de TMS en plusieurs séances afin d'adapter le temps de l'évaluation du risque de TMS à la complexité de la situation de travail et aux caractéristiques de l'évaluateur (compétences, expérience de la situation à évaluer) 	S'adapter à des profils utilisateurs différents en prévention des risques professionnels	FC4
Rendre compte de la tenue de l'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> - Remplissage automatique de la cartographie du risque de TMS après validation de l'évaluation du risque de TMS par le responsable de l'étape d'évaluation du risque de TMS. - Extraction des informations complémentaires nécessaires (photographies, vidéo, commentaires etc...) pour alimenter la synthèse. - Système d'alerte et de suivi lors du remplissage définitif d'une fiche d'évaluation du risque de TMS. - Validation de l'évaluation du risque de TMS par le responsable de l'étape d'évaluation du risque de TMS. - Dispositif de communication évaluateur/responsable de l'étape d'évaluation du risque de TMS. - Rendre les données disponibles et exploitables pour la démarche de prévention du risque de TMS, l'amélioration continue, afin de pouvoir lancer les actions complémentaires adaptées (action lors des chantiers ou analyse ergonomique du travail) 	Communiquer avec les autres familles d'activités de l'étape d'évaluation du risque de TMS.	FC5

Tableau 28 Les besoins constitutifs de FP1

Le Tableau 28 nous permet de définir les fonctions de contraintes suivantes pour réalisation de l'évaluation du risque de TMS :

- Comprendre la variabilité du contexte de production (FC1)
- Informer les opérateurs à évaluer (FC2)
- Utiliser les technologies numériques et de capture du mouvement (FC3)
- S'adapter à des profils utilisateurs différents en prévention des risques professionnels (FC4)
- Communiquer avec les autres familles d'activité de l'étape d'évaluation du risque de TMS(FC5)

10.2. L'organisation d'une future démarche d'évaluation du risque de TMS

Dans cette partie, nous proposons l'organisation d'une future démarche d'évaluation du risque de TMS à partir des résultats de notre thèse. Cette démarche repose sur un système de logiciel de gestion de la démarche regroupant les classes d'activité que nous avons listées dans la famille d'activités de la gestion de la démarche d'évaluation du risque de TMS. Ce système de la gestion de la démarche permet à un administrateur ergonomiste de rassembler les informations nécessaires à l'établissement du planning des évaluations, à la gestion des personnes destinées à la réalisation de l'évaluation (qu'elles soient ergonomistes ou non). Le système doit aussi permettre une certaine forme de personnalisation de l'outil d'évaluation, soit pour l'ajuster à la situation de travail rencontrée sur le terrain, soit pour y inclure un outil d'évaluation déjà négocié entre les partenaires sociaux de la situation de travail, en y apportant des enrichissements sur les facteurs de risques manquant.

L'expression des besoins pour la réalisation de l'évaluation du risque de TMS découle de nos résultats et d'expérimentations menées en marge de la thèse sur des terrains fournis par l'entreprise Inoprod. Nous avons pu, au sein d'un terrain et en marge d'une prestation de service sur la mise à jour du document unique d'évaluation des risques professionnels, concevoir et déployer une démarche d'évaluation du risque de TMS. Cette partie qui n'est pas l'objectif principal de notre thèse est présentée ici comme une ouverture possible en lien avec les résultats.

L'entreprise en question est une imprimerie employant moins de 50 personnes et notre expérimentation a consisté en l'établissement d'une cartographie du risque de TMS au sein des ateliers de production. Cette démarche reposait sur un outil d'évaluation du risque de TMS qui au regard de notre analyse des outils nous semblait apporter un regard intéressant sur le risque de TMS : le QEC. Cet outil n'apportant pas à notre sens un regard suffisamment précis sur la dimension psychosociale du risque de TMS, nous enrichissons la démarche par la passation de la version courte du Job Content Questionnaire de Karasek, remplie sur un support informatisé. Cette intervention au tout début de notre travail de recherche nous a permis d'être confronté à la problématique de formation des personnes sans compétences en ergonomie à l'utilisation d'un outil d'évaluation du risque de TMS et à l'animation par un ergonomiste d'une telle démarche. Cette expérimentation a notamment mis en lumière à

l'instar de résultats présentés dans la partie précédente que l'outil d'évaluation seul ne fait pas l'évaluation du risque de TMS. Evaluer le risque de TMS est une activité spécifique qui nécessite des compétences d'observation de l'activité que l'utilisateur de l'outil doit développer et entretenir. Aussi, l'utilisateur de l'outil doit apprendre les éléments de l'activité de l'opérateur évalué qu'il doit relever selon les critères de l'outil et ce qu'il doit laisser de côté. L'utilisateur doit aussi apprendre les moments où il peut interrompre l'opérateur pour obtenir des informations complémentaires sur son activité et le discours qu'il doit tenir vis-à-vis de cet opérateur afin ne pas créer d'attentes qui ne seront pas tenues dans le plan d'action. Dans le cadre de l'utilisation d'outil d'évaluation par des utilisateurs novices ou en apprentissage de l'utilisation d'outil d'évaluation du risque de TMS, la présence de l'ergonome sur le terrain est intéressante pour encadrer et valider l'évaluation. Il faut cependant veiller à ce que l'évaluateur en apprentissage ne se repose pas entièrement sur l'expertise de l'ergonome ce qui présente le risque de ralentir l'acquisition de l'autonomie de l'évaluateur.

Au niveau de la démarche, l'utilisation de deux outils différents pour traiter l'ensemble des facteurs de risques relevés dans le modèle étiologique des TMS présente plusieurs intérêts :

- Les éléments à apporter pour l'évaluation des différents types de facteurs de risques sont différents. Il s'agit notamment d'observables de l'activité pour la partie physique des facteurs de risques alors que l'évaluation des facteurs de risques psychosociaux nécessite un matériau issu de verbalisations de l'opérateur. Les conditions de travail sur le poste même (bruit, espace, production) ne favorisent pas toujours le recueil de verbalisations. L'utilisation d'un second outil nécessitant un entretien hors situation de production facilite le recueil de toutes les verbalisations.
- L'évaluation se déroulant en deux temps distincts, l'opérateur a le temps de penser et d'apporter des éléments complémentaires qui viennent enrichir les premières observations lors de la passation du second outil dédié aux facteurs psychosociaux.

Le déploiement de cette démarche nous a aussi permis d'expérimenter l'administration d'une démarche d'évaluation du risque de TMS. Notre rôle d'ergonome étant l'accompagnement des évaluateurs et le recueil des résultats pour constituer la cartographie du risque de TMS venant alimenter le plan d'action de prévention. Cette place d'administrateur nécessite d'être formateur des utilisateurs de l'outil d'évaluation, de veiller à former un collectif avec ces évaluateurs, à l'animer et à pouvoir répondre aux sollicitations des évaluateurs même avec les connaissances très partielles sur les situations de travail à évaluer. L'utilisation des technologies numériques a été limitée dans cette expérimentation à l'établissement d'un questionnaire informatisé pour l'évaluation des facteurs de risques psychosociaux que les évaluateurs pouvaient remplir avec les salariés hors de la présence de l'ergonome, les résultats étant cependant immédiatement communiqués à l'ergonome. Cette simultanéité permet un suivi de la réalisation des évaluations. Le mode de remplissage de l'outil d'évaluation sur le terrain restant le mode papier-crayon.

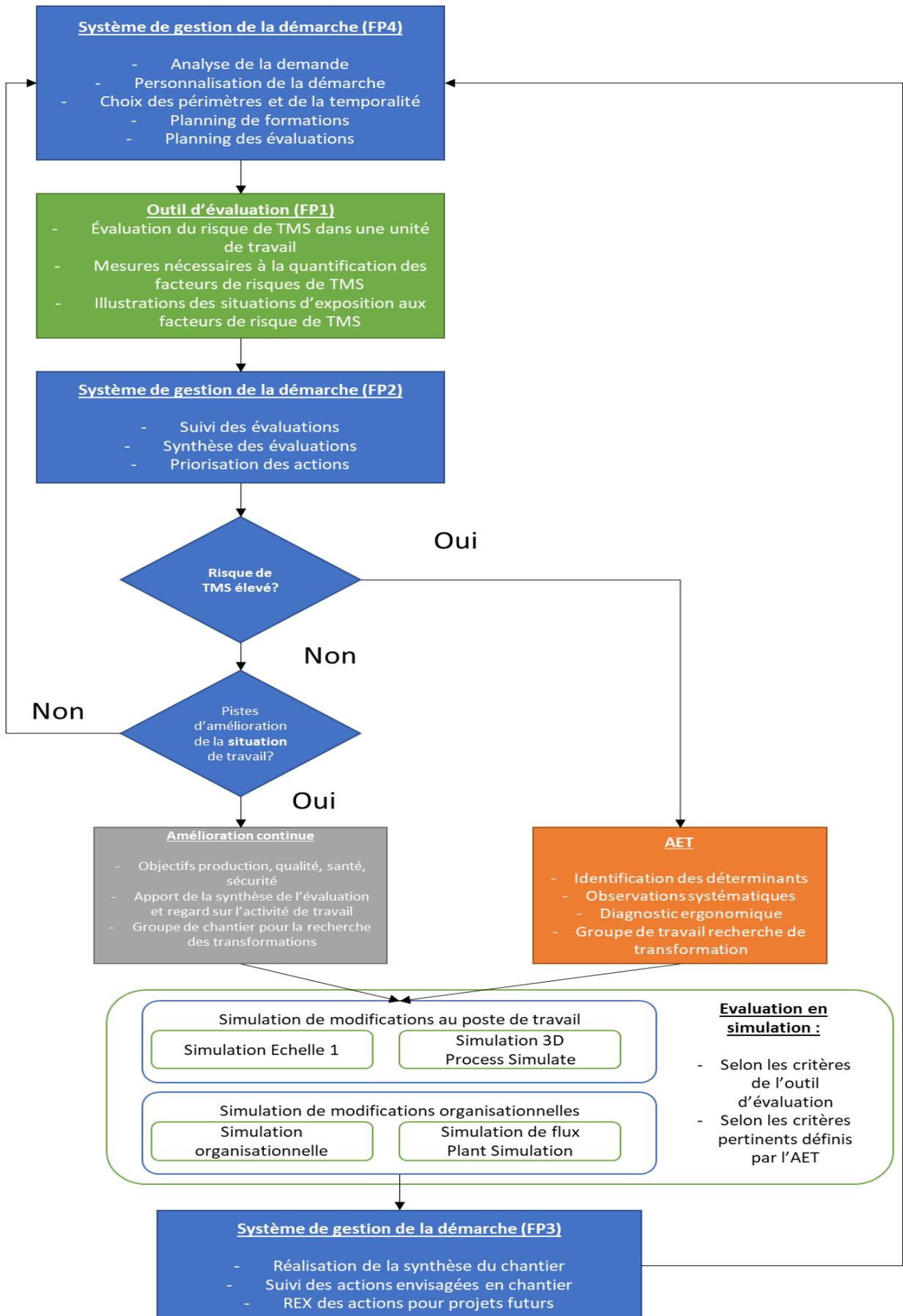


Figure 41 Organisation d'une future étape d'évaluation du risque de TMS

La Figure 41 propose l'organigramme de la démarche et l'architecture d'une solution logicielle pouvant être développée par la suite. La solution logicielle propose un système de gestion de l'étape d'évaluation du risque de TMS (FP4) permettant de rassembler la documentation nécessaire à l'analyse de la demande, de personnaliser la démarche et les outils d'évaluation du risque de TMS pour en permettre l'évolution dans le temps. Elle permet de choisir les périmètres des évaluations et la temporalité en fonction des ressources disponibles et des objectifs de l'organisation. Elle permet d'établir la planification des évaluations du risque de TMS dans les différentes unités de travail de l'entreprise. Elle permet aussi de tenir un planning des personnes à former à l'utilisation des outils d'évaluation en fonction de cette temporalité.

La réalisation de l'évaluation est supportée par un logiciel à développer ou par une application de ce logiciel utilisable sur un support nomade de type tablette numérique permettant de centraliser sur un seul support un certain nombre d'artefacts utilisés lors de l'évaluation, appareil photo ou caméra notamment. La tablette via l'application logicielle permet à un utilisateur que nous appellerons l'évaluateur, qu'il soit ergonomiste ou non, de relever les facteurs de risques dans l'environnement de travail (FP1), de les illustrer si nécessaire, ou de les enregistrer pour post traitement dans un environnement plus calme que le bord d'une ligne de production. Il sera possible de réfléchir à permettre à ce logiciel, via les possibilités de communication de la tablette (Bluetooth, etc...), de communiquer avec des outils de mesures de type peson, sonomètres connectés ou capteurs de mouvements. Le support d'évaluation peut accueillir des outils d'évaluations du risque de TMS différents. Les différences entre les outils d'évaluation tiennent dans la précision qui peut être demandée dans l'évaluation, ou dans la nature des éléments relevés par l'outil. Il peut être nécessaire d'obtenir une évaluation plus précise à cause de la singularité de la situation de travail (gestes complexes, rapides etc...) afin d'apporter des données plus fines pour l'établissement du plan d'action. Cette précision tient souvent à procéder à une évaluation tâche par tâche ou phase par phase de la situation de travail évaluée, pour permettre à l'évaluateur un traitement exhaustif de chaque moment de l'activité. Ce type d'évaluation nécessite des compétences poussées en analyse du travail et doit être réalisée par des personnes possédant des compétences en ergonomie. Le contenu de l'évaluation peut aussi conduire à des moments d'évaluation différenciés. Les facteurs de risques physiques peuvent être appréhendés par l'observation sur le poste de travail. Les facteurs de risques psychosociaux peuvent nécessiter une évaluation devant se dérouler dans un environnement plus calme qu'un atelier de production, et donc doivent pouvoir se faire à des moments différents.

La troisième partie du logiciel concerne le suivi des évaluations réalisées (FP2). Le logiciel comprend un système de suivi de la réalisation des évaluations du risque de TMS, un système permettant de réaliser ou de garder les synthèses des évaluations, par unité de production, utilisables notamment lors de réunions de restitutions, ou pour guider l'analyse ergonomique du travail. Enfin, cette partie porte le plan d'action à réaliser pour les situations de travail évaluées. Le plan d'action va répartir les situations de travail entre celles à risque élevé de

TMS et pour lesquelles sera envisagée une analyse ergonomique du travail. Les postes de travail pour lesquels le risque de TMS est faible, et pour lesquels des pistes d'amélioration sont mises en évidence lors de l'évaluation sont dirigés vers un système d'amélioration continue pour le changement. L'évaluation du risque de TMS définit les points à améliorer, les transformations de la situation de travail seront construites par le collectif du chantier, incluant les opérateurs occupant le poste de travail concernés.

Le logiciel doit permettre le lien numérique avec des dispositifs de simulation qu'ils soient « classiques » ou numériques (dont nous détaillerons les caractéristiques dans la prochaine partie) afin de permettre une évaluation en simulation. Cette évaluation doit se faire selon les critères de l'outil d'évaluation ou selon les critères pertinents identifiés par l'analyse ergonomique du travail. Ceci doit permettre à l'ergonome administrateur d'avoir un suivi des actions réalisées, pour déterminer le moment où la situation de travail est complètement transformée pour envisager une nouvelle évaluation (après un délai estimé raisonnable pour permettre aux opérateurs de se familiariser avec la nouvelle situation). Enfin, le système de gestion de la démarche doit permettre la constitution d'un dispositif de retour d'expérience sous la forme d'une bibliothèque des problèmes rencontrés quant au risque de TMS et des solutions envisagées (FP3). Ceci permettra de développer une mémoire organisationnelle du traitement de la problématique de TMS. A l'heure actuelle, cette mémoire est dépendante des acteurs (ergonomes, préventeurs, encadrants) de la situation de travail et manque de traçabilité.

10.3. Conclusion

Pour conclure sur la formulation des repères de conception de futurs outils d'évaluation, nous pouvons formuler les propositions suivantes :

- L'outil d'évaluation du risque de TMS comme instrument doit avant tout s'adapter à l'activité qu'il évalue et aux évaluateurs potentiels présents dans l'organisation où il est déployé, sous peine de ne plus être utilisé. Pour cela et en fonction des choix, il est préférable d'inclure dans une étape d'évaluation du risque de TMS plusieurs outils d'évaluation, ou un nouvel outil d'évaluation permettant un regard sur des facteurs de risques différents, ou un regard plus précis sur les mêmes facteurs de risques impliquant des compétences en ergonomie (évaluation tâche par tâche par exemple). Cette nécessité implique l'organisation de l'étape d'évaluation du risque de TMS sous la forme de système d'instruments.
- L'organisation de l'étape d'évaluation sous forme de système d'instruments implique de prendre en compte la gestion de la démarche dès la conception de l'outil d'évaluation du risque de TMS, puisqu'il faut organiser l'évaluation du risque de TMS par des utilisateurs de niveaux de compétences différents en ergonomie (avec potentiellement une montée en compétence par la formation), sur des unités de travail différentes. La prise en compte de la gestion de l'étape d'évaluation dans un support logiciel permet à un ergonome qu'il soit interne ou consultant utilisant ce

logiciel d'avoir une fonction de contrôle de la réalisation de l'évaluation. La structuration du système d'instruments doit se faire autour d'un outil d'évaluation du risque de TMS comme instrument pivot permettant l'établissement de la cartographie des facteurs de risque de TMS

- La communication avec les autres systèmes d'instruments de l'entreprise s'organise majoritairement au niveau de la recherche des transformations des situations de travail. Ici, l'amélioration continue peut devenir un moyen de réaliser un certain nombre de groupes de travail qui sont intéressants pour chercher des solutions. Il faut cependant veiller à ce que les données sur les facteurs de risque de TMS alimentant ces chantiers soient pertinentes et correctement traduites dans les objectifs d'amélioration du chantier. Il faut aussi pouvoir s'assurer que les résultats des chantiers sont conformes aux attentes en termes de prévention et le cas échéant, pouvoir déclencher une analyse ergonomique du travail lorsque la situation s'avère plus complexe qu'initialement envisagé. Le regard de l'ergonome sur l'ensemble de ce processus est primordial. C'est l'ergonome qui doit décider sur la base de la cartographie établie par l'outil d'évaluation du risque de TMS, sur quelles situations de travail ou sur quelles problématiques communes à plusieurs situations de travail il faut déployer une AET. C'est l'ergonome qui mènera cette AET. L'analyse ergonomique du travail quant à elle, par la diversité des acteurs qu'elle met en œuvre assure aussi la communication entre les différents systèmes d'instruments.

Nous discutons de l'ensemble de ces résultats dans la partie suivante.

PARTIE DISCUSSION

Cette partie comporte le chapitre 11 présentant la discussion des apports, limites et perspectives de nos travaux et la conclusion générale de nos travaux de thèse.

Chapitre 11 : Discussion

Ce chapitre reprend les éléments présentés dans chacune des parties de cette thèse afin de les mettre en discussion. Cette discussion comprend quatre parties. Dans un premier temps, nous discuterons de la portée et des limites de nos travaux, notamment de la méthodologie mise en œuvre pour cette recherche et des obstacles auxquels nous avons été confrontés. La deuxième partie sera consacrée au rôle de l'évaluation du risque de TMS dans les pratiques de prévention. Tout au long de cette partie, nous croiserons les résultats obtenus avec d'autres études réalisées pour discuter de la pertinence de nos thèses. Nous essayerons aussi d'élargir la réflexion autour de la place des outils d'évaluation dans la pratique de l'ergonomie. Dans une troisième partie, nous abordons les perspectives offertes par les technologies numériques dans l'évaluation du risque de TMS, en présentant les dispositifs que nous avons pu côtoyer au cours de notre recherche. Enfin, dans une quatrième partie, nous évoquerons les perspectives de recherche qui sont adressées aussi bien à la communauté scientifique qu'à celle des praticiens en ergonomie, qu'ils soient ergonomes internes ou consultants.

11.1. Portée et limites de nos travaux

Ce projet de recherche nous a permis de relever des interrogations sur la méthodologie à mettre en œuvre dans le cadre de l'évaluation des outils d'évaluation du risque de TMS.

La temporalité de la thèse en CIFRE n'a pas permis de déployer une démarche de recueil des données sur l'usage des outils d'évaluation sur plus de trois terrains industriels. Des actions ou des terrains ont pu être réalisées parallèlement à la thèse, mais n'ont pas été exploités. Centrer sur l'étude approfondie de l'usage des outils d'évaluation des TMS par les utilisateurs sur un seul terrain principal comporte la limite que nos propositions ne soient adaptées qu'aux spécificités de ce terrain, Renault Trucks. Sur deux autres terrains industriels, nous avons déployer des méthodes d'entretiens pour investiguer leur utilisation d'outils d'évaluation du risque de TMS. Il serait intéressant de poursuivre ses investigations, en diversifiant notamment les secteurs d'activité ou la taille des entreprises. La vie d'une seule entreprise faisant partie d'un grand groupe n'est pas représentative de l'organisation des toutes les sociétés et notamment les PME. En effet, le portefeuille client entreprise de la société Inoprod est beaucoup plus élargi, comprenant des PME, qui ne disposent d'aucun acteur ergonomes. Aborder l'évaluation du risque de TMS en passant par l'usage des outils d'évaluation nécessite de trouver un terrain faisant un usage effectif des outils d'évaluation. Même s'il existe des démarches structurées autour d'outils d'évaluation du risque de TMS, ce n'est pas une garantie de l'usage effectif de ces outils sur le terrain. Les résultats de nos entretiens avec les ergonomes du fabricant automobile illustrent bien cette situation d'un outil d'évaluation dont l'usage est prescrit, mais d'une réalité où il n'est finalement pas

toujours utilisé. Les problèmes de compétences et de ressources temporelles dans l'usage des outils d'évaluation peuvent rendre caduque l'usage des outils d'évaluation sur le terrain et laissent la démarche ainsi conçue loin des objectifs de ses concepteurs.

Aussi, nous avons dû attendre pour le démarrage de l'étude à Renault Trucks que l'ergonome interne du site construise sa démarche avec de nouveaux acteurs compétents, en l'occurrence l'alternant en ergonomie et des ergonomes consultants pour obtenir des données solides sur l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS. Nous ne pouvons pas exclure que notre présence sur le terrain, nos échanges avec l'ergonome interne pour obtenir nos premiers résultats et notre présentation de l'analyse des outils d'évaluation aient influencé la construction de cette démarche autour du nouvel outil d'évaluation. Dans ce cadre, nous nous situons dans ce que Petit et al (2007) ont qualifié de « *gestion réflexive de l'intervention* ». Nous avons été amenés à participer à certains aspects de l'activité de l'ergonome interne, comme la participation aux chantiers d'amélioration continue, notamment pour établir une relation de confiance avec notre interlocuteur et lui indiquer que notre recherche ne portait pas de jugement de valeur sur sa propre pratique.

L'objet principal de notre recherche sur l'usage des outils d'évaluation du risque de TMS nous a conduit, du fait des spécificités de notre terrain de recherche, à poser notre regard sur un objet secondaire qui est celui de l'activité de l'ergonome, en lien avec les outils d'évaluation du risque de TMS. Nous avons pu mener deux types d'observation (MDSR et analyse de l'activité) de cet objet en fonction des acteurs rencontrés. Notre intervention auprès de l'ergonome interne nous a conduit à avoir percevoir les modalités d'action de cet ergonome dans les processus de changement de l'organisation. La MDSR (Méthode des Défaillance et Substitutions de Ressources) nous a permis de caractériser la situation initiale en permettant la discussion de l'ensemble des éléments composant l'activité de l'ergonome et pas uniquement ceux liés à l'évaluation du risque de TMS (Forrierre, 2008). Elle nous a permis notamment de lier l'évaluation du risque de TMS et le besoin de ressources disposant de compétences spécifiques dans ce domaine. Nos premières observations sur le terrain de recherche auprès des animateurs *lean* nous confirment que l'absence de compétences spécifiques à l'évaluation du risque de TMS ne permet pas, malgré l'outil d'évaluation, d'avoir une démarche globale d'évaluation apportant les résultats escomptés pour alimenter la construction des actions de prévention. L'analyse de l'usage des outils par l'ergonome consultant nous a donné la possibilité d'observer l'activité d'un ergonome réalisant une prestation. Cette posture nous a placé dans une situation d'observateur de l'observateur qui comporte un certain nombre de contraintes comme la difficulté de filmer en respectant le droit à l'image de chacune des personnes pouvant se retrouver dans le champ de la caméra. Au-delà des données permettant de modéliser l'intervention ergonomique (Petit et al., 2007), notre thèse apporte des données sur l'analyse de l'activité de l'ergonome par l'observation de son usage des outils d'évaluation des TMS. Et comme rapporté par Petit et al, décrire la situation observée ne suffit pas, il nous faut aussi pour analyser la pratique de l'ergonome décrire la méthodologie adoptée dans son activité, le processus de réflexion dans l'action et

les conséquences de l'action de l'ergonome sur les interventions ultérieures. Dans le but de perturber au minimum l'activité de notre opérateur ergonome, nous avons décidé de mener nos observations en papier crayon, afin d'éviter d'introduire une modalité d'observation comme la vidéo, qui déformerait son activité et qui pourrait gêner l'activité des opérateurs de production dont l'activité est évaluée. L'analyse de l'activité de l'évaluateur, notamment par l'observation permet seulement d'identifier l'ensemble des artefacts intervenant dans l'évaluation du risque de TMS au-delà de l'outil d'évaluation. Elle permet aussi d'accéder aux stratégies particulières des évaluateurs en fonction du développement de leurs compétences et de la connaissance qu'ils ont des situations de travail. Dans ce contexte, l'évaluation du risque de TMS apparaît comme une activité particulière nécessitant des habiletés spécifiques au-delà des caractéristiques de l'outil seul.

11.2. Le rôle de l'évaluation du risque de TMS

Nos travaux amènent à poser des questions sur la place des outils d'évaluation du risque de TMS dans les entreprises et leurs usages dans un système d'instruments dans les démarches d'évaluation des facteurs de risque de TMS.

11.2.1. L'outil d'évaluation du risque de TMS, un instrument de quoi ?

Nos travaux nous permettent d'établir que l'outil d'évaluation du risque de TMS est un instrument de l'activité des utilisateurs de cet outil. Nos analyses nous ont permis d'aborder les propriétés de l'artefact outil d'évaluation, notamment au regard de l'objet TMS sur lequel porte leur évaluation. Nous avons pu identifier des différences entre les divers outils d'évaluation du modèle théorique du risque de TMS qu'ils portent en fonction des facteurs de risques inclus dans leur évaluation, de la combinaison de facteurs qu'ils permettent, et des utilisateurs qui sont pressentis de ses outils. Nous avons vu qu'un certain nombre d'outils d'évaluation sont centrés sur la dimension physique du risque de TMS, quand d'autres proposent une évaluation sur l'ensemble des facteurs de risque : physique, psychosociaux et des déterminants internes et externes.

L'outil d'évaluation peut limiter la compréhension de son utilisateur sur les facteurs de risque de TMS, et orienter un plan de prévention. Parce que ses caractéristiques limitent l'analyse que porte l'utilisateur sur le risque de TMS, l'outil est un instrument qui médiate la relation entre cet utilisateur et l'objet de son activité qui est le risque de TMS. La dérive étant que des connaissances insuffisantes sur l'évaluation du risque de TMS amène l'utilisateur à l'utilisation d'un outil limité dans son approche sur les facteurs de risque de TMS. L'utilisateur peut penser utiliser de façon exhaustive l'outil, et ainsi, oublier une partie des facteurs de risques dans l'évaluation. Les problèmes posés par les outils d'évaluation du risque de TMS sont de deux ordres :

- Sur l'exhaustivité de l'évaluation : il s'agit ici d'inclure dans l'outil le maximum de facteurs de risques identifiés par l'étiologie des TMS.
- Sur la précision de l'évaluation, il s'agit ici de considérer les critères des outils et les combinaisons qu'ils permettent comme satisfaisants au regard du besoin de la priorisation des actions de prévention. Il faut que les critères des outils permettent une classification pertinente et discriminante des situations de travail évaluées au sein d'une organisation.

Les difficultés de combinaison des facteurs de risque dans les outils d'évaluation sont réelles. Les outils d'évaluation proposent des mathématisations différentes, notamment autour des facteurs de risque physiques. Nous avons des outils qui proposent des équations (NIOSH, EAWS, OCRA), d'autres sont construits sur la base de tables psychophysiques (RULA, QEC), d'autres sur la base de normes (Fiche MEC). Aucun outil d'évaluation du risque de TMS n'arrive à combiner les facteurs de risques psychosociaux et physiques dans son évaluation et ce, alors même que la relation entre le stress et le risque de TMS est plutôt bien documenté par exemple (Aptel & Cnockaert, 1992). Aucun outil d'évaluation ne présente la même combinaison des facteurs de risques physiques, ou la même expression des seuils de risques pour un même facteur. Cette absence de combinaison des facteurs de risques psychosociaux et des facteurs de risques de TMS peut expliquer des difficultés de détection de situations à risque, puisque les sollicitations physiques extrêmes (dépassant les seuils de tolérances de l'organisme humain) restent assez rares. C'est souvent un niveau de risque modéré cumulé sur plusieurs facteurs ou la dégradation des facteurs psychosociaux qui déclenche l'apparition de TMS pour les situations où l'exposition physique est limitée. Deux pistes de recherche nous semblent liées à cette question des facteurs psychosociaux :

- Il est nécessaire d'approfondir la recherche sur la relation entre les facteurs psychosociaux et le risque de TMS. Notamment sur l'implication des facteurs psychosociaux dans l'apparition du risque de TMS. Il faut que nous puissions déterminer avec plus de précision quel est le poids de chaque facteur psychosocial dans l'apparition du risque de TMS. C'est un élément pouvant venir enrichir une cartographie pour les situations de travail avec un risque physique faible ou modéré, et pouvant justifier de les inclure dans des démarches d'analyse ergonomique du travail dans le cas d'un niveau de risque élevé sur les facteurs de risques psychosociaux.
- Il est nécessaire d'approfondir la recherche sur les indicateurs permettant d'objectiver les facteurs de risques psychosociaux au travail, afin de pouvoir les inclure dans les outils d'évaluation du risque de TMS.

A ces limites, s'ajoutent les biais, erreurs de mesure et imprécisions dans l'usage de l'outil. Ces biais sont recensés dans plusieurs études (Bao et al., 2009 ; Chiasson et al., 2012 ; Mathiassen, 2006 ; Mathiassen et al., 2013 ; Norval, 2019 ; Zare, 2015). Ces biais impliquent une variabilité des résultats lors de l'utilisation d'outils d'évaluation pour une même situation de travail. Cette variabilité est expliquée par deux facteurs : la diversité des informations prises en compte par les outils et la diversité d'utilisation des outils en entreprise (Norval, 2019).

Afin de compenser les limites des outils, les organisations mettent au point des démarches d'évaluation mettant en œuvre des outils avec des rôles différents, alliant le plus souvent des outils exhaustifs de premier niveau, censés permettre une synthèse sur le risque de TMS tout en étant utilisés par des personnes ayant très peu de compétences en ergonomie ou en analyse de l'activité. Ces outils sont décrits comme des outils simples d'évaluation du risque de TMS dans plusieurs travaux (Imbeau & Fradet, 2004 ; Malchaire, 2007 ; Malchaire et al., 2001 ; Norval, 2019 ; Roquelaure et al., 2001 ; Somville, 2007). Les démarches d'évaluation du risque de TMS incluent aussi des outils plus précis, permettant un apport quantitatif sur un ensemble de facteurs de risques, notamment physiques. Ces outils nécessitent souvent des personnes formées à l'ergonomie et à l'analyse de l'activité. Nous notons qu'il est assez rare de voir l'usage d'un outil d'évaluation incluant des facteurs psychosociaux par exemple, alors que ces outils existent comme le *Job Content Questionnaire* (JCQ) ou l'*Effort-Reward Imbalance* (ERI). De tels outils peuvent être utilisés dans de telles démarches d'évaluation du risque de TMS.

Nous avons toutefois identifié que l'usage d'un outil d'évaluation implique une instrumentalisation de la part de l'utilisateur qui va être amené à le rattacher à des éléments de son activité. Ainsi, l'usage des outils d'évaluation simple par les ergonomes consultants va conduire à développer une construction de l'évaluation et un enrichissement qui va dans le sens de l'analyse de l'activité, quand l'usage du même outil par les animateurs *lean* va dans le sens d'une tentative de standardisation des activités des opérateurs évalués.

La question de l'organisation de la démarche articulant plusieurs outils pose aussi des problèmes spécifiques. Nous nous demandons d'abord s'il est souhaitable de produire un outil d'évaluation du risque de TMS le plus exhaustif possible, en incluant l'ensemble des facteurs de risques identifiés par l'étiologie dans son évaluation. Nous nous demandons si un tel outil serait utilisable sur un terrain industriel, et s'il remplirait le rôle de l'économie de temps par rapport à une analyse ergonomique du travail. De même, il semble coûteux d'employer un ergonomiste derrière chaque situation de travail pour remplir l'obligation d'évaluation des risques de TMS. L'ergonomie de l'activité, s'appuyant sur l'individu en situation de travail, situé dans un contexte technique, organisationnel et social (Caroly et al., 2013 ; De Terssac & Lompré, 1995 ; Guérin et al, 2006 ; Leplat, 2006 ; Wisner, 1995), implique pour la prévention du risque de TMS une compréhension de l'activité via l'analyse ergonomique du travail (Guérin et al, 2006 ; Saint-Vincent et al, 2011). La prévention des TMS en ergonomie de l'activité n'implique pas seulement l'identification des contraintes de la situation de travail, mais l'identification des axes de développement des ressources pour y faire face. Cette identification passe par l'identification des régulations et de la Marge de Manœuvre Situationnelle (MMS) (Albert et al., 2017 ; Caroly et al., 2008 ; Coutarel et al., 2005 ; Roquelaure, 2015 ; Saint-Vincent et al., 2011). Des travaux récents (Norval, 2019) ont établi que les outils simples d'évaluation du risque de TMS ne peuvent être utilisés que pour juger de la suffisance ou de l'insuffisance de MMS des individus dans une situation de travail. La MMS peut-être un moyen intéressant d'aborder des aspects psychosociaux du travail en lien

avec le risque de TMS. Ils ne posent cependant pas la question de l'interaction des outils d'évaluation au sein d'une démarche d'évaluation, ni de leur interaction possible avec l'analyse de l'activité menée par un ergonome en complément ou en lien avec l'évaluation du risque de TMS à l'aide d'outils d'évaluation. Un outil d'évaluation du risque de TMS ou une démarche d'évaluation pose aussi la question des compétences qui sont nécessaires à son utilisateur pour appréhender précisément l'ensemble des facteurs de risques. Avec l'outil d'évaluation la question soulevée est celle de rendre les acteurs de la situation de travail qu'ils soient opérateur ou membre de l'encadrement, « ergonomistes » de leur situation de travail, d'avoir les moyens de se saisir eux même des problèmes posés par le risque de TMS dans leur activité et de pouvoir y apporter des solutions. L'implication de personnes issues du terrain et sans compétences en ergonomie dans l'étape d'évaluation du risque de TMS nous semble un point intéressant pour le développement des marges de manœuvres situationnelles au niveau des collectifs de travail. Une équipe de travail capable de mettre en œuvre un outil d'évaluation du risque de TMS et exploiter les résultats de cet outil pourrait être capable de se saisir des questions de prévention du risque de TMS plus rapidement. L'outil d'évaluation du risque de TMS pourrait alors intégrer le système d'instrument de l'opérateur pour gérer le risque de TMS (Vidal-Gomel, 2002) On pourrait ici dépasser une vision défensive face aux facteurs de risques de TMS pour aller vers une vision développementale où un collectif de travailleurs réfléchit ensemble aux moyens de résoudre les problèmes soulevés par l'exposition aux facteurs de risques. Le rôle de l'ergonome est aussi amené à évoluer, puisqu'il devra être capable de détecter les moments où les ressources du collectif pour faire face au risque de TMS deviennent insuffisante et où il doit entrer en jeu pour apporter un point de vue sur l'activité capable de mobiliser des ressources au-delà du premier collectif, vers les autres systèmes d'instruments de l'entreprise.

Les propositions que nous formulons pour l'outil d'évaluation du risque de TMS est de le dimensionner de manière suffisamment large au regard des facteurs de risque pour porter un regard laissant peu de facteurs inexplorés. Il faut aussi et surtout que ces facteurs de risques soient pertinents dans la situation de travail à évaluer, et pour cela, l'outil d'évaluation pourrait être composé de modules activables en fonction des caractéristiques de l'activité (module manutention manuelle, module efforts, module posture etc...). Il faut en tenir compte et que l'étape d'évaluation comporte un outil que nous pouvons qualifier de simple, utilisable sans compétences en ergonomie. L'étape pourra comporter des outils d'évaluation plus complexes à destination d'évaluateur avec des compétences en ergonomie, permettant notamment une évaluation tâche à tâche. Cette organisation des outils nécessite donc de structurer l'étape d'évaluation sous forme de système d'instruments.

11.2.2. L'outil d'évaluation au sein d'un système d'instruments

L'utilisation des outils d'évaluation du risque de TMS constitue un système d'instruments à plusieurs niveaux. La démarche d'évaluation est un système d'instruments au sein duquel se trouvent plusieurs systèmes ou sous-systèmes d'instruments qui sont les outils

d'évaluation, mais aussi d'autres outils comme les outils de gestion ou les outils de suivi et de restitution des évaluations. Ce constat rejoint celui de Bourmaud (2006) sur l'emboîtement de systèmes avec un système d'instruments principal qui est composé de sous-systèmes eux-mêmes composés de sous-systèmes. Ces systèmes sont développés par les utilisateurs et dépendent des caractéristiques des outils et des utilisateurs et de leur activité.

L'outil d'évaluation des TMS est au cœur du système d'instruments qui permet à l'évaluateur de réaliser son évaluation. Ce sous-système organise des artefacts tels que l'outil d'évaluation, l'appareil photographique, la caméra, un peson. Tous ces éléments sont nécessaires à la remontée d'informations afin de permettre de réaliser le travail d'évaluation. Il apparaît que ce système tient à une instrumentalisation de l'évaluation de la part des évaluateurs dont nous avons analysé l'activité. Dans le cas étudié des ergonomes, l'instrumentalisation de l'outil d'évaluation du risque de TMS sert à l'analyse de l'activité des opérateurs.

Le point le plus important lié au système d'instruments développé autour de l'outil d'évaluation est que l'outil seul ne rend jamais suffisamment compte de la situation de travail. Il faut enrichir les informations apportées par des exemples, des illustrations, qui permettent aux différentes personnes recevant le contenu de l'évaluation du risque de TMS sur une situation de travail de se construire une représentation précise des facteurs de risque de TMS. A ce titre, l'outil d'évaluation devient un objet intermédiaire (Jeantet, 1998) parmi les autres objets constituant le système d'instruments, au même titre que le modèle des TMS peut devenir un objet intermédiaire (Buchmann & Landry, 2010). L'outil d'évaluation du risque de TMS permet aux participants à un projet de transformation de l'activité de travail de constituer un référentiel opératif commun (De Terssac & Chabaud, 1990) sous certaines conditions :

- L'étape d'évaluation doit être supervisée par un ergonomiste qui sera capable de dire si une situation de travail nécessite une analyse ergonomique du travail ou peut être traitée par une autre forme de chantier de transformation.
- Les transformations de la situation de travail doivent se faire par l'intermédiaire d'une démarche participative impliquant les opérateurs avec la validation d'un ergonomiste. L'ergonomiste doit au moins pouvoir retracer les échanges pour pouvoir identifier les enjeux de la transformation et le cas échéant, se saisir de la situation à transformer en mettant en œuvre une analyse ergonomique du travail.

La place de l'ergonomiste dans cette étape d'évaluation est un point susceptible d'évoluer en fonction des contextes et des organisations. Il peut éventuellement se contenter de mettre en place l'étape d'évaluation avec des acteurs qu'il a formés et avec qui il entretient des échanges réguliers pour faire le point sur la situation en entreprise. Un second point concerne le fait que l'évaluation du risque de TMS par l'observation est une activité spécifique nécessitant l'acquisition de compétences spécifiques. Ces compétences permettent de réduire la nécessité de recours aux autres instruments. Par exemple, les captures de vidéos

pour un post traitement des postures de travail diminuent avec l'expérience de l'évaluateur. Néanmoins, ne pas penser l'évaluation avec une possibilité de prise de vidéo pour des évaluateurs novices et sans compétences en ergonomie pourraient les mettre en difficultés.

Les outils mis en œuvre au sein de l'étape d'évaluation du risque de TMS constituent un système d'instruments pour l'ergonome interne les mettant en œuvre. Ce système d'instruments permet à l'ergonome d'articuler l'emploi d'outils d'évaluation différents allant notamment dans le sens d'une évaluation de plus en plus précise du risque de TMS sur les postes de travail. Un outil simple d'évaluation du risque de TMS est le pivot de ce système d'instruments. C'est sur cet outil d'évaluation que repose la cartographie du risque de TMS permettant à l'ergonome une négociation de moyen que ce soit pour des analyses plus poussées, ou pour engager des actions de prévention. L'existence de ce pivot et la capacité de l'ergonome interne à animer l'étape d'évaluation associée sont même un enjeu pour l'obtention de ressources pour la démarche de prévention. L'outil d'évaluation devient un moyen pour l'ergonome interne d'obtenir des marges de manœuvre dans son activité. L'outil devient un pivot et aussi un élément important dans la communication entre les exigences de prévention du risque de TMS dans l'organisation et les autres services participant aussi à la transformation du travail comme l'amélioration continue.

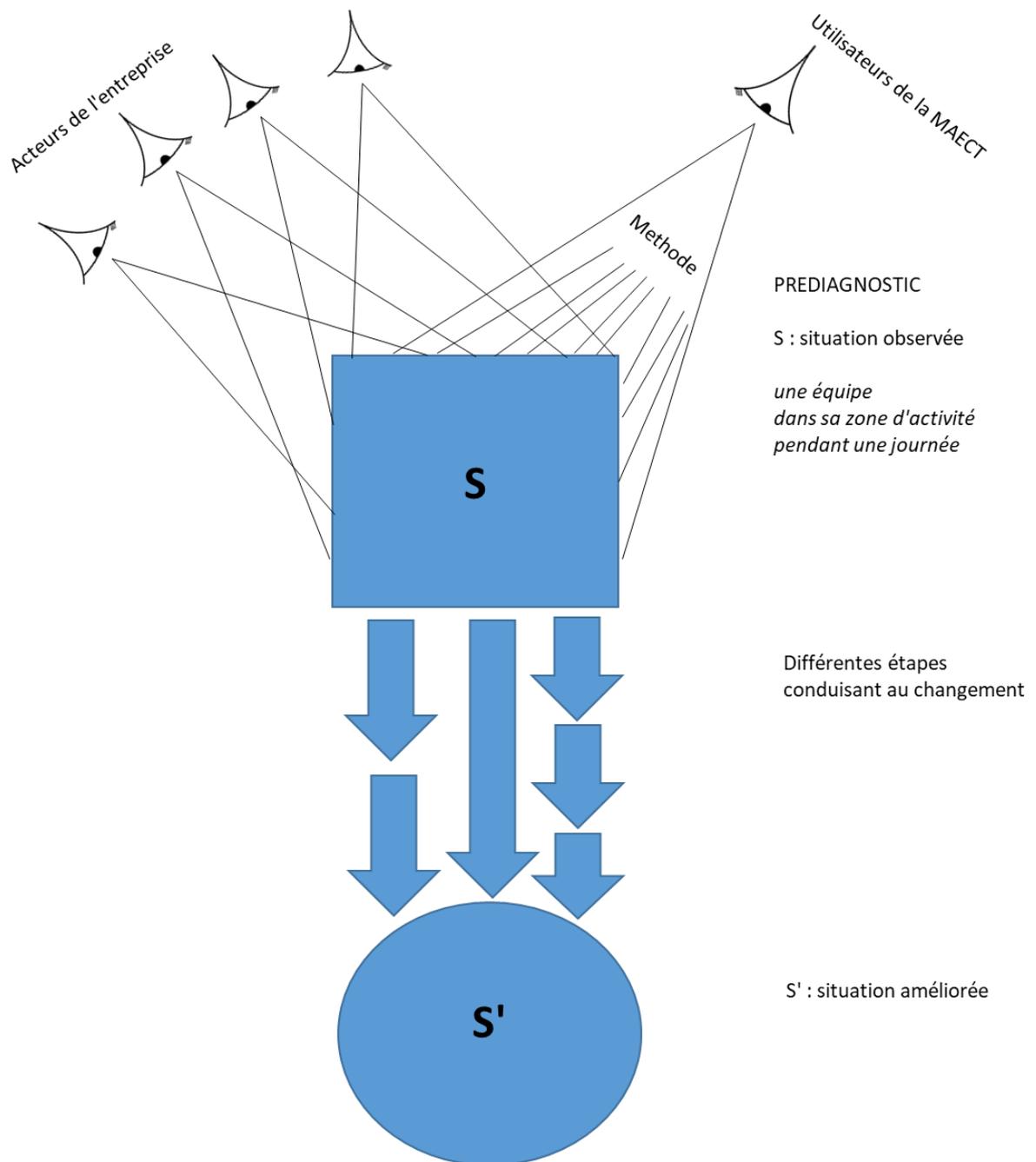


Figure 42 Démarche proposée par la MAECT d'après Six (1992)

Six (Six et al., 1992), dans le guide l'utilisation de la MAECT, propose une illustration du regard des différents acteurs sur une situation de travail grâce à la MAECT (Figure 42). Nos résultats chez Renault Trucks montrent que, dans certains cas particuliers, une étape d'évaluation du risque de TMS permet le même type d'approche des situations de travail. Une telle approche peut être intéressante, surtout si elle touche les postes de travail montrant une faible exposition mais pouvant présenter des éléments de pénibilité associés aux facteurs de risque de TMS et pouvant devenir pathologiques en cas de dégradation des conditions psychosociales (Stocks et al, 2013) ou des possibilités de régulation. Ce type de démarche évite de laisser dans l'ombre des postes de travail pour lesquels une analyse ergonomique du travail

n'est pas envisagée. Il convient que les acteurs aient les moyens de transformer ces situations de travail sans aggraver l'exposition aux facteurs de risque. A ce titre, l'étape d'évaluation du risque de TMS peut devenir une composante de la marge de manœuvre situationnelle des opérateurs comme un moyen de développement du pouvoir d'agir du collectif de travail sur leurs situations de travail et donc, une ressource pour la prévention des TMS.

11.3. La place des outils numériques dans l'évaluation du risque de TMS

L'enjeu initial de notre travail de thèse consistait à questionner la place des technologies numériques dans l'évaluation du risque de TMS. Nos résultats montrent que l'utilisation des technologies numériques reste une piste à explorer pour l'évaluation du risque de TMS puisqu'elles n'étaient pas encore utilisées dans les terrains rencontrés. Nous évoquerons cependant dans cette partie les différentes technologies que nous avons rencontrées et qui présentent un intérêt dans l'évaluation du risque de TMS.

11.3.1. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication :

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) présentent un certain nombre d'éléments intéressants pour l'évaluation du risque de TMS. Très peu font actuellement l'objet d'une utilisation sur les terrains rencontrés. Nous pouvons distinguer deux types d'éléments dans les NTIC :

- Les logiciels et la mise en réseau à l'aide d'internet ou d'intranet. Il existe quelques logiciels dédiés spécifiquement à l'évaluation du risque de TMS (MUSKA TMS, COTERGO...), ils présentent l'inconvénient de ne pas être libres de droits et donc de ne pas être facilement accessibles ou, pour le cas de Muska TMS (Thibault et al., 2013), de ne pas permettre une utilisation du logiciel pour l'évaluation directe au poste de travail. L'utilisation du logiciel demande la capture de l'activité par des moyens vidéo et le traitement des données pour l'évaluation du risque de TMS. Les outils d'évaluation du risque de TMS reposent majoritairement dans les organisations sur des suites de logiciels bureautiques. Très peu possèdent des logiciels dédiés, et lorsqu'ils existent, ils ne permettent pas une utilisation nomade qui permettrait un remplissage de l'outil d'évaluation sur le poste de travail qui est l'objet de l'évaluation. Les suites bureautiques par l'intermédiaire des logiciels de tableurs, de base de données ou de construction de diaporamas sont les éléments généralement utilisés pour regrouper les informations relatives aux évaluations et pour en rendre compte. Soit que des dossiers spécifiques permettent l'évaluation suivant les critères de cotation retenus, soit qu'ils permettent de rassembler les résultats de toutes les évaluations. Le contenu de ces outils dépend entièrement des compétences en informatique de l'organisation, qu'elles reposent sur celles des personnes du service ergonomie seule, ou qu'il existe la possibilité de développer des applications avec des informaticiens. L'élaboration de ses outils reste donc complexe et produit des résultats

aléatoires. Internet ou un service d'intranet et les possibilités de communication et de travail collaboratif à distance semblent intéressants pour permettre un travail de plusieurs évaluateurs au sein d'une démarche supportée par un système numérique. Ces technologies permettent notamment d'élaborer des questionnaires en ligne pouvant être remplis par tous les acteurs avec qui ils sont partagés, ou elles permettent d'animer et de gérer des projets collaboratifs. Les gains potentiels pour une démarche ou un logiciel d'évaluation du risque de TMS impliquant différents acteurs travaillant sur des sites géographiquement éloignés sont certains. Ces technologies présentent toutefois un risque d'éloigner les acteurs experts comme l'ergonome du terrain en lui demandant de se prononcer sur le risque de TMS dans une situation de travail sur la base de vidéos qui, même retransmises en direct, ne sont qu'une vision partielle de la complexité de la situation de travail.

- Les systèmes de capture du mouvement type Vicon[®] ou TEA CAPTIV[®] qui sont des systèmes de capture du mouvement optique avec capteurs (Vicon[®]) et inertiel avec capteurs (TEA CAPTIV[®]). Ces systèmes permettent la capture des mouvements humains. Le système VICON[®] est un système de capture travaillant sur la capture optique via caméra des mouvements. L'opérateur dont les mouvements sont capturés est équipé de capteurs que le système de caméra suit. Les logiciels associés permettent un enregistrement des variations angulaires autour des articulations. S'il peut être utilisé pour l'analyse biomécanique dans l'environnement contrôlé d'un laboratoire, sur des manipulations tenant compte des limites du système, un tel système nous semble difficilement utilisable directement sur un terrain industriel. En effet, le système de capture est très sensible au masquage des capteurs, que ce soit par les mouvements de l'opérateur ou par des éléments de l'environnement (voir partie suivante). Le système TEA CAPTIV[®] (Centrale d'Acquisition au Poste de Travail Informé par Vidéo), développé pour permettre la combinaison de données issues de capteurs du mouvement, et la capture vidéo de l'activité de l'opérateur pour permettre d'en faire l'analyse, travaille sur un autre principe. Le système de capture du mouvement utilisé par CAPTIV[®] travaille sur la base de capteurs inertiels. Ici, la capture du mouvement se fait sur la base de la position et des données des capteurs par rapport à un capteur de référence. Certains capteurs sont des inclinomètres, permettant de mesurer l'inclinaison d'un segment corporel. CAPTIV[®] peut aussi intégrer des données comme la fréquence cardiaque de l'opérateur, ou encore des capteurs d'exposition à des polluants (Martin et al, 1999 ; Galey, 2019). A l'instar d'Actogram ou Actograph, CAPTIV permet d'être un support à l'analyse de l'activité réalisée par un ergonome en rassemblant des observables traités à partir de vidéos avec des captures brutes d'angulation articulaire. Vignais, Bernard, Touvenot et Sagot (2017) ont montré que le système CAPTIV pouvait être utilisé pour l'évaluation du risque de TMS, en injectant les données du dispositif de capture dans une version numérisée de l'outil d'évaluation du risque de TMS RULA. Ce système est un outil de support à l'analyse de l'activité. Il peut devenir un outil d'évaluation du risque de TMS grâce à l'adjonction de modules supplémentaires. Le développement de tels modules pour ces outils est une piste de développement futur pour l'évaluation du risque de TMS. Il apparaît néanmoins que l'évaluation ne touchera que les éléments observables de l'activité de l'opérateur

(notamment les postures de travail), ce qui est limité du point de vue de l'évaluation du risque de TMS.

- Les supports physiques d'accès aux NTIC, notamment les terminaux nomades : tablettes, smartphones etc... Nos résultats montrent que les utilisateurs d'outils d'évaluation utilisent de nombreux autres instruments pour amener l'ensemble des éléments nécessaires à l'évaluation du risque de TMS (résultats de l'évaluation du risque de TMS, photo, vidéo etc...). Les nouveaux supports nomades dont l'usage se développe notamment dans la sphère privée présentent l'intérêt de pouvoir centraliser un certain nombre de ces éléments sur un seul support. Les tablettes sont dotées d'une caméra permettant la prise de photographie ou de vidéo lors de l'utilisation d'une application spécifique. Ainsi, au lieu de devoir gérer des artefacts différents tout au long de l'évaluation sur support papier crayon, l'évaluateur utilisant un outil numérisé sur le même support pourrait bénéficier de l'appareil photographique ou bénéficier des possibilités d'interactions de son terminal avec d'autres types d'instruments pour recueillir des mesures notamment.

11.3.2. Les logiciels de simulation 3D :

L'entreprise finançant nos travaux de thèse nous donne accès à des logiciels professionnels de simulation 3D de *process* industriels (*Process Simulate* de Siemens). Ce logiciel permet dans un environnement 3D de reproduire un îlot de production de simuler l'assemblage d'un produit, le fonctionnement de machines ainsi que les opérations. L'opérateur est représenté par un mannequin numérique. Les opérations réalisées par ce mannequin numérique peuvent être modélisées de deux façons : par programmation du mannequin à l'aide de la souris de l'ordinateur, ou l'enregistrement de l'activité d'un opérateur humain à l'aide d'un dispositif de capture de mouvement avec ou sans capteur. Ce type de logiciel permet une évaluation du risque de TMS dans l'activité modélisée en utilisant des outils d'évaluation issus de la littérature scientifique : OWAS, RULA, EAWS etc... L'évaluation du risque de TMS dans ce cas se fait bien sûr majoritairement sur la base de critères physiques. Néanmoins un certain nombre d'éléments permettant d'envisager des actions à mener pour limiter le risque de TMS à la fois dans l'aménagement du poste de travail modélisé ou dans les outils à apporter à l'opérateur ou à développer pour répondre aux spécificités de l'activité. Ce type de logiciel comporte une autre limite : l'évaluation du risque de TMS se fait principalement sur la prescription et ne permet pas de comprendre la singularité de l'activité propre à l'opérateur. Cela dépend des situations qui sont simulées (Béguin et al., 2006).

La modélisation de l'activité de l'opérateur à l'aide de la souris et de l'interface du logiciel reste longue et complexe, même si cela ne demande pas des compétences élevées de la part de l'utilisateur. Il faut en plus s'assurer que ce modélisateur intègre bien les spécificités et la subtilité de certains éléments de l'activité. L'enregistrement de l'activité de l'opérateur permet une modélisation plus rapide, l'opérateur devant jouer son activité devant un dispositif de capture du mouvement. Nous avons pu expérimenter au cours de nos travaux

l'enregistrement de l'activité d'un opérateur à l'aide d'un dispositif sans capteur simple basé sur la technologie Kinect. Nous avons notamment essayé d'enregistrer l'activité d'un opérateur travaillant sur une charge de *kitting* chez Renault Trucks. L'emploi du système Kinect sur un poste de travail pose la problématique des capacités du capteur. Celui-ci rend l'enregistrement difficile par la faible profondeur du champ, la sensibilité du capteur et par le traitement du logiciel qui produit des interprétations erronées transmises au mannequin dans les cas de masquage (aveuglement des points de repère du dispositif de capture par des éléments de l'environnement ou par des mouvements de l'opérateur) des repères capturés par le dispositif sur l'opérateur (Figure 43). Dans l'activité, le masquage des points de repère peut être le fait du mobilier environnant, par exemple dans le cas où l'opérateur doit se baisser dans une caisse pour saisir un objet, le capteur perd complètement les points de repères correspondants aux bras.

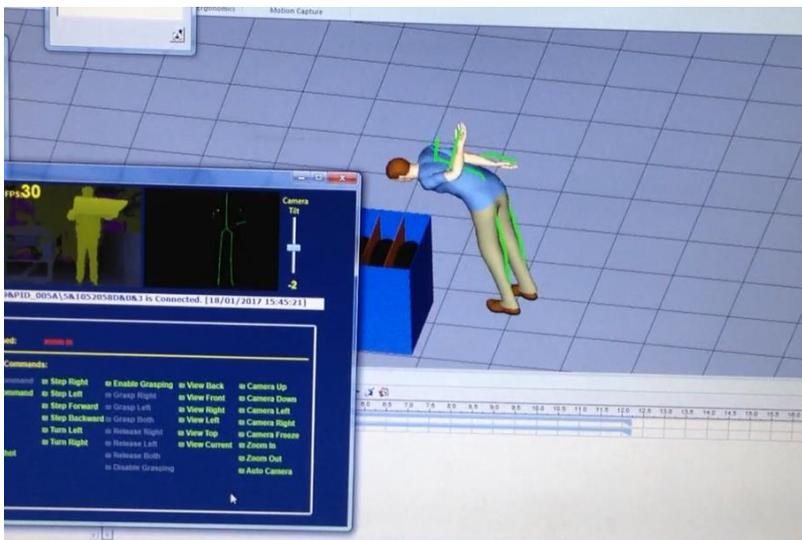


Figure 43 Exemple de déformation de posture du mannequin lors d'un masquage de point de repère sur une capture de mouvement par Kinect

Le masquage peut aussi s'opérer par des mouvements de l'opérateur quand il tient proche son bras droit et son bras gauche, le logiciel peut ne plus avoir la capacité de distinguer les deux points de repères et produit une interprétation erronée qu'il transmet au mannequin numérique. Dans ce cadre, l'évaluation du risque de TMS dans le logiciel par ce moyen est complètement défailante, le mannequin numérique adoptant des postures que la nature rend impossible à tous les êtres humains. Un système de capture du mouvement sur une base de capture optique avec capteurs pose, en plus des problématiques d'équipement de l'opérateur, les mêmes problématiques de masquage des points lors de l'activité que seul le traitement logiciel peut compenser, sauf à réaliser la capture hors situation de production dans un environnement épuré.

Si le logiciel de simulation 3D prend en compte la notion du temps dans la simulation d'un cycle de travail, il ne considère pas la répétition de ce même cycle tout au long d'une journée de travail autrement que par la répétition de ce même cycle. Ainsi, la variabilité et les stratégies de régulation de l'opérateur sont laissées de côté par le logiciel, ou demanderaient un temps de modélisation supplémentaire. Le logiciel de simulation de *Process* en 3d ne considère que le temps court. La notion de temps long est abordée par les logiciels de simulation de flux.

11.3.3. Les logiciels de simulation de flux

Les logiciels de simulation de flux permettent de modéliser les flux dans une organisation industrielle afin d'identifier les goulots d'étranglement et permettent de prédire les performances d'un système, ou de comparer les performances dans différents scénarii d'organisation. Notre terrain de thèse nous permet d'avoir accès à un logiciel de simulation de flux par évènements discrets : Plant Simulation (éditeur Siemens).

Nous avons mené une manipulation autour de notre logiciel de simulation de flux et de l'usage et ce qui peut en être fait dans l'évaluation des TMS. Lors de la formation d'un nouveau collègue, nous lui avons proposé de modéliser le fonctionnement d'un atelier de tri et conditionnement de visserie pour l'automobile, et d'inclure des éléments de l'activité des opérateurs de cet atelier. Dans le modèle, le contenu physique des différentes tâches attribuées à l'opérateur ainsi que la notion de compétences (notamment la maîtrise du changement de référence sur la machine) viendraient influencer la performance de l'opérateur dans le temps qu'il met à effectuer ses tâches. La modélisation permet d'identifier des problèmes potentiels dans l'organisation projetée. Elle permet aussi de tester différents scénarii organisationnels dans l'agencement des rotations de postes, mais aussi dans la gestion des compétences pour permettre d'identifier le scénario qui permet au mieux de résoudre le problème physique posé par l'organisation initiale.

Les logiciels de simulation de flux semblent être des outils puissants pour aborder les questions organisationnelles. Ils peuvent sur la base des données d'analyse de l'activité quantifier l'exposition des opérateurs à des contraintes physiques sur le temps long. Ils permettent d'inclure de la variabilité dans les logiques qui sont codées suivant les particularités du terrain ou suivant les stratégies des opérateurs. Ils permettent d'établir des données chiffrées visant à comparer des scénarii entre eux afin de déterminer le meilleur scénario sur la base de l'exposition aux contraintes. On peut même y inclure des modèles mathématiques de la fatigue en fonction de la répétition (El Mouayni et al, 2017). Ces outils nous demandent d'affiner les modèles mathématiques de la fatigue musculaire au travail. Ils peuvent nous pousser aussi à développer des modèles mathématiques de l'évolution des facteurs psychosociaux au travail afin de les inclure comme paramètres de la modélisation.

L'utilisation de ces logiciels nécessite cependant des ingénieurs en simulation de flux possédant des compétences en codage et en algorithmique. L'établissement d'un modèle,

même simple, demande un temps important dédié à la modélisation et repose sur la compréhension qu'a le modélisateur des mécanismes qu'il doit modéliser.

Les technologies que nous avons présentées dans cette partie sont des pistes de développements futurs pour la gestion des TMS dans le développement de l'industrie 4.0. Si les NTIC seront le nouveau support des futurs outils d'évaluation du risque de TMS, les technologies de simulation de *Process* industriels en 3D ou de simulation de flux sont plutôt vouées à être les outils accompagnant la construction des actions de prévention, ou permettant l'évaluation du risque de TMS dans des situations futures.

Une fois l'évaluation réalisée, le support de l'évaluation transmet les résultats vers le système de gestion de la démarche qui peut ainsi informer l'ergonome administrateur, mettre à jour le suivi des évaluations ainsi que rassembler les résultats dans la cartographie. Sur la base des éléments de l'évaluation, le système de gestion de la démarche doit permettre une priorisation de la construction des actions de prévention. Cette priorisation est ajustable aux réalités du terrain par l'ergonome administrateur de la démarche. Cette priorisation des situations à risque élevé de TMS doit permettre d'établir les besoins en analyses ergonomiques du travail menées par un ergonome afin de pouvoir lier dans l'analyse les déterminants, l'activité et ses effets afin de remonter aux causes et de construire des actions de prévention. Par ailleurs, des évaluations peuvent aussi identifier des pistes d'amélioration dans des situations de travail à risque de TMS faible ou moyen. Dans ce cas, un lien avec l'amélioration continue peut permettre de faciliter la mise en œuvre de ces améliorations. Dans le cas des situations de travail à faible risque de TMS et sans pistes de transformation, les situations sont simplement renvoyées pour une évaluation à la prochaine campagne (la périodicité des campagnes d'évaluation étant fixée par le système de gestion de la démarche), ou à la prochaine alerte.

La construction des actions de prévention que ce soit par l'analyse ergonomique du travail, ou par le biais d'une démarche d'amélioration continue peut nécessiter une phase de simulation reposant sur des technologies de simulation numérique comme traditionnelle (maquettage, simulation à l'échelle réelle etc...). La simulation de modification au poste de travail peut s'appuyer sur les technologies de simulation 3D de *process* industriel. La simulation de transformations organisationnelles peut s'appuyer sur un logiciel de simulation de flux pour choisir le scénario le plus performant sur le plan de la production et de l'exposition des opérateurs au risque de TMS. La simulation, notamment la simulation 3D de *process* industriels, peut fournir une évaluation de la future situation de travail. Il faut pour cela veiller à ce que les critères de l'outil d'évaluation soient inclus dans le logiciel de simulation. Les possibilités d'évaluation en simulation peuvent aussi permettre de choisir les solutions les plus favorables. Cela ne doit pas cependant exclure la construction sociale de ces solutions dans des groupes projets donnant la parole aux opérateurs de la situation de travail.

Une fois les transformations de la situation de travail arrêtées par le chantier, le système de gestion de la démarche doit en obtenir une trace en recueillant la synthèse du chantier. Il doit

aussi permettre un suivi de la réalisation des actions envisagées lors du chantier. Recueillir les synthèses de chantier peut aussi permettre d'établir une bibliothèque de retour d'expérience permettant d'alimenter la mémoire de l'organisation.

11.4. Perspectives de recherche

Nous évoquons dans cette partie les perspectives de recherche mises en évidence par notre travail de thèse. L'étape d'évaluation du risque de TMS est souvent le point d'entrée de la prévention du risque de TMS dans l'entreprise, et une étape intermédiaire ou transitoire avant la mise en œuvre d'une analyse ergonomique du travail. Les perspectives de recherche sont organisées autour de trois axes : le développement des outils d'évaluation du risque de TMS, le développement des supports d'évaluation du risque de TMS, la structuration des étapes d'évaluation du risque de TMS en entreprise et enfin le point de vue sur l'analyse de l'activité des ergonomes.

11.4.1. Le développement des outils d'évaluation du risque de TMS

Une première suite possible à nos travaux est le développement des outils d'évaluation du risque de TMS. Nous l'avons montré, le regard des outils d'évaluation du risque de TMS est majoritairement centré sur la vision biomécanique du risque. Le traitement des facteurs de risques psychosociaux et organisationnels est largement sous-dimensionné dans l'évaluation par ces outils. Des outils d'évaluation spécifiques aux risques psychosociaux existent : *Job Content Questionnaire* (JCQ) (Karasek, 1985), *Effort-Reward Imbalance* (ERI) (Siegrist, 1996). Ils permettent d'évaluer l'expression de facteurs de risques psychosociaux : demande psychologique, latitude décisionnelle, soutien social, équilibre entre les efforts et les récompenses et surinvestissement qui sont eux aussi impliqués dans l'apparition du risque de TMS (Stock & al., 2013). Des versions courtes (moins de 30 questions), validées scientifiquement, par des questionnaires d'évaluation des facteurs de risques psychosociaux existent. Ils sont plus souvent utilisés pour faire un inventaire de l'exposition aux facteurs de risques psychosociaux par catégorie professionnelle plutôt qu'individuellement pour chaque opérateur. Coupler l'évaluation du risque de TMS à l'évaluation des facteurs de risques psychosociaux par l'intermédiaire de ces questionnaires permettrait notamment d'être plus fin sur la détection précoce des TMS : pour une charge biomécanique faible ou modérée, la dégradation des facteurs de risque psychosociaux comme le soutien social ou la demande psychologique peut-être un indicateur précieux de l'expression à venir de douleurs physiques liées au travail.

Une évaluation plus précise des facteurs de risques psychosociaux devrait aussi permettre d'évaluer avec plus de précisions la suffisance de la marge de manœuvre situationnelle des opérateurs (Norval, 2019). Les indicateurs de suffisance de la marge de manœuvre situationnelle sont aussi une piste d'amélioration des outils d'évaluation du risque

de TMS. Elles offrent notamment un point de vue sur la situation de travail directement exploitable par un ergonomiste en analyse ergonomique du travail.

11.4.2. Le développement des supports d'évaluation du risque de TMS

Nos études ont mis en lumière la rareté de l'utilisation des NTIC dans l'évaluation du risque de TMS. En effet, les évaluateurs réalisent majoritairement les évaluations sur le terrain en mode « papier-crayon ». L'utilisation d'outils informatiques se fait au moment du traitement des données lorsqu'il existe des feuilles informatisées. De même, aucune application professionnelle ou aucun progiciel métier n'existe à notre connaissance pour permettre la gestion d'une étape d'évaluation du risque de TMS. Le développement de tels supports numériques, que ce soit pour l'évaluation ou pour la gestion de l'étape d'évaluation est une source de recherches futures.

Le développement de nouveaux supports nécessite de se poser des questions de conception pour :

- Faciliter l'activité des évaluateurs (FP1). L'évaluation directe sur un support numérique évite la reprise des données pour leur transfert sur un support informatique. Cela permettrait aux évaluateurs de gagner du temps. Un support informatique peut permettre de centraliser un certain nombre de fonctions assurées par des outils complémentaires (photographies, vidéos, mesures).
- Faciliter la remontée d'informations vers les administrateurs des étapes d'évaluation du risque de TMS (FP2 ; FP3).
- Faciliter le pilotage de la démarche de prévention (FP4), le déploiement des analyses ergonomiques du travail suite à l'évaluation du risque de TMS, le suivi des modifications tout au long des différents projets industriels.

Pour réaliser ce développement, de nouveaux travaux peuvent être nécessaires pour la conception de telles interfaces numériques. Ces travaux sur la conception de ces interfaces doivent être menés pour en garantir la performance et préserver la santé des utilisateurs :

- Du point de vue des sollicitations psychiques, la conception des IHM et applications doit être réalisée en tenant compte de l'activité particulière des évaluateurs du risque de TMS. Les interfaces doivent répondre aux règles ergonomiques de conception et garantir la possibilité de ne pas enfermer l'utilisateur dans des logiques contraires au sens de son activité.
- Du point de vue des sollicitations physiques, l'utilisation de support numérique peut avoir des contreparties physiques : le port prolongé du dispositif de saisie pose des contraintes biomécaniques et posturales qui doivent être prises en compte dans la conception des dispositifs et ce, de la même manière que pour le déploiement général des technologies numériques dans les situations de travail.

Il faut aussi veiller à ce que les applications permettent de développer les marges de manœuvre des administrateurs de l'étape d'évaluation du risque de TMS. La question de l'acceptabilité des nouveaux supports et la prise en compte de l'expérience utilisateur (Barcenilla & Bastien, 2009) dans leur développement est aussi une piste à creuser.

11.4.3. La structuration des étapes d'évaluation du risque de TMS en entreprise

Un troisième axe de recherche est celui de la structuration des étapes d'évaluation du risque de TMS du point de vue du système d'instruments. Il convient de se demander :

- Quels outils composent le système d'instruments, quelles sont les redondances et les complémentarités entre les outils d'évaluations ? Est-ce que les étapes d'évaluations doivent utiliser uniquement des outils spécifiques au risque de TMS ou le plus complet possible ? Est-ce que le système peut avoir des outils ne traitant qu'une dimension du risque de TMS (par exemple la dimension biomécanique), et d'autres outils en traitant une autre (par exemple psychosociale) ?
- Quels sont les objectifs de l'étape d'évaluation du risque de TMS ? Est-ce que l'étape a pour seul objectif une cartographie ? Quelle est la fréquence optimale de renouvellement de celle-ci, étant donné le contexte toujours changeant des situations de travail ? Comment est organisé le passage de la cartographie vers des analyses ergonomiques du travail, et comment est établi le plan d'action de prévention suite à la cartographie ? Enfin, est-ce que l'évaluation du risque de TMS doit être l'occasion de proposer des transformations des situations de travail dans le sens de la santé et quels outils sont nécessaires pour accompagner ces choix ?
- Quelles redondances de fonctions fonction doivent être présentes dans l'étape d'évaluation du risque de TMS ? Est-ce qu'il est nécessaire de combiner plusieurs outils d'évaluation des facteurs de risques avec des niveaux de précisions différents ? Est-ce que l'étape d'évaluation doit inclure des dispositifs de mesure de type CAPTIV® ou doit-on réserver l'utilisation de ces dispositifs à l'analyse ergonomique du travail ou à la recherche scientifique (physiologie du travail, biomécanique) ?
- Quels opérateurs choisir pour l'évaluation du risque de TMS ? Quel est le niveau d'implication des personnels dans l'étape d'évaluation ? On peut envisager :
 - o L'évaluation par les opérateurs
 - o L'évaluation par la hiérarchie
 - o L'évaluation par des Missionnés en ergonomie issus de l'effectifs de l'entreprise, qu'ils soient opérateurs ou techniciens., préventeurs etc...
 - o Evaluation par les ergonomes.

Quels sont les avantages et les inconvénients de l'implication de ces personnels dans l'évaluation du risque de TMS ? Quels sont les dispositifs de formation complémentaires qu'il faut mettre en place ? Quel est l'encadrement à donner à chaque type de système en fonction des évaluateurs retenus ?

- Quel pivot pour chaque niveau de l'étape d'évaluation ? quel sera l'instrument pivot, est-ce qu'il sera autour de l'outil d'évaluation du risque de TMS ou autour des outils de gestion ?

De manière générale, une perspective de recherche sur les systèmes d'instruments en général, afin de mieux comprendre les interactions entre les différents instruments au sein d'un système est aussi une perspective à poursuivre, afin d'obtenir des repères plus précis pour la conception de nouvelles étapes d'évaluation du risque de TMS.

11.4.4. Le point de vue de l'analyse du travail des ergonomes

Notre travail de thèse nous a permis de d'analyser les pratiques des ergonomes, surtout en milieu industriel. Nous avons déployé une méthodologie de recherche autour de l'analyse de l'activité pour analyser l'utilisation des outils d'évaluation du risque de TMS sur le terrain de recherche principal. Nous avons pu approcher dans nos travaux :

- L'activité d'ergonomes industriels à différents niveaux des structures dans lesquelles ils travaillent : ergonomes de site, ergonomes référent métier, ergonomes responsables de groupe etc...
- L'activité d'ergonomes consultants intervenant en sous-traitance dans les milieux industriels
- L'activité d'ergonomes en devenir : alternant en ergonomie et stagiaire.

Le regard sur les pratiques des ergonomes à différents niveaux nous donne des pistes à poursuivre :

- Sur l'amélioration des pratiques. Développer le regard sur les pratiques des ergonomes nous permet d'adopter un retour réflexif sur celles-ci et une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacent au déploiement d'étapes d'évaluation du risque de TMS et sur le rôle de l'ergonome dans ces étapes d'évaluation en fonction du contexte.
- Sur l'organisation de la formation des ergonomes. Les pratiques analysées nous montrent une diversité de rôle des ergonomes dans leurs carrières professionnelles. La poursuite de l'étude de cette diversité de pratique peut permettre d'ajuster la formation des ergonomes à des besoins identifiés, et peut aussi permettre de proposer des modules complémentaires permettant aux praticiens en ergonomie de se former tout au long de leur carrière professionnelle afin de répondre aux défis qui se présentent au fur et à mesure de l'avancée dans cette carrière professionnelle. Le développement de la recherche sur les pratiques peut aussi permettre de poser la question de l'échelon intermédiaire dans la profession. En effet, un ergonome diplômé peut sembler surdimensionné pour réaliser de simples missions d'évaluation du risque de TMS. La plus-value d'un ergonome sur ces missions est indéniable, mais un échelon intermédiaire pour réaliser les évaluations dans les entreprises peut-être une piste satisfaisante pour répondre aux enjeux soulevés par l'évaluation du risque de TMS. Le rôle d'évaluateur est majoritairement tenu par les étudiants en ergonomie, ce qui offre

peu de possibilités de continuité des démarches d'évaluation dans la plupart des cas. Une réflexion sur les possibilités d'organisation des études, notamment des alternances longues peut aussi être une opportunité d'une meilleure continuité et d'une meilleure formation. Cela peut aussi permettre aux étudiants de sécuriser leurs parcours de formation.

Conclusion générale

Les troubles musculosquelettiques (TMS) sont un enjeu majeur de santé au travail. L'évaluation du risque de TMS est une étape cruciale de l'identification des facteurs de risque pour le déploiement d'une politique de prévention adaptée. L'évaluation mobilise des acteurs différents utilisant des outils d'évaluation du risque de TMS aux propriétés variées. Ces outils, émergeant à partir des années 90, ont été marqués par une approche physiologique et biomécanique du risque TMS. Les facteurs professionnels y sont appréhendés de façon isolée (Leplat, 1978), et ils conduisent à centrer l'attention de leurs utilisateurs sur les dimensions locales du travail, alors que c'est souvent la combinaison des facteurs de risque dans la situation de travail qui est à l'origine des TMS (Coutarel, Daniellou & Dugué, 2005). L'évolution du modèle étiologique des TMS conduit à l'évolution des outils d'évaluation du risque de TMS. La notion d'instruments et celle de l'action instrumentée (Rabardel, 1997 ; Folcher & Rabardel, 2004) considère que l'utilisateur d'un outil reste rarement dans le cadre strict de l'utilisation prévue par les concepteurs. L'analyse des usages d'un outil d'évaluation du risque de TMS est indispensable au développement de futurs outils d'évaluation adaptés aux contraintes réelles des utilisateurs.

Notre thèse s'est intéressée aux outils d'évaluation du risque de TMS. Nous cherchions notamment à apprécier comment intégrer à de futurs outils numériques des caractéristiques plus favorables à l'évaluation de l'ensemble des facteurs risque TMS. Nous posons notamment l'hypothèse que les outils d'évaluation du risque de TMS étaient des instruments dont la conception et le modèle qu'ils portent médiatisent l'activité de l'évaluateur en ayant un impact sur le point de vue porté sur les TMS.

Nous avons mené l'analyse de 19 outils d'évaluation du risque de TMS issus de diverses sources comme la recherche scientifique, les institutions de prévention ou les entreprises. Cette analyse a mis en lumière que la prise en compte des facteurs physiques était prédominante dans les outils. Le traitement d'autres dimensions du risque de TMS comme les facteurs de risques psychosociaux est très partiel et ces facteurs de risques ne sont jamais combinés avec les autres dimensions du risque de TMS. Les combinaisons des facteurs de risques de TMS permises par les outils d'évaluation sont elles-mêmes très partielles dans les outils d'évaluation. Elles ne sont pas non plus constantes entre les outils et permettent à certains outils d'évaluation de porter un regard spécifique sur telle ou telle dimension du risque de TMS. Enfin, les outils d'évaluation sont conçus pour un utilisateur avec un niveau de compétence donné en ergonomie. Et le niveau de compétence présumé de l'utilisateur a une influence à la fois sur les facteurs de risques pris en compte par l'outil d'évaluation et sur le niveau de combinaison des facteurs de risques.

Nous avons aussi posé l'hypothèse que l'étape d'évaluation du risque de TMS était un système d'instruments au sein duquel étaient mis en œuvre plusieurs instruments par

plusieurs acteurs. Ce système devait notamment permettre l'atteinte d'un équilibre entre des objectifs d'efficacité et d'économie des ressources.

Pour répondre à cette hypothèse, nous avons réalisé l'analyse de l'usage d'un outil d'évaluation du risque de TMS par trois utilisateurs différents sur un terrain industriel. L'outil d'évaluation du risque de TMS utilisé lors de l'analyse offre un regard multifactoriel sur le risque de TMS. Les analyses d'usages des outils d'évaluation du risque de TMS sur 29 situations de travail nous ont permis d'établir des repères de conception pour de futurs outils d'évaluation du risque de TMS. Les résultats de cette étude nous permettent d'établir que l'évaluation du risque de TMS mobilise un ensemble d'outils au-delà du seul outil d'évaluation pour sa réalisation. Les repères de conception issus de cette analyse montrent qu'un outil d'évaluation du risque de TMS doit s'inscrire dans une démarche complète tenant compte des compétences de l'utilisateur. L'ensemble des outils mobilisés par les acteurs lors de l'évaluation du risque de TMS constitue un système d'instruments que l'utilisateur de l'outil mobilise en fonction de ses compétences en ergonomie et des difficultés qu'il rencontre lors de l'évaluation de la situation de travail. Ce système d'instruments permet à l'utilisateur de l'outil de porter un premier regard sur l'activité de l'opérateur dans la situation de travail évaluée. Ces pratiques peuvent néanmoins engendrer de la confusion entre évaluation du risque de TMS et analyse ergonomique du travail en posant la question de l'impact de cette confusion sur la prévention des TMS.

En troisième hypothèse, nous avons avancé que les conditions collectives contribuent dans l'organisation à la communication avec les autres systèmes d'instruments, ce qui doit être l'une des conditions parmi d'autres d'une prévention durable du risque de TMS. Pour répondre à cette hypothèse, nous avons analysé une réunion de restitution de l'évaluation du risque de TMS entre divers acteurs sur un terrain industriel. Nous avons établi que l'outil d'évaluation du risque de TMS est central dans la perception des facteurs de risque de TMS pour l'ensemble des acteurs impliqués dans la transformation des situations de travail.

Enfin, pour questionner la portée de nos résultats, nous avons mené des entretiens au sein de deux autres groupes industriels pour avoir un aperçu de leurs étapes d'évaluation du risque de TMS. Ces entretiens nous ont permis d'établir des points communs et des différences en fonction des contextes propres à chaque groupe industriel. Ils nous ont permis surtout d'extraire des invariants dans l'organisation des systèmes d'instruments des étapes d'évaluation du risque de TMS.

Les conclusions de cette recherche nous permettent d'envisager un cadre pour le développement de futurs outils d'évaluation du risque de TMS au sein d'un système d'instruments. Ces systèmes d'instruments doivent notamment inclure des outils d'évaluation du risque de TMS permettant un regard plus large sur les facteurs de risque de TMS et doivent tenir compte de l'activité des divers acteurs impliqués dans les étapes d'évaluation du risque de TMS. Les technologies des NTIC sont encore peu utilisées dans les étapes d'évaluation du risque de TMS. Un travail de recherche est encore à mener pour l'adaptation des outils

d'évaluation au format numérique et pour le développement des outils supports de l'étape d'évaluation du risque de TMS. De tels développements sont souhaitables si l'on prend garde à ne pas entretenir une confusion entre évaluation du risque de TMS et analyse de l'activité.

Références bibliographiques

- Albert, V., Vézina, N., Bilodeau, H., & Coutarel, F. (2017). Comment et pourquoi : proposition d'un modèle d'évaluation des processus de la phase de développement d'interventions ergonomiques. Cadre méthodologique d'une évaluation de la phase de développement d'interventions ergonomiques. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* (19-3).
- Albin, T. J. (2012). Measuring the validity and reliability of ergonomic checklists. *Work*, 43(3), 381-385.
- Aptel, M., Lafaurie, S., Tronchet, L., & Atain-Kouadio, J. J. (2000). *OREGE : un outil simple d'évaluation des facteurs de risque biomécaniques de TMS du membre supérieur*. INRS.
- Armstrong, T. J., Buckle, P., Fine, L. J., Hadberg, M., Jonsson, B., Kilbom, A., & Viikari-Juntura, E. R. (1993). A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. *Scandinavian journal of work, environment & health*, p73-84.
- Bao, S., Howard, N., Spielholz, P., Silverstein, B., & Polissar, N. (2009). Interrater reliability of posture observations. *Human Factors*, 51(3), 292-309.
- Babinski, J. (1899). De l'asynergie cérébelleuse. *Revue neurologique*, 7, 806-816.
- Barcenilla, J., & Bastien, J. M. C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies: quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur?. *Le travail humain*, 72(4), 311-331.
- Bellemare, M., & Baril-Gingras, G. (2011) Outils pour apprécier les aspects socio-organisationnels lors d'une intervention de prévention. In *Troisième Congrès francophone sur les troubles musculosquelettiques (TMS). Échanges et pratiques sur la prévention/Organisé par l'Anact et Pacte*. Grenoble, France
- Bellemare, M., & IRSST (Québec). (2002). *La transformation des situations de travail par une approche participative en ergonomie: une recherche intervention pour la prévention des troubles musculo-squelettiques*. Montréal: IRSST.
- Bellemare, M., & IRSST (Québec). (2002). *La transformation des situations de travail par une approche participative en ergonomie : une recherche intervention pour la prévention des troubles musculo-squelettiques*. Montréal : IRSST.
- Bobillier Chaumon, M. E. (2013). *Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies dans l'activité : questions et perspectives pour la psychologie du travail*. Habilitation à diriger les recherches, UPMF.
- Bongers PM, Ijmker S, Van den Heuvel S, et al. (2006), Epidemiology of work-related neck and upper limb problems: Psychosocial and personal risk factors (Part I) and effective intervention from a bio behavioural perspective. *J Occup Reha-bil*, 16, 279-302.
- Bourgeois, F., & Hubault, F. (2005). Prévenir les TMS. De la biomécanique à la revalorisation du travail, l'analyse du geste dans toutes ses dimensions. *@ ctivités*, 2(1), 19-36.
- Bourgeois, F., Lemarchand, C., Hubault, F., Brun, C., Polin, A., Fauchoux, J. M., & Albert, E. (2000). *Troubles musculosquelettiques et travail. Quand la santé interroge l'organisation*. Lyon, F.: Editions de l'ANACT.
- Bourmaud, G. (2006). *Les systèmes d'instruments : méthodes d'analyse et perspectives de conception* (Doctoral dissertation, Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis).

- Buchmann, W. & Landry, A. (2010). Intervenir sur les TMS. Un modèle des Troubles Musculo-squelettiques comme objet intermédiaire entre ergonomes et acteurs de l'entreprise. *Activités* 7(2), 84-103, <http://www.activites.org/v7n2/v7n2.pdf>.
- Cail, F., M. Aptel, and P. Franchi. (1996) "Les troubles musculosquelettiques du membre supérieur." *Guide pour les préventeurs. Paris, INRS, ED 797* : 64.
- Caroly, S. (2010). Activité collective et réélaboration des règles : des enjeux pour la santé au travail. HDR, Sciences de l'Homme et Société. Université Victor Segalen - Bordeaux II
- Caroly, S., Coutarel, F., Escriva, E., Roquelaure, Y., Schweitzer, J. M., & Daniellou, F. (2008). La prévention durable des TMS : Quels freins ? Quels leviers d'action ? Rapport de recherche pour la Direction Générale du Travail.
- Caroly, S., Major, M.-È., Probst, I., & Molinié, A.-F. (2013). Le genre des troubles musculosquelettiques. *Travail, genre et sociétés*, 29(1), 49-67.
- Cartron, D. & Gollac, M. (2002). Fast work et maltravail. Conférence au colloque "*Organisation, intensité du travail, qualité du travail*", Paris, 21-22 nov., 15 p.
- Chassaing, K. (2010). Les «gestuelles» à l'épreuve de l'organisation du travail: du contexte de l'industrie automobile à celui du génie civil. *Le travail humain*, 73(2), pp. 163-192.
- Chatigny, C. (2001). Les ressources de l'environnement : au cœur de la construction des savoirs professionnels en situation de travail et de la protection de la santé. *Pistes*, 3(2), <http://www.pistes.uqam.ca/v3n2/articles/v3n2a7.htm>
- Chatigny, C. (2002, juillet). *Ressources de l'environnement et construction des savoirs professionnels en situation de travail*. Communication présentée au 12e congrès de psychologie du travail et des organisations, Louvain-la-Neuve, Belgique.
- Chiasson, M. È., Imbeau, D., Aubry, K., & Delisle, A. (2012). Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(5), 478-488.
- Clot Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2001). Entretiens en auto-confrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Éducation Permanente*, 146, 17-25.
- Clot, Y. (1995). *Le travail sans l'homme ? Pour une psychologie des milieux de travail et de vie*. Paris : La Découverte.
- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Paris: PUF.
- Clot, Y. (2001). Psychopathologie du travail et clinique de l'activité. *Education permanente*, 146, 35-49.
- Clot, Y., Fernandez, G., & Scheller, L. (2007). Le geste de métier : la transmission comme reconception. *Psychologie de l'interaction*, 8, 111-126.
- CNAMTS (2018). *Statistiques de sinistralité 2016 tous CTN et par CTN. Etude 2017-197-CTN*. Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés Direction des Risques professionnels-Mission Statistiques
- Coenen, P., Kingma, I., Boot, C. R., Bongers, P. M., & van Dieën, J. H. (2015). Detailed assessment of low-back loads may not be worth the effort: A comparison of two methods for exposure-outcome assessment of low-back pain. *Applied ergonomics*, 51, 322-330.
- Coutarel, F. (2004). *La prévention des troubles musculo-squelettiques en conception : quelles marges de manœuvre pour le déploiement de l'activité ?* (Doctoral dissertation, Université Victor Segalen-Bordeaux II).
- Coutarel, F. (2004). *La prévention des troubles musculo-squelettiques en conception : quelles marges de manœuvre pour le déploiement de l'activité ?* (Doctoral dissertation, Université Victor Segalen-Bordeaux II).

- Coutarel, F. (2011). Des "TMS" aux "RPS", quand tout nous invite à parler "Travail". In F. Hubault., *Risques PsychoSociaux : quelle réalité, quels enjeux pour le travail?* (pp.99-119). Toulouse, F : Octarès Editions.
- Coutarel, F. (2015). Les gestes répétitifs. *Les risques du travail*, 207-210.
- Coutarel, F., & Petit, J. (2013). Prévention des TMS et développement du pouvoir d'agir. In Falzon, P. (dir), *Ergonomie constructive* (pp. 175-190). Paris : PUF
- Coutarel, F., & Petit, J. (2013). Prévention des TMS et développement du pouvoir d'agir. *Ergonomie constructive.*, 175-190.
- Coutarel, F., Aptel, M., & Roquelaure, Y. (2010). Enjeux autour de l'investigation par le champ sportif de la santé au travail : le cas de Troubles Musculo- Squelettiques. In C. Sobry, *Sport et Travail* (pp. pp.353-368). L'Harmattan.
- Coutarel, F., Daniellou, F., & Dugué, B. (2005). La prévention des troubles musculo-squelettiques : quelques enjeux épistémologiques. *Activités*, 2(1), 3-19.
- Coutarel, F., Caroly, S., Vézina, N., & Daniellou, F. (2015). Marge de manœuvre situationnelle et pouvoir d'agir : des concepts à l'intervention ergonomique. *Le travail humain*, 78(1), 9-29.
- Cox, T., Griffiths, A., & Rial-Gonzalez, E. (2000). *Research on work--related stress*. Rapport pour l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, Luxembourg, 167 p.
- Cramif (2012) *Aide au repérage de situations à risque de troubles musculosquelettiques (TMS) pour les TEP/PME du secteur de la métallurgie*. Repéré à <https://www.cramif.fr/pdf/risques-professionnels/dte-228-aide-reperage-situations-a-risque-TMS-pour-TPE-PME-secteur-metallurgie.pdf>
- Daniellou, F. (1985). La conduite de processus chimiques, présence et pression du danger. In C. Dejours, C. Veil, & A. Wisner (Dir.), *Psychopathologie du travail*, Entreprise moderne d'édition. Paris
- Daniellou, F. (1998). Une contribution au nécessaire recensement des « Repères pour s'affronter aux TMS », in F. Bourgeois (Ed.), *TMS et évolutions des conditions de travail*. ANACT : Études et documents, document téléchargeable à l'adresse <http://www.anact.fr/sante/tms/index.html>
- Daniellou, F. (1999). *Le statut de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception*. Collection Thèses et Mémoires. Editions Laboratoire d'Ergonomie des Systèmes Complexes. Université Victor Segalen Bordeaux 2. ISPED.
- Daniellou, F. (2006). Entre expérimentation réglée et expérience vécue. Les dimensions subjectives de l'activité de l'ergonome en intervention. *Activités*, 3(3-1).
- Daniellou, F., & Rabardel, P. (2005). Activity-oriented approaches to ergonomics: some traditions and communities. *Theoretical issues in Ergonomics science*, 6(5), 353-357.
- Daniellou, F., Durafourg, J., Guérin, F., Kerguelen, A., & Laville, A. (2006). *Comprendre le travail pour le transformer*. Lyon, F. : ANACT, La pratique de l'ergonomie.
- Daubas-Letourneux, V., & Thébaud-Mony, A. (2002). *Organisation du travail et santé dans l'Union Européenne*. Rapport pour la Fondation Européenne pour l'amélioration des conditions de vie et de travail, 102 p.
- De Terssac, G., & Chabaud, C. (1990). Référentiel opératif commun et fiabilité. *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*, 111-139.
- De Terssac, G., & Lompré, N. (1995). Pratiques organisationnelles dans les ensembles productifs : essai d'interprétation. *Ergonomie et production industrielle. L'homme dans les nouvelles organisations*, 253-252.
- Devereux, J. & Buckle, P. (1998). The impact of Work Organisation Design and Management Practices upon Work Related Musculoskeletal Disorder Symptomology. In P. Vink, E.A.P. Koningsveld, & S.

- Dhondt (éds), *Human Factors in Organizational Design and Management – VI* (pp. 275-279). Elsevier.
- Dhondt, S. (1997). *Time constraints and autonomy at work in the European Union*. Fondation européenne pour l'amélioration des conditions de travail. Dublin
- El Mouayni, I., Etienne, A., Siadat, A., Dantan, J. Y., & Lux, A. (2017). AEN-PRO: Agent-based simulation tool for performance and working conditions assessment in production systems using workers' margins of manoeuvre. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 14236-14241.
- Engstrom, Y. (2000). Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work. *Ergonomics*, 43(7), 960-974.
- Faverge, J. M. (1966). L'analyse du travail en terme de régulation. In *L'ergonomie des processus industriels* (pp. 33-60). Bruxelles
- Fernandez, G. (2004). Développement d'un geste technique: histoire du freinage en Gare du Nord. (Doctoral dissertation, CNAM).
- Feyereisen, P., & de Lannoy, J. D. (1985). *Psychologie du geste*. Bruxelles : Mardaga.
- Forrierre, J. (2008). *La prévention du risque routier professionnel par l'analyse de l'activité : le cas des conducteurs de travaux des travaux publics* (Doctoral dissertation, Lille 3).
- Galey, L. (2019). *Comprendre les situations d'exposition aux nanoparticules par l'intégration de l'activité de travail à la mesure : vers une construction de la prévention* (Doctoral dissertation).
- Gaudez, C., & Aptel, M. (2008). Les mécanismes neurophysiologiques du mouvement, base pour la compréhension du geste. *Le travail humain*, 71(4), 385-404.
- Gollac, M. & Volkoff, S. (1996). Citius, Altius, Fortius. L'intensification du travail. In *Actes de la recherche en Sciences Sociales*, sept. 96, n° 114.
- Guelaud, F., & Delamotte, Y. (1975). *Pour une analyse des conditions du travail ouvrier dans l'entreprise*. Rapport de recherche du Laboratoire d'Economie et Sociologie du Travail. Paris, Librairie Armand Colin
- Guérin, F., Droit, S., Salembier, F., Berthet, M. (1985). *Analyse de l'activité et qualité de la production dans une usine d'assemblage*. Rapport du Lab. d'Ergonomie et de Neurophysiologie du Travail du cnam, Paris, 250.
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (2006). *Comprendre le travail pour le transformer : la pratique de l'Ergonomie*. : Ed ANACT, Lyon.
- Hagberg, M., Silverstein, B., Wells, R. & al. (1995). *Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs). A reference book for prevention*. Taylor & Francis
- Hubault, F. (1998). Articulations rigides pour coordinations souples? Les TMS comme syndrome de la crise du modèle taylorien de régulation. *TMS et évolution des conditions de travail, actes du séminaire Paris I* (pp. 47-53). Paris: F. Bourgeois (éd.).
- Imbeau, D., & Fradet, C. (2004). Outils d'évaluation des facteurs de risques de TMS. *Presentation to Prevention-Inspection Management ergonomists of La Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST), CSST Headquarters, Montréal, Québec, Canada*.
- INRS (2015). Outils d'évaluation des facteurs de risque biomécaniques - Risques. Repéré à l'adresse : <http://www.inrs.fr/risques/tms-troubles-musculosquelettiques/outils-evaluation-facteurs-risque-biomecaniques-.html>
- Jeantet, A. (1998). Les objets intermédiaires dans la conception. Eléments pour une sociologie des processus de conception. *Sociologie du travail*, 40(3), p.291-316.

- Joines, S. M., & Sommerich, C. M. (2001). Comparison of self-assessment and partnered-assessment as cost-effective alternative methods for office workstation evaluation. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28(6), 327-340.
- Juul-Kristensen, B., Fallentin, N., & Ekdahl, C. (1997). Criteria for classification of posture in repetitive work by observation methods: A review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(5), 397-411.
- Karasek, R. A. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign. *Administrative science quarterly*, 24 (2), p.285-308.
- Karasek, R. 1985, *Job content questionnaire and user's guide*, Department of Industrial and Systems Engineering, University of Southern Los Angeles, California.
- Karasek, R. A. & Theorell, T. (1990). *Healthy work: Stress, Productivity, and the Reconstruction of the Working Life*. New-York, Basic Books.
- Kausto J, Miranda H, Pehkonen I, et al. (2010), The distribution and co-occurrence of physical and psychosocial risk factors for musculoskeletal disorders in a general working population. *Int Arch Occup Environ Health*, 84, p.773-788.
- Kilbom, A. (1997). Work technique – scientific and practical issues, definitions, and relation to musculoskeletal injuries. In *IEA'97 Proceedings* (vol. 4, pp. 289-291), Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health,
- Kompier, M. & Levy, L. (1994). *Stress at work: causes, effects and prevention*. Fondation européenne pour l'amélioration des conditions de vie et de travail. Dublin
- Krause N, Burgel B, Rempel D. (2010), Effort-reward imbalance and one-year change in neck-shoulder and upper extremity pain among call center computer operators. *Scand J Work Environ Health*, 36, 42-53.
- Kumar, S., Narayan, Y., & Moro, L. (2004). Measurement and prediction of cumulative load in X-ray technologists. *Proceedings of the Fifth International Scientific Conference on Prevention of Work-related Musculoskeletal disorders*. Zurich
- Kuorinka, I. (1999). Le transformable – Mutatis Mutandis. In *TMS et évolution des conditions de travail – Les actes du séminaire, Paris 1998* (pp. 54-58). Lyon, F. : Editions de l'ANACT, Etudes et Documents.
- Kuorinka, I., & Forcier, L. (1995). *LATR-Les lésions attribuables au travail répétitif*. Maloigne: Edition Multimondes IRSST.
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., & Jørgensen, K. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied ergonomics*, 18(3), 233-237.
- Lasfargues, G., Roquelaure, Y., Fouquet, B., & Leclerc, A. (2003). *Pathologies ostéoarticulaires par hypersollicitation d'origine professionnelle*. Masson, Paris, 2003, 141 p.
- Laville, A. (1968). Cadence de travail et posture. *Le travail humain*, 1-2, 73-94.
- Laville, A., Teiger, C., Duraffourg, J. & Raquillet, M. (1973). *Charge de travail et vieillissement*. Rapport n° 40. Paris : Laboratoire de physiologie du travail et d'ergonomie du CNAM.
- Leclerc, A., Franchi, P., Cristofari, M.F., Delemotte, B., Mereau, P., Teyssier-Cotte, C. & Tourranchet, A. (1996). Affections périarticulaires des membres supérieurs et organisation du travail. Résultats de l'enquête épidémiologique nationale. In *Document pour le Médecin du travail*, 65,13-31.
- Leclerc, A., Franchi, P., Cristofari, M.F., Delemotte, B., Méreau, P, Teyssier-Cotte, C. & Tourranchet, A. (1998). Carpal tunnel syndrome and work organisation in repetitive work: a cross sectional study in France. *Occupational and Environmental Medecine*, 55, 180-187.

- Lefort, B. (1978). *L'emploi d'outils dans la résolution de problèmes pratiques*. Thèse de Doctorat. Université de Dijon.
- Lefort, B. (1982). L'emploi des outils au cours de tâches d'entretien et la loi de Zipf-Mandelbrot. *Le Travail Humain*, 45(2), 307-316.
- Leontiev, A. (1976). *Le développement du psychisme. Problèmes*. Paris : Editions sociales. (Original publié 1972)
- Leontiev, A. (1984). *Activité, conscience, personnalité* (G. Dupond, trad.). Editions du Progrès. (Original publié 1975)
- Leplat, J. (1978). L'équivalence des situations de laboratoire et de terrain. *Le travail humain*, 41(2), p.307-318.
- Leplat, J. (2006). La notion de régulation dans l'analyse de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 8(1).
- Li, G., & Buckle, P. (1998). A practical method for the assessment of work-related musculoskeletal risks- Quick Exposure Check (QEC). In *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting* (Vol. 42, No. 19, pp. 1351-1355). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied ergonomics*, 24(2), 91-99.
- Malchaire, J. (1995). *Pathologie musculosquelettique du membre supérieur*. Rapport final. SSTC.
- Malchaire, J. (2007). *Stratégie SOBANE et guide de dépistage Déparis*. Direction générale Humanisation du travail. Bruxelles.
- Malchaire, J., Cock, N., & Vergracht, S. (2001). Review of the factors associated with musculoskeletal problems in epidemiological studies. *International archives of occupational and environmental health*, 74(2), 79-90.
- Malchaire, J., Gauthy, R., Piette, A., & Strambi, F. (2011). *Classification de méthodes d'évaluation et/ou de prévention des risques de troubles musculosquelettiques*. Bruxelles : European Trade Union Institute (ETUI).
- Malet, D., & Benckroun, T.-H. (2016). Simuler les activités pour développer les pratiques professionnelles : le cas de la formation à la manutention des patients. *Activités [En ligne]*, 13-1 | 2016, mis en ligne le 15 avril 2016.
- March, L., Smith, E. U., Hoy, D. G., Cross, M. J., Sanchez-Riera, L., Blyth, F., ... & Woolf, A. D. (2014). Burden of disability due to musculoskeletal (MSK) disorders. *Best practice & research Clinical rheumatology*, 28(3), 353-366.
- Martin, P., Brand, F., & Servais, M. (1999). Correlation of the Exposure to a Pollutant with a Task-Related Action or Workplace: The CAPTIV™ System. *The Annals of occupational hygiene*, 43(4), 221-233.
- Mathiassen, S. E. (2006). Diversity and variation in biomechanical exposure: what is it, and why would we like to know? *Applied Ergonomics*, 37(4), 419-427.
- Mathiassen, S. E., Liv, P., & Wahlström, J. (2013). Cost-efficient measurement strategies for posture observations based on video recordings. *Applied ergonomics*, 44(4), 609-617.
- Minguy, J. L. (1997). Concevoir aussi dans le sillage de l'utilisateur. *International journal of design and innovation research*, 10, 59-78.
- Moon, S. D., & Sauter, S. L. (1996). *Psychosocial aspects of musculoskeletal disorders in office work*. Taylor & Francis, Bristol, UK.

- Moore, S., & Garg, A. (1994). Upper extremity disorders in a pork processing plant: relationships between job risk factors and morbidity. *American Industrial Hygiene Association*, 55(8),703-715.
- Nahon, P., & Arnaud, S. (2001). Analyse des situations de travail, Interactions en chaîne. *Santé et travail*,35,48-49.
- National research council. (2001), *Musculoskeletal Disorders and the Workplace: Low back and Upper Extremity musculoskeletal disorders*. National Academy Press, Washington, DC.
- Neumann, P. (2006). *Inventory of tools for ergonomic evaluation*. Arbets livsinstitutet, förlagstjänst.
- Norval, M. (2019). *Les outils simples d'évaluation du risque d'apparition des troubles musculo-squelettiques (TMS) : quelle intégration de la marge de manœuvre situationnelle (MMS) dans le cadre du repérage des situations à risques ?* (Doctoral dissertation).
- Occhipinti, E. (1998). OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41(9), 1290-1311.
- Pastré, P., & Rabardel, P. (2005). *Modèles du sujet pour la conception : dialectiques, activités, développement*. Toulouse, F : Octarès.
- Patissier, P., & Ramazzini, B. (1822). *Traité des maladies des artisans: et de celles qui résultent des diverses professions, d'après Ramazzini*. Paris : J.-B. Baillière.
- Pereira, M. J., Straker, L. M., Comans, T. A., & Johnston, V. (2016). Inter-rater reliability of an observation-based ergonomics assessment checklist for office workers. *Ergonomics*, 59(12), 1606-1612.
- Petit, J., Querelle, L. & Daniellou, F. (2007). Quelles données pour la recherche sur la pratique de l'ergonome ? *Le travail humain*, vol. 70(4), 391-411. Doi :10.3917/th.704.0391.
- Piganiol, C. (1980). *Techniques et politiques d'amélioration des conditions de travail dans l'entreprise*. Paris : Entreprise moderne d'édition.
- Pujol, M., & Assoun, J. (1993). *Pathologie professionnelle d'hypersollicitation: atteinte périarticulaire du membre supérieur*. Paris: Masson.
- Putz-Anderson, V. (1988). *Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*. London: Taylor & Francis.
- Rabardel, P. (1993). *Les activités avec instruments* (Doctoral dissertation).
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies ; approche cognitive des instruments contemporains* (p. 239). Paris : Armand Colin.
- Rabardel, P. (1997). Activités avec instruments et dynamique cognitive du sujet. *Outils et signes. Perspectives actuelles de la théorie de Vygotski*, Bern, SW : Peter Lang, 35-49.
- Rabardel, P. (2005). *Modèles du sujet pour la conception : dialectiques activités développement*. Toulouse, F.: Octarès.
- Rabardel, P., & Bourmaud, G. (2003). From computer to instrument system: a developmental perspective. *Interacting with computers*, 15(5), 665-691.
- Rabardel, P., & Vérillon, P. (1985). Relations aux objets et développement cognitif. *Actes des septièmes journées internationales sur l'éducation scientifique*. Chamonix, F.
- Rabardel, P., Carlin, N., Chesnais, M., Lang, N., Le Joliff, G., & Pascal, M. (2002). *Ergonomie concepts et méthodes*. Toulouse, F. : Octarès.
- Rabardel, P., & al. (2005). Modèles du sujet pour la conception. Toulouse, F. : Octarès
- Roquelaure, Y. (2002). La prévention des TMS : nouvelles approches ? In *Archives des Maladies Professionnelles*, 63 (3-4), pp. 286-287.

- Roquelaure, Y. (2003). In G. Lasfarques, Y. Roquelaure, B. Fouquet, & A. Leclerc, *Pathologie d'hypersollicitation périarticulaire des membres supérieurs* (chap. 2, pp. 27-53), Paris : Masson.
- Roquelaure, Y. (2015). Musculoskeletal disorders: a major challenge for occupational risk prevention in Europe. *ETUI Policy Brief*, 9, 2015.
- Roquelaure, Y., Asselin, A., Foucher, A., Dano, C., Fanello, S., & Penneau-Fontbonne, D. (1996). Facteurs de risque des troubles musculo-squelettiques du membre supérieur liés au travail. *Performances humaines & techniques*, 82,18-26.
- Roquelaure, Y., Leclerc, A., Coutarel, F., Brunet, R., Caroly, S., Daniellou, F. (2012). Comprendre et intervenir. Enquêtes épidémiologiques et approches ergonomiques à propos des troubles musculo-squelettiques du membre supérieur. In C. Courtet, M. Gollac (Dir.), *La santé négociée* (pp. 173-187). Paris : La Découverte.
- Roquelaure, Y., Malchaire, J., Cock, N., Martin, Y., Piette, A., Vergracht, S., . . . Leboulanger, M. (2001). Evaluation d'une méthode de quantification de l'activité gestuelle au cours des tâches répétitives de production de masse. *Documents pour le médecin du travail*, 86, 167-176.
- Roquelaure, Y., Mariel, J., Benetti, A., Elia, C., Fanello, S., Bureau, D., ... & Penneau-Fontbonne, D. (1999). Surveillance active des TMS et de leurs facteurs de risque : Epidémiologie en santé et travail. *Revue de médecine du travail*, 26(1), 35-41.
- Roquelaure, Y., Méchali, S., Dano, C., Fanello, S., Benetti, F. & Bureau, D. (1997). Occupational and personal risk factors for carpal tunnel syndrome in industrial workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 23 (5), 364-369.
- Rosecrance, J. C., Ketchen, K. J., Merlino, L. A., Anton, D. C., & Cook, T. M. (2002). Test-retest reliability of a self-administered musculoskeletal symptoms and job factors questionnaire used in ergonomics research. *Applied occupational and environmental hygiene*, 17(9), 613-621.
- Rosecrance, J., Paulsen, R., & Murgia, L. (2017). Risk assessment of cheese processing tasks using the Strain Index and OCRA Checklist. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 61, 142-148.
- Russell, D. W., Altmaier, E., & Van Velzen, D. (1987). Job-related stress, social support, and burnout among classroom teachers. *Journal of Applied Psychology*, 72(2), 269.
- Saint-Vincent, M., Vézina, N., & Bellemare, M. (2011). *L'intervention en ergonomie*. Multimondes. Québec
- Salvendy, G. & Smith, M.J. (1981). *Machine pacing and occupational stress*. London: Taylor & Francis.
- Selye, H. (1956). *The stress of life*. McGraw-Hil. New York
- Siegrist, J. (2002). *Effort-reward imbalance at work and health*. Perrewe, P. and Ganster, D. (Ed.) *Historical and Current Perspectives on Stress and Health (Research in Occupational Stress and Well Being, Vol. 2)*, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, pp. 261-291.
- Simonet, P. (2011). *L'hyposocialisation du mouvement : prévention durable des troubles musculo-squelettiques chez les fossoyeurs municipaux*. Thèse de psychologie du travail. Soutenue le 5 décembre 2011. Paris CNAM.
- Six, F. (1999). De la prescription à la préparation du travail : apports de l'ergonomie à la prévention et à l'organisation du travail sur les chantiers du bâtiment. *Document pour l'habilitation à Diriger des Recherches*. Lille : Université Charles de gaulle Lille3.
- Six, F., Carlin, N., Fraisse, A., Vandevyver, B. (1992) *Méthode d'analyse et d'évaluation des conditions de travail sur les chantiers du BTP*, Guide utilisateur. Lille, F : GERN/OPPBTP
- Somville, P.-R. (2007). Évaluation de l'exposition professionnelle aux facteurs de risque mécaniques de la lombalgie dans un contexte épidémiologique. *Université de Liège*.

- Stock, S., Nicolakakis, N., Messing, K., Turcot, A., & Raiq, H. (2013). Quelle est la relation entre les troubles musculo-squelettiques (TMS) liés au travail et les facteurs psychosociaux ? Survol de diverses conceptions des facteurs psychosociaux du travail et proposition d'un nouveau modèle de la genèse des TMS. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 15(2).
- Sukadarin, E. H., Deros, B. M., Ghani, J. A., Mohd Nawati, N. S., & Ismail, A. R. (2016). Postural assessment in pen-and-paper-based observational methods and their associated health effects: a review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 22(3), 389-398.
- Sznelwar, L. I., Mascia, F. L., & Bouyer, G. (2006). L'empêchement au travail: une source majeure de TMS? *Activités* 3(2), pp. 28-45.
- Takala, E. P., Pehkonen, I., Forsman, M., Hansson, G. Å., Mathiassen, S. E., Neumann, W. P., ... & Winkel, J. (2010). Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 3-24.
- Teiger, C. (2002). Origines et évolution de la formation à la prévention des risques « gestes et postures » en France. *Relations industrielles / Industrial Relations*, 57(3), pp. 431-462.
- Teiger, C., Laville, A. & Duraffourg, J. (1973). *Tâches répétitives sous contrainte de temps et charge de travail*. Rapport n° 39, 209 p. Paris : Laboratoire de physiologie du travail et d'ergonomie du CNAM.
- Thibault, J. F., Merlin, X., & Garrigou, A. (2013). De la production à l'usage de la mesure, quelle appropriation par deux entreprises industrielles ? Pour quelle prévention des TMS ? *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (15-2).
- Van Rijn RM, Huisstede BAM, Koes BW, et al. (2010), Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder – a systematic literature review. *Scand J Work Environ Health*, 36, 189-201.
- Vézina, N. (1999). Stress et psychodynamique, de nouvelles convergences. *Travailler*, 2,201-218.
- Vézina, N. (2000). *Quelles sont les relations entre travail et TMS ?* Nancy, F :INRS (eds.).
- Vézina, N. (2001). La pratique de l'ergonomie face aux TMS : ouverture à l'interdisciplinarité. *Comptes rendus du congrès SELF-ACE*. Montreal
- Vézina, N., Ouellet, S., & Major, M. E. (2009). Quel schéma corporel pour la prévention des troubles musculo-squelettiques ? *Corps*, (1), 61-68.
- Vidal-Gomel, C. (2002). Systèmes d'instruments des opérateurs. Un point de vue pour analyser le rapport aux règles de sécurité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (4-2).
- Vignais, N., Bernard, F., Touvenot, G., & Sagot, J. C. (2017). Physical risk factors identification based on body sensor network combined to videotaping. *Applied ergonomics*, 65, 410-417.
- Village, J., Backman, C. L., & Lacaille, D. (2008). Evaluation of selected ergonomic assessment tools for use in providing job accommodation for people with inflammatory arthritis. *Work*, 31(2), 145-157.
- Villarroya, A., Arezes, P., Díaz-Freijo, S., & Fraga, F. (2016). Comparison between five risk assessment methods of patient handling. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 52, 100-108.
- Volkoff, S., & Molinié, A. F. (1982). Quantifier les conditions de travail ? (L'exemple de l'enquête nationale d'octobre 1978). *Travail et emploi*, 11, 63-70
- Vos, T., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abd-Allah, F., ... & Aboyans, V. (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1211-1259.
- Wallon, H. (1932/1976). *Culture générale et orientation professionnelle. Lecture d'Henri wallon. Choix de textes* (pp. 205-219). Paris : Editions sociales.

- Weill-Fassina, A., & Rabardel, P. (2010). Point de vue ergonomique sur les facteurs psycho-sociaux de risques pour la santé. Revue de la littérature réalisée dans le cadre des travaux du Collège d'expertise sur le suivi statistique des risques psychosociaux au travail.
- Winkel, J., & Westgaard, R. H. (2008). Facteurs de risques de TMS au travail et perspectives de solutions : passé, présent, avenir. *HESA Newsletter*, 34, 3-7.
- Winnemuller, L. L., Spielholz, P. O., Daniell, W. E., & Kaufman, J. D. (2004). Comparison of ergonomist, supervisor, and worker assessments of work-related musculoskeletal risk factors. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 1(6), 414-422.
- Wisner, A. (1995). *Réflexions sur l'ergonomie, (1962-1995)*: Octarès.
- Woods, V. & Buckle, P. (2002). *Work, inequality and musculoskeletal health*. Contract research report 421 / 2002, prepared by the University of Surrey for the Health & Safety Executive, 87 p.
- Zanarelli, C. (2003). *Caractérisation des stratégies instrumentales de gestion d'environnements dynamiques : analyse de l'activité de régulation du métro* (Doctoral dissertation, Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis).
- Zare, M. (2015). *Représentation partagée des facteurs de risque des troubles musculosquelettiques et comparaison des méthodes d'évaluation : une étude expérimentale dans le secteur de l'assemblage de camions*. (Doctoral dissertation) Université d'Angers.
- Zare, M., Bodin, J., Cercier, E., Brunet, R., & Roquelaure, Y. (2015). Evaluation of ergonomic approach and musculoskeletal disorders in two different organizations in a truck assembly plant. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 50, 34-42.

Annexes

Table des Annexes

Annexe I	CCLXXII
Annexe II	CCLXXXV
Annexe III	CCXCIX
Annexe IV	CCCIV
Annexe V	CCCIX
Annexe VI	CCCXLVII

Annexe I

Inventaire des outils d'évaluation du risque de TMS

Caractéristiques de l'outil					Facteurs de risque biomécanique évalués			
Outils	Auteurs	Année	Utilisateurs Visés	Situation à observer	Efforts	Répétitivité	Posture	Manutention
RULA	Mc Atamney L & Corlett	1993	Ergonomes/Physiologistes	Posture la plus fréquente ou celle où il y a la plus grande charge	2	2	2	1
OWAS	Karhu, O., Pekka, K., Kuorinka, I.	1977	Ingénieurs d'étude	Observations à réaliser à interval régulier (30s)	1	0	2	1
PEO	Fransson-Hall, Gloria, Kilbom, Winkel	1994	Ergonomes/préventeurs	Observation de la situation de travail sur durée choisie par l'observateur	1	1	2	2
OSHA	Aptel	2000	Tous les préventeurs sans compétences en ergonomie	Nécessite la construction d'un échantillon représentatif	1	1	1	1
DTE 228	Cramif	2013	Binôme membre de l'encadrement/représentant du personnel ou salarié	Poste de travail	1	1	1	1
Dépistage	CRAM alsace moselle/INRS	2001	Non spécifié	Situation de travail	1	1	1	0
OREGE	Aptel et al.	2000	Préventeur compétent en ergonomie	Situation de travail	2	2	2	1

Caractéristiques de l'outil					Facteurs de risque biomécanique évalués			
Outils	Auteurs	Année	Utilisateurs Visés	Situation à observer	Efforts	Répétitivité	Posture	Manutention
QEC	David, G., Woods, V., Li, G., & Buckle, P.	1999	Occupational Safety and Health (OSH) practitioners	recommande de réaliser une fiche par tâche identifiée comme étant à risque de TMS_Cotation avant/après modifications de la situation de travail incluse dans la méthode.	2	2	2	1
REBA	Hignett, S., Mc Atamney, L.	2000	Praticien	Caractériser une posture de la situation de travail	2	2	2	1
Strain Index			Ergonomes		2	2	2	0
NIOSH	Waters, T., Putz-Anderson, V., Garg, A.	1991	Praticiens en santé/sécurité au travail		0	2	2	2
CTD Risk Index	Seth, V., Lee Weston, R., Freivalds, A.	1997	Praticiens en santé/sécurité au travail	Situation de travail, analyse recommandée sur vidéo	1	2	1	0
Indice Ocra			Praticiens en santé/sécurité au travail		2	2	2	0

Caractéristiques de l'outil					Facteurs de risque biomécanique évalués			
Outils	Auteurs	Année	Utilisateurs Visés	Situation à observer	Efforts	Répétitivité	Posture	Manutention
ManTRA			Praticiens en santé/sécurité au travail		2	2	2	0
Sreening Ergonomics Checklist	Groupe Volvo Trucks	2015	Chef chantier 3M/kaizen/amélioration continue	2-3cycles: 15 à 20 min de travail de l'opérateur	1	1	1	2
EAWS	MTM	?	Ergonomes	Situation de travail, analyse recommandée sur vidéo	2	2	2	2
outil d'évaluation des conditions de travail	Groupe Volvo Trucks	2005	Ergonomes	Situation de travail, analyse recommandée sur vidéo	2	2	2	0
Méthode d'analyse de la charge physique de travail	INRS	2014	Groupe de travail	Situation de travail	1	1	1	1
RITMS3	CRAM Rhône Alpes	2014	Personne ressource formée	Situation de travail	1	1	1	0

Outils	Facteurs de risques physiques évalués			Facteurs individuels évalués		Prise en compte du temps d'exposition	
	Température	Vibrations	Chocs	Age	Genre	Durée de la tâche	Temps de récupération
RULA	0	0	1	0	0	0	0
OWAS	0	0	0	0	0	0	0
PEO	0	0	0	0	0	2	0
OSHA	1	1	1	0	0	1	0
DTE 228	1	1	1	0	0	1	0
Dépistage	1	1	1	0	0	1	0
OREGE	1	1	2	0	0	1	0

Outils	Facteurs de risques physiques évalués			Facteurs individuels évalués		Prise en compte du temps d'exposition	
	Température	Vibrations	Chocs	Age	Genre	Durée de la tâche	Temps de récupération
QEC	0	1	0	0	0	2	0
REBA	0	0	1	0	0	0	0
Strain Index	0	0	0	0	0	2	0
NIOSH	0	0	0	0	0	2	0
CTD Risk Index	1	1	0	0	0	2	1
Indice Ocra	0	0	0	0	0	2	2

Outils	Facteurs de risques physiques évalués			Facteurs individuels évalués		Prise en compte du temps d'exposition	
	Température	Vibrations	Chocs	Age	Genre	Durée de la tâche	Temps de récupération
ManTRA	0	2	0	0	0	2	0
Sreening Ergonomics Checklist	1	1	1	0	0	0	0
EAWS	1	1	1	0	1	2	2
outil d'évaluation des conditions de travail	1	0	1	0	1	0	0
Méthode d'analyse de la charge physique de travail	1	1	0	0	0	1	1
RITMS3	1	0	0	0	1	1	1

Outils	Segments corporels concernés par l'évaluation				Facteurs de risque psychosociaux évalués						
	Nuque	Dos/tronc/hanches	Epaules/coudes/poignets/main/doigts	Jambes	Intensification de la charge de travail	Travail monotone	Travail cadencé	Contrôle sur la situation de travail	Reconnaissance du travail	Dimension cognitive	Support social
RULA	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
OWAS	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
PEO	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
OSHA	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
DTE 228	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
Dépistage	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
OREGE	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Outils	Segments corporels concernés par l'évaluation				Facteurs de risque psychosociaux évalués						
	Nuque	Dos/tronc/hanches	Epaules/coudes/poignets/main/doigts	Jambes	Intensification de la charge de travail	Travail monotone	Travail cadencé	Contrôle sur la situation de travail	Reconnaissance du travail	Dimension cognitive	Support social
QEC	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
REBA	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Strain Index	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
NIOSH	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CTD Risk Index	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indice Ocra	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Outils	Segments corporels concernés par l'évaluation				Facteurs de risque psychosociaux évalués						
	Nuque	Dos/tronc/hanches	Epaules/coudes/poignets/main/doigts	Jambes	Intensification de la charge de travail	Travail monotone	Travail cadencé	Contrôle sur la situation de travail	Reconnaissance du travail	Dimension cognitive	Support social
ManTRA	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Sreening Ergonomics Checklist	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
EAWS	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0
Outil d'évaluation des conditions de travail	2	2	2	0	0	1	0	1	0	1	1
Méthode d'analyse de la charge physique de travail	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1
RITMS3	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1

Outils	Evaluation du stress	Environnement de travail		Prise en compte du ressenti douloureux	
		Eclairage	Encombrement	Localisation	Intensité
RULA	0	0	0	0	0
OWAS	0	0	0	0	0
PEO	0	0	0	0	0
OSHA	0	1	0	0	0
DTE 228	0	1	0	1	0
Dépistage	0	0	0	0	0
OREGE	0	0	0	1	2

Outils	Evaluation du stress	Environnement de travail		Prise en compte du ressenti douloureux	
		Eclairage	Encombrement	Localisation	Intensité
QEC	1	0	0	1	2
REBA	0	0	0	0	1
Strain Index	0	0	0	0	0
NIOSH	0	0	0	0	0
CTD Risk Index	0	0	0	0	0
Indice Ocra	0	0	0	0	0

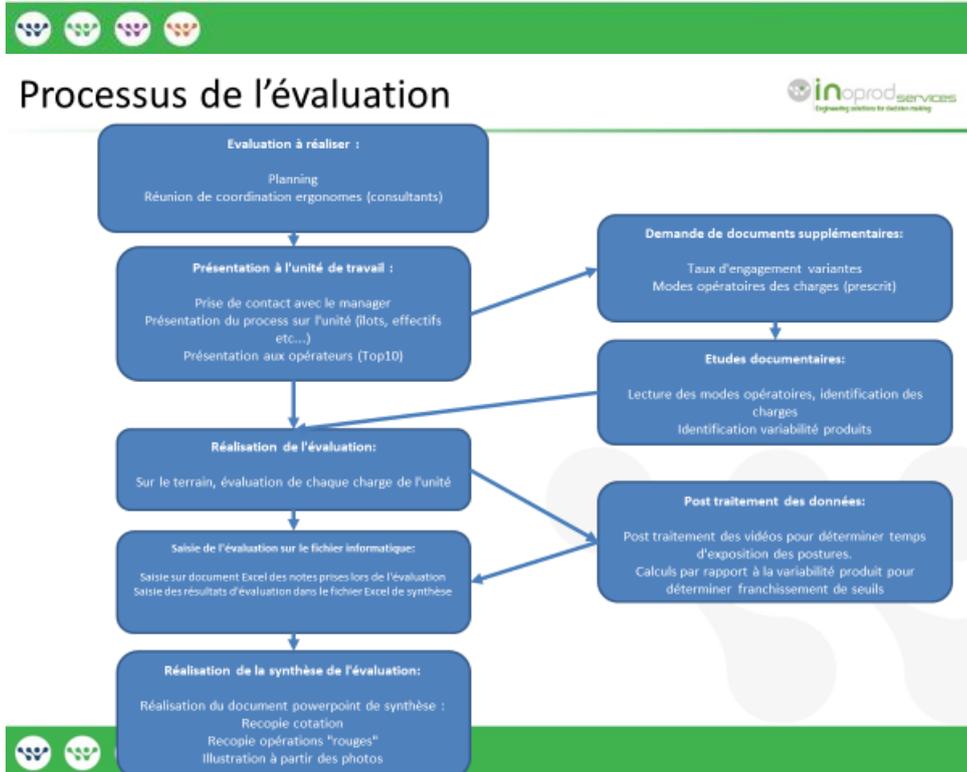
Outils	Evaluation du stress	Environnement de travail		Prise en compte du ressenti douloureux	
		Eclairage	Encombrement	Localisation	Intensité
ManTRA	0	0	0	0	0
Sreening Ergonomics Checklist	0	1	0	0	0
EAWS	0	0	0	0	0
outil d'évaluation des conditions de travail	0	1	1	0	0
Méthode d'analyse de la charge physique de travail	0	1	1	0	0
RITMS3	0	0	0	0	0

Annexe II

Matériel auto-confrontation ergonomique consultant



Auto-confrontation ergonomique consultant



Fiche MEC

VOLVO MEC - Manufacturing Ergonomics Checklist		Niveau de conformité			Niveau de conformité	
Niveau de conformité		OK	Attention	Non-conformité	Niveau de conformité	
1	Zone de travail	Zone Jaune	Zone Jaune	Zone Jaune	OK	
		Zone Rouge	Zone Rouge	Zone Rouge	OK	
2	Accessibilité	Non	Non	Non	OK	
		Non	Non	Non	OK	
3	Protections	Non	Non	Non	OK	
		Non	Non	Non	OK	
4	Accès au poste de travail	Non	Non	Non	OK	
		Non	Non	Non	OK	
5	Le travail est fait sans changement de niveau	Non	Non	Non	OK	
		Non	Non	Non	OK	
6	Les déplacements sont dans le sens du flux	Non	Non	Non	OK	
		Non	Non	Non	OK	



Partie zone d'atteintes

CHAÎNE	N°	Items	Niveau de conformité			Sévérité	DETAILS DES ZONES ROUGES ET JAUNES
			A Agreement	B-4 Condition Agreement	B-11 Partially		
CONCEPTION DES POSTES DE TRAVAIL	1	Zone de travail	ZONE JAUNE Freq ≤ 30 / h	ZONE JAUNE Freq = 30 / h ou Static = 8 min/h	ZONE JAUNE Freq = 120 / h ou Static = 15 min / h	OK	
	2	Accessibilité	ZONE ROUGE Freq ≤ 15 / h	ZONE ROUGE Freq = 15 / h ou Static = 4 min / h	ZONE ROUGE Freq = 60 / h ou Static = 8 min / h	OK	
	3	Protections	Non	+10 fois par jours	+10 fois par jours	OK	
	4	Accès au poste de travail	Oui et + 100 mm	Oui, mais entre 100 et 150 mm	Non et + 100 mm	OK	
	5	Le travail est fait sans changement de niveau	Oui	Oui mais pas à tous les cycles +10 fois par jours	Non	OK	
	6	Les déplacements sont dans le sens du flux	Marche avant ou static	Marche arrière	Marche arrière	OK	
	7	Les déplacements sont dans le sens du flux	Marche avant ou static	Marche arrière	Marche arrière	OK	



Partie postures

AIRE NEURAGES LUMINES PERILS	8	Est-ce que les efforts sont sollicitants pour les doigts et les mains ? 	Freq ≤ 30 / h ou Stato ≤ 8 min/h	Freq > 30 / h ou Stato > 8 min/h	Freq > 120 / h ou Stato > 15 min / h	appui avec le pouce pour tirer le serrage step 200/palette
	9	Est-ce que les épaules, coude ou les poignets sont dans les zones rouges ? 	Freq ≤ 30 / h ou Stato ≤ 8 min/h	Freq > 30 / h ou Stato > 8 min/h	Freq > 120 / h ou Stato > 15 min / h	
	10	Est-ce que le dos est dans les zones rouges (torsion, flexion) ? 	Freq ≤ 30 / h ou Stato ≤ 8 min/h	Freq > 30 / h ou Stato > 8 min/h	Freq > 120 / h ou Stato > 15 min / h	serrage des palettes avec le levator passe au levator sous les palettes flexion du dos
	11	Est-ce que la nuque est dans les zones rouges ? 	Freq ≤ 30 / h ou Stato ≤ 8 min/h	Freq > 30 / h ou Stato > 8 min/h	Freq > 120 / h ou Stato > 15 min / h	



Partie manutentions

	Les manutentions sont faites dans de bonnes conditions (pièces, outils...)	CHARGE / PIECE	POIDS (kg)	ZONE A.B.C.	FREQUENT E	Check the table (write Red or green in the next column if the weight is above/under the value)	PRESSIONS NORMALES DE MANUTENTION				REULTATS
							1 à 10h	10 à 20h	20 à 40h	> 40h	
EFFORT		1									
		2									
		3									
		4									
			Tonnage horaire	Poids moyen	Tonnage horaire service	Coeff posture	Totaire freq	Resultats			
				0	0	0	0				
16	Marche avec port de charge sur une distance > 5m	Non		Oui et poids ≤ 6 kg						Oui et poids > 6 kg	
17	Risque pour les mains / poignets / doigts (torsion, choc, cogner...)	Pas de risque								Risque	
18	Manutention des pièces et outils	Effort pour assembler les pièces, utiliser les outils	Pas d'effort	Effort acceptable						Effort trop important	
19		Positionnement (ajustement...) pour prendre et déposer pièces/outils	Facile ou avec une aide (guides...)							Difficile ou en "aveugle" ou sans aide	
20		Changement d'orientation de la pièce / reprise de charge	Non							Oui	
21		Couple de serrage / visseuse pneumatique	Remoi d'angle < 10 Nm Pistolet < 2 Nm Ou toc de reaction	Sans toc de reaction renvoi d'angle > 10 to < 45 Nm Pistolet > 2 to < 6 Nm						Sans toc de reaction renvoi d'angle > 45 Nm Pistolet > 6 Nm	
22		Effort pour pousser / tirer équipements (aide à la manut.outils...)	Ok		Effort important et < 10h					Effort important et > 10h	



Partie organisation

LOGISTICS / BOORDER LINE						
31	Appro bord de ligne respecte la Safe Zone	Côté opérateur production	1200 ± H: 800 mm	500 - 1500 mm	< 500 mm or > 1500 mm	
		Côté opérateur logistique	1200 ± H: 800 mm	500 - 1500 mm	< 500 mm or > 1500 mm	
32	Chariots et Bases roulantes	Effort de manipulation	Pas de difficultés au démarrage et roulage	Effort au démarrage et roulage contraignant et < 10 /h	Effort au démarrage et roulage contraignant et > 10 /h	
ATMOSPHERE	33	Eclairage	Adequat	Ne peut pas voir consciemment	Inadéquat	
	37	Bruit	Ambiance calme	Besoin de parler fort	Incomprehensible	
	38	Temperature (generer par le poste ou à proximité)	Acceptable	Inconfort	Excessif	
	39	Vibrations (outils à mains ou corps entier)	Acceptable	Inconfort	Excessif	
WORK ORGANIZATION	30	Charge mentale et complexité (outils assemblage ...), diversité produit (variantes, ...)	Pas de complexité, pas de diversité	Complexe (diversité produit mais facile à gérer)	Complexe (diversité produit et difficile à gérer)	
	31	Il n'est possible de gérer les problèmes de production dans mon temps de cycle	Oui	Oui, mais avec des contraintes / risques	Non	
	32	Y a-t-il de la polyvalence dans l'équipe	Oui au moins une fois par jours	Oui au moins une fois par semaine	Non	
	33	Est-ce que les outils sont utilisés (Aide à la manut ...)	Oui	De temps en temps	Non	
	34	Y a-t-il un standard opératoire	Oui	Oui mais il n'est pas respecté	Non	



Artefacts utilisés lors de l'évaluation Kitting

Artefact
MEC
Appareil photo

Calculatrice sur smartphone et matrice de pondération emplacement des pièces V-EMB
Interactions avec l'opérateur
Observations ouvertes

Calculatrice sur smartphone et indications poids sur V-EMB
Mètre ruban



Poste kitting anneaux

- 17 photos

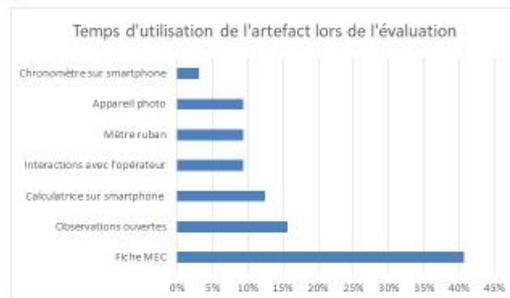






Artefacts utilisés lors de l'évaluation Préparation ABR

Artefact
Fiche MEC
Observations ouvertes
Calculatrice sur smartphone
Interactions avec l'opérateur
Mètre ruban
Appareil photo
Chronomètre sur smartphone

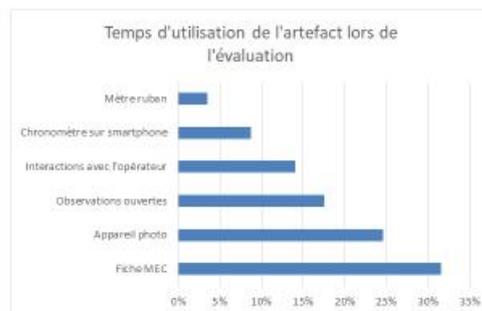


- 2 vidéos
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\Charge ABR\Video1.MOV>
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\Charge ABR\Video2.MOV>



Artefacts utilisés lors de l'évaluation Préparation ECAS

Artefact
Fiche MEC
Appareil photo
Observations ouvertes
Interactions avec l'opérateur
Chronomètre sur smartphone
Mètre ruban



Illustrations charge ECAS

- 12 photos
- 4 vidéos
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\Charge ECAS\Video1.MOV>
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\Charge ECAS\Video2.MOV>
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\Charge ECAS\Video3.MOV>
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\Charge ECAS\Video4.MOV>





Artefacts utilisés évaluation engagement L3

Artefact
Fiche MEC
Observations ouvertes
Interactions avec l'opérateur
Appareil photo
Mètre ruban
Calculatrice sur smartphone

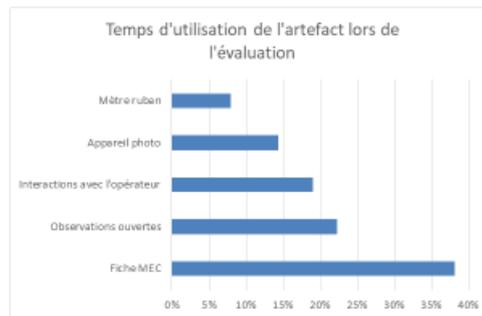
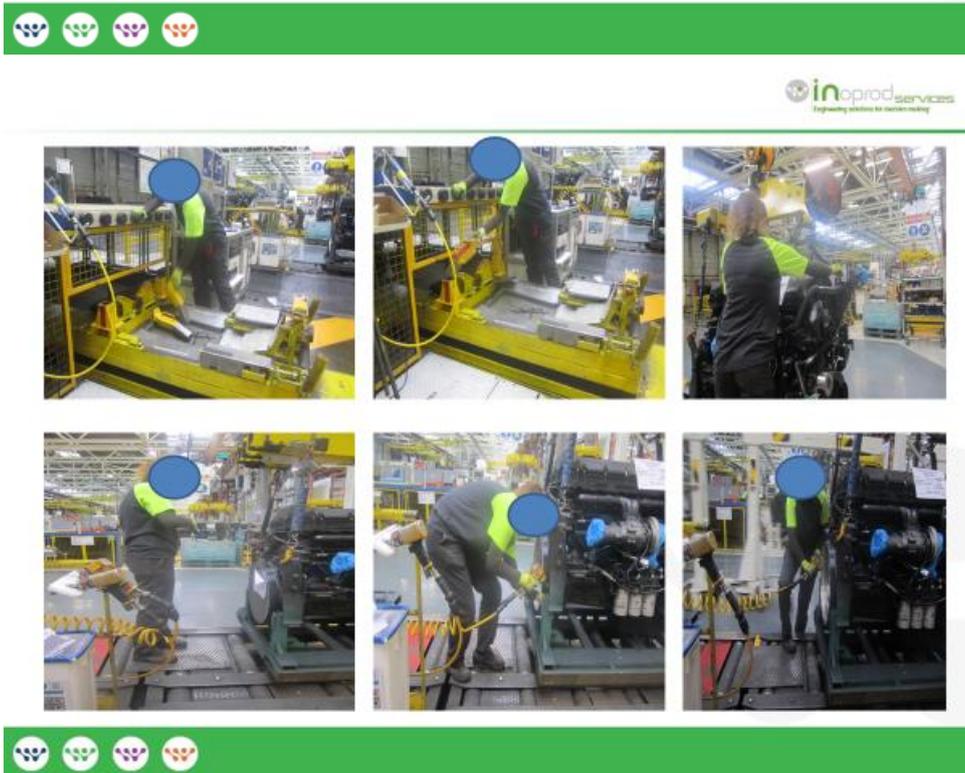
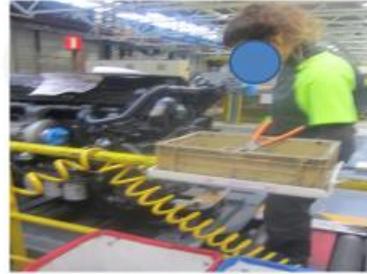


Illustration engagement L3

- 10 photos
- 3 vidéos
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\GMPL3 Engagement\Video1.MOV>
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\GMPL3 Engagement\Video2.MOV>
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\GMPL3 Engagement\Video3.MOV>

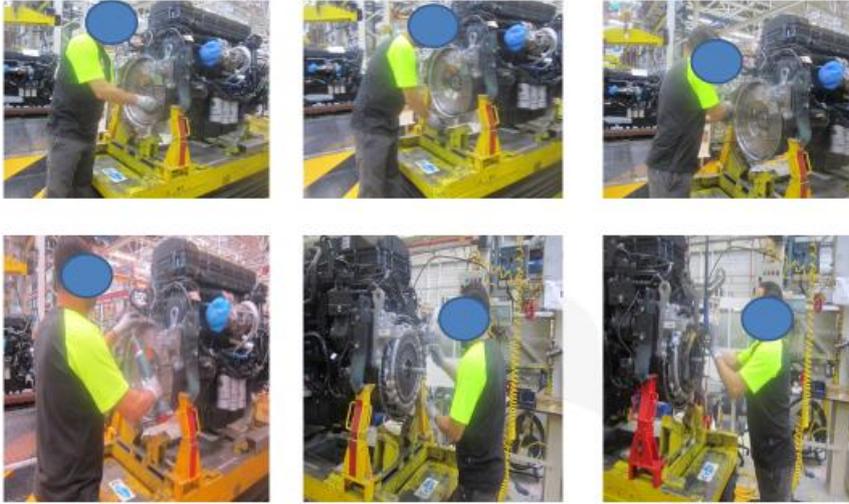




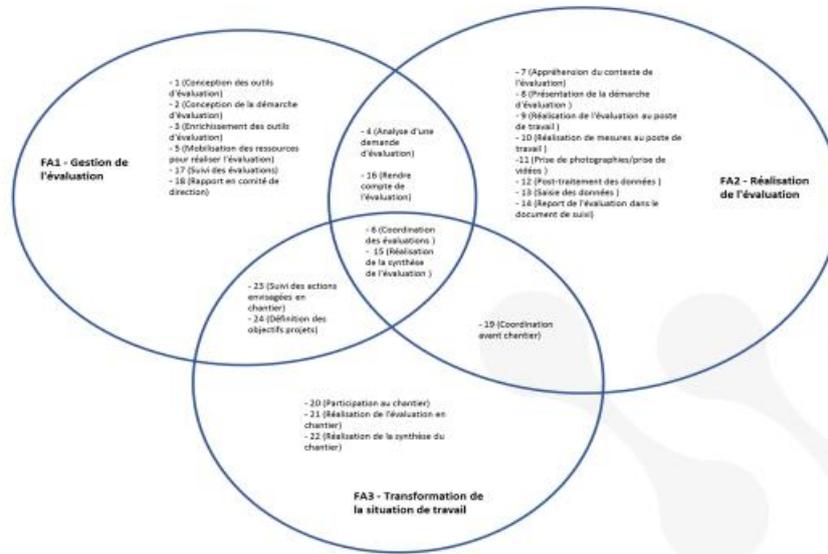
Illustrations évaluation L3 Charge 1

- 10 photos
- 3 vidéos
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\GMPL3 Charge 1\Video1.MOV>
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\GMPL3 Charge 1\Video2.MOV>
- <C:\Users\R078463\Desktop\Vidéos\GMPL3 Charge 1\Video3.MOV>

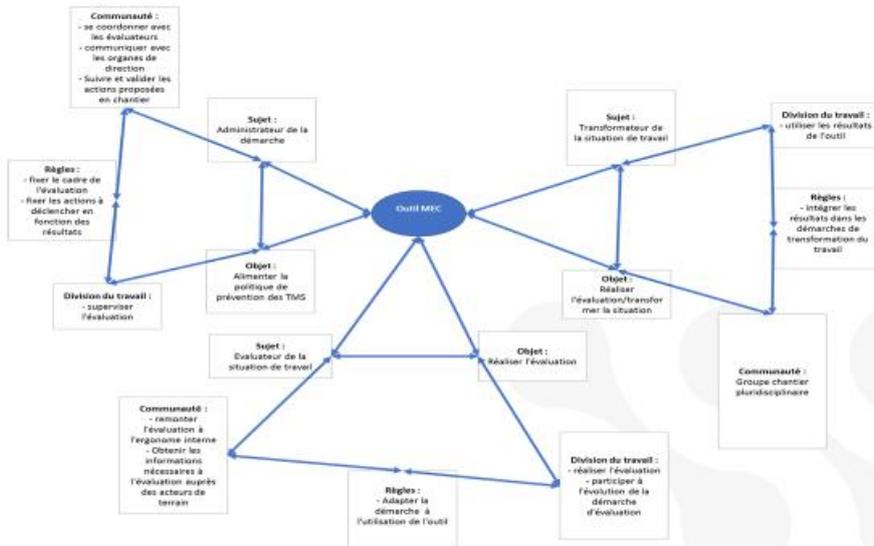




Familles d'activité



Systemes d'activité



Annexe III

Restitution Chantier Kaizen

Emetteur	Enoncé
Alternant Ergonomie	Du coup j'ai fait un diapo de présentation J'ai tout fini, il ne manque plus que 2-3 photos J'ai fait toutes les cotation avec les couleurs
Polyvalent (opérateur)	Il n'y a pas plus de...
Alternant Ergonomie	Il n'y a pas plus d'orange au final
Polyvalent (opérateur)	Oh!
Alternant Ergonomie	T'as le kitting
Polyvalent (opérateur)	Ben là je suis surpris hein!
Alternant Ergonomie	Ouais, l'encliquetage et le lovage Bon y'a des postes, le petit poste de prépa où j'ai quand même mis des remarques mais c'est pas les plus...
Polyvalent (opérateur)	Ouais...
Alternant Ergonomie	Y'a toujours des choses à améliorer
Animateur lean	Prépa électro et Manifold ouais le premier poste là
Alternant Ergonomie	Ouais la prépa Manifold ça va, la... Le vissage des raccords....Voilà Prépa, encliquetage, lovage J'ai tout détaillé J'ai vu qu'il y avait de la coactivité au sein de l'îlot C'est l'interaction entre les différents chariots et puis l'AGV qui passe au milieu et...
Animateur lean	Ouais, c'est l'un des gros point à traiter
Alternant Ergonomie	T'as aussi les chariots de la ligne qui sont ramenés un par un on me disait
Polyvalent (opérateur)	Ouais, sûrement
Alternant Ergonomie	Tu sais au lieu de deux par deux...
Animateur lean	Sur la ligne 3?
Alternant Ergonomie	Du coup ça fait à chaque fois ils sont obligés de partir au kitting et ils utilisent pas forcément l'AGV
Animateur lean	ouais les chariots t'façon c'est variable ça dépend de la personne en fait, il y a quelqu'un qui en prend qu'un, quelqu'un qui en prend deux
Alternant Ergonomie	(Parle en même temps, inaudible)
Polyvalent (opérateur)	Normalement par un ça devrait plutôt permettre de réduire la variabilité et d'amener quelque chose de lisse
Animateur lean	Ouais mes au final ça les embête
Alternant Ergonomie	

Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie Il devrait plutôt y avoir un départ continu parce qu'ils ont toujours eu l'habitude de deux par deux
Ouais

Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie Va savoir, c'est un par un en ce moment parce qu'ils ont mis un reclassé pour faire les navettes
et ils ne peut pas les emmener deux par deux à cause de ses poignets
Ah OK

Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie Donc voilà, c'est juste pour ça que nous on les emmène un par un
Bien : zone de kitting
Ben le kitting c'est toujours là où on a le plus de problèmes
On a des problématiques de posture avec l'organisation justement du stockage
T'as les modulateurs en fond de V-EMB
Bon là, il y a un espace pour saisir les modulateurs

Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie Ouais sur la fin c'est dur
mais c'est toujours au fond, il faut se pencher même avec le moyen de manut
Après t'as le ConsAssembly en bout de V-EMB, pareil là t'en a qui sont au bout et...

Animateur lean
Alternant Ergonomie Ah c'est les supports électro, les supports APE
Donc [Pièce] qui est en fond de V-EMB
t'as une pièce qui est au bout et au fond
on a combien de réhausse sur ceux là?
C'est deux trois?

Alternant Ergonomie De toute façon c'est le même principe hein
Deux au bout
Ah, y'a une perche pour les ConsAssembly
Pour les rapprocher
Mais...

Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie Mais c'est pas toujours utilisé
normalement y'a une perche pour ramener les pièces devant
Mmm
Après les fiches tronçons
Après c'est pour zipper la réappro des pièces
T'as certains
On en avait parlé je crois des codes barres

Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie Ouais
T'en a qui sont derrière
Et avec le...

Animateur lean il sont positionnés derrière le contenant
Ben en fait y'a la lumière qui réfléchit et ça zippe pas bien pour
Alternant Ergonomie toutes les zones de kitting
donc on pourrais les mettre tu sais devant sur les caisses de V-EMB

Polyvalent (opérateur) Là y'a eu un groupe de travail de fait avec les AI, avec la log tout ça
Pour faire un standard usine parce que justement y'a un soucis de zippage
ils ont fait pour ramener les étiquettes devant sauf dans les zones où il y a de la manutention
Traverse pont chez moi, APU chez moi
Ils n'ont pas pu parce que lors de la manutention tout ce qui est palan ça se prend dans les élastiques
C'est pour ça que ça a pas été validé chez nous
ni de les mettre devant pour les opérateurs car c'est pas un standard usine de mettre les réf devant
ça vaut le coup d'en discuter après et de voir si le standard ne peut pas évoluer quand même

Animateur lean enfin continuer le travail sur ça
Mais à savoir, Ya un groupe de travail qui est en train e s'ouvrir

Polyvalent (opérateur) là c'est sur ben Bourg 2018 justement
Il n'y aura plus les paletiers tout ça, ils modifient tous les piqueurs tout ça
Et en même temps ils regardent les étiquettes

Alternant Ergonomie Mmm OK
Et t'as les retours vide des intercalaires aussi
Ils les prennent en fond de V-EMB et après ils les mettent dans le V-EMB qui est à côté vide
Et après il y a les poubelles ça donne juste devant parce qu'ils n'ont pas de place pour les mettre ailleurs
Il doit y avoir une photo
Ouais, c'est ça!
En plus, j'ai les photos
Clairement ça c'est quelque chose qui peut être corrigé par l'implantation sans taxer quoi

Animateur lean On les a mise là parce qu'avant elles étaient de l'autre coté

Polyvalent (opérateur) Et il n'y a pas de poubelle pour les cartons

Alternant Ergonomie **Entrée Ingénieur Méthode**
Après c'est kitting réservoir
Donc ben c'est pareil t'as les saisies en fond et bout de V-EMB

Animateur lean Ouais là c'est la même chose que pour l'autre

Alternant Ergonomie T'as le retour vide : élévation du bras
retour vide c'est les bacs vide les bas plastiques?

Ingénieur méthode Ouais

Alternant Ergonomie ça on l'a dans toutes les zones de Kit actuellement

Animateur lean C'est partout pareil

Alternant Ergonomie T'as manipulation des réservoirs qu'ils font à la main, les petits réservoirs

Ingénieur méthode Rire

Alternant Ergonomie Bon en alu ils font tout le temps à la main, mais ils sont plus léger ça va être plus aisé

Animateur lean	Et les petits réservoirs acier aussi
Alternant Ergonomie	Souvent
Polyvalent (opérateur)	il n'y a que les gros qu'ils prennent...
Ingénieur méthode	ça on peut leur imposer le moyen il est fait à l'origine pour tous
Polyvalent (opérateur)	Oui, il peuvent utiliser le moyen pour les quatre
Alternant Ergonomie	Après c'est pareil, en fond...
Ingénieur méthode	Mais tu vas en avoir 6 donc voilà...
	C'est pareil, distance d'atteinte pour les opérations de zippage, réappro des conditionnements derniers réservoirs avec le palonnier, c'est tout au fond...
Alternant Ergonomie	Voilà, vous avez les photos
Animateur lean	La fameuse posture
Alternant Ergonomie	Oui, avec le pied en l'air (suite inaudible)
Ingénieur méthode	la posture du héron
	Mmm mais après j'ai fais la cotation pour le kitting, j'ai juste fait la cotation pour le réservoir et bloc hydraulique
Alternant Ergonomie	j'ai pas intégré les APU, j'ai vraiment fait la cotation du poste parce que parfois il va aider les APU
Animateur lean	ouais
Alternant Ergonomie	Et comme c'est pas... c'est variable, j'ai juste le poste
Polyvalent (opérateur)	actuellement à c'te cadence ouais
Alternant Ergonomie	Oui, à 138 en plus
	Vissage des raccords sur APU ben c'est un poste R (Reclassement)donc il est pas mal
	Après t'as beaucoup d'opérations de pré vissage
	Et la manipulation des chariots, elle est obligé de faire une rotation à l'entrée parfois et à la sortie
Polyvalent (opérateur)	A l'entrée et sortie du [nom du dispositif]
	Ouais là c'est l'implantation là
Alternant Ergonomie	C'est l'implantation de la zone
Polyvalent (opérateur)	C'est le poste qui veut ça ou pas?
	En U il n'y aura plus nécessité de tourner?
	Le système de verrouillage du chariot j'ai mesuré, ben l'effort, la limite elle est à 5
Alternant Ergonomie	parce que t'as un effort de poussée vers le haut la barre pour verrouiller le chariot
	et là elle est à 4,8, la limite c'est à 5donc voir avec le vieillissement du système qui est juste à la limite
Animateur lean	sur quoi, sur le verrouillage du...
Alternant Ergonomie	le verrouillage du chariot pour le vissage
	Il y a un système de verrouillage C'est l'effort pour le lever.
Ingénieur méthode	Je réfléchis en même temps désolé
Alternant Ergonomie	Il n'y a pas de...
	Ben ça c'est une remarque qu'elle m'a faite c'est pour le côté pratique, il n'y a pas de goulotte dans la console pour jeter les bouchons, elle a la poubelle en dessous.
Animateur lean	C'est des trucs qu'on peut faire même maintenant...

Alternant Ergonomie	La mise en place des raccords sur APU
Animateur lean	Je reviens juste là gestion des [...], sur la charge mentale
Alternant Ergonomie	c'est plus la charge mentale sur l'habitude à prendre...
	Sur sa charge à elle? Sur le serrage pour moi c'est peut-être là
Animateur lean	où tu en as le moins
Ingénieur méthode	T'as le poste SUMO pour le serrage des raccords
	Il se servent du SUMO pour la variabilité après tous les autres
Polyvalent (opérateur)	c'est de la série donc il font de tête
	Attend, y'a un outil qui réduit la partie cognitive quand même
Animateur lean	t'as SUMO
	Après c'est tout de tête, t'as trois raccord où il y a de la diversité
Polyvalent (opérateur)	après il les faut tous de tête.
	Après : mise en place des raccords sur APU là t'as beaucoup de
	sollicitations des mains et des doigts mais ça c'est sur tous les
Alternant Ergonomie	postes.
Animateur lean	C'est global fitting les noirs?
	T'as du pré vissage, du clipsage, ils utilisent un maillet pour
Alternant Ergonomie	mettre en place les clips des échappements
	T'as une variante avec la patte gênante pour le vissage qui fait
	une sollicitation des avant bras où elle va être devant là où il
	met la vis
Ingénieur méthode	C'es APU extérieur?
Alternant Ergonomie	C'est avec le gros bloc
Ingénieur méthode	C'est celui où tu viens comme ça (mime)
Alternant Ergonomie	Ouais, j'ai pas la photo
	Et il y a certains raccords qu'il doit aller chercher derrière
	Ouais, il faudrait qu'on réaménage le poste là c'est typiquement
Ingénieur méthode	de l'aménagement sur ce poste là
Alternant Ergonomie	La prépa électro et manifold
	C'est pareil beaucoup d'opération de vissage, pré vissage et
	clipsage, la diversité est gérée par l'IHM
	parce que t'as plusieurs variantes d'électro mais elle le fait
	souvent de tête, elle connaît bien la charge
Animateur lean	Ouais, elle a une sacré dextérité
Alternant Ergonomie	L'encliquetage
	l'encliquetage et le lovage c'est les opérations les plus lourdes
	Il y a 25 encliquetage par APU en moyenne, plus ou moins donc
	c'est l'utilisation des mains et les doigts, les poignets...
Animateur lean	Ouais, en termes de fréquence on est fort là
	Ben et puis certains sont réalisés en face mais t'en a qui sont
	réalisés sur le côté comme ça, et du coup c'est pas une posture
Alternant Ergonomie	naturelle
	T'as ceux qui sont derrière aussi, derrière l'APU, comme ça sur
	le côté.
	De la manipulation des deux chariots qui avancent au poste 6
	donc c'est vrai que tu as le système de verrouillage mais qui
	n'accroche pas toujours les deux chariots

ils m'ont fait remonter donc...
 Et la diversité des encliquetages ben c'est l'apprentissage de la charge, savoir où encliqueter sur l'APU
 ça doit pas être évident quand tu arrive dessus
 Là on le voit quand il va encliqueter derrière en flexion du tronc, et de la nuque
 Enfin ça va clairement dépendre de la dextérité de la personne aussi il y en a qui vont vraiment sertir l'encliquetage, il y en a qui ont besoin du visuel
 après en tout cas tu a quand même la posture pénible.

Animateur lean
 Alternant Ergonomie
 Animateur lean
 Polyvalent (opérateur)
 on tourne toutes les 2h
 heureusement je pense que ça aide à réduire l'impact sur les charges parce que si tu n'avais pas de rotation sur ces charges là ça se dégraderait fortement
 C'est ce qu'ils disent, qu'ils auraient mal aux bras, ça fait des tendinites...

Animateur lean
 Alternant Ergonomie
 Animateur lean
 Pareil pour le lovage
 Le lovage de la boucle : sollicitation des bras et des avants bras, élévation du bras, coude aussi
 Alternant Ergonomie
 Gros coactivité aussi, le risque coactivité à ce poste là il est fort
 Animateur lean
 Alternant Ergonomie
 oui, les rilsans sont super grands et du coup niveau sécurité.
 là sollicitation des bras c'est le lovage de la boucle, sollicitation des poignets et de la main, il y a du vissage de l'encliquetage et colsons
 Et là, le coup du colson aussi il est...je suis sûr qu'on soit...quand on tire le colson on tire fort ici parce que comme l'ensemble n'est pas maintenu
 et qu'on ne vient pas le maintenir sur un longeron par exemple ben tu le tires fort et tu le laisses dans cet état là

Animateur lean
 Polyvalent (opérateur)
 Ingénieur méthode
 Ils sont obligés
 T'es obligé de le serrer fort
 t'as tellement un gros fagot que tu es obligé
 Oui et t'as pas de maintien derrière quand tu viens te fixer sur un longeron sur une traverse t'as la traverse qui vient te maintenir

Animateur lean
 Et sur un longeron tu n'as pas l'arrondi que tu connais bien qu'on connais tous
 Ingénieur méthode
 Animateur lean
 Là tu tire dans le vide t'es que sur les Rilsans
 Après les colsons ils en mettent plus ou moins selon leur habitudes, c'est de 5 à 10.

Alternant Ergonomie
 Pour le lovage ils le font de différentes façon, il y en a qui le font du côté droit en s'aidant du tronc
 Donc là t'as moins d'opération d'élévation du bras et t'as ceux qui le font du côté droit

Ingénieur méthode Alternant Ergonomie	C'est les nouveaux et là ils font une élévation du bras Donc là on voit pas trop...
Ingénieur méthode	Comment on va le tuer ça!
Alternant Ergonomie Ingénieur méthode	ça fait 12 ans qu'on est dans le rilsans et qu'on cherche toujours en plus le lovage il faut qu'il soit assez serré pour la logistique pour la ligne parce qu'il n'est pas délover tout de suite il faut que tu arrives à tenir, il y a 4 secteurs impactés derrière. On est obligé d'avoir une boucle qui tient comme il faut au dessus parce que en ligne, il y a le palan qui vient juste entre le support et l'APU
Polyvalent (opérateur) Ingénieur méthode Polyvalent (opérateur) Ingénieur méthode	Pour qu'elle soit bien droite pour le centre de gravité il y a 2 cm de marge pour qu'il passe bien comme il faut C'est le centre de gravité qui est important beaucoup de contraintes pour un sujet qui n'est déjà pas simple à la base
Animateur lean	La pose du réservoir sur APU posture en élévation du bras accrochage des rilsans au dessus du réservoir
Alternant Ergonomie	une fois qu'il l'a posé et manipulation du réservoir sur le palonnier. T'as la station d'attente du réservoir qui est un peu haute
Polyvalent (opérateur)	C'est la station d'attente qu'ils ont demandés après...
Animateur lean	Est-ce qu'il la faut? Station d'attente?
Polyvalent (opérateur) Animateur lean	c'est le truc en Orcan sur la potence où ils viennent poser le [réservoir] C'est une opération inutile
Doc Ingénieur méthode	On est vraiment dans l'esprit on veut libérer un chariot rapide sachant qu'on a des réservoirs pour 70% de la ligne 2 et qu'on a 5 chariot de Rab Et surtout ça a tendance à immobiliser le moyen pour le poste 8 qui manutentionne des réservoirs De quoi tu Quoi?
Doc	ça immobilise le moyen de levage pour la prépa réservoir et après il porte à la main pour le mettre sur le côté
Ingénieur méthode	après la prépa réservoir on a un gros chantier à faire, si on fait correctement on n'a pas besoin de le relever le réservoir ça devrait être fait dans le flux, pratiquement au kitting, la pose au fur et à mesure des pièces. Après t'as le vissage ça dépend de l'opérateur. La prépa réservoir et le bloc hydraulique, c'est ce qu'on disait, ils portent les réservoirs, les grands réservoirs de 11,3kg et les blocs hydrauliques 13 kg
Alternant Ergonomie Ingénieur méthode	C'est ce que je te disais, que ça c'est pas normal. Les blocs hydraulique... t'as le droit à combien en manipulation en kilo par euh...
Alternant Ergonomie	Il y a la limite à 12

Animateur lean	Par rapport à la fréquence?
Ingénieur méthode	Par rapport à la fréquence, ouais
Animateur lean	On a la limite à 12 kg, c'est ça, quelque soit la fréquence?
Ingénieur méthode	Le bloc hydraulique monté il fait 13 kg?
Alternant Ergonomie	Ouais, et sans la bassine, la bassine fait 5 kg. Par contre ça c'est énorme le poids des bassines.
Animateur lean	5 kg le poids des bassines?
Ingénieur méthode	Je trouve ça énorme 13 kg le bloc. Le gros bloc hydro 13 kg, je trouve ça énorme. (se tourne vers polyvalent)
Polyvalent (opérateur)	Nan, je ne sais pas, après on a une moyenne de 10 par jour
Ingénieur méthode	Au niveau de la fréquence c'est vachement bas quoi
Animateur lean	Oui, mais comme on disait juste avant, c'est une limite à 12 kg quelle que soit la fréquence.
Ingénieur méthode	On s'en fout, c'est l'ergonomie (plaisanterie)...
Animateur lean	C'est un point qui est important d'identifier, après, c'est pas dans le cadre du chantier, on ne prend pas le bloc hydro
Ingénieur méthode	Le truc c'est qu'il faudra le mettre en place sur l'autre chantier
Animateur lean	Il faut qu'on le garde pour l'autre chantier, ça fait partie des données d'entrées
	(continue à parler du bloc hydro)
	après tu as toujours tout ce qui est sollicitations des mains et des doigts, parce que là, il y a beaucoup de pré vissage, il y a du clipsage, il y a du vissage à la clef pour les blocs hydrauliques
Alternant Ergonomie	Tu n'as pas le choix
Ingénieur méthode	On en utilise 3 différentes (clefs)
Alternant Ergonomie	Au niveau de la charge mentale, la prépa d'un bloc hydraulique qui est de 15 minutes, ça dépend des opérateurs
	ça demande plus de concentration de suivre l'IHM
	Il y en a qui font tout de tête
	Ben il y a un ordre à respecter de serrage, si tu fais pas dans l'ordre, tu ne peux pas mettre tout tes trucs. C'est vrai que celui là il est un peu compliqué
Polyvalent (opérateur)	Voilà les photos du réservoir
Alternant Ergonomie	Si on avait notre bon process on aurait pas besoin de ça
Ingénieur méthode	Et puis même, s'il m'avait laissé travailler sur le chariot
Polyvalent (opérateur)	C'est des bonnes pistes d'amélioration pour le chantier ça
Animateur lean	On est d'accord, ça c'est clair qu'on va le faire
Ingénieur méthode	J'ai voulu travaillé sur le chariot une fois, ils (les opérateurs) m'ont envoyé boulé
Polyvalent (opérateur)	ça leur allait très bien comme ça
Ingénieur méthode	Ben on va le faire, on va demander à David de l'imposer
Alternant Ergonomie	On va leur faire comprendre, il faut que ce soit clair pour eux qu'il y a un problème
Animateur lean	En tout cas, en termes d'ergonomie il y a un problème, sur le long terme, il y a un risque de problème
Polyvalent (opérateur)	(Détails sur les améliorations tentées)

il faut qu'on passe du temps à expliquer et à donner du sens à ça parce que c'est important et expliquer pourquoi c'est dangereux pour eux

Et après, l'idée en plus est déjà là, donc c'est bête qu'ils ne l'utilise pas.

Je ne suis pas sûr que ce soit une majorité qui ait refusé mais...

Polyvalent (opérateur)
Ingénieur méthode

Bah, les 2 mêmes
Toujours les 2 mêmes, on est d'accord
Ben 2 qui décident pour 13 ça fait un peu beaucoup quand même

Animateur lean
Polyvalent (opérateur)
Animateur lean
Polyvalent (opérateur)
Animateur lean

il ne sont que 5 à travailler dessus
ben c'est déjà pas mal, c'est même pas la majorité
Après, les 3 autres c'est des intérimaires
Oui, mais ils ont autant de droits de réponse que les autres
Je veux dire, en générale, les intérimaires c'est pas eux qui gueulent beaucoup, ils font ce que tu leur demande
Ils nous ont fait chier déjà à avoir leur table déportée, il a fallu la faire en un temps record
C'est pour ça quand il te dit toujours les deux mêmes, c'est eux qui ont déjà pleuré pour leurs table
C'est-à-dire que de manière générale, là on a encore beaucoup de personnes à convaincre et ça fait parti du travail qu'il y a à faire quand on fait les chantiers 5 jours

Polyvalent (opérateur)

C'est réimpliquer les gens et essayé de les convaincre d'abord que ça va dans leur sens. C'est un travail qui n'est pas évident
Et c'est encore moins évident pour l'animateur d'équipe qui propose des choses et qui parfois n'est pas entendu
Après moi ce que j'ai fait, c'est utiliser le palan qu'on a au kit pour poser sur le truc directement préparé*
Pour éviter la manipulation, il utilise le palan qui va prendre le réservoir dans le v-EMB

On verra sr le chantier si c'est faisable ou pas

Alternant Ergonomie

Machine de coupe, là c'est l'HD sur machine de coupe manuelle.
Mais du coup, l'HD il fait plusieurs
Ben attend, on a bossé 20 ans avec les anciennes machines on n'a jamais rien eu

Polyvalent (opérateur)
Animateur lean

Ce n'était pas si mal moi je trouve, j'aimais bien
Il ne va pas falloir critiquer leurs vieille machine sinon, ils vont gueuler

Ingénieur méthode
Animateur lean
Ingénieur méthode

Je vais aller travailler sur une petite coupe moi
ça va te faire plaisir, ça te manque?
Posture en élévation du bras pour saisie et rangement des flexibles dans les goulottes

Alternant Ergonomie

Tu vois les grandes étagères goulottes, celle là (montre la photo)

Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Polyvalent (opérateur)

Mais c'est une demande qu'ils ont fait
Qui eux?
C'était bien rangé, puis non c'est bien rangé

Ingénieur méthode Il faut l'enlever ça, c'est pas clean, c'est pas net, regarde les rilsans sont dans des poubelles, ça le fait pas
 Alternant Ergonomie C'est nouveau ça j'avais jamais vu en 12 ans
 Après la machine de coupe
 Ben c'est le changement des bobines, les grosses bobines en bas, en plus elles sont lourdes celle là, elle font 10 kg
 je les ai pesé
 Ingénieur méthode Elles sont données pour 12
 Alternant Ergonomie 12? Bobine 12/16, j'ai 9,6 kg
 Ben au niveau de la fréquence c'est pas souvent
 Polyvalent (opérateur) Heureusement qu'il y a 15 ans il n'y avait pas d'ergonomie
 A la mains ils te rentraient les raccords, tu ne les as jamais vu bossé les deux
 Ingénieur méthode C'était des raccords en laiton avec des sapins à emmancher dans les rilsans
 Animateur lean A la main, j'arrivais quasiment au deuxième sapin
 L'effort de poussé on ne mesuré pas à l'époque
 La machine elle coupe qu'un seul diamètre de rilsan et elle les coupe individuellement
 Alternant Ergonomie Mais on en changera rien
 Ingénieur méthode Est-ce que la machine HD sert si toutes les machines sont fiable et si on bosse sur l'ensemble de la plage horaire?
 On parle d'ergonomie et pas de process, on va dire que le chantier y répondra
 Animateur lean On fera aller plus vite les machines si tu veux
 Ingénieur méthode Là c'est charge des machines de coupe. Pour les 3 machines, j'ai tout fait en un slide résumé
 Alternant Ergonomie T'as beaucoup de sollicitations articulaires au niveau des mains et des doigts, dans la mise en place des raccords et des bagues
 C'est un opérateur qui m'a dit qu'il avait mal aux mains.
 Polyvalent (opérateur) Ben c'est pour quelques rilsans, avant on mettait tous les rilsans
 Alternant Ergonomie Ca dépend des opérateurs en fait
 Ingénieur méthode Le problème c'est que ça c'est obligatoire
 A l'époque on avait de la corne ici, on en mettait tous les rilsans, 2 bagues
 Animateur lean Tu vas à Blainville, ils mettent 100% des rilsans avec des bagues
 Ingénieur méthode Et c'est pas avec un support pneumatique, ils ont le rilsans, ils ont la pince et toute la journée, ils enfilent
 Animateur lean Je suis d'accord c'est sollicitant
 Après faut voir si on ne peut pas les enlever, il faut voir avec la qualité
 Polyvalent (opérateur) Pas moyen, on a déjà essayé
 Ingénieur méthode Bah si c'est l'ergonome qui demande
 Polyvalent (opérateur) Ben tu tenteras le coups
 Ingénieur méthode Là jusqu'à maintenant c'est nous qui avons demandé mais...
 Polyvalent (opérateur) Je ne retenterai pas le coup, vous aller vous faire balancer dans les 22
 Ingénieur méthode

En disant vous croyez ça normal que ce soit à la prod de payer les bagues?

Qu'est-ce que j'ai pas dit, j'aurais du fermer ma gueule à ce moment là!

Après, il y a une machine de coupe où il a adapté, il appui avec la main pour mettre les bagues, ça permet de changer entre la main et le pied

Après, ça dépend vraiment de la personne en fait.

Suivant tes hypothèses de ...

ce qu'on avait eu fait, mais sauf que maintenant j'ai plus le droit de le faire, c'est sur le système pneumatique j'avais utilisé une tempo. Ils pouvaient utiliser avec le pied ou avec la main avec un système de tempo

C'est-à-dire qu'ils ouvrent et ils avaient le temps de...

Le problème c'est que ça faisait bidouiller le truc, et il faudrait me trouver des pièces gratuites

Le risque avec la main c'est que il doit tenir appuyer avec la main, il ne lui reste plus qu'une main pour tenir le rilsan enlever les bagues

et cette opération là, techniquement elle n'est pas simple

Elle est infaisable

sur les plus petits diamètre elle est infaisable, sur les autres ça peut aller

Aujourd'hui on ne bague que du petit diamètre, c'est infaisable

Confirme

Tu es obligé d'avoir les deux mains de disponibles pour pouvoir enlever les rilsans et les bagues en même temps sans casser les bagues

Après, t'as sollicitation des bras, distance d'atteinte pour prélèvement des rilsans à l'extérieur du guide

En gros, t'as le guide à droite, et il vient les mettre de l'extérieur du guide, parce que s'il les met de l'intérieur ça le bloque avec les autres

Rilsans, mais de l'extérieur, c'est une posture orange

Ca dépend des opérateurs, mais ça avec ton chariot proto il y a moyen de l'améliorer

Ouais, celui qu'ils ne veulent pas de l'autre côté

Pourquoi ils ne le veulent pas

Parce que ça ne vient pas d'eux

Encore toujours les deux mêmes

(Parlant de l'AE et du PE) ils ont eu une super idée pour ça.

Elle n'est pas mal notre idée

Il y a un proto?

Ben oui!

Chariot Poteau, on a enlevé les côtés pour qu'ils puissent passer les...

Ingénieur méthode Pour qu'ils galèrent moins, c'est pour ça que je di qu'on a déjà des solutions
Il y a deux personnes qui ne veulent pas
Et euh, diversité des rilsans à positionner, quand tu connais
T'as 8 rilsans à positionner, aller entre 6 à 8 rilsans par poste
Il faut juste que tu connaisse chaque poste et c'est bon après non?
C'est pas...
Je ne trouve pas ça traumatisant, comparé à avant c'est pas...
Le problème c'est que nous on se rappelle d'avant, et ça ne fait pas grand-chose 8
On peut s'amuser...Si, on peut réduire la charge cognitive, si L. veut c'est en donnant des information en plus de positionnement sur le logiciel
Si ça intéresse on peut aider

Polyvalent (opérateur) Nan, il y a déjà assez de trucs sur l'écran
Ingénieur méthode Mais, c'est s'il y a besoin, je n'ai pas...
On a une partie commentaires exprès pour la position, on peut s'amuser

Alternant Ergonomie Après, sur le système de dévidoir de la machine
T'as la résistance quant il déroule le gros diamètre de rilsan, les petit diamètres ça va, mais quant il déroule les gros diamètres sur celle là

Ingénieur méthode Sur celle là
Parce que celle là, il faut appeler la maintenance parce qu'il y a un réglage à faire

Alternant Ergonomie Et puis il y a un tiroir aussi qui bloque, les tiroirs 4/6 qui bloquent
Ingénieur méthode Nan, mais le 12/16 c'est pareil
Polyvalent (opérateur) Elle bloque encore, je les ai appelé je ne sais plus quand...
Ingénieur méthode Il faut appeler la maintenance
Alternant Ergonomie C'est maintenance
Ingénieur méthode Oui, cette machine c'est la maintenance
Les machines de coupe tu ne les as pas faite la semaine dernière, tu les as faite avant?

Animateur lean J'ai appelé la semaine dernière pour qu'ils viennent réparer
Polyvalent (opérateur) ça n'était pas fait...
Ingénieur méthode ça n'était pas fait vendredi encore?
Polyvalent (opérateur) Je ne crois pas parce que vendredi L. est venu m'aider pour le 4/6, parce que j'avais jamais fait le diamètre 4/6
Ingénieur méthode Donc revoie avec L quand même
Y'a des loquets aussi, des petits loquets pour manipuler, ça c'est plus maintenance

Alternant ergonomie Et changement des bobines, c'est toujours la hauteur quand ils coupent aussi

Animateur lean Les liens
Alternant ergonomie Les liens, oui
Et il y a les machines qui tombent en panne

Polyvalent (opérateur)	Non (ironie)
Ingénieur méthode	Non (ironie)
Animateur lean	on a une bonne maintenance nous
Alternant ergonomie	finalement tu te dis que la vieille était vraiment pas mal
Ingénieur méthode	oui, la vieille ne tombe pas en panne
Animateur lean	Il y a juste des fois les dispersions
	Elle n'imprimait pas dessus
	Il fallait l'étalonné, c'est de la maintenance autonome, ni plus ni moins
Alternant Ergonomie	Après c'est la petite charge de prépa de la durite des interfaces des détendeurs et des raccords
Animateur lean	C'est pas l'HD qui le fait ça?
Alternant ergonomie	T'as beaucoup de sollicitations des avants bras, des poignets et des bras.
	Tu as du pré vissage du clipsage, de l'emboitage du serrage pour la durite
	Il y a le petit bouchon où il pré-emboite à la main au niveau du kitting, parce qu'il va chercher ses pièces au kitting,
	Il revient avec le bac
	Il va aussi chercher ces pièces pour le...
	Comment il s'appelle, pas les interface?
Animateur lean	Les détendeurs
Alternant Ergonomie	Les détendeurs, il va les chercher au kitting aussi
	Et après pour l'emboitage de la durite, tu as le petit truc
	On a mesuré, donc ça fait un effort à 8
Polyvalent (opérateur)	Avec le gabarit?
Alternant Ergonomie	Oui, c'est juste au dessus
	Je ne sais pas si avec un petit coup de maintenance on pourrait faciliter le système?
Animateur lean	allonger le bras de levier, si on a de la place
	Non, je ne sais pas si L. s'en rappelle, on a allongé, raccourci,
Ingénieur méthode	allongé raccourci deux ou trois fois celui là
Polyvalent (opérateur)	ça dépend de l'opérateur
Ingénieur méthode	Tout dépend de l'opérateur, sinon c'est démonté à chaque fois
	Il y a l'outil de serrage des colliers aussi, parce qu'ils mettent les durites dans le petit gabarit, je cherchais le mot.
Alternant ergonomie	Du coup quand ils vissent avec la visseuse, il y a les colliers qui mordent sur le blanc, donc ils ne peuvent pas utiliser le gabarit sur le collier
	Il y a les éléments de stockage pour certains raccords, c'est les raccords qui vont avec...pas le vissage
	L'APU, la mise en place des raccords, parce que les raccords sont préparés ici.
	Donc là, il y a beaucoup d'opération de prépa qui sont répétitives
Animateur lean	Pour le coup, c'est le principe même

Sur cet équilibrage là, il s'agit de désengorger certains postes où normalement ils font ça au VI

Polyvalent (opérateur)
Ingénieur méthode
Tu ne peux plus là

Polyvalent (opérateur)
Avec la cadence actuelle, vu qu'on a sorti ce qui était série, du moins tout ce qui était toujours le même montage

Alternant Ergonomie
On l'a sorti pour que ce soit fait à côté

Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Après, sur la hauteur de la table de prépa, elle est bien mais c'est pareil, ça dépend des opérateurs donc l'idéal c'est une table hauteur variable

Animateur lean
J'ai plus qu'à demander, ça tous les opérateurs demandent ça c'est bien! Si tu changes la taille comme tu veux

Alternant ergonomie
Petit aparté historique, tout ce que les opérateurs demandent, ils ne l'utilise pas

Alternant ergonomie
Animateur lean
Pour le coup, moi j'avais ça quand j'étais aux rilsans et on l'a jamais utilisé

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
On avait des établis monte et baisse, on ne les a jamais utilisé, je peux te le garantir.

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Et c'est tout

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Et c'est déjà pas mal

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
J'ai fais les mesures d'effort des chariot, ce n'est pas au dessus, c'est pour ça, je ne l'ai pas intégré dans le diapo

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Même quand les deux sont assemblés?

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Même les deux

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Tu as quoi en efforts?

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Roues droites, j'ai 4.5

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Angle droit j'ai 5, la limite est à 12

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Rotation j'ai 3,1 pour prépa APU

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Pour prépa APU j'ai 4, angle droit : 6,9 et rotation c'est 3,5

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
les deux chariots... ils ne se sont pas imprimés, mais 2 chariots ça ne dépasse pas non plus

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
OK, très bien

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
On a du job!

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
on le savait

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Il n'y a pas de surprises effectivement mais c'est intéressant

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
C'est des trucs qu'on avait identifié

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Après, la cotation finale, je pense qu'il y a un gros impact sur le fait que sur les derniers poste il y ai une rotation régulière

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Et que c'est plutôt bien que ce soit déjà en place

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Oui, s'il ne tournait pas, il y aurait des problèmes

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Au début ils ne tournaient pas, mais au bout de quelques mois

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Tu as pris le mesure d'effort de la manipulation des poignets chez O? sur les manifold...pas les manifold, les électro

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
Les électro...

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
ça elle le fait un nombre de fois important je pense

Alternant ergonomie
Polyvalent (opérateur)
Alternant Ergonomie
Ingénieur méthode
Alternant Ergonomie
ça on avait une bonne idée de gabarit ave C à l'époque, mais c'est intéressant d'y revenir

Animateur lean	d'accord
Alternant ergonomie	Sur le manifold là bas?
Animateur lean	Sur l'électro, le petit électro, elle en fait entre 0 et 5 par VI et à chaque fois elle met deux raccords par électro, deux ou trois
Alternant Ergonomie	Oui, je n'avais pas mon peson c'est vrai, mais elle m'a fait essayer, j'ai pas trouvé que c'était énorme, mais je peux mesurer pour vérifier
Animateur lean	Juste pour avoir l'ordre de grandeur pour se dire s'il y a des choses à améliorer ou pas, et même pour elle ouais
Ingénieur méthode	Même sur l'autre gabarit...
Animateur lean	Celui de rotation quand tu monte l'électro sur l'électro, tu en as deux.
	il y a le petit qui met le raccord sur l'électro, , il y a celui d'à coté, donc là tu fais un quart de tour et qui assemble ton électro

Annexe IV

Guide d'entretien exploration de l'étape d'évaluation du risque de TMS sur d'autres terrains

Guide d'entretien

La thèse portée par notre travail est structurée en trois hypothèses : l'outil d'évaluation du risque de TMS est potentiellement un instrument (1), inséré dans un système d'instrument : la démarche d'évaluation (2), dans une organisation où d'autres systèmes existent et avec lesquels il faut dialoguer pour inscrire dans la durée la démarche de prévention (3) :

1. La conception de l'outil, ses propriétés contribuent à orienter l'activité qui l'instrumente
2. La démarche d'évaluation du risque de TMS est un système d'instrument organisant la mise en œuvre de différents outils par différents acteurs.
3. Les conditions collectives contribuent dans l'organisation à la communication avec les autres systèmes d'instrument, ce qui doit être la garantie d'une prévention durable du risque de TMS.

Nous envisageons une série d'entretiens exploratoires, afin d'obtenir des données relatives à l'usage d'autres outils d'évaluation du risque de TMS que ceux déjà analysés. Le but de l'entretien est d'obtenir des données relatives à l'usage des outils d'évaluation, donc principalement sur le point 2 de nos hypothèses. Suivant les définitions du système d'instrument de Bourmaud (2006), Vidal-Gomel (2001, 2002a, 2002b) et Zanarelli (2003), nous chercherons à établir comment l'usage de l'outil A :

- Organise un ensemble d'instruments et de ressources parfois hétérogènes
- Est liée aux objectifs de l'action poursuivis par le sujet, et doit permettre l'atteinte d'un meilleur équilibre entre les objectifs d'économie et d'efficacité
- Présente des caractéristiques complémentaires et des redondances de fonctions
- Est différent d'une entreprise à l'autre (mais aussi d'un opérateur à l'autre au sein de cette entreprise), il est structuré en fonction de son expérience et de ces compétences (pour l'entreprise comme pour l'opérateur)
- Dans ce système, un instrument particulier joue le rôle particulier d'organisateur, de pivot pour les autres instruments. Un outil dans le système va être pivot, en permettant de définir le niveau de l'analyse à déployer, et les ressources à mobiliser.

Il s'avère que nous avons deux types d'utilisateurs disponibles pour l'entretien : les utilisateurs de l'outil non ergonomes, et les valideurs ergonomes des évaluations, et deux conditions d'utilisation de l'outil : le projet et la vie courante.

L'entretien valideur a pour but d'identifier :

- Comment la démarche d'évaluation du risque de TMS organise l'ensemble d'instrument et de ressources ?
- Quelles sont les caractéristiques complémentaires entre les instruments et les redondances de fonctions ?
- Quel est le pivot du système ?
- Est-ce que la démarche leur permet l'atteinte d'un meilleur équilibre entre objectifs d'économie et efficacité ?

Pour les utilisateurs non ergonomes, les entretiens vont se centrer sur l'évaluation du risque de TMS en particulier, afin d'en obtenir les caractéristiques. Nous chercherons à déterminer si l'utilisation de l'outil d'évaluation organise un ensemble d'instruments et de ressources, comment cette mission est liée aux autres objectifs de l'utilisateur. Est-ce que le système présente des caractéristiques complémentaires et des redondances, est-ce qu'il est différent d'un utilisateur à l'autre, et quel en est le pivot.

Nous comparerons ces résultats à ceux obtenus chez Renault Trucks afin de déterminer les différences interentreprise.

2 acteurs de la démarche de chaque catégorie devraient nous permettre d'entrevoir des différences de structuration du système d'instrument.

Si les résultats obtenus chez Renault Trucks se confirment, nous devrions pouvoir observer que l'usage d'un outil d'évaluation est un système d'instrument en lui-même, et que la démarche d'évaluation composée de plusieurs outils et aussi un système d'instrument qui vient constituer **un système de système**.

Le tableau 1 donne une grille d'observation, le tableau 2, la fiche de renseignement pour la personne interviewé.

Grille d'entretien à destination des ergonomes valideurs	Grille d'entretien à destination des utilisateurs non ergonomes
Recueil données personnelle répondant	Recueil données personnelle répondant
Quelles sont les sources de demande d'évaluation du risque de TMS sur votre site ?	Quelles sont les sources de demande d'évaluation à l'aide de l'outil A du risque de TMS sur votre site ?
Quelle démarche générale d'évaluation du risque de TMS déployez-vous sur votre site ? <i>Profil des évaluateurs ?</i>	Pouvez-vous décrire la démarche globale d'évaluation du risque de TMS dans laquelle vous êtes impliqué ? <i>Niveau d'intégration dans les équipes ?</i>

<p><i>Quand est déclenchée une évaluation ?</i></p> <p><i>Informations complémentaires recueillies lors des évaluations ?</i></p> <p><i>Quels résultats/supports finaux attendez-vous de l'évaluation ?</i></p> <p><i>Comment est animée cette démarche ?</i></p>	<p><i>Outils déployés ?</i></p> <p><i>Animation de la démarche ?</i></p> <p><i>Mise en œuvre des transformations ?</i></p> <p><i>Mission habituelle autre que l'évaluation ?</i></p>
<p>Quelle est la démarche particulière à l'outil A déployée sur le site ?</p> <p><i>Profil des évaluateurs ?</i></p> <p><i>Quand est déclenchée une évaluation ?</i></p> <p><i>Informations complémentaires recueillies lors des évaluations ?</i></p> <p><i>Quels résultats/supports finaux attendez-vous de l'évaluation ?</i></p> <p>- <i>Comment est animée cette démarche</i></p>	<p>Comment percevez-vous la démarche d'évaluation du risque de TMS déployée sur le site ?</p> <p><i>Comment pouvez-vous décrire la démarche d'évaluation déployée ?</i></p> <p><i>Niveau d'intégration dans les équipes ?</i></p> <p><i>Informations complémentaires recueillies lors des évaluations ?</i></p> <p><i>Forme de présentation des résultats de l'évaluation/Contenu ?</i></p> <p><i>Communication avec le valideur ?</i></p> <p><i>Inscription de l'amélioration continue dans la démarche ?</i></p>
<p>Comment la démarche d'évaluation du risque de TMS alimente la transformation des situations de travail ?</p> <p><i>Forme de présentation des résultats de l'évaluation/Contenu ?</i></p> <p><i>Place de l'outil A ?</i></p> <p><i>Place d'autre forme d'évaluation (outil expert, AET)</i></p> <p><i>Ergonomie au quotidien ?</i></p> <p><i>Participation aux chantiers ?</i></p> <p><i>Evaluation en chantier/Simulation ?</i></p> <p><i>Remonté des résultats des chantiers ?</i></p>	<p>Quels résultats observez-vous de cette communication ?</p> <p><i>Participation des opérateurs concernés ?</i></p> <p><i>Atteinte des objectifs ?</i></p> <p><i>Perception de l'état de santé des opérateurs ?</i></p>
<p>Quels résultats observez-vous par l'intermédiaire de cette démarche ?</p> <p><i>Efficacité de la démarche ?</i></p> <p><i>Participation des opérateurs concernés ?</i></p> <p><i>Rapidité de traitement des difficultés identifiées par l'évaluation du risque de TMS?</i></p>	

<i>Evolution du taux de MP type TMS ?</i>	
---	--

Tableau 29 Exemple de la grille d'entretien envisagée

Renseignements Répondant :
Sexe : Age: Métier :
Formation initiale :
Ancienneté professionnelle : Dans le métier Dans l'entreprise
Postes antérieurs :
Autre :

Tableau 30 Exemple de fiche de renseignement répondant

Annexe V

Communications scientifiques

Démarche de conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS

Rémy HUBAUT^{1,3}, Sandrine CAROLY¹, Fabien COUTAREL², Christophe BLANCHON³ & Christophe ROYBIN⁴

1. PACTE, Université Pierre Mendès France, Le Patio, BP 47, 38 040 Grenoble cedex 09, France
2. Clermont Université, Université Blaise Pascal, EA 4281, ACTE
3. Inoprod, Centre d'Affaires du zénith Le trident – Bâtiment E46 rue de Sarliève63800 COURNON D'AUVERGNE
4. Usine Renault Trucks, Volvo Group, Avenue Amédée Mercier, 01000 Bourg en bresse
remy.hubaut@hotmail.fr; sandrine.caroly@upmf-grenoble.fr ; Fabien.Coutarel@univ-bpclermont.fr ;
blanchon@inoprod.com ; christophe.roybin@volvo.com

Résumé : Les outils actuels pour évaluer le risque d'apparition de troubles musculo-squelettiques (TMS) restent globalement largement inscrits dans une approche biomécanique. Cette tendance semble accentuée dans les outils numériques émergents d'évaluation du risque TMS : centrés sur la captation en direct du mouvement, ce qui présente déjà des difficultés techniques importantes, ils n'intègrent pas les connaissances établies par la littérature scientifique (consensus international autour d'un modèle bio-psycho-social des TMS).

Notre projet de thèse propose l'étude des conditions d'intégration d'une approche bio-psycho-sociale des TMS, fondée sur l'ergonomie de l'activité, visant la conception d'un outil numérique d'évaluation multifactorielle des risques TMS dans le secteur industriel.

Mots-clés : Outils numérique, prévention, troubles musculo-squelettiques, ergonomie

Conception of a digital tool for musculoskeletal disorder's assessment.

Abstract. Current tools for assessing the risk of developing musculoskeletal disorders (MSDs) remain generally far enrolled in a biomechanical approach, although some of them propose changes towards greater consideration of multiple risk factors. This trend seems accentuated in emerging digital tools risk assessment MSDs focusing on the live motion capture and associated difficulties, they do not integrate the knowledge established by the scientific literature (international consensus around a model bio-psycho-social MSD).

Our thesis proposes the study of conditions for integration of a bio-psycho-social approach to MSDs, based on the ergonomics of the activity, for the design of a digital tool for multifactorial risk assessment TMS in the industrial sector.

Keywords: Digital tools, prevention, musculoskeletal disorder, ergonomics

*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d’Ergonomie de Langue Française qui s’est tenu à Marseille du 21 au 23 septembre 2016. Il est permis d’en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante :

Hubaut, R., Caroly, S. & Coutarel, F. (2016). Conception d’un outil numérique d’évaluation du risque de TMS. Actes du 51^{ème} Congrès de la SELF, Marseille, 21-23/09/16.

Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l’accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page.

Introduction

Malgré les nombreux travaux qui leur sont dédiés, les TMS constituent toujours un défi sociétal majeur, du fait de leurs retombées en termes de santé mais également de performances, sur les individus et les organisations. Pour faire face à ce problème, les entreprises doivent chercher des solutions organisationnelles qui ne sont pas toujours simples à trouver ou à mettre en application.

En même temps que les évolutions réglementaires des années 2000 (par exemple autour du décret relatif à l'évaluation a priori des risques professionnels, ou encore, plus récemment, le « décret pénibilité »), on observe le développement de nombreux outils d'évaluation du risque TMS et leur usage massif, notamment dans le milieu industriel. Cependant, le repérage des facteurs de risques permis par ces outils reste le plus souvent insatisfaisant du point de vue de l'ergonomie : concentrés sur les dimensions biomécaniques des mouvements et postures, ils ne prennent pas en compte l'ensemble des facteurs de risques qui font pourtant l'objet d'un consensus international entre les chercheurs, aujourd'hui dans les modèles étiologiques concernant l'apparition des TMS.

Le développement d'outils numériques portables, capable de saisir en direct le mouvement et de produire automatiquement et presque instantanément des données de cotations représente à la fois une formidable opportunité et un grand risque. L'opportunité réside dans les possibilités d'usage que ces outils offrent aux utilisateurs actuels de ces outils (actuellement non numériques), par exemple facilité d'utilisation pour évaluer rapidement les facteurs de risque de TMS et faire des analyses et interprétations instantanées. Le risque réside dans le renforcement des difficultés, par l'usage de l'outil, à **passer d'une analyse du mouvement à une analyse du geste professionnel** : les difficultés techniques associées à la mise en place de ces outils aux performances séduisantes ne vont-elles pas contribuer à produire des outils dont la prise en compte du risque ne traitera qu'une partie de la réalité ?

Nous présenterons, dans cette communication, d'abord le cadre théorique des troubles musculo-squelettiques, et des outils d'évaluation, la problématique de la recherche, le cadre méthodologique, puis les résultats attendus de notre projet de thèse pour la conception d'un outil numérique d'évaluation des TMS.

Les troubles musculo-squelettiques

Les Troubles musculo-squelettiques (TMS) sont des affections péri-articulaires qui touchent les tendons à la périphérie des articulations. Les TMS sont l'expression d'une hyper-sollicitation d'origine professionnelle, se traduisant par des douleurs pouvant aller jusqu'à l'incapacité permanente, aussi bien dans les activités professionnelles que domestiques. Les TMS se divisent en 2 grandes familles : les TMS des membres supérieurs, et ceux du rachis. Ils

comprennent des maladies bien identifiées : syndrome du canal carpien, épicondylite latérale, tendinopathie de la coiffe des rotateurs, et l'expression de douleurs non spécifiques, localisées ou non (Roquelaure et al. , 2012).

De l'approche épidémiologique

Un consensus scientifique international s'est dégagé sur un modèle bio-psycho-social des TMS (Figure1) intégrant certaines caractéristiques psychologiques, sociales et organisationnelles des situations de travail [National Research Council, 2001; Bongers et al, 2006 ; Van Rijn et al, 2010 ; Kausto et al, 2010 ; Krause et al, 2010 ; cités par Roquelaure et al.,

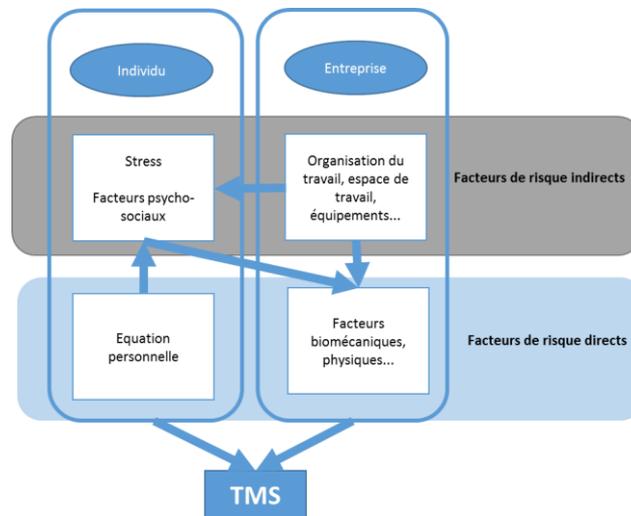


Figure 44 : Modèle bio-psycho-social des TMS tiré de l'INRS

2012].

Ce modèle classe les facteurs de risques en facteurs directs et indirects, en distinguant ceux relevant de l'individu, et ceux relevant de l'entreprise. Malgré un caractère multifactoriel, la littérature épidémiologique, tend à favoriser plutôt la diminution de l'exposition aux facteurs directs : les facteurs biomécaniques, car ce sont le plus souvent ceux les plus faciles à mesurer. Ce type de démarche se traduit par une prévention ciblée sur le dimensionnement du poste de travail, ou une exigence d'adaptation du travailleur aux caractéristiques de sa tâche. Elle peut conduire à ce que Winkel et Westgaard (2008) ont qualifié de « piège de l'ergonomie », une diminution de l'exposition aux facteurs de risque biomécanique qui laissant de côté le volet organisationnel de l'intensification du travail ne conduit pas à une amélioration du problème de TMS. De manière générale : « *On ne peut pas conclure de manière systématique à la toxicité d'un geste, à partir de sa seule description biomécanique.* » (Bourgeois, et al., 2000). Le risque de toxicité du geste va croître avec la présence de contraintes dans la situation de travail, contraintes auxquelles l'opérateur ne pourra pas apporter de solutions, et avec **la combinaison des différents facteurs.**

A l'approche ergonomique

La complexité de la combinaison de facteurs à l'origine de l'apparition des TMS, nécessite de sortir du cadre du poste de travail et des facteurs de risque pour aller explorer les déterminants de ces facteurs de risque (Bellemare, 2002). Ces déterminants sont à investiguer dans la sphère élargie de l'entreprise (clients, fournisseurs, réglementation etc...), mais aussi dans la sphère sociétale, et constituent des leviers d'action pour réduire l'exposition aux facteurs de risques issus de l'approche épidémiologique (figure 2 : Coutarel, 2009). Appréhender ces déterminants permet d'envisager une approche développementale de la prévention des TMS passant par la construction de marges de manœuvre (Vézina 2000). La marge de manœuvre situationnelle (Coutarel et al, 2015) correspond à l'espace de régulation mobilisé par l'opérateur dans une situation de travail précise. Celle-ci dépend de l'interaction entre les caractéristiques de l'environnement de travail et les caractéristiques de la personne. Les dimensions de la marge de manœuvre situationnelle sont multiples : définition des tâches, objectifs de performance, variabilité de la production, état du collectif... ; état de santé de l'opérateur, valeurs liées au travail, compétences...). Contribuer au développement de la marge de manœuvre situationnelle suppose simultanément de diminuer les contraintes et de développer les ressources dont dispose l'opérateur pour faire face aux exigences du travail. Quand les approches classiques des TMS insistent sur la diminution des expositions, il s'agit donc aussi de construire simultanément les ressources des acteurs et des organisations pour faire face aux défis quotidiens du travail, pour favoriser la

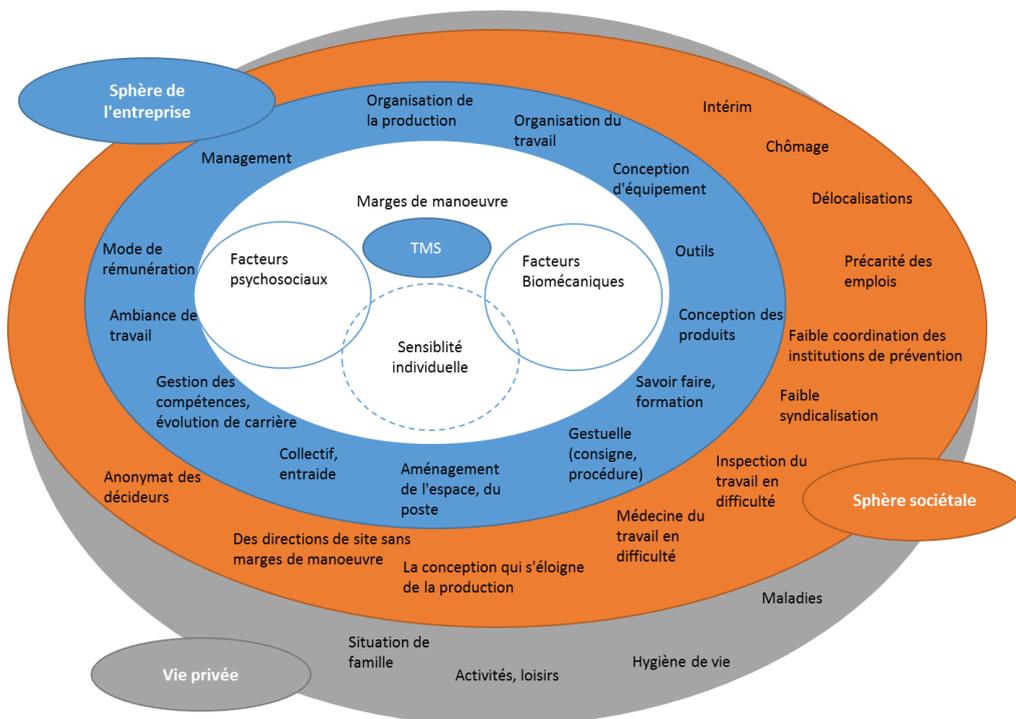


Figure 45: Modèle ergonomique du risque de TMS (Adapté de l'Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail par Coutarel, 2009)

possibilité de rencontrer les objectifs de performance dans des conditions favorables (Coutarel & Petit, 2013).

Les outils d'évaluation

Les outils d'évaluation des conditions de travail

La question des outils d'évaluation des TMS est d'abord issue des outils, plus généraux, d'évaluation des conditions de travail. Ces outils ou « grilles » d'évaluation ont été produits dans les années 70 pour permettre de recueillir des informations de manière simple et objective autour des conditions de travail (Six, 1999). Elles sont produites par des entreprises (par exemple : Renault : RNUR, 1976 ; Saviem : AVISEM, 1977), des laboratoires de recherche (par exemple, la grille du Laboratoire d'Economie et de Sociologie du Travail d'Aix-en-Provence, Guélaud et al., 1975), ou par des organismes de prévention (par exemple, la grille de l'Agence Pour l'Amélioration des Conditions de Travail). Ces grilles permettent le recueil de facteurs physiques, psychologiques, sociaux dans une approche multifactorielle des TMS afin d'identifier les risques pour la santé et la sécurité de l'opérateur. Plusieurs limites de ces grilles ont été relevées. En premier lieu, Piganiol (1980), insiste sur le fait qu'il n'existe ni unité, ni appareil de mesure pour certains éléments du système de cotation. L'utilisateur de la grille doit donc travailler avec des estimations de valeurs qui seront ramenées à des seuils de tolérances génériques de l'organisme humain. Ensuite, le fractionnement de la situation de travail en différents facteurs met de côté les interactions qu'entretiennent ces différents facteurs dans la situation de travail et leurs effets sur l'opérateur (Leplat, 1978). Enfin, l'utilisation de ces grilles pose la question de la participation de l'opérateur à l'analyse et à l'évaluation de ces conditions de travail. Si certaines grilles formalisent la participation de l'opérateur (LEST, SAVIEM), celle-ci reste limitée.

Les outils d'évaluation des TMS

La nécessité de faire face à l'épidémie de TMS au début des années 90 conduit au besoin d'outils d'évaluation spécifiques du risque de TMS, si possible facilement utilisables (notamment par des non ergonomes). Les premières approches physiologiques et biomécaniques du risque se concentrent sur la dimension physique. Des grilles spécifiques à l'évaluation du risque de TMS sont ainsi construites : *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Occupational Repetitive Action* (OCRA), *Quick Exposure Check* (QEC). Les facteurs professionnels y sont appréhendés de façon isolée (par exemple, la force n'est pas mise en lien avec le rythme de travail), alors que c'est souvent leur combinaison dans la situation de travail qui est à la genèse des TMS (Coutarel, Daniellou & Dugué, 2005). Par ailleurs, ils conduisent à centrer l'attention de leurs utilisateurs sur les dimensions locales du travail (le poste de travail), alors même que la prévention suppose une évaluation des risques qui vise l'action sur des déterminants de ces facteurs de risques locaux (Bellemare & Baril-Gingras, 2011 ; Roquelaure et al., 1999) : par exemple, organisation du travail, culture de sécurité, objectifs de production, etc. Cibler ces déterminants peut s'avérer majeur pour la prévention

(Coutarel et al., 2015) et invite à mieux comprendre le geste dans son ensemble plutôt que le mouvement seulement (Simonet, 2011), qui n'en est que la partie visible. Le modèle du geste, développé par l'ergonomie considère celui-ci comme une structure complexe (physique, cognitive, psychique) (Coutarel, 2015). Le mouvement n'est que la partie visible. Le geste est le résultat d'un compromis entre la tâche, les objectifs de l'entreprise, ceux de l'opérateur, les moyens matériels, l'expérience de l'opérateur (Bourgeois & Hubault, 2005), ainsi que les possibilités de travail collectif (Caroly, 2010).

L'outil, instrument de la prévention

Dans une perspective *anthropotechnique* de Rabardel (1995, 1997, Folcher & Rabardel, 2004), le préventeur entretient une relation de type instrumentale avec les outils d'évaluation du risque de TMS. L'outil d'évaluation, d'abord artéfact s'inscrit dans des processus psychologiques et cognitifs permettant son appropriation par les utilisateurs finaux. Puis, il se constitue progressivement comme instrument, selon un processus de genèse instrumentale par lequel s'élaborent des schèmes sociaux d'utilisation (Bobillier Chaumon, 2013). Les outils d'évaluation sont les médiateurs de la relation entre le préventeur ou le concepteur et la situation de travail, et les opérateurs. Selon les éléments retenus lors de leur conception, les outils orientent la nature de l'action de prévention. Les résultats obtenus lors de l'utilisation d'un outil vont influencer l'objet de la transformation : la catégorie de déterminant de facteurs de risque retenue. Les outils transforment les usages des utilisateurs et *in fine*, les utilisateurs eux même dans leurs représentations, leurs compétences, leur pratique (figure 3).

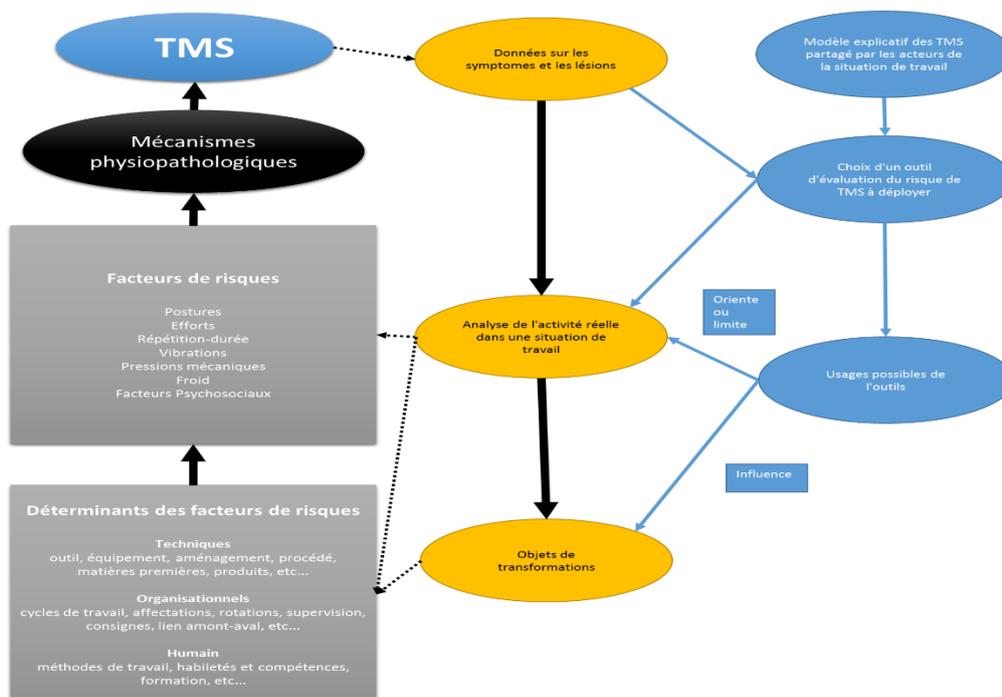


Figure 46 : La démarche de prévention médiatisée par les outils, inspirée du modèle du diagnostic ergonomique pour la prévention des TMS (Bellemare, 2002)

L'utilisation des outils d'évaluation des risques spécifiques aux TMS ou d'analyse des conditions de travail se heurtent souvent à la difficulté de mesurer des environnements variés. L'usage de ces outils par les acteurs HSE (Hygiène, Sécurité, Environnement) ou les ingénieurs peut être chronophage dans les entreprises de grandes tailles avec un grand nombre de postes. Ceci peut amener certains acteurs de la prévention à être cantonnés à de la cotation des postes, sans leur permettre d'explorer d'autres facteurs que les facteurs biomécaniques contenus dans les outils, ni de construire réellement des démarches de prévention efficaces.

Les possibilités numériques actuelles pourraient permettre de capter et de traiter quasiment en direct certains éléments du mouvement humain au poste de travail et de le mettre en lien avec d'autres facteurs de risques organisationnels ou psycho-sociaux. La rapidité, la précision et la portabilité de ces nouveaux outils offrent des perspectives séduisantes, déjà mises en avant par certaines entreprises : capter un mouvement avec son téléphone portable et sortir immédiatement une exploitation des données relatives à ce mouvement en termes de gestes et postures par exemple. L'enjeu est de tenir une approche globale et systémique que cette première approche de l'évaluation des TMS par les technologies innovantes.

Problématique de la recherche

La principale problématique du projet de thèse est d'**apprécier comment intégrer à ces futurs outils numériques des caractéristiques plus favorables à l'évaluation globale du risque TMS ?**

Le défi réside dans la capacité de ces futurs outils à prendre en compte l'ensemble des dimensions de l'activité humaine (cognitive, sociale, psychologique, biomécanique) plutôt que seulement la dimension biomécanique (Kumar, Narayan, & Moro, 2004), alors même que les outils « classiques » (non numériques) d'évaluation du risque TMS n'ont pas encore réussi à intégrer l'évolution vers plus de complexité des modèles étiologiques. L'appréhension de ces dimensions devrait mener à une analyse du geste, et non plus du mouvement, dans le but de développer les ressources des opérateurs et des organisations pour faire face au problème des TMS.

En s'appuyant sur les travaux de Bobillier-Chaumon (2013), nous nous poserons aussi la question suivante : en quoi ces nouvelles technologies vont-elles favoriser l'activité des utilisateurs de ces outils de cotation et analyse des risques ou au contraire empêcher et limiter leur activité de prévention ?

Méthodologie

Dans le cadre de cette recherche, deux types d'utilisateurs sont ciblés :

- Un ergonome (le doctorant) inséré dans une équipe de concepteurs de processus de travail ;
- Des acteurs HSE ergonomes et non ergonomes d'une équipe santé sécurité d'un important site industriel. L'équipe HSE se compose d'un ergonome, de quatre ingénieurs QHSE, ainsi que des référents managers de terrain, mettant en œuvre des outils d'évaluation du risque de TMS au sein des projets d'amélioration continue.

Les situations de travail qui serviront au projet sont des situations de production, le site industriel de terrain est un fabricant de véhicules poids-lourds, comprenant 1800 employés.

La thèse devra discuter du périmètre de validité des résultats obtenus (à d'autres utilisateurs, à d'autres types de situations de travail).

Notre projet de recherche s'inscrit dans une démarche d'ergonomie de conception. Notre recherche s'appuiera sur les 4 étapes suivantes :

- Un inventaire des outils d'évaluation des TMS (numériques ou non), avec la confrontation de leur modèle théorique aux modèles étiologiques des TMS. Nous identifierons les situations de référence de l'utilisation des outils, afin de pouvoir identifier les objectifs qu'ils poursuivent.
- Des analyses de l'activité des opérateurs sur les différents terrains, par le doctorant avec l'usage d'outils existants pour en évaluer les avantages et les inconvénients par rapport à une compréhension globale du geste, couplée avec une analyse de l'activité des acteurs de l'entreprise qui sont amenés à utiliser des outils d'évaluation des risques TMS ou des conditions de travail. Nous comparerons les résultats donnés par l'utilisation de ces outils d'évaluation et l'analyse ergonomique de l'activité et du travail, réalisée par le doctorant. Ceci nous permettra d'établir les usages réels des outils de prévention, les situations d'action caractéristiques, et les zones d'ombre qu'ils laissent dans l'analyse de l'activité.
- Le diagnostic et les demandes d'entreprise permettront d'éclairer les objectifs et les conditions de l'utilisation du futur outil numérique. Le diagnostic devra permettre d'établir un cahier des charges de l'outil numérique attendu.
- Une phase de simulations autour des caractéristiques du futur outil. Ces simulations visent à identifier les difficultés rencontrées par l'ergonome-doctorant et les acteurs HSE dans l'utilisation future de l'outil. Ceci afin de pouvoir en améliorer l'utilisabilité, et de comparer les usages du futur outil, pour un ergonome inséré dans un projet de conception, et pour des acteurs HSE dans le cadre d'une politique d'amélioration continue de la sécurité en lien avec la production.

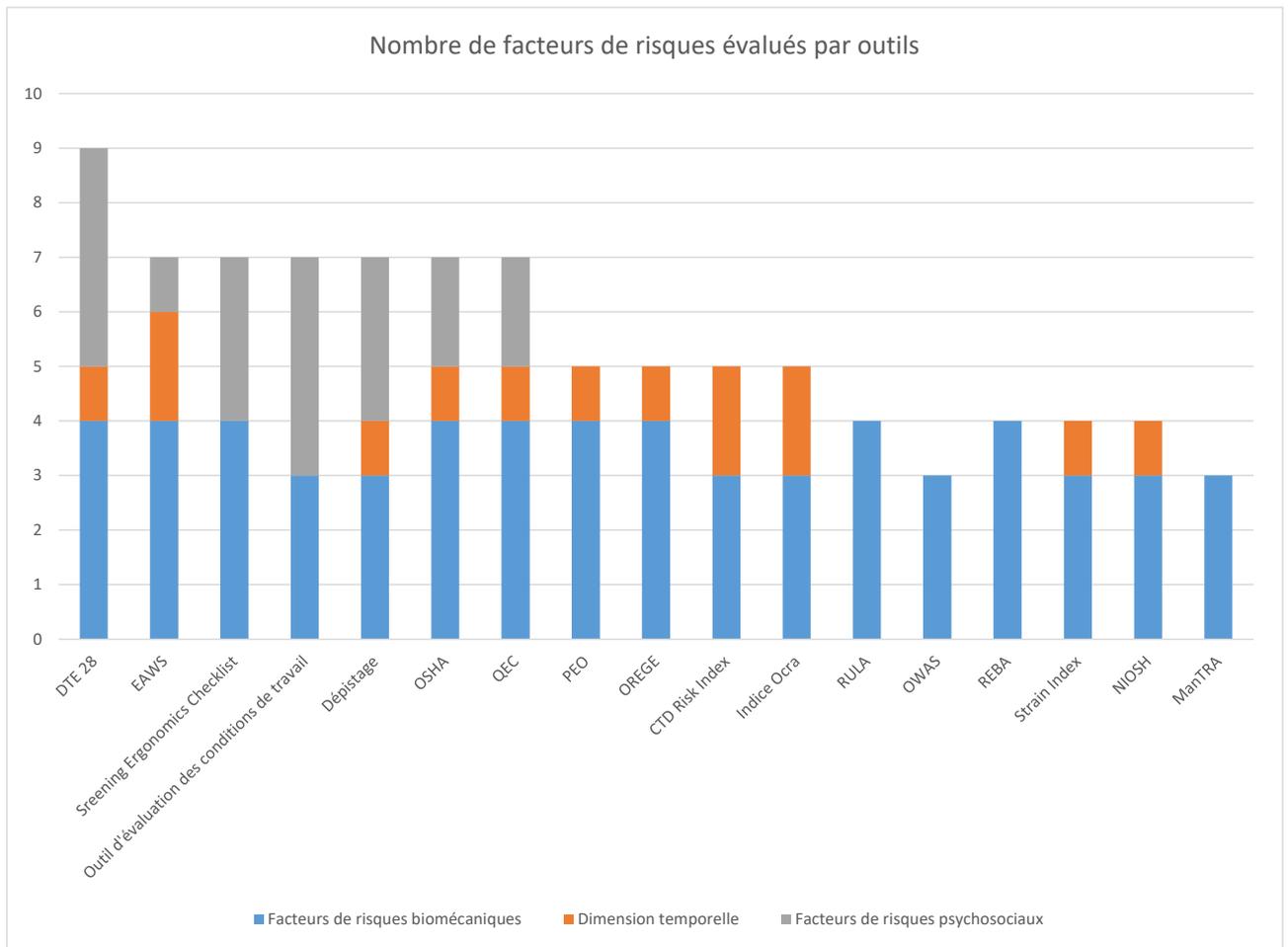
Premiers Résultats et Conclusion

Les résultats attendus de cette recherche sont de concevoir un outil qui permette d'intégrer dans les dernières technologies d'autres facteurs de risques d'évaluation et de compréhension du geste professionnel. Notre outil devra s'adapter à des situations toujours variables au sein du secteur industriel. Nous appréhenderons cette variabilité au travers de macro-indicateurs qui sont les déterminants de l'organisation : organisation de la production (flux tiré, poussé, tendus ; production à la chaîne, par lot) ; organisation du management (directif,

délégitif, participatif, persuasif...) ; de la formation (sur ligne de production, en salle, sur poste aménagée, compagnonnage etc...), environnement de travail (bruit, chaleur, vibrations, poussière, éclairage etc...). Mais aussi des caractéristiques de la population (âge, ancienneté, type de contrat, expérience professionnelle etc...). Nous essayerons ainsi de mettre en lumière les contraintes (facteurs de risques et déterminants des facteurs de risques), et les ressources (individuelles, collectives, organisationnelles, techniques), dont la rencontre conduit à l'émergence de TMS.

Pour faire le lien entre les ressources et les contraintes, nous nous appuyerons sur l'activité dont certains éléments pourront être mesurés en temps réel par des dispositifs de capture du mouvement par exemple. Nous pourrions ainsi lier une organisation en flux tendu, avec une forte pression temporelle, et une répétitivité des gestes mesurée comme délétère. Nous nous appuyerons aussi sur le ressenti subjectif des opérateurs au travail, afin de pouvoir identifier ce qui pourrait conduire à l'émergence de TMS. L'outil pourra avoir différents niveaux de complexité pour des utilisateurs de profils différents, pouvant inclure l'opérateur lui-même. La numérisation de l'outil pourrait faciliter un traitement quantitatif des données qualitatives.

Les premiers résultats de l'inventaire des outils d'évaluation confirment la prédominance de l'évaluation des facteurs de risques biomécaniques. Sur 17 outils inventoriés, 7 seulement questionnent au moins un facteur de risque psychosocial, 4 outils questionnent plus de 2 facteurs. Les facteurs psychosociaux pris en compte dans ce classement sont : l'intensification de la charge de travail, le travail monotone, le travail cadencé, le contrôle sur la situation de travail, la reconnaissance du travail, le support social et la dimension cognitive du travail. L'organisation du travail n'est abordée qu'à travers la dimension temporelle dans 11 outils, dont 3 seulement tiennent compte de temps de récupération et de pauses. Sur les facteurs biomécaniques considérés : l'effort, la répétitivité, la posture et la manutention, 10 outils prennent en compte les 4 facteurs, 7 ne questionnent pas les manutentions, 1 ne tient pas compte de la répétitivité. Mais, tous les outils évaluent au moins 3 facteurs biomécaniques (graphique 1).



Graphique 20 Nombre de facteurs de risques évalués par outils

Il semblerait que la prise en compte prédominantes des facteurs biomécaniques par les outils d'évaluation du risque de TMS, tend à favoriser une démarche de prévention des TMS principalement sur le dimensionnement physique du poste de travail (Caroly et al., 2008). Pourtant la durée d'exposition pourrait favoriser la mise en place d'une prévention visant des modifications de l'organisation du travail, par exemple la rotation. Actuellement, la phase d'analyse de l'activité d'usage des outils d'évaluation par les utilisateurs est en cours de déploiement sur le terrain industriel. Du côté de l'équipe de conception des processus de travail, un certain nombre d'outils numériques ont pu être appréhendés.

La démarche de conception adoptée dans cette thèse devrait nous permettre de suivre le processus de genèse instrumentale qui existe autour des outils d'évaluation du risque de TMS. Ce qui permettra d'évaluer leur impact sur les démarches de prévention et faire évoluer la représentation des acteurs sur la compréhension du risque de TMS, et des actions de prévention à mettre en œuvre. Il s'agit ainsi d'envisager comment ramener le travail réel dans les outils d'évaluation des risques au travail.

Bibliographie

Bellemare, M., & Baril-Gingras, G. (2011) Outils pour apprécier les aspects socio-organisationnels lors d'une intervention de prévention. In *Troisième Congrès francophone sur les troubles musculosquelettiques (TMS). Échanges et pratiques sur la prévention/Organisé par l'Anact et Pacte*.

Bellemare, M., & IRSST (Québec). (2002). *La transformation des situations de travail par une approche participative en ergonomie: une recherche intervention pour la prévention des troubles musculo-squelettiques*. Montréal: IRSST.

Bobillier Chaumon, M. E. (2013). Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies dans l'activité: questions et perspectives pour la psychologie du travail. Habilitation à diriger les recherches, UPMF.

Bongers PM, Ijmker S, Van den Heuvel S, et al. (2006), Epidemiology of work related neck and upper limb problems: Psychosocial and personal risk factors (Part I) and effective intervention from a bio behavioural perspective. *J Occup Reha-bil*;16:279-302.

Bourgeois, F., & Hubault, F. (2005). Prévenir les TMS. *Activités*, pp. 20-36.

Caroly, S. (2010). *Activité collective et réélaboration des règles: des enjeux pour la santé au travail*.

Caroly, S., Coutarel, F., Escriva, E., Roquelaure, Y., Schweitzer, J. M., & Daniellou, F. (2008). La prévention durable des TMS: Quels freins? Quels leviers d'action?.

Coutarel, F. (2015). Les gestes répétitifs. *Les risques du travail*, 207-210.

Coutarel, F., Caroly, S., Vézina, N., & Daniellou, F. (2015). Marge de manœuvre situationnelle et pouvoir d'agir: des concepts à l'intervention ergonomique. *Le travail humain*, 78(1), 9-29.

Coutarel, F., & Petit, J. (2013). Prévention des TMS et développement du pouvoir d'agir. *Ergonomie constructive.*, 175-190.

Coutarel, F., Daniellou, F., & Dugué, B. (2005). La prévention des troubles musculo-squelettiques: quelques enjeux épistémologiques.

Coutarel, F. (2004). *La prévention des troubles musculo-squelettiques en conception: quelles marges de manœuvre pour le déploiement de l'activité?*(Doctoral dissertation, Université Victor Segalen-Bordeaux II).

Guelaud, F., & Delamotte, Y. (1975). *Pour une analyse des conditions du travail ouvrier dans l'entreprise: recherche du Laboratoire d'Economie et Sociologie du Travail*.

Kausto J, Miranda H, Pehkonen I, et al. (2010), The distribution and co-occurrence of physical and psychosocial risk factors for musculoskeletal disorders in a general working population. *Int Arch Occup Environ Health*

Krause N, Burgel B, Rempel D. (2010), Effort-reward imbalance and one-year change in neck-shoulder and upper extremity pain among call center computer operators. *Scand J Work Environ Health*;36:42-53.

Kumar, S., Narayan, Y., & Moro, L. (2004). Measurement and prediction of cumulative load in X-ray technologists. Proceedings of the Fifth International Scientific Conference on Prevention of Work-related Musculoskeletal disorders.

Leplat, J. (1978). L'équivalence des situations de laboratoire et de terrain. *Le travail humain*, 307-318.

National research council. (2001), The National Academy of Sciences. Muscu-loskeletal Disorders and the Workplace: Low back and Upper Extremity muscu-loskeletal disorders. National Academy Press, Washington, DC.

Piganiol, C. (1980). *Techniques et politiques d'amélioration des conditions de travail dans l'entreprise. Entreprise moderne d'édition.*

Rabardel, P., & al. (2005). Modèles du sujet pour la conception. Toulouse: Octarès

Roquelaure, Y., Leclerc, A., Coutarel, F., Brunet, R., Caroly, S., Daniellou, F. (2012). Comprendre et intervenir. Enquêtes épidémiologiques et approches ergonomiques à propos des troubles musculo-squelettiques du membre supérieur. C. Courtet, M. Gollac (Dir.), *La santé négociée*, 173-187. La Découverte.

Roquelaure, Y., Mariel, J., Benetti, A., Elia, C., Fanello, S., Bureau, D., ... & Penneau-Fontbonne, D. (1999). Surveillance active des TMS et de leurs facteurs de risque: Epidémiologie en santé et travail. *Revue de médecine du travail*, 26(1), 35-41.

Simonet, P. (2011). L'hyposocialisation du mouvement : prévention durable des troubles musculo-squelettiques chez les fossoyeurs municipaux. Thèse de psychologie du travail. Soutenue le 5 décembre 2011. Paris CNAM.

Six, F. (1999). De la prescription à la préparation du travail: apports de l'ergonomie à la prévention et à l'organisation du travail sur les chantiers du bâtiment. *Document pour l'habilitation à Diriger des Recherches. Lille: Université Charles de gaulle Lille, 3.*

Van Rijn RM, Huisstede BAM, Koes BW, et al. (2010), Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder – a systematic literature review. *Scand J Work Environ Health*;36:189-201.

Vézina, N. (2000). *Quelles sont les relations entre travail et TMS ?* In INRS (eds.).

Volkoff, S., & Molinié, A. F. (1982). Quantifier les conditions de travail?(L'exemple de l'enquête nationale d'octobre 1978). *Travail et emploi*, 11, 63-70

Winkel, J., & Westgaard, R. H. (2008). Facteurs de risques de TMS au travail et perspectives de solutions: passé, présent, avenir. *HESA Newsletter*, 34, 3-7.

Usage des outils d'évaluation dans la prévention des troubles musculo-squelettiques : perspectives d'évolution

Rémy HUBAUT^{1,3}, Sandrine CAROLY¹, Fabien COUTAREL², Christophe ROYBIN⁴ & Christophe BLANCHON³

1. PACTE, Université Grenoble Alpes, IEP, BP 47, 38 040 Grenoble cedex 09, France
 2. Clermont Université, Université Blaise Pascal, EA 4281, ACTE
 3. Inoprod, Centre d'Affaires du zénith Le trident – Bâtiment E46 rue de Sarliève 63800 COURNON D'AUVERGNE
 4. Usine Renault Trucks, Volvo Group, Avenue Amédée Mercier, 01000 Bourg en bresse
- remy.hubaut@hotmail.fr; sandrine.caroly@upmf-grenoble.fr ; Fabien.Coutarel@univ-bpclermont.fr ; blanchon@inoprod.com ; christophe.roybin@volvo.com

Résumé : L'évolution du modèle de prévention des Troubles Musculo-Squelettiques (TMS), conjointement au développement des nouvelles technologies conduit à l'évolution de ces outils. Notre travail de thèse de conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS se situe dans ce contexte. Afin de participer au développement d'un outil adapté au réel du terrain, il nous a semblé indispensable d'analyser l'usage qui est fait d'outils existants sur un site industriel d'assemblage de véhicules industriels. Cette communication expose donc l'usage des outils dans une situation d'usage, dans un contexte industriel fortement lié au *lean manufacturing* etc... Nous montrons qu'il est indispensable pour les prochains outils d'évaluation du risque de TMS de permettre de tenir un regard sur l'activité, et la question de l'usage dans un collectif de travail, bien au-delà du rôle de l'ergonome seul.

Mots-clés : Outils d'évaluation, prévention, troubles musculo-squelettiques, ergonomie

Use of assessment tools in the prevention of musculoskeletal disorders : prospects for evolution

Abstract : The evolution of the prevention of Musculoskeletal Disorders (MSD) model, together with the development of new technologies, leads to the evolution of these tools. Our thesis work on the design of a digital risk assessment tool for MSD enters in this context. In order to participate in the development of a tool adapted to the actual situation on the ground, we felt it was essential to analyze the use made of these tools on an industrial assembly site for industrial vehicles. This paper thus exposes the use of tools in two situations of use, in an industrial context strongly linked to lean manufacturing. We show that it is essential for the next tools of assessment of the risk of MSD to allow a true view on the activity, and also that the question of the use of the tools of evaluation questions the collective of work, The role of the ergonomist alone.

Keywords: Assessment tools, prevention, musculoskeletal disorders, ergonomics

*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Toulouse du 20 au 22 septembre 2017. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante :

Hubaut, R., Caroly, S., Coutarel, F., Roybin, C., Blanchon, C. (2017). **Usage des outils d'évaluation dans la prévention des troubles musculo-squelettiques : perspectives d'évolution**

. 52^{ème} Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie (Toulouse, 20-22 septembre).

Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page.

Introduction

Les possibilités numériques actuelles permettant de capter et de traiter quasiment en direct certains éléments du mouvement humain au poste de travail posent la question de la mise en lien de ces technologies avec d'autres facteurs de risques organisationnels ou psychosociaux. La rapidité, la précision et la portabilité de ces nouveaux outils offrent des perspectives séduisantes, déjà mises en avant par certaines entreprises : capter un mouvement avec son téléphone portable et sortir immédiatement une exploitation des données relatives à ce mouvement en termes de gestes et postures par exemple. L'enjeu est de tenir une approche globale et systémique que cette première approche de l'évaluation des TMS par les technologies innovantes.

Après nous avoir conduit à explorer les caractéristiques des outils d'évaluation du risque de TMS (Hubaut, Caroly, Coutarel, Blanchon & Roybin, 2016), notre recherche sur la conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS nous amène à nous interroger sur les usages des outils sur le terrain. Nous présenterons dans cette communication, les usages d'outil d'évaluation des TMS internes à un groupe industriel que nous avons relevé, et les repères que nous en tirons pour la conception d'outils futur.

Cadre théorique

La nécessité de faire face à l'épidémie de TMS au début des années 90 conduit au besoin d'outils d'évaluation spécifiques du risque de TMS, si possible facilement

utilisables (notamment par des non ergonomes). Les premières approches physiologiques et biomécaniques du risque se concentrent sur la dimension physique. Des grilles spécifiques à l'évaluation du risque de TMS sont ainsi construites : *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Occupational Repetitive Action* (OCRA), *Quick Exposure Check* (QEC). Les facteurs professionnels y sont appréhendés de façon isolée (par exemple, la force n'est pas mise en lien avec le rythme de travail), alors que c'est souvent leur combinaison dans la situation de travail qui est à la genèse des TMS (Coutarel, Daniellou & Dugué, 2005). Par ailleurs, ils conduisent à centrer l'attention de leurs utilisateurs sur les dimensions locales du travail (le poste de travail), alors même que la prévention suppose une évaluation des risques qui vise l'action sur des déterminants de ces facteurs de risques locaux (Bellemare & Baril-Gingras, 2011 ; Roquelaure et al., 1999) : par exemple, organisation du travail, culture de sécurité, objectifs de production, etc. Cibler ces déterminants peut s'avérer majeur pour la prévention (Coutarel, Caroly, Vézina & Daniellou, 2015) et invite à mieux comprendre le geste dans son ensemble plutôt que le mouvement seulement (Simonet, 2011), qui n'en est que la partie visible. Le modèle du geste, développé par l'ergonomie considère celui-ci comme une structure complexe (physique, cognitive, psychique) (Coutarel, 2015). Le geste est le résultat d'un compromis entre la tâche, les objectifs de l'entreprise, ceux de l'opérateur, les moyens matériels, l'expérience de l'opérateur (Bourgeois & Hubaut, 2005),

ainsi que les possibilités de travail collectif (Caroly, 2010).

La complexité de la combinaison de facteurs à l'origine de l'apparition des TMS, nécessite de sortir du cadre du poste de travail et des facteurs de risque pour aller explorer les déterminants de ces facteurs de risque (Bellemare, 2002). Ces déterminants sont à investiguer dans la sphère élargie de l'entreprise (clients, fournisseurs, réglementation etc...), mais aussi dans la sphère sociétale, et constituent des leviers d'action pour réduire l'exposition aux facteurs de risques issus de l'approche épidémiologique (Coutarel, 2009). Appréhender ces déterminants permet d'envisager une approche développementale de la prévention des TMS passant par la construction de marges de manœuvre (Vézina 2000).

La marge de manœuvre situationnelle (Coutarel et al., 2015) correspond à l'espace de régulation mobilisé par l'opérateur dans une situation de travail précise. Celle-ci dépend de l'interaction entre les caractéristiques de l'environnement de travail et les caractéristiques de la personne. Contribuer au développement de la marge de manœuvre situationnelle suppose simultanément de diminuer les contraintes et de développer les ressources dont dispose l'opérateur pour faire face aux exigences du travail. Quand les approches classiques des TMS insistent sur la diminution des expositions, il s'agit donc aussi de construire simultanément les ressources des acteurs et des organisations pour faire face aux défis quotidiens du

travail, pour favoriser la possibilité de rencontrer les objectifs de performance dans des conditions favorables (Coutarel & Petit, 2013).

Méthode

Les résultats présentés dans cette communication sont issus de la première phase d'observations. Ces observations ont été étayées par le recueil des verbalisations auprès des acteurs des situations observées. Dans le cadre de chantiers 3M, nous avons observé une situation d'usage d'un outil d'évaluation du risque de TMS. Nos observations portent sur 2 chantiers 3M, animés par le même animateur *lean*. Dans les deux cas, une période de 40 minutes, la journée avant le chantier a été dédiée à la prise de vidéo par l'animateur *lean* de la situation de travail envisagée pour le chantier. La prise de vidéo a été suivie de la passation de l'outil d'évaluation des risques de TMS appelé fiche SEC. Nous avons relevé pendant cette passation de l'outil, les éléments relevés par l'animateur, et les interactions qu'il avait avec les acteurs de la situation de travail.

Nous avons ensuite suivi l'analyse 3M à proprement parlé qui est un entretien d'auto-confrontation mené par l'animateur 3M avec l'opérateur titulaire du poste et l'animateur d'équipe. Lors de ces entretiens, nous relevions les éléments évoqués relatif à l'utilisation de l'outil d'évaluation SEC, mais aussi tous autres éléments évoqués par les acteurs en lien avec les TMS. La séance d'auto-confrontation avec l'opérateur du chantier 3M dure une journée entière.

Résultats

Dans le cadre d'un chantier 3M du *lean manufacturing* l'équilibrage des charges amène à la réalisation d'un plan d'action, dans le but de réduire l'exposition de l'opérateur aux Muri, réduire l'impact des Mura sur la production, et supprimer des Muda. La politique *lean* de l'entreprise est de privilégier la suppression du Muri (excès). Le chantier est mené par un animateur *lean*, travaillant sur base d'entretiens d'auto-confrontation sur vidéo avec un opérateur de la charge évaluée, et l'animateur d'équipe de la portion de ligne concernée par le chantier. Les raisons qui nous poussent à nous intéresser à ce chantier sont doubles :

- Il est prescrit à l'animateur *lean* d'utiliser en début de chantier un outil d'évaluation du risque de TMS interne : Screening Ergonomic Checklist (SEC), dont nous avons déjà analysé les facteurs pris en compte (Hubaut et al., 2016).
- Les Muri dans la vision du *lean* sont principalement du côté des excès physiques (postures extrêmes, efforts excessifs).

L'utilisation de l'outil d'évaluation du risque de TMS se fait sur le terrain. L'animateur observe 2 ou 3 cycles de travail, et relève l'exposition aux facteurs de risque de TMS dans l'activité de l'opérateur sur un support papier : l'outil SEC. Une fois l'observation terminée, le report des résultats sur un fichier Excel donne le score obtenu par l'outil. Nos observations de l'utilisation de cet outil mettent en lumière plusieurs éléments :

- L'animateur *lean* utilise des informations prises en dehors de

l'observation immédiate, notamment pour évaluer la répétitivité d'un mouvement par rapport à la référence de véhicule assemblée.

- Afin de s'alléger d'une partie de l'analyse, mais aussi pour impliquer l'encadrement immédiat dans le chantier, l'animateur *lean* demande à l'animateur d'équipe, de remplir une partie des fiches SEC pour le chantier, ce qui pose un certain nombre de difficultés, l'utilisation de la fiche SEC requérant une formation qui n'est pour l'instant pas dispensée aux animateurs d'équipe.

Nos observations de la séquence d'auto-confrontation entre l'opérateur, l'animateur *lean* et l'animateur d'équipe révèlent les éléments suivants :

- Les résultats de la fiche SEC, ne sont pas exploités, ils ne sont même pas évoqués lors de l'entretien. L'animateur *lean* ne met pas en lien les Muri qui sont identifiés, et les facteurs de risques physiques ou psychologiques présentés dans la fiche d'évaluation.
- La réponse apportée aux Muri identifiés ne va souvent pas plus loin qu'un rappel au standard, ou à la tâche prescrite. Certains Muri ouvrent vers des propositions d'aménagement du poste ou de transformation des outils.

Les verbalisations de l'animateur *lean* autour de ce second point mettent en évidence la procédure d'enregistrement vidéos servant à l'entretien avec l'opérateur filmé. Nous l'avons reprise telle qu'elle est dans les documents :

« 3. Filmer 2 cycles consécutifs au minimum

4. Filmer la personne dans son ensemble et son environnement

5. Passer les consignes suivantes à la personne filmée :

a. *Travaille normalement ni trop lent et ni trop vite*

b. *Respecter enchaînement opératoire*

c. *Pas d'anticipation*

d. *Prévenir si aléas (lever le bras pour alerter)*

6. Passer les consignes aux personnes alentour :

a. *qu'elles n'interfèrent pas la personne filmée*

b. *qu'elles ne l'assistent pas*

c. *seulement l'Animateur d'Equipe qui intervient lors d'un aléa. »*

Ces consignes sont celles de faire tenir la tâche à l'opérateur, sans variabilité, sans interruption, très loin des régulations individuelles et collectives. Les verbalisations de l'animateur *lean* à propos de l'absence d'utilisation de l'outil d'évaluation lors de l'entretien d'auto-confrontation avec l'opérateur filmé indiquent qu'il perçoit un écart entre le résultat de l'outil, qui est un instantané de l'exposition globale au risque de TMS, et de ses besoins lors de l'entretien. L'animateur souhaiterait un outil permettant de donner une note par opération traitée lors du chantier 3M, afin de faire de cette note l'un des éléments de l'équilibre des charges de travail.

Discussion

Nos résultats sont issus d'observations ouvertes qui demandent à être

systématisées. Ils nous permettent toutefois de donner un premier aperçu de l'usage des outils d'évaluation des TMS dans une situation d'utilisation que nous avons envisagé dans notre analyse de la demande : celle de l'usage d'outil d'évaluation du risque de TMS par des utilisateurs non ergonomes.

Si l'on se place dans une perspective anthropotechnique (Rabardel, 1995), l'activité de l'ergonome est médiatisée par les outils d'évaluation du risque de TMS. Nous avons sur notre terrain de thèse, un groupe d'utilisateur particulier des outils : les animateurs *lean*. Ces animateurs doivent utiliser un outil d'évaluation du risque de TMS pour aider l'ergonome dans son action de prévention, mais aussi pour faire en sorte que l'objet de leur propre activité, la performance industrielle génère moins de TMS. Ces animateurs *lean* ont aussi leurs propres outils, à la fois pour la performance industrielle, et une grille de lecture du risque de TMS : les MURI (excès d'activité physique, de stress). Le *lean*, et les outils *lean* ne sont pas uniquement à destination des animateurs *lean*, ils sont partagés avec un grand nombre d'acteurs de la situation de travail, dans le sens où à l'heure actuelle, ils structurent la plupart des organisations.

D'un autre côté, le travail des ergonomes a aussi une partie de son objet qui est lié à la performance industrielle, même si les organisations ne l'entendent pas toujours de cette façon. Les outils d'évaluation du risque de TMS médiatisent aussi cette part de l'activité dans le sens où ils permettent souvent de quantifier les niveaux d'exposition au risque.

On arrive à un système plus complexe, schématisé dans la figure 1. D'un côté, l'ergonome et son objet "principal" de la prévention des TMS médiatisé par les outils d'évaluation. De l'autre, l'animateur *lean* et son objet "principal" de la performance industrielle médiatisée par les outils *lean*.

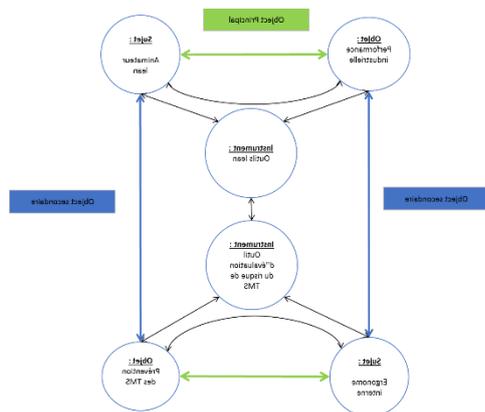


Figure 47 Système d'instrumentation médiatisant l'activité

Nous avons donc l'ergonome, dont l'activité "principale" de prévention des TMS est médiatisée par les outils d'évaluation, et aussi, de manière plus large par les outils *lean*. L'activité "secondaire" de l'ergonome de participation à la performance industrielle est médiatisée à la fois par les outils d'évaluation et par les outils *lean*, de la même manière que l'activité de prévention. Nous avons la même chose du côté de l'animateur *lean* dont l'activité principale de recherche de la performance industrielle est médiatisée par ces outils *lean*, et de manière plus large, elle est médiatisée aussi par les outils d'évaluation du risque de TMS. Et l'activité "secondaire" de participation de l'animateur *lean* à la prévention des TMS est médiatisée par les deux instruments.

Autant du point de vue de son objet principal de la performance industrielle,

que de l'objet secondaire de la prévention des TMS, la démarche de l'usage de l'outil SEC dans le cadre des chantiers 3M pose plusieurs questions. Nous voyons d'abord une analyse de l'activité sur la base de vidéo dont les conditions d'enregistrement minimisent le point de vue qu'elles pourraient donner à la fois sur le processus de régulation, et sur les marges de manœuvres qui apparaissent comme les éléments prépondérants du modèle de prévention des TMS.

Nous observons aussi une catachrèse dans l'usage de l'outil qui est susceptible de poser certains problèmes à une démarche de prévention : l'utilisation de l'outil SEC par les animateurs d'équipes. La démarche *lean* repose sur l'investissement des équipes dans la démarche. La stratégie des animateurs pour obtenir cet investissement est d'impliquer les équipes en leur confiant des tâches à réaliser dans leurs chantiers. C'est en suivant ce raisonnement que l'animateur *lean* demande à l'animateur d'équipe d'utiliser l'outil SEC. L'outil SEC est un outil d'analyse de la situation de travail qui demande pour être utilisé des compétences en prévention des risques professionnels. Les animateurs *lean* ont suivi une formation à l'utilisation de cet outil que n'ont pas les animateurs d'équipe. Nous pouvons donc nous interroger sur la pertinence des données remontées à l'ergonome dans cette situation.

conclusion

Les premiers éléments remontés de cette analyse des usages des outils d'évaluation des TMS sur un terrain industriel nous

montrent que la question de l'usage des outils dépasse le cadre de l'activité de l'ergonome seul. Elle est ici, fortement liée à la question de l'organisation *lean* déployée dans le cadre de la politique d'amélioration continue, avec l'usage d'outils confié aux animateurs *lean*.

Les repères que nous tirons de cette analyse pour la conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS sont de plusieurs ordres.

L'outil d'évaluation doit participer d'une façon ou d'une autre à la construction du modèle des TMS partagé par les acteurs de la situation de travail, sinon il n'est utilisé que par obligation, et ces résultats sont peu exploités. L'outil doit favoriser la prise en compte des régulations et des marges de manœuvre dans son évaluation, afin de porter un modèle de prévention centré sur la compréhension de l'activité et plus sur le facteur de risque. De ce point de vue, l'utilisation de technologie numérique de capture du mouvement dans un outil de type outil d'analyse et dans un contexte *lean* marqué nous semble poser un risque de voir une prise en compte du risque de TMS centrée sur le facteur de risque, sans prendre en compte l'activité, ni investiguer les régulations et les marges de manœuvre. Un autre repère de conception intéressant pour un outil futur est qu'un outil doit s'inscrire dans une démarche complète tenant compte des compétences de l'utilisateur dans sa compréhension du modèle des TMS et de la prévention. Faire utiliser des outils d'analyse par des utilisateurs non formés débouche sur peu de compréhension du phénomène, et peu d'identification des ressources pour la

prévention. Il faut que l'outil soit adapté aux compétences de l'utilisateur, c'est-à-dire qu'il permette différents niveaux d'analyse (dépistage, analyse, expertise). Il serait intéressant aussi que l'outil permette à l'utilisateur d'acquérir les compétences lui permettant de basculer avec la pratique d'un niveau d'évaluation vers le suivant.

Bibliographie

- Bellemare, M., & Baril-Gingras, G. (2011) Outils pour apprécier les aspects socio-organisationnels lors d'une intervention de prévention. In *Troisième Congrès francophone sur les troubles musculosquelettiques (TMS). Échanges et pratiques sur la prévention/Organisé par l'Anact et Pacte*.
- Bellemare, M., & IRSST (Québec). (2002). *La transformation des situations de travail par une approche participative en ergonomie: une recherche intervention pour la prévention des troubles musculo-squelettiques*. Montréal: IRSST.
- Bourgeois, F., & Hubault, F. (2005). Prévenir les TMS. *Activités*, pp. 20-36.
- Caroly, S. (2010). Activité collective et réélaboration des règles: des enjeux pour la santé au travail.
- Coutarel, F. (2015). Les gestes répétitifs. *Les risques du travail*, 207-210.
- Coutarel, F., Caroly, S., Vézina, N., & Daniellou, F. (2015). Marge de manœuvre situationnelle et pouvoir d'agir: des concepts à l'intervention ergonomique. *Le travail humain*, 78(1), 9-29.
- Coutarel, F., & Petit, J. (2013). Prévention des TMS et développement du pouvoir d'agir. *Ergonomie constructive.*, 175-190.
- Coutarel, F., Daniellou, F., & Dugué, B. (2005). La prévention des troubles musculo-squelettiques: quelques enjeux épistémologiques.
- Coutarel, F. (2004). *La prévention des troubles musculo-squelettiques en conception: quelles marges de manœuvre pour le déploiement de l'activité?* (Doctoral dissertation, Université Victor Segalen-Bordeaux II).
- Engeström, Y. (1987). Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research. Helsinki, Finland: Orienta-Kosultit Oy.
- Hubaut, R., Caroly, S., Coutarel, F., Blanchon, C. & Roybin, C. (2016). Conception d'un outil numérique d'évaluation du risque de TMS, Actes du 51^{ème} Congrès de la SELF, Marseille, 21-23/09/16.
- Rabardel, P. (1995). Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains (p. 239). Armand Colin.
- Roquelaure, Y., Mariel, J., Benetti, A., Elia, C., Fanello, S., Bureau, D., ... & Penneau-Fontbonne, D. (1999). Surveillance active des TMS et de leurs facteurs de risque: Epidémiologie en santé et travail. *Revue de médecine du travail*, 26(1), 35-41.
- Simonet, P. (2011). L'hyposocialisation du mouvement : prévention durable des troubles musculo-squelettiques chez les fossoyeurs municipaux. Thèse de psychologie du travail. Soutenue le 5 décembre 2011. Paris CNAM.

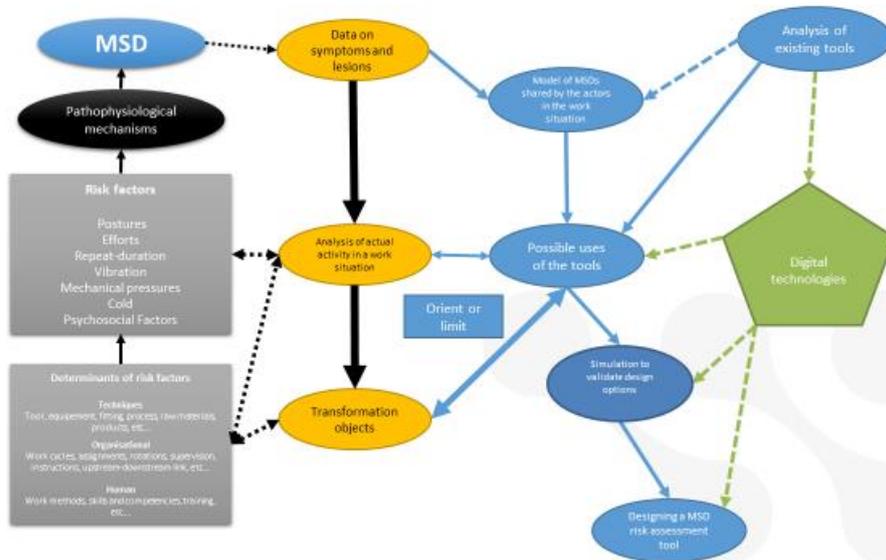
Vézina, N. (2000). Quelles sont les relations entre travail et TMS ? In INRS (eds.).

Digital tools in the prevention of musculoskeletal disorders

Rémy HUBAUT, Sandrine CAROLY, Fabien COUTAREL,
Christophe BLANCHON & Christophe ROYBIN



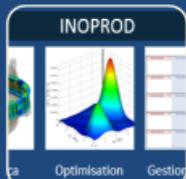
The tool : prevention instrument



- How can we integrate characteristics that are more favorable to the overall assessment of MSD risk in future digital tools?
- How will new technologies promote the activity, and thus the development, of their users, or else, enclose and limit this activity?



Research ground



INOPROD

Optimisation Gestion

Inoprod

- Company financing research (CIFRE scholarship)
- Accompanying companies in the design of their production tool thanks to 3D dynamic modeling
- 14 collaborators in calculation, flow simulation, risk management



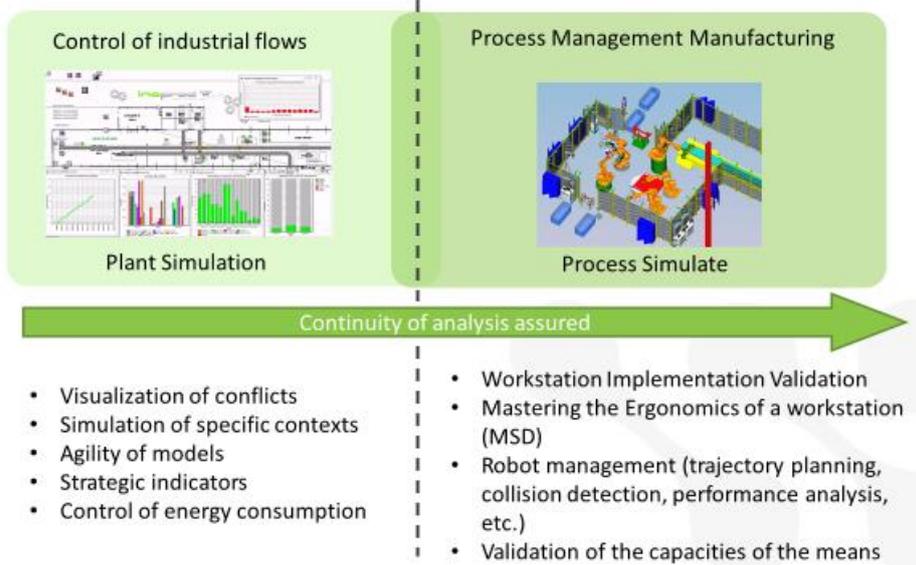
VOLVO TRUCKS

RENAULT TRUCKS

Groupe Volvo/Renault Trucks

- Site of assembly of heavy vehicles (factory of Bourg en Bresse), within an international group specialized in the production of trucks (Volvo Trucks)
- With a workforce of 1,800 employees, the doctoral student works within the occupational risk prevention department: 1 ergonomist, user of the expertise tool; And 6 animators lean users of the analysis tool.





Using Numerical Tools: Plant Simulation

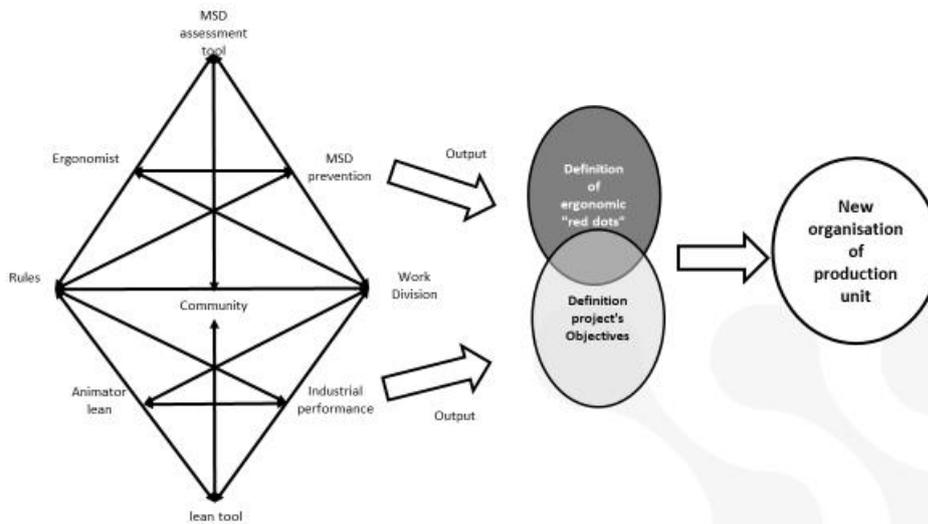
- Used to assess exposure to MSD risk factors
- Allows to test several organizational hypothesis
- Requires preliminary analysis of the reference situation
- Requires specific skills on the part of the user

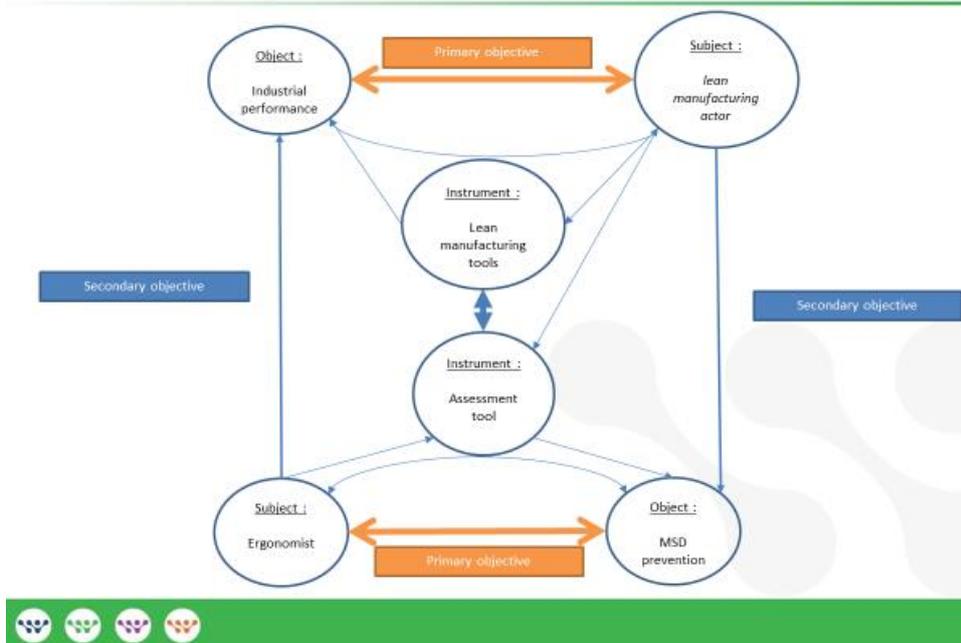


Using digital tools: Process Simulate



General system of activity in the use of risk assessment tools for MSD





Conclusion and perspective

- Use of the tool linked to the model of the TMS carried by the user, and also to the sharing of the results with the working community.
- Digitization is desirable at the level of expertise. It may present risks depending on the model of the work carried by the user.
- Need for a tool adapted to all types of users (from screening to expertise), and enabling users to develop their skills



Annexe VI

Rapport construction simulation de flux intégrant comportements des opérateurs

Document Technique

Inoprod Services

ILOT DE CONDITIONNEMENT DE VIS

DT-RD150002-001A

CONFIDENTIEL INDUSTRIE



Auteur : L. Perez

Date : 08 juin 2016

Sommaire

Sommaire	CCCXLVIII
Table des figures	CCCL
Table des tableaux	CCCL
Documents de référence	CCCL
Terminologie spécifique au projet	CCCLI
Terminologie Plant Simulation™	CCCLII
Avant-propos	CCCLIV
1 Cadre expérimental du modèle de l'îlot de conditionnement	CCCLV
1.1 Environnement de modélisation	CCCLV
1.2 Période de simulation.....	CCCLV
1.3 Calendrier d'ouverture	CCCLV
1.4 Organisation du flux de pièces	CCCLV
1.4.1 Description	CCCLV
1.4.2 Hypothèses associées	CCCLVI
1.4.3 Schéma fonctionnel	CCCLVII
1.5 Organisation des ressources humaines.....	CCCLVII
1.5.1 Organisation des opérateurs et des activités associées	CCCLVII
1.5.2 Hypothèses associées aux opérateurs et à ses activités	CCCLIX
1.6 Données d'entrée	CCCLIX
1.7 Données de pilotage.....	CCCLX
1.8 Indicateurs de sortie.....	CCCLXI
1.8.1 Particularités liées au temps d'activité des opérateurs.....	CCCLXI
1.8.2 Particularités liées aux divers indicateurs de sortie	CCCLXII
2 Logique de pilotage et détails de modélisation	CCCLXIII
2.1 Logique globale de pilotage.....	CCCLXIII
2.2 Pilotage par méthodes	CCCLXIII
2.3 Détails de modélisation associés aux périodes de pause.....	CCCLXIV

2.4	Détails de modélisation associés aux Réunions et activités de Nettoyage en Production	CCCLXIV
3	Résultats de simulation	CCCLXV
3.1	Scénario de base	CCCLXV
3.2	Scénarios exploratoires	CCCLXV

Table des figures

Figure 1 : Diagramme de flux	CCCLVII
Figure 2 : Logigramme général.....	CCCLXIII
Figure 3 : Appel des méthodes.....	CCCLXIV

Table des tableaux

Tableau 1- Taux d'utilisation	CCCLIII
-------------------------------------	---------

Documents de référence

- DR1. « Test_ilot conditionnement_vis.xlsx » : Données d'entrée faisant office de « cahier des charges » pour la modélisation du périmètre d'étude.
- DR2. « ModèleFichierStatsAvecFormulesPourAnalyse.xlsx » : Exemple de fichier de sortie (vide) avec les formules pour aider l'analyse des données.
- DR3. « MDG-RD150002-001-001-Ergonomie.spp » : Version finale du modèle de simulation.

Terminologie spécifique au projet

C1 : Contenant de type boîte plastique.

CA : Contenant de type carton avec couvercle.

NOK : Posture non OK (incorrecte).

Top5 : Réunion avec les opérateurs à leur prise de poste.

Terminologie Plant Simulation™

Attribut (PLS) : caractéristique de base d'un objet PLS. Les attributs permettent de définir certains états d'un objet standard (exemple : longueur, largeur, capacité, poids...).

Cadre expérimental : protocole expérimental définissant les données nécessaires (données d'entrée et paramètres) et les limites de l'étude pour la réalisation des simulations.

Donnée d'entrée (DE) : les données d'entrée les informations introduites en entrée du processus et qui vont conditionner l'ensemble de comportement du modèle. Les données d'entrée couplées au paramétrage du modèle de simulation conditionneront directement les données de sortie.

Donnée de sortie (DS) : les données de sortie concernent tous les résultats issus d'une simulation. Il peut s'agir d'indicateurs de performance, de graphes ou de tableaux. Les données de sortie doivent nécessairement être associées à un jeu de données d'entrée et à un jeu de paramètres.

Entity (entité) : objet PLS circulant entre les différents objets du modèle de simulation et permettant de représenter une entité unitaire (pièce brute, matière première, produit semi fini, ...).

FIFO : First in First Out, conservation de l'ordre d'entrée lors de la sortie d'entités dans une file, un stock, un contenant, etc...

Frame (cadre) : objet permettant de grouper plusieurs objets PLS. Une frame permet de construire des modèles hiérarchisés.

Moveable Unit (MU) : [genre féminin, pluriel : des MUs] Tout objet PLS mobile dans le modèle de simulation. Les MUs regroupent les entités, les conditionnements, les transporteurs.

MTTR : Mean time to repair (temps moyen pour remettre un poste tombé en panne en marche).

Objet (PLS) : objet développé par Siemens, sauvegardé au sein d'une librairie et ne pouvant être modifié par l'utilisateur. Ces objets comportent cependant différents attributs standards permettant de paramétrer l'objet.

Paramètre : variable permettant de paramétrer le modèle de simulation dans une certaine configuration. Par exemple : le nombre de postes pour réaliser une certaine fonction, le taux de rebut à générer dans le modèle,...

PLS : logiciel de gestion des flux « Tecnomatix Plant Simulation™ » de Siemens, anciennement « eM-Plant ».

Taux d'utilisation :

Temps de simulation = Temps d'ouverture de l'usine			
Not paused = Temps de travail des machines			Paused
Not failed = Temps de fonctionnement des machines			Failed
Working = Temps utile de production + temps de production pour la non qualité	Setting-up	Waiting	Blocked

Tableau 31- Taux d'utilisation

Paused : temps de travail des postes défini par les calendriers (ShiftCalendar). Il peut par exemple s'agir d'un temps alloué à la maintenance préventive ou à l'industrialisation.

Failed : temps concernant les pannes aléatoires. Ces aléas sont définis à l'intérieur des objets standards.

Working : temps de production nécessaire à la production de toutes les pièces (bonnes comme mauvaises) à leur cadence nominale.

Blocked : temps pendant lequel la machine est stoppée pour cause de blocage aval (goulot d'étranglement en aval).

Waiting : temps pendant lequel la machine est stoppée pour cause de blocage amont (manque de produits de la part des postes situés en amont).

Setting-up : temps pendant lequel la machine réalise un setup. Le setup peut par exemple concerner un changement d'outil ou un nettoyage.

Temps de cycle : Temps nécessaire à une fonction de production pour réaliser sa tâche sur l'entité.

TRS : Taux de rendement synthétique.

Avant-propos

Dans le cadre des activités d'un îlot de conditionnement de vis, le « client » souhaite s'appuyer sur la simulation de flux pour évaluer certains aspects humains qui en découlent.

Le périmètre d'analyse s'étend à un seul îlot de conditionnement de vis composé de 4 machines parallèles fonctionnant en 3*8. L'approvisionnement (en amont) et l'acheminement après mise en palette (en aval) n'y sont pas compris.

Le but de la présente étude est de :

- Fournir une aide à l'analyse des facteurs humains liées au fonctionnement de l'îlot, notamment le poids manipulé et les postures adoptées (par opérateur).

Le « client » attend d'Inoprod de :

- Construire un modèle de simulation du périmètre d'analyse et réaliser quelques tests exploratoires.

Le présent document contient l'ensemble des hypothèses de modélisation associées aux travaux de construction du modèle. Il décrit notamment le flux des pièces, les logiques générales de pilotage des entités et objets (surtout celles liées aux opérateurs) ainsi que les données d'entrée et de sorties attendues.

Ce document technique comprend toutes les phases de cadrage, étude analytique, modélisation et résultats.

Cadre expérimental du modèle de l'îlot de conditionnement

Environnement de modélisation

Le modèle est construit sur le logiciel Plant Simulation en version V12.

Période de simulation

Le modèle doit supporter une période de simulation de 1 an (soit 365 jours), ce qui constitue la condition de terminaison de la simulation. La simulation doit démarrer le matin du premier lundi de l'année.

Par hypothèse de modélisation, la simulation doit démarrer plus précisément un lundi à minuit.

Calendrier d'ouverture

L'îlot de conditionnement de vis fonctionne 5j/7, du lundi matin 6h au vendredi soir 22h.

L'ensemble des ressources humaines se partage en trois équipes qui, sommées, assurent ces heures d'ouverture. Chaque équipe travaille pendant 8h. Elles sont toutes composées de 2 opérateurs qui font leur unique pause de 30 minutes en décalé : le premier opérateur part en pause après 6h de sa prise de service et le deuxième le fait 30min plus tard.

Ainsi, la production se fait en 3*8. L'ensemble des équipements fonctionnent sans pannes ni aléas. Ils subissent toutefois deux types d'arrêt systématiques : pour cause de réunion (en tout début de poste et pendant 5 minutes) et pour le nettoyage (en toute fin de poste, pendant les 15 dernières minutes). Par hypothèse de modélisation, le calendrier des machines est réduit de ces deux types d'arrêt.

Organisation du flux de pièces

Description

Le modèle de flux représente l'îlot de conditionnement de vis tel que défini par le [DR1]. La description qui suit se base plus précisément sur les « caractéristiques_Prod » figurant dans ce document.

Le flux de production est un flux poussé.

La production est unitaire avec pour entité la pièce en entrée du processus. Il y en a 8 références. Dans le modèle, elles sont identifiées à l'aide de leur numéro : Ref1, Ref2, Ref3, Ref4, Ref5, Ref6, Ref7 et Ref8.

Les machines de tri fonctionnent par campagne. Une campagne correspond à 150000 pièces de même référence pour une machine donnée.

Il y a 4 machines de tri. Dans le modèle, elles sont identifiées à l'aide de leur numéro : M16, M17, M18 et M19. Elles fonctionnent de façon complètement indépendante les unes des

autres (c'est-à-dire, il n'y pas de synchronisation ni d'autre type de liaison entre les campagnes des différentes machines).

Chaque référence est associée exclusivement à une machine. Chaque machine est quant à elle dédiée à 2 références. La production peut être dite cyclique : une machine alterne toujours sa production entre les campagnes des 2 références qui lui sont associées.

En début de simulation, chaque machine est affectée à une campagne (donc à une référence). Il s'agit de la première référence sur leur table d'entrée. Pour chaque machine, cette référence sera approvisionnée en entrée jusqu'à l'exécution complète d'une campagne. Les machines travaillent en continu sans intervention des opérateurs. Une fois la campagne terminée, le changement de référence (vers l'autre référence associée à la machine) se fait à l'aide d'un opérateur. Le temps nécessaire dépend de la campagne suivante (et de la compétence et la disponibilité de l'opérateur détaillées ultérieurement).

Au cours d'une campagne, il y a la formation de lots dont la taille dépend de la référence en cours. Ces lots peuvent être conditionnés dans deux types de contenant : C1 ou CA. Ces derniers sont mis en palettes par les opérateurs pour expédition. Chaque palette peut contenir 32 contenants mais tous avec une même référence. Puisque chaque campagne a une quantité fixe de pièces (ici, 150000), il peut y avoir un lot incomplet en fin de campagne ainsi qu'une palette incomplète. Les lots incomplets sont renvoyés par les opérateurs vers l'entrée du système pour un approvisionnement futur mais les palettes incomplètes sont envoyées vers l'expédition.

Hypothèses associées

Toutes les campagnes d'une même référence se basent sur une même quantité de pièces.

L'affectation des références aux machines est fixe.

Il n'y a pas de blocage du système au niveau des contenants.

Le nombre de pièces dans un lot incomplet est quantifié pour calcul du poids manipulé (proportionnel au poids d'un lot complet). Par hypothèse de modélisation, ces lots incomplets sont ensuite expédiés vers une sortie (à part) et non pas réinjectés dans le modèle car cet acheminement n'a pas d'impact sur l'étude : la gestion de l'approvisionnement (dont la quantité pourrait être réduite) ne fait partie du périmètre établi.

Les types de contenant n'impactent pas non plus l'étude à réaliser et ne seront donc pas différenciés dans le modèle. *Attention : si le périmètre s'élargit vis-à-vis des indicateurs souhaités (en ce qui concerne la répétitivité ou la précision entre le temps passé en pliage contenant et celui passé en récupération), il faudra le revoir.*

Il n'y a pas de blocage du système au niveau des palettes. Elles n'impactent pas la performance du système ni les indicateurs de sortie de l'étude et ne seront donc pas modélisées. Par hypothèse de modélisation, chaque contenant (lot complet) part directement à l'expédition.

Schéma fonctionnel

D'après la description et les hypothèses soulevées, le périmètre étudié peut être illustré par la Figure 48. Les objets représentés correspondent à ceux utilisés dans le modèle final de simulation [DR3].

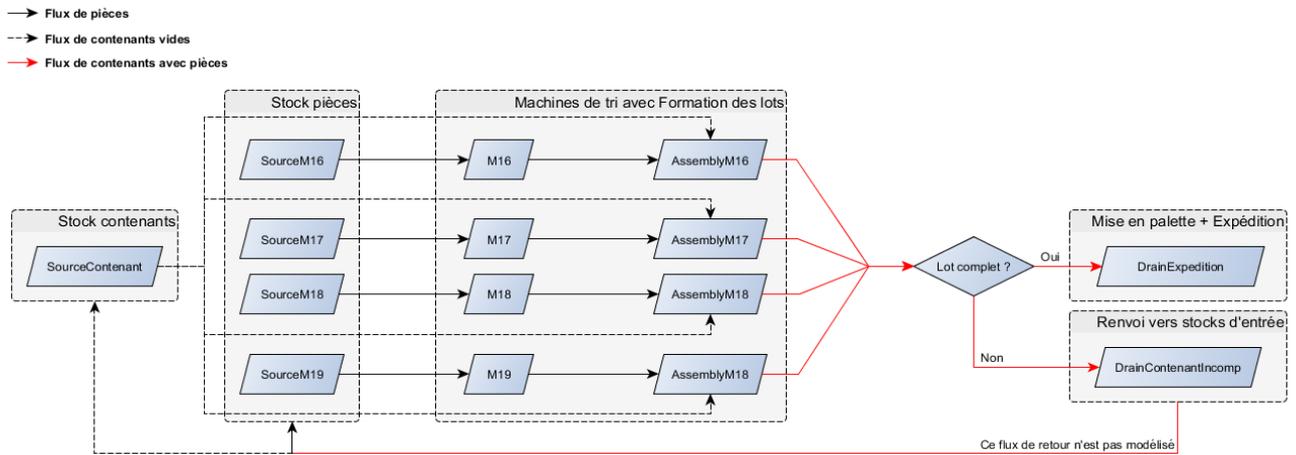


Figure 48 : Diagramme de flux

Organisation des ressources humaines

Organisation des opérateurs et des activités associées

La description qui suit se base également sur le document [DR1] mais plus particulièrement sur les « caractéristiques_opérateur » qui y figurent.

Trois équipes se partagent sur les 3 postes suivants : Matin 6h-14h ; Après-midi 14h-22h ; et Nuit 22h-6h. En début de simulation (1^{er} lundi de l'année), les équipes 1, 2 et 3 travaillent respectivement le Matin, l'Après-midi et la Nuit. Une rotation se fait toutes les semaines dans le sens Matin, Après-midi, Nuit (puis on recommence au Matin).

Chaque équipe est fixe et composée de 2 opérateurs (numéro d'équipe en attribut). Chaque opérateur est affecté à 2 machines. Pour toutes les équipes, l'affectation est fixe et se fait par couple de machines. D'une part, il y a M16 et M17. D'autre part, M18 et M19. L'opérateur affecté aux machines M16 et M17 est toujours le premier à partir en pause.

Un opérateur travaille 100% du temps pendant son planning (à l'exception de la durée de sa pause repas).

En dehors de la Réunion (Top5) à laquelle les opérateurs participent en début de poste, les différentes activités d'un opérateur sont réparties entre Production ou Montage. Le Nettoyage associé à la Production est réalisé en fin de poste.

Un opérateur est par défaut en Production. En fin de campagne, il se charge du Montage pour que la machine passe à la campagne suivante. Les compétences en Montage varient par opérateur et par machine. Une fois le Montage fini, l'opérateur retourne donc en Production.

Puisqu'il n'a pas une seule machine à charge, il peut également, au besoin, enchaîner plusieurs Montages avant retour en Production.

Un Montage est toujours prioritaire vis-à-vis des activités de Production car il entraîne un arrêt de la machine qui doit être minimisé. Un Montage ne peut pas être interrompu tandis que les activités liées à la Production peuvent être interrompues à tout moment.

Pendant qu'un opérateur est en pause, l'autre opérateur s'occupe des 4 machines (les 2 machines de celui en pause lui sont temporairement affectées).

Si plusieurs machines affectées à un même opérateur finissent leur campagne en même temps, l'opérateur s'occupe en priorité de celle qui lui sollicite le moins de temps (compte tenu des temps théoriques par référence et de ses compétences par machine), et ainsi de suite. Toutefois, puisqu'un Montage ne peut pas être interrompu, il est fait uniquement si l'opérateur est disponible (donc pas occupé par un autre Montage) et qu'il dispose de suffisamment de temps pour le faire. S'il s'agit de ses propres machines, il faut que le temps de Montage soit inférieur ou égal au temps que lui reste avant sa pause ou, si celle-ci est déjà passée, au temps que lui reste avant sa fin de poste. S'il s'agit des machines de son collègue en pause, il faut en plus que le temps de Montage soit inférieur ou égal au temps qui reste avant la fin de pause de son collègue (il doit pouvoir finir le Montage avant que l'autre revienne).

Si un Montage ne peut pas être effectué, la machine est mise à l'arrêt pendant le temps qu'elle est en attente de Montage. Il faut donc vérifier s'il y a des machines en attente de Montage (et affectées à l'opérateur disponible) à tout fin de Montage, à tout début et fin de pause et à tout changement d'équipe. Un Montage peut donc être déclenché par une machine mais aussi par un changement d'état d'un opérateur. La gestion de priorité est toujours basée sur le plus court temps de Montage pour un opérateur donné.

La mise en palette des contenants (ici modélisée directement par l'envoi à l'expédition) et le renvoi en stock d'entrée des lots incomplets demandent une certaine manipulation par les opérateurs. La manipulation est faite par l'opérateur (planifié) originellement responsable de la machine, si celui-ci n'est pas en pause. Sinon, deux fonctionnements peuvent être adoptés pendant les pauses : normal ou alternatif. Le premier consiste à affecter la manipulation à l'opérateur qui n'est pas en pause (et donc temporairement responsable de la machine) tandis que le deuxième consiste à attendre que le vrai responsable de la machine revienne de pause. Chaque couple de machine peut avoir son propre fonctionnement. Cette affectation est à la base du calcul du poids manipulé par opérateur.

Une particularité du système fait que, pour la Ref4, la mise en palette d'un contenant nécessite une double manipulation par l'opérateur qui doit d'abord transférer le contenu dans un autre type de contenant. Dans ce cas, le poids manipulé est donc multiplié par deux (uniquement pour les lots complets).

Hypothèses associées aux opérateurs et à ses activités

La modélisation ne différencie pas si un opérateur est un homme ou une femme car l'information n'impacte pas le comportement du système ni les résultats attendus.

Chaque niveau de compétence correspond à un coefficient de pénalisation ([DR1]). Le modèle utilise directement ces coefficients.

Les différentes activités en Production ou Montage ne sont pas modélisées individuellement. La seule exception concerne le Nettoyage associé à la Production, puisqu'il est fait précisément en fin de poste.

Par hypothèse de modélisation, les activités liées à la Production ne retiennent pas un opérateur (puisque'elles peuvent être interrompues à tout moment). Elles correspondent donc à l'intégralité du temps où un opérateur planifié n'est pas en Réunion ni en Montage ni en pause. Encore une fois, la seule exception concerne le Nettoyage en fin de poste qui sollicite les 2 opérateurs planifiés : son temps peut donc être analysé complètement à part du temps pour les autres activités de Production ou être rajouté à ce dernier.

Par hypothèse de modélisation, la Réunion en début de poste est modélisée comme un processus prioritaire sollicitant les 2 opérateurs de l'équipe planifiée pendant un temps de processus. Le Nettoyage en fin de poste est quant à lui modélisée comme un processus prioritaire sollicitant les 2 mêmes opérateurs pendant un temps cette fois-ci de panne. Ainsi, pour chaque opérateur, les temps passés en Réunion et en Nettoyage correspondent respectivement aux valeurs *statServicesWorkingTime* et *statServicesRepairingTime* qui lui sont associés.

Par hypothèse de modélisation, lorsque la manipulation des lots (complets ou non) d'un couple de machine utilise le fonctionnement alternatif, le poids manipulé par l'opérateur est incrémenté instantanément, donc avant son retour de pause. Les données de sortie peuvent donc être en léger décalage avec la réalité si la simulation finit pendant la pause d'un opérateur (et donc uniquement pour l'opérateur en pause). De même, le nombre de Montages réalisés par opérateur par référence est incrémenté dès qu'un Montage est affecté à un opérateur. Ainsi, ces données de sortie peuvent également être en léger décalage si la simulation finit avant qu'un Montage affecté soit finalisé (avec au pire un montage en trop par opérateur planifié).

Données d'entrée

Les données d'entrées du modèle sont toutes modifiables avant le lancement d'une simulation et comprennent :

- *TableDonneesParRef* : Tableau contenant, pour chaque référence, le nom de la machine qui lui est affectée (*NomMachine*), la taille de sa campagne (*Campagne*), le temps de montage théorique (*SetupTime*), la vitesse de tri en pièces par minute (*NbPiecesParMinute*), le nombre de pièces par lot (*TailleLot*), le poids d'un lot (*PoidsLot*) et le besoin ou non d'une double manutention (*DoubleManutention*).
- *TableCoeffPenaliteOpMachine* : Tableau contenant, pour chaque couple opérateur-machine, son coefficient de pénalisation (au lieu des niveaux de compétences de 1 à 4, on y retrouve les coefficients de 1 à 1,75 qui correspondent).

- TableRefsParM16, TableRefsParM17, TableRefsParM18 et TableRefsParM19 : Un tableau par machine (par exemple, TableRefsParM19 pour M19) contenant les références associées à la machine (il faut que l'information soit la même déduite de la colonne NomMachine de la TableDonneesParRef). Les références doivent apparaître dans l'ordre souhaité de production. C'est les entités et non pas leur nom qui doivent y figurer (par exemple, .Models.Own_MUs.Ref1 pour Ref1). C'est uniquement la première colonne qui est modifiable car la deuxième colonne est écrasée à l'initialisation par les données de la colonne Campagne de la TableDonneesParRef.
- exclusiviteManutention : Variable de type tableau contenant pour chaque couple de machine (identifiés par leur WorkerPool) le type de fonctionnement normal (=false) ou alternatif (=true) pendant les pauses.
- TableTempsPostureProd : Tableau contenant la répartition du temps parmi les activités de Production (RepartTemps) et, pour chaque couple activité-posture, le pourcentage de temps en posture incorrecte.
- TableTempsPostureMontage : Tableau équivalent à TableTempsPostureProd mais pour les activités de Montage.

L'ensemble des paramètres nécessaires à la modélisation sont regroupés dans le document [DR1]. La modification de tous ceux qui sont directement saisis dans les objets du modèle (calendriers, temps de Réunion et Nettoyage) n'est pas prévue et peut induire des dysfonctionnements.

Données de pilotage

Les données de pilotage du modèle comprennent :

- TableProcTime : Tableau rempli en début de simulation à partir de la colonne NbPiecesParMinute de la TableDonneesParRef et utilisé pour déterminer le temps de processus des machines.
- TableTempsMontageOpRef : Tableau rempli en début de simulation à partir de la TableCoeffPenaliteOpMachine et de la colonne SetupTime de la TableDonneesParRef. Il est utilisé pour déterminer le temps de montage d'une machine lors d'un changement de campagne selon l'opérateur qui l'effectuera et la campagne à venir.
- TablePartitionTempsOp : Tableau rempli à tout début de poste et utilisé pour gérer l'affectation ou mise en attente des Montages. Sa première colonne est modifiée à tout début de Montage. Il peut être vu comme l'emploi du temps d'un opérateur en poste (si la date de simulation est supérieure ou égale à la valeur de la première colonne, l'opérateur est libre).
 Pour chaque opérateur, nous y retrouvons :
 - dateFinTache : Date de disponibilité de l'opérateur (date de fin de réunion en début de poste ou celle de fin de montage lorsqu'un montage démarre) ;
 - dateDebutPause : Date à laquelle l'opérateur part en pause (6h après le début de poste si opérateur affecté aux machines M16 et M17 ou 6h30 sinon) ;
 - dateChangService : Date à laquelle toutes les pauses sont finies et chaque opérateur est affecté à ses propres machines (7h après le début de poste) ;

- dateFinPoste : Date à laquelle les machines passent à l'arrêt pour Nettoyage (7h45 après le début de poste).

Indicateurs de sortie

L'objectif de l'étude est l'analyse des conditions de travail des opérateurs. Les indicateurs concernent donc chaque opérateur individuellement.

L'objectif principal de l'étude consiste à déterminer le poids manipulé par opérateur. Le deuxième objectif consiste à quantifier le nombre d'heures en posture NOK par opérateur. Pour ce dernier, il faut d'abord identifier la répartition du temps de travail de chaque opérateur entre ses activités de Production ou Montage pour ensuite utiliser les données correspondantes.

L'ensemble des indicateurs de sortie listés ci-dessous sont à disposition en fin de simulation :

- Nombre de contenants complets manipulés par opérateur par référence par an : TableNbContOpRef ;
- Poids total manipulé par opérateur par an pour expédition (contenants complets) : TablePoidsTotalParOp ;
- Nombre de pièces manipulées par opérateur par référence par an pour les contenants incomplets : TableNbPiecesOpRef ;
- Poids total manipulé par opérateur par an pour retour en stock (contenants incomplets) : TablePoidsRetourParOp ;
- **Poids total manipulé par opérateur par jour (contenant complets ou non confondus) : TablePoidsParOpParJour ;**
- Nombre de montages réalisés par opérateur par référence par an : TableNbMontagesOpRef;
- Temps total passé en montage par opérateur par an : TableTempsTotalMontageParOp ;
- **Temps total passé en posture NOK par opérateur par type de posture par an : TableOpPosture et TableOpPostureNett ;**
- Nombre de jours travaillés par opérateur par an : TableNbJoursParOp.

Tous ces indicateurs sont également exportés vers un fichier excel de sortie dont le nom (avec son extension .xls ou .xlsx) est modifiable avant lancement d'une simulation : variable *nomFichier*. Si le fichier n'existe pas, il sera créé, sinon, il sera écrasé par les nouvelles valeurs.

Particularités liées au temps d'activité des opérateurs

Plant Simulation met à disposition tout un ensemble de statistiques associées à ses objets. Ci-dessus une liste des statistiques fournies par opérateur avec leur signification dans Plant Simulation et leur correspondance selon les choix de modélisation (si décalage) :

- statExporterOperationalTime (unplanned false, pause false) : Temps opérationnel (planifié) ;
- statExporterPausedTime (unplanned false, pause true) : Temps de pause ;
- statServicesSetupTime : Temps en Montage ;

- *statServicesWaitingTime* : Temps d'attente machine et/ou pièce → Ici, temps en Production (Nettoyage exclus) ;
- *statServicesRepairingTime* : Temps en réparation (pannes) → Ici, temps en Nettoyage (lié à la Production)
- *statServicesWorkingTime* : Temps en processus → Ici, temps en Réunion.

Le temps global en Production pour un opérateur correspond donc à son temps opérationnel réduit de son temps en Réunion.

Les 15min de Nettoyage en fin de poste équivalent aux 3% du temps en Production affecté de façon théorique au Nettoyage ([DR1]). Les choix de modélisation faits permettent un calcul plus précis et exact : le temps en Nettoyage pour un opérateur correspond à son *statServicesRepairingTime*. Il peut être rajouté au restant du temps en Production (qui correspond ici à son *statServicesWaitingTime*) pour calcul des heures passées en posture NOK, ce qui équivaut aux résultats dans *TableOpPosture*. Il peut aussi être utilisé à part et, dans ce cas, pour le Nettoyage, on applique directement les pourcentages de temps en posture NOK à ce temps ; et pour les autres activités de Production, les pourcentages doivent d'abord être corrigés par la formule suivante : $\text{Nouvel\%ActiviteX} = \frac{\%TheoriqueActiviteX}{1 - \%TheoriqueActiviteNettoyage}$. Cette démarche fournira les résultats dans *TableOpPostureNett*.

Particularités liées aux divers indicateurs de sortie

Le poids manipulé par opérateur par jour est relevé une fois par jour pour tous les opérateurs en même temps. La première colonne de zéros correspond à l'initialisation et les zéros suivants correspondent aux postes de vendredi soir (car l'équipe de Nuit ne travaille pas le vendredi).

Tel que signalé dans la Section 0, certains indicateurs peuvent présenter un léger décalage avec la réalité selon la date de fin de simulation. Il s'agit des 5 premiers indicateurs pour l'opérateur en pause si la simulation finit pendant une pause ; et du 6^{ème} indicateur pour les opérateurs planifiés si la simulation finit avant que tous les Montages affectés soient finalisés.

Le temps en posture NOK cumulé n'est pas calculé car il nous manque pour cela la fonction de cumul (pour plusieurs types de posture NOK en parallèle).

Logique de pilotage et détails de modélisation

Logique globale de pilotage

Le fonctionnement de l'îlot de conditionnement décrit dans la Section 0 peut être schématisé par les quatre boucles parallèles de la **Erreur ! Source du renvoi introuvable**. Figure 49 ci-dessous. Leurs principaux points de synchronisation peuvent être visualisés par les liens en rouge. A noter qu'il y a une boucle Poste Opérateur par opérateur et une boucle Campagne Machine par machine de tri (d'où les « * »).

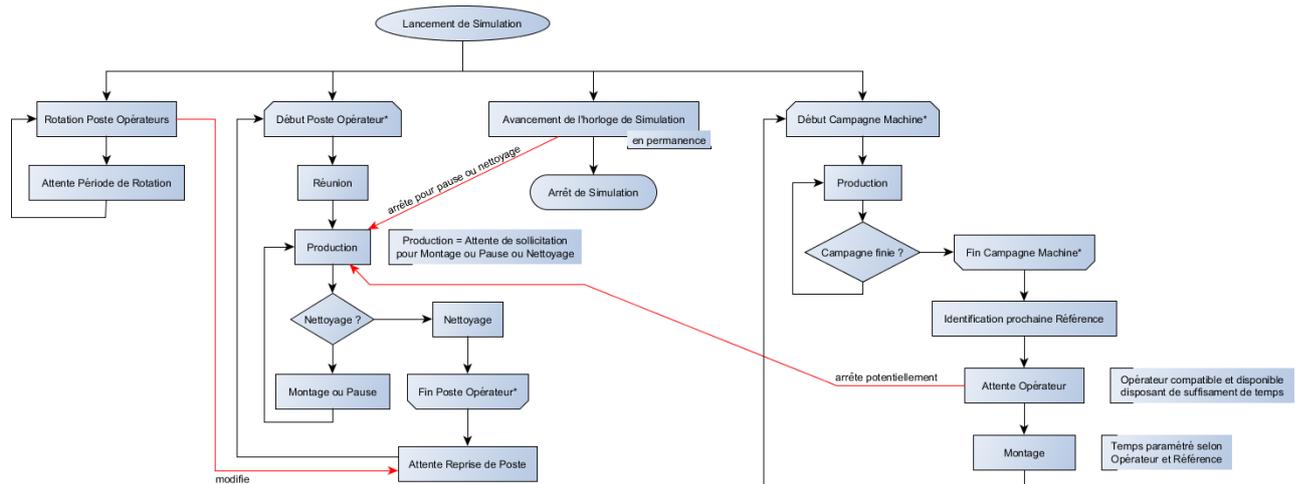


Figure 49 : Logigramme général

Pilotage par méthodes

Les différentes méthodes permettant le pilotage de l'îlot de conditionnement se trouvent dans la Figure 50. Chacune d'entre elles est décrite à l'aide de commentaires dans le modèle de simulation [DR3]. Les descriptions ne seront donc pas reprises dans ce document.

Les logiques de déclenchement d'une méthode par un objet peuvent toutefois être partiellement identifiées dans la Figure 50 ci-dessous :

- « Entrée » correspond à l'arrivée d'un contenant avec des pièces dans un stock (expédition ou renvoi vers stocks d'entrée) ;
- « Sortie » correspond à la fin de traitement d'une pièce par une machine ;
- « Interval » correspond à un déclenchement périodique ;
- « Pause » correspond à tout début et fin de pause ;
- « Unplanned » correspond à tout début et fin de poste ;
- « availableForMediation » correspond à tout début et fin d'activité (réunion, montage, nettoyage).

A noter que selon le but de la méthode déclenchée, les attributs « Pause » et « Unplanned » peuvent être surveillés individuellement (pour chaque opérateur) ou de façon plus globale par leur calendrier commun.

Tous les noms (objets et méthodes) présents dans cette figure correspondent à ceux utilisés dans le modèle final de simulation [DR3].

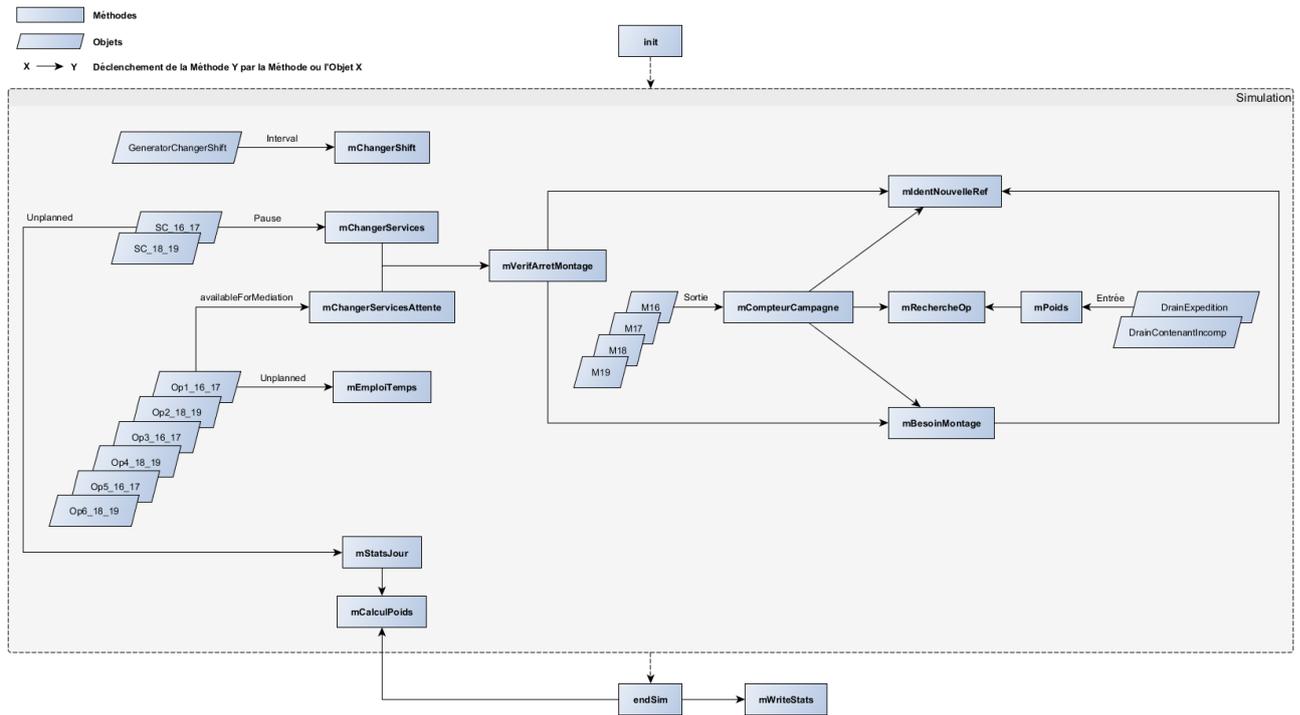


Figure 50 : Appel des méthodes

Détails de modélisation associés aux périodes de pause

Les « changements » d'affectation en début et fin de pause doivent attendre que l'opérateur soit libre (s'il est en Montage). Ceci est fait à l'aide d'une variable globale *waitingService* et d'un attribut opérateur *changementEnAttente*. Un changement en attente peut être annulé si l'opérateur se libère uniquement au moment où il part en pause ou en fin de poste.

Détails de modélisation associés aux Réunions et activités de Nettoyage en Production

Une source fictive (pas en *Blocking*, associée au calendrier des opérateurs) alimente le processus de Réunion (suivi de celui de Nettoyage) toutes les 8h (durée d'un poste). La panne pour Nettoyage s'active à chaque 7h45 pour une durée de 15min. Un opérateur fictif (dans un *WorkerPool* fictif associé à un calendrier fictif) est créé pour gérer les pannes pendant les dates de fermeture.

Résultats de simulation

Les résultats qui suivent ont tous été obtenus avec le modèle [DR3] en modifiant ses données d'entrée selon le besoin.

Scénario de base

Le fonctionnement de l'atelier tel que décrit dans le document [DR1] fournit les résultats résumés dans le fichier « Stats_IlotConditionnement.xlsx ».

Scénarios exploratoires

D'après une première analyse, il a été demandé d'échanger l'opérateur 1 d'équipe en gardant les affectations aux machines. Deux scénarios se déclinent :

- Equipe 1 composé par les opérateurs 2 et 3 ; équipe 2 composé par les opérateurs 1 et 4 ; équipe 3 inchangée : résultats résumés dans « Stats_IlotConditionnement_EchangerOp1etOp3.xlsx » ;
- Equipe 1 composé par les opérateurs 2 et 5 ; équipe 2 inchangée ; équipe 3 composé par les opérateurs 1 et 6 : résultats résumés dans « Stats_IlotConditionnement_EchangerOp1etOp5.xlsx ».

Ces résultats n'étant pas satisfaisants, il a été demandé de tester deux nouveaux scénarios :

- La montée en compétence de l'opérateur 1 (coefficient 1) uniquement pour ses propres machines (ce qui impliquerait un investissement sur la formation de l'opérateur dont le coût n'est pas modélisé) : « Stats_IlotConditionnement_Op1MonteEnCompetence.xlsx » ;
- Le fonctionnement alternatif pendant les pauses pour le couple de machines M16 et M17 (c'est-à-dire, les opérateurs originellement affectés à M18 et M19 ne manipulent pas les contenants sortis des machines de ses collègues en pause) : « Stats_IlotConditionnement_PoidsPause.xlsx ».

Ces nouveaux résultats semblant prometteurs, il a été demandé de tester un dernier scénario où ils seraient combinés. Ces résultats finaux sont résumés dans le fichier « Stats_IlotConditionnement_Combinaison.xlsx ».

Les formules utilisées pour analyse des données figurent dans le document [DR2].